

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

VII НАУЧНЫЙ ФОРУМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ТТТ-2024

XXVI МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ПТиТТ-2024



06 – 08 ноября 2024 г.

САМАРА
2024

УДК 621.391

ББК 32.811

П78

П78 «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТиТТ-2024
Материалы XXVI Международной научно-технической конференции
(г. Самара, 06 – 08 ноября 2024 г.). – Самара: ПГУТИ, 2024. – 519 с.

ISBN 978-5-907336-69-8

Приводятся материалы XXVI Международной научно-технической конференции «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТиТТ-2024, проводившейся 06 – 08 ноября 2024 г. в ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Самара, Россия.

УДК 621.391

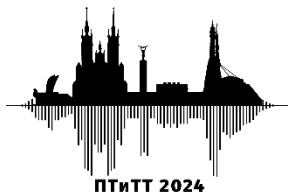
ББК 32.811

ISBN 978-5-907336-69-8

© Коллектив авторов, 2024

© ПГУТИ,

оформление, 2024



XXVI Международная научно-техническая
конференция «Проблемы техники и
технологий телекоммуникаций»
ПТиТТ-2024

06 – 08 ноября 2024 г., Самара, ПГУТИ

Организационный комитет конференции ПТиТТ

– **Сопредседатели:**

- Горячкин О.В. ПГУТИ, Самара, РФ
- Надеев А.Ф. КНИТУ–КАИ, Казань, РФ
- Султанов А.Х. УУНиТ, Уфа, РФ

– **Члены комитета:**

- Антонов В.В. УУНиТ, Уфа, РФ
- Багманов В.Х. УУНиТ, Уфа, РФ
- Баранов Д.А. АО РКЦ «Прогресс», Самара, РФ
- Бузов А.Л. АО «СИП РС», Самара, РФ
- Валеев С.С. УУНиТ, Уфа, РФ
- Виноградова И.Л. УУНиТ, Уфа, РФ
- Габитов И.Р. Сколтех, Москва, РФ
- Гребешков А.Ю. ПГУТИ, Самара, РФ
- Губарева О.Ю. ПГУТИ, Самара, РФ
- Даниласв Д.П. КНИТУ-КАИ, Казань, РФ
- Даниласв М.П. КНИТУ-КАИ, Казань, РФ
- Дашков М.В. ПГУТИ, Самара, РФ
- Дмитриков В.Ф. СПбГУТ, Санкт-Петербург, РФ
- Картак В.М. УУНиТ, Уфа, РФ
- Карташевский В.Г. ПГУТИ, Самара, РФ
- Клочев Д.С. ПГУТИ, Самара, РФ
- Кудряшов А.А. ПГУТИ, Самара, РФ
- Кузнецов А.А. КНИТУ-КАИ, Казань, РФ
- Кузнецов И.В. КНИТУ-КАИ, Казань, РФ
- Лиманова Н.И. ПГУТИ, Самара, РФ
- Ляшев В.А. МФТИ, Москва, РФ
- Морозов Г.А. КНИТУ-КАИ, Казань, РФ
- Морозов О.Г. КНИТУ-КАИ, Казань, РФ
- Насыбуллин А.Р. КНИТУ-КАИ, Казань, РФ
- Осипов О.В. ПГУТИ, Самара, РФ

- Росляков А.В. ПГУТИ, Самара, РФ
- Седельников Ю.Е. КНИТУ-КАИ, Казань, РФ
- Сухов А.М. Самарский университет, Самара, РФ
- Тарасов В.Н. ПГУТИ, Самара, РФ
- Файзуллин Р.Р. КНИТУ-КАИ, Казань, РФ
- Цым А.Ю. ФГУП ЦНИИС, Москва, РФ
- Шакурский М.В. ПГУТИ, Самара, РФ

Секции конференции ПТиТТ

1. Общие проблемы передачи и обработки информации.

Сопредседатели: Карташевский В.Г., Тимофеев А.Л.

2. Инфокоммуникационные технологии и сети.

Сопредседатели: Росляков А.В., Гребешков А.Ю.

3. Цифровые технологии. Искусственный интеллект.

Сопредседатели: Лиманова Н.И., Антонов В.В.

4. Антенно-фидерные устройства специальной связи.

Сопредседатели: Ключев Д.С., Нещерет А.М.

5. Цифровая экономика.

Сопредседатели: Кудряшов А.А., Никульников Н.В.

6. Технологии беспроводной связи.

Сопредседатели: Ляшев В.В., Дмитриев Е.В.

7. Космические системы ДЗЗ, навигации и связи.

Сопредседатели: Горячкин О.В., Баранов Д.А.

8. Информационная безопасность.

Сопредседатели: Шакурский М.В., Картак В.М., Вульфен А.М.

Организаторы конференции



Поволжский
государственный
университет
телекоммуникаций и
информатики



Казанский национальный
исследовательский
технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ



УФИМСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Уфимский университет
науки и технологий

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕТЕРОГЕННЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Козлов С.В., Спирина Е.А.

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

На сегодняшний день гетерогенные сети связи включают, как правило, три основные подсети LTE, Wi-Fi, 5GNR, причём каждый из пользователей гетерогенной сети может подключаться к любой или даже нескольким из подсетей одновременно [1]. В таких сетях формируется сложная сигнально-помеховая обстановка (СПО), характеризующаяся сильным влиянием внутрисистемных помех, существенно снижающих пропускную способность гетерогенных сетей связи. Для комплексного снижения влияния внутрисистемных помех был разработан метод комплексной оптимизации IP сетей связи [2]. Однако использовать этого метода для гетерогенной сети не представляется возможным в связи с большим количеством маршрутов в множестве $\{w\}$.

В тоже время в реальности все подсети LTE, Wi-Fi и 5GNR имеют распределённую структуру и включают не один маршрутизатор, управляющий всей подсетью, а набор пространственно распределённых сегментов, каждый из которых работает на определенной территории, как показано на рис. 1.

При таком подходе вся обслуживаемая территория S^{net} гетерогенной сети связи разделена на отдельные территориальные зоны $S_{n^z}^{net}$, где $\overline{n^z = 1, N^z}$ – номер зоны. В каждой зоне с номером n^z в каждой подсети работает свой сегмент, содержащий магистральный маршрутизатор $BR_{n^z}^*$ и базовые станции/точки доступа $BS_{n^z}^*/AP_{n^z}^*$ (* – LTE, Wi-Fi, 5GNR), который обслуживает только $N_{n^z}^U$ пользователей на территории $S_{n^z}^{net}$. Каждый сегмент подсети содержит $N_{n^z}^{R*}$ приёмных и $N_{n^z}^{T*}$ передающих узлов. Маршрутизаторы сегментов подсетей $BR_{n^z}^*$ в свою очередь подключаются к маршрутизаторам зон BR_{n^z} , которые соединены с маршрутизатором гетерогенной сети BR. При этом пользователи могут мигрировать из зоны в зону, но в каждый момент времени они обслуживаются сегментами подсетей только одной зоны. Передача данных по сети осуществляется фреймами длительностью T^F .

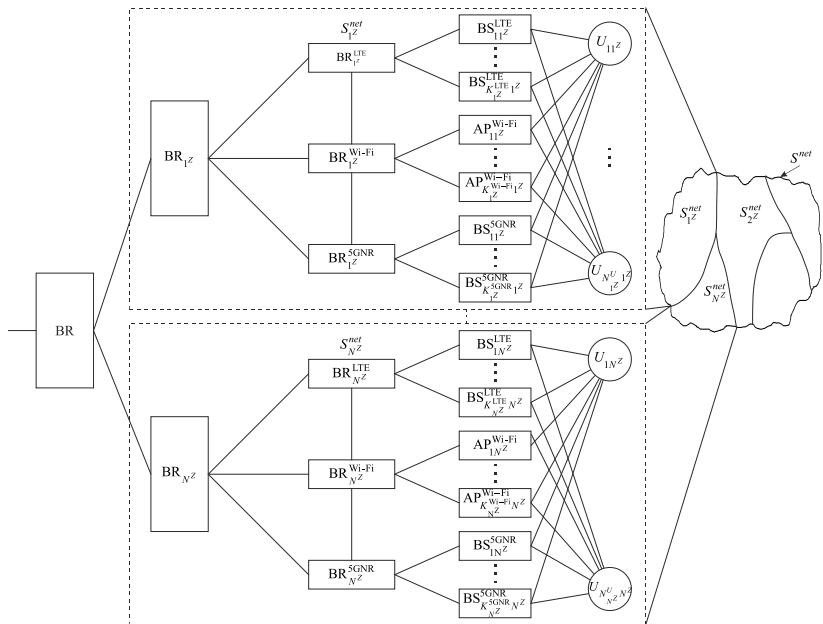


Рис. 1. Пример территориально распределенной гетерогенной сети связи с маршрутизаторами зон

Комплексная оптимизация гетерогенных сетей связи охватывает как этап проектирования этих сетей, так и этап передачи данных в них. Большая часть действий по комплексной оптимизации в гетерогенной сети выполняется на трёх её уровнях: уровне всей гетерогенной сети, уровне территориальных зон и уровне сегментов подсетей.

На этапе проектирования гетерогенной сети связи формируется её частотно-территориальный план.

Первоначально в процедуре частотно-территориального планирования (ЧТП) определяется вектор статических параметров сети $\vec{V}^{ps}$, обеспечивающий доставку требуемого объема данных $\bar{I}^{\max}$ между BR и всеми пользователями гетерогенной сети за интервал T^I с помощью функции статического планирования гетерогенной сети F^{ps} .

В качестве критерия возможности доставки требуемого объема данных рассматривается нагрузка на сеть $A^{net} < A^{\max}$, где $A^{\max}$ – максимальное допустимое значение нагрузки на сеть.

Все дальнейшие действия в гетерогенной сети выполняются поразному на различных её уровнях.

Основной вклад в борьбе с внутрисистемными помехами в методе комплексной оптимизации гетерогенных сетей связи вносит уровень сегментов подсетей.

На маршрутизаторах этого уровня используется централизованная маршрутизация. Множества допустимых маршрутов сегментов подсетей $\{\mathbf{w}_{n^z}^{BR*}\}$ определяются с помощью функции формирования множества допустимых маршрутов процедуры маршрутизации F^{wa} на основе вектора $\vec{\mathbf{V}}^{ps}$.

Далее для снижения нагрузки на сегмент подсети в процедуре ЧТП используется функция динамического планирования F^{pd} , результатом которой является матрица параметров динамического планирования $\|\mathbf{V}_{n^z}^{pd*}\|$.

С точки зрения повышения пропускной способности гетерогенной сети связи, основной задачей процедуры приёма сигналов является обеспечение максимальной скорости передачи данных $V_{gn^R n^z}^{opt*}$ с использованием алгоритма приёма R^{S-opt*} при вероятности ошибки не более $P_{\max}^{Er}$. Значения $V_{gn^R n^z}^{opt*}$ и R^{S-opt*} определяются в процедуре приёма сигналов с использованием функции анализа F^{ra} , которые образуют матрицы скоростей $\|\mathbf{V}_{n^z}^*\|$ и алгоритмов приёма $\|\mathbf{R}_{n^z}^{S*}\|$, соответственно.

Для исключения перегрузок сегментов подсетей гетерогенной сети связи в каждом сегменте в процедуре маршрутизации определяется реальный объём доставляемых данных $\vec{I}_{n^z}^*$ с использованием функции вычисления реального объёма доставляемых данных F^{wi} .

Полученный реальный объём доставляемых данных $\vec{I}_{n^z}^*$ передается в маршрутизатор зоны BR_{n^z} .

На маршрутизаторах уровня зоны гетерогенной сети связи используется распределённая маршрутизация. Множества допустимых маршрутов зон $\{\mathbf{w}_{n^z}^{BR}\}$ определяются структурой гетерогенной сети связи. Для сети, схема которой приведена на рис. 1, множество допустимых маршрутов для каждого маршрутизатора зоны $\{\mathbf{w}_{n^z}^{BR}\}$ включает по 11 маршрутов до (от) каждого пользователя этой зоны.

На основе полученного реального объёма доставляемых данных $\vec{I}_{n^z}^*$ маршрутизатор зоны BR_{n^z} формирует оптимальный набор маршрутов из множества $\{\mathbf{w}_{n^z}^{BR}\}$ с использованием функции формирования оптимального набора маршрутов F^w и нагрузку $A_{n^z}^{net}$ при доставке требуемых объёмов данных $\vec{I}^{\max}$.

Нагрузка на гетерогенную сеть A^{net} определяется на маршрутизаторе гетерогенной сети связи BR, как максимальная из нагрузок маршрутизаторов зон BR_{n^z} .

Полученное значение нагрузки на гетерогенную сеть A^{net} минимизируется в процедуре ЧТП на этапе динамического планирования.

При $A^{net} < A^{\max}$ гетерогенная сеть готова к передаче информации. В противном случае проводится коррекция вектора $\vec{V}^{ps}$.

Для гетерогенной сети связи, схема которой приведена на рис. 1, вектор текущих объёмов передаваемых данных $\vec{I}$ поступает на вход процедуры маршрутизации магистрального маршрутизатора гетерогенной сети BR. Так как каждый пользователь сети одновременно может находиться только в одной зоне, то до него в множестве $\{\mathbf{w}^{BR}\}$ существует единственный одномерный маршрут, данные по которому передаются маршрутизаторам зон BR_{n^z} .

В результате указанных действий на каждый маршрутизатор зоны BR_{n^z} поступает текущий объём доставляемых данных $\vec{I}_{n^z}$, для передачи которого маршрутизатор зоны формирует оптимальный набор маршрутов $\vec{N}_{n^z}^{w-opt}$ по критерию минимизации времени доставки с использованием множества допустимых маршрутов $\{\mathbf{w}_{n^z}^{BR}\}$.

На основе оптимального набора маршрутов $\vec{N}_{n^z}^{w-opt}$ на маршрутизаторы сегментов подсетей $BR_{n^z}^*$ поступают потоки данных с текущими объёмами $\vec{I}_{n^z}^*$. Каждый маршрутизатор сегмента подсети $BR_{n^z}^*$ на основе поступившего $\vec{I}_{n^z}^*$ также формирует оптимальный набор маршрутов $\vec{N}_{n^z}^{w-opt*}$ по критерию минимизации времени доставки с использованием множества допустимых маршрутов $\{\mathbf{w}_{n^z}^{BR*}\}$.

На основе $\vec{N}_{n^z}^{w-opt*}$ маршрутизаторы сегментов подсетей $BR_{n^z}^*$ формируют потоки данных на передающие узлы с учётом информации, содержащейся в матрице $\|\mathbf{V}_{n^z}^{pd*}\|$. Одновременно $\vec{N}_{n^z}^{w-opt*}$ передаётся процедуре приёма сигналов.

Таким образом, метод комплексной оптимизации гетерогенных сетей связи осуществляет совместную оптимизацию процедур приёма сигналов, ЧТП и маршрутизации с использованием объединённого набора параметров сети $\mathbf{V}^u$ на уровне всей гетерогенной сети, уровне территориальных зон и уровне сегментов подсетей с целью снижения нагрузки на сеть с независимой от общего количества пользователей вычислительной сложностью.

1. Спирина Е.А., Козлов С.В., Бухарина А.А. Разработка модели трафика в гетерогенных сетях связи на основе экспериментальных данных // Радиотехника. 2024. Т. 88, № 1. С. 92–110.

2. Спирина Е.А. Метод комплексной оптимизации IP-сетей связи с внутрисистемными помехами // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2017. № 2 (34). С. 6–18.

INTEGRATED OPTIMIZATION METHOD OF HETEROGENEOUS NETWORKS

Kozlov S.V., Spirina E.A.

*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

For a comprehensive reduction of the intra-system interference impact, a IP networks integrated optimization method was developed. It allows increasing the network throughput by joint optimization of signal reception, frequency-territorial planning and routing procedures. However, the use of this method for heterogeneous networks is not possible due to the large dimension of the valid routes set. In this work, a novel version of the interated optimization method was developed, which allows its application in heterogeneous networks, including LTE, Wi-Fi, 5GNR subnets.

ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В РАДИОКАНАЛЕ

*Тимофеев А.Л., Султанов А.Х., Мешков И.К., Гизатулин А.Р.
(Уфимский университет науки и технологий)*

Главным различием принципов передачи информации в радиоканале и в оптическом канале является способ разделения каналов.

При оптической передаче всё пространство оптической сцены заполнено излучением одного и того же спектра, распространяющимся во все стороны. В процессе распространения волн, отраженных объектами сцены, на любой поверхности (экране), куда они попадают, возникает интерференция. При использовании когерентного излучения интерференционная картина является голограммой. При некогерентном излучении для получения изображения необходима линза, которая формирует изображение оптической сцены таким образом, что в каждую точку изображения попадает излучение только из одного направления пространства. Таким образом линза выполняет разделение каналов в пространстве. Ни при голографическом приеме, ни при линзовом проблема дефицита частотного ресурса не возникает.

Особенности оптического способа. В оптическом способе не используется модуляция несущей. Разные точки оптической сцены отражают падающую волну с разным коэффициентом, но это не есть модуляция во времени. Не используется частотное (и любое другое – временное, кодовое) мультиплексирование для повышения пропускной способности канала. Отсутствие операций преобразования волны излучения означает отсутствие затрат времени на обработку принятого сигнала. Вся информация, содержащаяся в принятом сигнале (изображении), становится доступной в течение одного периода световой волны. Время передачи определяется скоростью света, но количество информации, передаваемой в одном частотном и пространственном канале за один период волны практически не ограничено.

В радиоспособе исторически сложилось представление информации в последовательной форме для передачи по последовательному каналу. Пропускная способность последовательного канала ограничена методом модуляции. Для повышения скорости передачи выше этого предела необходимо использовать другие частотные каналы, т.е. частотное разделение. Фундаментальным ограничением на этом пути является дефицит частотного ресурса.

Представляет интерес перенос методов оптической передачи информации в радиодиапазон. Отдельные работы в этом направлении

ведутся. В [1], например, исследуется возможность создания аналога биологического глаза для радиоканала. Всё шире используются радиолинзы и линзовые антенны [2]. В [3] рассматриваются перспективы использования линзовых антенн для построения сетей 5G и 6G. Достаточно широко радиолинзы используются для построения диаграммообразующих устройств в радиолокаторах и радиотелескопах.

Однако в большинстве случаев радиолинзы используются как замена фазированных антенных решеток для формирования одного или нескольких лучей с узкой диаграммой направленности, в то время как остается не исследованным использование законов геометрической оптики в радиодиапазоне. В [4] предложена возможность организовать в одном пространственном канале большое число радиоканалов, работающих на одной несущей с независимым выбором способов модуляции и ширины используемого спектра (оптическое радио).

В этом случае создается массив передатчиков с однотипными антеннами. При использовании направленных антенн, их диаграммы направленности должны совпадать по виду и по направлению. На приемной стороне расположен массив приемников. Каждый приемник в паре со своим передатчиком образует радиоканал, в котором могут использоваться любые методы модуляции, при этом все пары передатчик-приемник работают в одном и том же диапазоне частот. Разделение каналов – пространственное, оно обеспечивается радиолинзой, формирующей радиоизображение массива передатчиков в плоскости массива приемников. В соответствии с законами геометрической оптики в каждый приемник попадает излучение только одного передатчика. Для обеспечения независимости каналов и отсутствия межканальной интерференции необходима правильная юстировка системы с выбором размера линзы, соответствующего выбранному диапазону частот.

Особенности линзового радио:

1. В каждом частотном канале могут работать без интерференции множество каналов передачи информации с пространственным разделением, использующих одну несущую.

2. В зависимости от области применения массивы антенн передатчиков и приемников могут состоять из элементарных ненаправленных антенн или направленных антенн с большим коэффициентом усиления для увеличения дальности связи.

3. Связь, как и оптическая связь, осуществляется только в зоне прямой видимости.

Второй вариант реализации оптического радио – не линзовый, а голографический прием. В плоскости приема фиксируется интерференционная картина волнового фронта, созданного массивом

передатчиков (голограмма). По этой голограмме восстанавливается радиоизображение массива передатчиков в плоскости массива приемников таким образом, что радиоизображение каждого передатчика совпадает с положением соответствующего приемника. В результате создается множество каналов, работающих на одной частоте (или с одинаковым диапазоном частот) без межканальной интерференции.

1. Дмитриев А.С., Петросян М.М., Рыжов А.И. Экспериментальная модель многолучевого устройства для наблюдения в радиосвете // Письма в ЖТФ. 2021. Т. 47, № 12. С. 38–41.

2. Панченко Б.А., Денисов Д.В. Дифракционные характеристики линзы Люнеберга для поля круговой поляризации // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2013. Т. 16, № 4. С. 33–37.

3. Кусайкин Д.В., Денисов Д.В. Оценка канала в системах 5G MIMO-OFDM с многолучевыми линзовыми антеннами // Вестник СибГУТИ. 2021. № 4 (56). С. 56–68.

4. Оптическое радио / А.Л. Тимофеев [и др.] // Электроника, фотоника и киберфизические системы. 2023. Т. 3, № 4. С. 73–79.

OPTICAL METHODS OF SIGNAL PROCESSING IN A RADIO CHANNEL

*Timofeev A.L., Sultanov A.Kh., Meshkov I.K., Gizatulina A.R.
(Ufa University of Science and Technology)*

The methods of transmitting information in a radio channel and in an optical channel differ only in the length of the electromagnetic wave used and the method of its modulation. A feature of optical transmission is the absence of modulation, multiplexing, frequency division and any transformations of the carrier. This provides zero modulation/demodulation time and a theoretically unlimited image transmission rate. The entire image of any complexity is formed on the screen in one period of the light wave. A method is proposed for organizing a large number of radio channels in one spatial channel, operating on one carrier with an independent choice of modulation methods and the width of the spectrum used. Spatial separation of the channels is carried out by a radio lens that forms a radio image of the transmitter antenna matrix in the plane of the receiver antenna matrix. In accordance with the laws of geometric optics, with the correct choice of the ratio of the wavelength and the lens size and the correct alignment of the system, the radiation of only one transmitter enters each receiver antenna.

**РАСШИРЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕМЫ КОТЕЛЬНИКОВА В
СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ***Тимофеев А.Л., Султанов А.Х.**(Уфимский университет науки и технологий)*

В 1933 году при опубликовании теоремы Котельникова уровень доступных скоростей обработки и передачи информации не предъявлял серьезных требований к аппаратуре дискретизации при получении мгновенных значений сигнала. Спустя 50 лет спектр частот обрабатываемых сигналов сместился в мегагерцовый диапазон. Для получения мгновенных значений сигнала использовалась (и используется сейчас) классическая схема устройства выборки и хранения с ключом и емкостью. Для дискретизации сигналов этого диапазона частот ужесточились требования к быстрдействию схемных решений: появилась необходимость в обеспечении времени замыкания и размыкания ключа не более долей наносекунды и в использовании конденсаторов с емкостью меньшей, чем паразитная емкость окружающих элементов схемы. Сложность обеспечения этих требований послужила стимулом для разработки других методов дискретизации. Для этого был использован механизм возникновения динамической погрешности, который позволяет рассмотреть методы повышения точности процесса дискретизации путем учета формы и длительности весовой функции $h(t)$ при получении отсчетов сигнала. В этом случае процесс дискретизации рассматривается как прохождение входного сигнала через звено с импульсной переходной функцией $h(t)$. Для получения точного отсчета входного сигнала необходим цифровой фильтр, реализующий обратное преобразование. В [1] описан метод дискретизации с прямоугольной весовой функцией, в [2] – с косинусоидальной весовой функцией. В этих работах доказаны аналоги теоремы Котельникова для прямоугольной и косинусоидальной весовых функций соответственно. В обоих случаях для точного восстановления сигнала по дискретным интегральным значениям необходима достаточно сложная цифровая обработка. В настоящее время такая обработка становится всё более доступной, и эти методы могут получить практическое применение.

Другая проблема дискретизации связана с выполнением условий теоремы Котельникова. Как известно, теорема Котельникова в точном виде физически не реализуема в связи с тем, что реальные сигналы не могут иметь ограниченный спектр.

Рассмотрим процедуру дискретизации реального сигнала с неограниченным спектром. Восстановление сигнала по дискретным

значениям производится с помощью интерполяционных функций конечной длительности, поэтому в восстановленном изображении появляются ошибки – ошибки дискретизации.

Главным фактором, определяющим выбор частоты дискретизации, является ширина пространственного спектра сигнала. При дискретизации сигналов со спектром, не имеющим четко выраженной граничной частоты, выбор частоты дискретизации часто сводится к максимальному значению, которое доступно в данной ситуации с точки зрения аппаратных возможностей, так как действует однозначное правило – чем больше частота дискретизации, тем меньше погрешность дискретизации, вызванная потерей части спектра сигнала выше половины частоты дискретизации.

При дискретизации с частотой ω_d сигнала $s(t)$, имеющего бесконечный спектр $S(j\omega)$, и последующем восстановлении функции $s(t)$ с помощью фильтра нижних частот с частотой среза $\omega_d/2$ происходит подавление спектра выше частоты $\omega_d/2$, т.е. восстановленное изображение имеет спектр:

$$S_d(j\omega) = \{S(j\omega), -\omega_d/2 < \omega < \omega_d/2; S_d(j\omega) = 0, \omega \leq -\omega_d/2, \omega \geq \omega_d/2\}.$$

Погрешность, обусловленная искажением функции $s(t)$ вследствие усечения спектра, является методической погрешностью, возникающей при дискретизации любой физически реализуемой функции. Эту погрешность далее будем называть погрешностью дискретизации.

Проведем анализ зависимости погрешности дискретизации от частоты дискретизации путем моделирования в среде Matlab.

Зависимость погрешности дискретизации от частоты дискретизации ω_d приведена на рис. 1.

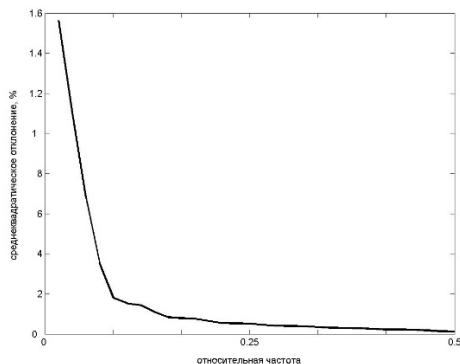


Рис. 1. Зависимость погрешности дискретизации от частоты дискретизации

Кроме физической нереализуемости сигналов с ограниченным спектром в условие теоремы Котельникова входит и другая нереализуемая идеализация, которая обычно в этой связи не упоминается, – отсутствие шума. Повышение частоты дискретизации увеличивает диапазон частот регистрируемого шума, что приводит к снижению отношения сигнал/шум дискретизируемого сигнала. Таким образом, изменение частоты дискретизации оказывает противоположное влияние на погрешность дискретизации и погрешность, вызванную шумом. На рис. 2 приведены графики, показывающие зависимости этих погрешностей от частоты дискретизации функции $s(nT)$ при отношении сигнал/шум 40 дБ.

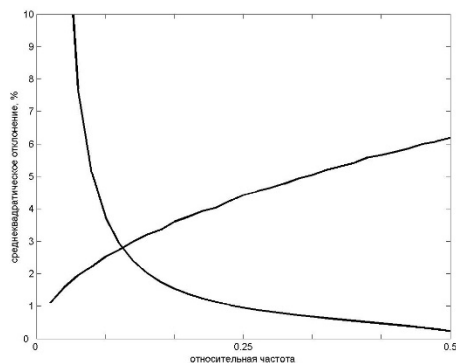


Рис. 2. Зависимость среднее квадратических погрешностей от частоты дискретизации: 1 – погрешность дискретизации, 2 – шумовая составляющая

На рис. 3 приведена зависимость среднее квадратического значения полной погрешности (дискретизации и шумовой составляющей) от частоты дискретизации.

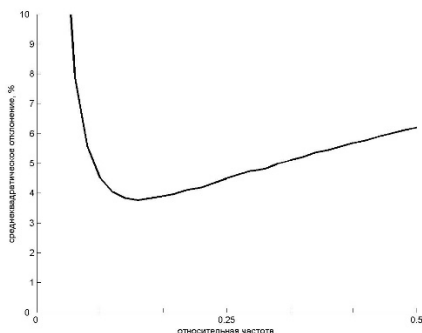


Рис. 3. Зависимость полной погрешности от частоты дискретизации

Из графика видно, что полная погрешность дискретизации имеет выраженный минимум при некоторой частоте дискретизации, зависящей от сигнала и, соответственно, скорости убывания его спектра, и интенсивности шума. Отсюда следует, что при выборе частоты дискретизации следует учитывать не только характеристики сигнала, но и уровень шума. Таким образом, можно сформулировать теорему о верхней границе теоремы Котельникова для функций ограниченной длительности при наличии шума: при дискретизации функции конечной длительности при наличии шума существует конечное минимальное значение погрешности дискретизации, определяемое формой спектра функции и уровнем шума.

1. Михотин В.Д., Шахов Э.К. Дискретизация и восстановление сигналов в информационно-измерительных системах. Пенза: Издательство ППИ, 1982. 92 с.

2. Тимофеев А.Л. Аналог теоремы Котельникова для синусоидальной весовой функции // Исследования по математике, физике и их приложениям. Уфа, 1981. С. 48–49.

EXTENSIONS OF THE APPLICATION OF KOTELNIKOV'S THEOREM IN MODERN TELECOMMUNICATIONS

Timofeev A.L., Sultanov A.Kh.

(Ufa University of Science and Technology)

The procedure of sampling a real signal with an unlimited spectrum in the presence of noise is considered. When sampling signals with a spectrum that does not have a clearly defined cutoff frequency, the choice of the sampling frequency is often reduced to the maximum value that is available in a given situation from the point of view of hardware capabilities. However, an increase in the sampling frequency increases the frequency range of the recorded noise, which leads to a decrease in the signal-to-noise ratio of the sampled signal. Thus, a change in the sampling frequency has an opposite effect on the sampling error and the error caused by noise. It is shown that the total sampling error has a pronounced minimum at a certain sampling frequency depending on the signal and, accordingly, the rate of decrease of its spectrum and the noise intensity. A theorem on the upper bound of Kotelnikov's theorem for functions of limited duration in the presence of noise is formulated: when sampling a function of finite duration in the presence of noise, there is a finite minimum value of the sampling error determined by the shape of the function spectrum and the noise level.

ГРУППОВЫЕ МОДЕЛИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ТРАФИКА

Лихтциндер Б.Я., Привалов А.Ю.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Существует множество публикаций, посвященных анализу современного телекоммуникационного трафика. Однако, лишь незначительное число их посвящено непосредственному определению очередей и задержек трафика в узлах телекоммуникационных сетей. Причина этого состоит в том, что при анализе очередей в системах массового обслуживания приходится рассматривать не только параметры потоков трафика, но и одновременно учитывать характеристики системы, обслуживающей указанный трафик.

Обычные методы анализа очередей в системах массового обслуживания (СМО) рассматривают две случайных переменных: это интервалы между двумя соседними поступающими заявками и интервалы времени обслуживания каждой из заявок. Разрабатываемые нами интервальные методы используют, вместо двух переменных – одну случайную переменную – числа заявок, приходящие в течение интервалов времени обслуживания каждой заявки (Рис. 1).

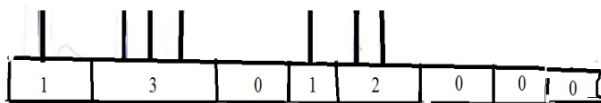


Рис. 1. Числа заявок, поступающих на интервалы времени обслуживания заявок

Моменты прихода всех заявок, поступивших в течение каждого из интервалов, приписываются к началу указанного интервала (Рис. 2).

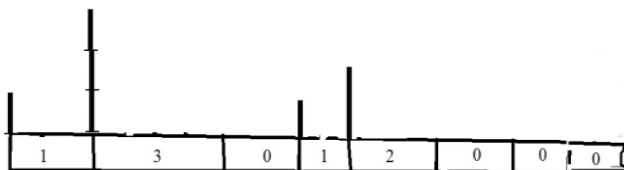


Рис. 2. Групповой (неординарный) поток заявок

В системах массового обслуживания открылась возможность использования в качестве моделей телекоммуникационного трафика

неординарных (групповых) потоков. Неординарные потоки хорошо отражают свойства пачечного трафика телекоммуникационных сетей с пакетной коммутацией. Для таких потоков общего вида нами получено соотношение, определяющее зависимость среднего числа заявок $\bar{q}(\rho)$ в очереди от коэффициента загрузки ρ одноканальной СМО [1].

$$\bar{q}(\rho) = \frac{D_m(\rho) + 2Cov(q_{i-1}(\rho); m_i(\rho))}{2(1-\rho)} - \frac{\rho}{2}. \quad (1)$$

Анализ числителя этой формулы показывает, что среднее значение очереди для потоков любого вида зависит от двух составляющих: первая составляющая это дисперсия $D_m(\rho)$ числа заявок (пакетов) $m_i(\rho)$, поступающих в течение интервала времени обработки одной заявки, а вторая – это составляющая, обусловленная наличием корреляционных связей в указанном потоке. Корреляционные связи учитываются ковариацией $Cov[q_{i-1}(\rho); m_i(\rho)]$ между значениями $m_i(\rho)$ и значениями очереди $q_{i-1}(\rho)$ на предыдущем интервале анализа.

В частном случае, для пуассоновского потока, указанная составляющая равна нулю, а дисперсия $D_m(\rho) = \rho$. Тогда, при постоянном времени обслуживания обобщенная формула (1) приобретает известный вид:

$$\bar{q}(\rho) = \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}.$$

Если интервалы между соседними пачками заявок в групповом потоке независимы и имеют экспоненциальное распределение вероятностей, то такой поток назовем групповым пуассоновским потоком [2,3] Групповой пуассоновский поток – это поток независимых событий с параметром λ . Интервалы между соседними событиями распределены по экспоненциальному закону. Каждое событие заключается в одновременном появлении в момент t_k «пачки» из μ_k независимых случайно распределенных чисел заявок, с распределением f_k .

Для групповых пуассоновских потоков корреляционная составляющая также, как и для обычных пуассоновских потоков, равна нулю, а дисперсия $D_m(\rho)$ линейно зависит от ρ [2,3]. Для одноканальных СМО, средний размер очереди определяется соотношением:

$$\bar{q}(\rho) = \frac{D_m(\rho)}{2(1-\rho)} - \frac{\rho}{2} = \frac{\rho B}{2(1-\rho)} - \frac{\rho}{2}, \quad (2)$$

где $B = \bar{B}(1 + \nu_k^2)$ пропорционально среднему числу заявок в пачке $\bar{B}$. ν_k^2 – коэффициент вариации чисел заявок в пачках. Дисперсия $D_m(\rho)$ для группового пуассоновского потока, так же, как и для обычного пуассоновского потока, линейно зависит от коэффициента загрузки ρ (Рис. 3а). На нижней прямой представлена зависимость для обычного пуассоновского потока ($B=1$). Верхняя прямая соответствует $B=10$. Из (2) также следует, что на начальном участке характеристики $q(\rho)$, угол наклона полностью определяется размерами пачек B , а среднее значение очереди, в зависимости от коэффициента загрузки изменяется нелинейно, как это показано на Рис. 3б. На нижней кривой показана зависимость для обычного пуассоновского потока ($B=1$). Верхняя кривая соответствует $B=10$.

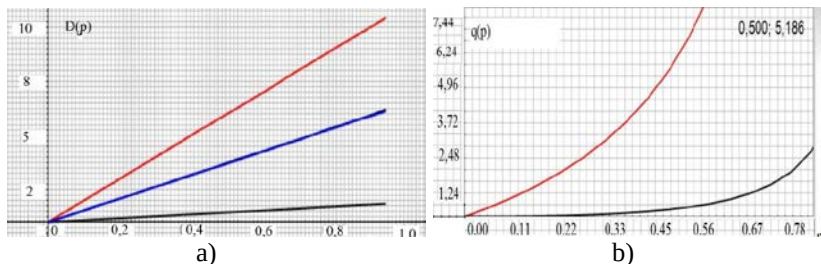


Рис. 3. Зависимости дисперсий – а) и очередей – б) групповых потоков от коэффициента загрузки ρ

Для пуассоновского потока, как и для большинства ординарных потоков заявок, кривая зависимости среднего размера очереди от коэффициента загрузки системы имеет весьма пологий вид (Рис. 3б). Поэтому ординарные потоки мало пригодны в качестве моделей пачечного трафика, в то время, когда неординарные потоки легко позволяют получить требуемый наклон этой характеристики на начальном участке. Проводимые нами исследования показали, что качество аппроксимации нельзя признать удовлетворительным, и групповой пуассоновский поток, сам по себе, не может обеспечить качественной аппроксимации, ввиду значительного размера линейного участка в начальном диапазоне загрузок. Такими характеристиками обладает поток, названный нами групповым детерминированным потоком. В отличие от группового пуассоновского потока, в групповом детерминированном потоке интервалы времени между соседними пачками заявок остаются постоянными и равными друг другу. Нами показано, что при постоянных размерах пачек заявок, равных

B , формула для средних значений очередей в данном частном случае имеет весьма простой вид:

$$\overline{q_d(\rho)} = \frac{B\rho}{2} - \frac{\rho}{2}. \quad (3)$$

Следовательно, указанные зависимости очередей будут линейными.

Мы предлагаем в качестве моделей пачечного трафика использовать смесь независимых детерминированного и пуассоновского групповых потоков, последовательно генерируемых с различными вероятностями. Обозначим через $\overline{q_d(\rho)}$ и $\overline{q_n(\rho)}$ средние значения очередей, получающихся при раздельной генерации групповых детерминированного и пуассоновского потоков, соответственно. Будем считать, что групповой детерминированный и пуассоновский потоки имеют одинаковые постоянные размеры пачек B . Групповой детерминированный поток генерируется с вероятностью P , а групповой пуассоновский поток генерируется с вероятностью $(1-P)$. Суммируя средние значения очередей указанных потоков при их последовательной генерации, получим:

$$\overline{q(\rho)} = \overline{q_d(\rho)}P + \overline{q_n(\rho)}(1-P) = \frac{B\rho(1-\rho P)}{2(1-\rho)} - \frac{\rho}{2}.$$

Поскольку потоки генерируются попеременно и их взаимное влияние не может быть исключено, мы предлагаем учесть это влияние добавлением члена $\gamma P(1-P)$, где коэффициент γ близок к единице.

$$\overline{q(\rho)} = \frac{B\rho(1-P\rho + \gamma P(1-P)\rho^2)}{2(1-\rho)} - \frac{\rho}{2}. \quad (4)$$

Нетрудно заметить, что при отсутствии одного из рассматриваемых двух видов потоков, соотношение (4) превращается либо в (2), либо в (3), соответственно. На Рис. 4 представлены графики зависимостей средних значений очередей, полученные в результате имитационного моделирования и рассчитанные по (4).

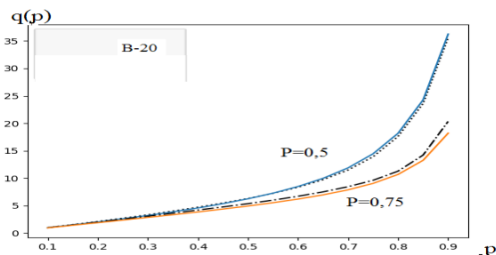


Рис. 4. Сравнение формульных расчетов с результатами имитационного моделирования

Совпадение хорошее, следовательно, (4) достаточно точно отражает характеристики средних значений очередей в смешанных групповых пуассоновских и групповых детерминированных потоках, которые могут быть названы групповыми квазипуассоновскими потоками.

1. Лихтциндер Б.Я. Трафик мультисервисных сетей доступа (интервальный анализ и проектирование). М.: Горячая линия – Телеком, 2018. 290 с.

2. Лихтциндер Б.Я., Бакай Ю.О. Модели групповых пуассоновских потоков в управлении телекоммуникационным трафиком // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2020. Т. 28, № 3 (67). С. 75–89.

3. Лихтциндер Б.Я. Интервальные характеристики групповых пуассоновских моделей трафика телекоммуникационных систем // Инфокоммуникационные технологии. 2020. Т. 18, № 3. С. 302–311.

GROUP MODELS OF TELECOMMUNICATION TRAFFIC

Likhttsinder B.Ya., Privalov A.Yu.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

A new type of models of packet traffic of telecommunication networks is proposed – group quasi-Poisson flows. These are streams of events, each of which represents a bundle of requests that form queues in queuing networks. The time intervals between neighboring events can be deterministic or have an exponential probability distribution. Formulas for determining the average queue values in queuing systems have been obtained for such flows. The issues of approximation by such flows of packet traffic of telecommunication networks are considered.

СЕКЦИЯ 1

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

**ПИК-ФАКТОРЫ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ
УПРАВЛЯЕМОЙ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНОЙ
ТРЕХЛЕПЕСТКОВОЙ TSUC СИСТЕМЫ**

*Шарифуллин Т.Б., Кутдусов И.М., Афанасьев В.В.
(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)*

Понижение пик-факторов сигналов, применяемых в системах связи, открывает возможности повышения энергетической эффективности передающей аппаратуры этих систем. При конфиденциальной передаче информации применяются системы с динамическим хаосом [1]. Перспективно применение управляемых дискретно-нелинейных многолепестковых радиоэлектронных TSUC систем с хаотической динамикой [2].

Цель работы – оценка пик-факторов псевдослучайных сигналов, формируемых управляемой дискретно-нелинейной трех-лепестковой TSUC системой с динамическим хаосом, при вариации управляющих параметров системы.

Трех-лепестковая TSUC система с динамическим хаосом описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\dot{x} = A(y - x) + Dxz, \quad \dot{y} = Bx - xz + Fu, \quad \dot{z} = Cz + xy - Ex^2, \quad (1)$$

где x, y, z - переменные системы; A, B, D, F, C, E - управляющие параметры системы.

Псевдослучайные сигналы переменных системы TSUC в работе формировались численным интегрированием (1) по методу Эйлера, с изменяемым интервалом временной дискретизации. Выбор диапазонов изменения управляющих параметров проводился из условий обеспечения хаотического режима работы исследуемой системы и недопустимости режима перемежаемости.

Получены оценки пик-факторов сигналов, формируемых управляемой дискретно-нелинейной трех-лепестковой TSUC системой. Показано, что из-за возникающего переходного процесса установления хаотического режима работы системы, возможно аномальное повышение значений пик-факторов сигналов.

Полученные для хаотического режима управляемой трех-лепестковой дискретно-нелинейной системы TSUC, при изменении параметра B , типовые значения пик-факторов сигналов x, y, z – переменных, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Влияние параметра B на пик-факторы сигналов системы TSUC

Сигнал	Параметр B					
	50	52	54	56	58	60
x	4.1	3.8	3.1	3.1	3.4	3.3
y	4.6	4.3	4.2	4.1	4.2	4.3
z	2.1	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1

Определены рекомендуемые диапазоны изменения управляющих параметров и параметров временной дискретизации управляемой дискретно-нелинейной трех-лепестковой TSUC системы, при формировании псевдослучайных сигналов выбранных переменных системы, с пониженными значениями пик-факторов.

1. Генерация хаоса / А.С. Дмитриев [и др.]. М.: Техносфера, 2012. 424 с.

2. Ahmed A.M., Al-Sawalha M.M. Secure Communication Based on Synchronization of Uncertain-Parameter Three-Scroll Unified Chaotic System // Nonlinear Dynamics. 2016. Vol. 85, no. 3. P. 1939–1951.

SIGNALS PEAK FACTORS OF THREE-SCROLL CONTROLLED DISCRETE-NONLINEAR TSUC SYSTEM

Sharifullin T.B., Kutdusov I.M., Afanasiev V.V.

*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

The peak factors of three-scroll controlled discrete-nonlinear TSUC system signals were estimated. The recommendations for control parameters of three-scroll discrete-nonlinear TSUC system with dynamic chaos were suggested.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТУРБОКОДОВ

Мишин Д.В., Тяжеев А.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Помехоустойчивость турбо-кодов [1], близкая к пределу Шеннона – пропускной способности канала, привлекла многих исследователей к изучению принципов, на которых основано турбо-кодирование, и к применению этих принципов для разработки новых кодов.

Турбо-коды были включены во многие важные протоколы беспроводной связи – в системах спутниковой связи, беспроводного широкополосного доступа и цифрового телевидения. Так, турбокоды нашли применение в стандартах WiMax и DVB-RCS, а также в мобильных сетях третьего и четвертого поколения UMTS и 3GPP LTE.

Повышение помехоустойчивости за счет применения канального кодирования [2], позволяет системам связи работать с меньшим энергопотреблением и меньшей стоимостью при сохранении качества связи. В системах спутниковой связи энергетическая эффективность достигается за счет уменьшения размеров и веса необходимых антенн и оборудования (например, солнечных батарей). В системах мобильной сотовой связи можно снизить энергопотребление мобильных телефонов, а также повысить качество обслуживания за счет увеличения возможного числа пользователей в соте.

Поскольку турбо-коды уже были приняты в таких важных стандартах беспроводной связи, как 3GPP и DVB-RCS, все еще остаются области исследований, направленных на снижение сложности, рассеиваемой мощности и пропускной способности турбо-декодеров.

Наиболее очевидным из них является улучшение доступа к памяти турбодекодера. Было показано [3], что большая часть времени при итеративном декодировании расходуется при обращении к памяти. До 70 % экономии по сравнению с традиционной реализацией можно получить за счет снижения требований к памяти. Использование при кодировании перемежителей усложняет адресацию памяти. Были предложены новые конструкции перемежителей, обеспечивающие более легкий доступ к памяти во время итеративного декодирования.

Большая длина перемежителя обеспечивает лучшую защиту от ошибок, в том числе в каналах с группированием ошибок – в каналах с замираниями. Однако задержка и сложность, вносимые перемежителем, не

позволяют использовать длинные перемежители в системах беспроводной связи реального времени.

Традиционно для определения адресов при перемежении символов в схемах с турбокодированием используется сложный алгоритм. Самый простой подход – сгенерировать адреса для определенной длины кадра и записать их в ПЗУ. Вместо того чтобы сохранять все адресные связи в ПЗУ, более эффективным подходом к поиску адресов перемежителя является разработка генератора адресов чередования, который является общим для всех длин кадров [4].

Турбокоды не только обеспечили превосходную помехоустойчивость, близкую к пределу Шеннона, но и послужили стимулом для разработки новых кодов и открытия заново некоторых других высокопроизводительных кодов, долгое время оставшихся без должного внимания, например, коды с низкой плотностью проверок на четность (LDPC), или коды Галлагера [5]. Масштабные исследования, проведенные сразу после изобретения турбо-кодов, и их быстрая адаптация ко многим важным стандартам связи показывают, что исследования и разработки в области турбо-кодов и турбо-подобных кодов будут продолжаться в ближайшем будущем.

1. Berrou C., Glavieux A. Near Optimum Error Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes // IEEE Transactions on Communications. 1996. Vol. 44, no. 10. P. 1261–1271.

2. Карташевский В.Г., Мишин Д.В. Прием кодированных сигналов в каналах с памятью. М.: Радио и связь, 2004. 239 с.

3. VLSI Architectures for Turbo Codes. / G. Masera [et al.] // IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems. 1999. Vol. 7, no. 3. P. 369–379.

4. Ahmed I., Arslan T. A Low Energy VLSI Design of Random Block Interleaver for 3GPP Turbo Decoding // 2006 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). 2006. P. 285–288.

5. Галлагер Р.Дж. Коды с малой плотностью проверок на четность / пер. с англ. А. Шевердяева. М.: Мир, 1966. 145 с.

CURRENT TRENDS AND AREAS OF TURBO CODES APPLICATION

Mishin D.V., Tyazhev A.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The paper considers some aspects of modern development of turbo coding technique and technology. Modern directions of turbo codes development and the most interesting fields of application are given.

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ТУРБОДЕКОДИРОВАНИЯ*Мишин Д.В., Григоров И.В.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Основой турбо-декодера является алгоритм, используемый для его реализации. Для декодирования турбо-кодов разработаны несколько итерационных алгоритмов с мягкими решениями:

1. Алгоритм Витерби (AB) с мягким решением (SOVA) [1]. Алгоритм отличается от классического АВ тем, что получаем не только значения декодированной последовательности, но и значения надежности такого решения. Этот алгоритм используется для минимизации вероятности ошибки в блоке символов или последовательности.

2. Алгоритм максимума апостериорной вероятности (MAP-алгоритм (maximum a posteriori probabilities)) [2] или алгоритм BCJR, который оценивает вероятности переходов наблюдаемых марковских цепей. В отличие от АВ мягкое решение принимается по каждому декодируемому символу в отдельности и при этом используются два направления декодирования по всей кодовой решетке – «прямое» и «обратное».

3. Алгоритм максимума Log-MAP (Max-Log-MAP-алгоритм).

4. Алгоритм логарифмического MAP (Log-MAP-алгоритм).

На практике из-за своей большой вычислительной сложности MAP-алгоритм не используется. Для снижения сложных математических расчетов можно вычисления проводить в логарифмической области с использованием простых аппроксимаций при вычислении экспонент и логарифмов. В результате был получен Max-Log-MAP-алгоритм. Log-MAP-алгоритм является упрощением алгоритма Max-Log-MAP-алгоритм на основе использования логарифма Якобсона.

Проведенные исследования [3] показали, что вычислительная сложность MAP- алгоритма как минимум в два раза больше SOVA. Их помехоустойчивость при больших отношениях сигнал/шум практически одинаковые, однако при малых отношениях сигнал/шум из-за более точной оценки апостериорной вероятности символов MAP- алгоритм превосходит алгоритм SOVA на более чем 0,5 дБ.

Вычислительная сложность и помехоустойчивость классического MAP-алгоритма и Log-MAP-алгоритма практически одинакова. По вычислительной сложности Max-Log-MAP-алгоритм сопоставим с SOVA. Недостатком Max-Log-MAP-алгоритма является некоторое ухудшение помехоустойчивость, особенно в области малых отношений сигнал/шум.

Реализация MAP-алгоритма в некотором роде напоминает выполнение SOVA в двух направлениях над блоком кодовых символов. После того как в результате двунаправленных вычислений будут получены метрики состояний и метрики ветвей для всего блока, можно вычислить все апостериорные вероятности и найти максимум для каждого символа в блоке.

Декодер с мягким входом/мягким выходом (SISO) является основой турбо-декодера, использующего или SOVA, или Log-MAP-алгоритм. Log-MAP-алгоритм имеет лучшую помехоустойчивость, чем SOVA, но SOVA имеет меньшую вычислительную сложность.

В системах реального времени необходимо обеспечить как минимальную вероятность ошибки, так приемлемую задержку при вынесении решения о переданном символе или блоке символов. С точки зрения задержки в принятии решения SOVA является лучшим из алгоритмов турбо декодирования, а с точки зрения помехоустойчивости – Log-MAP-алгоритм.

Однако, применение Max-Log-MAP-алгоритма при декодировании турбо-кодов является хорошим компромиссом между помехоустойчивостью и вычислительной сложностью.

1. Hagenauer J., Hoeher P. A Viterbi Algorithm with Soft-Decision Outputs and its Applications // Proceedings IEEE GLOBECOM 89. 1989. Vol. 3. P. 1680–1686.

2. Optimal Decoding of Linear Codes for Minimizing Symbol Error Rate / L. Bahl [et al.] // IEEE Transactions on Information Theory. 1974. Vol. 20, no. 2. P. 284–287.

3. Карташевский В.Г., Мишин Д.В. Прием кодированных сигналов в каналах с памятью. М.: Радио и связь, 2004. 239 с.

COMPARISON OF TURBO DECODING ALGORITHMS

Mishin D.V., Grigorov I.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In the report several iterative algorithms with soft solutions for decoding turbo codes are considered. Advantages and disadvantages of the proposed algorithms are shown. Carried out statistical modelling has confirmed the conclusions.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ
ПО ФИЗИЧЕСКИ РЕАЛИЗУЕМЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ***Дегтярев А.Н.**(Севастопольский государственный университет)*

В настоящее время требуется, чтобы системы передачи информации (СПИ) работали со скоростями, близкими к предельным. Скорость передачи информации СПИ ограничивается помехами в канале связи. Если помеха является белым шумом, то оптимальные приемники строят в виде согласованных фильтров и корреляторов. Оптимальные приемники являются устройствами, оптимальными по критерию максимального отношения сигнал/шум на выходе в отсчетный момент времени. При наличии в канале помехи «небелого» и негауссовского типа на входе согласованного фильтра или коррелятора включают «обеляющий» фильтр. В случае, когда спектральная плотность мощности помехи на входе приёмника сосредоточена в некоторой частотной полосе, меньшей полосы, занимаемой сигналом, усиление оптимального приемника достигает бесконечности, и физическая реализация приемника становится невозможной. Наличие межсимвольной интерференции (МСИ) требует использовать в оптимальном демодуляторе дополнительные устройства (эквалайзеры; устройства, работающие по алгоритму Витерби, и т.д.). Наличие межканальных помех (МКП) усложняет прием. Отметим, что при подключении к согласованным фильтрам и корреляторам дополнительных устройств условие максимального отношения сигнал/шум на выходе в отсчетный момент времени может нарушаться.

Таким образом, существует противоречие, которое заключается в следующем:

- с одной стороны, существует необходимость в передаче информации со скоростями близкими к предельным скоростям, но ее не могут обеспечить имеющиеся системы связи;

- с другой стороны, отсутствуют результаты теоретических исследований, связанные с применением физически реализуемых каналоформирующих устройств в системах передачи информации, а существующие теоретические положения не способны дать методологию их разработки.

Цель настоящей работы состоит в разработке теоретических основ и прикладных методов анализа процессов передачи сигналов, обеспечивающих повышение помехоустойчивости и частотной эффективности многоканальных систем передачи информации.

Для достижения цели предлагается для синтеза оптимальных приемников использовать критерий минимума дисперсии помехи на выходе приемника при фиксированном отсчетном значении полезного сигнала.

Получены следующие научные результаты:

1. Метод ортогонализации линейно независимых функций путем определения веса ортогональности [1].
2. Методы снижения уровня межсимвольной интерференции и межканальных помех, основанные на ортогонализации принимаемого и соседних символов в основном и соседних каналах приема [2].
3. Прикладные методы синтеза приемников, в основе которых лежит сформулированный критерий оптимальности [3].
4. Методы синтеза согласованных фильтров, позволяющие создавать фильтры на основе элементарных звеньев [4].

1. Дегтярев А.Н. Метод ортогонализации и его применение в теории связи // Динамические системы. 2019. Т. 9 (37), № 4. С. 410–433.

2. Дегтярев А.Н., Конева С.А. Минимизация вероятности ошибки при взвешенном приеме сообщения с двухпозиционной импульсно-кодовой манипуляцией в условиях межсимвольной интерференции // Журнал радиоэлектроники. 2024. № 6. DOI: <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2024.6.1>

3. Оптимальный приёмник, обеспечивающий максимальное отношение сигнал-помеха в условиях действия небелого негауссова шума / А.Н. Дегтярёв [и др.] // Журнал радиоэлектроники. 2024. № 7. DOI: <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2024.7.1>

4. Дегтярев А.Н., Афонин И.Л., Поляков А.Л. Метод синтеза согласованного фильтра // Журнал радиоэлектроники. 2023. № 8. DOI: [10.30898/1684-1719.2023.8.8](https://doi.org/10.30898/1684-1719.2023.8.8)

THEORETICAL BASIS OF INFORMATION TRANSMISSION FOR THE PHYSICALLY REALISABLE COMMUNICATION CHANNELS

Degtyarev A.N.

(Sevastopol State University)

The problem of increasing the noise immunity of information transmission systems is proposed to be solved by using the optimality criterion, which consists in minimizing the variance of the noise at the receiver output with a fixed reference value of the useful signal. A number of scientific results have been obtained.

ПРОТОТИП УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО ДЛИННЫМ ЛИНИЯМ

Коробков М.А., Сагдиев Р.К.

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

Для контроля состояния нефтяных скважин необходима передача данных с датчиков скважинных приборов по каротажному кабелю. Длина каротажного кабеля достигает нескольких километров. Традиционно методы передачи данных в отрасли с использованием сигналов кода Манчестер обладают низкой скоростью передачи. Повышение скорости передачи информации в скважинных исследованиях по длинным линиям с использованием технологий цифрового радио является актуальной задачей.

Одной из проблем, препятствующих повышению скорости передачи в длинных линиях, является наличие паразитных параметров. Для снижения влияния паразитных параметров в работе предлагается использовать цифровую модуляцию. Цифровой поток данных от датчиков, расположенных в скважине, модулируется с использованием квадратурной модуляции – QPSK.

Модулированный сигнал синтезируется с использованием 8-ми битного цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) TLC7524С. Выбор данного ЦАП обоснован достаточным быстродействием и относительно низкой стоимостью.

В качестве микроконтроллера был выбран ATMEGA 328p в составе отладочной платы Arduino Nano. Принципиальная схема прототипа устройства передачи показана на рис. 1.

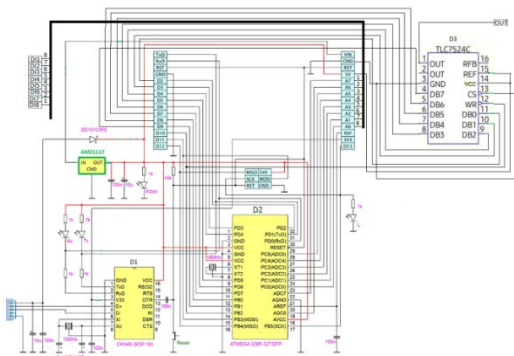


Рис. 1. Принципиальная схема прототипа устройства

Так как у ЦАП TLC7524С напряжение питания 5 В, то это напряжение взято непосредственно от отладочной платы Arduino Nano. Цифровые входы ЦАП подключены к цифровым выходам Arduino Nano (D0-D9). Сигнал разрешения записи ЦАП WR подключён к выходу D10, на который подаётся нулевой уровень после установки всех значений разрядов на входах ЦАП DB0-DB7. После этого на выходе ЦАП OUT1 формируется аналоговое напряжение. Так как в данной версии прототипа устройства предполагается, что ЦАП работает непрерывно, его вход CS не управляется извне и постоянно подключён к нулевому потенциалу.

Для тестирования прототипа была написана программа в среде Arduino IDE и загружена в микроконтроллер.

Принцип работы прототипа заключается в том, что цифровые данные подаются с датчиков на цифровые входы Arduino Nano A0-A7. Микроконтроллер производит модуляцию сигнала и отправляет на вход в ЦАП. В результате на выходе ЦАП мы получаем ступенчатый сигнал с цифровой модуляцией. Для получения аналогового сигнала необходимо поставить фильтр нижних частот. По форме сигнала можно определить его соответствие сгенерированному. В дальнейшем, тестирование будет проводиться с использованием настоящего сигнала и приближённых условий.

1. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 256 с.

2. Datasheet для ЦАП [Электронный ресурс] / URL: https://www.chipdip.ru/product0/8002850702?from=suggest_product (дата обращения: 09.09.2024).

PROTOTYPE OF A DEVICE FOR TRANSMITTING INFORMATION OVER LONG LINES

*Korobkov M.A., Sagdiev R.K.
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

In this paper, a prototype of a device for transmitting information over long lines for use in oil wells is presented. A schematic diagram of an Arduino Nano-based device is developed and the principle of the operation of the device is described.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Лошкарев А.С., Соловых Д.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

На данный момент в НИЛ Научно-прикладного телевидения и компьютерного зрения кафедры ИСТ ПГУТИ существует опытный образец аппаратно-программного комплекса для телевизионного контроля внутренней поверхности труб. Комплекс включает в себя высокоскоростную IP-камеру, сверхширокоугольный объектив типа «рыбий глаз», блок линейного перемещения камеры внутри трубы и специально разработанное программное обеспечение для формирования и обработки видеопоследовательностей, поступающих с камеры. С помощью данной системы можно формировать панорамные изображения полной внутренней поверхности исследуемой трубы. Особенности конструкции комплекса и камеры fisheye позволяют делать это с высоким разрешением (порядка 11800x3500 px) и в реальном времени.

Основной проблемой этого проекта, которую не решить своими компетенциями, является отсутствие труб с реальными дефектами для формирования наборов данных, необходимых при разработке алгоритмов обнаружения и обучения классификаторов. А также внушительные габариты. Данный комплекс по сути является уменьшенной репликой реальных установок для проверки качества труб. При условии вышесказанного, а также того факта, что такое оборудование весьма дорогостоящее и его простой может обернуться для предприятия большими финансовыми потерями, создание цифрового двойника для обучения персонала и для проведения виртуальных экспериментов без вреда для реального оборудования представляется актуальной и востребованной задачей.

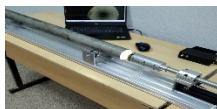


Рис. 1. Реальный комплекс, используемый в НИЛ Научно-прикладного телевидения и компьютерного зрения кафедры ИСТ ПГУТИ

Вначале требуется создать трехмерную модель, которая бы имела правильные пропорции и оптимальное количество полигонов. Использование среды для трехмерного моделирования Blender позволит решить данную задачу. Созданная модель состоит из 24 объектов, которые

суммарно несут в себе 34 202 полигона. Такое качество является оптимальным при интеграции модели в виртуальную реальность – каждая отдельная деталь будет прекрасно видна на сцене и к ней можно будет прописывать скриптовые сценарии.



Рис. 2. Модель экспериментального комплекса, интегрированная в игровой движок Unity

Также на данном этапе была собрана основа для отображения внутренней поверхности трубы при движении камеры на отдельном экране. А также дополнительный экран, на котором будет видно сформированное панорамное изображение внутренней поверхности. В дальнейшем необходимо разработать карты нормалей и UV-развертки для правильного наложения текстур на модель трубы. А также реализовать систему отображения изображения у виртуальной камеры как у реальных камер fisheye.



Рис. 3. Экраны для отображения панорамы внутренней поверхности исследуемой трубы и поля зрения камеры

1. Методы визуального контроля / О.Л. Куляс [и др.] // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций: материалы XXIV Международной научно-технической конференции. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2022. С. 36–37.

2. Общие вопросы формирования датасетов для распознавания дефектов внутренней поверхности труб / О.Л. Куляс [и др.] // Актуальные проблемы информатики, радиотехники и связи: материалы XXXI Российской научно-технической конференции. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2024. С. 249–250.

USING VIRTUAL REALITY IN SCIENTIFIC RESEARCH

Loshkarev A.S., Solovykh D.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This paper discusses the features of using virtual reality to create a digital twin of a real hardware and software complex for television inspection of the internal surface of pipes.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ИГРОВЫХ ДВИЖКАХ

Лошкарев А.С., Соловых Д.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В настоящий момент весьма актуальна проблема формирования обучающих датасетов для нейронных сетей, которые могут обнаруживать и классифицировать дефекты на изображениях металлической поверхности различных конструкций. Это вызвано определенными трудностями в получении реальных объектов исследования, в частности, металлических труб. Поэтому процесс решения задачи синтеза искусственных изображений такого типа является весьма востребованным [1].

Генерация изображений в нейросети Stable Diffusion осуществляется по текстовому описанию с использованием различных обученных моделей. Также, данная нейронная сеть позволяет использовать в качестве источника пользовательское изображение.

В качестве эксперимента по генерации изображения по текстовому описанию была выбрана модель `v1-5-pruned-emaonly.safetensors`. Она использует технологию `safetensors`, которая обеспечивает повышенную защиту от вредоносного кода и несанкционированного доступа. Это достигается за счет преобразования весов модели в формат `safetensors`, который обеспечивает безопасное хранение и передачу данных.

Особенностью модели `v1-5-pruned-emaonly.safetensors` является использование техники `pruning`, которая позволяет удалить ненужные веса из модели, делая ее более компактной и эффективной в использовании.

Кроме того, модель использует метод EMA (Exponential Moving Average), который помогает стабилизировать процесс обучения и улучшить качество генерируемых изображений. Это достигается путем усреднения весов модели на протяжении нескольких эпох, что позволяет избежать переобучения и повысить общую точность модели.

Главная проблема использования Stable Diffusion в игровом движке состоит в том, что после генерации текстур движку необходимо обновить и импортировать ресурсы, чтобы иметь возможность использовать их должным образом. Это не относится к текстурам материалов, но касается изображений пользовательского интерфейса (которые необходимо импортировать и преобразовывать в тип `Sprite` (2D и UI)).

Кроме того, генерация изображения Stable Diffusion сама по себе относительно медленная, и это приемлемо для художников при

проектировании/создании игры или уровня, но это не подойдет для пользователей в режиме реального времени/времени выполнения [2].



Рис. 1. Примеры удачной генерации

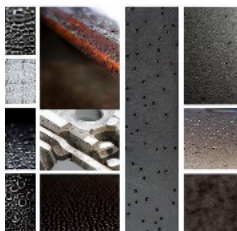


Рис. 2. Пример частично удачной генерации

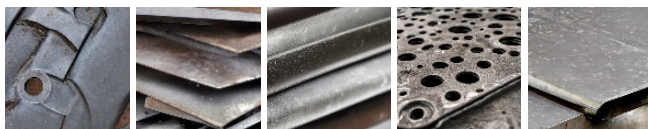


Рис. 3. Примеры неудачной генерации

1. Общие вопросы формирования датасетов для распознавания дефектов внутренней поверхности труб / О.Л. Куляс [и др.] // Актуальные проблемы информатики, радиотехники и связи: материалы XXXI Российской научно-технической конференции. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2024. С. 249–250.

2. Лошкарёв А.С., Соловых Д.А. Синтезирование изображений дефектов внутренней поверхности труб // Материалы 63 Студенческой научной конференции. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2024. С. 127.

USING NEURAL NETWORKS TO GENERATE IMAGES IN GAME ENGINES

Loshkarev A.S., Solovykh D.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This paper describes the features of using the Stable Diffusion neural network in game engines and the features of generating images from a text description.

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ СИГНАЛОВ С ЦИФРОВЫМИ ВИДАМИ МОДУЛЯЦИИ В КОРОТКОВОЛНОВЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ

Белоконь Д.А.

(Северо-Кавказский Федеральный университет)

В современных системах коротковолновой (КВ) цифровой радиосвязи, помимо бинарной ортогональной частотной модуляции, применяется фазовая (PSK), амплитудно-импульсная (PAM) и квадратурно-амплитудная (QAM) модуляция. В коротковолновых каналах связи с одним дискретным лучем (модой) помехоустойчивость (вероятность ошибки) приема сигналов с этими видами модуляции определяется глубиной возникающих замираний, которая зависит от уровня диффузности ионосферы и выбора рабочей частоты. Однако методика оценки этой зависимости разработана только для случая приема сигналов с традиционной бинарной ортогональной частотной модуляцией.

Цель доклада, разработать методику оценки вероятности ошибочного приема сигналов с PSK, PAM, QAM модуляцией заданной кратности в одномодовом коротковолновом канале связи в зависимости от уровня диффузности ионосферы и выбора отношения рабочей частоты волны к максимально применимой (МПЧ).

Известно [1], что в КВ-канале связи распределение замираний амплитуды сигнала чаще всего описываются распределением Райса.

Вероятность ошибочного приема в канале связи с райсовскими замираниями сигналов с модуляцией вида PSK, PAM, QAM может быть найдена с помощью производящей функции моментов M_h [2, 3]:

$$M_h\left(-\frac{g}{\sin^2 \theta}\right) = \frac{(\gamma^2 + 1) \sin^2 \theta}{(\gamma^2 + 1) \sin^2 \theta + gh^2} \exp\left[-\frac{\gamma^2 gh^2}{(\gamma^2 + 1) \sin^2 \theta + gh^2}\right], \quad (1)$$

где g является константой, зависящей от определенного сочетания модуляции/детектирования, h^2 отношение сигнал/шум на входе приемника, угол θ описывает погрешность фазовой синхронизации приемника и принимаемого сигнала, а γ^2 - параметр Райса.

Известно выражение для определения параметра Райса в одномодовом КВ канале связи [4, 5]:

$$\gamma^2 = \left\{ \exp\left[\sigma_\varphi^2(f_0, \beta_n)\right] - 1 \right\}^{-1}, \quad (2)$$

где σ_φ^2 – дисперсия флуктуаций фазы во фронте отраженной волны на выходе неоднородной ионосферы, f_0 – рабочая частоты, β_n – уровень

диффузности ионосферы. Входящие в (2) параметры детально описаны в [5].

В рамках разработанной методики решены следующие задачи:

1. Определены зависимости $\gamma^2 = \psi(f_0/f_m, \beta_n)$ параметра Райса в одномодовом КВ канале связи от выбора отношения f_0 рабочей частоты к МПЧ f_m и уровня диффузности ионосферы β_n .

2. Определены зависимости вероятности ошибочного приема сигналов PSK, PAM, QAM при заданной кратности модуляции (например, $M=64$) от выбора рабочей частоты относительно МПЧ, уровня диффузности ионосферы и отношения сигнал/шум на входе приемника $P_{MPSK}(f_0/f_m, \beta_n, h^2)$, $P_{MQAM}(f_0/f_m, \beta_n, h^2)$, $P_{MPAM}(f_0/f_m, \beta_n, h^2)$.

В результате установлено, что для обеспечения допустимого значения вероятности ошибочного приема сигналов $P_{\text{ош доп}}=10^{-3}$ в условиях нормальной диффузности ионосферы при $f_0/f_m=0,8$ для вида модуляции PSK потребуется $h^2=30,5$ дБ, для PAM $h^2=36,5$ дБ, для QAM $h^2=22,9$ дБ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-21-00295 (<https://rscf.ru/project/24-21-00295/>).

1. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений // М.: Советское радио, 1970. 728 с.

2. Mathuranathan V. Wireless Communication Systems in Matlab Second Edition // Independently published, 2020. 382 p.

3. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации. М.: Техносфера, 2011. 904 с.

4. Расчет параметра глубины замираний в однолучевой декаметровый радиолнии / В.П. Пашинцев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2001. Т. 44, № 12. С. 57–65.

5. Методика оценки надежности связи в коротковолновой радиолнии с райсовскими замираниями с учетом диффузности ионосферы / В.П. Пашинцев [и др.] // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2022. Т. 25, № 6. С. 22–39.

NOISE STABILITY OF SIGNALS WITH DIGITAL MODES OF MODULATION IN SHORTWAVE COMMUNICATION CHANNELS

Belokon D.A.

(North Caucasus Federal University)

A method has been developed for evaluating the noise immunity of digital types of PSK, PAM, and QAM signals in shortwave communication channels, depending on the choice of the ratio of the operating frequency to the maximum applicable and the level of ionospheric diffusivity. The acceptable level of the signal-to-noise ratio has been determined to ensure the probability of error 10^{-3} .

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ В ВИДЕ РАЗНОСТНЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Глушанков Е.И.¹, Кондрашов З.К.², Царик Д.В.³, Сидоркович Д.Р.¹

(¹Санкт-Петербургский государственный университет

телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, ²АО «НИИМА

«Прогресс», ³ООО «СТЦ»)

При решении многих задач радиолокации и радионавигации требуется описание импульсных последовательностей, а также функциональной зависимости между интервалами следования импульсов [1-2]. При этом можно представить импульсную последовательность случайным процессом в виде:

$$y^{(i)}(t) = \sum_{j=0}^{N^{(i)}-1} \delta(t - t_j^{(i)}),$$

(потока импульсов) в дискретных точках, где множество $\{t_j^{(i)}\}$ определяется выражением:

$$t_j^{(i)} = jT^{(i)} + t_\phi^{(i)} + v_j. \quad (1)$$

Здесь $\delta(t - t^{(i)})$ – дельта-функция; $t_j^{(i)}$ – время прихода j -го импульса i -го источника; $t_\phi^{(i)}$ – фаза сигнала, или время прихода первого импульса i -го источника; $T^{(i)}$ – период повторения импульсов i -го источника; $N^{(i)}$ – число импульсов i -го источника, v_j – шум, $n=1, 2, \dots, N$. Согласно (1) сигнал можно рассматривать как сумму строго периодической последовательности времен прихода импульсов $\{jT\}$ и шума $\{v_j\}$. Компонента $\{v_j\}$ обусловлена ошибками измерения величины $\{t_j\}$ и является последовательностью независимых одинаково распределенных случайных величин с нулевым средним и дисперсией σ_v^2 . Относительно потока импульсов, образованного с помощью (1), будем говорить, что он флуктуирует без накопления.

Если v_j можно аппроксимировать дискретным белым гауссовским шумом (БГШ), то (1) можно представить в виде разностного уравнения вида для k -го момента времени:

$$t_j^{(i)}(k+1) = jT^{(i)}(k) + t_\phi^{(i)} + v_j(k).$$

Расписав период повторения импульсов в разностном виде, представим это уравнение как:

$$t_j^{(i)}(k+z) = j[t_j^{(i)}(k+1) - t_j^{(i)}(k)] + t_\phi^{(i)}(k) + v_j(k).$$

Выполнив преобразования, получим окончательный вид разностного стохастического уравнения (PCY):

$$t_j^{(i)}(k+1) = \frac{j}{j-1} t_j^{(i)}(k) - \frac{j}{j-1} t_\phi^{(i)}(k) - \frac{j}{j-1} v_j(k). \quad (2)$$

PCY (2) является уравнением формирующего фильтра (уравнением состояния дискретной системы) для задания значений $t_j^{(i)}$ из (1) в дискретные моменты времени, где $t_j^{(i)}(k)$ – переменные состояния, $v_j(k)$ – формирующий БГШ.

В действительности реальные последовательности неизбежно обладают накоплением из-за невозможности, а в ряде случаев и нецелесообразности сохранять стабильные условия формирования периодической структуры излучения в передающем тракте РЛС. Шум источника излучения учтем с помощью слагаемого $\rho_j^{(i)} = \sum_{k=0}^j u_k^{(i)}$, где $\{u_j^{(i)}\}$ – последовательность независимых одинаково распределенных случайных величин с нулевым средним и дисперсией $\sigma_{u(i)}^2$. Тогда выражение (1) перепишем в виде:

$$t_j^{(i)} = t_\phi^{(i)} + jT^{(i)} + \rho_j^{(i)}. \quad (3)$$

Здесь последовательности $\{\rho_j^{(i)}\}$ уже не являются независимыми, т.к. величина дисперсии $\sigma_{\rho_j(i)}^2 = j\sigma_{u(i)}^2$. Составляющая $\{\rho_j^{(i)}\}$ – кумулятивный шумом, а поток (3) – флюктуирующий поток с накоплением.

1. Терентьев А.В., Коротков В.Ф. Радиотехническая разведка: Теория и практика обработки радиолокационных сигналов. СПб.: Медиапайр, 2021. 345 с.

2. Ярлыков М.С. Статистическая теория радионавигации. М.: Радио и связь, 1985. 344 с.

REPRESENTATION OF THE PULSE SEQUENCE IN THE FORM OF DIFFERENCE STOCHASTIC EQUATIONS

Glushankov E.I.¹, Kondrashov Z.K.², Tsarik D.V.³, Sidorkovich D.R.¹

(¹The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications, ²JSC Progress MRI, ³LLC "STC")

Real sequences lead to accumulation due to the impossibility and inexpediency of maintaining stable states that form a periodic structure in the transmitting path of the radar. Then the set of arrival times of the j -th pulse of the i -th source can be represented by a fluctuating flow with accumulation.

ЗАЩИТА КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ПЕРЕСТАНОВОЧНОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ

Шахтанов С.В.

*(Нижегородский государственный инженерно-экономический
университет)*

Защита каналов управления удалёнными исполнительными механизмами представляет актуальную задачу на современном этапе развития технологий. Особенностью решения данной задачи является априори имеющие место деструктивные факторы воздействия на сам канал управления, которые представляют собой природный, техногенный и антропогенный характер. В зависимости от вида и типа помех, применяются различные виды защиты.

Для противодействия первым двум видам воздействия обычно достаточно стандартных решений на основе экранирования проводных систем, а для радио интерфейса – увеличение мощности передатчика, чувствительности приёмника, использование узконаправленных антенн и современных видов модуляции сигнала.

Требования по обеспечению заданной надёжности и достоверности при обмене информацией обеспечиваются выбором среды передачи сигнала, техническими характеристиками используемого канала и аппаратно-программным обеспечением. Для решения этой частной задачи чаще всего употребляются избыточные коды, простейшим применением которых является код 4В/5В, используемый в Ethernet.

Однако современные реалии требуют не только довести управляющий сигнал неискажённым до исполнительного механизма, но и защитить его от возможного внешнего воздействия. Характерным примером является управление беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), особенно в условиях выполнения специфических задач силовых структур. Наиболее действенным является использование средств криптозащиты канала управления. Но данное решение не всегда применимо в конкретных условиях из-за сложности технических решений при работе с маломерными БПЛА, наиболее часто используемых в реальных условиях.

Альтернативным решением проблемы может быть внедрение методов перестановочного декодирования на основе коротких блоковых помехоустойчивых кодов Рид-Соломона (РС). Данное решение позволяет не только защитить канал управления от помех за счёт избыточности кода, но и предоставляет возможность маскировать сигнал управления без средств криптозащиты. Смысл решения заключается в том, что при использовании коротких блоковых кодов каждый сигнал управления, даже

посланный повторно, передаётся разными комбинациями кодового вектора, следовательно, перехват управлением БПЛА, спуффинг, становится не возможным, так как повтор управляющей комбинации не нарушает функции управления. Дешифровка команды теряет смысл, поскольку время дешифровки многократно превышает время исполнения команды [1].

Стандартный метод дешифровки перестановочного декодирования предполагает необходимость составления и вычисление порождающей матрицы кода с поиском истинных и непроизводительных перестановок. Эта процедура является затратным вычислительным процессом, сложным для реализации в объёме средств БПЛА, особенно малого формата. Но, поскольку количество возможных комбинаций порождающей матрицы кода конечно, имеется возможность проведения комплекса вычислений всех возможных комбинаций кода заранее с занесением результатов вычисления в когнитивную карту (КК).

Особенностью метода является использование КК декодера команд, что позволяет выбрать готовый результат в исполнительном устройстве БПЛА. Объём памяти КК с учётом свойств циклических структур в системе перестановочного декодирования позволяет вносить её в программно-аппаратный комплекс БПЛА [2].

1. Гладких А.А., Ал Тамими Т.Ф.Х. Концепция когнитивной обработки данных в системе перестановочного декодирования двоичного избыточного кода // Электросвязь. 2018. № 9. С. 69–74.

2. Гладких А.А., Пчелин Н.А., Шахтанов С.В. Минимизация объёма памяти когнитивной карты декодера в системе поиска эквивалентных кодов // Радиотехника. 2018. № 6. С. 38–41.

PROTECTION OF CONTROL CHANNELS BASED ON PERMUTATION DECODING METHODS

Shakhtanov S.V.

(Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics)

Protection of control channels of remote actuators is a pressing issue at the current stage of technology development. The specificity of the solution to this problem is the a priori destructive factors of impact on the control channel itself, which are of natural, man-made and anthropogenic nature. Consequently, depending on the type and kind of interference, various types of protection are used.

АНАЛИЗ ЗВУКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЛ-КЕПСТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

*Хайретдинова А.Д., Воронков Г.С.
(Уфимский университет науки и технологий)*

Анализ звука как один из методов мониторинга позволяет регулировать и предотвращать последствия ситуаций во многих сферах. В работе система контроля звука состоит из одноплатного компьютера Orange Pi 3 LTS, на котором развернут web-сервер flask [1], датчика звука MAX9814, имеющего встроенный усилитель, микроконтроллера ESP32-WROOM-32, осуществляющего обработку принятого звука, заполнение буфера данными и их передачу непосредственно на сервер. В данной работе используется технология WiFi для обмена данными по беспроводным сетям.

Было выявлено, что при извлечении признаков из набора данных универсальным методом является использование мел-кепстральных коэффициентов (MFCC), дающий особенно хорошие результаты при сочетании со сверточными нейронными сетями и преобразованием Гильберта-Хуанга [2]. В результате извлечения MFCC десятки отчетов заменяются на небольшое количество параметров [3].

Библиотека librosa для Python предоставляет возможность работать с аудиофайлами и вычислять MFCC (Рис. 1).

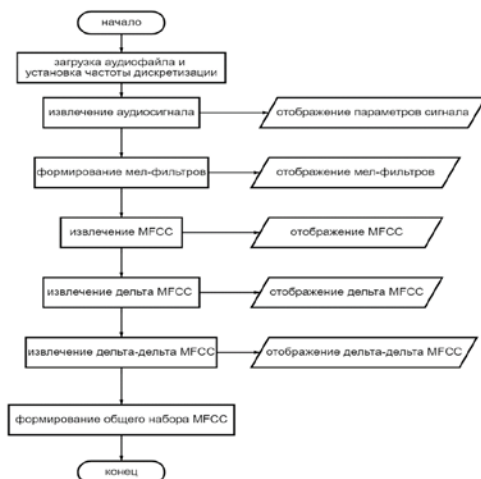


Рис. 1. Блок-схема кода для извлечения MFCC

Для детализации спектра используются от 20 до 40 мел-фильтров. Всего в MFCC используются 39 коэффициентов: по 13 коэффициентов в одной группе. Первые 13 коэффициентов (MFCC_0 – MFCC_12) несут основную информацию в компактном и легко воспринимаемом виде. В них содержится информация об амплитуде гармоник. Энергию в каждом кадре представляет 13-ый параметр (MFCC_0). Для учета динамических характеристик вычисляются первая и вторая производные MFCC.

1. GitHub – `pallets/flask`: The Python micro framework for building web applications [Электронный ресурс] / URL: <https://github.com/pallets/flask/> (дата обращения: 19.08.2024)/

2. Uthoff C., Homsí M.N., Von Bergen M. Acoustic and vibration monitoring of honeybee colonies for beekeeping-relevant aspects of presence of queen bee and swarming // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. Vol. 205. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107589

3. Мел-кепстральные коэффициенты (MFCC) и распознавание речи. Хабр. 2012 [Электронный ресурс] / URL: <https://habr.com/ru/articles/140828/> (дата обращения: 19.05.2024).

SOUND ANALYSIS USING MEL-CEPSTRAL COEFFICIENTS

*Khairtdinova A.D., Voronkov G.S.
(Ufa University of Science and Technology)*

Sound analysis, as one of the monitoring methods, allows to regulate and prevent the consequences of situations in many areas. The sound control system consists of a single-board Orange Pi 3 LTS computer, on which a flash server is deployed, a MAX9814 sound sensor with an integrated amplifier, and an ESP32-WROOM-32 microcontroller. MFCC is used for sound analysis. Feature extraction takes place using the `librosa` library in Python.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ

Ваняев Д.А., Гладких А.А.

*(Нижегородский государственный инженерно-экономический
университет)*

Система управления в любом устройстве, удаленном от оператора, использует схожие принципы работы. Передача данных по, сначала аналоговому, а затем и цифровому радиоканалу, позволило в принципе осуществить возможность удаленного управления. В БПЛА применяется два уровня связи: «RX – протоколы» реализующие проводную связь между радиоприемником и полетным контроллером, а также «TX – протоколы» работающие для связи передатчика на аппаратуре управления и приемника на БВС. Именно «TX – протоколы» используют цифровую радиосвязь.

Широкое распространение получили достаточно большое количество систем передачи команд управления использующие различные типы модуляции, так в большинстве своем компании FrSky, FlySky, Spectrum и другие используют FHSS и DSSS [2]. Сравнительно недавно появившийся продукт ELRS использует модули LoRa Semtech 1278/1280 и соответствующую ей метод расширения спектра CSS совместно с избыточными кодами Хемминга и Грея [4]. Сочетая в себе высокую дальность и низкую задержку в управлении, ELRS показала преимущество использования избыточного кодирования в системах управления БПЛА.

Примеры избыточного кодирования применяемых в системах радиопередачи: код Хемминга, код Рида-Соломона, свёрточный код, Турбокод, код с малой плотностью проверок на чётность.

Код Хемминга самоконтролирующийся и самокорректирующийся двоичный код. Получил широкое применение, как уже было ранее сказано используется в LoRa.

Код с малой плотностью проверок на чётность является линейным двоичным низкочастотным кодом. Делятся на случайные и структурированные.

Код Рида-Соломона является частным не двоичным случаем БЧХ кода. Зарекомендовал себя как мощный инструмент для обеспечения надёжности передачи данных.

Одним из главных недостатков избыточных кодов является повышенное время декодирования. Существуют методы увеличения эффективности и уменьшения времени декодирования, например, перестановочное декодирование блочных избыточных кодов [1]. Они

могут быть реализованы для всех выше представленных примеров избыточного кодирования.

1. Гладких А.А., Климов Р.В., Чилихин Н.Ю. Методы эффективного декодирования избыточных кодов и их современные приложения: монография, Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2016. 258 с.

2. Полынкин А.В., Ле Х.Т. Исследование характеристик радиоканала связи с беспилотными летательными аппаратами // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. № 7-2. С. 98–107.

3. Применение метода перестановочного декодирования в системе управления беспилотных летательных аппаратов малого класса (дроны, мультикоптеры) / И.А. Сорокин [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. № 2 (62). С. 186–195.

4. Степанов Н.В. Систематизированный обзор особенностей реализации физического уровня протокола LoRa // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2023. Т. 17, № 11. С. 11–26.

ANALYSIS OF EXISTING UAV CONTROL SYSTEMS TAKEN INTO ACCOUNT OF THE USE OF REDUCED CODING

Vanyaev D.A., Gladkikh A.A.

(Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics)

The control system in any device remote from the operator uses similar principles of operation. Data transmission over, first analog, and then digital radio channels, allowed, in principle, the possibility of remote control. The UAV uses two communication levels: "RX protocols" that implement wired communication between the radio receiver and the flight controller, as well as "TX protocols" that work to communicate the transmitter on the control equipment and the receiver on the UAV. It is the "TX protocols" that use digital radio communication. A fairly large number of control command transmission systems using various types of modulation have become widespread, so for the most part FrSky, FlySky, Spectrum and others use FHSS and DSSS. The relatively recent ELRS product uses LoRa Semtech 1278/1280 modules and the corresponding CSS spectrum extension method together with redundant Hemming and Gray codes [x]. Combining high range and low latency in control, ELRS has shown the advantage of using redundant coding in UAV control systems.

ОЦЕНКА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО СИГНАЛУ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАММЫ

Сергеев И.К., Бурков Н.В., Овчинников А.Л.

*(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)*

В последнее время стали появляться мобильные компактные устройства для непрерывного мониторинга артериального давления (АД) человека по пульсовому сигналу. Данные устройства имеют большую перспективу применения для решения различных практических задач, связанных с контролем здоровья человека вне больничных условий [1]. Однако, большинство методов оценки АД требуют синхронного измерения либо электрокардиографического (ЭКГ) и сигнала фотоплетизмограммы (ФПГ), либо двух сигналов ФПГ, получаемых с различных участков тела человека [1].

В работе предлагается модель, связывающая значения АД с параметрами только одного сигнала ФПГ. В ее основе лежат качественные и количественные связи между значениями артериального давления и морфологическими признаками сигнала ФПГ [2]. Использование данной модели минимизирует воздействие артефактов, вызванных физической активностью, а также уменьшается вероятность потери сигнала, в задачах непрерывного контроля АД.

Для получения оценок АД применялся алгоритм машинного обучения – дерево регрессии. Наиболее распространенная линейная регрессионная модель во многих случаях не дает приемлемых результатов прогнозирования АД на основании измерения только одного сигнала ФПГ [2]. Исходные данные измерений для выбранной модели были получены из открытой базы данных, содержащей записи реальных сигналов ФПГ, с которыми синхронно записаны значения АД [3]. Для построения алгоритма был рассчитан набор морфологических признаков ФПГ, связанных со значением АД [4]. Каждый признак был исследован на информативность, устойчивость и коррелированность с другими признаками. В результате было установлено, что наибольшей информативностью и отсутствием корреляции друг с другом обладают: площадь импульса ФПГ, время нарастания импульса и ширина импульса ФПГ на уровне 25% от максимума. Время нарастания импульса связано с изменением артериального давления, площадь и ширина импульса ФПГ отражают изменение сосудистого тонуса [2, 4].

Предложенная модель косвенной оценки АД по сигналу ФПГ показала точность предсказания величин давления, сопоставимую с аналогичными

характеристиками манжетных тонометров. Однако для ее обучения требуется достаточно большое количество записей (не менее 100) ФПГ и АД. Тем не менее, при практическом использовании, она может служить альтернативой традиционным методам контроля артериального давления у людей. Особенно в случаях, когда условия требуют применения носимых компактных устройств.

1. Wearable Sensors and Devices for Real-Time Cardiovascular Disease Monitoring / J. Lin [et al.] // Cell Reports Physical Science. 2021. Vol. 2, no. 8. DOI: 10.1016/j.xcrp.2021.100541

2. Weber-Boisvert G., Gosselin B., Sandberg F. Intensive care photoplethysmogram datasets and machine-learning for blood pressure estimation: Generalization not guaranteed // Frontiers in Physiology. 2023. Vol. 14. DOI: 10.3389/fphys.2023.1126957

3. UCI Machine Learning Repository: Cuff-Less Blood Pressure Estimation Data Set [Электронный ресурс] / URL: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Cuff-Less+Blood+Pressure+Estimation#> (дата обращения: 10.09. 2024).

4. Liu D., Görges M., Jenkins S.A. University of Queensland Vital Signs Dataset: Development of an Accessible Repository of Anesthesia Patient Monitoring Data for Research // Anesthesia and Analgesia. 2012. Vol. 114, no. 3. P. 584–589.

ASSESSMENT OF BLOOD PRESSURE BY PHOTOPLETHYSMOGRAM SIGNAL

*Sergeev I.K., Burkov N.V., Ovchinnikov A.L.
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

The article presents a method for predicting human blood pressure based on morphological indicators of a photoplethysmogram signal taken from only one biosensor. Attention is focused on justifying the choice of morphological features of the PPG signal used in the proposed model. An algorithm based on machine learning is described, which can accurately estimate arterial pressure values comparable to the similar characteristics of cuff pressure gauges.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БАЙЕСОВСКОГО ВЫВОДА В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПЕРЕСТАНОВОЧНОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ

Толикина М.Ю.

(Нижегородский государственный инженерно-экономический университет)

Перестановочное декодирование является одной из ключевых задач в теории информации и кодирования. Оно находит широкое применение в различных областях, от передачи данных по каналам с шумами до биоинформатики. Байесовский вывод, со своей стороны, предлагает мощный инструмент для решения задач классификации и принятия решений в условиях неопределенности. В данной статье мы рассмотрим применение Байесовского вывода в системах поддержки перестановочного декодирования и оценим его эффективность.

Перестановочное декодирование заключается в восстановлении исходной последовательности символов из искаженной версии, полученной в результате передачи по каналу с шумами или другими искажениями [2].

Байесовский вывод позволяет формализовать процесс принятия решений в условиях неопределенности путем вычисления апостериорных вероятностей различных гипотез [3].

Байесовский вывод может быть использован в системах поддержки перестановочного декодирования следующим образом:

1. Формирование моделей. Строятся вероятностные модели для исходных последовательностей, искажающего канала и возможных ошибок декодирования.

2. Вычисление апостериорных вероятностей. На основе полученных моделей вычисляются апостериорные вероятности различных возможных исходных последовательностей.

3. Принятие решения. В качестве декодированного сообщения выбирается последовательность с наибольшей апостериорной вероятностью.

Для оценки эффективности Байесовского вывода в системах поддержки перестановочного декодирования необходимо учитывать следующие факторы [1]:

1. Точность декодирования. Сравнение частоты правильного декодирования с другими методами.

2. Скорость работы алгоритма. Время, необходимое для вычисления апостериорных вероятностей.

3. Сложность реализации. Требования к вычислительным ресурсам и программной реализации.

4. Устойчивость к различным типам ошибок. Анализ работы алгоритма при различных уровнях шума и других искажениях.

Проведенные исследования демонстрируют, что Байесовский вывод позволяет достичь высокой точности декодирования, особенно при наличии априорной информации о вероятности различных последовательностей и характеристиках канала. Однако, сложность вычислений может ограничивать применение Байесовского вывода для больших последовательностей и сложных моделей каналов.

Байесовский вывод представляет собой мощный инструмент для решения задач перестановочного декодирования. Он позволяет формально учитывать неопределенность и принимать оптимальные решения на основе имеющейся информации. Однако, эффективность Байесовского вывода зависит от качества моделей и вычислительной сложности алгоритмов. Дальнейшие исследования направлены на разработку более эффективных алгоритмов Байесовского вывода и их адаптацию к различным типам перестановочного декодирования.

1. Оценка критериев эффективности защиты данных от ошибок на базе перестановочного декодирования / А.В. Новоселов [и др.] // Автоматизация процессов управления. 2022. № 3 (69). С. 27–34.

2. Coding Methods and Permutation Decoding in the Systems for Network Processing of Data / A.A. Gladkikh [et al.] // International Journal of Control and Automation. 2020. Vol. 13, no. 1. P. 93–100.

3. Гладких А.А. Перестановочное декодирование как инструмент повышения энергетической эффективности систем обмена данными // Электросвязь. 2017. № 8. С. 52–56.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF BAYESIAN INFERENCE IN THE PERMUTATION DECODING SUPPORT SYSTEM

Tolikina M.Yu.

(Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics)

The article discusses the use of Bayesian inference in permutation decoding support systems and evaluates its effectiveness. The conducted studies demonstrate that Bayesian inference allows to achieve high decoding accuracy, especially in the presence of a priori information.

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛОГО-ИНФОРМАЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В FMCW МИМО РАДАРЕ

Карпов В.Н.

(Национальный исследовательский университет «МИЭТ»)

При разработке многоканальных радиотехнических систем, основанных на технологии множественного входа и множественного выхода (ММО), зачастую возникает проблема быстрой оцифровки аналогового сигнала на каждом приемном канале радиосистемы, поскольку каждый такой сигнал при прохождении через аналого-цифровой преобразователь (АЦП), имеющий большое количество разрядов, превращается в большой объем данных, которые необходимо передать от АЦП к вычислителю. В качестве одного из возможных решений данной проблемы может быть применение теории сжатой выборки, а именно устройства, работающего на основе этой теории, под названием аналого-информационный преобразователь (АИП), за счет которого возможно оцифровывать сигнал с частотой дискретизации меньшей, чем удвоенная максимальная частота сигнала, что позволит в значительной степени уменьшить поток данных между АЦП и вычислителем.

Принцип действия АИП заключается в том, что данное устройство принимает на вход аналоговый сигнал и, в отличие от традиционных АЦП, выдает на выходе оцифрованную и сжатую версию входного сигнала. Архитектура АИП представляет собой внешний интерфейс, реализующий сжатую выборку, и внутренний интерфейс, который восстанавливает сжатый сигнал (Рис. 1) [1].

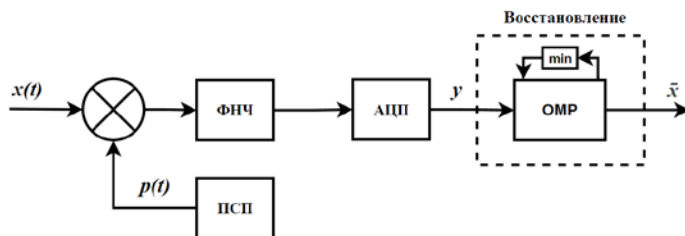


Рис. 1. Схема работы АИП

В данной работе рассмотрена возможность применения аналого-информационного преобразователя в ММО радиолокаторе Ку-диапазона частот на базе технологии непрерывного излучения с линейно-частотной модуляцией (FMCW), работающего на дальностях до 6 км.

Для проверки возможности применения АИП относительно поставленной задачи был произведен расчет параметров сигналов, требующих оцифровки [2], а затем проведен натурный эксперимент, для оценки качества оцифровки этих сигналов с помощью алгоритма АИП. Результаты эксперимента (Рис. 2), показали совпадение спектров исходного и прошедшего через АИП сигналов.

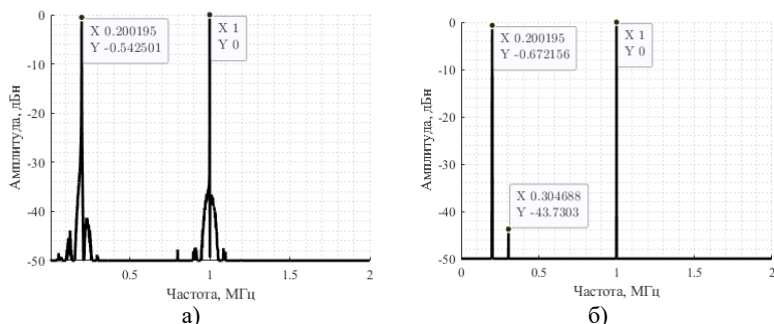


Рис. 2. Результаты эксперимента: а) исходный сигнал; б) прошедший через АИП сигнал

Проведенный эксперимент позволяет сделать выводы о возможности применения АИП в задачах ММО радиолокации для уменьшения объема информационного потока между АЦП и вычислителем.

1. Application of an Analog-to-Information Converter in Multichannel Radio Systems / Y.M. Meleshin [et al.] // 2023 IEEE Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT), 2023. P. 143–146.

2. Карпов В.Н. Применение аналого-информационного конвертера в FMCW ММО радаре // Микроэлектроника и информатика – 2024: материалы научно-технической конференции. М.: Национальный исследовательский университет «МИЭТ», 2024. С. 80–84.

APPLICATION OF AN ANALOG-TO-INFORMATION CONVERTER IN FMCW MIMO RADAR

Karpov V.N.

(National Research University of Electronic Technology)

This paper presents the experimental verification of the performance of an analog-to-information converter as applied to FMCW MIMO.

**ПЕРЕСТАНОВОЧНОЕ ДЕКОДИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ***Мишин Д.В.¹, Гладких А.А.², Ганин Д.В.³, Ничунаев А.А.²**(¹Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, ²Ульяновский государственный технический университет, ³Нижегородский государственный инженерно-экономический университет)*

Интенсивное развитие разнообразных систем управления и измерения, объединенных по техническим требованиям с системами телекоммуникации, варианты практического использования беспилотных средств потребовали для качественной реализации процедуры управления ими высокоскоростных и высоконадежных телекоммуникационных систем (ТКС). В условиях урбанизированной среды к подобным телекоммуникационным составляющим однозначно следует отнести системы мобильной связи поколения 5G, которые имеют достаточно широкую полосу пропускания и задержку обрабатываемых цифровых сигналов на уровне не более одной миллисекунды. Казалось бы, что в условиях естественной среды требования к высокой скорости и высокой надежности процедуры управления могут быть ослаблены. Отмеченные ограничения по скорости и надежности данных могут быть реализованы только в ТКС с короткими избыточными кодами [1]. Использование длинных кодовых конструкций с их системой алгебраических уравнений, призванных выявить локаторы ошибок и затем исправить эти ошибки, в новых условиях противоречит требованию обеспечения высокой скорости обмена данными.

В системе 5G для защиты данных от помех рекомендованы полярные коды (ПК), декодирование которых основано не на алгебраических вычислениях, а на оценке условных вероятностей межсимвольных связей принятой кодовой комбинации по известной схеме их формирования на передающей стороне. При этом оценки энергетического выигрыша для указанной системы защиты данных от ошибок осуществляются в условиях действия аддитивного белого гауссовского шума (АБГШ). В определенной мере концепция ПК отвечает требованию простоты реализации кодека, однако это условие не играет существенной роли при попытке использовании ПК в высокоскоростных мобильных ТКС, поскольку указанный параметр оценивался для достаточно длинных кодовых комбинаций и сравнивался с такими кодами, как коды с малой плотность проверки на четность и турбокодами (ТК). При этом следует учесть, что длина кодовых комбинаций для ТК может оцениваться в несколько

десятков килобит с возможностью декорреляции группирующихся ошибок и использованием алгоритмических методов исправления ошибок с применением алгоритмов итеративных преобразований. Очевидно, подобные решения непригодны для высокоскоростных ТКС. Действительно, базовый алгоритм декодирования на длине кодового вектора в 128 бит занимает приблизительно 2 мс, а для вектора в 512 бит это время составляет порядка 8 мс. При этом списочное декодирование ПК в первом случае займет около 60 мс, а втором случае 650 мс. Указанные параметры принципиально не укладываются в нормативное время задержки технологии 5G. В указанных условиях целесообразно применение перестановочного декодирования, предполагающий использование коротких избыточных кодов [2].

1. Свойства циклических структур в системе перестановочного декодирования избыточных кодов / Н.Ю. Бабанов [и др.] // Автоматизация процессов управления. 2020. № 2 (60). С. 101–108.

2. Исследование процессов когнитивной обработки данных в системах радиосвязи с перестановочным декодированием / Д.В. Мишин [и др.] // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2024. Т. 27, № 1. С. 103–112.

PERMUTATION DECODING IN A HIGH-SPEED TELECOMMUNICATIONS SYSTEM

Mishin D.V.¹, Gladkikh A.A.², Ganin D.V.³, Nichunaev A.A.²

(¹Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics,

*²Ulyanovsk State Technical University, ³Nizhny Novgorod State University of
Engineering and Economics)*

The use of long code structures with their system of algebraic equations designed to identify error locators and then correct these errors in the new conditions contradicts the requirement to ensure high data exchange speed. The intensive development of various control and measurement systems, combined according to technical requirements with telecommunications systems, and practical use options for unmanned vehicles required high-speed and highly reliable telecommunications systems for the qualitative implementation of their control procedures.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕТЕКТОРА ЭНЕРГИИ В СЕТИ КОГНИТИВНОГО РАДИО

Елисеев С.Н.¹, Степанова Н.В.²

¹Московский технический университет связи и информатики,

²Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Технология когнитивного радио используется для улучшения использования спектра. Она позволяет нелицензированным пользователям получать доступ к лицензированным частотным диапазонам, не мешая лицензированным пользователям. Детектор энергии [1] обычно используется в сетях когнитивного радио. Он принимает решение о наличии или отсутствии основного пользователя путем сравнения значения энергии сигналов с порогом обнаружения. Обычный детектор энергии выполняет операцию возведения в квадрат на амплитуде полученного сигнала. В [2] детектор был расширен для обнаружения сигнала со случайной амплитудой. Улучшенный детектор энергии модифицирован путем замены операции возведения в квадрат на произвольную положительную степень p . Улучшенный детектор энергии может значительно улучшить производительность системы. Улучшенный детектор энергии для случайных сигналов в гауссовском шуме обсуждался в [3]. Численные результаты показывают, что наилучшая операция мощности зависит от вероятности ложной тревоги, вероятности обнаружения, среднего отношения сигнал/шум или размера выборки. Выбирая оптимальную операцию мощности в соответствии с различными настройками системы, можно получить новые детекторы энергии с лучшими характеристиками обнаружения. Эти результаты дают полезные указания о том, как улучшить характеристики современных беспроводных систем с использованием детектора энергии. Это также подтверждает, что обычный детектор энергии, основанный на тесте обобщенного отношения правдоподобия с использованием обобщенной функции правдоподобия, не является оптимальным с точки зрения характеристик обнаружения.

Зондирование спектра играет важную роль в технологии когнитивного радио. В сетях когнитивного радио лицензированные пользователи имеют более высокий приоритет, чем нелицензированные пользователи. Чтобы избежать помех для основных пользователей, вторичные пользователи должны иметь возможность ощущать спектр ожидания и привлекательность основных пользователей. Для этого требуется, чтобы детектор мог получать точную информацию о сигнале основного пользователя. Чтобы точнее обнаружить сигнал основного пользователя,

мы можем использовать кооперативное зондирование спектра. Схема кооперативного зондирования спектра отправляет сенсорную информацию в центр слияния, определяет присутствие основного пользователя с помощью критерия слияния. Жесткое слияние и мягкое слияние являются основными методами слияния сенсорной информации. Жесткое слияние заключается в том, что каждый вторичный пользователь отправляет 1-битную информацию о решении в центр слияния, решение принимается центром слияния в соответствии с критерием слияния. Мягкое слияние заключается в том, что каждый вторичный пользователь отправляет больше информации о решении в центр слияния и решение принимается центром слияния.

1. Deep R., Singh N.P. Improved Threshold Scheme for Energy Detection in Cognitive Radio under Low SNR // IUP Journal of Electrical & Electronics Engineering. 2014. Vol. 7, no. 1. P. 53–60.

2. Rashleigh S.C. Origins and Control of Polarization Effects in Single-Mode Fibers // Journal of Lightwave Technology. 1983. Vol. 1, no. 2. P. 312–331.

3. Kostylev V.I. Energy Detection of a Signal with Random Amplitude // IEEE International Conference on Communications. Conference Proceedings. 2002. P. 1606–1610.

4. Chen Y. Improved Energy Detector for Random Signals in Gaussian Noise // IEEE Transaction on Wireless Communication. 2010. Vol. 9, no. 2. P. 558–563.

OPTIMIZATION OF ENERGY DETECTOR IN COGNITIVE RADIO NETWORK

Eliseev S.N.¹, Stepanova N.V.²

*(¹Moscow Technical University of Communication and Informatics,
²Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

An improved or enhanced energy detector used in spectrum sensing in cognitive radio networks is derived from the design of a conventional energy detector by modifying the latter by replacing the operation of squaring the amplitude of the received signal in the conventional energy detector by an arbitrary positive power p . The goal of the transition to an improved detector is to bring the characteristics of an incoherent energy detector closer to those of a coherent detector, without requiring any additional a priori information about either the nature of the signal source or the radio channel.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИНДИКАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ СО СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ПРОКЛАДКИ

Гаврюшин С.А., Попов В.Б.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Одним из методов индикации диагностических сигналов, наиболее часто применяемых в настоящее время, является индукционный метод, при котором используют точечное сканирование магнитного поля вдоль трассы кабеля. При этом для анализа структуры магнитного поля приходится фиксировать уровни напряженности во множестве точек. Данные о напряженности магнитного поля в точке измерения отображаются либо звуковым сигналом, либо цифровыми показаниями уровня [1, 2]. Такой метод сбора информации в отдельных точках над кабельной трассой ограничен. Это связано с тем, что оператор анализирует магнитное поле по зонам фиксации сигнала на основе ограниченных данных о структуре поля, т.к. теряется значительный объем информации, из-за невозможности сохранять большие объемы данных с высокой точностью [3]. Все это затрудняет возможности локализовать точные места повреждений кабельной линии.

Улучшение методов индикации обеспечило бы более эффективное обнаружение мест повреждений кабельной линии. Использование трехмерной визуализации магнитного поля на трассе кабельной линии позволит воспринимать больше данных для получения более полной информации о структуре магнитного поля. Использование аналогово-цифрового преобразования и современных средств обработки сигналов позволит генерировать объемные изображения структуры магнитного поля, что облегчает анализ и сравнение данных по различным участкам трассы [4, 5]. Таким образом, разработка алгоритмов для визуализации диагностических параметров магнитного поля позволит использовать в полном объеме возможности индукционного метода, значительно повысить точность диагностики и упростит процедуру обнаружения повреждений кабельных линий.

В данной работе представлен алгоритм для визуализации диагностических параметров структуры магнитного поля кабельной линии в процессе диагностики.

1. От А до Я: локация и поиск повреждений подземных кабелей и труб для начинающих и специалистов / авториз. перевод ЗАО «Пергам». Radiodetection, 1999. 163 с.

2. Измерения на кабельных линиях связи / В.А. Андреев [и др.] // Самара: СРТТЦ ПГУТИ, 2008. 158 с.

3. Способ определения места повреждения на трассе силовой кабельной линии: патент 2188435. Российская Федерация. № 2001119762/09 / Н.С. Иванков (RU), В.В. Платонов (RU); заявл. 16.07.2001; опубл. 27.08.2002, бюл. №24.

4. Способ определения трассы прокладки и локализации места повреждения кабеля: патент 2656283. Российская Федерация. № 2017129867 / В.А. Бурдин (RU), С.А. Гаврюшин (RU); заявл. 23.08.2017; опубл. 04.06.2018, бюл. №16.

5. Способ определения трассы прокладки и локализации места повреждения кабеля: патент 2661551. Российская Федерация. № 2017129868 / В.А. Бурдин (RU), С.А. Гаврюшин (RU); заявл. 23.08.2017; опубл. 17.07.2018, бюл. №20.

ANALYSIS OF METHODS OF INDICATION OF DIAGNOSTIC SIGNALS OF A CABLE LINE WITH A COMPLEX LAYING CONFIGURATION

Gavryushin S.A., Popov V.B.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report is devoted to the analysis of existing methods of indication of diagnostic signals of cable lines in the induction method. One of the key tasks defined in the report is the improvement of indication methods, which would ensure more effective detection of damage.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА
НЕЛИНЕЙНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СИНТЕЗА НА ОСНОВЕ
УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬФАНДА-ЛЕВИТАНА-МАРЧЕНКО С
ВЫРОЖДЕННЫМ ЯДРОМ**

*Григорьев И.В., Албатыров В.Д., Голубцов Н.Н., Шерухаев О.В.
(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

В [1] был описан программно-аппаратный комплекс обобщенного спектрального анализа электрических и оптических сигналов. В данном устройстве кроме классических алгоритмов линейного спектрального анализа сигналов в различных ортогональных базисах (Фурье, Уолша, Хаара и др.) был реализован и алгоритм нелинейного спектрального анализа на основе спектральной задачи Кортевега-де Фриза [2, 3].

Для проверки работоспособности данного алгоритма необходимо сгенерировать ряд тестовых сигналов. В общем случае для синтеза произвольного сигнала, нелинейный спектр которого содержит как дискретную, так и непрерывную составляющие, это можно сделать путем решения интегрального уравнения Гельфанда-Левитана-Марченко (ГЛМ) [3]. При этом сигнал восстанавливается по так называемым данным рассеяния $S = \{\kappa_n, c_n, r(k)\}$, где κ_n – дискретные собственные значения задачи, c_n – нормировочные постоянные, $r(k)$ – коэффициент отражения.

Особый интерес здесь представляет синтез сигнала, который является сечением многосолитонного сигнала для фиксированной пространственной переменной [3]. При этом, спектр содержит только дискретную часть, а ядро уравнения ГЛМ становится вырожденным, что позволяет существенно упростить и ускорить процесс спектрального синтеза.

В докладе описываются особенности реализуемого алгоритма нелинейного спектрального синтеза. Показано, что алгоритм можно свести к решению системы линейных уравнений, которая может быть представлена в матричной форме:

$$FA = (E + G) = Z, \quad (1)$$

где E – единичная матрица размером $N \times N$, N – число дискретных собственных значений прямой спектральной задачи, или число солитонов в решении.

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} g_{11}(x) & g_{12}(x) & \dots & g_{1N}(x) \\ g_{21}(x) & g_{22}(x) & \dots & g_{2N}(x) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{N1}(x) & g_{N2}(x) & \dots & g_{NN}(x) \end{bmatrix}, (2) \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} A_1(x) \\ A_2(x) \\ \dots \\ A_N(x) \end{bmatrix}, (3) \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} -\sum_{n=1}^N g_{1n}(x)X_n(x) \\ -\sum_{n=1}^N g_{2n}(x)X_n(x) \\ \dots \\ -\sum_{n=1}^N g_{Nn}(x)X_n(x) \end{bmatrix}, (4)$$

Определив элементы матрицы (3) можно найти неизвестную функцию уравнения ГЛМ:

$$K(x, y) = -\sum_{n=1}^N X_n(x)Y_n(y) - \sum_{n=1}^N A_n(x)Y_n(y),$$

а затем и искомый сигнал:

$$q(x) = -2 \frac{d}{dx} K(x, x).$$

В этих выражениях функции $g_{mn}(x)$, $X_n(x)$, $Y_n(y)$ определяются данными рассеяния прямой спектральной задачи $\mathbf{S} = \{\kappa_n, c_n\}$ [3] для случая вырожденного ядра уравнения ГЛМ:

$$X_n(x) = c_n^2 \exp(-\kappa_n x), \quad Y_n(y) = \exp(-\kappa_n y), \quad g_{nm}(x) = \int_x^\infty X_m(y)Y_n(y)dy.$$

1. Универсальный программно-аппаратный комплекс для анализа спектров электрических и оптических сигналов / И.В. Григоров [и др.] // Инфокоммуникационные технологии. 2022. Т. 20, № 1. С. 90–102.

2. Программная реализация алгоритма нелинейного спектрального анализа Кортевега-де Фриза / И.В. Григоров [и др.] // Актуальные проблемы информатики, радиотехники и связи: материалы XXX Российской научно-технической конференции. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2023. С. 8–9.

3. Григоров И.В. Применение метода обратной задачи рассеяния для построения нелинейных фазовых фильтров // Электросвязь. 2010. № 1. С. 51–54.

FEATURES OF THE SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE NONLINEAR SPECTRAL SYNTHESIS ALGORITHM BASED ON THE GELFAND-LEVITAN-MARCHENKO EQUATION

Grigоров I.V., Albatyrev V.D., Golubtsov N.N., Sheruhaev O.V.
(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The paper discusses the issues of software implementation of the spectral signal synthesis algorithm based on the solution of the Gelfand-Levitani-Marchenko integral equation for the case when the core of the equation is degenerate.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ РАССЕЯНИЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ КОРТЕВЕГА-ДЕ ФРИЗА МЕТОДОМ КВАДРАТУР

Григоров И.В., Мишин Д.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В [1] описана программа нелинейного спектрального анализа детерминированных и случайных сигналов задачи Кортевега-де Фриза, реализованная в устройстве, созданном в ФГБОУ ВО ПГУТИ в 2021 г. Для тестирования этой программы необходимо сгенерировать ряд сигналов, нелинейный спектр которых содержит как дискретную, так и непрерывную составляющие. Эту процедуру можно реализовать путем численного решения интегрального уравнения Гельфанда-Левитана-Марченко (ГЛМ) [2]:

$$K(x, y) + B(x + y) + \int_x^{\infty} K(x, z)B(z + y)dz = 0, \quad y > z, \quad (1)$$

применяя метод квадратур [3]; здесь $K(x, y)$ – функция, которую необходимо вычислить, $B(\xi)$ – ядро интегрального уравнения, которое определяется выражением:

$$B(\xi) = \sum_{n=1}^N c_n^2 \exp(-\kappa_n \xi) + \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R(k) \exp(ik\xi) dk, \quad (2)$$

здесь κ_n – дискретные собственные значения прямой спектральной задачи, c_n – нормировочные константы, $R(k)$ – коэффициент отражения; совокупность $S = \{\kappa_n, c_n, R(k)\}$ называется данными рассеяния или нелинейным спектром анализируемого или синтезируемого сигнала. Последний может быть найден после определения функции $K(x, y)$ следующим образом:

$$u(x) = -2 \frac{d}{dx} K(x, x). \quad (3)$$

В цифровой форме алгоритм синтеза сигнала (3) можно реализовать методом, описанным в [4]. В этом случае функция $K(x, y)$ представляется квадратной матрицей с элементами K_{ij} . Но для определения отсчетов сигнала (3) достаточно определить диагональные элементы матрицы K_{ii} .

Легко показать, что для решения задачи нужно решать систему линейных алгебраических уравнений, записанных в матричной форме:

$$\mathbf{G}_i \mathbf{K}_i = (\mathbf{E} + \mathbf{F}_i) \mathbf{K}_i = \mathbf{B}_i, \quad (4)$$

здесь $\mathbf{E}$ – единичная матрица,

$$\mathbf{K}_i^T = [K_{i1} \ K_{i2} \ \dots \ K_{ij}], \quad (5) \quad \mathbf{B}_i^T = [-B_{i1} \ -B_{i2} \ \dots \ -B_{ij}], \quad (6)$$

$\mathbf{F}_i$ – матрица, которую можно получить из квадратной матрицы.

$$\mathbf{F} = \begin{pmatrix} D_1 B_{11} & D_2 B_{21} & D_3 B_{31} & \dots & D_J B_{J1} \\ D_1 B_{12} & D_2 B_{22} & D_3 B_{32} & \dots & D_J B_{J2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ D_1 B_{1J} & D_2 B_{2J} & D_3 B_{3J} & \dots & D_J B_{JJ} \end{pmatrix} \quad (7)$$

путем замены нулями элементов столбцов до $(j-1)$ -го, $\mathbf{F}$ – матрица отсчетов ядра $B(x+y)$, элементы которой умножаются на веса D_i , например, на коэффициенты формулы Симпсона. Искомые элементы можно вычислить следующим образом:

$$K_{ii} = \Delta_{ii} / \Delta_i, \quad (8)$$

здесь Δ_i – детерминант матрицы $\mathbf{G}_i$, а Δ_{ii} – можно получить из него заменой j -го столбца элементами (6). Отсчеты (3) можно найти, используя любой из известных методов численного дифференцирования [3].

1. Григоров И.В., Мишин Д.В., Арефьев Д.И., Борисенков А.В. Программа нелинейного спектрального анализа сигналов Кортвега-де-Фриза: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022610429 Российская Федерация; заявл. 24.12.2021; опублик. 12.01.2022.

2. Солитоны и нелинейные волновые уравнения / Р. Додд [и др.]. М.: Мир, 1988. 696 с.

3. Вержицкий В.М. Основы численных методов: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2002. 840 с.

4. Григоров И.В. Применение метода обратной задачи рассеяния для построения нелинейных фазовых фильтров // Электросвязь. 2010. № 1. С. 51–54.

NUMERICAL SOLUTION OF THE INVERSE SPECTRAL SCATTERING PROBLEM FOR THE KORTEWEG-DE VRIES EQUATION BY THE QUADRATURE METHOD

Grigorov I.V., Mishin D.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The theses of the report consider the issues of software implementation of the algorithm for spectral synthesis of signals based on the solution of the Gelfand-Levitan-Marchenko integral equation for the general case of the mixed spectrum.

ЦИФРОВАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА НЕЛИНЕЙНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Григоров И.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Нелинейное уравнение Шрёдингера (НУШ) вида

$$i \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial^2 q}{\partial t^2} + \kappa |q|^2 q = 0, \quad (1)$$

используется, в частности, для описания распространения оптических импульсов по волоконно-оптической линии передачи (ВОЛП) [1]. Для его аналитического решения применяется метод обратной задачи рассеяния (МОЗР) [2], называемый также алгоритмом нелинейного преобразования Фурье [1] – НПФ. Он может быть реализован аналогично процедуре линейной цифровой фильтрации на основе алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ), в 3 этапа:

1. Прямая спектральная задача для системы Захарова-Шабата с начальным условием $q_0(t) = q(0, t)$ (сигнал на входе волокна):

$$\begin{cases} v_1' = -i \zeta v_1 + q v_2 \\ v_2' = i \zeta v_2 - q^* v_1; \end{cases} \quad (2)$$

2. Умножение отсчетов полученного нелинейного спектра сигнала (данных рассеяния) $S = \{\zeta_j, c_j, r(\xi)\}$ на весовые коэффициенты, являющиеся аналогом передаточной функции.

3. Обратная задача спектрального синтеза сигнала на основе системы интегральных уравнений Гельфанда-Левитана-Марченко (ГЛМ), которые можно представить в виде одного уравнения:

$$K(t, y) + \int_x^\infty F^*(y + s) \left[\int_x^\infty K^*(x, z) F(s + z) dz \right] ds = F^*(x + y). \quad (3)$$

После определения функции $K(t, y)$ находят решение (1) для произвольной пространственной координаты x :

$$q(x, t) = -2K(t, t). \quad (4)$$

Важным свойством уравнения (1) является наличие решений в виде солитонов, в частности, в виде фундаментального солитона [1,2]:

$$q(x, t) = \sqrt{2/\kappa} \eta \operatorname{sech} [2\eta((t - t_0) + 8\eta \xi x)] \exp \{ -4i(\xi^2 - \eta^2)x - 2i\xi t + i\varphi \}. \quad (5)$$

Областью возможного применения нелинейной обработки сигналов на основе алгоритма НПФ является создание многоканальных волоконно-оптических систем передачи, объединение и разделение канальных сигналов, в которых осуществляется на основе принципа нелинейной суперпозиции [4]. Очевидно, что решение (5) является нелинейным аналогом собственной функции линейного оператора, описывающего линейный канал связи, в форме гармонического сигнала. Они применяются в качестве несущих в системах передачи с частотным разделением каналов, в том числе, в волоконной оптике («Wavelength Division Multiplexing» - WDM) [1]. В случае нелинейного канала, описываемого (1), в качестве несущих сигналов предпочтительно использовать солитоноподобные оптические импульсы, но формировать групповой сигнал не в виде обычной линейной комбинации канальных, а более сложным способом, на основе принципа нелинейной суперпозиции [4]. Такой принцип формирования групповых сигналов известен («Nonlinear Frequency Division Multiplexing») [5] и является перспективным, т.к. позволяет минимизировать нелинейные искажения сигналов, как внутриканальные, так и межканальные.

1. Nonlinear Fourier Transform for Optical Data Processing and Transmission: Advances and Perspectives / S.K. Turitsyn [et al.] // Optica. 2017. Vol. 4, no. 3. P. 307–322.

2. Захаров В.Е., Шабат А.Б. Точная теория двумерной самофокусировки и одномерной автомодуляции волн в нелинейной среде // ЖЭТФ. 1971. Т. 61, № 1 (7). С. 118–134.

3. Григоров И.В., Широков С.М. Применение теории нелинейных волновых процессов в радиотехнике и телекоммуникациях М.: Радио и связь, 2006. 351 с.

4. Калоджеро Ф., Дегасперис А. Спектральные преобразования и солитоны. Методы решения и исследования нелинейных эволюционных уравнений. М.: Мир, 1985. 472 с.

5. Optimal Design of Eigenvalues for the Full-Spectrum Modulated Nonlinear Frequency Division Multiplexing Transmission System / R. Zhang [et al.] // IEEE photonics journal. 2023. Vol. 15, no. 3. P. 7200908.

DIGITAL IMPLEMENTATION OF THE NONLINEAR FOURIER TRANSFORM ALGORITHM FOR PROCESSING OPTICAL SIGNALS

Grigorov I.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The issues of digital implementation of the nonlinear Fourier transform algorithm are discussed, as well as the areas of possible application of nonlinear signal processing based on this algorithm.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ СИНХРОНИЗАЦИИ OFDM СИГНАЛОВ

Вафин Т.М., Логинов С.С.

*(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)*

OFDM – это метод цифровой модуляции, который разбивает высокоскоростной поток данных на множество низкоскоростных поднесущих, ортогональных друг другу. Важным аспектом для передачи OFDM сигнала является точная синхронизация. Синхронизация – это процесс настройки приемника, чтобы он мог правильно декодировать сигнал OFDM. Наиболее популярные в технологии OFDM это синхронизации по времени и по частоте. Выбор конкретного метода синхронизации зависит от конкретных требований к системе связи.

Метод частотной синхронизации. Метод пилотных тонов: В сигнал OFDM добавляются пилотные тоны на известных частотах. Приемник использует эти пилотные тоны для определения частотной ошибки и корректировки. Метод автокорреляции: Приемник анализирует автокорреляционную функцию полученного сигнала. Пик автокорреляции указывает на начало блока данных.

Метод синхронизации по времени: Принцип его, что в начале каждого блока данных передается специальный сигнал синхронизации. Приемник использует этот сигнал, чтобы определить начало блока. Как работает: Специальный сигнал синхронизации имеет уникальный шаблон, который легко распознается приемником. Когда приемник обнаруживает этот сигнал, он знает, что начало блока данных находится сразу за ним. Преимущества метода заключается в использовании более коротких СР, что повышает пропускную способность. Недостатком является передача дополнительных сигналов, что может увеличивать нагрузку на канал.

Алгоритм синхронизации в частотной области обладает высокой точностью, что напрямую повышает помехоустойчивость приемника. Это преимущество достигается при сравнительно низких аппаратных затратах, так как алгоритм основан на простых операциях: задержка на один отсчет, умножение, суммирование с накоплением и вычисление аргумента комплексного числа.

Однако, для получения отсчетов сигнала в частотной области требуется предварительная грубая оценка временного и частотного рассогласований. Поэтому синхронизация приемника и передатчика должна проводиться в два этапа:

1. Грубая синхронизация:

Выполняется во временной области.

2. Точная синхронизация:

Выполняется в частотной области.

В ходе сравнительного анализа алгоритмов временной и частотной синхронизации для приема OFDM-сигналов было установлено, что алгоритмы в частотной области демонстрируют существенно более высокую точность, превосходя алгоритмы временной области на порядок и более. При этом аппаратные затраты на реализацию алгоритмов в частотной области значительно ниже. Комбинированный подход, включающий грубую синхронизацию во временной области с использованием знакового коррелятора и точную синхронизацию в частотной области, является эффективным решением для обеспечения точной синхронизации.

1. Fusco T. Synchronization techniques for OFDM-systems // Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni (XVIII ciclo), 2004-2005. 137 p.

2. Синхронизация в радиосвязи и радионавигации: учебное пособие / Б.И. Шахтарин [и др.]. М.: Гелиос АРВ, 2007. 256 с.

COMPARISON OF OFDM SIGNAL SYNCHRONIZATION METHODS

Vafin T.M., Loginov S.S.

*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

This article discusses the advantages and disadvantages of time and frequency synchronization methods.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ WI-FI СЕТЕЙ В ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЕ

Кушаков С.А.

*(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)*

Планирование сетей связи, в частности беспроводных Wi-Fi сетей проводится в 2 этапа: первоначальное планирование сети и оптимизация параметров сети.

На первом этапе решаются следующие задачи: производится расчет нагрузки на сеть, анализ количества абонентов, количество точек доступа, места их размещения, высоты установки и т.д. В выпускной квалификационной работе мною было выполнено первоначальное планирование беспроводной Wi-Fi сети стандарта 802.11ac на территории Центрального парка культуры и отдыха им. Горького. Однако, на этом этапе использовались следующие ограничения: не привязывалось расположение точек доступа к инфраструктуре, все точки доступа были одинаковыми, устанавливались на одинаковой высоте и излучали сигналы с одинаковыми мощностями. Как следствие, что сеть обеспечивала заданные требования только при равномерном размещении абонентов по территории парка. Поэтому необходимо выполнить этап оптимизации параметров сети с целью уменьшения нагрузки на сеть. Для реализации этапа оптимизации был определен набор переменных параметров, доступных при проведении оптимизации: местоположение точек доступа (ТД), мощность ТД, высота ТД, тип антенной системы ТД.

Для расчета нагрузки на сеть используем методику, изложенную в [1], согласно которой сначала определяется нагрузка, оказываемая абонентами на точку доступа:

$$A_{lm}^A = \frac{V_{lm}^{zad}}{V_{lm}^A}, \quad (1)$$

где V_{lm}^{zad} – требуемая скорость передачи данных с m -ой ТД на l -ого абонента, а V_{lm}^A – информационная скорость передачи между m -ой ТД и l -ым абонентом.

Тогда, общая нагрузка на ТД A_m^{TD} , определяемая суммой нагрузок, оказываемых всеми подключенными абонентами, должна быть меньше некоторого максимального значения $A_{max} < 1$, где величина $1 - A_{max}$ определяет запас по нагрузке на передачу данных в обратном канале:

$$A_m^{TD} = \sum_{l=1}^L A_{lm}^A < A_{\max} < 1, \quad m = \overline{1, M}.$$

Минимизация A_m^{TD} обеспечивается максимизацией информационных скоростей передачи данных, входящих в (1). В свою очередь минимизация нагрузки обеспечивает максимизацию запаса ресурсов сети, с учетом реального распределения нагрузки:

$$A_{\min}^{TD} = \min_V \left\{ \max_{m=1, M} \left\{ \sum_{l=1}^L A_{lm}^A \right\} \right\}.$$

Критерий оптимизации может быть записан следующим образом:

$$\mathcal{J}'_A = \left(\bar{P}^{TD}, \bar{H}^{TD}, M_n^{TD}, T^{TD} \right) \left\{ \max_{m=1, M} A_m^{TD} \right\},$$

где $\bar{P}^{TD}$ – мощность ТД; $\bar{H}^{TD}$ – высота подвеса ТД; M_n^{TD} – местоположение ТД, $n = \overline{1, N}$; T^{TD} – тип антенной системы ТД; A_m^{TD} – общая нагрузка на точки доступа.

Следующей задачей при оптимизации параметров сети является выбор метода оптимизации. Существует несколько методов оптимизации: методы безусловной оптимизации, методы с использованием производных, методы с перебором данных и т.д. Поскольку определенные ранее параметры дискретные, то нужны методы, которые позволяют оптимизировать дискретные параметры. Одним из таких методов является метод покоординатного спуска. На основе этого метода буду разрабатывать алгоритм оптимизации.

1. Петрова Е.А. Оптимизация параметров фиксированных сетей широкополосного радиодоступа с учётом внутрисистемных помех: дис. ... канд. тех. наук. Казань, 2014. 98 с.

OPTIMIZATION OF WI-FI NETWORK PARAMETERS IN A FORESTED AREA

Kushakov S.A.

(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)

The planning of seamless Wi-Fi communication networks is carried out in 2 stages: initial planning (which has been completed) optimization of network parameters. However, due to some limitations, the network is not optimal. Therefore, it is necessary to perform the optimization step.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО СИГНАЛАМ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ

Закиров Э.И., Кузнецов А.С.

(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

Согласно [1], под информационным полем понимается совокупность всех физических по природе сигналов (электрических, акустических, электромагнитных, оптических), существующих в определённой области пространства, которая в реальном времени содержит информацию о потоках данных, характеристиках среды распространения, взаимодействии и расположении объектов поля.

Пусть информационное поле формируется из сигналов, излучаемых N^A активными объектами. Требуется разработать алгоритм, осуществляющий в точке приема P_{n^L} локацию N^P пассивных объектов, находящихся в рабочей области информационного поля, по квазидетерминированным сигналам активных объектов.

Задачу обнаружения N^P объектов в информационном поле можно привести к разрешению сигналов N^A активных объектов. Как показано в [2], для разрешения проводится двухступенчатая процедура приема сигналов, при которой сначала выполняется измерение вектора удельных амплитуд сигналов $\vec{\lambda}$, на основе которого решается задача обнаружения самих сигналов. Для получения оценок $\vec{\lambda}$ первоначально определяется вектор коэффициентов корреляции $\vec{E} = (E_{1^P}, E_{2^P}, \dots, E_N)$ принимаемого сигнала с сигналами активных объектов. Оценки $\vec{\lambda}$ вычисляются согласно следующему выражению:

$$\vec{\lambda} = \|B^C\| \vec{E}^T,$$

где $\|B^C\|$ – корректирующая матрица, получаемая из коэффициентов взаимной корреляции между сигналами активных объектов с учётом теории регуляризации по А.Н. Тихонову [3].

Для оценки работоспособности предлагаемого алгоритма локации было проведено математическое моделирование в среде разработки MATLAB с использованием сигналов информационного поля ультразвукового диапазона с прямым расширением спектра, записанных в лаборатории кафедры РТС, план которой представлен на рис. 1. Значение λ_{n^P} в

соответствии с координатами точки P_{n^p} переводится в пиксель соответствующей яркости. Моделирование показало, что алгоритм определяет координаты имитированных объектов $P_{1^p} - P_{3^p}$ с точностью до установленного шага рассматриваемой координатной сетки, равного 5 см.

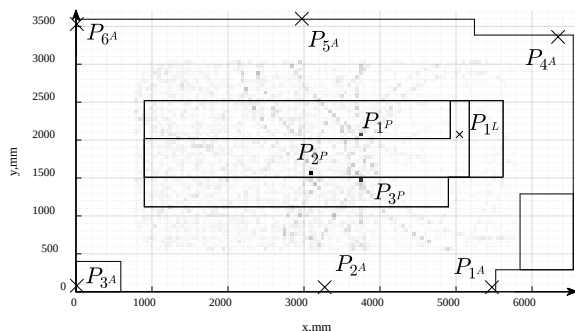


Рис. 1. Результат математического моделирования

1. Построение абстрактной модели взаимодействия объектов в информационном поле. Синтез принципов и алгоритмов взаимодействия объектов специализированных программно-определяемых радиоэлектронных комплексов, работающих в информационном поле: отчет о НИР (промежуточ.): 43 / ФГАНУ ЦИ-ТиС; рук. В.А. Попов. М., 2017. 75 с. Исполн.: Чабдаров Ш.М., Козлов С.В., Спирина Е.А., Гайсин А.К., Ильин Г.И., Ильин А.Г., Лернер – № AAAA-A17-117060610047-9.

2. Спирина Е.А. Комплексная оптимизация IP-сетей связи с целью снижения влияния внутрисистемных помех: дис. ... док-ра техн. наук. Казань, 2018. 269 с.

3. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. 285 с.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR PASSIVE LOCATION OF OBJECTS BASED ON INFORMATION FIELD SIGNALS

Zakirov E.I., Kuznetsov A.S.

*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

The paper proposes an algorithm for determining the coordinates of passive objects using information field signals. The results of mathematical modeling of the proposed algorithm are shown.

**СПОСОБ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ КОДИРОВАНИЯ
РАЗМЕРНОСТИ 2D***Мишин Д.В.¹, Гладких А.А.², Карпухина Е.К.²**(¹Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, ²Ульяновский государственный технический университет)*

В системах обмена данными нередко используется способ передачи информации в формате 2D. В этом случае комбинации исходного кода собираются в блоки, которые проверяются на четность по горизонтали и по вертикали. Как правило размерность строки равняется размерности столбца. При этом проверка на четность обеспечивает в строке, равно как и в столбце, минимальное расстояние $d_{min} = 2$. Это означает, что при возникновении одной ошибки в строке или в столбце декодер приемника может обнаружить такую ошибку. Совершенно очевидно, что при возникновении двух ошибок в одной строке или столбце ошибки такой кратности кодом не обнаруживаются. Объединение строк и столбцов в код произведение размерности 2D увеличивает параметр d_{min} в два раза, т.е. $d_{min} = 4$. Принципиально это означает, что при возникновении трех ошибок, расположенных в форме прямоугольного треугольника, могут быть исправлены кодом. При этом ошибка, находящаяся в основании прямого угла, принадлежит одновременно i -той строке и j -тому столбцу. Такая ошибка не может быть исправлена. Положение спасают позиции, которые находятся в i -той строке, но не в j -том столбце. Поскольку такая ошибка, с одной стороны, единственная в этом другом столбце, то она может быть исправлена. С другой стороны, ошибка, находящаяся не в i -той строке тоже оказывается единственной и тоже может быть обнаружена и исправлена. Исправление первой и второй ошибки приводит к тому, что ошибка, находящаяся в позиции одновременно i -той строки и j -того столбца оказывается единственной и может быть исправлена по совокупности данных. Это позволяет повысить эффективность процедуры проверки на четность в формате 2D [1].

Картина существенно меняется, если возникшие ошибки представляются в формате прямоугольника. Это означает, что в каждой строке и для каждого столбца матрицы 2D эти четыре ошибки попарно скрывают суть искажения данных, но проверка четности остается адекватной и искаженная информация направляется получателю. Выходом из подобного положения является увеличение размерности кода до 3D. В этом случае параметр минимального расстояния становится $d_{min} = 8$ [2,

3]. Однако ситуацию с размерностью 2D возможно использовать в иных целях.

Используя принципы морфологического синтеза, можно специально искажать данные в бинарной плоскости информационных разрядов по принципу прямоугольника. Это означает, что если в углах прямоугольника будут находиться единицы, то в любом случае четность строк или столбцов не нарушается. Принципиально это означает маскировку семантической составляющей переданного сообщения. Естественно, что один прямоугольник искусственных ошибок может быть вычислен за счет подбора данных, но введение в простейшем случае нескольких прямоугольников существенно затрудняют анализ переданных данных.

В общем случае, может быть использована любая фигура, имеющая четыре угла: ромб, неправильный четырех угольник и тому подобное. Главное, чтобы диагонали фигуры принадлежали одному столбцу и одной строке. Не исключается созвездие фигур подробного рода. Естественно, на сеанс связи созвездие должно быть известно приемнику и передатчику.

Очевидно, что влияние естественных помех при передаче обработанных по указанной технологии данных в системе не исключается, но их компенсация может быть осуществлена после снятия данных маскировки сообщения. Вероятностные характеристики системы требуют особой оценки.

1. Радиоэлектронная борьба. Тезаурус. Справочник / под ред. П.А. Созинова. М.: Радиотехника, 2020. 456 с.

2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М.: Вильямс, 2003. 1104 с.

3. Аджемов А.С., Санников В.Г. Общая теория связи: учебник для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2018. 624 с.

A METHOD FOR PROTECTING DATA IN A 2D DIMENSIONAL CODING SYSTEM

Mishin D.V.¹, Gladkikh A.A.², Karpukhina E.K.²

(¹Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics,

²Ulyanovsk State Technical University)

In order to increase the minimum distance, parity-checked codes are arranged into a structure of code products. The construction of the 2D dimension is considered. by adding an even number of units to each row or column, you can hide the semantics of the transmitted message without violating the parity of the data.

СЕКЦИЯ 2

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СЕТИ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СМО С РАВНОМЕРНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕРВАЛОВ ВХОДНОГО ПОТОКА

Тарасов В.Н., Бахарева Н.Ф.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В докладе рассматриваются системы массового обслуживания (СМО) с равномерным законом распределения интервалов входного потока и с любым законом распределения времени обслуживания. В теории массового обслуживания такие системы, включая классическую литературу, не рассматриваются. Далее рассмотрим причину этого. Функция плотности этого закона распределения

$$f(t) = \begin{cases} 0, & t \leq a, \\ 1/(b-a), & a < t \leq b, \\ 0, & t > b. \end{cases}$$

Изображение Лапласа для функции $f(t)$ имеет вид $F_{\lambda}^*(s) = \frac{e^{-bs} - e^{-as}}{s(a-b)}$.

Это означает, что спектральное решение $F_{\lambda}^*(-s) \cdot F_{\mu}^*(s) - 1 = \alpha(s)/\beta(s)$ интегрального уравнения Линдли при любом законе распределения времени обслуживания не может быть представлено в виде дробно-рациональной функции s в комплексной плоскости. Попытки разложения функции $F_{\lambda}^*(s)$ при различных значениях параметров a и b в ряд Маклорена позволяют получить рациональную функцию в спектральном разложении, но показывают, что числитель разложения не имеет в качестве нуля число $s=0$. Все сказанное позволяет утверждать, что аналитического решения для таких систем не существует.

В тоже время имитационное моделирование, в частности универсальная система GPSS WORLD позволяет получить решения для таких систем, причем равномерный закон распределения в системе GPSS WORLD стоит первым. Приведенная ниже имитационная модель СМО с равномерным законом распределения интервалов входного потока полностью подтверждают данный факт. Это некий парадокс теории массового обслуживания, т.к. обычно одни и те же системы можно моделировать как аналитически, так и с помощью имитационного моделирования.

Пример. Возьмем в качестве интервала (a,b) $(0,5;1,5)$ с средним значением 1,0 единиц времени. Рассмотрим случай экспоненциально

распределенного времени обслуживания со средним 0,9 единиц времени, что дает нам коэффициент загрузки, равный 0,9.

```
10 GENERATE 10,5
20 QUEUE QCHAN
30 SEIZE CHAN
40 DEPART QCHAN
50 ADVANCE (Exponential(31,0,9.0))
60 RELEASE CHAN
70 TERMINATE 1
80 START 1000000
```

На рис. 1 приведен фрагмент стандартного отчета GPSS.

```
FACILITY ENTRIES UTIL. AVE.TIME AVAIL. OWNER
CHAN      1000001 0.901  9.004      1  1000001

QUEUE MAX CONT. ENTRY ENTRY(0) AVE.CONT. AVE.TIME
QCHAN 46   3  1000003 177628      4.144   41.431
```

Рис. 1. Фрагмент стандартного отчета GPSS

Расшифровка стандартного отчета GPSS показывает, что коэффициент загрузки системы практически совпадает с заданной величиной 0,9, средняя задержка в очереди равна 41,431 единиц времени, а средняя длина очереди 4,144.

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 363 с.

2. Малахов С.В., Тарасов В.Н. Экспериментальные исследования производительности сегмента программно-конфигурируемой сети // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2013. № 2. С. 81–85.

MODELING QS WITH A UNIFORM LAW OF DISTRIBUTION OF INPUT FLOW INTERVALS

Tarasov V.N., Bakhareva N.F.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report examines issues of modeling a QS with a uniform distribution law of input flow intervals. It is also shown that analytical modeling of such systems is impossible.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СМО С РАВНОМЕРНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Бахарева Н.Ф., Тарасов В.Н.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В докладе рассматриваются системы массового обслуживания (СМО) с равномерным законом распределения времени обслуживания и с любым законом распределения интервалов входного потока. В первом докладе было отмечено, что в теории массового обслуживания такие системы не рассматриваются и объяснены причины того, почему для СМО с равномерными законами распределений не существует аналитического решения.

В тоже время имитационное моделирование, в частности универсальная система GPSS WORLD позволяет получить решения для таких систем, причем равномерный закон распределения в системе GPSS WORLD стоит первым. Приведенные ниже имитационные модели СМО с равномерным законом распределения времени обслуживания полностью подтверждают данный факт.

Пример 1. Рассмотрим случай постоянного времени между интервалами входного потока со средним в единицу времени. Возьмем в качестве интервала времени обслуживания (c,d) $(0,4;1,4)$ с средним значением 0,9 единиц времени., что дает нам коэффициент загрузки, равный 0,9. Для удобства масштаб модельного времени увеличим в 10 раз, чтобы не использовать в модели дробные числа.

```
10 GENERATE 10
20 QUEUE QCHAN
30 SEIZE CHAN
40 DEPART QCHAN
50 ADVANCE 9,5
60 RELEASE CHAN
70 TERMINATE 1
80 START 1000000
```

На рис. 1 приведен фрагмент стандартного отчета GPSS. Расшифровка стандартного отчета GPSS показывает, что коэффициент загрузки системы полностью совпадает с заданной величиной 0,9, средняя задержка в очереди равна 2,805 единиц времени, а средняя длина очереди 0,281.

```
FACILITY ENTRIES UTIL. AVE.TIME AVAIL. OWNER
CHAN      1000000 0.900   8.998   1         0
QUEUE MAX CONT. ENTRY ENTRY(0) AVE.CONT. AVE.TIME
QCHAN  5    0    1000000 382327   0.281   2.805
```

Рис. 1. Фрагмент стандартного отчета GPSS

Пример 2. Возьмем экспоненциальный закон распределения интервалов входного потока с средним значением 10 единиц модельного времени. Рассмотрим в качестве интервала времени обслуживания (c,d) (4;14) с средним значением 9 единиц времени., что дает нам коэффициент загрузки, равный 0,9.

```
10 GENERATE (Exponential(31,0,10.0))
20 QUEUE QCHAN
30 SEIZE CHAN
40 DEPART QCHAN
50 ADVANCE 9,5
60 RELEASE CHAN
70 TERMINATE 1
80 START 1000000
```

На рис. 2 приведен фрагмент стандартного отчета GPSS.

```
FACILITY ENTRIES UTIL. AVE.TIME AVAIL. OWNER
CHAN      1000001 0.899  8.998  1    1000001
QUEUE MAX CONT. ENTRY ENTRY(0) AVE.CONT. AVE.TIME
QCHAN 64  10  1000010 100368  4.492  44.947
```

Рис. 2. Фрагмент стандартного отчета GPSS

Расшифровка стандартного отчета GPSS показывает, что коэффициент загрузки системы практически совпадает с заданной величиной 0,9, средняя задержка в очереди равна 44,947 единиц времени, а средняя длина очереди 4,492.

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 363 с.

2. Малахов С.В., Тарасов В.Н. Экспериментальные исследования производительности сегмента программно-конфигурируемой сети // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2013. № 2. С. 81-85.

SIMULATION OF QS WITH A UNIFORM LAW OF SERVICE TIME DISTRIBUTION

Bakhareva N.F., Tarasov V.N.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report shows examples of simulation modeling of systems with uniform service time distribution law. It is shown that analytical modeling is impossible for such systems.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОКТОКОПТЕРА В SIT

Филимонова Л.Н., Суровцев Д.Е.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В работе [1] рассматривались основные достоинства и недостатки отечественного программного обеспечения, которое позволяет осуществить имитационное моделирование с помощью математической модели объекта исследования (октокоптер).

Таким образом, в рамках выполнения соответствующего исследования более детально рассмотрена математическая модель октокоптера [2], для которой в SimInTech (SIT) разработана соответствующая система управления.

Стоит отметить, что представляемая в работе модель позволяет в должной мере выполнить исследование динамики полёта реального объекта, то есть октокоптера, а также выполнить соответствующую оценку его разработанной системы управления.

На рис. 1 представлена предлагаемая обобщенная модель объекта исследования, основное назначение каждого отдельного блока, входящего в состав модели более детально рассмотрены в [2].

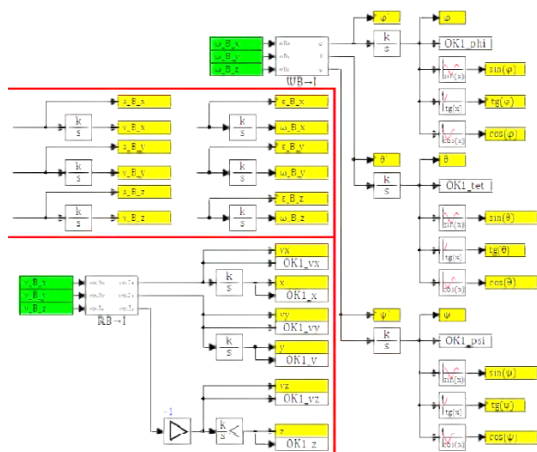


Рис. 1. Обобщенная имитационная модель октокоптера в SIT

Также стоит обратить внимание, что в рамках данной работы была выполнена также и техническая анимация разработанной модели. В

качестве примера на рис. 2 приведена полученная анимация полёта октокоптера с видом сверху.

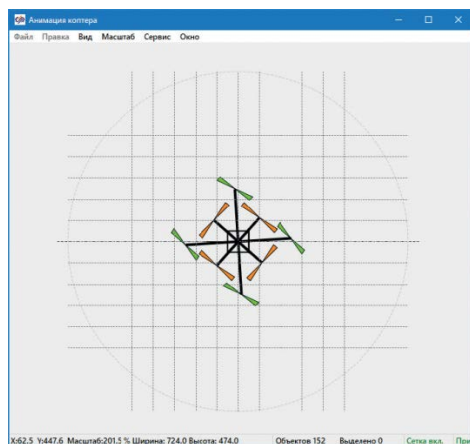


Рис. 2. Техническая анимация имитационной модели в SimInTech

Таким образом, благодаря выполнению технической анимации в выбранной среде, открывается возможность на начальном этапе соответствующего моделирования найти ошибки и отладить модель октокоптера для выполнения дальнейших исследований.

1. Филимонова Л.Н., Кузнецов Д.Е. SimInTech, как достойная замена Matlab/Simulink // Актуальные проблемы информатики, радиотехники и связи: материалы XXXI Российской научно-технической конференции. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2024. С. 180–182.

2. Щекатуров А. Методика моделирования динамики октокоптера. М.: ДМК Пресс, 2021. 228 с.

MODELING OF OCTOCOPTER CONTROL SYSTEM IN SIT

Filimonova L.N., Surovtsev D.E.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In this paper, a generalized model of an octocopter is considered, which is implemented with the help of an appropriate mathematical model in the SimInTech simulation environment. In addition, a technical animation of the developed model is presented, which allows to perform the corresponding debugging of the device control system.

ДЕКОРРЕЛЯЦИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА МЕТОДОМ ДИАГОНАЛЬНО-БЛОЧНОГО ПЕРЕБОРА

Осанов В.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

При выполнении процесса декорреляции появляется задача уменьшения времени выполнения и экономии вычислительных ресурсов. Особенно это актуально для работы с сетевым трафиком, где время декорреляции напрямую влияет на задержку в сети. В качестве решения предложен метод перемежения последовательности временных интервалов сетевого трафика. Среди существующих видов перемежителей [1] был выбран диагонально-блочный перемежитель.

Алгоритм программы этого метода основывается на формировании из исходной последовательности, размером N , матрицы X , размером $M \times L$, с последующим диагональным считыванием элементов по строкам и записи в декоррелированную последовательность X' (Рис.1).

```

START
  INPUT Correlation_Sequence
  SET  $N$  to len(Correlation_Sequence)
  INPUT numbers  $k$ 
  SET  $L$  to  $2^k$ 
  SET  $M$  to  $\frac{N}{L}$ 
  WRITING Correlation_Sequence to array  $X_{M,L}$ 
  FOR  $i$  incoming requests 0, 1, ...  $M$  do
    SET  $s$  to  $i$ 
    FOR  $j$  incoming requests 0, 1, ...  $L$  do
      APPEND  $X_{s,j}$  to  $X'$ 
      IF  $s$  equal to  $M-1$ 
        SET  $s$  to 0
      ELSE
        SET  $s$  to  $s+1$ 
      END IF
    END FOR
  END FOR
END

```

Рис. 1. Псевдокод диагонально-блочного перебора

Для проверки метода была сгенерирована последовательность случайной величины с заданным коэффициентом корреляции – 0,95.

Реализация предложенного алгоритма декорреляции строится на операциях считывания и записи, с минимальными вычислениями, что экономит ресурсы. Время работы, при исходной смоделированной последовательности размером 16000 отсчетов, составило 15,609 миллисекунд. Расчет коэффициентов корреляции смоделированной (Рис. 2а) и декоррелированной (Рис. 2б) последовательностей демонстрирует значительное понижение автокорреляции.

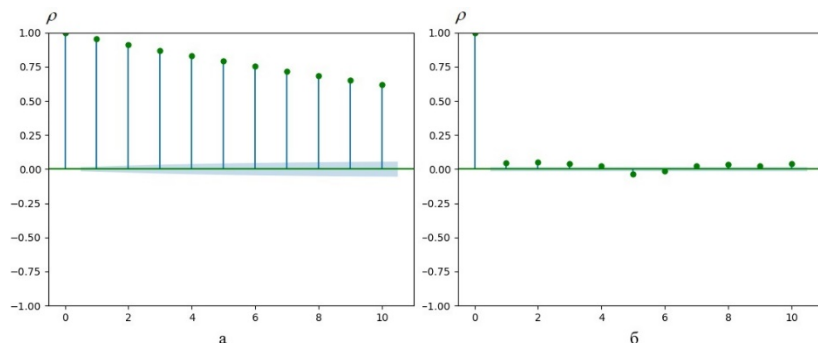


Рис. 2. Автокорреляция последовательности интервалов времени между пакетами: а – смоделированная, б – декоррелированная

На основе анализа реализации метода подтверждается его эффективность, относительно уменьшения автокорреляции и затрачиваемых ресурсов и времени. Следовательно, данный способ декорреляции может применяться непосредственно в драйвере сетевого адаптера для минимизации задержки сети.

1. Комбинированный перемежитель для турбокода / К.Н. Данг [и др.] // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2013. № 1. С. 17–21.

DECORRELATION OF NETWORK TRAFFIC BY DIAGONAL-BLOCK SEQUENCE METHOD

Osanov V.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Proposes a method for diagonal-block enumeration of the sequence of time intervals between network traffic packets to reduce correlation. The results of the implementation of this method are presented, confirming its effectiveness.

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ВИДЕОКОДЕКОВ

Гильмуллин Р.И., Лихтциндер Б.Я.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Видеокодеки – это программы или устройства, которые сжимают и распаковывают цифровое видео. Они позволяют уменьшить размер видеофайлов для хранения и передачи, сохраняя при этом как можно больше качества [1].

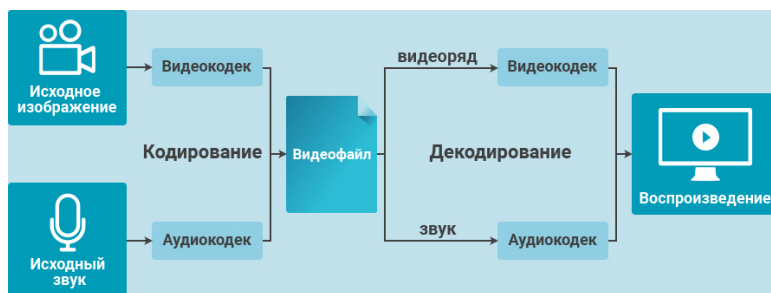


Рис. 1. Принцип работы видеокодексов и аудиокодека

Более подробная информация о видеокодеках. Начнём с принципа работы. Сжатие при кодировании. Кодеки используют алгоритмы сжатия, которые удаляют избыточную информацию. Это может быть сделано как с потерей данных (lossy compression), так и без потери (lossless compression). При декодировании для воспроизведения, видео кодек распаковывает данные, восстанавливая их в формате, пригодном для отображения (Рис. 1) [2].

Наиболее распространены кодеки с потерями информации (Lossy) такие как H.264 (AVC), H.265 (HEVC), VP9, AV1. Подробнее о каждом ниже:

- H.264 (AVC) один из самых распространенных кодеков, обеспечивающий хорошее качество при относительно низком битрейте. Используется в большинстве потоковых сервисов и Blu-ray;

- H.265 (HEVC) обеспечивает лучшее сжатие по сравнению с H.264, что позволяет сохранять высокое качество при меньших размерах файлов. Подходит для 4K и HDR-видео;

- VP9 разработан Google как альтернатива H.265, используется на YouTube и других платформах;

– AV1 новый открытый стандарт, который обещает лучшее сжатие и качество по сравнению с H.265 и VP9, но требует больше вычислительных ресурсов.

К другим типам кодеков относятся кодеки без потерь информации (Lossless). Такие кодеки, как FFV1, Lagarith. FFV1 используется в профессиональном видеопроизводстве для архивирования. А Lagarith применяется для безпотерного сжатия, но он менее распространен.

Своё применение всё перечисленные кодеки находят на потоковых стриминговых площадках разных компаний (Netflix, Amazon Prime Video). В сервисах видеозвонков, таких как, Zoom, Skype. Видеоконференц-системы используют кодеки для обеспечения качественной передачи данных в реальном времени.

Что касается выбора кодека, учитываются следующие факторы. Качество, какой уровень качества необходим? Битрейт, какой объем данных можно использовать? Совместимость, поддерживается ли кодек на нужных устройствах и платформах? Производительность, какой уровень нагрузки на процессор будет при кодировании и декодировании?

Будущее видеокодеков связано с развитием технологий (например, 8K-видео и виртуальная реальность) потребность в эффективных кодеках будет только расти. Ожидается, что новые стандарты будут предлагать еще более эффективные алгоритмы сжатия, улучшая качество видео при снижении размера файлов.

1. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин [и др.]. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. 384 с.

2. Артюшенко В.М., Шелухин О.И., Афонин М.Ю. Цифровое сжатие видеоинформации и звука: учебное пособие / под ред. В.М. Артюшенко. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2003. 426 с.

FEATURES OF VIDEO CODEC TRAFFIC

Gilmullin R.I., Lichtzinder B.Ya.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

An overview of the principle of operation of video codecs is made, different types, applications are considered, and what is the reason for choosing video codecs. The new standards are expected to offer even more efficient compression algorithms, improving video quality while reducing file size.

ТУМАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ*Глушак Е.В.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Туманные технологии (так называемый Fog computing) могут обеспечить меньшую задержку по сравнению с облачными вычислениями за счет использования в туманных вычислениях только недорогих компьютеров, мобильных телефонов и персональных устройств.

Рассмотрим электронное здравоохранение (e-Health). На теле человека могут быть установлены определенные датчики, которые отвечают за сбор и передачу данных, характеризующих физическое состояние человека, на которого они установлены. Так осуществляется проверка и анализ данных артериального давления, сердцебиений, положения человеческого тела и т.д. [1].

Все данные, передаваемые датчиками с тела человека, имеют огромный объем, поэтому место их хранения ни что иное, как облако. В чем же проблема хранения данных в облаке? А в том, что облачные технологии с высоким временем отклика службы могут быть недопустимы в некоторых ситуациях, например, при оказании неотложной помощи.

Вычислительная технология с действительно реальным временем отклика может спасти жизнь пациентов. В последнее время были предложены туманные вычисления [2]. Туманные вычисления внедряют облачные возможности в локальную сеть, сокращая время отклика служб. Одной из главных задач в медицине можно отметить разработку и исследование методов анализа полученных данных от датчиков с тела человека и оптимизацию обработки этих данных.

В докладе представлен обзор исследований применения Fog computing в системах e-Health. Отметим преимущества туманных технологий в здравоохранении:

1. Улучшение ухода за пациентами благодаря непрерывному мониторингу жизненно важных показателей и других медицинских показателей.
2. Повышение эффективности медицинских исследований благодаря быстрой и точной обработке данных на границе и в слоях тумана.
3. Сокращение времени ожидания и быстрая диагностика благодаря обработке и хранению данных локально на периферии.
4. Возможность выполнения сложных алгоритмов обработки изображений, диагностики на основе искусственного интеллекта и прогностического моделирования в контексте медицинского анализа.

5. Установление стандартов функциональной совместимости для обеспечения бесперебойной передачи данных.

В докладе рассмотрена возможность использования туманных технологий, при которых становится возможным обработка и хранение данных о состоянии пациента, при этом в режиме реального времени появляется возможность контролировать процесс изменения состояния конкретного пациента. Данный метод исследований состояния пациентов на основе туманных технологий становится все более актуальным. Разработки в этой сфере позволяют улучшить качество медицинской помощи, особенно в случаях, когда требуется быстрая реакция и мониторинг состояния здоровья пациента в определенные периоды времени.

1. Глушак Е.В., Сенгилевцев О.А. Разработка и исследование макета сети BAN для мониторинга состояния здоровья человека // Инфокоммуникационные технологии. 2023. Т. 21, № 1. С. 28–36.

2. Fog Computing Service in the Healthcare Monitoring System for Managing the Real-Time Notification / A. Elhadad [et al.] // Journal of Healthcare Engineering. 2022. Vol. 2022. P. 1–11.

FOGGY TECHNOLOGIES IN HEALTHCARE

Glushak E.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Fog computing (so-called Fog computing) can provide lower latency compared to cloud computing by using only low-cost computers, mobile phones and personal devices in fog computing. The report examines the possibility of using foggy technologies, which make it possible to process and store data on the patient's physical condition, providing remote contact with a doctor in real time. This will help to improve the quality of medical care, especially in cases where rapid response and monitoring of the patient's condition are required.

ОСОБЕННОСТИ ТРАФИКА ВИДЕОКОДЕКОВ

Гильмуллин Р.И., Лихтциндер Б.Я.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Трафик – объём информации, передаваемой через компьютерную сеть за определённый период времени.

Трафик является основным компонентом любой системы связи. Для обеспечения качественного обслуживания входящих потоков трафика, нужны методы его анализа, которые смогли бы учесть все требования пользователей и сетевых систем, а также позволяли бы получать основные характеристики сети [1].

Видеокодек – это программное или аппаратное обеспечение, которое сжимает и распаковывает цифровое видео. В контексте сжатия видео кодек – это комбинация кодера и декодера, в то время как устройство, которое только сжимает, обычно называется кодером, а устройство, которое только распаковывает, – декодером.

Видео кодеки используются в DVD-плеерах, интернет-видео, видео по запросу, цифровом кабельном телевидении, цифровом наземном телевидении, видеотелефонии и множестве других приложений. В частности, они широко используются в приложениях, которые записывают или передают видео, что может быть нецелесообразно при больших объёмах данных и пропускной способности несжатого видео.

Трафик видеокодексов имеет несколько ключевых особенностей, которые влияют на качество видео, его размер и требования к пропускной способности сети. Вот основные из них:

1. Сжатие видеофайлов. Видеокодеки используют алгоритмы сжатия для уменьшения размера видеофайлов. Это позволяет экономить место на диске и снижать требования к пропускной способности при передаче. Современный кодек позволит сжать видео без заметной потери качества.

2. Качество изображения, разные кодеки обеспечивают различное качество сжатия. Например, H.264 и H.265 (HEVC) предлагают хорошее качество при относительно низком битрейте, но H.265 требует больше вычислительных ресурсов для декодирования.

3. Битрейт определяет количество данных, передаваемых за единицу времени. Высокий битрейт обычно означает лучшее качество, но также увеличивает размер файла и требования к пропускной способности.

4. Типы сжатия, кодеки могут использоваться как с потерями (lossy), так и без потерь (lossless) информации. Сжатие с потерями экономит место,

но может ухудшать качество, тогда как сжатие без потерь сохраняет все детали, но требует больше места.

5. Адаптивный поток, некоторые современные системы используют адаптивный поток (например, HLS или DASH), который меняет качество видео в зависимости от доступной пропускной способности сети. Это позволяет обеспечить более стабильное воспроизведение.

6. Кодеки для потоковой передачи, такие как VP9 и AV1, оптимизированы для потоковой передачи по сети Интернет предлагают хорошее качество при низком битрейте, что делает их популярными для онлайн-сервисов.

7. Задержка, видеокодеки могут влиять на задержку при передаче видео, что особенно важно для приложений в реальном времени, таких как видеозвонки или онлайн-игры.

8. Совместимость, разные устройства и платформы поддерживают разные кодеки. Это может ограничивать выбор кодека в зависимости от целевой аудитории.

Эти особенности играют важную роль в выборе кодека для конкретного приложения и могут существенно повлиять на пользовательский опыт. Существуют сложные взаимосвязи между качеством видео, объемом данных, используемых для представления видео (определяемым скоростью передачи данных), сложностью алгоритмов кодирования и декодирования, чувствительностью к потерям данных и ошибкам, простотой редактирования, произвольным доступом и сквозной задержкой (задержкой).

1. Артюшенко В.М., Шелухин О.И., Афонин М.Ю. Цифровое сжатие видеoinформации и звука: учебное пособие / под ред. В. М. Артюшенко. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2003. 426 с.

FEATURES OF VIDEO CODEC TRAFFIC

Gilmullin R.I., Lichtzinder B.Ya.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This paper examines the key features that affect video quality, its size and network bandwidth requirements. There are complex relationships between video quality, the amount of data used to represent video (determined by the data transfer rate), the complexity of encoding and decoding algorithms.

ТУМАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОМ ИОТ*Глушак Е.В.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Новая вычислительная парадигма, которая растет в вычислительных системах, – это туманные вычисления. В отрасли здравоохранения и промышленности разрабатываются туманные вычисления, основанные на Интернете вещей (IoT), которые ускоряют предоставление услуг для населения в целом (Рис. 1).

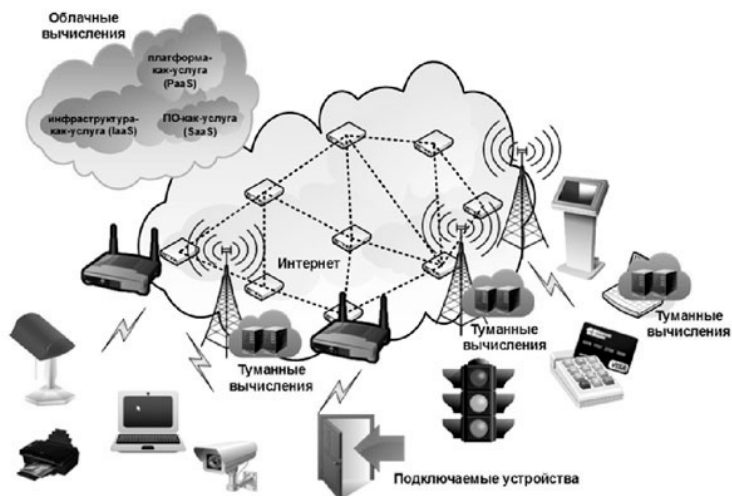


Рис. 1. Облачные и туманные вычисления в IoT

Эта новая вычислительная платформа, основанная на парадигме туманных вычислений, может уменьшить задержку при передаче сигналов и обмене данными с удаленными серверами, позволяя быстрее предоставлять услуги как в пространственном, так и во временном измерениях. Одним из необходимых качеств вычислительных систем, которые могут обеспечить выполнение любых медицинских операций, обработки данных в промышленной сфере – является сокращение задержек.

Промышленный Интернет (IIoT) вещей включает в себя сенсорные сети, исполнительные устройства, датчики, машины и другое [1].

Для работы сети PoT важно, чтобы большинство задач выполнялось на месте из-за возможных задержек и высоких требований к безопасности всей сети, а уже собранные и обработанные данные имели возможность передаваться через Интернет в облако.

Для решения описанной выше задачи необходима поддержка промежуточного ПО между промышленной средой и облаком/веб-сервисами. Именно Fog computing становится в данном случае наиболее актуальным решением. Кроме того, поскольку промышленные большие данные часто неструктурированы, туманные технологии могут обрабатывать их локально перед отправкой в облако.

В данном докладе представлен обзор применения туманных технологий в промышленном Интернете вещей, решения, как туманные технологии могут обеспечить локальную вычислительную поддержку в среде PoT.

Предложены несколько интересных возможных вариантов использования туманных технологий в PoT. Для исследований тумана в PoT необходимо иметь представление о граничных (минимальных и максимальных) задержках при передаче обработанных данных для улучшения функционирования сети PoT в целом. Рассмотрены некоторые новые исследовательские задачи, связанные с PoT и применением к его работе туманных вычислений.

1. Глушак Е.В. Промышленный Интернет вещей: перспективы развития // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций. Оптические технологии в телекоммуникациях: Материалы XX Международной научно-технической конференции, XVI Международной научно-технической конференции. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2018. Т. 1. С. 364–365.

FOGGY TECHNOLOGIES IN INDUSTRIAL IOT

Glushak E.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The new computing paradigm that is growing in computing systems is foggy computing. The healthcare industry is developing foggy computing based on the Internet of Things (IoT), which speeds up the provision of services for the general population. Several interesting possible options for using foggy technologies in IIoT have been proposed. For fog research in IIoT, it is necessary to have an idea of the boundary (minimum and maximum) delays in the transmission of processed data in order to improve the functioning of the IIoT network as a whole. Some new research tasks related to the IIoT and the application of foggy computing to its work are considered.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТУМАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В МОБИЛЬНОМ ЗДРАВООХРАНЕНИИ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Глушак Е.В., Гасанов Р.Р.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Туманные технологии в здравоохранении – это технологии, которые обеспечивают сбор и анализ данных с медицинских приборов и устройств, расположенных на периферии, например, в домах пациентов. Они передают информацию в облако для обработки и хранения [1].

В докладе рассмотрен метод получения, обработки, передачи и хранения данных артериального давления пациента (Рис. 1), который называется суточным мониторингом артериального давления (СМАД).

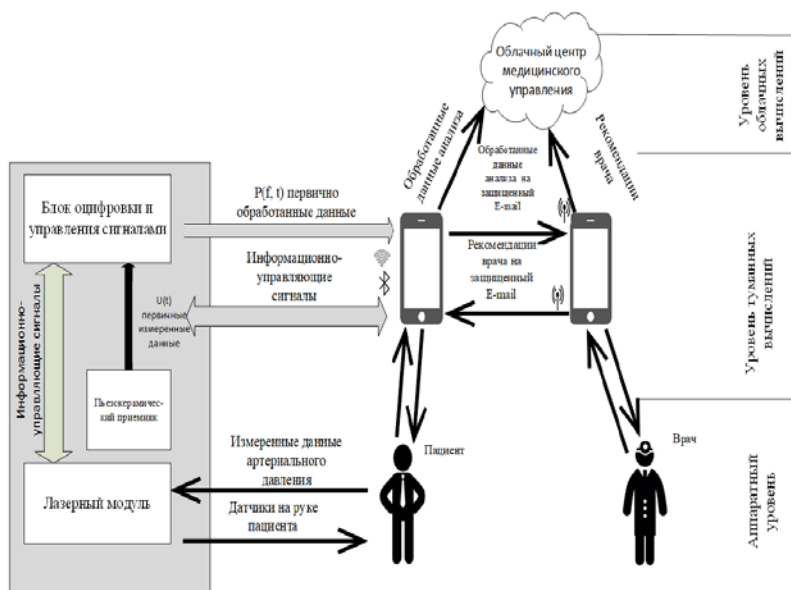


Рис. 1. Структура системы измерения артериального давления человека

СМАД проводится с помощью специального аппарата, который пациент носит в течение суток. Аппарат измеряет артериальное давление через определённые промежутки времени днём и ночью, а данные хранятся, обрабатываются и передаются с помощью системы туманных

технологий [2]. Данные об артериальном давлении могут храниться с помощью туманных технологий в «туманных облаках». Туманные облака – это периферийные вычисления в режиме реального времени, расположенные вблизи конечных пользователей. Они обрабатывают время-зависимые операции и передают отчёты и данные в основное облако. Таким образом, туманные технологии обеспечивают местную обработку данных и снижение нагрузки на каналы связи.

Преимущества туманных технологий в данном случае включают в себя следующее [2]:

- быструю и точную диагностику заболеваний благодаря обработке данных на границе и в слоях тумана;

- сокращение времени ожидания и повышение оперативности принятия решений о лечении и диагностике;

- непрерывный мониторинг жизненно важных показателей и других медицинских показателей с помощью носимых устройств и других форм удалённого мониторинга;

- улучшение ухода за пациентами и медицинских исследований благодаря анализу данных в режиме реального времени с низкой задержкой.

В дальнейших исследованиях планируется реализовать подобные методы для улучшения функционирования электронного здоровья.

1. Глушак Е.В., Сенгилевцев О.А. Разработка и исследование макета сети BAN для мониторинга состояния здоровья человека // Инфокоммуникационные технологии. 2023. Т. 21, № 1. С. 28–36.

2. Вишневецкий В.Ю., Орда-Жигулина Д.В., Старченко И.Б. Сегмент мобильного здравоохранения: облачные и туманные технологии: учебное пособие. Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2019. 64 с.

A STUDY OF FOGGY COMPUTING IN MOBILE HEALTHCARE USING THE EXAMPLE OF HUMAN BLOOD PRESSURE ANALYSIS

Glushak E.V., Gasanov R.R.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report examines foggy technologies, organizes a method for obtaining, processing, transmitting and storing patient blood pressure data, identifies its advantages and disadvantages, and formulates the main conclusions obtained as a result of the study.

КВАЗИПУАССОНОВСКИЕ МОДЕЛИ ВИДЕОТРАФИКА*Лихтциндер Б.Я., Привалов А.Ю.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

При переходе телекоммуникационных систем с коммутации каналов на коммутацию пакетов кардинально изменился характер потоков трафика. Потоки пакетов в таких системах перестали удовлетворять закону Пуассона и приобрели пачечный характер. Большинство аналитических соотношений, полученных ранее для потоков с независимыми заявками, не отражают характер очередей в системах массового обслуживания (СМО) с такими потоками. Исследовались потоки с различными распределениями вероятностей интервалов между заявками, но все они не отражают корреляционные свойства потоков, а те соотношения, которые отражают корреляционные свойства, оказывались слишком сложными для анализа.

Нами предложен новый вид потоков, названных групповыми пуассоновскими потоками.

Получены [1], среднее значение очередей $\overline{q(\rho)}$ в одноканальных СМО с таким входным потоком заявок $\overline{q(\rho)} = \frac{D_m(\rho)}{2(1-\rho)} - \frac{\rho}{2}$.

Здесь, $D_m(\rho)$ – дисперсия чисел заявок, а ρ – коэффициент загрузки в СМО. Так же, как и для обычного пуассоновского потока дисперсия изменяется линейно по отношению к ρ , однако, наклон линии изменения дисперсии зависит напрямую от чисел заявок в пачках, как это показано на рис. 1.

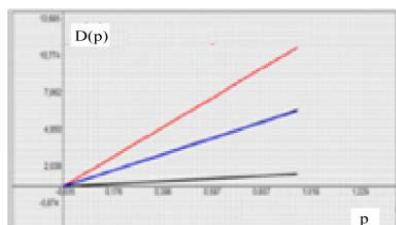


Рис. 1. Зависимости дисперсии $D_m(\rho)$ чисел заявок на интервалах обслуживания от коэффициента загрузки

Нижний график относится к пуассоновскому потоку, с одной заявкой в пачке. Верхний график относится к групповому пуассоновскому потоку с числом заявок в пачке, равным 12. Полученные в результате

имитационного моделирования обоих потоков зависимости средних размеров очередей $\overline{q(\rho)}$ от коэффициента загрузки. показаны на Рис. 2. Верхний график – групповой поток, нижний график – пуассоновский поток. Из рис. 1 следует, что групповой пуассоновский поток обеспечивает возможность получения высоких углов наклона зависимости среднего значения очереди от коэффициента загрузки, свойственные трафику, имеющему пачечный характер. Таким образом, групповой пуассоновский поток хорошо аппроксимирует средние значения очередей пачечного трафика, при сравнительно малых значениях коэффициента загрузки системы массового обслуживания. Однако, для такого потока, при аппроксимации пачечного трафика, отсутствует возможность изменения размеров очередей в районе больших коэффициентов загрузки при неизменном наклоне кривой в районе малых загрузок.

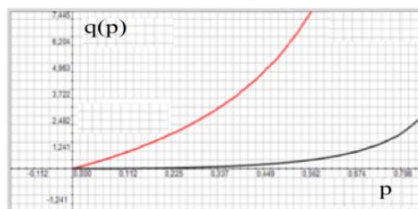


Рис. 2. Зависимости средних размеров очередей от коэффициента загрузки

Для устранения указанного недостатка предлагается поток, в котором каждый временной интервал между двумя соседними пачками группового пуассоновского потока увеличивается на одинаковый промежуток времени.

1. Лихтциндер Б.Я. Интервальные характеристики групповых пуассоновских моделей трафика телекоммуникационных систем // Инфокоммуникационные технологии. 2020. Т. 18, № 3. С. 302–311.

QUASI-POISSON MODELS OF VIDEO TRAFFIC

Lichtsinder B.Ya., Privalov A.Yu.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

A new type of flows, called group Poisson flows, is proposed. The average value of queues in single-channel queuing systems with such an input flow of requests is considered. A flow is proposed in which each time interval between two adjacent batches of the group Poisson flow increases by the same time interval.

**ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ
ХОЛТЕРОВСКОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТУМАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Глушаков Е.В., Шаталаев Н.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В медицине для диагностики сердечных заболеваний часто используется Холтеровское мониторирование. Это непрерывное снятие электрокардиограммы в течение 24 часов [1]. Все более и более становится необходимым разработка и исследование беспроводной автоматизированной системы такого рода медицинских исследований людей, которые территориально распределены.

Холтер, работающий на основе беспроводной связи – это новый метод изучения работы сердца в режиме реального времени, что повышает качество диагностики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний.

На сегодняшний день уже реализованы несколько таких систем, работающих на протоколах Zigbee, Bluetooth, Wi-Fi [1, 2]. Стандарт передачи данных Wi-Fi гарантирует скорость передачи данных выше, чем у других протоколов, но до сих пор актуальным вопросом становятся задержки при передаче данных.

В докладе предлагается реализация применения туманных вычислений для уже готовых решений холтеровского мониторирования. Особенностью исследуемого метода для mHealth можно считать обработку и хранение данных ЭКГ, реализация удаленного контроля врача в любое время суток и низкие задержки при передаче данных, а также данное решение позволит разгрузить существующие каналы передачи данных и передачу этих данных реализовать через мобильную сеть 5G [3].

Туманные технологии в холтеровском мониторировании включают использование беспроводных сетей, туманных и облачных сервисов для сбора и анализа данных с имплантированных медицинских устройств. Это позволяет улучшить диагностику и лечение сердечно-сосудистых заболеваний, а также повысить качество жизни пациентов.

Именно туманные технологии позволяют ускорить реакцию системы на события и улучшить диагностику аритмий и других сердечных заболеваний у пациента.

1. Основные этапы разработки беспроводной системы холтеровского мониторирования / В.П. Ивель [и др.] // Вестник Северо-Казакстанского Университета им. М. Козыбаева. 2020. № 2 (47). С. 254–261.

2. Глушак Е.В., Сенгилевцев О.А. Разработка и исследование макета сети BAN для мониторинга состояния здоровья человека // Инфокоммуникационные технологии. 2023. Т. 21, № 1. С. 28–36.

3. Fog Computing Service in the Healthcare Monitoring System for Managing the Real-Time Notification / A. Elhadad [et al.] // Journal of Healthcare Engineering. 2022. Vol. 2022. P. 1–11.

INVESTIGATION OF A WIRELESS HOLTER MONITORING SYSTEM USING FOGGY TECHNOLOGIES

Glushak E.V., Shatalaev N.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report proposes the implementation of the use of fog computing for ready-made Holter monitoring solutions. A feature of the method under study for mHealth can be considered the processing and storage of electrocardiogram data, the implementation of remote monitoring of a doctor at any time of the day and low delays in data transmission, as well as this solution will allow you to unload existing data transmission channels and use ready-made information infrastructure of cellular communication networks and Internet providers for data transmission.

ГРУППОВОЙ НЕОРДИНАРНЫЙ ПУАССОНОВСКИЙ ПОТОК*Лихтциндер Б.Я., Рагузин Л.Ю.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

В наши дни весьма востребована передача мультимедийных данных между абонентами Интернет сети. Для решения данной задачи используются различные модели трафика, называемые ВМАР потоками. Они позволяют анализировать мультимедийный трафик данных по широкополосным сетям. Трафик обеспечивает передачу видео, аудио и других форматов данных с низкой задержкой и высокой скоростью.

Одной из моделей таких потоков является групповой пуассоновский поток. Обладая свойствами стационарности и независимости событий, он является ординарным, и в нем возникают одновременно несколько заявок. Такой поток мы называем групповым.

Вместе с тем, поток событий, соответствующих появлению «пачки» заявок (пакетов), остается пуассоновским с параметром λ , и в момент t_k в нем появляется «пачка» из μ_k случайно распределенных чисел заявок, с распределением $P|\mu_k = k| = f_k$.

Выделим отрезок времени T , на продолжении которого действует поток указанных событий, и разделим его на N_τ последовательных интервалов τ . Интервал времени τ будем считать временем обработки одной заявки. Определим $n_i(\tau)$, как количество событий, которые происходят в i -й интервал времени τ . Вероятности появления событий на нем подчиняются закону Пуассона:

$$P|n_i(\tau) = n| = P_n(\lambda\tau) = \frac{(\lambda\tau)^n}{n!} e^{-\lambda\tau}.$$

При возникновении каждого события появляется «пачка» с распределением вероятностей числа заявок f_k и производящей функцией этого распределения $f(z) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k z^k$.

Рассматриваемому пачечному потоку соответствует функция распределения – $[f(z)]^n$. Производящая функция $G_{m(\tau)}(z)$ количества заявок на отрезке времени τ определяется соотношением [1]:

$$G_{m(r)}(z) = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(\lambda \tau) [f(z)]^n = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\lambda \tau)^n}{n!} e^{-\lambda \tau} [f(z)]^n =$$

$$= e^{-\lambda \tau} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\lambda \tau f(z))^n}{n!} = e^{\lambda \tau [f(z)-1]}.$$

Для трех первых порядков определим начальные моменты заявок на интервале $\overline{m^r(\tau)}$, $r = 1, 2, 3$:

$$\overline{m(\tau)} = \lambda \tau \bar{k}, \quad \overline{m^2(\tau)} = \lambda \tau \bar{k}^2 + (\lambda \tau \bar{k})^2,$$

$$\overline{m^3(\tau)} = \lambda \tau \bar{k}^3 + 3(\lambda \tau)^2 \bar{k} \bar{k}^2 + (\lambda \tau \bar{k})^3.$$

Далее, для центральных моментов получаем

$$\mu_2(m(\tau)) = D_{m(\tau)} = \overline{m^2(\tau)} - (\overline{m(\tau)})^2 = \lambda \tau \bar{k}^2,$$

$$\mu_3(m(\tau)) = \overline{m^3(\tau)} - 3\overline{m^2(\tau)}\overline{m(\tau)} + 2(\overline{m(\tau)})^3 = \lambda \tau \bar{k}^3.$$

Для удобства, дисперсия и центральный момент могут быть легко выражены через коэффициент загрузки ρ . например, при постоянном значении k :

$$\mu_2(m(\tau)) = D_{m(\tau)} = \rho k, \quad \mu_3(m(\tau)) = \rho k^2.$$

Полученные соотношения являются составляющими обобщенной формулы Хинчина – Поллачека для определения средних значений и дисперсий очередей в системах массового обслуживания с такими потоками [1].

1. Лихтциндер Б.Я., Привалов А.Ю., Моисеев В.И. Неординарные пуассоновские модели трафика мультисервисных сетей // Проблемы передачи информации. 2020. Т. 59, № 1. С. 71–79.

GROUP IRREGULAR POISSON FLOW

Likhttsinder B.Ya., Raguzin L.Y.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This paper describes the transmission of multimedia data using the BMAP protocol method, a special case of which is the group non-ordinary Poisson flow. As we approach the end of my report, formulas explaining this method are presented.

НАДУВНАЯ АНТЕННА КОРОТКОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ

Лихтциндер Б.Я., Серый Д.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Данная антенна предусмотрена для эксплуатации в коротковолновом диапазоне частот, который обычно составляет от 3 до 30 МГц. Ключевым аспектом такой антенны является её портативность. Компактный размер, легкость и возможность быстрой установки делают надувную антенну идеальным решением для радиолюбителей и профессионалов, которым необходимо в экстремальных условиях обеспечить быструю и надежную связь. Любая такая установка может занять всего несколько минут, что значительно облегчает процесс подготовки к радиосвязи.

Дополнительные элементы, которые могут быть встроены в конструкцию надувной антенны, включают в себя блоки управления и усилители сигнала. Такие устройства помогут оптимизировать работу антенны, обеспечивая лучшие характеристики приема и передачи сигналов. Например, встроенный усилитель может значительно повысить чувствительность антенны, что особенно важно при работе на дальние расстояния в условиях низкой мощности радиопередатчика [1].

Создание надувной антенны коротковолнового диапазона является инновационным подходом, который позволяет обеспечивать легкость, портативность и простоту установки антенны. Ниже приведено описание структуры такой антенны и её принципа работы, а также представление возможного рисунка (Рис. 1.). Структура антенны обычно имеет цилиндрическую форму, что позволяет создать большую площадь для приема и передачи сигнала. Внешний слой может быть покрыт специальной фольгой или другой проводящей пленкой, что обеспечивает возможность передачи радиоволн.

Ленты или тросы являются фиксирующими элементами, которые позволяют закрепить антенну в нужном положении, даже при сильном ветре.

При этом, благодаря своей конструкции, она может обеспечивать широкий диапазон частот и является для различных видов передачи сигналов, включая радиосвязь.

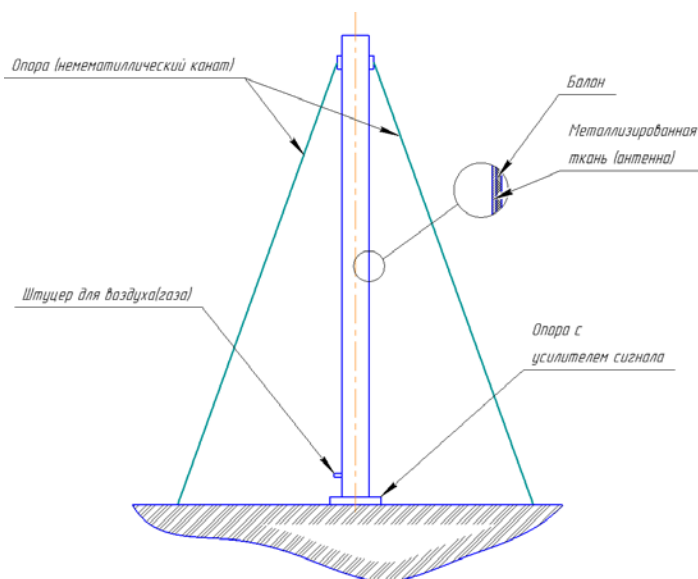


Рис. 1. Конструкция надувной антенный коротковолнового диапазона частот

1. Коротковолновые антенны / Г.З. Айзенберг [и др.]; под ред. Г.З. Айзенберга. 2-е изд. М.: Радио и связь, 1985. 536 с.

INFLATABLE SHORTWAVE ANTENNA FREQUENCY RANGE

Likhtsinder B.Ya., Seriy D.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics)

The proposed design of the inflatable antenna has advantages over existing ones in that it has low weight, quick deployment and folding, sufficient rigidity for the operation of communication systems.

ПРИМЕНЕНИЕ ТУМАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНСКИХ СЕТЯХ

Глушак Е.В., Шаталаев Н.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В последнее время все чаще в медицине применяются туманные технологии. В данном докладе рассмотрим архитектуру FogMed. Уровень датчиков – это граница архитектуры, где различные типы датчиков постоянно воспринимают физиологические сигналы пациентов. Если применять носимые датчики мониторинга здоровья для мониторинга физического состояния пациента [1].

Носимый концентратор используется для передачи этих потоков данных с устройствами тумана, такими как мобильные устройства (например, ноутбуки или мобильные телефоны), микрокомпьютеры, которые могут получать, обрабатывать и хранить полученные данные от устройств.

Все датчики, которые выполняют сбор и пересылку данных располагаются в нижней части слоя тумана. При получении данных они имеют возможность анализировать малый объем данных и вполне быстро принимать необходимые решения. Все остальные задачи, которым требуется больший объем вычислительных ресурсов, перенаправляются на второй слой тумана.

Облачные ресурсы находятся далеко от датчиков, которые могут обрабатывать несрочные задачи, требующие большого объема ресурсов. Как слой тумана, так и слой облака обладают возможностями анализа и обобщения данных, принятия диагностических решений и определения стратегий планирования обслуживания [2].

Облачное вычислительное устройство в облачном слое обрабатывает сложные сервисы и большой объем данных, которые не могут быть обработаны в туманных устройствах. Чаще всего сервисы интеллектуального анализа потока данных, которые не требуют быстрого отклика, но требуют высокой вычислительной мощности или зависят от определенной исторической информации, скорее всего, обрабатываются облачными вычислительными устройствами. Для остальных случаев применяются туманные технологии.

В дальнейших исследованиях планируется провести анализ работы туманных технологий на примере холтеровского мониторинга.

1. Глушак Е.В., Сенгилевцев О.А. Разработка и исследование макета сети VAN для мониторинга состояния здоровья человека // Инфокоммуникационные технологии. 2023. Т. 21, № 1. С. 28–36.

2. Основные этапы разработки беспроводной системы холтеровского мониторингирования / В.П. Ивель [и др.] // Вестник Северо-Казахстанского Университета им. М. Козыбаева. 2020. № 2 (47). С. 254–261.

THE USE OF FOGGY TECHNOLOGIES IN MEDICAL NETWORKS

Glushak E.V., Shatalaev N.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Recently, foggy technologies have been increasingly used in medicine. A mobile device is used to transfer data. It can analyze a small amount of data and make quick decisions. Data flow mining services that do not require fast response, but require high computing power or depend on certain historical information are processed by cloud computing devices. In further research, it is planned to analyze the operation of fog technologies using the example of Holter monitoring.

КОНВЕРТОР АНАЛОГОВЫХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ПО ДИСКРЕТНОМУ КАНАЛУ

Лихтциндер Б.Я., Сибутин А.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) занимают важное место в развитии промышленного сектора России. Эти системы позволяют оптимизировать производство, повышать его эффективность и снижать издержки. В последние годы российский рынок АСУ ТП демонстрирует стабильный рост [1].

Развитие отечественного производства требует внедрения новых технологий, чтобы поддерживать конкурентоспособность с мировыми производителями. Это особенно актуально в условиях ограниченного доступа к зарубежным технологиям и их дороговизны. Российские компании активно инвестируют в разработку и внедрение собственных систем АСУ ТП, адаптированных под специфику местного производства.

Цифровизация и автоматизация производственных процессов стали важной частью стратегии развития промышленности. В рамках различных государственных программ, таких как «Цифровая экономика», российские предприятия получают поддержку для модернизации и внедрения систем автоматизации и цифровизации [2].

Одной из актуальных проблем на рынке АСУ ТП в России является ограниченное количество аналоговых входов у промышленных контроллеров. Аналоговые датчики играют ключевую роль в системах автоматизации, обеспечивая измерение различных параметров. Количество аналоговых входов можно расширить, докупив новые модули от производителя, что зачастую невозможно, долго, или дорого, в следствии большого количества импортных систем, установленных на предприятии [3].

Предлагается разработка конвертора аналоговых величин [3], который будет оцифровывать значения напряжения с помощью АЦП и кодировать их верхним и нижним уровнем для последующей передачи на дискретный вход существующих систем автоматизации предприятия. Данное устройство позволит подключить больше аналоговых датчиков в систему АСУ ТП при отсутствии аналоговых входов на контроллерах АСУ ТП. Предлагается выполнить устройство на базе STM32, устройство будет принимать параметры с датчиков, с напряжением, нормированным к рабочим напряжениям микроконтроллера с помощью развязок для каждого вида датчиков, управлять выбором режима работы

микроконтроллера можно будет по интерфейсу RS-485, а выход будет усиливаться при помощи развязки на оптопаре с питанием на коллекторе 24 В. На рис. 1 изображена упрощенная блок схема микроконтроллера устройства.

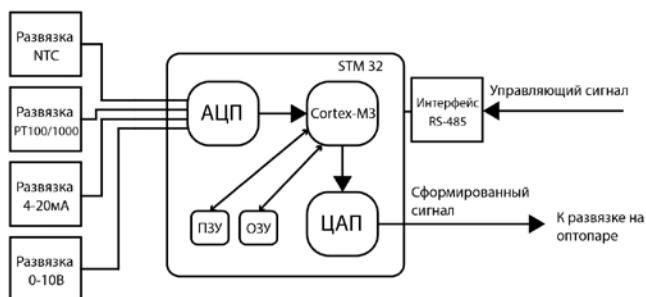


Рис. 1. Упрощенная блок схема микроконтроллера устройства

Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям в рамках выполнения программы «УМНИК» по договору №18190ГУ/2022.

1. Рынок АСУ ТП в России [Электронный ресурс] / URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:АСУ_ТП_%28рынок_России%29 (дата обращения: 02.09.2024).

2. Цифровая экономика РФ [Электронный ресурс] / URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 02.09.2024).

3. Лихтциндер Б.Я., Сибутин А.В. О дефиците аналоговых входов программируемых логических контроллеров // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения: материалы национальной научно-практической конференции. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 307–311.

ANALOGUE CONVERTER FOR TRANSMISSION OVER A DISCRETE CHANNEL

Likhttsinder B.Ya., Sibutin A.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This article discusses the problems of industry and the industrial automation market. The lack of analog inputs for controllers limits the connection of additional sensors. To solve this problem, it is proposed to develop an analog value converter, which will allow the integration of more sensors into existing automation systems without high costs.

ПРИМЕНЕНИЕ ТУМАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В КОНЦЕПЦИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Захаров В.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Fog Computing – это новая отрасль в облачной концепции, которая реализует обработку данных вблизи конечных устройств, таких как ПК, смартфоны и персональные гаджеты. Эта технология направлена на решение проблем, связанных с ограниченными возможностями облачных технологий, и предназначена для обработки различного рода операций в режиме реального времени. Данная концепция используется в различных областях применения: медицина, промышленность и др. [1, 2], а также в сфере Интернета вещей. В ходе работы были определены две основные задачи туманных вычислений: обработка и обслуживание транзакций на конечных устройствах (ПК, мобильные гаджеты, датчики, смарт-узлы), чувствительных ко времени (Рис. 1).

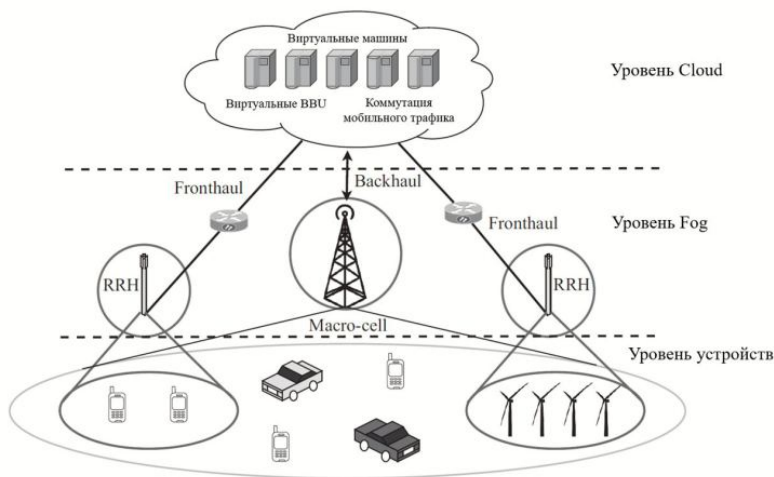


Рис. 1. Архитектура мобильной сети с уровнем Fog

В данном докладе проведен анализ применения FOG на практике. С помощью FOG можно оптимизировать процесс реализации, а также расчета параметров любых сетей связи [4]. Туманные технологии могут обеспечить меньшую задержку по сравнению с облачными вычислениями

за счет использования в туманных вычислениях только недорогих компьютеров, мобильных телефонов и персональных устройств. В настоящее время данные технологии широко используются в сельском хозяйстве, автомобильной промышленности и удалённом контроле погодных условий, и даже при передаче и обработке данных в сетях 5G [5].

В докладе определены особенности использования Fog Computing, которые включают в себя инвариантность реализации от протоколов и технологий обработки информации, а также рост транспортных ресурсов из-за технологий Big Data.

1. Глушак Е.В., Сенгилевцев О.А. Разработка и исследование макета сети BAN для мониторинга состояния здоровья человека // Инфокоммуникационные технологии, 2023. Т. 21, № 1. С. 28–36.

2. Глушак Е.В. Применение сетей WBAN // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций: материалы XXI Международной научно-технической конференции. Казань: Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева, 2019. Т. 1. С. 330–331.

3. Вишневецкий В.Ю., Орда-Жигулина Д.В., Старченко И.Б. Сегмент мобильного здравоохранения: облачные и туманные технологии: учебное пособие. Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2019. 64 с.

4. Глушак Е.В., Гребешков А.Ю. Приложение для расчета задержек при передаче данных в системе туманных вычислений: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2024614317 Российская Федерация; заявл. 12.02.2024; опублик. 22.02.2024.

5. Глушак Е.В., Ключев Д.С. Исследование характеристик 5G с помощью моделирования в программе AnyLogc // Радиотехника. 2024. Т. 88, № 1. С. 121–129.

APPLICATION OF FOGGY COMPUTING IN THE CONCEPT OF THE INTERNET OF THINGS

Zakharov V.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Based on the review, it is obvious that the prospects for the development of cloud computing are related to the optimization of the processes of building, calculating and operating communication networks. Fog Computing is increasingly being used for fast data processing, for example in building management, monitoring of solar panels and uninterruptible power supplies. They will also find applications in agriculture, the automotive industry and remote meteorological monitoring, as well as data transmission in 5G networks.

ВИРТУАЛЬНЫЙ СЕРВИСНЫЙ МАРШРУТИЗАТОР vESR В ПРОГРАММНОМ ЭМУЛЯТОРЕ СЕТИ GNS3

Захаров В.С., Васин Н.Н.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Современные сети и системы передачи информации базируются, главным образом, на использовании аппаратных средств фирм Cisco, а также (в меньшей степени) на оборудовании Huawei.

Введение санкций привело к расширению производства сетевого оборудования отечественных предприятий, среди которых наиболее известным является предприятие Элтекс (Eltex). Серьезным недостатком Элтекс при создании и отладке сетей передачи данных, а также при подготовке специалистов по эксплуатации сетей и систем, было отсутствие программных средств моделирования сетевых устройств, подобных Packet Tracer для Cisco; eNSP для Huawei.

Для устранения указанной проблемы разработчики фирмы Элтекс создали виртуальный сервисный маршрутизатор vESR (Virtual Service Router). Маршрутизатор vESR был представлен 6 июня 2023 г. Он предназначен для конфигурирования и отладки маршрутизации, а также защиты корпоративных сетей.

Маршрутизатор vESR обеспечивает множество функций: поддерживает как статическую, так и протоколы динамической маршрутизации OSPFv2/v3, IS-IS, BGP, RIPv2 и RIPv6. Обеспечивает трансляцию сетевых адресов NAT. Для защиты сети использует сетевые фильтры Firewall. В магистральной сети возможна организация многопротокольной коммутации по меткам MPLS. Аутентификация пользователей может проводиться на основе RADIUS, TACACS+, LDAP.

Установка vESR производится через программу графического моделирования сети GNS3 в системе Linux или в системе Windows. Это программное обеспечение позволяет соединять разное сетевое оборудование, от оконечных устройств до маршрутизаторов, и от разных фирм, такие как Mikrotik, D-Link, Huawei и т.д. в рамках одной сети. Тем самым появляется возможность интеграции российского оборудования в уже существующие сети, которые построены преимущественно на импортном оборудовании, на стадии планирования.

1. Васин Н.Н. Технологии пакетной коммутации: учебник. СПб.: Лань, 2019. 284 с.

2. Сети и системы передачи информации: Телекоммуникационные сети: учебник и практикум / К.Е. Самуйлов [и др.] // М.: Юрайт, 2016. 363 с.

3. VESR – новое программное решение для маршрутизации и защиты корпоративной сети [Электронный ресурс] / URL: https://eltex-co.ru/pressroom/news/vesr__novoe_programmnoe_reshenie_dlya_marshrutizatsii_i_zashchity_korporativnoy_seti/ (дата обращения: 30.08.2024).

VESR VIRTUAL SERVICE ROUTER IN THE GNS3 NETWORK SOFTWARE EMULATOR

Zakharov V.S., Vasin N.N.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report discusses the possibility of adding a virtual router from the Russian company Eltex to the GNS3 network graphical modeling program. As well as modeling networks with this router in conjunction with other foreign network equipment.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Сутягина Л.Н.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Одной из особенностей современных инфокоммуникационных технологии является использование потенциала искусственного интеллекта (ИИ, Artificial intelligence, AI). Эта тенденция характерна, прежде всего, для беспроводных сетей, в процессе функционирования которых требуется обработка, и визуализация огромного объема потоковых данных в режиме реального времени. Кроме того, возможности искусственного интеллекта облегчают решение задач аналитического прогнозирования, интеллектуального и динамичного управления сетевым трафиком.

К сетям такого типа следует отнести сети мобильной связи, каждое поколение которых, используя новые стандарты и технологии, предоставляет пользователям новые классы услуг. Возможности мобильных сетей поколения 3G и 4G привели к тому, что различные приложения, устанавливаемые на современные смартфоны, позволили изменить многие аспекты жизни людей, например, наблюдается массовый переход от использования реальных денег к online-платежам, рост количества социальных сетей, которые позволяют пользователям при помощи смартфонов в режиме реального времени обмениваться любой информацией.

Следующим этапом развития технологий мобильной связи стала технология 5G, которая уже внедряется в некоторых странах. Данная технология привела к инновационному изменению функциональных возможностей и характеристик сети, таких как, ультрамалая задержка, высокая мобильность и возможность подключения огромного количества устройств, не снижая при этом требований к качеству предоставляемых услуг (Quality of Service, QoS).

Потенциал искусственного интеллекта в сетях мобильной связи 5G/IMT активно используется в следующих направлениях:

1. Оптимизация процесса планирования сети, предполагающая использование нейросетей для оценки спроса на услуги качественной мобильной связи. Анализ полученных данных, позволяет ИИ, учитывая рельеф местности и существующую инфраструктуру, определить конкретные места для размещения новых базовых станций.

2. Реализация концепции «network slicing». Разработанные с помощью искусственного интеллекта математические модели позволят прогнозировать структуру сетевого трафика так, чтобы ресурсы, обеспечивающие нужную для конкретных приложений производительность, автоматически перераспределялись на участки сети, где требуется корректировка для поддержания показателей QoS. Причем, эти коррективы будут вноситься в режиме реального времени.

3. Повышение энергоэффективности. Анализируя характер сетевого трафика, ИИ будет прогнозировать время и продолжительность низкого спроса, что позволит определить компоненты сети, которые, без снижения качества обслуживания, временно можно отключить. Данное мероприятие даст возможность выполнять динамическое регулирование энергопотребления базовых станций.

4. Использование процедуры предиктивного обслуживания. Искусственный интеллект позволяет автоматизировать процесс мониторинга работы и диагностики состояния сетевого оборудования. Анализ данных, поступающих с датчиков в режиме реального времени, дает возможность выявить возникающие аномалии и спрогнозировать необходимость и время проведения ремонтных работ. Использование данного метода обслуживания приведет к снижению простоя оборудования и затрат на его ремонт.

Перечисленные направления интеграции искусственного интеллекта с сетями мобильной связи 5G/IMT, а в будущем и с 6G позволит им функционировать автономно и интеллектуально.

Таким образом, используя потенциал ИИ, операторы сетей мобильной связи могут монетизировать этот процесс, не жертвуя качеством предоставляемых услуг.

ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MOBILE COMMUNICATION NETWORKS

Sutyagina L.N.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The characteristics of the main trends in the development of mobile communication networks are given. The main directions of using the potential of artificial intelligence in 5G mobile communication networks are listed.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРЯДКА МНОГОМЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СЕТЯХ O-RAN

Коробков А.А., Сафиуллин И.А., Ашаев И.П., Гайсин А.К., Надеев А.Ф.

*(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)*

Развитие современных технологий регистрации и обработки больших объёмов данных позволяет выявлять в них особенности и закономерности, что позволяет более точно описывать и моделировать различные процессы и явления. Одним из классов математических моделей, описывающих многомерные данные, являются модели, построенные на основе тензорной алгебры. Согласно этим моделям данные представляются в виде многомерных таблиц или тензоров.

Для выявления характерных признаков и закономерностей в этих данных тензоры факторизуют. Для этого используют два основных вида факторизации или разложения тензоров: каноническое полиадическое разложение (Canonical Polyadic Decomposition, CPD) и многомерное сингулярное разложение (Multi-Linear Singular Value Decomposition, MLSVD) [1].

В результате разложения тензоров вычисляются так называемые факторные матрицы. Разложение CPD позволяет получать факторные матрицы в виде суммы компонент, которые можно физически интерпретировать. Результатом разложения MLSVD являются полноранговые факторные матрицы, которые не позволяют физически интерпретировать их, но дают представление о структуре данных. Для этого анализируют сингулярные значения по каждой из размерностей, получаемые в результате разложения MLSVD. Амплитуда сингулярных значений косвенно характеризует наличие внутренних закономерностей в данных.

Анализ профиля сингулярных значений по каждой размерности тензора позволяет выделить сингулярные значения, которые соответствуют полезному сигналу или данным и шуму. Это позволяет сделать предположение о порядке многомерной модели CPD. То есть оценить количество слагаемых в разложении или размерность факторных матриц CPD.

Для автоматического разделения сингулярных значений на сигнальные и шумовые используют такие подходы: Akaike Information Criterion (AIC), Minimum Description Length (MDL), Linear Regression Global Eigenvalues (LaRGE) и др. Все они основаны на анализе профиля сингулярных значений. Но основным недостатком этих методов является

необходимость наличия большого количества сингулярных значений, иначе достоверность разделения сильно снижается [2].

Тензоры, которые конструируются из реальных данных, могут иметь сильно различающиеся значения размерностей. Для более адекватного определения порядка модели CPD предлагается дополнять недостающие сингулярные значения после MLSVD по малым размерностям. Это позволяет выровнять количество сингулярных значений и провести оценку порядка многомерной модели с использованием метода LaRGE.

В работе приводятся результаты имитационного моделирования предлагаемого метода. Также разработанный метод был применён для оценки порядка многомерной модели в задаче определения характера мобильности пользователей в гетерогенных сетях O-RAN. Для этого в Network Simulator 3 (NS-3) моделировался сегмент сети, в результате работы которого собирались данные с интерфейса E2 об изменении SINR в нисходящем потоке одновременно для всех пользователей. Анализ результатов оценки порядка многомерной модели CPD существующими методами показал, что они переоценивают порядок модели по сравнению с предлагаемым методом.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-69-10084, <https://rscf.ru/project/23-69-10084/>.

1. Robust Multi-Dimensional Model Order Estimation Using LineAr Regression of Global Eigenvalues (LaRGE) / A.A. Korobkov [et al.] // IEEE Transactions on Signal Processing. 2022. Vol. 70. P. 5751–5764.

2. Метод оценки порядка многомерной модели в задачах классификации пользователей по характеру мобильности в гетерогенных сетях беспроводного радиодоступа / А.А. Коробков [и др.] // Радиотехника. 2024. Т. 88, № 1. С. 44–58.

MULTI-LINEAR MODEL ORDER ESTIMATION FOR USER CLASSIFICATION IN O-RAN

*Korobkov A.A., Safiullin I.A., Ashaev I.P., Gaysin A.K., Nadeev A.F.
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

Multi-linear models are widely used in data and signal processing. However, the accuracy of these models depends on how accurately the order of the models is estimated. This paper presents a new method for estimating the order of multi-linear models. The proposed method was implemented for the classification of users in O-RAN.

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Росляков А.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Традиционные пакетные IP-сети (в первую очередь инфокоммуникационная сеть Интернет), предоставляют, как правило, услуги негарантированного качества BE (best effort) по принципу «лучшее из возможного», поэтому вероятностно-временные характеристики таких сетей имеют распределения с длинными «хвостами» (Рис. 1).

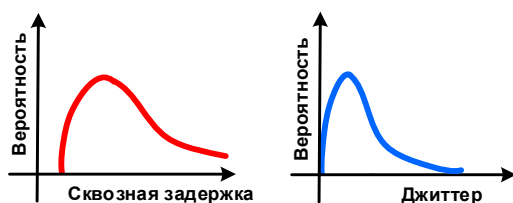


Рис. 1. Вероятностно-временные характеристики традиционных IP-сетей

Однако в последнее время появился большой набор инфокоммуникационных приложений (промышленный Интернет вещей, беспилотный транспорт, голографические коммуникации, тактильный Интернет и др.), которые требуют от сетевой инфраструктуры гарантированного качества обслуживания QoS, и прежде всего, фиксированных и сверхмалых задержек и джиттера [1]. В связи с этим возникла острая необходимость в создании детерминированных сетей связи, обладающих такими вероятностно-временными характеристиками (Рис. 2).

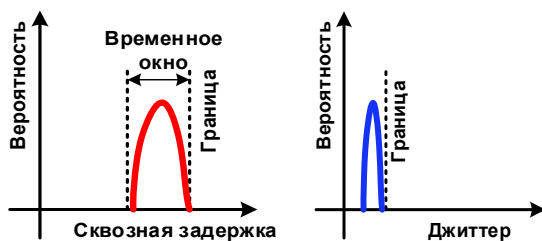


Рис. 2. Вероятностно-временные характеристики детерминированных сетей

Существующие технологии второго Ethernet и третьего IP уровней не могут в чистом виде предоставить такие детерминированные характеристики. Поэтому в последнее время начата активная разработка модификаций этих технологий, которые позволят при относительно небольших затратах на модернизацию сетевого оборудования предоставлять детерминированные услуги в дополнение к услугам ВЕ.

Детерминированные услуги 2-го уровня стека протоколов TCP/IP могут предоставить чувствительные ко времени сети TSN (Time-Sensitive Networking), описанные в серии стандартов IEEE 802.1Q. Эта технология позволяет преобразовать стандартную сеть Ethernet в детерминированную надежную сеть путем введения строгой синхронизации узлов сети, введения приоритетов для кадров разного типа трафика, статического сетевого конфигурирования, репликации и удаления кадров.

На 3-м сетевом уровне детерминированные сети предлагается реализовать с помощью разрабатываемой концепции IETF DetNet, которая обеспечивает услуги на основе технологий нижележащих уровней, таких как TSN, мультипротокольная коммутация по меткам MPLS и оптические транспортные сети OTN. Сети DetNet обеспечивают сверхнизкую задержку пакетов за счет специальных алгоритмов организации очередей, а отсутствие потерь пакетов реализуется дополнительным резервированием буферов очередей.

В докладе дан анализ стандартов IEEE и IETF для реализации детерминированных сетей, выполнено сравнение технологий TSN и DetNet, указаны направления их практического применения, рассмотрены модели и методы исследования характеристик.

1. Росляков А.В. Сеть 2030: архитектура, технологии, услуги. Москва: ООО Издательско-книготорговый центр «Колос-С», 2022. 278 с.

DETERMINISTIC TELECOMMUNICATION NETWORKS

Roslyakov A.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

An analysis of IEEE and IETF standards for the implementation of deterministic networks is given, a comparison of TSN and DetNet technologies is made, and directions for their practical application are indicated.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ КОММУНИКАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Батыршина Я.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Актуальность проектирования наиболее эффективного варианта распределения коммуникационных ресурсов для обработки сенсорных данных в сенсорной сети обусловлена опережающим развитием отечественной инфраструктуры хранения, обработки данных и доставки контента, в том числе данных Интернета вещей (Internet of Things, IoT), в рамках выполнения задач и целевых показателей, определенных в Стратегии развития отрасли связи РФ на период до 2035 года, а также в рамках выполнения первого приоритета стратегии научно-технологического развития РФ.

Под способами распределения коммуникационных ресурсов сенсорной сети, в общем случае, понимают способы распределения пропускной способности каналов, соединяющих узлы сети, расчет пропускной способности канала связи и определение емкости кэш-памяти на узлах с учетом выдвигаемых гипотез о характере изменения трафика сенсорных данных и статуса актуальности сенсорных данных.

В рамках повышения эффективности распределения коммуникационных ресурсов для сенсорных сетей IoT предлагается рассмотреть информационно-ориентированную сеть (Information-Centric Networking, ICN) в качестве сетевой инфраструктуры с механизмом внутрисетевого кэширования сенсорных данных [1]. В качестве базовой модели распределения сенсорной информации в информационно-ориентированной сети предлагается трех компонентная модель (Рис. 1). В модель входят рассматриваемые далее основные элементы.

Источник информации – сенсорные узлы, которые реагируют на определенные физические (химические) процессы, регистрируют, измеряют и передают значения их параметров – формируют контент в виде временного ряда.

Распределитель информации – информационно-коммуникационный шлюз, который временно хранит актуальный контент, полученный от источника информации, выполняет предварительную обработку и анализ актуальности контента, если это необходимо, и передает требуемые для целей функционирования сети данные на удаленный сервер. Распределитель информации может принимать решения о кэшировании актуального контента на основе определенных правил и алгоритмов, чтобы

сохранять возможность минимизации времени доступа на основе периферийных (граничных) вычислений.

Получатель информации – удаленный сервер или автоматизированная система управления (АСУ), где выполняется дальнейшая обработка полученного от распределителя информации контента с целью принятия решений.

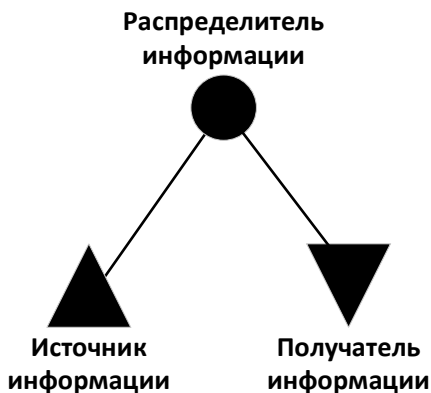


Рис. 1. Модель распределения сенсорной информации в ICN

Указанная схема далее является базовой в способе распределения коммуникационных ресурсов может принести пользу в таких аспектах, как увеличение вероятности совместного использования контента в реальном времени, экономия полосы пропускания, отделение контента от конкретной точки получения.

1. Боровская Я.А., Гребешков А.Ю. Контентно-зависимая модель обеспечения качества обработки сенсорных данных в ICN сетях // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. 2023. Т. 13, № 1. С. 13–18.

BASE ELEMENTS IN DISTRIBUTING COMMUNICATION RESOURCES OF A SENSOR NETWORK

Batyrshina Y.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The problem of the growing flow of sensor data in the network is a priority today. This problem leads to the need for effective distribution of communication resources. It is proposed to consider the content-oriented model as an effective distribution of communication resources.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ КАНАЛА СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Васин Н.Н., Гололобов А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В современном мире, характеризующемся активным развитием информационных технологий, нагрузка на сети передачи данных постоянно возрастает. В связи с этим актуальной задачей становится борьба с перегрузками в сетях пакетной коммутации. Традиционные методы управления трафиком могут быть недостаточно эффективными в условиях сложной и изменяющейся сети. Применение нечеткой логики позволяет гибко адаптировать стратегии управления трафиком, снижая вероятность перегрузок и повышая устойчивость сетевой инфраструктуры. В данной работе рассматриваются основные принципы и методы борьбы с перегрузками в сетях пакетной коммутации с применением нечеткой логики.

Сети пакетной коммутации – основа современных телекоммуникаций. Перегрузки в таких сетях приводят к потере данных, задержкам и снижению качества обслуживания. Традиционные методы, такие как FIFO, WFQ и контроль перегрузки TCP, не всегда эффективно справляются с изменениями трафика. Применение нечеткой логики становится перспективным решением для адаптивного управления трафиком и борьбы с перегрузками [1].

Проблема перегрузок в сетях пакетной коммутации.

Перегрузки возникают, когда объем трафика, передаваемого через узел сети, превышает его пропускную способность. Это приводит к увеличению времени ожидания, потере пакетов и нарушению работы приложений в режиме реального времени. Наиболее уязвимыми к перегрузкам являются высоконагруженные магистральные и межсетевые узлы, через которые проходит значительное количество трафика.

Нечеткая логика – математический аппарат для обработки информации с неопределенностью. В отличие от традиционных систем с фиксированными значениями 0 и 1, она оперирует промежуточными значениями от 0 до 1, что делает её более гибкой и подходящей для моделирования сетевых процессов. В борьбе с перегрузками она используется для:

- оценки текущей загрузки сети;
- прогнозирования и предотвращения перегрузок;
- адаптивного управления трафиком [2].

Система на основе нечеткой логики анализирует параметры, такие как задержки и количество пакетов в очереди, вычисляя вероятность перегрузки и регулируя трафик. При высокой вероятности она может ограничить скорость для низкоприоритетных соединений, сохраняя ресурсы для критичных задач.

Преимущества:

1. Адаптивность – гибкость реакции на изменения в сети.
2. Простота реализации – минимальные затраты на интеграцию.
3. Устойчивость к неопределённостям – оптимальные решения при непредсказуемом трафике.

Использование нечеткой логики для борьбы с перегрузками повышает надёжность сетей. Этот подход обеспечивает адаптивное управление трафиком в условиях неопределённости, что особенно важно для современных телекоммуникационных систем.

1. Жаворонков С.В., Костин А.Н. Адаптивные методы управления перегрузками в сетях связи. М.: Техносфера, 2021. 284 с.

2. Сидоров Е.А. Управление перегрузками в сетях передачи данных: теория и практика. М.: Физматлит, 2022. 412 с.

BANDWIDTH MANAGEMENT OF A COMMUNICATION CHANNEL USING FUZZY LOGIC

Vasin N.N., Gololobov A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In today's world, characterized by the rapid development of information technologies, the load on data transmission networks is constantly increasing. Addressing congestion in packet-switched networks has become a critical challenge. Traditional traffic management methods may be insufficient in complex and dynamic network environments. The application of fuzzy logic offers a flexible approach to traffic control, reducing the likelihood of congestion and enhancing network resilience. This paper discusses the key principles and methods for managing congestion in packet-switched networks using fuzzy logic.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТИ TSN С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИМУЛЯТОРА OMNET++/INET FRAMEWORK

Росляков А.В., Алексахин П.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Чувствительные ко времени сети TSN (Time-Sensitive Networking) обеспечивают почти детерминированную передачу данных в сетях Ethernet, поэтому в последнее время началась интенсивная интеграция технологий TSN с современными инфокоммуникационными системами, такими как мобильные сети пятого поколения 5G, бортовые сети самолетов, спутников и автомобилей, сети промышленной автоматизации и др. В связи с этим технологии TSN активно разрабатываются, исследовательской группой IEEE 802.1 и появился ряд новых дополнений к базовому стандарту IEEE 802.1Q.

Сеть TSN использует различные стандарты для эффективного управления потоками, при этом некоторые стандарты предполагают строгую сетевую синхронизацию времени, обеспечиваемую протоколами синхронизации, такими как протокол точной синхронизации времени PTP (Precision Time Protocol). Механизмы формирования очередей, такие как временной формирователь TAS (Time-Aware Shaper), позволяют изолировать трафик с высоким приоритетом от трафика с низким приоритетом, способствуя почти детерминированной связи. Интеграция этих стандартизированных механизмов с другими, такими как сквозная коммутация CT (Cut-Through) и дублирование кадра FP (Frame Replication) с механизмом вставки/удаления (Hold-Release) кадров, повышает необходимый уровень детерминизма передачи данных в сети.

В докладе рассмотрены базовые принципы работы сетей TSN, а также программный симулятор сетей OMNeT++ и возможности его расширения для исследования сетей TSN с помощью INET Framework.

Представлены результаты исследования модельной сети TSN. На рис. 1 показан процесс моделирования в симуляторе OMNeT++/INET сети TSN с 2 коммутаторами Ethernet и 4 конечными устройствами, передающих два вида трафика – видео и трафика с максимально возможным качеством BE (Best Effort) без каких-либо гарантий обслуживания. Использован алгоритм планирования открытия шлюзов коммутаторов, резервирующий временные интервалы для сконфигурированных потоков в порядке их приоритета, при этом 0-ой приоритет является самым низким и выделен трафику BE.

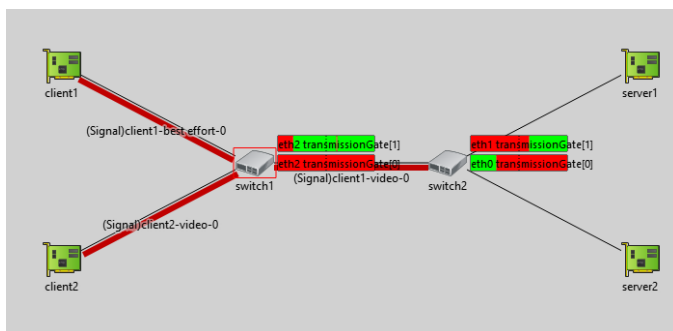


Рис. 1. Схема моделирования сети TSN в симуляторе OMNeT++/INET

На рис. 2 представлена зависимость полученных значений сквозных задержек от времени симуляции. Были выделены два приоритета у трафика: наивысший – для видеотрафика и низший – для трафика BE. Исходя из результатов моделирования максимальная сквозная задержка приходится на трафик BE и составила 435 мкс, а сквозная задержка у видео трафика – 120 мкс, что обеспечивает высокое качество предоставления видеослуг в рассматриваемой сети TSN.

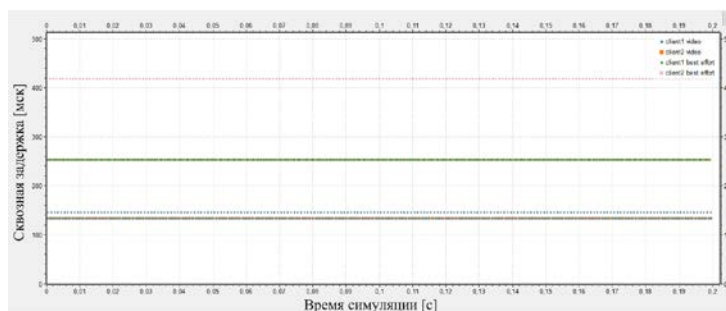


Рис. 2. Сквозные задержки различных видов трафика в сети TSN

SIMULATION OF TSN NETWORK USING OMNET++/INET FRAMEWORK SIMULATOR

Roslyakov A.V., Aleksakhin P.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The basic principles of TSN network operation are considered, as well as the OMNeT++ network simulator and its expansion capabilities for studying TSN networks using the INET Framework.

**МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ,
ЛОКАЛИЗАЦИИ И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В
ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ Сотовых ОПЕРАТОРОВ С
ФУНКЦИЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Росляков А.В., Бондаренко Д.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Одним из важных элементов эксплуатации транспортной сети является своевременные диагностика, локализация и устранение неисправностей сетевого оборудования [1]. На данный момент устранением большинства неисправностей занимаются сотрудники различных групп эксплуатации. На отработку каждого инцидента вручную уходит время, при этом оно может увеличиваться из-за самых разных обстоятельств. К примеру, авария произошла в регионе с большим количеством сетевых элементов и вычленив проблемный участок будет тяжелее, чем в менее развитом регионе. Или в отделе эксплуатации произошла ротация кадров и на смену заступили новые сотрудники с низким опытом работы на оборудовании определенного производителя. Разумеется, скорость устранения неисправностей напрямую влияет на производительность сети, а следовательно, и на качество предоставляемых услуг оператором. Поэтому тема автоматизации диагностики и локализации неисправностей на сегодняшний день является крайне актуальной.

В работе предлагается модель автоматической диагностики, локализации и устранения аварийных событий на сетях сотовых операторов с функцией машинного обучения. Рассмотрим на примере типовой аварии – неисправность базовой станции. Где-то на сети произошел обрыв оптоволоконной линии. Услуги, предоставляемые через это направление связи, переориентированы на резервное направление, которое и так было нагружено своими услугами. В итоге произошла перегрузка этого направления и вышло сообщение о неисправности базовой станции, услуги которой проходили через нее. При возникновении данного сообщения происходит следующий алгоритм действий эксплуатационного персонала:

1. Смена мониторинга базовых станций принимает решение о заведении инцидента и передает его смене мониторинга регионального транспорта для первичной диагностики.

2. Смена транспорта по итогу диагностики видит, что в точке терминирования базовой станции нет никаких аварий физического характера и

принимает решение о передаче проблемы профильной группе эксплуатации.

3. Группа эксплуатации проводит детальную диагностику и обнаруживает, что сервис базы проходит через перегруженный канал. После перебалансировки перегрузка направления, а следовательно, и корневая аварии, устраняются.

Данный алгоритм весьма надежный и испытан многими годами эксплуатации сети, однако все же занимает достаточно много времени. Предлагаемое решение автоматически сможет завести инцидент, провести диагностику, выявить проблемный перегруженный участок и передать инцидент группе эксплуатации для перебалансировки трафика на направлении. Благодаря функции машинного обучения, система запомнит этот случай и при повторном выходе этой же аварии сможет проанализировать свои предыдущие действия. Так система проверит активен ли прошлый обрыв и прописан ли сервис базы также, как после прошлого изменения. Основываясь на этих данных, система выдаст новые рекомендации и предложит новый маршрут для сервиса, что существенно ускорит и облегчит устранение неисправности.

Также благодаря машинному обучению, система сможет адаптироваться к изменениям в сети, удалять информацию о демонтированном оборудовании и актуализировать состояние сети после интеграции новых элементов.

1. Росляков А.В., Бондаренко Д.С. Реализация fault management в мобильной сети // Актуальные проблемы информатики, радиотехники и связи: материалы XXX Российской научно-технической конференции. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2023. С. 59–60.

MODEL OF AUTOMATIC DIAGNOSTICS, LOCALIZATION AND TROUBLESHOOTING IN TRANSPORT NETWORKS OF CELLULAR OPERATORS WITH MACHINE LEARNING FUNCTION

Roslyakov A.V., Bondarenko D.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

An approach to automating the operation of a mobile operator's transport network based on machine learning technology is considered. The system is trained on algorithms for eliminating previous emergency situations in the transport network to develop a response to subsequent incidents.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМИРОВАТЕЛЯ АСИНХРОННОГО ТРАФИКА ATS В СЕТЯХ TSN

Росляков А.В., Михайлов В.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В докладе рассмотрены базовые принципы работы формирователя асинхронного трафика ATS (Asynchronous Traffic Shaping) в соответствии со стандартом IEEE 802.1Qcr, используемого в сетях, чувствительных ко времени TSN (Time Sensitive Network). Показано его отличие от используемых ранее формирователей – с временным разделением TAS (Time-Aware Shaper) и кредитным CBS (Credit Based Shaper). Представлена модель трафика, указаны правила распределения очередей и дана оценка верхней границы задержки в отдельном мосту с формирователем ATS и сквозной задержки в сети TSN.

Особенностью модели трафика ATS является отсутствие требования к строгой синхронизации времени в сети TSN, поэтому каждый исходящий узел сети может передавать свои кадры Ethernet асинхронно. Однако каждый поток f_i должен удовлетворять ограничителю «дырявое ведро», работа которого характеризуется максимальной скоростью передачи ρ_i и берстностью (пачечностью) σ_i . Для любого произвольного интервала времени длительностью Δt на выходе ограничителя «дырявое ведро» кумулятивные данные $w_i(\Delta t)$ потока f_i ограничены величиной:

$$w_i(\Delta t) \leq \sigma_i + \Delta t \times \rho_i. \quad (1)$$

Данной общей моделью могут быть описаны различные модели трафика. Например, периодический трафик формирователя TAS с фиксированным интервалом времени между поступающими кадрами T_i и фиксированной длиной кадра L_i можно описать параметрами $\rho_i = L_i / T_i$ и $\sigma_i = L_i$.

Использование формирователя асинхронного трафика ATS дополнительно усиливает ограничение (1) в каждом мосту сети, так что требования к задержке удовлетворяются на каждом сетевом переходе передачи кадра в сети TSN. Существует три основных правила распределения трафика по очередям в мосту, чтобы не нарушить ограничения на задержку кадров разных потоков:

Правило 1: кадры f_i и f_j не могут совместно использовать очередь формирователя ATS, если они получены с разных входящих портов моста.

Правило 2: кадры f_i и f_j не могут совместно использовать очередь формирователя ATS, если они получены с одного и того же входящего порта моста, но с разными приоритетами.

Правило 3: кадры f_i и f_j не могут совместно использовать очередь формирователя ATS, если они передаются в выходящий порт моста с разными приоритетами.

Таким образом, только если кадры f_i и f_j получены через один и тот же входящий порт и отправляются в исходящий порт с одним и тем же приоритетом, они могут совместно использовать одну и ту же очередь формирователя ATS. Задержка кадра на одном сетевом переходе складывается из задержки в очереди, времени передачи кадра в канале и задержки формирователя. Максимальная суммарная задержка на переходе w_i^{hop} всех кадров f_i потока i ограничена:

$$w_i^{hop} \leq \max_{x \in Q_i} \left(\frac{\sigma_{Hi} + \sigma_{Ei} - \overset{\vee}{L}_i + \hat{l}_x}{\rho - \rho_{Hi}} + \frac{\overset{\vee}{L}_i}{\rho} \right)$$

где Q_i – подмножеством всех потоков E_i с тем же приоритетом, что и поток i , которые принимаются на тот же входной порт, что и поток f_i ;

σ_{Hi} – сумма всех кадров потоков x с более высоким приоритетом ρ_x , чем поток i ;

σ_{Ei} – сумма всех кадров из потоков с одинаковым приоритетом (включая сам поток i);

$\overset{\vee}{L}_i$ – наибольший максимальный размер кадра l_x из всех потоков с более низким приоритетом x , чем поток i ;

$\hat{l}_x$ – наименьший размер кадров потоков x с более высоким приоритетом, чем поток i ;

ρ_{Hi} – сумма всех скоростей ограничителя «дырявое ведро» потоков с более высоким приоритетом, чем поток i .

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF ASYNCHRONOUS TRAFFIC SHAPING ATS IN TSN NETWORKS

Roslyakov A.V., Mikhailov V.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The basic principles of operation of the ATS (Asynchronous Traffic Shaping) in TSN networks are considered. A traffic model is presented, queue distribution rules are specified, and an estimate of the upper bound of the delay in a network transition with an ATS bridge is given.

**АВТОНОМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ НАСОСА ОТ
«СУХОГО ХОДА»***Росляков А.В., Лазурченко Н.С.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

При отсутствии воды в водяном насосе он переходит в аварийный режим работы – так называемый режим «сухого хода». В этом режиме электродвигатель насоса перегревается и быстро выходит из строя. Задача защиты электродвигателя насоса заключается в том, чтобы выключить насос в тот момент, когда в нем нет воды для перекачки.

Существует несколько вариантов решения данной проблемы. Прежде всего это использование специального реле защиты насоса от «сухого хода», которое отключает насос, когда давление в системе водоснабжения опускается ниже критического уровня. Выпускается также регулятор давления воды, который выключает насос, когда через него перестает течь вода. Однако такие способы защиты имеют существенный недостаток – необходим монтаж в трубе водоснабжения специального тройника-фитинга для их подключения.

Другим, весьма распространённым видом защиты насосов является использование встроенного в обмотку электродвигателя устройства термозащиты, которое выключает насос при его перегреве в режиме «сухого хода». Однако большая часть насосов, эксплуатируемых в промышленности и в быту, такой защиты не имеет.

Таким образом актуальна разработка простого и дешевого способа реализации защиты любых насосов, не оборудованных специальной защитой от режима «сухого хода» без вмешательства в конструкцию самого насоса и трубопроводной системы.

Предлагается автономное защитное устройство в виде «умной розетки» – Интернет вещи, основой которого является акустический контроль за работой насоса с использованием малогабаритных микрофонного модуля и микроконтроллера для записи и сравнения спектров аудиосигналов, полученных при различных режимах работы насоса с использованием быстрого преобразования Хартли. При выявлении отличия спектра входного акустического сигнала работы насоса от спектра эталонного сигнала контроллер подает команду на включение реле для обесточивания насоса. В состав «умной розетки» для насоса также входит модуль беспроводной связи WiFi, с помощью которого осуществляется дистанционное оповещение пользователя об отключении насоса через мобильное приложение в Интернете.

Предлагаемое устройство полностью автономно, имеет малые размеры и стоимость, а также простое в установке и использовании. Алгоритм работы устройства изображен на рис. 1.

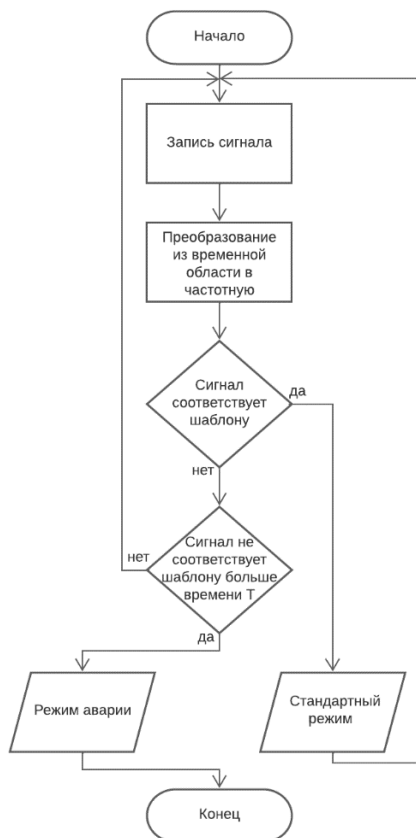


Рис. 1. Алгоритм работы приставки

AUTONOMOUS DEVICE FOR PROTECTING THE PUMP FROM "DRY RUNNING"

Roslyakov A.V., Lazurchenko N.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

An autonomous device for shutting off a pump when it switches to the "dry running" mode using acoustic control is proposed.

МЕТОД АППРОКСИМАЦИИ УНИМОДАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Буранова М.А., Карташевский В.Г.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Традиционно для решения задачи определения среднего времени ожидания заявки в очереди используют подходы основанные на решении уравнения Линдли [1, 2]. Рассмотрим в качестве примера система G/G/1 модель типа L/P/1, где плотность вероятностей интервалов между поступлением заявок характеризуется логнормальным распределением, а плотность вероятностей временных интервалов обслуживания заявок – распределением Парето. Известно, что найти среднее время ожидание в очереди можно в виде:

$$\bar{T} = \frac{d}{ds} \Phi_+(s) \Big|_{s=0}, \quad (1)$$

где $\Phi_+(s)$ характеристическая функция времени ожидания заявки в очереди.

Рассмотрим логнормальное распределение

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], \text{ при } x > 0, \text{ с параметрами } \mu \text{ и } \sigma. \text{ При}$$

$\mu = 0$ и $\sigma = 1$ коэффициент вариации распределения $C = \frac{\sqrt{D}}{m} = 1,3$,

следовательно, данное распределение является унимодальным распределением с «тяжелым» хвостом.

В [3] было предложено для решения использовать методику аппроксимации унимодальных плотностей с «тяжелыми» хвостами через решение уравнения Линдли при использовании гиперэкспоненциальных функций совместно с полиномами невысокого порядка.

«Восходящая ветвь» $0 \leq x \leq x_0$ аппроксимируется полиномом

$$\varphi_1(x) = \sum_{n=1}^N \theta_n x^n, \quad n = 1, \dots, N. \quad \text{«Нисходящая» гиперэкспоненциальным}$$

$$\text{распределением} \quad \varphi_2(x) = \sum_{k=1}^K v_k e^{-\lambda_k x} = \sum_{k=1}^K p_k \lambda_k e^{-\lambda_k x}, \quad \text{где} \quad k = 1, \dots, K,$$

определяются из решения задачи аппроксимации.

Для рассматриваемого примера определения $\Phi_+(s)$ необходимо определить преобразование Лапласа, которое аппроксимирует выражение логнормальной плотности с выбранными значениями N и K (в рассматриваемом случае предложено $N = K = 3$), и преобразование Лапласа для распределения Парето, для этого можно воспользоваться подходом, показанным в работе [3].

В результате выражение (1) для среднего времени ожидания можно получить в виде

$$\bar{T} = \frac{d}{ds} \Phi_+(s) \Big|_{s=0} = \frac{s_2^* \cdot s_3^* \cdot s_5^*}{z_4 \cdot z_5 \cdot z_6} \cdot \frac{\omega_1 \varepsilon_2 s_4^* - \omega_2 (\varepsilon_2 - \varepsilon_1 s_4^*)}{(\varepsilon_2 s_4^*)^2},$$

где $\omega_1 = z_4 z_5 + z_4 z_6 + z_5 z_6$, $\omega_2 = z_4 z_5 z_6$,

$$\varepsilon_1 = s_2^* s_3^* + s_2^* s_5^* + s_3^* s_5^*, \quad \varepsilon_2 = s_2^* s_3^* s_5^*.$$

Таким образом предложена универсальная методика моделирования систем с унимодальными распределениями.

1. Kleinrock L. Queueing Systems: Volume I, Theory. New York: Wiley Interscience, 1975, 417 p.

2. Keilson J., Machihara F. Hyperexponential Waiting Time Structure in Hyperexponential System // Journal of the Operation Society of Japan. 1985. Vol. 28, no. 3. P. 242–250.

3. Буранова М.А., Карташевский В.Г. Определение параметров гиперэкспоненциального распределения методом рекурсивного подбора // Радиолокация, Навигация, Связь: материалы XXVII Международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию полетов в космос Ю.А. Гагарина и Г.С. Титова. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. Т. 2. С. 43–52.

METHOD OF APPROXIMATION OF UNIMODAL DISTRIBUTIONS

Buranova M.A., Kartashevskiy V.G.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

An approach is shown that allows estimating the average waiting time of a request in a queue by solving the Lindley equation using the example of an L/P/1 system.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АПОДИЗИРОВАННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК

Султанов А.Х., Файзрахманов Д.А.

(Уфимский университет науки и технологий)

Ключевым требованием к оптической линии связи в дальнем космосе является необходимость высокого подавления постороннего и окружающего света с высокой внутриполосной передачей. Эту возможность обеспечивают сверхузкополосные интерференционные фильтры с полосой пропускания менее 0,2 нм и высокой внеполосной оптической плотностью (OD) могут удовлетворить это требование, одновременно улучшая пропускную способность сигнала. Проблема производства сверхузкополосных фильтров заключается в необходимости точной настройки длины волны полосы пропускания фильтра по всей его апертуре, а также их производство с необходимыми параметрами может быть слишком сложным и/или дорогостоящим. В связи с этим, предложение использования аподизированных Брэгговских решеток представляется своевременным и перспективным решением.

Спектр отражения волоконной брэгговской решетки сопровождается так называемыми боковыми лепестками, которые оказывают нежелательное воздействие на производительность решетки. Чтобы погасить их влияние полностью или частично применяется аподизация. Аподизация волоконной брэгговской решетки представляет собой плавное изменение амплитуды модуляции и выравнивание среднего значения наведенного показателя преломления вдоль ВБР.

Для достижения цели по установлению связи между Землей и Марсом, необходимо получить решетку с определенными параметрами, а именно:

1. Ширина спектра отражения $\Delta\lambda \leq 0,175$ нм.
2. Коэффициент отражения $R > 95\%$.
3. Резонансная (центральная) длина волны $\lambda = 1550$ нм.

А также как можно сильнее подавить влияние боковых лепестков спектра отражения.

Исследование проводилось в программном пакете Matlab.

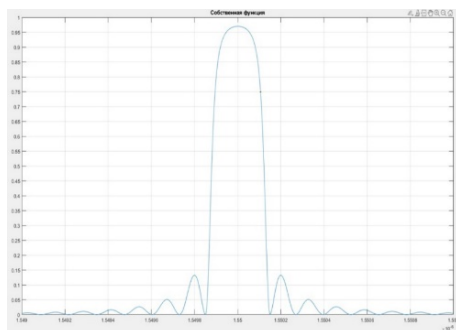


Рис. 1. Спектр отражения решетки с собственной функцией аподизации

В результате работы получена решетка, которая имеет спектр с коэффициентом отражения 97,5%, снижение боковых лепестков порядка 43%, ширину спектра равную 0,165 нм, что полностью удовлетворяет обозначенным параметрам. Также хочется отметить, что данная решетка найдет применение не только в космической связи, но в телекоммуникациях, медицине, нефтепередаче и пр.

1. Варжель С.В. Волоконные решетки Брэгга. СПб.: Университет ИТМО, 2015. 65 с.

2. Optical Fiber Communications: Recent Contributions in Photonic Device Technology / J.P. Carvalho [et al.] // Fiber and Integrated Optics. 2005. Vol. 24, no. 3-4. P. 371–394.

3. Синтез оптических отражательных фильтров на основе тонкопленочных структур / А.Х. Султанов [и др.] // Вестник УГАТУ. 2009. Т. 13, № 1 (34). С. 206–213.

INCREASING THE EFFICIENCY OF OPTICAL FILTERS THROUGH THE USE OF APODIZED BRAGG GRATINGS

*Sultanov A.H., Faizrakhmanov D.A.
(Ufa University of Science and Technology)*

Optical communication offers the potential to increase data transmission capacity by almost 40 times, while significantly reducing the weight and power consumption of the station compared to radio frequency technology. Apodized Bragg gratings can be used to solve specific tasks, such as providing communications in deep space. These gratings have a variable amplitude of the periodic structure, which makes them more flexible and precise in regulating optical signals in comparison with optical filters, the production of which is more difficult and expensive.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВИДЕОТРАФИКА

Трошин А.В.

*(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

В 2023 году приблизительно 65% от всего трафика Интернета приходилось на сайты, размещающие видеоролики, и организующие видеотрансляции, а также онлайн-кинотеатры. Для сравнения в 2016 году доля видеотрафика составляла только около 51%. Большинство аналитических агентств, а также инфокоммуникационных компаний, предсказывают дальнейший рост доли видеотрафика и в ближайшие годы.

Поскольку видеотрафик составляет основную долю потребляемого контента в Интернете, одной из наиболее актуальных задач для хостингов, онлайн-кинотеатров и операторов связи становится оценка удовлетворенности пользователей качеством получаемого видеоизображения. Качество видео и удовлетворенность пользователей на практике может зависеть от множества объективных и субъективных факторов: разрешение видеоизображения, скорость передачи данных, вид сжатия, скорость воспроизведения, качество звукового сопровождения, точность цветопередачи, задержки воспроизведения, свойства окружения зрителя, тип устройства для просмотра, тип контента, а также различные психологические факторы, свойственные зрителю. В связи с зависимостью от множества разнообразных факторов общая оценки качества видео (VQA, Video Quality Assessment) является весьма сложной задачей, к решению которой было предложено несколько подходов.

Классический подход VQA базируется на субъективных рейтинговых оценках зрителей, основанных на их впечатлениях от просмотра видеоконтента. Данный подход, хотя и обеспечивает наилучшее представление об удовлетворенности зрителей качеством воспроизведения, требует достаточно широкой аудитории для своей реализации, а также не подходит для ряда применений, например, мониторинга видео в реальном времени.

Другим подходом является оценка качества видео на основе ряда объективных параметров видеоизображения, таких как пиковое отношение сигнал-шум (PSNR) и индекс структурного сходства (SSIM). Данные параметры позволяют выполнить быструю оценку качества видео, однако слабо учитывают нюансы человеческого восприятия в конкретных условиях. Альтернативный подход на основе объективных параметров производит оценку качества видео используя непосредственные

показатели потока трафика: скорость передачи данных, задержку, джиттер, величину потерь пакетов и тд. Такой подход также не позволяет учесть все нюансы восприятия видео пользователями, и поэтому не всегда на него можно положиться для получения итоговой оценки качества видео.

Использование методов машинного обучения (ML, Machine Learning) позволяет объединить подходы, основанные как на субъективных оценках, так и на объективных параметрах трафика. Для этого модели ML могут быть обучены на данных, представляющих собой рейтинговые оценки фокусных групп, а также параметрах видеотрафика или качества изображения. В результате получаются ML-модели в значительной степени имитирующие человеческое восприятие и которые могут применяться для мониторинга качества видеотрафика в реальном времени. Однако следует отметить, что получение ML-моделей, позволяющих получать достаточно близкие к человеческому восприятию оценки является крайне сложной задачей в связи с тем, что восприятие пользователей часто в значительной степени определяется контекстом ситуации воспроизведения. Например, впечатления от воспроизведения одинакового контента может сильно отличаться на мобильном устройстве от такового на большом экране.

MACHINE LEARNING METHODS FOR VIDEO QUALITY ASSESSMENT

Troshin A.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In 2023 about 65% of all Internet traffic came from video sites making VQA (Video Quality Assessment) the most important problem for video content providers. VQA can be achieved by subjective and objective approaches. Subjective methods are based on evaluations of human viewers and objective methods on video streaming or traffic parameters, both groups of methods have some drawbacks. Machine Learning methods can be trained using subjective scores and objective data to emulate human perception.

ПАРЕТО ОПТИМАЛЬНАЯ СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В СЕТЯХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ КОГНИТИВНОЕ РАДИО

Сальников Р.О., Мешков И.К., Галеев З.З., Гизатуллин А.Р.

(Уфимский университет науки и технологий)

В будущем прогнозируется, что миллиарды устройств будут подключены через технологии Интернета вещей (Internet of Things, IoT). В ближайшие годы ожидается, что скорости передачи данных вырастут многократно по всему миру, соответственно необходимо создавать дополнительные телекоммуникационные мощности.

Системы IoT могут сэкономить много человеческих ресурсов и способствовать развитию бизнеса. Из-за минимальных энергетических и частотных ресурсов систем IoT эффективное распределение энергии и спектра являются наиболее важными факторами в их использовании.

С другой стороны, связь с использованием когнитивного радио (Cognitive radio, CR) является многообещающей технологией для решения проблем распределения спектра. CR – это интеллектуальное устройство, которое сканирует спектр вокруг себя и ищет свободные каналные ресурсы как по времени, так и по частоте, которые не используются лицензированными пользователями (ЛП). Когнитивная радиосеть (Cognitive radio network, CRN) соединяет когнитивные радиостанции, которые делят свободный спектр среди нелицензированных пользователей, также известных как вторичные пользователи (ВП), при условии, что они не создают помех для ЛП. Более того, связь с использованием CR считается экологически чистой, поскольку она стремится максимизировать эффективность использования спектра с минимальными помехами для ЛП.

Таким образом, сочетание технологии CR с системами IoT может повысить энергоэффективность (Energy Efficiency, EE) и спектральную эффективность (Spectral Efficiency, SE), что станет значительным прорывом в индустрии IoT. CR-IoT – это предлагаемая технология для сетей пятого поколения (5G). Благодаря этому потенциальному улучшению производительности, IoT на основе CR (CR-IoT) привлекло внимание многих исследователей [1-3].

EE и SE – это желаемые цели, которые мы хотим максимизировать. Однако эти цели противоречат друг другу. Если мы хотим максимизировать пропускную способность, то EE не может быть максимизировано из-за большего энергопотребления при увеличении пропускной способности. В задачах многокритериальной оптимизации

(Multi-Objective Optimization Problems, MOOP) невозможно определить одно оптимальное решение; скорее, рассматривается набор решений, известный как оптимальный по фронту Парето.

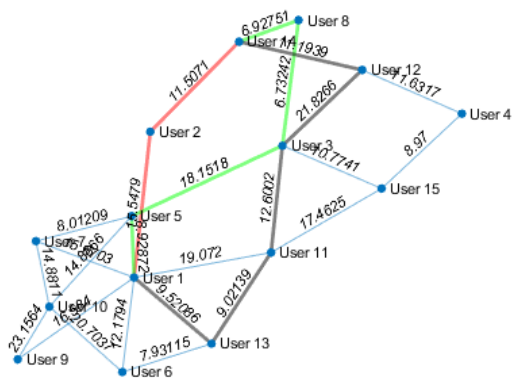


Рис. 1. Топология сети CR-IoT

В работе проводилось моделирование в среде Matlab (Рис. 1) по поиску оптимального пути между узлами в сети CR-IoT на основе гибридного алгоритма табу симуляции (Hybrid Tabu Simulated Algorithms, HTSA) за счет объединения особенностей исследования имитированного отжига (Simulated Annealing, SA) и особенностей эксплуатации табу-поиска (Tabu Search, TS), для поиска фронта Парето для двух параметров ЕЕ и SE в сетях CR-IoT.

1. Masood Z., Ardiansyah, Choi Y. Energy-Efficient Optimal Power Allocation for SWIPT Based IoT-Enabled Smart Meter // Sensors. 2021. no. 23, 7857. DOI: 10.3390/s21237857

2. Gallego R.A., Romero R.N., Monticelli A.J. Tabu Search Algorithm for Network Synthesis // IEEE Transactions on Power Systems. 2000. Vol. 15, no. 2. P. 490–495.

3. Pradhan P.M., Panda G. Pareto Optimization of Cognitive Radio Parameters using Multiobjective Evolutionary Algorithms and Fuzzy Decision Making // Swarm and Evolutionary Computation. 2012. Vol. 7. P. 7–20.

PARETO OPTIMAL RESOURCE ALLOCATION SCHEME IN COGNITIVE RADIO-BASED INTERNET OF THINGS NETWORKS

Salnikov R.O., Meshkov I.K., Galeev Z.Z., Gizatulin A.R.

(Ufa University of Science and Technology)

In this article, a hybrid tabu search-based simulated algorithm is proposed to achieve Pareto optimality between energy efficiency and spectral efficiency.

ПРОБЛЕМА РАСЧЕТА СКВОЗНЫХ СЕТЕВЫХ ЗАДЕРЖЕК С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ СЕТЕВОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

Росляков А.В.¹, Марыков М.В.²

(¹Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, ²ООО «НетКрэкер»)

Свойство сцепки обслуживающих устройств в последовательной цепочке имеет большое значение в сетевом исчислении (Network calculus), поскольку оно позволяет получить границы сквозных задержек в сетевых моделях, которые зависят линейно от количества последовательно включенных узлов сети. При расчете границ задержки для каждого узла в отдельности и дальнейшем их суммировании для получения сквозных характеристик они уже будут иметь квадратичную зависимость от числа обслуживающих устройств.

Рассмотрим последовательную цепочку из n идентичных FIFO-узлов, описываемых моделью «скорость-задержка», с кривыми обслуживания $\beta_i(t) = R[t - T]^+$ для $i \in [1, n]$, где $[.]^+$ означает, что аргумент положительный или равен нулю. Пусть входной сигнал, поступающий на первый узел, обрабатывается формирователем «дырявое ведро» и ограничен кривой поступления $\alpha_0(t) = \rho t + \sigma$. Кривая потока на выходе первого узла $\alpha_1(t) = \rho t + \sigma + \rho T$ является кривой потока, поступающего на вход второго узла и так далее. Для i -го узла кривая потока на выходе будет равна $\alpha_i(t) = \rho t + \sigma + i\rho T$. Граница задержки для первого узла $d_1 \leq T + \sigma / R$. Для второго узла $d_2 \leq T + (\sigma + \rho T) / R$ и, следовательно, для i -го узла $d_i \leq T + (\sigma + (i - 1)\rho T) / R$. Сумма по всем n узлам дает граничную оценку для сквозной задержки

$$d \leq \sum_{i=1}^n d_i \leq nT + n\frac{\sigma}{R} + \frac{n(n-1)}{2}\frac{\rho T}{R}, \quad (1)$$

которая масштабируется пропорционально $O(n^2)$.

Из приведенного выражения видно, что имеется два слагаемых, которые обусловлены бёрстностью потока: первое – $n\sigma / R$ пропорциональна $O(n)$ и отражает суммарное время, необходимое для передачи σ единиц данных каждым из узлов. Второе слагаемое $(n/2)(n-1)\rho T / R$ пропорционально $O(n^2)$ и обусловлено увеличением бёрстности выходного потока каждого последующего узла. Однако полученная граница сквозной задержки является грубой, что видно из

приведенного примера, в котором рассматривается одновременно наихудший случай выходного потока и наихудшая задержка для каждого узла, что является взаимоисключающим.

Напротив, кривая сквозного обслуживания из конца в конец, полученная путем сцепки (конкатенации) n узлов, будет равна $\beta = R[t - nT]^+$ и, следовательно, граница сквозной задержки равна

$$d \leq nT + \frac{\sigma}{R}, \quad (2)$$

которая пропорциональна $O(n)$. Отметим, что слагаемое, которое обусловлено бёрстностью потока σ / R , не зависит от n и от характера увеличения бёрстности. Таким образом, она пропорциональна $O(1)$. Это свойство сквозных кривых обслуживания, полученных с помощью сцепки отдельных кривых обслуживания узлов, известно, как принцип «плати за бёрстность один раз» [1]. Предлагается использовать данный подход, позволяющий реализовать линейное изменение масштаба выходного потока по отношению к входному потоку, для анализа сквозных задержек при предоставлении облачных услуг ХааS, которые включают задержку передачи запроса на услугу в прямом канале связи, задержку обработки данных услуги в облаке и задержку передачи данных обработки в обратном канале. При этом необходимо учитывать масштабирование трафика, т.к. объем передаваемых данных в прямом и обратном каналах связи существенно различается.

1. Росляков А.В., Лысиков А.А. Сетевое исчисление (Network Calculus) и его применение для оценки сетевых характеристик. Самара: ПГУТИ, 2019. 222 с.

THE PROBLEM OF CALCULATION OF END-TO-END NETWORK DELAYS USING NETWORK CALCULATION THEORY

Roslyakov A.V.¹, Marykov M.V.²

(¹*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics,*

²*Netcracker Technology*)

The difference between separate and general approaches in calculating the end-to-end delay in a sequence of network nodes using network calculus methods is shown.

ОПИСАНИЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЗАДЕРЖКИ И ДЛИНЫ ОЧЕРЕДИ КОММУТАТОРА В СЕТИ SDN

Росляков А.В.¹, Марыков М.В.²

(¹Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, ²ООО «НетКрэкер»)

Для исследуемого потока трафика модель сети связи можно представить в виде последовательности обслуживающих узлов, для которых может быть проведен последовательный анализ от узла к узлу с целью получения величин задержек на каждом узле пути. Тогда сквозную (end-to-end) задержку можно получить сложением обособленных задержек каждого узла.

Для получения верхних границ задержки и длины очереди в коммутаторах программно-конфигурируемой сети SDN предлагается использоваться инструмент анализа производительности сетевых моделей, называемый теорией сетевых исчислений Network Calculus. Свойство сцепления в этой теории позволяет существенно упростить оценку сквозных задержек в сети SDN.

Описание композитной облачно-сетевой услуги подразумевает использование так называемых сетевых срезов (слайсов) для каждого вида услуги. Предположим, что сетевой срез (слайс) с кривой поступления $\alpha(t)$ проходит через коммутатор SDN, имеющим кривую обслуживания $\beta(t)$. Число заявок в коммутаторе Q и задержка очереди D среза удовлетворяют следующим неравенствам соответственно:

$$Q \leq \inf_{i \geq 0} \{\alpha(t) - \beta(t)\}; \quad (1)$$

$$D \leq \inf_{i \geq 0} \{d \geq 0 : \alpha(t) \leq \beta(t + d)\}. \quad (2)$$

Предполагается, что заявки обслуживаются в узле по методу FCFS (первый пришел, первым обслужен).

Агрегированные потоки трафика i -го слайса имеют кривую поступления

$$\alpha_i(t) = \sum_{k=1}^{C_i} \alpha_{i,k}(t), \quad \forall_{t,\tau} > 0. \quad (3)$$

Кривая обслуживания $\beta_i(t)$ трафика i -го слайса в узле SDN описывается выражением

$$\beta_i(t) = \beta(t) - \sum_{k=1, k \neq i}^n \alpha_k(t - \theta_k), \quad \forall_t > \theta \geq 0. \quad (4)$$

Верхняя граница длины очереди i -го слайса в узле SDN на интервале $[0, t]$ равна:

$$Q_i(t) = \sup_{t \geq 0} \left(\sum_{k=1}^n (b_{i,k} + r_{i,k}t) - \left(R - \sum_{k=1, k \neq i}^n \sum_{J=1}^{c_J} r_{k,J} \right) \cdot \left(t - T - \frac{\sum_{k=1, k \neq i}^n \sum_{J=1}^{c_J} b_{k,J}}{R} \right) \right) \quad (5)$$

где $b_{i,J}$ – берстность (пачечность) трафика i -го слайса в узле J ;
 $r_{i,J}$ – постоянная скорость поступления трафика i -го слайса в узел J ;
 T – фиксированная задержка обслуживания трафика в узле SDN;
 R – постоянная скорость обслуживания трафика в узле SDN;
 c_J – число конкурирующих слайсов в узле SDN;
 n – число последовательных узлов в слайсе.

Верхняя граница задержки i -го слайса в очереди узла SDN:

$$D_i = T + \frac{\sum_{k=1}^n b_{i,k}}{R - \sum_{k=1, k \neq i}^n \sum_{J=1}^{c_J} r_{k,J}} + \frac{\sum_{k=1, k \neq i}^n \sum_{J=1}^{c_J} b_{i,J}}{R} \quad (6)$$

Полученные аналитические выражения для верхней границы задержки и длины очереди могут быть использованы на практике при планировании сети SDN, либо при реализации онлайн-контроля доступа к виртуальной сети и качества ее работы, а также при предоставлении различных облачных услуг на базе сети SDN.

CALCULATION OF THE UPPER BOUND OF DELAY AND QUEUE LENGTH OF A SDN COMMUTATOR

Roslyakov A.V.¹, Marykov M.V.²

*(¹Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics,
²Netcracker Technology)*

The obtained via Network Calculus mathematical formulas for the upper bound of delay and queue length will be useful for evaluating and planning an SDN network or online access control to a virtual network.

**ФОРМИРОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПЕРЕМЕЖИТЕЛЕЙ В РАДИОКАНАЛЕ С ПАМЯТЬЮ***Диязитдинов Р.Р., Болдырев Н.А.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Развитие систем радиосвязи происходит быстрыми темпами. Предоставление доступа к таким услугам, как мобильная связь и выход в сеть интернет, открыли широкие возможности для обычных пользователей и для бизнеса. С технической точки зрения организация радиоканала становится сложной системой, которая только приблизительно описывается некоторой структурной схемой, включающей в себя набор блоков. Одной из основных особенностей современных способов организации радиоканалов является адаптивность к условиям передачи, а также учет требований к передаваемому трафику.

Например, если мощность помех в передаваемой полосе пропускания увеличивается, то система передачи может переключиться на такой вид модуляции, который обеспечивает меньшую скорость передачи, но обладающего большей помехозащищенностью. Другой пример, если передается трафик голосовых сообщений или видеопоток, то допустимо использование менее помехозащищенных схем передачи, обеспечивающих минимальные задержки, а если передаются данные, то вероятность ошибок должна быть минимальной, при этом время передачи является не столь критичным параметром. Адаптация к условиям передачи проводится за счет изменения параметров системы (способов модуляции, использования различных видов помехоустойчивого кодирования и т.д.).

Одним из блоков обработки, используемых в системах передачи, является перемежитель. Его основное назначение заключается в декорреляции ошибок, происходящих из-за замираний в радиоканалах, которые формируют длинные «пачки» ошибок. За счет декорреляции «пачка» ошибок распределяется равномерно между несколькими кодовыми словами, что позволяет восстановить информацию. Недостатком перемежителя является увеличение времени задержки, так как пока не будут получены все данные, принадлежащие всем кодовым комбинациям, участвовавшим в перемежении, нельзя провести их обработку.

Работа перемежителя тесно связана с помехоустойчивым кодом. И проводимые исследования [1] показывают, что в каналах с низким отношением сигнал-шум рекомендуется использование блочного турбокода с $R < 1/2$, а при более высоком отношении сигнал/шум –

кодирование LDPC. Отсутствие однозначности в данном вопросе требует проведения исследований и формирования рекомендаций для выбора типа перемежителя, а также его параметров для радиолокаторов с памятью в зависимости от используемого помехоустойчивого кода и отношения сигнал/шум. Основными направлениями исследований является выбор перемежителя глубины перемежения, и помехоустойчивого кода, который обеспечит наилучшую помехоустойчивость и минимальную задержку.

1. Johnson S.J. Iterative Error Correction: Turbo, Low-Density Parity-Check and Repeat Accumulate Codes // Cambridge University Press. New York, 2010. 335 p.

FORMATION OF RECOMMENDATIONS FOR THE USE OF INTERLEAVERS IN A RADIO CHANNEL WITH MEMORY

Diyazitdinov R.R., Boldyrev N.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The study is devoted to the issue of forming recommendations for the use of interleavers in a radio channel with memory. An optimization problem is solved, which is determined by the depth of the interleaving and the type of noise-resistant code, in order to ensure the best noise immunity and minimum delay for making a decision on the transmitted characters.

**ВНЕДРЕНИЕ ПОДХОДА КОМПЛЕКСНОЙ
КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОМПАНИИ***Диязитдинов Р.Р., Болдырев Н.А.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

В рамках магистерской диссертации рассмотрен пример устранения последствий хакерской атаки на международную финансовую компанию. Компания представляет из себя биржу по торговле ценными бумагами в Юго-Восточной Азии. Конкретное название, количественные показатели, финансовые показатели, конкретные марки технических решений в магистерской не приведены, в связи соглашением о неразглашении.

В данной работе рассмотрены все этапы атаки, в соответствии методологии MITRE ATT&CK [1]. В рамках работы будут проведены результаты расследования атаки, разработан план внедрения решений по устранению выявленных нарушений безопасности, представлено обоснование выбранных решений, разработан поэтапный график решение по защите.

В работе рассмотрено последствие устранения атаки, работа и устранения последствий атаки, проводилось в соответствии рекомендации базы знаний [1] и рекомендации OWASP [2]. В ходе работы было проведено выявление идентификация злоумышленника, злоумышленником предположительно оказалась международная хакерская группировка, предпосылками для компрометации компании послужил низкий уровень кибергигиены и киберграмотности персонала, а также недостаточный уровень внимания к вопросам безопасности информации, данный тезис справедлив, как для конкретной компании, так и для региона средней Юго-восточной Азии в целом. На данный момент в Юго-Восточной Азии активировались хакерские группировки, поддерживаемые с правительствами крупных стран (Китай, КНДР и т.д.).

Для проведения расследования были использованы современные методы киберразведки. Современный цифровой мир требует современных подходов цифровой безопасности. Поэтому используется специализированные средства поиска и профилирования данных. В основе них лежат технологии сбора информации (ОСИНТ). В рамках работы использованы решения по оценке поверхности атаки и киберразведки.

В работе был проведен анализ по уровню защищенности компании построена модель угроз на основании полученных данных, были предложены компенсирующие методы и средства защиты информации, разработана модель комплексной кибербезопасности компании.

В заключительной части дипломной работы представлен план реализации предложенных методик.

1. ATT&CK Matrix for Enterprise [Электронный ресурс] / URL: <https://attack.mitre.org/> (дата обращения: 06.09.2024).

2. Explore the world of cyber security [Электронный ресурс] / URL: <https://owasp.org/> (дата обращения: 06.09.2024).

IMPLEMENTING AN INTEGRATED CYBER SECURITY APPROACH FOR AN INTERNATIONAL COMPANY

Diyazitdinov R.R., Boldyrev N.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The master's thesis took into account the main prerequisites for changes in the landscape and number of cyberattacks. The investigation of crimes within the framework of the master's thesis was carried out in accordance with the recommendations. Based on the identified shortcomings, a threat model was developed, and based on the threat model, a list of compensatory measures and technical means of information protection was developed.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОМПЛЕКСНОЙ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Диязитдинов Р.Р., Болдырев Н.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В современном мире уже давно существует такая проблема, что преступления перешли в цифровой мир и жертвой киберпреступника, может стать кто угодно, даже большие корпорации. В настоящее время, вопрос о кибербезопасности является актуальным, ведь люди научились воевать не только танками, бомбами и оружием, но и вести настоящую информационную борьбу. По данным Организация Объединенных Наций (ООН) в мире совершается 2,2 тысячи кибератак ежедневно. [1]. Стоимость кибератаки варьируется от 100\$ за единоразовую атаку до 250.000\$. Стоимость варьируется от сложности реализации и вида атакуемой цели. Ежегодный прирост киберпреступлений в среднем 24%.

Существует три основных методики защиты компании от кибератак [2]:

1. SASE (Secure Access Service Edge) – безопасное подключение пользователей к приложениям и данным независимо от их местоположения, повышая эффективность и безопасность корпоративных сетей.

2. ZTNA (Zero Trust Network Access) – это модель сетевой безопасности, которая предоставляет доступ к приложениям и данным только после строгой аутентификации пользователя, независимо от его местоположения. Основным принципом ZTNA – «никому не доверять по умолчанию», проверяя каждое подключение и предоставляя доступ на минимально необходимом уровне. Это повышает безопасность, особенно при удаленной работе.

3. DID (defense in depth) – это стратегия глубокой эшелонированной защиты информации или данных. В рамках применения данного метода, учитывается все аспекты защиты информации. При использовании данного подхода учитываются организационные методы защиты информации, технические (например, СКУД) и программные.

Лавинообразный рост количества кибератак, изменения поведенческих и технических действий злоумышленников, обуславливают невозможность решения вопросов информационной безопасности силами одного производителя. В современных реалиях для повышения киберустойчивости компании используется метод выстраивается комплексной кибербезопасности компании. Для выстраивания комплексной киберзащиты компании используется методика определения

ландшафта угроз (аналогично построению модели угроз). В данном подходе нарушители разделяются на внутренние и внешние. В рамках данной модели используются следующие средства защиты:

1. NGFW (Next-Generation Firewall) – межсетевой экран нового поколения.

2. Песочницы – среда безопасного тестирования.

3. Защита АСУ ТП (Автоматизированная система управления технологическим процессом) – защита систем управления технологическим процессом.

4. Защита конечных точек.

Таким образом вероятность успешных действий киберпреступника стремиться к нулю.

Хакеры – как раз и являются теми самыми киберпреступниками, преследующие собственные интересы. Основной целью хакеров является нанесения ущерба тем или иным способом жертве, это может быть финансовой атакой, репутационной или для вывода инфраструктуры из строя.

1. Сноб [Электронный ресурс] / URL: <https://snob.ru> (дата обращения: 07.09.2024).

2. Комплексная кибербезопасность компании. Курс «Информационная безопасность. Professional [Электронный ресурс] / URL: https://www.youtube.com/watch?si=OXwbd1lI6g4Vs1L9&v=pzGJOBIC_IQ&feature=youtu.be (дата обращения: 07.09.2024).

3. ATT&CK Matrix for Enterprise [Электронный ресурс] / URL: <https://attack.mitre.org/> (дата обращения: 06.09.2024).

4. Explore the World of Cyber Security [Электронный ресурс] / URL: <https://owasp.org/> (дата обращения: 06.09.2024).

USING A COMPREHENSIVE CYBER SECURITY METHOD

Diyazitdinov R.R., Boldyrev N.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The master's thesis took into account the main prerequisites for changes in the landscape and number of cyberattacks. The investigation of crimes within the framework of the master's thesis was carried out in accordance with the recommendations. Based on the identified shortcomings, a threat model was developed, and based on the threat model, a list of compensatory measures and technical means of information protection was developed.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ДЕКОДИРОВАНИЯ «ПРИЕМА В ЦЕЛОМ» С ПОЭЛЕМЕНТНЫМ ПРИНЯТИЕМ РЕШЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ MIMO 2X2

Диязитдинов Р.Р., Сизиков И.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Передача данных по радиоканалам сопряжена с некоторыми специфическими проблемами, одной из которых является рассеяние энергии в открытом пространстве и формировании переотражений. В следствие этого процесса происходит эффект многолучевого распространения интерференции, или, что одно и то же – к эффекту «памяти» в радиоканалах.

Искажения сигнала подобного рода могут серьезно уменьшить пропускную способность. Поэтому на протяжении длительного времени разрабатывались алгоритмы декодирования подобных сигналов и различные аппаратные устройства, направленные на увеличения пропускной способности и качества передачи.

Одной из технологий, получивших широкую популярность, является MIMO (Multiple Input Multiple Output) – многоантенная система в точке приема и передачи позволяет реализовать «параллельные» каналы связи, что увеличивает в разы скорость передачи.

Использование MIMO не исключает эффекта многолучевого распространения. Более того вычислительная сложность возрастает пропорционально количеству антенн.

Если систему SISO (Single Input Single Output, одна антенна на передаче и одна антенна на приеме) выбирать в качестве эталона, описывающего вычислительную нагрузку, то система MIMO с конфигурацией 2x2 будет создавать вычислительную нагрузку в 4 раза больше, чем SISO (без учета взаимовлияний между антеннами).

В связи с этим актуальной задачей становится исследование и выбор алгоритмов декодирования, обладающих высокой производительностью, но при этом мало отличающихся по помехозащищенности от оптимальных алгоритмов.

В качестве оптимального алгоритма рассматривается алгоритм Витерби, а в качестве альтернативных вариантов – алгоритм приема в целом с поэлементным принятием решения и алгоритм с эквалайзером.

В работе планируется провести эксперименты (математическое моделирование) для различных каналов с памятью с целью выявления особенностей и определению «производительности».

**INVESTIGATION OF THE DECODING ALGORITHM OF
«RECEPTION IN GENERAL» WITH PIECEMEAL DECISION-
MAKING USING MIMO 2X2**

Diyazitdinov R.R., Sizikov I.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The research is devoted to the development of an algorithm for decoding «reception in general» with decision-making using MIMO 2x2. The relevance of the topic is associated with a decrease in the computational processing, which increases with the increase in the number of antenna elements.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОФИЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

Диязитдинов Р.Р., Чурсинов Д.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

При проведении измерений геометрических размеров объектов в промышленной сфере и на транспорте широко используются профильные датчики.

Их применение обусловлено рядом факторов:

- бесконтактный способ измерения;
- высокая скорость измерения (с частотами 1000 Гц и выше в зависимости от вида датчика);
- относительная простота способа измерения, которая гарантирует высокую надежность (в датчиках производится поиск максимума яркости вдоль строки/столбца изображения, после чего происходит преобразование пиксельного «расстояния» в метрическое значение).

Среди недостатков профильных датчиков следует выделить только один – надежность измерений уступает контактными датчикам в ряде случаев, что связано с условиями эксплуатации. Туман, дождь, снег, солнечная засветка могут приводить к существенному искажению информации или полной ее потере.

Несмотря на этот серьезный недостаток профильные датчики активно внедряются, а для компенсации указанного недостатка многими специалистами используется следующий способ «извлечения информации» из искаженных измерений: если в измерениях обнаруживают аномальные показания, то просматривают исходные данные – изображения, снимаемые профильным датчиком. На основании экспертной оценки принимают соответствующее решение, являются ли искажения следствием внешних помех, или наблюдаемые показания соответствуют действительности.

Однако такой режим записи поддерживают только некоторые модели профильных датчиков. Из-за высокой скорости съемки по каналам информации передается только профиль, а не изображение.

Изображение занимает значительный объем данных, поэтому их нельзя передать по информационным каналам без предварительного сжатия.

В работе исследуются несколько алгоритмов сжатия:

- сжатие JPEG (MJPEG);
- сжатие разностных кадров;
- отсечка по порогу с последующим сжатием.

Экспериментальной проверке перечисленных алгоритмов сжатия посвящена данная работа.

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF DATA COMPRESSION ALGORITHMS FOR PROFILE SENSORS

Diyazitdinov R.R., Chursinov D.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The work is devoted to comparing video data compression algorithms that are recorded by profile sensors. The relevance of the work lies in the development of an algorithm focused on compressing the data stream at a rate of 1000 frames/s and higher, and providing more efficient compression than frame-by-frame compression.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОГНИТИВНОГО РАДИО В СЕТЯХ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

*Султанов А.Х., Мешков И.К., Хахимов О.М.
(Уфимский университет науки и технологий)*

Сети пятого поколения (5G) открывают новые возможности для развития цифровой экономики, Интернета вещей (IoT) и приложений, требующих высокой скорости передачи данных, минимальных задержек и высокой надежности соединений. Одним из основных вызовов, с которым сталкиваются операторы связи при развертывании 5G, является дефицит радиочастотного спектра. Увеличение количества устройств, потребляющих большой объем данных, требует оптимального использования ограниченных частотных ресурсов. Традиционные методы распределения спектра, такие как фиксированное лицензирование частот, не позволяют справиться с растущими требованиями сетей, что делает актуальным внедрение инновационных решений. Одной из таких технологий является когнитивное радио (КР), которое способно повысить эффективность использования спектра, обеспечивая динамическое распределение частот в зависимости от их текущей доступности и загрузки.

Когнитивное радио представляет собой технологию, которая позволяет устройствам беспроводной связи «чувствовать» свое радиочастотное окружение и адаптироваться к изменениям в реальном времени, автоматически находя свободные частоты для передачи данных. Эта технология основана на трех ключевых функциях: спектральное сенсирование, принятие решений и повторная настройка. Спектральное сенсирование позволяет устройству определять, какие частоты заняты, а какие свободны, чтобы избежать интерференции с лицензированными пользователями спектра. Принятие решений осуществляется с помощью интеллектуальных алгоритмов, которые определяют, когда и на каких частотах может вестись передача данных. Повторная настройка позволяет устройству быстро переключаться на другие частоты при изменении состояния радиочастотной среды [1].

В условиях плотных городских застроек и промышленных зон когнитивное радио может стать ключевым элементом инфраструктуры сетей 5G. Технология КР позволяет не только улучшить качество связи для конечных пользователей, но и повысить эффективность управления частотными ресурсами для операторов связи. Например, когнитивное радио может быть использовано для оптимизации передачи данных в интеллектуальных транспортных системах, где миллионы подключенных

транспортных средств требуют непрерывного обмена данными с минимальными задержками. В таких системах когнитивное радио может автоматически находить свободные частоты для обеспечения стабильной связи и высокой скорости передачи данных, даже в условиях перегруженных сетей.

1. Ghasemi A., Sousa E.S. Fundamentals of Spectrum Sensing in Cognitive Radio Networks // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2008. Vol. 26, no. 1. P. 5–12.

PROSPECTS FOR USING COGNITIVE RADIO IN FIFTH GENERATION WIRELESS COMMUNICATION NETWORKS

*Sultanov A.Kh., Meshkov I.K., Khakimov O.M.
(Ufa University of Science and Technology)*

The article discusses the prospects for using cognitive radio technologies in fifth-generation wireless networks.

DECT КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ДЛЯ НУЖД ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Виноградов Н.И., Уразова О.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) – это цифровой стандарт беспроводной связи, разработанный для передачи голоса, данных и мультимедийных сообщений. Этот стандарт работает в диапазоне 1,9 ГГц. В работе предлагается использование указанного стандарта в качестве канала передачи данных между устройствами Интернета вещей.

Для того, чтобы максимально упростить конструкцию и сократить время на разработку изменения в технологию DECT не вносились. Она принята в качестве неизменной основы, однако для проведения экспериментов базовую станцию и абонентские устройства собраны на базе компьютерных платформ с операционной системой Linux. Это единственное требование к аппаратной платформе.

Реализованные в работе нововведения формулируются в виде двух пунктов:

1. Инкапсуляция управляющих пакетов IoT (MQTT) в VoIP в управляющем облаке и извлечение их обратно на абонентском устройстве.

2. Для маршрутизации используется протокол SIP, то есть вносится дополнительный уровень в стек протоколов. Участок от управляющего облака до базовой станции DECT называем магистральным. На этом участке все сетевые устройства осуществляют передачу данных согласно стеку протоколов TCP/IP, каждое из устройств имеет IP адрес.

Предложенная схема связи (Рис. 1) имеет существенную особенность, связанную с инкапсуляцией, использованием SIP пакетов и беспроводного участка DECT в качестве последней мили. Поэтому необходимо использовать SIP коммутатор для доставки пакетов между шлюзами MQTT-SIP (block 2 и block 4 на Рис. 1). В предложенном решении использована конкретная программная реализация SIP в виде свободно распространяемого решения Asterisk с открытым исходным кодом. Следует отметить, что абонентское устройство в предложенной схеме связи поддерживает сразу две телекоммуникационные технологии.

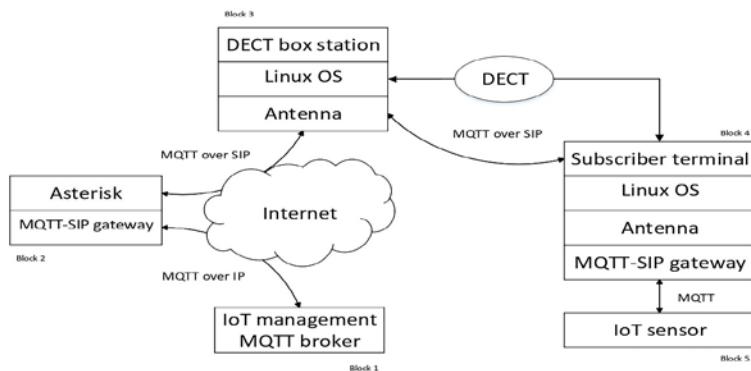


Рис. 1. Схема связи с инкапсуляцией пакетов

Это цифровая телефония и беспроводная последняя миля для Интернета вещей. Такой функционал делает востребованной данную разработку во многих областях, в том числе и в структурах силового блока для оперативной связи и передачи данных. Исходная схема связи на рис. 2 может быть в дальнейшем упрощена, так как отдельные блоки могут объединяться в один.

В данной статье обосновывается возможность использования стандарта DECT в качестве универсального стандарта для локальных нужд. Формулировка требований к такому стандарту показала, что DECT почти идеально удовлетворяет всем условиям. Прежде всего, принято во внимание дальное действие, незаполненный спектр частот и возможности энергосбережения.

Данная работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда №24-29-0041.

DECT AS A UNIVERSAL STANDARD FOR THE NEEDS OF THE INTERNET OF THINGS

Vinogradov N.I., Urazova O.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This article will focus on the possibility of using the DECT standard, and as a universal standard for the Internet of Things, digital telephony and video transmission, etc. The paper presents the basic requirements for a wireless network for the local needs of both ordinary consumers and the tactical level.

СПОСОБ СИНХРОНИЗАЦИИ TSN-НЕСОВМЕСТИМЫХ УСТРОЙСТВ В ИНФРАСТРУКТУРЕ TSN

Виноградов Н.И., Иванова Е.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Сети TSN (Time Sensitive Networking) в настоящее время получают все большее распространение в рамках парадигмы Индустрия 4.0. Перед системными интеграторами стоит задача объединения ранее разрозненных и несовместимых между собой стандартов (ProfiNET, EtherCat и другие) передачи данных в рамках одного производственного процесса со строгой временной синхронизацией в единую сеть с использованием группы стандартов семейства IEEE 802.1. Решение поставленной задачи осложняется двумя факторами, ограничивающими или исключающими возможность интеграции существующих оконечных сетевых устройств в единую сеть TSN. Первый фактор – это требования аппаратной и программной поддержки стандарта временной синхронизации gPTP с возможностью передачи временных меток между оконечными устройствами и сетевыми маршрутизаторами для нужд формирования актуального сетевого расписания. Второй фактор – необходимость глубокой модернизации программного обеспечения устройств для реализации поддержки необходимых профилей стандартов сетей TSN. Отсутствие исходных кодов, ограничения лицензирования на использование устройств коммерческих реализаций промышленных сетей Ethernet, повышенная нагрузка на аппаратное обеспечение во многих случаях делает поставленную задачу неразрешимой без замены критически важных узлов сетевой инфраструктуры.

В данной работе предлагается один из возможных способов синхронизации TSN-несовместимых устройств в инфраструктуре TSN. В проведенном эксперименте в качестве таких устройств выступали измерительные программно-аппаратные комплексы NetTestBox на основе одноплатных компьютеров Raspberry PI 3 model B. Синхронизация системного времени этих комплексов осуществляется с использованием протокола NTP. Эти комплексы были дополнены клиент-серверным ПО, реализующим протокол сетевой конфигурации NETCONF, а также прикладной программой по измерению величины дрефта длительности интервала (окна) передачи данных между устройствами. Длительность интервала передачи Time Triggered (TT) трафика в сети TSN строго детерминирована и не зависит от дрефта системного времени, поэтому прикладная программа после измерения величины дрефта системных

часов оконечных устройств рассчитывает обновленную величину длительности окна передачи данных только для Best Effort (BE) трафика, передаваемого любым TSN-несовместимым устройством, по следующей формуле:

$$T'_i = T_i + D \times T_i + D \times (T_{istart} - T_{(i-1)end}),$$

где T'_i и T_i – обновленная и исходная величины длительности интервалов передачи данных, D – коэффициент величины дрефта системного времени оконечных устройств с учетом знака, а также произведение коэффициента D и величины кумулятивной вариации интервала времени в предыдущем цикле измерений.

Данный подход позволяет динамически изменять величину интервала передачи BE трафика и с помощью протокола NETCONF оперативно отправлять всем устройствам в сети. Встроенное программное обеспечение комплекса NetTestBox позволяет оценить величину сетевого джиттера и оценить доступную полосу пропускания, выделенную TSN маршрутизатором с учетом вносимых изменений в сетевое расписание.

Результаты выполненных экспериментов показали, что использование предложенного метода динамического изменения сетевого расписания позволяет эффективно компенсировать дрефт системного времени сетевых устройств ценой незначительного увеличения сетевого джиттера, некритичного для AVB и BE трафика. При этом практически полностью исключаются потери пакетов и неиспользуемые интервалы передачи данных, вызванные дрефтом сетевого времени, а значит, максимизируется эффективная полоса пропускания сетевого канала, выделенная для низкоприоритетного трафика.

METHOD FOR SYNCHRONIZING LEGACY DEVICES IN A TSN INFRASTRUCTURE

Vinogradov N.I., Ivanova E.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This article is dedicated to the method of synchronizing legacy devices in the TSN infrastructure. This approach allows dynamically measuring clock drift and changing the value of time transmission window for BE traffic and promptly sending it to all devices in the network using the NETCONF protocol.

**МЕТОДЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ
УСТРОЙСТВ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФОТОНИКИ***Шайгарданова А.Р., Воронков Г.С.**(Уфимский университет науки и технологий)*

Обработка сигналов с использованием оптических устройств является перспективным и интересным направлением исследований. Оптические сопроцессоры уже используются при решении некоторых математических задач. В приложениях обработки сигналов требуется возможность реализации арифметических операций, таких как сложение и дифференцирование. Задачей нашей работы является демонстрация возможности создания устройства дифференцирования с использованием технологий интегральной фотоники. Такое устройство может выполнять дифференцирование сложной огибающей входного оптического сигнала во временной области в режиме реального времени.

Одним из часто встречающихся в литературе решений являются устройства дифференцирования, основанные на волоконных брэгговских решетках. Они характеризуются простотой конструкции, низкой стоимостью, малыми потерями при передаче, независимостью от поляризации и при этом полностью совместимы с волоконно-оптическими системами. Эти характеристики имеют решающее значение для сверхбыстрой полностью оптической обработки сигналов, что делает волоконные брэгговские решетки востребованным выбором для такого типа применений. Рассматриваются чаще всего два метода дифференцирования.

Первый метод основан на брэгговской решетке с фазовым сдвигом (ФС-ВБР).

Устройство дифференцирования можно рассматривать как линейную, не зависящую от времени систему с частотной характеристикой, задаваемой следующим выражением:

$$H(\omega) = j(\omega - \omega_0) = \begin{cases} |\omega - \omega_0| e^{j\frac{\pi}{2}}, & \omega > \omega_0 \\ |\omega - \omega_0| e^{-j\frac{\pi}{2}}, & \omega < \omega_0. \end{cases} \quad (1)$$

Видно, что прохождение сигнала через такое звено описывается умножением на $j\omega$ в операторной форме, что эквивалентно операции дифференцирования.

Второй метод заключается в использовании для дифференцирования произвольного порядка волоконных брэгговских решеток с фазовой модуляцией (РМ-FBG).

Поскольку ВБР является фильтром с минимальной фазой для проходящего сигнала, амплитудная и фазовая характеристики связаны посредством логарифмического преобразования Гилберта:

$$\begin{aligned} \arg(H_T(\omega)) &= HT \{ \ln |H(\omega)| \}, \\ \ln |H(\omega)| &= C_0 + HT^{-1} \{ \arg(H_T(\omega)) \}. \end{aligned} \quad (2)$$

Оба метода дифференцирования описаны в литературе, при этом не усматривается технологических ограничений на создание волноводных решеток со сходными свойствами на фотонных интегральных схемах. Таким образом, можно сформулировать задачу исследования следующим образом: разработка методов синтеза волноводных брэгговских решеток с дифференцирующими свойствами для платформ интегральной фотоники с целью применения в устройствах оптической обработки сигналов. Рассматриваются чаще всего два метода дифференцирования.

Исследование выполнено в рамках работ по государственному заданию Минобрнауки России для УУНиТ (соглашение № 075-03-2024-123/1 от 15.02.2024 г.) в молодежной научно-исследовательской лаборатории Евразийского НОЦ «Сенсорные системы на основе устройств интегральной фотоники».

1. Zhang W., Yao J. A Fully Reconfigurable Waveguide Bragg Grating for Programmable Photonic Signal Processing // Nature Communications. 2018. Vol. 9, no. 1. DOI:10.1038/s41467-018-03738-3

2. Zhang W., Li W., Yao J. Optical Differentiator Based on an Integrated Sidewall Phase-Shifted Bragg Grating // IEEE Photonics Technology Letters. 2014. Vol. 26, no. 23. P. 2383–2386.

3. Liu X., Shu X. Design of Arbitrary-Order Photonic Temporal Differentiators Based on Phase-Modulated Fiber Bragg Gratings in Transmission // Journal of Lightwave Technology. 2017. Vol. 35, no. 14. P. 2926–2932.

SIGNAL DIFFERENTIATION METHODS BASED ON INTEGRATED PHOTONICS DEVICES

*Shaygardanova A.R., Voronkov G.S.
(Ufa University of Science and Technology)*

Light is a promising medium for performing various calculations, as the photon has several outstanding advantages, such as high transmission speed, low latency, high frequency, and large bandwidth. These features, combined with resistance to electromagnetic interference, make light an ideal medium for optical processing. To fully develop optical processing circuits, we require basic elements such as photonic differentiators.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ*Галочкин В.А., Филимонова Л.Н.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

На сегодняшний день в нанoeлектронике ведется активный поиск нового материала, способного заменить кремний, так как он исчерпал все свои способности (выполнение быстрых расчетов, миниатюризация различных структур и пр.)

В [1, 2] сообщается о первом в мире полупроводнике, созданным из графена при помощи специальной технологии получения эпитаксиального графена (эпиграфена) – слоя графена, самопроизвольно образующегося поверх кристалла карбида кремния.

При соответствующих условиях эпитаксиальный графен химически связывался с карбидом кремния и начинал проявлять полу проводниковые свойства. Было установлено, что в рассматриваемом полупроводнике ток течет почти без сопротивления по краю эпиграфена, что в свою очередь, дает возможность соединять созданные с его помощью устройства без применения металлических проводов. Заряды перемещались вдоль края на десятки тысяч нанометров без рассеивания. При этом предыдущие технологии рассеивали заряд из-за несовершенства структуры примерно через 10 нанометров.

Известно, что устройства на основе графена могут быть значительно миниатюрнее, чем на основе кремния. Это позволит создавать устройства гораздо меньшего размера, работающие на более высоких скоростях и производящие гораздо меньше тепла. И означает, что на одном графеновом чипе (Рис. 1) можно разместить гораздо больше устройств, чем на кремнии.

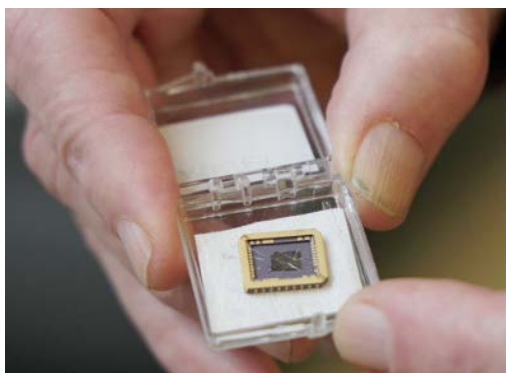


Рис. 1. Созданный чип из кристаллов карбида кремния

Цель данного доклада – познакомить студентов и преподавателей с новыми материалами и перспективными возможностями их применения.

1. Учёные создали первый в мире функциональный полупроводник из графена. Для него была создана технология получения эпитаксиального графена [Электронный ресурс] / URL: <https://www.ixbt.com/news/2024/01/06/uchjonye-sozdali-pervyj-v-mire-funkcionalnyj-poluprovodnik-iz-grafena-dlja-nego-byla-sozdana-tehnologija-poluchenija.html> (дата обращения: 19.09.2024).

2. Мы в одном шаге от электроники на основе эпитаксиального графена [Электронный ресурс] / URL: https://dzen.ru/a/Y6m1YZ8XhCc-im_V (дата обращения: 19.09.2024).

NEW ELECTRONICS MATERIALS

Galochkin V.A., Filimonova L.N.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The paper considers a new semiconductor based on graphene. Thanks to its properties it was possible to create unique chips from silicon carbide crystals, which, in turn, opens up great prospects for the creation of devices of much smaller size, but at the same time, capable of operating at even higher speeds at low heat dissipation (compared to devices created from silicon).

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЕЙ LPWAN НА ПЛАТФОРМЕ NS3

Дараев Д.М.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Маломощные сети с низким энергопотреблением и дальним радиусом действия Low Power Wide Area Network (LPWAN) есть оптимальное решение для передачи телеметрии на расстояния до 15 км. Это актуально для данных Интернета вещей (Internet of Things, IoT), где устройства передают полезную нагрузку от датчиков с минимальным уровнем энергопотребления. Для исследования сети LoRaWAN как представителя LPWAN было предложено несколько инструментов моделирования. Наиболее известным симулятором LoRaWAN является LoRaSim, построенный на Python. Он имеет открытый исходный код и позволяет получить большое представление о производительности LoRaWAN. Однако LoRaSim не реализует подтверждения доставки сообщения. LoRaSim не может быть использован для изучения производительности сети, где узлы меняют свой коэффициент распространения на основе обратной связи или отсутствия обратной связи от шлюза. Аналогично была предложена реализация Omnet++. В ней реализована схема адаптивной скорости передачи данных (ADR), в которой узлы могут обновлять свой коэффициент распространения SF и мощность во время сеансов передачи. Для симулятора NS3 используются два модуля, где один включает имитацию команд MAC. Другое решение на NS3 поддерживает несколько шлюзов и не включают команды MAC. В этой реализации транспортная сеть не подключается не к IP-уровню. Требуется разработать схему моделирования с учетом степени доверенности канала связи от оконечного устройства до шлюза.

SIMULATION MODELING OF LPWAN NETWORKS ON THE NS3 PLATFORM

Daraev D.M.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The existing concept of optimizing sensor network performance with an ever-increasing number of devices requires energy-efficient LPWAN telemetry transmission networks. Simulation methods on Omnet++ and NS3 platform can be used to investigate features of LPWAN networks.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ НА ПЕРИФЕРИЙНЫХ ШЛЮЗАХ СЕТЕЙ СБОРА ТЕЛЕМЕТРИИ

Бильданов С.З., Гребешков А.Ю., Попов А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В инфокоммуникациях выделяют системы периферийных вычислений, которые представляют собой способ и требуемые информационные технологии распределенных вычислений, проводимых на границе сети. Под границей (периферией) сети здесь рассматривается условное разделение между соответствующими цифровыми/виртуальными и физическими сущностями. Здесь в качестве границы рассматривается периферийный шлюз, поскольку он поддерживает отображение физических сущностей (датчиков) на виртуальные (программные объекты).

Необходимость применения периферийных вычислений в машинном обучении возникает в случае контроля и предиктивного управления сложным техническим устройством на основе данных сенсоров и интернета вещей. Здесь существует существенный объем актуальных данных, формируемых на границах сети и которые в полном объеме нецелесообразно передавать для обработки на сервер приложений, поскольку сложность модели такова, что достаточно, к примеру, указать что ситуация в контуре контроля штатная или нештатная. В качестве примера можно предложить схему вычислений на периферийном шлюзе в энергоэффективных сетях сбора телеметрии LPWAN (Рис. 1).

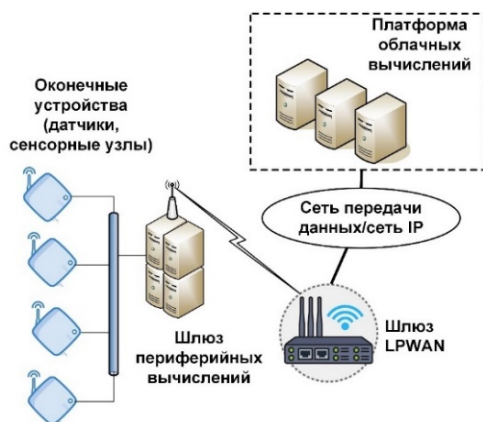


Рис. 1. Схема сети LPWAN для периферийных вычислений

Периферийные вычисления способны повысить безопасность данных, поскольку не требуется передавать данных на платформу облачных вычислений, а также периферийные вычисления обеспечивают ограничения доступа к данным конкретным контуром безопасности.

В качестве пример рассмотрен прототип шлюза с использованием микрокомпьютера Raspberry Pi4 для предсказания явных отказов объекта. Обучающие данные есть 220 000 строк поминутных сенсорных данных, из которых 80% относятся к тренировочной последовательности [1]. В качестве модели используется сеть долгой краткосрочной памяти LSTM и оптимизатор «Adam» в составе TensorFlow. Для оценки точности используется среднеквадратическая ошибка, описывающая расхождение между значениями тренировочной и тестовой последовательности. В рамках модели сенсорные данные были очищены, т. е. из массива обучающих данных были удалены нераспознанные либо аномальные данные. Процесс был разбит на эпохи, где эпоха представляет собой совокупность данных, передающийся через нейронную сеть один раз. В модели используется до 150 эпох, а результат оценки расхождения между тренировочной и тестовой последовательностью позволил получить среднеквадратическую ошибку $RMSE=0,024$ за 44 минуты обучения, что на временном интервале до 5 месяцев можно считать приемлемым.

1. Бильданов С.З., Гребешков А.Ю., Попов А.А. Исследование производительности вычислительных платформ для машинного обучения // Актуальные проблемы информатики, радиотехники и связи: материалы XXXI Российской научно-технической конференции. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2024. С. 40–41.

MACHINE LEARNING ON PERIPHERAL GATEWAYS OF TELEMETRY COLLECTION NETWORKS

Bildanov S.Z., Grebeshkov A.Yu., Popov A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Needs for the application of edge computing and machine learning is in the case of monitoring and predictive control of a complex technical device based on sensor data and the Internet of Things. If there is a significant amount of relevant data generated at the edge of the network, which in its entirety is impractical to transfer for processing to the application server, the peripheral or edge machine learning take place.

ИНТЕГРАЦИЯ СЕТЕЙ 5G И БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ДОСТУПА*Гребешков А.Ю.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Интеграция беспроводных сетей доступа с сетями 5G является актуальной и может осуществляться через резидентный шлюз 5G-RG (5G Residential Gateway), который вместе с функцией W-AGF описан в спецификации ETSI TS 123 316. Шлюз 5G-RG как средство связи устанавливается на территории пользователя, подключаясь к абонентскому оборудованию UE, в том числе к смартфонам, планшетам, IoT-устройствам по беспроводным сетям, включая WiFi и сети передачи телеметрии LoRa [1]. Шлюз 5G-RG позволяет пользователям получать доступ к высокоскоростному соединению по проводному доступу либо как устройство фиксированного радиодоступа FWA. В случае полноценной поддержки NG-RAN или 4G/LTE со стороны UE, использование W-AGF не требуется. Однако, если применяется проводное соединение от шлюза 5G-RG к сетям 5G, то наличие W-AGF необходимо.

Согласно технической спецификации ETSI TS 123 316, функциональность W-AGF в случае проводной сети доступа к сети 5G включает в себя поддержку интерфейса N2 для плоскости управления между функцией сервера управления доступом и мобильностью AMF и базовой станции нового поколения gNB (Next Generation NodeB). Требуется наличие интерфейса N3 для плоскости пользователя между функции плоскости пользователя UPF и gNB. С учетом этого шлюз с функциональностью W-AGF способен обрабатывать сигнальные сообщения N2 от SMF (ретранслируемые AMF на W-AGF), связанные с сеансами передачи протокольных блоков данных и поддержки QoS, а также осуществляет ретрансляцию восходящих и нисходящих пакетов пользовательской плоскости между 5G-RG и UPF. Для этого шлюз W-AGF дополнительно осуществляет маркировку пакетов N3, с учетом требований QoS, связанных с такой маркировкой, полученной по интерфейсу N2. Шлюз W-AGF способен поддерживать обнаружение и выбор AMF, а также осуществляет прекращение работы протокола доступа по проводной линии, если вместе с W-AGF используется резидентный шлюз проводного доступа FN-RG (Fixed Network Residential Gateway). При соединении с FN-RG шлюз W-AGF поддерживает окончечную точку стыка (интерфейс) N1 для обмена по сигнализации NAS. Связка шлюзов FN-RG и шлюза W-AGF может применяться для подключения к сетям 5G промышленных проводных сетей Интернета вещей.

Шлюз 5G-RG может получать и выделять потоки трафика от отдельных приложений и устройств, находящихся в помещении клиента, согласно правилам обработки трафика, установленные ядром сети 5G. В частности, доступны для обработки дескрипторы трафика, не относящиеся к IP, например, дескрипторы трафика, относящиеся к MAC-уровню, могут использоваться для идентификации потоков приложений. Одновременно 5G-RG при использовании доступа FWA поддерживает слайсинг (технология сетевых слоёв). Также существует техническая возможность поддержки слайсинга при проводном доступе, для чего передается сигнализация NAS между 5G-RG и W-AGF. Таким образом, можно создавать сетевой слой для передачи трафика LPWAN через сети 5G.

В случае, если сеть 5G взаимодействует с беспроводной сетью, которая не специфицирована 3GPP 5G, то такая сеть относится к сетям доступа не-3GPP и такая беспроводная сеть условно считается недоверенной (untrusted, non-trusted) с точки зрения правил информационной безопасности, если процедура и протоколы авторизации, аутентификации в ней отличаются от соответствующих процедур 3GPP. Это положение в определенной степени относится к LoRa и к WiFi. Для взаимодействия с такими сетями используется функция межсетевого взаимодействия с не-3GPP сетями N3IWF (Non-3GPP Interworking Function).

1. Гребешков А.Ю., Дараев Д.М. Разработка интеллектуального сенсорного узла на базе технологии LoRa // Инфокоммуникационные технологии. 2021. Т.19, № 2. С. 179–186.

INTEGRATION OF 5G AND WIRELESS ACCESS NETWORKS

Grebeshkov A.Yu.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The problem of the interconnection between sensory network and next generation mobile 5G network is a priority today. It is discussed the integration of wireless access networks with 5G networks. This scheme can be done through the resident 5G-RG gateway. For non-trusted wireless sensor network there is 3GPP 5G N3IWF function.

АНАЛИЗ СЕНСОРОВ ДЛЯ КВАНТОВОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ*Гребешков А.Ю.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Исследования в области квантовых сетей привели к появлению квантового интернета QIoT [1]. Это предполагает использование квантовых вычислений на прикладном уровне, квантовых ретрансляторов на квантовом транспортном или на уровне квантовой телепортации и квантовых конечных узлов или шлюзов на квантовом сетевом уровне. Фотонные квантовые датчики на основе лавинных фотодиодов для обнаружения запутанных фотонов будут в настоящее время включены в состав сенсорных узлов для квантового интернета вещей в качестве лабораторного прототипа. Квантовые оптические датчики могут быть использованы для квантовой метрологии, квантовой литографии или для квантового радара и обнаружения гравитационных волн. Квантовый интернет вещей как часть квантового интернета будет использовать квантовый подход к безопасности. Поскольку реализация квантовых сетей с квантовым интернетом вещей позволит использовать квантовую криптографию. Проведем далее анализ квантовых технологий для современных коммуникаций.

Квантовое зондирование – важнейший компонент восприятия QIoT, но оно требует значительных аппаратных средств. Например, для обнаружения фотонов требуется сверхпроводящий нанопроволочный однофотонный детектор (SNSPD), охлаждаемый до температуры жидкого гелия и имеющий высокую эффективность обнаружения $\eta > 95\%$. Другой тип устройств включает наноэлектромеханические квантовые схемы в составе кванто-механического туннельного акселерометра.

Имеются данные об экспериментальной демонстрации процесса зондирования усредненного фазового сдвига между четырьмя распределенными узлами, использующими запутанную квантовую сеть с четырехмодовым запутанным непрерывным переменным состоянием. Выполнение коллективного оптического QND-измерения нескольких атомных ансамблей может подготовить распределенное спин-сжатое состояние для применения в квантовых сетях. Это коллективно повышает стабильность часов.

В перспективе будет применяться квантовая синхронизация времени, локализация и навигация. Миниатюризация квантовых источников и фотонных детекторов, квантовый лидар и технология квантового радара на основе атомов Ридберга способны повысить точность измерений в

интеллектуальных транспортных системах. С помощью оптимизационных механизмов, основанных на машинном обучении, уже разработан метод интеграции квантовых излучателей в кристалл через пассивные оптические элементы, такие как соединители.

Имеется фотонная система из микроволновых резонаторов и трансмонов. Эта фотонная система служит основой для реализации двухмодового сверхпроводящего бозонного процессора. Он позволяет моделировать молекулярные вибронные спектры. В целом, процесс квантового зондирования для будущих QIoT включает инициализацию квантового датчика в известное состояние, преобразование его в состояние суперпозиции и эволюцию в конечное состояние в течение определенного периода времени.

Квантовый датчик формирует суперпозицию наблюдаемых состояний считывания на основе инициализации. Затем происходит считывание конечного состояния. Процесс от инициализации до считывания должен быть повторен несколько раз, чтобы получить точную оценку вероятности перехода. Полезный сигнал выводится из набора значений вероятности перехода.

1. Grebeshkov A.Y. Integrated functional architecture for the quantum internet of things in quantum internet. // Proceedings. SPIE: Optical Technologies for Telecommunications. 2023. Vol. 13168. 1316805.

ANALYZING SENSORS FOR THE QUANTUM INTERNET OF THINGS

Grebeshkov A.Y.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Photonic quantum sensors based on avalanche photodiodes for detecting entangled photons will now be incorporated into sensor nodes for the quantum internet of things as a laboratory prototype. Quantum optical sensors can be used for quantum metrology, quantum lithography.

НОВЕЙШИЕ ПРОТОКОЛЫ IoT И ИХ ФУНКЦИИ*Марыкова Л.А.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Протоколы IoT – это правила и стандарты, которые определяют, как устройства в экосистеме Интернета вещей (IoT) обмениваются данными и взаимодействуют друг с другом. Эти протоколы управляют подключением, передачей данных и взаимодействием между устройствами IoT. Их можно разделить на два основных типа: сетевые протоколы (WiFi, Bluetooth, Zigbee и LoRaWAN) и протоколы передачи данных (MQTT, CoAP и AMQP). Стремительное развитие получили следующие протоколы Интернета вещей.

Zigbee – это маломощный протокол с низкой скоростью передачи данных, который использует ячеистую сеть для широкого покрытия. Он работает на нескольких частотах (868 МГц, 915 МГц и 2,4 ГГц). Преимущество Zigbee заключается в низком энергопотреблении, беспроводном управлении, безопасности и масштабируемости. Этот протокол используют приложения для работы беспроводных термостаты и системы освещения.

MQTT – это протокол обмена сообщениями, использующий модель публикации по подписке, оптимизированный для устройств IoT с низкой пропускной способностью и низким энергопотреблением. Он широко применяется на платформах IoT и поддерживает связь в реальном времени между устройствами и облачными сервисами. Протокол применяется в системах мониторинга оборудования и высоконадежных системах передачи данных, таких как системы биллинга.

Z wave основан на технологии радиочастотной связи с низким потреблением мощности. Данный протокол передачи данных все чаще применяется для контроллеров устройств экосистемы «Умный дом», таких как «умные» лампы, дверные замки, электронные чайники.

Near Field Communication (NFC) – это беспроводная технология, которая обеспечивает связь между двумя электронными устройствами на расстоянии 4 сантиметра и меньше. NFC использует индуктивную связь между двумя электромагнитными катушками, присутствующими на устройствах с поддержкой NFC. Связь происходит на частоте 13,56 МГц в пределах доступного не лицензируемого радиочастотного диапазона. Главное преимущество NFC заключается в низком энергопотреблении. Это делает NFC идеальной технологией для пассивных устройств в экосистеме IoT. Другое важное преимущество NFC это высокоскоростное

подключение, которое позволяет установить соединение между двумя устройствами за менее, чем за 0,1 с.

LoRaWAN разработан для IoT приложений с большим радиусом действия, что делает его идеальным для умных городов, сельского хозяйства и управления цепочками поставок.

Sigfox – это решение для подключения датчиков и устройств в Интернете вещей. Недорогое, надежное и энергоэффективное решение Sigfox использует нелицензированный спектр ниже 1 ГГц и сверхузкую полосу. Сигнал, передаваемый устройством Sigfox, требует 100 Гц полосы. Сеть Sigfox состоит из базовой станции Sigfox, передающей сообщения на внутренний сервер Sigfox. Сообщения пересылаются на сервер приложений, который может использоваться для управления устройствами IoT.

NB-IoT использует существующую сотовую инфраструктуру и работает при более низких уровнях сигнала и при высоком уровне шума. NB-IoT предназначен для передачи коротких сообщений, где не требуется передача потокового контента. Он обладает высокой масштабируемостью, поддерживает миллионы узлов со сроком службы батареи более 10 лет, что делает его идеальным стандартом IoT для мониторинга окружающей среды. От одного элемента питания устройства NB-IoT могут работать до 10 лет.

NEWEST IoT PROTOCOLS AND THEIR FUNCTIONS

Marykova L.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

IoT protocols are standards that define how devices in the Internet of Things (IoT) ecosystem communicate and interact with each other. These protocols manage the connection, data transfer, and interaction between IoT devices.

ДЕГРАДАЦИЯ СЕРВИСА MATRIX КАК СЛЕДСТВИЕ ХАБРАЭФФЕКТА

Казачков Н.А., Елисеев А.А., Лемжин М.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникации и информатики)

Продуктивные сервисы, обычно обслуживающие небольшое количество пользователей, могут деградировать из-за резкого увеличения количества запросов на обслуживание. Данное явление получило название хабраэффект.

Построение моделей таких сервисов, например, в виде системы массового обслуживания (СМО), невозможно без полноценного изучения их параметров. В том числе крайне интересным является поведение подобных систем в пограничных состояниях, одним из которых является хабраэффект. Для реальных, продуктовых систем получение экспериментальных данных в пограничных состояниях не всегда возможно в связи со стремлением владельцев к повышению отказоустойчивости и стабильности работы таких систем. Нагрузочное тестирование не всегда может выявить все особенности и узкие места.

В ПГУТИ в качестве системы интерактивного онлайн обучения используется проект бесплатного мессенджера Matrix.org. Инсталляция состоит из 24-х служб и имеет сложную архитектуру. В сентябре текущего года удалось получить срез параметров системы в режиме нормальной работы и в состоянии деградации: резкое увеличение числа пользователей вызвало значительные задержки в работе.



Рис. 1. Рост времени ответа службы Matrix Synapse

Из (Рис. 1) виден рост времени ответа службы Matrix Synapse на web-запросы клиентов и достижение значений задержек более 10 секунд, что в итоге привело к отказам в обслуживании по времени «timeout awaiting response headers», а также снижению числа участников видеоконференций

(рис. 2) на одном из узлов: пользователи после 10 утра не могли войти в систему и теряли соединение с сервером.



Рис. 2. Снижение количества пользователей из-за сбоя системы Matrix Synapse

В результате подробного анализа показателей работы сервиса были получены данные об общем числе запросов, количестве отказов, среднем времени ответа (обслуживания), получена функция интенсивности входящего потока заявок от времени, выполнена оценка длины очереди.

Хотя поведение системы с небольшим количеством пользователей невозможно предсказать при лавинообразном росте обращений, превентивное внедрение менеджера очереди могло бы сгладить низкую производительность сервиса. Например, обработчик очередей RabbitMQ с принудительной растущей задержкой пакетов решил бы проблему с полным отказом в обслуживании клиентов [1].

1. Тарасов В.Н. Особенности аналитического моделирования систем массового обслуживания с гиперэрланговским и эрланговским распределениями // Информационные технологии. 2023. Т. 29, № 6. С. 284–289.

2. Тарасов В.Н., Бахарева Н.Ф. Компьютерное моделирование вычислительных систем. Теория, алгоритмы, программы. Оренбург: ИПК ОГУ, 2005. 225 с.

MATRIX SERVICE DEGRADATION AS A CONSEQUENCE OF THE HABREFFECT

Kazachkov N.A., Eliseev A.A., Lemzhin M.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Productive services can degrade due to a sudden surge in user requests, a phenomenon known as the *habr* effect. In September, load testing of the Matrix distance learning service revealed a bottleneck in the authorization and load balancing system, causing service failures. The degradation was attributed to the Matrix Synapse module, which exhibited excessively long response times under high load.

ТЕСТОВЫЙ СТЕНД ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СМО НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ WEB- СЕРВИСОВ

Казачков Н.А., Елисеев А.А., Лемжин М.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Большие и сложные системы в целях исследования часто рассматриваются как системы массового обслуживания (СМО). Чаще всего для получения характеристик таких СМО применяют специализированные среды имитационного моделирования, такие как GPSS World, AnyLoginc и т.д. Однако, моделирование в таких средах, например, систем обработки сетевого трафика, оторвано от реальной инфраструктуры: оборудования, линий передачи и т.д., и связанными с вносимыми этой инфраструктурой дополнительными задержками.

Таким образом, может представлять интерес построение модели СМО на программных продуктах, используемых для обработки трафика запущенных на реальном аппаратном обеспечении.

В целях исследования влияния дополнительных задержек, вносимых в очередь, был разработан и построен виртуальный стенд, состоящий из web-сервера Apache работающем в однопоточном режиме и выполняющем роль канала обслуживания, проксирующего сервера на базе HAProxy выполняющего роль синтетической очереди, а также дополнительных программных модулей на базе Lua скриптов для эмуляции задержек в системе. Для генерации заявок был разработан специализированный программный модуль на Python работающий с применением мультипроцессинга.

Данный стенд был испытан потоком входящих заявок с внесением дополнительных искусственных задержек заявок в источнике и в очереди СМО на одинаковую величину. В результате испытаний модели был получен график среднего времени обработки заявок в зависимости от вносимых задержек (Рис. 1).

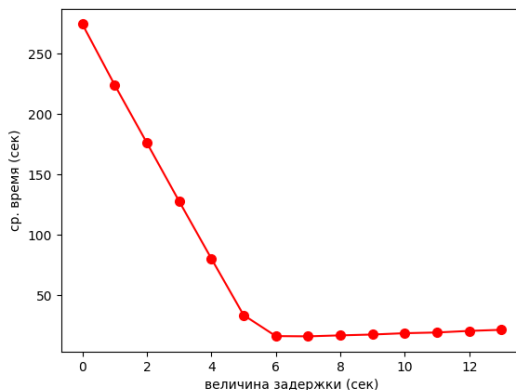


Рис. 1. Среднее время обработки для 100 заявок в зависимости от величины задержек в системе

Как видно из графика при увеличении времени задержек среднее время значительно сокращается, что соответствует теоретическим выкладкам. Таким образом, предлагаемый подход позволяет создавать и испытывать модели СМО в условиях максимально приближенных к промышленной эксплуатации.

1. Тарасов В.Н. Особенности аналитического моделирования систем массового обслуживания с гиперэрланговским и эрланговским распределениями // Информационные технологии. 2023. Т. 29, № 6. С. 284–289.

2. Тарасов В.Н., Бахарева Н.Ф. Компьютерное моделирование вычислительных систем. Теория, алгоритмы, программы. Оренбург: ИПК ОГУ, 2005. 225 с.

A TEST BENCH FOR THE EXPERIMENTAL STUDY OF CFR BASED ON MODERN WEB SERVICES

Kazachkov N.A., Eliseev A.A., Lemzhin M.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In this study, the following hypothesis is put forward that for a system running in single-threaded mode it is possible to increase the processing speed by creating a controlled queue. For testing, a test bench was created consisting of the apache web server as a handler and haproxy as a queue, as well as a python request generator that the processing time of the package and its waiting.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ПО ТСР ОТ ДЛИНЫ ПАКЕТА

*Султанов А.Х., Тимофеев А.Л., Щепотьев И.А.
(Уфимский университет науки и технологий)*

Протокол управления передачей (ТСР) является одним из ключевых протоколов в стеке ТСР/IP, обеспечивая надежную и упорядоченную передачу данных между устройствами в компьютерных сетях. Одним из факторов, который значительно влияет на производительность ТСР, является размер передаваемых сообщений или сегментов.

В рамках работы рассматривается зависимость скорости передачи данных по ТСР от длины пакета.

Для того, чтобы оценить зависимость скорости передачи данных от длины пакета, были построены математическая и физическая модели организации ТСР/IP соединения с возможностью регулирования размера отправляемого пакета данных с последующим измерением времени и скорости передачи данных.

Были проведены эксперименты с различным размером пакета в передаваемой пачке сообщений и при разных уровнях ошибок на реальной физической модели при организованном радиоканале 2400 МГц и передачей данных пользователю по ТСР/IP.

Опираясь на результаты проведенных экспериментов, было выявлено, что использование максимального размера пакета, отправляемого протоколом ТСР, увеличивает эффективность передачи данных, но, в свою очередь снижает скорость передачи данных.

1. Hagag S., El-Sayed A. Enhanced TCP Westwood Congestion Avoidance Mechanism (TCP WestwoodNew) // International Journal of Computer Applications. 2012. Vol. 45, no .5, P. 21–29.

STUDY OF THE DEPENDENCE OF TRANSMISSION RATE OVER TCP ON PACKET LENGTH

*Sultanov A.Kh., Timofeev A.L., Schepotyeve I.A.
(Ufa University of Science and Technology)*

The article devoted to the study of the dependence of the data transmission speed of the telecommunications network on the length of the packet.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ АВТОКОРРЕЛЯЦИИ ВИДЕО-ТРАФИКА НА КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ

*Карташевский И.В., Малахов С.В., Осанов В.А., Якупов Д.О.
(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Учитывая ежегодный рост видео-трафика в сети Интернет [1], задача изучения факторов, влияющих на снижение качества обслуживания (QoS), с целью их устранения, является актуальной и значимой. Одним из этих факторов является автокорреляция интервалов времени.

Данная работа посвящена исследованию влияния разного уровня автокорреляции видео-трафика на качество обслуживания. Схема сети эксперимента состояла из двух подсетей – сервера и клиента VLC (VLC ver. 3.0.21) (Рис. 1).

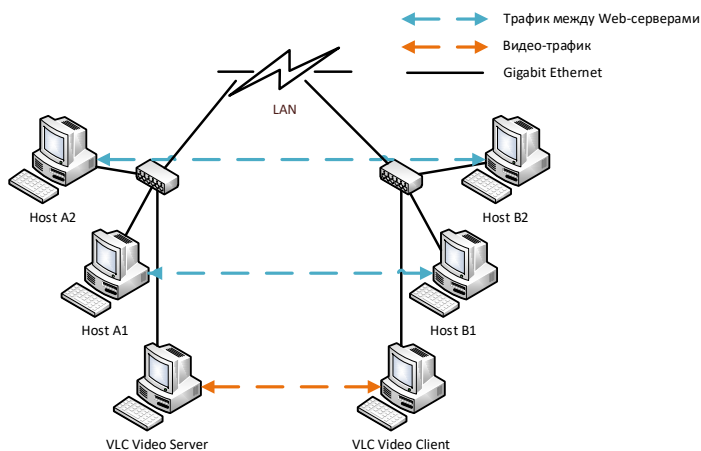


Рис. 1. Схема сети исследования

Было проведено два эксперимента, с фиксацией входящего и исходящего трафиков передачи видео между клиентом и сервером VLC:

- при отсутствии входящего и исходящего трафика хостов A1, A2, B1, B2;
- при имитации работы взаимодействующих web-серверов хостах в подсетях через генераторы трафика HTTP Packet Sender.

В результате первого эксперимента, при коэффициенте автокорреляции $\rho_1 = 0,0094$, уровень потерь составляет 0.001%, а задержка – 0,01с. Во

втором эксперименте уровень потерь увеличивается до 0,09%, а задержка до 0,03с, при этом коэффициенты автокорреляции увеличиваются (Рис. 2).

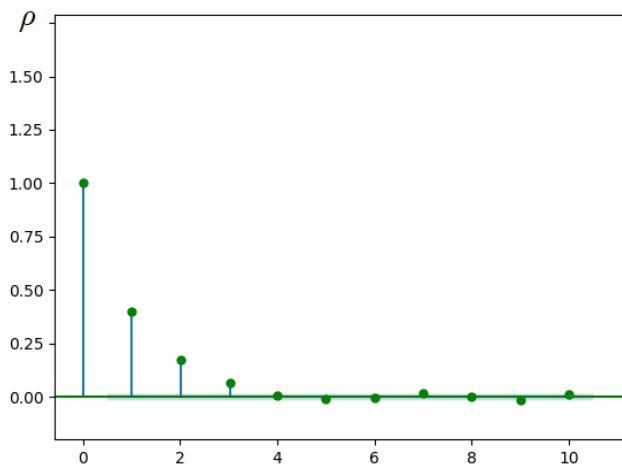


Рис. 2. Автокорреляция интервалов времени

Основываясь на сравнительном анализ полученных результатов, можно сделать вывод, что с увеличением автокорреляции видео-трафика напрямую влияет на увеличение задержки и потерь пакетов. Следовательно, подтверждается значимость задачи снижения уровня автокорреляции сетевого видео-трафика.

1. VNI Complete Forecast Highlights [Электронный ресурс] / URL: https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Global_Device_Growth_Traffic_Profiles.pdf (дата обращения: 23.03.2024).

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF VIDEO TRAFFIC AUTOCORRELATION LEVEL ON THE QUALITY OF SERVICE

*Kartashevskiy I.V., Malakhov S.V., Osanov V.A., Yakupov D.O.
(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

The paper presents the results of an experiment to study the level of autocorrelation on video traffic in a local network. Conclusions are made about the influence of time interval correlation on the increase in network delay.

ДЕКОРРЕЛЯЦИЯ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ МЕЖДУ ПАКЕТАМИ СЕТЕВОГО ТРАФИКА

*Осанов В.А., Малахов С.В., Якупов Д.О., Карташевский И.В.
(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)»*

Существуют различные способы и методы осуществления процесса декорреляции сетевого трафика, с целью уменьшения задержки сети. Однако большинство таких способов, в частности классические методы на основе разложения Карунена – Лозва и дискретно-косинусного преобразования требуют большого количества вычислительных ресурсов и времени выполнения. Поэтому в данной работе был предложен наиболее эффективный, относительно экономии вычислительных ресурсов, алгоритм декорреляции с использованием вейвлет-преобразования Хаара [1].

Для исследования снижения корреляции предложенным методом была сгенерирована последовательность интервалов времени между пакетами при заданном значении коэффициента корреляции $\rho = 0,95$.

Алгоритм работы заключается в разбиение последовательности отсчетов на подгруппы по 2^k . Каждая группа представляется как функция:

$$f = d + \sum_{i=0}^{k-1} \sum_{j=0}^{2^i-1} c_{ij} \psi_{ji}(x),$$

где $\psi_{j,i}(x)$ - вейвлет Хаара, который определяется как:

$$\psi_{00}(x) = \psi(x) = \begin{cases} 1, & x \in [0, 1/2) \\ -1, & x \in [1/2, 1) \end{cases},$$

при $i = 0$, а для других значений i, j $\psi_{j,i}(x)$ получаются путем сдвига и сжатия:

$$\psi_{ji}(x) = 2^{\frac{i}{2}} \psi(2^i x - j), \quad j = 0, \dots, 2^i - 1.$$

Значение коэффициента d можно выбрать в соответствие с условием $d > |c_{ij\min}|$, он позволяет избежать отрицательных значений.

Коэффициенты c_{ij} определяются по формуле:

$$c_{ij} = \int_0^1 f(x) \psi_{ji}(x) dx = \frac{1}{2^k} \sum_{s=0}^{2^k-1} f_s \psi_{ji}(x).$$

Расчет коэффициентов автокорреляции в результате программной реализации вейвлет-преобразования сгенерированной последовательности интервалов времени представлен на рис. 1.

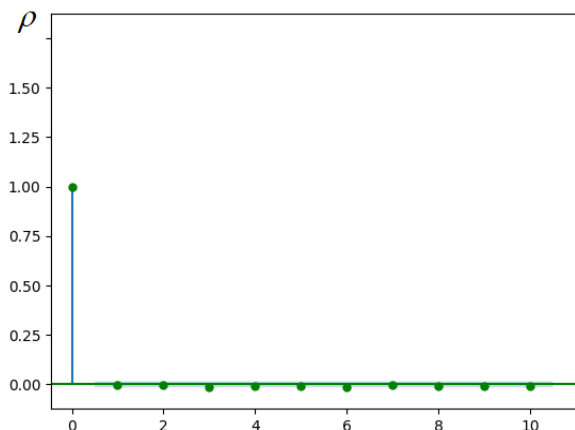


Рис. 1. Автокорреляция интервалов времени при $k=4$

Полученные коэффициенты корреляции не выходят за границы интервала $-0.02 < \rho < 0.02$. Результаты работы подтверждают значительное снижение коэффициентов автокорреляции интервалов времени между пакетами с помощью использования вейвлет-преобразования Хаара.

1. Осанов В.А., Карташевский И.В. Методика уменьшения задержки в беспроводных сенсорных сетях // Проблемы техники и технологий телекоммуникаций: материалы XXV Международной научно-технической конференции. Казань, 2023. С. 263–264.

DECORRELATION OF TIME INTERVALS BETWEEN PACKETS

*Osanov V.A., Malakhov S.V., Yakupov D.O., Kartashevskiy I.V.
(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

An algorithm for decorrelation of video traffic based on the Haar wavelet transform is proposed. The results of software implementation of this algorithm on simulated traffic confirm autocorrelations of time intervals.

**МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ СПУФИНГ-АТАК В КОНТУРЕ
«БПЛА – ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ»***Зорин З.А.**(Нижегородский государственный инженерно-экономический
университет)*

Изучая методы защиты от атак на беспилотные летательные аппараты (БПЛА), следует отметить, что в последнее время значительное количество атак направлено на перенасыщение канала управления дополнительными данными, что приводит к потере управления и сбоям в системах автоматического пилотирования.

Существующие на данный момент системы противодействия спуфингу недостаточно эффективны, так как не позволяют в должной мере защитить канал связи от прямых угроз извне.

Часто используемые методы противодействия можно отнести к следующим [1, 2]:

1. Шифрование.
2. Аутентификация (Сертификаты безопасности).
3. Установка блокирующих антенн.
4. Установка дополнительных антенн.

Как правило, шифрование используется в тех случаях, когда есть возможность замены оборудования на современное, обеспечивающее возможность шифрования информации, передаваемой от БПЛА к оператору. Сертификаты безопасности используются тогда, когда нет возможности напрямую шифровать канал связи, но есть необходимость обеспечить защищенное соединение между оператором и беспилотным летательным аппаратом. Установка блокирующих антенн целесообразна в том случае, если устройство подвергается спуфингу в местах большого скопления беспилотных летательных аппаратов. Монтаж дополнительных антенн необходим на случай заглушенных частот или подмены координат для корректирования БПЛА с помощью дополнительных частот оператором или автоматизированной системой. Как правило, все эти методы требуют своевременного обновления оборудования на группировке спутников на околоземной орбите, так как данное оборудование, как правило, не может быть достаточно быстро обновлено. Данные методы противодействия спуфингу на данный момент являются недостаточно эффективными.

Предлагаемый нами метод защиты БПЛА от атак спуфингом заключается в использовании избыточного кодирования, осуществляемого непосредственно на самом беспилотном летательном аппарате. Это

необходимо для своевременной смены кода в случае проникновения злоумышленника в канал управления беспилотным летательным аппаратом.

Подводя итог следует отметить, что описанный метод эффективен в основном для БПЛА используемых в сельскохозяйственной отрасли, так как данные аппараты позволяют нести на себе достаточный объем груза. Достаточно большое применение эта система может получить при увеличении и оснащении беспилотного летательного аппарата современными микроконтроллерами с искусственным интеллектом, что может произойти в ближайшем будущем.

1. Метод обнаружения атак на систему навигации БПЛА / Е.С. Басан [и др.] // Информатика и автоматизация. 2021. Т. 20, № 6. С. 1368–1394.

2. Математическая модель обработки изображений опасных и вредоносных растений с камеры БПЛА / И.А. Сорокин [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2023. № 5(144). С. 20–32.

3. Исследование алгоритмов перестановочного декодирования в системах управления БПЛА / И.А. Сорокин [и др.] // Аграрная наука. 2022. № 11. С. 133–140.

METHODS OF PROTECTION AGAINST SPOOFING ATTACKS IN THE UAV CONTROL CENTER CIRCUIT

Zorin Z.A.

(Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics)

This article describes existing methods for protecting UAVs from spoofing attacks. The need to develop a new method of protecting UAVs from attacks is substantiated, and this method is proposed.

**Q-LEARNING – ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ С
ПОДКРЕПЛЕНИЕМ***Росляков А.В., Герасимов В.В.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

Стремительный рост числа интеллектуальных устройств, управляемых Интернетом, и мультимедийных приложений, требующих высокой пропускной способности, требует высокопроизводительных интернет-сервисов и низких задержек при подключении. Облачные сети радиодоступа (C-RAN) считаются выдающимся решением, отвечающим строгим требованиям сетей пятого поколения (5G) и более поздних версий, за счет развертывания транспортных каналов fronthaul между модулями основной полосы частот (BBU) и удаленными радиостанциями (RRHS). Оптические линии связи с высокой пропускной способностью могли бы стать традиционной технологией для развертывания fronthaul в C-RANs. Но уплотнение оптических линий значительно увеличивает стоимость и накладывает ряд конструктивных проблем на архитектуру fronthaul, что делает их непрактичными. Напротив, линии fronthaul на базе Ethernet могут быть выгодными решениями для подключения BBUs и RRHs, но они не соответствуют жестким требованиям к сквозным задержкам, джиттеру и пропускной способности, предъявляемым к сетям fronthaul. Это происходит из-за неэффективного распределения ресурсов и контроля перегрузки.

В контексте контроля перегрузки и распределения ресурсов в сетях fronthaul на базе Ethernet для оптимизации производительности сети может быть использован метод обучения с подкреплением на основе Q-learning. Q-learning – это один из методов обучения с подкреплением [1], при котором сеть учится максимизировать передачу данных, последовательно исследуя окружающую среду, планируя действия и обновляя свой выбор действий на основе ожидаемых будущих перегрузок, связанных с различными состояниями и действиями. Благодаря этому процессу сеть учится делать более разумный выбор, выясняя, какие действия лучше выполнять в различных ситуациях. Данные берутся из своего опыта и постепенно совершенствуясь в выборе действий, которые приносят больше пользы в долгосрочной перспективе, и все это время находя правильный баланс между новыми попытками и использованием данных, полученных ранее. При этом Q-learning учится принимать решения, которые сводят к минимуму перегрузку и эффективно распределяют ресурсы.

1. Герасимов В.В. Метод обучения с подкреплением для динамического распределения приоритетов в TSN // Инфокоммуникационные технологии. 2023. Т. 21, № 3. С. 16–20.

Q-LEARNING IS ONE OF THE METHODS OF REINFORCEMENT LEARNING

Roslyakov A.V., Gerasimov V.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The paper considers one of the methods of reinforcement with training for 5G fronthaul stations to solve the problems of network congestion and traffic transmission in the most logical way.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НАБЛЮДАТЕЛЯ

Гофман Е.В., Коняева О.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В современных системах наблюдения методы определения координат и визуализации движущегося объекта в зависимости от точки зрения наблюдателя играют решающую роль в обеспечении эффективного контроля и отслеживания перемещения объекта в режиме реального времени. Одним из ключевых подходов к улучшению определения координат движущегося объекта является использование методов триангуляции, которые позволяют определить координаты объекта на основе измерений расстояния до нескольких точек. Кроме того, можно использовать методы использования GPS и инерциальных измерительных систем, которые позволяют определить координаты объекта на основе сигналов GPS и измерений ускорения и угловой скорости.

Для повышения точности определения координат движущегося объекта можно использовать методы компьютерного зрения, которые позволяют определить координаты объекта на основе анализа изображений. Эти методы особенно полезны в сценариях, где объект перемещается в сложной среде с множеством препятствий. Кроме того, визуализация объекта может быть адаптирована к конкретным потребностям наблюдателя, что может быть достигнуто с помощью различных алгоритмов визуализации, таких как алгоритмы проекции, алгоритмы рендеринга и алгоритмы компьютерной графики.

В процессе эксплуатации методов определения координат и визуализации движущегося объекта могут возникнуть определенные проблемы и риски. Одной из основных проблем с которой сталкиваются разработчики и операторы, является возможность возникновения ошибок в определении координат и визуализации объекта. Это может привести к неправильному отображению объекта, потере данных, остановке наблюдения и другим негативным последствиям. Для предотвращения подобных ситуаций необходимо проводить регулярное техническое обслуживание системы и обновлять ее программное обеспечение.

Для защиты от киберугроз необходимо применять современные методы шифрования данных, установить межсетевые экраны и использовать антивирусные программы. Кроме того, необходимо учитывать проблему неэффективного использования ресурсов, если система не оптимизирована

для оптимального использования материалов, энергии и времени, это может привести к излишним расходам и увеличению затрат. Несмотря на проблемы, при проведении профилактики для минимизации внештатной работы, методы определения координат и визуализации движущихся объектов в зависимости от точки зрения наблюдателя имеют большой потенциал для повышения эффективности и точности наблюдения и отслеживания объекта.

1. Андрей Экономов Система GPS. Взгляд изнутри и снаружи / Андрей Экономов [Электронный ресурс] / URL: <https://www.ixbt.com/car/gps/gps.html> (дата обращения: 18.09.2024).

2. Кораблев В.Г., Пашенцев С.В., Юдин Ю.И. Проверка достоверности определения координат движущегося судна с помощью двух разнесенных приемников GPS [Электронный ресурс] / URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proverka-dostovernosti-opredeleniya-koordinat-dvizhushego-sudna-s-pomoschyu-dvuh-raznesennyh-priemnikov-gps> (дата обращения: 19.09.2024).

METHODS FOR DETERMINING THE COORDINATES AND VISUALIZATION OF A MOVING OBJECT DEPENDING ON THE OBSERVER'S POINT OF VIEW

Hoffman E.V., Konyaeva O.S.

(Povolzhskiy State University Telecommunications and Informatics)

The article discusses the importance of determining the coordinates and visualization of moving objects in modern surveillance systems, emphasizing the role of triangulation methods, GPS and inertial measurement systems in ensuring effective monitoring and tracking of object movement in real time.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СЕТЕЙ

Лысыков А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Цифровая трансформация позволяет автоматизировать множество процессов в различных сферах деятельности человека, что способствует развитию государства и бизнеса. Примером является использование киберфизических систем для автоматизации промышленного производства. Впоследствии цифровизация приведет к возможности развития киберфизического континуума [1], где функции мониторинга, управления и обслуживания перемещаются с физических объектов (таких, как робот, машина или планшетное устройство) на удаленную платформу облачных вычислений в виде своего цифрового представления – цифрового двойника. Взаимодействие цифрового двойника и физического объекта требует детерминированных коммуникаций – обеспечения строгих детерминированных гарантий для синхронизации, надежности и времени передачи информации.

Перспективными для реализации детерминированных коммуникаций считаются мобильные сети 6G, однако в выпусках 15, 16, 17, 18 стандартов 3GPP предусмотрена поддержка таких коммуникаций путем интеграции в сеть 5G NR технологий стандартов IEEE TSN и IETF DetNet (Рис. 1).

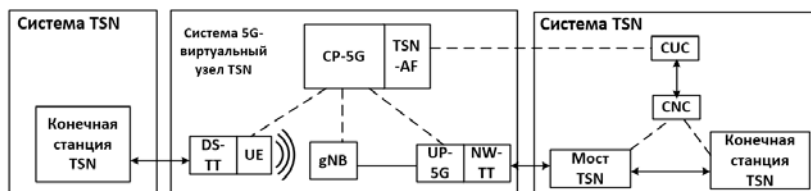


Рис. 1. Реализация мобильных детерминированных коммуникаций в сети сотовой связи стандарта 5G NR

Сеть 5G выступает в роли виртуального узла TSN, подключаемого посредством проводных сегментов к другим компонентам TSN через функции плоскостей пользователя и управления для передачи пакетного пользовательского трафика и сигнализации. Наличие беспроводного сегмента приводит к принципиальным различиям в работе моста TSN в фиксированной сети и виртуального узла 5G. Например, вследствие эффектов замирания и помех в радиоканалах значительно увеличивается

величина и характер джиттера пакетного трафика [1]. При этом, в стандартах 3GPP не определено, как должны функционировать ряд элементов сети (например, не определена практическая реализация буферов для пересылки запланированного пакетного трафика). Поэтому в зависимости от варианта развертывания сети радиодоступа потребуется настройка параметров виртуального узла 5G. Для этого потребуются специальные математические модели и методы, позволяющие определять оптимальные значения параметров виртуального узла (например, максимального размера буферов), временные расписания передачи пакетов, учитывающие особенности беспроводной среды, определение оптимальных маршрутов в транспортной и базовой сети 5G.

Для проверки точности аналитического решения потребуется сравнение результатов, полученных с помощью математической модели с результатами измерений рабочих характеристик в сети 5G при работе детерминированных коммуникаций. В настоящее время практическая реализация таких сценариев затруднительна. Поэтому актуальным является разработка имитационных моделей. В докладе проводится анализ современного состояния исследований и разработок в данной области, рассматриваются особенности реализации детерминированных коммуникаций в сетях 5G и 6G, рассматриваются достоинства и недостатки существующих пакетов имитационного моделирования мобильных детерминированных сетей.

1. Digest on First DetCom Simulator Framework Release / J. Sachs [et. all] // Deterministic E2E communication with 6G. 2023. 47 p.

SIMULATION MODELING OF MOBILE DETERMINISTIC NETWORKS

Lysikov A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The features of implementing deterministic communications in 5G and 6G networks are considered, and the advantages and disadvantages of existing packages for simulating mobile deterministic networks are considered.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ZABBIX И PROMETHEUS ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ

Голубничая Е.Ю., Денесюк Н.И.

*(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

В настоящее время ввиду стремительного развития информационных технологий повышаются требования к показателям качества функционирования сетевых ресурсов, и как следствие, возникает задача непрерывного сетевого мониторинга. Данная задача решается с использованием специализированного программного обеспечения, среди которых в настоящее время особую популярность получили программные продукты, функционирующие на основе протокола ICMP (Internet Control Message Protocol) [1]. Среди таких программных продуктов особой популярностью в настоящее время пользуются Zabbix [2] и Prometheus [3].

Zabbix – это высокопроизводительная система мониторинга, функциональные возможности которой включают мониторинг серверов, сетевого оборудования, баз данных и приложений в реальном времени, с возможностью настройки порогов для автоматической генерации оповещений при отклонении от нормальных параметров работы. Zabbix поддерживает как активный, так и пассивный методы сбора данных, что обеспечивает гибкость в интеграции с разнородными системами. Встроенная система отчетов и визуализации предоставляет детализированные графики, карты и дашборды для анализа производительности и выявления «узких» мест.

Prometheus – это мощная система мониторинга, разработанная для сбора и обработки метрик в реальном времени. Она использует модель данных на основе временных рядов, где каждое измерение привязывается ко времени и сопровождается набором меток (labels), что позволяет гибко классифицировать и фильтровать данные. Prometheus поддерживает интеграцию с различными источниками данных через экспортёры метрик, которые преобразуют данные в совместимый формат, что обеспечивает мониторинг широкого спектра систем, таких как базы данных, серверы приложений и оборудование. Prometheus реализует pull-модель сбора метрик, иницилируя запросы к источникам данных самостоятельно, что позволяет контролировать частоту и объем собираемых данных. Кроме того, система обладает высокой горизонтальной масштабируемостью за

счет федерации серверов, что делает её идеальной для работы в крупных распределённых системах.

Все вышеизложенное говорит о том, что Zabbix и Prometheus позволяют проводить эффективный непрерывный автоматизированный мониторинг доступности сетевых ресурсов. При этом пользователю не нужно приобретать коммерческую лицензию и обладать какими-то «глубокими» знаниями в области программирования. Если же сравнивать данные программные продукты, то Prometheus все-таки уступает Zabbix в нескольких ключевых аспектах. Во-первых, он не поддерживает протокол SNMP (Simple Network Management Protocol) и другие сетевые протоколы, требуя сторонних экспортеров для интеграции, что усложняет настройку. Во-вторых, Zabbix предлагает готовые шаблоны для мониторинга сетевых ресурсов, что упрощает его развертывание. В-третьих, система оповещения и управления событиями в Zabbix более развита и требует меньших усилий для настройки. Кроме того, Zabbix обеспечивает долгосрочное хранение данных в реляционных базах, в то время как Prometheus ограничен временными рядами, что затрудняет анализ «исторических» данных.

1. Голубничая Е.Ю., Денесюк Н.И. Мониторинг сети с использованием протокола ICMP // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2024. Т. 15, № 2. С. 24–31.

2. Zabbix: Open source решение распределенного мониторинга [Электронный ресурс] / URL: <https://www.zabbix.com/ru> (дата обращения: 30.08.2024).

3. Prometheus - Monitoring system & time series database [Электронный ресурс] / URL: <https://prometheus.io/> (дата обращения: 10.09.2024).

COMPARATIVE ANALYSIS OF ZABBIX AND PROMETHEUS FUNCTIONALITY FOR NETWORK RESOURCES MONITORING

Golubnichaya E.Y., Denesyuk N.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

A comparative analysis of the technical capabilities of Zabbix and Prometheus for monitoring network resources is presented.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ETHERNET НА БАЗЕ СЕМЕЙСТВА ПРОТОКОЛОВ STP

Голубничая Е.Ю., Крашенинникова И.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В настоящее время ввиду стремительного развития телекоммуникационных и информационных технологий возрастают и требования к показателям качества обслуживания в сетях связи. Для повышения отказоустойчивости в сетях Ethernet могут использоваться избыточные межкоммутаторные связи. Однако с учетом того, что в сетях связи наряду с unicast трафиком широко используется и broadcast трафик (например, при работе протокола ARP (Address Resolution Protocol)), наличие избыточных связей может приводить к образованию загроможденности трафика. Для предотвращения этого необходимо блокировать избыточные связи «до востребования», эту функцию и выполняет протокол STP (Spanning Tree Protocol) и его модификации (RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) и MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol)) [1].

В настоящей работе на базе компьютерной сети был проведен ряд экспериментов по анализу времени, затрачиваемому на перестроение связующего дерева сети при использовании STP и RSTP. На рис. 1 представлена структура экспериментальной компьютерной сети на базе коммутаторов D-Link DES-3200.

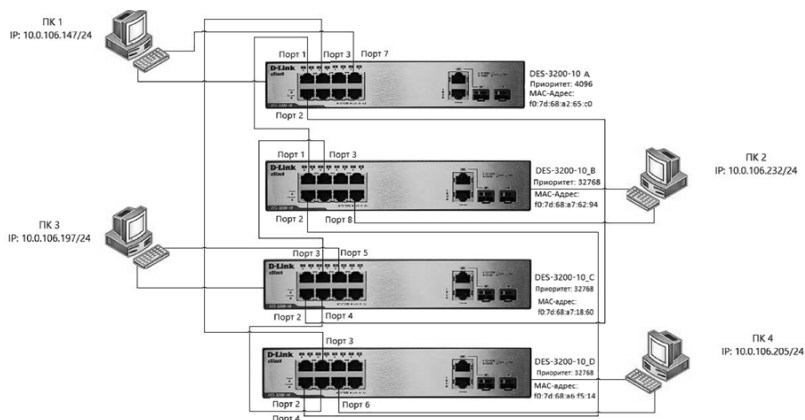


Рис. 1. Структура экспериментальной компьютерной сети

В табл. 1 представлены результаты по анализу времени (в секундах) сходимости при обрыве соединений основного дерева в экспериментальной компьютерной сети на базе коммутаторов D-Link DES-3200-10. Анализируя полученные на практике результаты можно наглядно увидеть, что по сравнению с STP, протокол RSTP позволяет практически «мгновенно» перестраивать связующее дерево сети при обрыве основного дерева.

Таблица 1. Сравнение времени сходимости протокола STP и RSTP

Протокол	Коммутатор А		Коммутатор В		Коммутатор С		Коммутатор D	
	STP	RSTP	STP	RSTP	STP	RSTP	STP	RSTP
Ком. А	–		34	2	33	2	33	1
Ком. В	34	3	–		33	2	35	2
Ком. С	36	1	30	<1	–		28	3
Ком. D	33	3	32	2	34	2	–	

Таким образом, предотвращать широковещательные «штормы», при этом обеспечив отказоустойчивость сети с использованием избыточных межкоммутаторных связей, возможно с применением на канальном уровне протокола STP. Однако, как показали результаты экспериментального исследования, RSTP по сравнению с STP, позволяет быстро переключаться за резервный маршрут, тем самым, повышая показатели качества функционирования сетей Ethernet. Последнее объясняется тем, что согласно RSTP «обходные» пути просчитываются заранее, еще до появления проблемы (проактивный подход), т.е. в этом случае в отличие от STP отсутствует необходимость заново «просчитывать» топологию. Последнее приводит к широкому применению RSTP в современных коммутируемых компьютерных сетях.

ANALYZING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF ETHERNET NETWORKS BASED ON THE STP PROTOCOL FAMILY

Golubnichaya E.Y., Krashenninnikova I.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The paper deals with the results of experimental research of Ethernet networks functioning on the basis of STP protocol family.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ DDoS АТАК В СЕТЯХ С ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИЕЙ

Васин Н.Н., Какабьян К.С.

*(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

В современном мире обеспечение надёжности и безопасности сетей критически важно, поскольку DDoS-атаки представляют серьёзную угрозу для организаций и частных лиц, вызывая перегрузку серверов и отказ в обслуживании легитимных пользователей. Это ведёт к системным сбоям, финансовым потерям и утечкам данных, что подчёркивает необходимость разработки эффективных методов обнаружения и предотвращения таких атак. Перспективное решение – применение машинного обучения, позволяющего автоматизировать детектирование сетевых атак, уменьшить количество ложных срабатываний и обнаруживать скрытые паттерны сетевого трафика, характерные для DDoS-атак [1, 2].

Цель данной работы – проанализировать различные методы машинного обучения, используемые для бинарной классификации сетевого трафика с целью выявления DDoS-атак.

Полученные результаты показывают, что большинство из рассмотренных методов демонстрируют высокую эффективность в задаче обнаружения DDoS-атак, однако их производительность связана с множеством факторов, включая сложность модели, время обучения, время реакции и точность классификации [3].

Дальнейшие исследования могут фокусироваться на оптимизации моделей через подбор гиперпараметров, снижение размерности данных и повышение их обобщающей способности.

1. Камышев С.В., Карманов И.Н. Проблемы DDoS-атак в современной IT-индустрии и методы защиты от них // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018. № 9. С. 121–125.

2. Фомичева С.Г. Методы машинного обучения в задачах обеспечения информационной безопасности: учебное пособие. СПб.: ГУАП, 2023. 136 с.

3. Кутаевских А.В., Муромцев Д.И., Кирсанова О.В. Классические методы машинного обучения: учебное пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2022. 53 с.

COMPARISON OF MACHINE LEARNING METHODS FOR DDOS ATTACK DETECTION IN PACKET-SWITCHED NETWORKS

Vasin N.N., Kakabian K.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In today's world, ensuring the reliability and security of networks is critical, as DDoS attacks pose a serious threat to organizations and individuals, causing server overload and denial of service to legitimate users. This leads to system failures, financial losses, and data breaches, underscoring the need to develop effective methods to detect and prevent such attacks. A promising solution is the use of machine learning, which makes it possible to automate the detection of network attacks, reduce the number of false positives and detect hidden patterns of network traffic typical of DDoS attacks. The purpose of this work is to analyze various machine learning methods used for binary classification of network traffic to identify DDoS attacks. The results show that most of the considered methods demonstrate high performance in the task of DDoS attack detection, but their performance is related to many factors including model complexity, training time, response time and classification accuracy. Further research can focus on optimizing models through the selection of hyperparameters, reducing the dimensionality of data and increasing their generalizability.

РАЗДЕЛЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСОВ В СЕТЯХ 5G*Тарасов В.Н., Кузнецов А.А.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Современная архитектура 4G имеет жесткую структуру, которая недостаточно гибкая и масштабируемая к различным условиям использования. В ней часто отсутствует индивидуальная настройка, когда речь идет об специфичных требованиях. С ростом объема мобильных данных появляется необходимость в быстром соединении и высокой пропускной способности, которые не могут решаться сетью 4G. Сетевые срезы в сетях 5G могут эффективно с экономической точки предоставлять несколько логических сетей на одной физической инфраструктуре. Технологии SDN и NFV вместе позволят управлять этими фрагментами по мере необходимости, не прибегая к использованию различных физических устройств в сети [1]. При этом возможно практически полное отсутствие сбоев в работе существующих сервисов. В настоящее время поставщикам услуг приходится настраивать и соединять вместе несколько компонентов и оборудования, чтобы добиться разделения сети на сегменты в 4G. Использование точки доступа (APN) или наземной мобильной связи общего пользования позволит сделать все это за более короткий промежуток времени, не вызывая проблем с производительностью текущей сессии. Существующие проблемы внедрения сетевой нарезки сети состоят в проблемах организационного характера, поскольку при внесении одного изменения необходимо затронуть различные части оборудования и править множество групп в сети поставщика услуг. Возможности программирования 5G обеспечат гибкость, позволяющую без труда создавать сквозные услуги для любых приложений. Типичный потребитель нуждается в таких параметрах, как скорость передачи данных, изоляция трафика [2]. Соответственно, если существующий экземпляр сетевого фрагмента не обладает достаточной емкостью, выделяется определенный тип сетевого фрагмента, и соответствующие сетевые функции выдаются по запросу при необходимости.

Через сеть операторов проходит огромный объем трафика данных, который будет увеличиваться с ростом числа устройств и дополнительных услуг сетей 5G. Этот трафик можно сегментировать и обрабатывать индивидуально и независимо. Кроме того, нарезка сети 5G позволяет поставщикам услуг создать сеть для всех существующих сценариев использования, которые существуют уже давно, а также для некоторых новых приложений и услуг. Каждый сегмент сети может быть изолирован,

иметь индивидуальные системы контроля и управления политиками. Использование ML позволит анализировать трафик и предпринимать необходимые корректирующие действия. ML обеспечит сетевой анализ огромных данных, которые могут быть изучены в дальнейшем для эффективного и экономичного изменения любого участка сети по мере необходимости.

1. Rashleigh S. Origins and Control of Polarization Effects in Single-Mode Fibers // *Journal of Lightwave Technology*. 1983. Vol. 1, no. 2. P. 312–331.

2. Network Slicing for 5G with SDN/NFV: Concepts, Architectures, and Challenges / J. Ordóñez-Lucena [et al.] // *IEEE Communications Magazine*. 2017. Vol. 55, no. 5. P. 80–87.

3. Network Slicing Based 5G and Future Mobile Networks: Mobility, Resource Management, and Challenges / H. Zhang [et al.] // *IEEE Communications Magazine*. 2017. Vol. 55, no. 8. P. 138–145.

RESOURCE SHARING AND OPTIMIZATION IN 5G NETWORKS

Tarasov V.N., Kuznetsov A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Traditional 4G architecture is inflexible and unable to meet the growing demands of mobile data, requiring fast connection and high bandwidth. In contrast, 5G networks offer a more scalable and efficient solution through network slicing, enabling multiple logical networks on a single physical infrastructure. The integration of SDN and NFV technologies allows for efficient management of network fragments, minimizing disruptions to existing services. However, implementing network slicing poses organizational challenges, requiring individual customization and traffic isolation. The programmability of 5G networks provides the flexibility to create end-to-end services for various applications, meeting key requirements such as high-speed data transmission and traffic isolation. This paper highlights the benefits of 5G network slicing and the challenges of implementation, emphasizing the need for a more flexible and scalable network architecture.

ВЛИЯНИЕ ФОРМИРУЮЩЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ PAPR В OFDM-СИСТЕМАХ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Сальников Р.О., Мешков. И.К, Гизатулин А.Р., Султанов А.Х.

(Уфимский университет науки и технологий)

Данное исследование фокусируется на влиянии формирующей фильтрации на характеристики PAPR в контексте низкоорбитальных спутниковых систем.

Проблема высокого отношения пиковой к средней мощности (PAPR) в OFDM-системах особенно актуальна для спутниковой связи [1]. В работе рассмотрены различные типы фильтров, включая оптимизированный фильтр с приподнятым косинусом (OBTRC) и полосовой косинусоидаальный фильтр (BTRC) [2]. Проведено имитационное моделирование в среде Matlab для оценки эффективности использования фильтрации для снижения PAPR в различных технологиях обработки сигналов: OFDM, OFDMA, LFDMA и IFDMA.

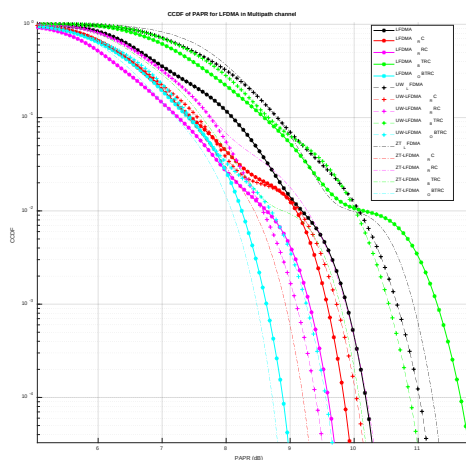


Рис. 1. Графики зависимости PAPR к CCDF для всех представленных технологий обработки в сложном канале при разнесении поднесущих в 360 кГц (LFDMA)

Результаты показывают (Рис. 1), что в условиях сложного многолучевого канала, характерного для спутниковой связи, формирующая фильтрация в сочетании с методами нулевых хвостов (ZT) и уникальных слов (UW) позволяет дополнительно снизить PAPR на 0,4-0,5 дБ для технологий на основе OFDM. Исследование подтверждает

эффективность формирующей фильтрации в снижении PAPR для спутниковых систем связи. Рекомендуется использовать фильтр OBTRC для классических OFDM-систем и BTRC для систем на основе DFT-s-OFDM, особенно в сочетании с методами ZT и UW.

Эти подходы особенно перспективны для оптимизации энергетических характеристик в будущих сетях 5G и 6G с интегрированным спутниковым сегментом.

1. Tong W., Zhu P. 6G: The Next Horizon from Connected People and Things to Connected Intelligence. Cambridge University Press, 2021. 624 p.

2. Ochiai H. Peak Power Properties of Band-Limited Signals: With Pulse Shaping or Windowing // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2024. P. 1–14.

THE PULSE SHAPING FILTERING EFFECT ON PAPR CHARACTERISTICS IN OFDM SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

*Salnikov R.O., Meshkov I.K., Gizatullin A.R., Sultanov A.Kh.
(Ufa University of Science and Technology)*

This article studies the pulse shaping effect on PAPR characteristics in the context of low-orbit satellite systems. This article studies the pulse shaping effect on PAPR characteristics in the context of low-orbit satellite systems.

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИБРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА ДЛЯ БОРЬБЫ С ЧАСТОТНЫМ РАССОГЛАСОВАНИЕМ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Сальников Р.О., Мешков. И.К., Гизатулин А.Р., Султанов А.Х.

(Уфимский университет науки и технологий)

Данное исследование направлено на оптимизацию гибридных технологий обработки сигнала для эффективного решения проблемы частотного рассогласования, возникающего вследствие различий между частотами передатчика и приемника, а также из-за эффекта Доплера [1].

В рамках исследования были проанализированы различные варианты генерации уникального слова (UW) для UW-DFT-s-OFDM:

Walsh-Hadamard (WH) это двоичная последовательность длины N , основанная на матрице Адамара, где каждый элемент может принимать значения $+1$ или -1 .

Zadoff-Chu (CAZAC) – последовательность, часто используемая в системах беспроводной связи, особенно в OFDM. Phase Noise (PN) – псевдослучайная двоичная последовательность, на самом деле является детерминированной и генерируется с помощью регистра сдвига с линейной обратной связью (LFSR).

Многофазная последовательность (Frank Code) получается путем пошаговой аппроксимации формы сигнала с линейной частотной модуляцией [2].

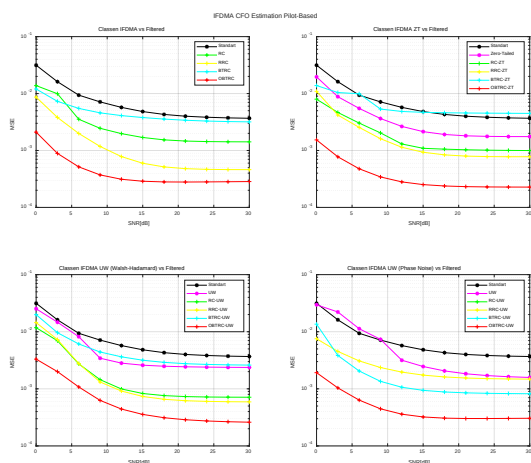


Рис. 1. Графики MSE для UW-ZT- IFDMA, канал Multipath, при разнесении в 720 кГц (128 поднесущих)

Имитационное моделирование проводилось в условиях каналов AWGN и Multipath с различным числом поднесущих (128, 256, 768) и разнесением частот (720 кГц, 360 кГц, 120 кГц). Результаты показали, что наиболее эффективными для борьбы с частотным рассогласованием оказались последовательности Уолша-Адамара (WH) и фазового псевдошума (PN) (Рис. 1).

Анализ методов оценки частотного рассогласования выявил преимущество методов Moose и Classen над методом CP-based для систем с уникальными словами. Рекомендуется использовать методы, основанные на оценке пилот-сигналов.

1. Satellite-Based Non-Terrestrial Networks in 5G: Insights and Challenges / A. Sattarzadeh [et al.] // IEEE Access. 2022. Vol. 10. P. 11274–11283.

2. Chaparro L.F., Akan A. Signals and Systems Using MATLAB® (3rd Edition). San Diego: Elsevier, 2019. 816 p.

OPTIMIZATION OF HYBRID SIGNAL PROCESSING TECHNOLOGIES FOR DEALING WITH FREQUENCY OFFSET IN COMMUNICATION SYSTEMS

*Salnikov R.O., Meshkov I.K., Gizatullin A.R., Sultanov A.Kh.
(Ufa University of Science and Technology)*

This study is aimed at optimizing hybrid signal processing techniques to solve the problem of frequency offset, which occurs due to differences between the frequencies of the transmitter and receiver, as well as due to the Doppler effect.

РАБОТА С ПОТОКАМИ ДАННЫХ В ТСП И В QUIC*Якупов Д.О.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

QUIC поддерживает концепцию одновременной работы нескольких независимых потоков байтов в соединении. Эти потоки сами по себе являются довольно абстрактным понятием в QUIC, но они соотносятся, например, с запросами и ответами на отдельные ресурсы на уровне HTTP.

Протокол ТСП использует порядковый номер в заголовке своего пакета, указывающий начальное смещение байта данных в текущем пакете в более крупном потоке. Например, ТСП-пакет размером 1400 байт с порядковым номером 10 содержит от 10 байт до 1409 байта полезной нагрузки включительно. QUIC использует другой подход, не включая метаданные полезной нагрузки в заголовок своего пакета, а используя дополнительный уровень двоичного кадрирования.

Потоковые фреймы QUIC содержат идентификатор потока (ID), указывающий, к какому потоку байтов принадлежит этот фрейм, а также поля смещения и длины. Однако эти смещения являются отдельными для каждого потока: если есть потоковый кадр для потока А со смещением 10 и длиной 1400, то также может быть последующий потоковый кадр для потока В со смещением 10 и длиной 1400, и они будут нести полностью независимые данные. В ТСП данные потока В, скорее всего, получили бы смещение 1410, поскольку они отправлялись непосредственно после данных А. Хотя это добавляет гибкости, настройка QUIC также создает новые проблемы. В то время как ТСП просто должен передавать свой однобайтовый поток по мере его получения с прикладного уровня, QUIC теперь должен решать, какой из множества текущих потоков будет отправлять данные в каждом исходящем пакете QUIC. Иными словами, он должен выбрать подход к мультиплексированию и планированию. Данное решение может быть принято на прикладном уровне, например, с помощью системы определения приоритетов H2 и H3. Однако, поскольку QUIC является автономным транспортным протоколом, предназначенным для использования помимо HTTP, полезно рассмотреть эти механизмы исключительно на транспортном уровне.

Важно отметить, что, хотя QUIC использует абстрактную концепцию потоков, он не знает о семантике, привязанной к отдельным потокам, и, следовательно, не может сам определять относительные приоритеты потоков. Иными словами, QUIC рассматривает все потоки как одинаково важные.

1. Multiplexing and Demultiplexing in Transport Layer [Электронный ресурс] / URL: <https://www.geeksforgeeks.org/multiplexing-and-demultiplexing-in-transport-layer/> (дата обращения: 16.09.2024).

2. Транспортный протокол QUIC приняли в качестве стандарта RFC 9000 [Электронный ресурс] / URL: <https://bookflow.ru/transportnyj-protokol-quic-prinyali-v-kachestve-standarta-rfc-9000/> (дата обращения: 16.09.2024).

WORKING WITH DATA STREAM IN TCP AND QUIC

Yakupov D.O.

(Povolzskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article describes the differences between TCP and QUIC, where the latter supports independent data streams on a single connection, providing greater flexibility. Framing mechanisms and multiplexing issues in QUIC are also discussed.

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАБОТЫ СЕРВЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Андреев М.Д., Стефанова И.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В современном мире информационные технологии играют ключевую роль в функционировании предприятий и организаций. А серверное оборудование является основой для хранения, обработки и передачи данных, и обеспечение его непрерывной работы является важной задачей, так как каждая поломка или сбой могут привести к серьезным репутационным и финансовым потерям.

Поэтому для обеспечения непрерывной работы необходимо грамотно настроить систему мониторинга, которая позволит ответственным операторам в кратчайшие сроки определить проблему и исправить её. Кроме этого, для обеспечения отказоустойчивости необходимы профилактические проверки и дублирование критических компонентов системы.

К основным способам обеспечения непрерывной работы, которые будут рассмотрены в докладе относятся:

1. Настройки системы резервного копирования данных. Это один из наиболее эффективных способов обеспечения непрерывной работы сервера, который позволяет восстановить информацию в случае сбоя или аварии.

2. Использование источников бесперебойного питания (ИБП). Они обеспечивают непрерывное питание сервера в случае отключения электроэнергии. Могут быть использованы как для отдельных серверов, так и для целых серверных комнат. ИБП различаются по мощности, времени автономной работы и другим параметрам.

3. Кластеризация серверов, которая позволяет объединить несколько серверов в единую систему, обеспечивающую высокую доступность и отказоустойчивость. В случае отказа одного из серверов, кластер автоматически перераспределяет нагрузку на другие узлы. Кластеры могут быть реализованы с использованием различных технологий, таких как Windows Server Failover Clustering, Linux HA, VMware vSphere High Availability и других.

4. Мониторинг и управление. Для обеспечения непрерывной работы серверов необходимо осуществлять мониторинг их состояния и параметров. Этот пункт включает в себя: анализ работы систем с помощью специального программного обеспечения, контроль над физическими

компонентами с помощью аппаратных средств, анализ сетевого трафика, тестирование и сертификация кабельных сетей.

5. Регулярное обслуживание и обновление. Регулярное техническое обслуживание серверов включает в себя чистку от пыли, проверку температуры и напряжения, замену неисправных компонентов и т. д.

6. Обеспечение физической защиты. Серверы должны быть защищены от физических угроз, таких как пожар, кража или вандализм. Для этого можно использовать системы видеонаблюдения, охранную сигнализацию, сейфы и другие меры безопасности.

7. Обучение персонала. Персонал, ответственный за работу серверов, должен быть обучен правилам эксплуатации, обслуживания и реагирования на возможные проблемы.

В докладе при выступлении будут подробнее рассмотрены существующие способы непрерывной работы серверного оборудования и программное обеспечение, с помощью которых реализуются описанные ранее пункты, а также их сравнительный анализ. А также представлены предложения по улучшению инструментов мониторинга, управления, резервного копирования и кластеризации с помощью современных облачных технологий, и нейронных сетей.

WAYS TO ENSURE THE CONTINUOUS OPERATION OF SERVER EQUIPMENT

Andreev M.D., Stefanova I.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article will consider the main ways to ensure the continuous operation of server equipment, which is an important task, since each breakdown or failure can lead to serious reputational and financial losses.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ SEO ОПТИМИЗАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Макаров И.С., Косырев Е.А., Лутаев Д.О.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В современном информационно насыщенном и конкурентном мире перед производственными компаниями стоит важнейшая задача эффективного продвижения своей деятельности для привлечения клиентов и увеличения продаж. В этом контексте присутствие в Интернете и видимость в поисковых системах играют ключевую роль в привлечении внимания потенциальных клиентов. Поисковая оптимизация (SEO) – это стратегия, направленная на улучшение видимости сайта в результатах поисковых систем, позволяющая потенциальным клиентам легко найти компанию в Интернете среди множества конкурентов [1]. Цель данного исследования – изучить эффективность SEO-оптимизации в обрабатывающей промышленности и ее влияние на привлечение клиентов и рост продаж. Исследование не только изучает теоретические основы SEO, но и исследует практические результаты его применения в реальной производственной компании. Понимание различных методов SEO-оптимизации, определение того, какие из них наиболее применимы, и выявление менее эффективных стратегий необходимы для разработки эффективного маркетингового плана для производственных компаний. Такие знания имеют решающее значение для обеспечения их успешного роста в цифровую эпоху [2].

Цель данного исследования – изучить эффективность внедрения SEO-оптимизации на производстве и ее влияние на привлечение клиентов. Основное внимание уделено теоретическим основам SEO и практическим результатам его применения на примере интернет-магазина «есо2b». В ходе исследования проанализированы методы оптимизации, такие как создание и обновление контента, оптимизация метатегов, внутренние ссылки и оптимизация ключевых слов [3].

Исследование проводилось с использованием сервиса Яндекс.Метрика на протяжении трех месяцев. Полученные результаты свидетельствуют о том, что все примененные методы оптимизации оказали положительное воздействие на посещение сайта. Наиболее значительный прирост трафика был отмечен при использовании метода внутренних ссылок, что подтвердило его эффективность в привлечении пользователей. Так же оптимизация контента и метатегов значительно способствовала росту

посещения сайта, в то время как недостаточная проработка ключевых слов стала причиной снижения посещаемости.

Следовательно, для достижения лучших результатов в привлечении трафика необходимо применять комплексный подход к SEO, который охватывает все стратегии SEO-оптимизации. Так же важным аспектом является систематический анализ и обновление стратегий, что способствует не только поддержанию, но и росту посещаемости сайтов в современных условиях [4].

1. SEO – что такое SEO. Panshin group [Электронный ресурс] / URL: <https://apanshin.ru/blog/wiki/seo/> (дата обращения 15.04.2024).

2. Ашманов И. Оптимизация и продвижение в поисковых системах. 4-е изд. СПб.: Питер, 2019. 512 с.

3. Искусство раскрутки сайтов. 2-е изд. / Э. Энж [и др.]. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 688 с.

4. Севостьянов И.О. Поисковая оптимизация. Практическое руководство по продвижению сайта в Интернете. СПб.: Питер, 2010. 240 с.

RESEARCH ON THE EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTING SEO OPTIMIZATION IN PRODUCTION

Makarov I.S., Kosirew E.A., Lutaew D.O.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This study is dedicated to assessing the effectiveness of implementing SEO optimization in manufacturing companies to increase their online visibility and attract new customers. We present a comprehensive methodology for analyzing the current state of online presence, developing individual SEO strategies, implementing optimization, and monitoring results. The findings confirm that a well-planned SEO strategy leads to increased traffic, improved search rankings, higher conversion rates, and reduced advertising costs. Keywords: SEO optimization, manufacturing companies, search engine visibility, online presence, marketing strategy, organic traffic.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ СЕТЕЙ*Баженов А.Э.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Моделирование и анализ поведения сетей представляют собой фундаментальные методы, широко применяемые в исследовании и проектировании сетевых систем. Они позволяют глубоко изучать взаимодействие компонентов сети, анализировать влияние различных факторов на ее работу и предсказывать ее поведение в разных условиях.

Аналитическое моделирование основывается на математических моделях, представляющих сеть как систему с определенными параметрами и законами взаимодействия. Этот метод эффективен для быстрой оценки сетевых характеристик, однако его точность ограничена упрощениями, необходимыми для математического описания.

Симуляционное моделирование представляет собой более реалистичный подход, основанный на создании виртуальной копии сети и имитации ее работы в различных сценариях. Этот метод позволяет учитывать большое количество деталей и проводить исследования с высокой степенью точности, но требует значительных вычислительных ресурсов.

Гибридное моделирование комбинирует преимущества аналитического и симуляционного подходов, позволяя достичь оптимального баланса между точностью и эффективностью. Этот метод особенно актуален для анализа сложных сетевых систем, где учет всех деталей невозможен с помощью чисто аналитических или симуляционных методов.

Анализ поведения сети включает в себя изучение различных аспектов ее работы, таких как:

Производительность: скорость передачи данных, пропускная способность, задержка, потери пакетов; Надежность: устойчивость сети к сбоям, авариям и другим нештатным ситуациям; Безопасность: уязвимости сети к кибератакам, эффективность механизмов защиты; Трафик: тип и объем передаваемых данных, временные характеристики трафика.

Результаты моделирования и анализа используются для оптимизации архитектуры сети и ее параметров конфигурации; Разработки и тестирования новых сетевых протоколов и технологий; Оценки влияния новых технологий на работу сети до их внедрения; Создание систем мониторинга и управления сетью.

Моделирование и анализ поведения сетей являются неотъемлемой частью научных исследований в области сетевых технологий. Применение

этих методов позволяет разрабатывать более эффективные, надежные и безопасные сетевые решения, способные удовлетворять постоянно растущие потребности современного общества.

1. Системный анализ: лекции и учебные пособия. «Теория систем и системный анализ» (И.Б. Родионов) [Электронный ресурс] / URL: <https://victor-safronov.ru/systems-analysis/lectures/rodionov/08.html> (дата обращения 08.09.2024).

2. Транспортный протокол QUIC приняли в качестве стандарта RFC 9000 [Электронный ресурс] / URL: www.bookflow.ru (дата обращения 08.09.2024).

NETWORK BEHAVIOR MODELING AND ANALYSIS.

Bazhenov A.E.

(Povolzskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Network behavior modeling and analysis are essential tools for understanding and managing complex network systems. Using these methods allows for optimizing network performance, developing new technologies, and improving information security.

ПОСТРОЕНИЕ МНОЖЕСТВА ДОПУСТИМЫХ МАРШРУТОВ*Исмагилов Э.А., Козлов С.В., Спирина Е.А.**(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ)*

Для повышения пропускной способности сетей связи в [1] за счёт снижения потока внутрисистемных помех разработан способ совместной динамической маршрутизации (СДМ). Однако на сегодняшний день вариантов его практической реализации не существует. Эта работа посвящена разработке методики построения множества допустимых маршрутов в SND сетях связи, которое необходимо на этапе анализа метода СДМ.

Формирование множества допустимых маршрутов, делится на две задачи – нахождение всех возможных одномерных маршрутов и определение множества многомерных маршрутов, которое является объединением одномерных маршрутов, не использующих одинаковые каналы связи (КС).

Нахождение всех возможных одномерных маршрутов с точки зрения теории графов сводится к нахождению всех простых путей. Для её решения необходимо определить список смежности, представляющий собой перечень КС. В SDN сетях связи эта задача реализуется SDN контроллером. В этой работе для моделирования SDN сети используется эмулятор сети Mininet с SDN контроллером RYU, позволяющим получить перечень КС с помощью модуля Topology.

Для примера топологии SDN сети связи, представленной на рис. 1, список смежности имеет вид:

((h1:1)-(s1:1)),	((h2:1)-(s1:2)),	((h3:1)-(s1:3)),	((h4:1)-(s2:1)),
((h5:1)-(s2:2)),	((h6:1)-(s3:1)),	((h7:1)-(s4:1)),	((s1:1)-(h1:1)),
((s1:2)-(h2:1)),	((s1:3)-(h3:1)),	((s1:4)-(s2:3)),	((s1:5)-(s4:2)),
((s2:1)-(h4:1)),	((s2:2)-(h5:1)),	((s2:3)-(s1:4)),	((s2:4)-(s4:2)),
((s3:1)-(h6:1)),	((s3:2)-(s4:3)),	((s4:1)-(h7:1)),	((s4:2)-(s2:4)),
((s4:3)-(s3:2)),	((s4:2)-(s1:5)).		

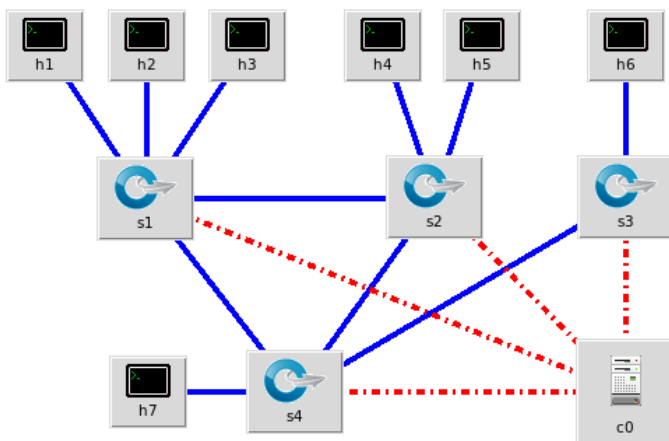


Рис. 1. Пример топологии сети

По полученному списку определение одномерных маршрутов осуществляется методом обхода графа с использованием поиска в глубину (DFS).

Задачу формирования многомерных маршрутов можно решить с использованием модифицированного алгоритма Брона-Кербоша, который позволяет снизить вычислительную сложность.

BUILDING A SET OF VALID ROUTES

*Ismagilov E.A., Kozlov S.V., Spirina E.A.
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

In this paper, we consider a method for constructing a valid routes set in SDN networks. The formation of a valid routes set is described, consisting of two tasks – finding all possible one-dimensional routes and determining among them a multidimensional routes set.

СЕКЦИЯ 3

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

МЕТОДОЛОГИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Киреева Н.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В современном мире программное обеспечение (ПО) является неотъемлемой частью всех областей бизнеса и повседневной жизни. Ошибки в ПО могут привести к серьезным последствиям, включая финансовые потери, утрату данных и ущерб репутации. Поэтому эффективное тестирование ПО становится критически важным для обеспечения качества и надежности продуктов. С увеличением сложности программных систем и требований к ним, традиционные методы тестирования уже не всегда достаточны. Это приводит к необходимости применения новых и более эффективных методологий, которые могут справиться с современными вызовами. Рассмотрим методологии тестирования ПО и их интеграцию в Agile и DevOps, а также тестирование на основе требований и на основе рисков.

Основные методологии тестирования: функциональное тестирование, нефункциональное тестирование, регрессионное тестирование, автоматизированное тестирование.

Интеграция тестирования в Agile:

1. Гибкость и итеративность: В Agile методологиях тестирование происходит в рамках спринтов и итераций, что обеспечивает быстрый цикл обратной связи и позволяет оперативно исправлять дефекты.

2. Behavior-Driven Development (BDD): Описание тестов на языке, понятном всем членам команды, что способствует лучшему пониманию требований и упрощает разработку тестов.

3. Test-Driven Development (TDD): Написание тестов до кода, что помогает сосредоточиться на требованиях и поддерживать высокое качество кода.

Интеграция тестирования в DevOps:

1. Continuous Testing: Непрерывное тестирование в процессе непрерывной интеграции и развертывания, что обеспечивает постоянную проверку кода и быструю идентификацию дефектов.

2. Автоматизация: Широкое использование автоматизированных тестов для поддержания стабильности и надежности ПО при частых изменениях.

3. Тестовые среды: Применение контейнеров и виртуальных сред для создания воспроизводимых и изолированных тестовых окружений.

Тестирование на основе требований: разработка тестов в соответствии с функциональными и нефункциональными требованиями, что обеспечивает соответствие ПО заданным критериям. Преимущества: Явная связь между тестами и требованиями, упрощение проверки выполнения требований. Недостатки: Возможность упущения неявных требований и дефектов, выявляемых только в контексте использования системы.

Тестирование на основе рисков: Фокус на тестировании наиболее критичных и потенциально проблемных областей системы, основанное на оценке рисков. Преимущества: Эффективное распределение ресурсов на тестирование критичных областей, минимизация вероятности возникновения серьезных дефектов. Недостатки: Возможность упущения менее очевидных, но важных дефектов, сложность в идентификации и оценке всех рисков.

Будущее тестирования ПО: искусственный интеллект и машинное обучение; углубленная аналитика; интеграция с DevSecOps.

Представим некоторые статистические данные, которые подчеркивают эффективность различных методологий тестирования ПО: согласно отчету «Agile and DevOps Trends in Russia 2023» от Jelvix, более 60% IT-компаний в России внедряют Agile-методологии. При этом около 50% компаний также интегрируют тестирование в DevOps-процессы; исследование «Тенденции и практики тестирования ПО в России» от Russoft показывает, что около 55% российских компаний применяют тестирование на основе требований для обеспечения соответствия ПО заданным критериям.

Методологии тестирования ПО должны быть адаптированы в зависимости от особенностей проекта, используемых технологий и бизнес-требований.

SOFTWARE TESTING METHODOLOGIES

Kireeva N.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Software testing is critically important for ensuring reliability and preventing serious consequences. This article covers key testing methodologies, including functional, non-functional, regression, and automated testing, as well as their integration into Agile and DevOps. It discusses requirement-based and risk-based testing approaches and the future of testing with the use of AI and analytics. In Russia, over 60% of IT companies implement Agile, and about 55% use requirement-based testing. Methodologies should be adapted to project specifics and business requirements.

О ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ СМЕШАННОЙ (MR) РЕАЛЬНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬНОМ КОНТРОЛЕ

*Порхун А.Н.
(ООО «АР СОФТ»)*

Работа посвящена решению задачи создания национального стандарта (ГОСТ), позволяющего использовать технологии искусственного интеллекта (ИИ), дополненной (AR) и смешанной реальностей (MR), а также, в связке с указанными технологиями, устройства такие, как смартфоны, планшеты, роботизированные устройства, беспилотное авиационные системы при строительном контроле объектов капитального строительства.

Проблема заключалась в том, что на момент разработки проекта ГОСТ [1] не существовало термина, описывающего группу устройств, которых объединяло бы использование технологии AR, MR и ИИ при строительном контроле, что являлось тормозящим фактором внедрения инноваций в строительную отрасль РФ. Возникали справедливые вопросы: 1) как использовать устройства AR и MR при строительном контроле, каково их назначение; 2) какие требования предъявлять к оборудованию и ПО, позволяющим использовать указанные технологии; 3) являются ли устройства AR/MR средствами измерений.

Для решения данной задачи компания «Ар Софт» разработала проект ГОСТ, работы по его написанию велись с января 2022 года. ГОСТ должен был быть разработан на основании Распоряжения правительства Российской Федерации от 20.12.2021 № 3719-р. В качестве технического комитета был выбран ТК-164, в чьи полномочия входила разработка национальных стандартов по данному направлению. В результате разработки проект стандарта претерпел изменения, было выпущено три редакции, окончательная редакция в настоящий момент прошла экспертизу, голосование и нормоконтроль. Соработчиком выступил ПАО «Газпром нефть». Плановая дата публикация ГОСТ ноябрь/декабрь 2024 года. Для будущих стандартов данного направления создана группа – «Технологии искусственного интеллекта в дополненной и смешанной реальности». Настоящий ГОСТ [2] устанавливает общие положения использования технологий ИИ, AR, MR при проведении непрямого визуального контроля для определения несоответствия геометрических параметров объектов капитального строительства, устанавливаемых цифровыми информационными моделями. Положения настоящего стандарта распространяются на применение устройств, не являющихся измерительными приборами, в том числе роботов и робототехнических

устройств, включая беспилотные авиационные системы, использующих технологии ИИ, AR, MR при выполнении контрольных мероприятий подрядчиком или заказчиком во время проведения строительного контроля и/или при проведении авторского надзора при осуществлении визуального контроля состояния строящихся объектов капитального строительства и технологий выполнения строительно-монтажных и специальных работ, а также техническом осмотре результатов их проведения.

Внедрение стандарта позволит: сформировать общие подходы к применению технологий ИИ, AR, MR в процессе проведения строительного контроля объектов капитального строительства и авторского надзора за строительством зданий и сооружений.

Предполагается, что в будущем работа с чертежами на строительных площадках будет заменена работой с цифровыми информационными базами, а это означает, что потребуется соответствующая нормативная база.

1. Уведомление о разработке проекта документа национальной системы стандартизации [Электронный ресурс] / URL: <https://fgis.gost.ru/share/page/rsprs/nds-details?uuid=663706fa-6209-4722-9c50-ff02cfea10ca> (дата обращения: 09.09.2024).

2. ГОСТ Р 71718-2024 Т «Технологии искусственного интеллекта в дополненной и смешанной реальности. Контроль визуальный не прямой геометрических параметров объектов капитального строительства. Общие положения» [Электронный ресурс] / URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310018803> (дата обращения: 11.09.2024).

ABOUT THE USE OF MIXED REALITY (MR) TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION CONTROL

Porkhun A.N.

(AR SOFT LLC)

The report examines the prospects for the use of artificial intelligence, augmented (AR) and mixed reality (MR) technologies in the construction control of capital construction facilities. The main attention is paid to the development of a national standard regulating the use of these technologies, as well as devices such as smartphones, unmanned aircraft systems and robotics. The author focuses on the problem of the lack of a suitable term for the AR/MR group of devices, which makes it difficult to introduce new technologies into the construction industry. The introduction of the standard will allow us to form common approaches to the use of MR technologies in construction control, minimize errors caused by the human factor, and simplify work with digital information models at the construction stage.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С МАЛЫМ КОЛИЧЕСТВОМ ДАННЫХ

Бедняк С.Г., Пириг Д.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В последние годы машинное обучение стало одним из самых мощных инструментов для решения задач в самых разных областях – от медицины и биологии до финансов и маркетинга. Модели машинного обучения способны решать задачи классификации, регрессии, кластеризации и многие другие.

Важным аспектом успешного обучения таких моделей является наличие большого количества данных, которые позволяют моделям выявлять сложные зависимости, обобщать полученные знания и применять их к новым ситуациям и делать точные предсказания. Но зачастую разработчики ML-моделей сталкиваются с проблемой доступности необходимого для эффективного обучения моделей данных, что создаёт проблемы с переобучением (overfitting), снижает обобщающую способность модели и затрудняет создание качественных предсказательных систем.

Проблема нехватки данных в машинном обучении является одной из самых распространённых и серьёзных преград на пути к созданию эффективных моделей. Эта проблема возникает по ряду причин и может существенно ограничить возможности использования методов машинного обучения.

Высокая стоимость сбора данных является одной из основных причин нехватки данных для обучения моделей. В некоторых областях, например, в сложных инженерных системах, сбор данных может потребовать значительных финансовых и временных ресурсов.

Во многих случаях данные могут быть просто недоступны для исследователей и компаний. Это может быть связано с правовыми, этическими или коммерческими ограничениями. Например, финансовые компании могут не делиться своими данными из-за конкуренции, а медицинские учреждения – из-за требований защиты персональных данных. В результате доступ к ценным наборам данных может быть сильно ограничен.

Некоторые задачи машинного обучения имеют настолько специфический характер, что соответствующих данных просто не существует в необходимом объёме. Это особенно актуально для задач, связанных с редкими событиями или аномалиями, например,

прогнозирования чрезвычайных ситуаций, разработке новых продуктов и технологий. В таких случаях собрать достаточно данных становится практически невозможно, поскольку такие явления встречаются крайне редко.

Другая причина нехватки данных – это сложность в обработке и аннотировании данных. Многие модели требуют данных, которые предварительно размечены вручную или автоматически (например, метки классов в задачах классификации). Процесс аннотирования данных может быть трудоёмким и требовать участия экспертов.

Для решения задач машинного обучения при дефиците данных могут быть применены следующие методы:

1. Использование методов аугментации данных (Data Augmentation). Данный метод позволяет искусственно расширить доступный набор данных с помощью различных техник. Для изображений применяют повороты, сдвиги, масштабирование, отражение и добавление шума. Для текста: перефразирование, синонимизация, вставка случайных слов или изменение порядка слов.

2. Применение генеративных моделей (GAN, VAE). Генеративные модели, такие как генеративно-состязательные сети (GAN) и вариационные автокодировщики (VAE), позволяют создавать синтетические данные, которые похожи на реальные. Эти модели способны генерировать новые изображения, тексты или звуковые файлы, расширяя тем самым тренировочный набор данных.

3. Регуляризация и техники уменьшения переобучения. Регуляризация (например, L1/L2-регуляризация) и использование методов, таких как Dropout, помогают предотвратить переобучение и улучшить обобщающую способность модели.

Правильное сочетание данных методов помогает эффективно справляться с проблемой нехватки данных и эффективно обучать создаваемые модели машинного обучения.

SOLVING MACHINE LEARNING PROBLEMS WITH SMALL DATA

Bednyak S.G., Pirig D.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Successful training of models using machine learning depends on the availability of a large amount of data, allowing algorithms to identify hidden patterns. A common problem is when the available amount of data is insufficient for training. To solve these problems, special methods are used that allow high-quality training of the model even on small data.

МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ДАННЫХ

Бедняк С.Г., Пириг Д.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Современные методы машинного обучения (ML) создали широкие возможности не только для анализа и предсказания данных, но и для их создания. Генерация данных с помощью ML в наше время получила применение во многих сферах от генерации изображений и текстов до создания датасетов для обучения новых нейросетей. Основой для этого стали различные алгоритмы генеративных моделей. Данные модели первоначально обучают на реальных данных. Впоследствии генеративные модели способны создавать новые синтетические данные, имеющие сходство с первоначальными данными.

Ключевыми моделями машинного обучения, используемые для генерации данных, на данный момент являются GAN, VAT, авторегрессионные модели и диффузионные модели.

Генеративно-состязательные сети (GAN) стоит отметить, как наиболее популярную и востребованную генеративную модель. Основой GAN являются два компонента: генератор и дискриминатор. Генератор обучают создавать новые данные так, чтобы они были похожи на реалистичные первоначальные данные. Дискриминатору в свою очередь ставится задача анализировать данные, получаемые от генератора, и выявить из них реалистичные данные и фейковые. В процесс обучения такой модели происходит состязательный механизм между генератором и дискриминатором. В результате работы хорошо обученной модели генератор предсказывает данные, которые очень похожи на реальные.

Вариационные автокодировщики (VAE) являются реализациями базирующихся на автоэнкодерах генеративного подхода. VAEs обучаются методом сжатия входных данных кодировать их методом вероятностного распределения данных в скрытое (латентное) пространство. Генерация же новых данных происходит в результате обратного процесса декодирования данных путем выборки из вероятностного распределения. Данные в непрерывное латентное пространство, из которого можно генерировать новые данные, похожие на исходные, путем восстановления через декодировщик, при этом они моделируют вероятностное распределение входных данных. GANs получили широкое применение при генерации изображений, текстов и музыки.

Авторегрессионные модели основываются на прогножном подходе генерации данных. Анализируя предшествующие данные, данный вид моделей учится предсказывать последующие данные. Такие модели часто применяют для временных рядов, генерации текста и музыкальных последовательностей.

Диффузионные модели являются относительно новым видом генеративных моделей. Данный вид моделей функционирует с применением идеи диффузионных процессов. Применяя «шумовой» подхода к входным данным, модель в процессе обучения учится извлекать шум, получая первоначальные данные. В результате извлечения шума происходит генерация новых данных, которые очень похожи на первоначальные реалистичные данные. Диффузионные модели уже получили применение при генерации изображений с большим разрешением, синтеза аудио и музыки, создании реалистичных 3D-объектов.

Модели машинного обучения для генерации данных открыли огромные возможности в самых разных сферах, от искусства до науки. Генеративные модели, такие как GAN, VAE, авторегрессионные и диффузионные модели, позволяют решать задачи создания новых данных для обучения, улучшения существующих данных и даже синтеза изображений, звуков или текстов. Однако каждый из подходов имеет свои особенности и ограничения, которые необходимо учитывать при выборе модели для конкретной задачи.

1. Рашка С., Мирджалили В. Python и машинное обучение, 2-е издание. М.: ДМК Пресс, 2020. 848 с.

MACHINE LEARNING MODELS FOR DATA GENERATION

Bednyak S.G., Pirig D.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Modern machine learning methods open up opportunities not only for analyzing and predicting data, but also for creating it. Data generation using ML has a wide range of applications: from creating new images and texts to improving existing data sets for training models. This task is based on various generative model algorithms that are trained on real data and can generate new samples similar to the original ones.

**АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА
ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ***Киреев К.Е., Симагина С.Г.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

В современном мире, компании все чаще подвергаются атакам со стороны хакеров. Атаки становятся сложнее, подготовке инструментария для эксплуатации уязвимостей уделяется особое внимание в сообществе хактивистов. Чтобы успешно противостоять новым угрозам необходимо своевременно обнаруживать и изучать работу вредоносного программного обучения (ПО). Процесс изучения должен однозначно определить цели и методы их достижения, чтобы в дальнейшем создать автоматизированные правила обнаружения и предотвращения вредоносной активности. Для успешного изучения необходим специальный набор инструментов. Одним из способов изучения является анализ на специально подготовленных виртуальных машинах. Запуск вредоносных файлов не причинит вреда основной системе и позволит проследить всю цепочку активности. После попадания в систему вирусное ПО часто обращается к удаленным серверам для загрузки дополнительных модулей или для связи с управляющим сервером. Чтобы отследить к каким серверам и для чего обращается ПО необходимо анализировать сетевой трафик. Предлагаемый алгоритм анализа сетевого трафика, отличается скрытостью для других программ и ориентированностью на конкретные процессы и включает следующие характеристики.

При рассмотрении вопроса анализа сетевой активности виртуальной машины, изначально возникает вопрос, где мы хотим собирать трафик: собирать трафик внутри самой виртуальной машины или собирать трафик на основной машине с виртуального интерфейса песочницы. Проведенный анализ показал, что с точки зрения надежности изолированности песочницы является вариант снятия дампа трафика внутри виртуальной машины.

Для снятия трафика существует множество различных утилит, но в результате их сравнения была выбрана tcpdump [1], которая позволит собирать весь сетевой трафик для дальнейшего анализа. Так как известны случаи обнаружения ПО, которое может отключать различные процессы в системе утилиты, чтобы вредоносную нагрузку было сложнее отследить и т.п. вирус может просто не запуститься, в связи с этим необходимо будет скрыть наши утилиты для анализа, использование обфускации кода поможет скрыть активность наших инструментов.

Еще одной из проблем динамического анализа трафика является отделение легитимного трафика, от трафика, генерируемого исследуемым ПО. Для решения этой задачи предлагается использовать утилиту strace [2]. Таким образом, получится отследить все дерево процессов, чтобы в дальнейшем в режиме реального времени обновлять фильтры по захвату сетевого трафика. Под обновлением фильтров подразумевается создание нового захвата конкретного процесса. Следовательно, для каждого нового процесса будет создаваться новый процесс захвата трафика по заданным параметрам. Чтобы упростить процесс анализа, необходимо из перехваченного трафика корректно извлечь структурированную информацию из неструктурированных или полуструктурированных данных в удобном для чтения и анализа виде.

Описанный процесс позволит оперативно и достаточно точно отслеживать сетевую активность вредоносного ПО при его анализе. Актуальность необходимости данных решений подтверждается при изучении отчетов компаний по изучению различных хакерских атак. Система по анализу сетевого трафика, описанная в этой статье является лишь частью большего проекта по созданию надежной песочницы, которая поможет исследователям изучать и противодействовать активности новых сложных хакерских атак.

1. Официальная страница утилиты tcpdump [Электронный ресурс] / URL: <https://www.tcpdump.org/> (дата обращения: 07.09.2024).

2. Официальная страница утилиты strace [Электронный ресурс] / URL: <https://www.strace.io/> (дата обращения: 07.09.2024).

ALGORITHM FOR ANALYSIS OF MALWARE NETWORK TRAFFIC

Kireev K.E., Simagina S.G.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

An algorithm for analyzing network traffic of malware is proposed, which is hidden from other programs and focused on specific processes and includes the following characteristics and stages: taking a traffic dump inside a virtual machine; code obfuscation; creating for each new process a new traffic capture process according to specified parameters; structuring information and its analysis.

КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ИНЦИДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ДИАГРАММ ПАРЕТО

Карякин Д.В., Симагина С.Г.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В современных реалиях, ни одна компания или организация, даже самая маленькая, практически не может обойтись без информационных систем и минимальной ИТ инфраструктуры и совместно с этим встает вопрос безопасности и конфиденциальности данных.

Инцидент информационной безопасности – это одно или группа событий, которые являются нежелательными или неожиданными для компании, которые способствуют нарушениям бизнес-процессов и могут спровоцировать утечку критичной информации.

Основополагающими системами обнаружения и реагирования на инциденты кибербезопасности являются SIEM (Security Incident and Event Management) и IRP (Incident Response Platform). Первое решение позволяет собирать и управлять событиями безопасности, агрегировать их и впоследствии формировать инцидент ИБ и интегрировать его в как раз вторую систему IRP. Платформа реагирования в свою очередь является основным средством взаимодействия с оператором-аналитиком, в котором он выясняет обстоятельства произошедшего, классифицирует и принимает меры в устранении уязвимости.

Одной из проблем данных систем является отсутствие глобальной статистики и распыление внимания оператора на малозначимые инциденты. Из-за этого могут возникнуть критически важные замедления в реагировании на опасные для конфиденциальности информации события. Другой же проблемой может оказаться неэффективность мер, применяемых для устранения той или иной уязвимости, так как некоторые события будут возникать снова и снова с длительной периодичностью, что может поспособствовать излишним затратам.

Для решения данной проблемы, предлагается использовать диаграммы Парето. Диаграммы, основанные на принципе 80/20, могут быть полезны для классификации и анализа инцидентов информационной безопасности, помогая организациям сосредоточить усилия на наиболее значимых проблемах.

Первоначальным этапом реализации данного метода, является создание базы данных из событий, собранных из вышеупомянутых систем SIEM и IRP, для классификации по следующим признакам:

1. Типы угроз (вредоносное ПО, фишинг, DDoS-атаки и т. д.).
2. Причины (человеческая ошибка, уязвимости в ПО).
3. Частота и количество инцидентов.
4. Ущерб или влияние (финансовые потери и репутационные риски).

Построение диаграмм поможет увидеть, что, как правило, 80% последствий вызваны 20% инцидентов. Это позволяет выявить ключевые происшествия, которые оказывают наибольшее влияние на безопасность, и сосредоточить ресурсы на их предотвращении.

Таким образом, на основе диаграмм Парето можно определить ключевые инциденты, которые требуют немедленного внимания (например, фишинг или вирусы, если они составляют наибольший процент угроз) и перераспределить ресурсы на усиление защиты от тех инцидентов, которые встречаются реже, но могут нанести наибольший ущерб (например, целенаправленные атаки).

CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF INFORMATION SECURITY INCIDENTS USING PARETO DIAGRAMS

Karyakin D.V., Simagina S.G.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

It is proposed to use Pareto charts to classify and analyze information security incidents in order to optimize and increase the speed of elimination and response to them. The work consists of constructing diagrams based on a database of information security events, assessing their effectiveness and methods of implementation and integration into modern security systems.

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ В СФЕРЕ PR

Анташева В.Г., Вержаковская М.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Цифровая трансформация затронула все аспекты коммуникации, включая связь организаций с их целевой аудиторией. Сфера PR (Public Relations, связи с общественностью), традиционно основанная на человеческих отношениях и креативных подходах, начала активнее интегрировать искусственный интеллект (ИИ), который предоставляет новые возможности для более эффективного взаимодействия с общественностью. Основные направления применения ИИ в PR включают автоматизацию задач, анализ больших данных для прогнозирования тенденций, а также повышение уровня персонализации коммуникаций.

Одним из ключевых направлений, где ИИ показывает свою эффективность, является автоматизация рутинных PR-задач. К ним относятся создание пресс-релизов, мониторинг упоминаний брендов в медиа, а также проведение анализа настроений в социальных сетях. Использование чат-ботов для поддержки клиентов и автоматического создания отчетов освобождает PR-специалистов от монотонной работы и позволяет сосредоточиться на стратегических задачах.

Примером эффективного применения ИИ является платформа для мониторинга упоминаний в СМИ, которая не только собирает данные, но и анализирует тональность и эмоции в обсуждениях, предоставляя PR-специалистам инструменты для принятия решений.

Искусственный интеллект также позволяет значительно улучшить процесс персонализации сообщений для разных групп целевой аудитории. Благодаря анализу поведения пользователей в интернете и их цифрового следа, компании могут адаптировать контент под конкретные интересы и предпочтения людей. Например, ИИ может анализировать контент, с которым взаимодействует пользователь, и предлагать релевантные материалы на основе предшествующих действий, что значительно увеличивает эффективность PR-кампаний.

Персонализированные рассылки и контент становятся все более важными в условиях информационного перегруза, с которым сталкиваются потребители. Применение ИИ в этом направлении помогает повысить уровень вовлеченности аудитории и улучшить восприятие бренда.

Прогнозирование является еще одним важным аспектом внедрения ИИ в PR. Используя большие данные и алгоритмы машинного обучения, PR-специалисты могут анализировать прошлые кампании и предсказывать успех будущих. Это позволяет лучше оценивать риски, определять потенциальные кризисные ситуации и управлять репутацией бренда более эффективно.

Прогнозная аналитика помогает не только предотвращать кризисы, но и формировать стратегии коммуникации с опережением событий, что особенно важно в условиях быстро меняющейся цифровой среды. Примером может служить использование ИИ для анализа настроений в социальных сетях, который позволяет оперативно реагировать на возникающие негативные обсуждения.

С внедрением ИИ меняется и роль специалистов по связям с общественностью. Они все чаще становятся стратегами, которые используют данные для разработки долгосрочных PR-кампаний, уделяя меньше времени рутинным задачам. В то же время важно отметить, что человеческий фактор, такие как творческое мышление и эмоциональный интеллект, остаются ключевыми аспектами успешных коммуникаций, которые ИИ пока не может заменить.

Искусственный интеллект оказывает значительное влияние на развитие PR-индустрии, улучшая эффективность процессов за счет автоматизации, персонализации и прогнозирования. Тем не менее, успешное внедрение ИИ требует от PR-специалистов новых навыков и знаний, что создает новые вызовы и возможности для профессионалов. Важно отметить, что искусственный интеллект не заменяет человеческий интеллект, но дополняет его, открывая новые горизонты для более эффективного взаимодействия с аудиторией.

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON STRATEGIC MANAGEMENT IN THE FIELD OF PR

Antasheva V.G., Verzhakovskaya M.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

With the development of digital technologies, artificial intelligence (AI) is beginning to play an increasingly important role in the field of public relations (PR). The article examines the key areas of AI's influence on PR activities, such as automation of routine processes, personalization of content and the use of predictive analytical tools to more accurately determine strategies for interacting with the audience.

ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В PR

Анташева В.Г.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

С развитием искусственного интеллекта (ИИ) PR-индустрия получает доступ к более мощным инструментам для анализа данных, автоматизации процессов и усиления персонализации коммуникаций. Однако параллельно с этими инновациями возникают новые вызовы, особенно в области этики. Вопросы, касающиеся конфиденциальности данных, прозрачности использования ИИ и манипуляции информацией, требуют все большего внимания со стороны PR-профессионалов и компаний.

Одной из центральных этических проблем при использовании ИИ в PR является прозрачность работы алгоритмов ИИ. В PR часто используются алгоритмы для создания сообщений, их таргетинга и анализа настроений аудитории. Однако пользователи могут не осознавать, что их взаимодействие с брендами определяется ИИ, что ставит под сомнение этическую корректность таких практик.

Одним из решений этой проблемы может быть внедрение принципа прозрачности в PR-коммуникации, когда пользователи будут осведомлены о том, что ИИ участвует в их взаимодействии с брендом. Кроме того, важно разработать и внедрить стандарты прозрачности для алгоритмов ИИ, которые позволят пользователям лучше понимать, как принимаются решения, и как данные используются в PR-деятельности.

С ростом автоматизации в PR появляется еще одна проблема – отсутствие человеческого участия в принятии решений. Алгоритмы ИИ, основываясь на данных, могут автоматически рекомендовать решения или стратегии взаимодействия, что потенциально может привести к ошибкам или несправедливости. Например, алгоритм может не учитывать контекст или специфические культурные различия, что может вызвать негативную реакцию аудитории.

Для предотвращения таких ситуаций PR-специалисты должны оставаться вовлеченными в процесс принятия решений и использовать ИИ в качестве вспомогательного инструмента, а не окончательного источника решений. Важно сохранять человеческий контроль над автоматизированными процессами, чтобы минимизировать риски и ошибки.

Рекомендации по ответственному использованию ИИ в PR:

1. Обеспечение прозрачности: информировать аудиторию о том, что ИИ участвует в процессах взаимодействия, и предоставлять информацию о том, как алгоритмы принимают решения.

2. Защита данных: соблюдать строгие стандарты защиты данных и конфиденциальности, обеспечивая их безопасность и законное использование.

3. Этичное таргетирование: избегать манипулятивных и неэтичных практик, таких как микротаргетинг, направленный на искажение мнений или эксплуатацию уязвимостей аудитории.

4. Человеческий контроль: не полагаться исключительно на ИИ в принятии решений и сохранять человеческий фактор в управлении PR-компаниями.

5. Этический кодекс для ИИ: разработать внутренние стандарты и правила использования ИИ, которые бы способствовали соблюдению этических принципов в PR.

Искусственный интеллект предлагает множество преимуществ для PR-индустрии, однако его применение связано с серьезными этическими вызовами. Конфиденциальность данных, прозрачность алгоритмов и предотвращение манипуляций – все это требует особого внимания PR-специалистов. Внедрение ИИ должно сопровождаться строгими стандартами и ответственным отношением к его возможностям, чтобы обеспечить честные и прозрачные коммуникации с аудиторией.

ETHICAL ASPECTS OF THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PR

Antasheva V.G.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The introduction of artificial intelligence (AI) in public relations (PR) generates not only technological innovations, but also important ethical issues. The article examines the main ethical issues related to the use of AI in PR, such as data management, transparency, automation of decisions and the possibility of manipulating public opinion. Recommendations are offered for the responsible use of AI in PR practices that promote compliance with ethical standards in the digital age.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕПУТАЦИЕЙ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

Анташева В.Г.

*(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

Кризисные ситуации могут возникать неожиданно и быстро распространяться в цифровой среде, представляя серьезную угрозу для репутации компаний. Традиционные методы управления кризисами часто не позволяют оперативно реагировать на изменения общественного мнения. В этом контексте искусственный интеллект становится важным инструментом, который помогает PR-специалистам эффективно справляться с кризисами, оперативно анализируя огромные объемы данных и предоставляя информацию для принятия решений.

Один из важнейших аспектов управления кризисами – это способность оперативно отслеживать обсуждения бренда и его продуктов в интернете. Искусственный интеллект (ИИ) способен не только анализировать текущую ситуацию, но и предсказывать возможные кризисные ситуации, что позволяет компаниям заранее подготовиться к потенциальным угрозам. Алгоритмы машинного обучения могут на основе анализа прошлых данных прогнозировать, как развиваются кризисы, какие факторы могут вызвать негативную реакцию аудитории и какие действия следует предпринять для их предотвращения. Прогнозирование на основе ИИ предоставляет PR-специалистам возможность разрабатывать стратегии управления рисками с учетом конкретных сценариев, что значительно повышает шансы на успешное разрешение кризисов. Кроме того, ИИ может использоваться для моделирования различных сценариев и оценки их вероятного влияния на репутацию компании, что помогает принимать более взвешенные решения.

В условиях кризиса время реагирования имеет решающее значение. Искусственный интеллект помогает автоматизировать многие процессы, связанные с PR-коммуникациями, что позволяет существенно сократить время на подготовку и распространение информации. Чат-боты на основе ИИ могут оперативно взаимодействовать с аудиторией, отвечая на часто задаваемые вопросы, разъясняя ситуацию и предоставляя актуальные данные.

Во время кризисов крайне важно, чтобы сообщение компании достигало целевой аудитории и было воспринято должным образом. ИИ позволяет создавать персонализированные коммуникации, учитывая поведение и предпочтения конкретных групп людей. Например,

алгоритмы могут анализировать реакции пользователей на предыдущие кризисные сообщения и адаптировать контент для более точного взаимодействия с разными аудиториями. Персонализированные сообщения, основанные на данных, помогают снизить уровень недовольства и быстрее восстановить доверие к компании. Кроме того, ИИ позволяет отслеживать, как аудитория реагирует на каждое сообщение, что дает возможность своевременно корректировать PR-стратегию в условиях кризиса.

Несмотря на все преимущества, использование ИИ в управлении кризисами должно сопровождаться осознанием этических вопросов. Например, использование данных пользователей для анализа может вызывать опасения по поводу конфиденциальности и неправомерного использования информации. Компании должны стремиться к прозрачности в вопросах использования ИИ и защиты персональных данных, особенно в кризисных ситуациях, когда репутация находится под угрозой.

Искусственный интеллект предоставляет PR-специалистам мощные инструменты для управления репутацией в условиях кризисов. Мониторинг данных в реальном времени, прогнозирование кризисных ситуаций, автоматизация и персонализация коммуникаций – все это значительно повышает эффективность кризисного управления. Однако успех применения ИИ в PR зависит от его ответственного использования и соблюдения этических стандартов. Компании, внедряющие ИИ для управления кризисами, могут не только оперативно реагировать на кризисные ситуации, но и предотвращать их, сохраняя репутацию и доверие аудитории.

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO MANAGE REPUTATION IN A CRISIS

Antasheva V.G.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Managing a company's reputation in a crisis is one of the key tasks in the field of PR. Artificial intelligence (AI) provides new opportunities for more effective media monitoring, analysis of public sentiment and rapid response to crisis situations. The article discusses the advantages of AI in managing reputational risks, its role in predicting crises and ways to improve the effectiveness of PR campaigns in crisis situations.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КАРЬЕРНОЙ СРЕДЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Доброжанская В.А., Салмин А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Современное общество, ориентированное на цифровизацию, предъявляет высокие требования к качеству образования и уровню подготовки выпускников образовательных организаций. В условиях стремительного развития информационных технологий важным аспектом становится интеграция цифровых решений в образовательный процесс, что позволяет улучшить не только качество обучения, но и процесс карьерного роста выпускников. Однако при внедрении указанных решений многие образовательные учреждения сталкиваются с проблемой недостаточной персонализации обучения и отслеживания карьерного пути своих выпускников, поскольку традиционные методы управления карьерным ростом не позволяют в полной мере учитывать индивидуальные особенности и достижения каждого обучающегося, что снижает эффективность процессов трудоустройства и профессионального развития. В этом контексте применение технологий искусственного интеллекта при формировании цифровой карьерной среды обучающихся в образовательной организации приобретает особую актуальность.

Создание системы контроля трудоустройства обучающихся, основанной на методах искусственного интеллекта, позволяет не только отслеживать прогресс учащихся, но и выявлять их сильные и слабые стороны, а также предоставлять персонализированные рекомендации для дальнейшего карьерного роста с учетом индивидуальных качеств выпускников и запросов организаций-работодателей.

В рамках внедрения технологий искусственного интеллекта в систему управления цифровой карьерной средой на основе индивидуальных особенностей обучающихся, формирующих их цифровой профиль, необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить текущие методы и технологии, применяемые для создания цифровых профилей обучающихся и управления карьерной средой.
2. Определить основные элементы цифрового профиля обучающегося и разработать методику его формирования и верификации.
3. Исследовать технологии искусственного интеллекта для персонализации обучающихся и выявить их преимущества и недостатки.

4. Разработать модель системы управления цифровой карьерной средой на основе технологий искусственного интеллекта и провести ее апробацию в условиях образовательной организации.

5. Оценить эффективность разработанной системы и ее влияние на карьерное продвижение выпускников.

Актуальность данного вопроса обусловлена рядом факторов. Во-первых, современный рынок труда требует от выпускников не только высоких профессиональных навыков, но и умения быстро адаптироваться к изменениям, что возможно при наличии индивидуализированного подхода к их обучению и карьерному развитию. Во-вторых, цифровизация образовательных процессов на основе технологий искусственного интеллекта способствует более эффективному сбору и анализу данных о достижениях обучающихся, что позволяет разрабатывать персонализированные программы обучения и карьерного роста. В-третьих, автоматизация управления карьерной средой способствует повышению эффективности работы образовательных учреждений, снижая затраты времени и ресурсов на административные задачи и позволяя сосредоточиться на улучшении качества образования.

В результате разработка и внедрение системы управления цифровой карьерной средой на основе технологий искусственного интеллекта позволяет создать благоприятные условия для карьерного роста выпускников, повышая их конкурентоспособность на рынке труда и способствуя успешному профессиональному развитию.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN FORMING A CAREER ENVIRONMENT FOR STUDENTS

Dobrozhanskaya V.A., Salmin A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The problem of forming a career trajectory for students is described. The relevance of using artificial intelligence technologies in shaping their career environment is substantiated. The problems that need to be solved when introducing artificial intelligence technologies into the digital career environment management system of an educational organization are presented.

**МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ВОЗРАСТНОЙ
МАКУЛЯРНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ**

*Юсупов Э.С.¹, Лопухова Е.А.¹, Ибрагимова Р.Р.², Идрисова Г.М.²,
Мухаммадеев Т.Р.²*

*(¹Уфимский университет науки и технологий, ²ФГБОУ ВО БГМУ
Минздрава России)*

Интеллектуальный анализ сетчатки, основанный на данных оптической когерентной томографии (ОКТ), демонстрирует высокую точность в выявлении биомаркеров и стадий возрастной макулярной дегенерации (ВМД) [1]. Однако сходство визуальных проявлений биомаркеров и стадий ВМД затрудняет обучение моделей компьютерного зрения. Для преодоления этих ограничений высоким потенциалом обладает мультимодальный подход, включающий данные микропериметрии (МП), которые оценивают зрительные функции сетчатки и чувствительность [2]. Цель исследования заключалась в разработке метода, оценивающего потенциал предикторов МП для увеличения точности мультимодальной диагностики данных ОКТ.

Наиболее важные показатели МП включают табличные данные: коэффициенты, отражающие стабильность фиксации зрачка; индекс состояния макулы; среднюю макулярную чувствительность; а также визуальные данные: карту чувствительности сетчатки (SM) и график стабильности фиксации (FP). Для оценки потенциала информационного вклада дополнительной модальности была разработана комплексная оценка, основанная на взаимной информации и усреднённой чувствительности простейшего классификатора, обученного на данных рассматриваемого предиктора. Результаты показали, что FP и SM значительно улучшают прогнозирование стадий ВМД, превосходя эффективность табличных данных на 30% и 45% соответственно. Результаты обучения глубокой нейронной сети (ГНС) раннего слияния модальностей подтвердили эффективность предложенной метрики для оценки важности предикторов в мультимодальном анализе данных ОКТ. В ходе исследования было установлено, что точность модели, обученной на мультимодальном наборе данных ОКТ и SM, превышает 94%. Модель, обученная на дополнительной модальности FT и табличных данных, показала точность менее 87% и 68% соответственно. Квазилинейная зависимость между значением комплексной переменной и итоговой точностью моделей ГНС подтверждает эффективность предложенной метрики.

Работа выполнена в рамках работ по государственному заданию Минобрнауки России для УУНиТ (соглашение № 075-03-2024-123/1 от 15.02.2024 г.) в молодёжной научно-исследовательской лаборатории Евразийского НОЦ «Сенсорные системы на основе устройств интегральной фотоники».

1. AI-Based Support for Optical Coherence Tomography in Age-Related Macular Degeneration / V. Mares [et al.] // International Journal of Retina and Vitreous. 2024. Vol. 10, no. 1. P. 1-11.

2. Microperimetry and Structural Risk Factors on OCT in Intermediate Age-Related Macular Degeneration / A.K. Thomsen [et al.] // Ophthalmology Retina. 2024. Vol. 8, no. 8. P. 786–793.

MULTIMODAL DIAGNOSIS OF AGE-RELATED MACULAR DEGENERATION

*Yusupov E.S.¹, Lopukhova E.A.¹, Ibragimova R.R.², Idrisova G.M.²,
Mukhamadeev T.R.²*

(¹Ufa University of Science and Technology, ²Bashkir State Medical University)

A method has been developed to evaluate microperimetric predictors, increasing the accuracy of multimodal OCT data analysis.

**РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ ЗАБОЛЕВАНИЯ**

*Юсупов Э.С.¹, Лопухова Е.А.¹, Ибрагимова Р.Р.², Идрисова Г.М.²,
Мухаммадеев Т.Р.²*

*(¹Уфимский университет науки и технологий, ²ФГБОУ ВО БГМУ
Минздрава России)*

В условиях растущего спроса на медицинские услуги становится все более актуальным использование интеллектуальных систем поддержки принятия клинических решений. Применение таких систем может помочь снизить нагрузку на медицинский персонал, предоставляя врачам структурированную информацию для постановки диагноза и мониторинга состояния пациентов [1]. Количественная оценка прогрессирования заболеваний является одной из ключевых задач для обеспечения эффективного лечения пациентов. [2]. Однако разработка таких приложений требует значительных временных и ресурсных затрат. Одним из возможных путей решения этой проблемы является переход от традиционной задачи классификации медицинских изображений к регрессии на основе анализа медицинских изображений. Цель данного исследования – провести регрессионный анализ степени тяжести возрастной макулярной дегенерации (ВМД) сетчатки глаза на основе данных оптической когерентной томографии (ОКТ). Была использована сверточная нейронная сеть (СНС) для определения четырех стадий ВМД. Переход от классов к непрерывной величине степени тяжести ВМД был осуществлен через кластеризацию векторов предикторов снимков ОКТ в латентном пространстве СНС. Регрессия заключалась в измерении расстояния входного вектора предикторов от центров кластеров четырех классов. Оптимальная кластеризация была достигнута путем обучения модели СНС с сформированной нами функцией ошибки, включающей расстояния между кластерами и настраиваемые коэффициенты. Были подобраны оптимальные значения коэффициентов, минимизирующие перекрытие кластеров. Для оценки согласованности ответов модели с экспертным мнением был рассчитан коэффициент Каппа Коэна, который составил 0.71, что указывает на достаточную согласованность с экспертными оценками. Таким образом, предложенный метод регрессии имеет перспективу применения для эффективной оценки степени тяжести ВМД на основе данных ОКТ.

Работа выполнена в рамках работ по государственному заданию Минобрнауки России для УУНиТ (соглашение № 075-03-2024-123/1 от 15.02.2024 г.) в молодёжной научно-исследовательской лаборатории

Евразийского НОЦ «Сенсорные системы на основе устройств интегральной фотоники».

1. Modelling Patient Longitudinal Data for Clinical Decision Support: A Case Study on Emerging AI Healthcare Technologies / S. Niu [et al.] // Information Systems Frontiers. 2024. 19 p.

2. Larici A.R., Cicchetti G. The Promise of Quantitative Computed Tomographic Analysis in Assessing Progression of Interstitial Lung Abnormalities and Emphysema in Smokers // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2023. Vol. 208, no. 6. P. 645–647.

REGRESSION ANALYSIS OF MEDICAL IMAGES TO ASSESS THE SEVERITY OF THE DISEASE

*Yusupov E.S.¹, Lopukhova E.A.¹, Ibragimova R.R.², Idrisova G.M.²,
Mukhamadeev T.R.²*

(¹Ufa University of Science and Technology, ²Bashkir State Medical University)

Development of a regression analysis method for measuring the severity of the disease based on medical imaging data.

СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ФОРМАТОВ CSV И PARQUET ДЛЯ РАБОТЫ С БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ

Мельников А.А., Диязитдинова А.Р.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Ключевым фактором, влияющим на производительность и масштабируемость приложений для преобразования и анализа больших данных, является выбор подходящего формата данных. Наиболее распространенными форматами для хранения табличных данных являются CSV и Parquet. Рассмотрим характеристики этих форматов, а также выделим оптимальные сценарии использования каждого из них при работе с большими наборами данных.

CSV не предусматривает сжатия данных. Файлы CSV-формата хранят данные в текстовом формате, где каждая строка представляет запись, а значения разделены запятыми. Такой подход, хоть и прост, но приводит к относительно большому размеру файлов, особенно для больших таблиц. Parquet, напротив, предусматривает сжатие данных и более эффективное хранение. Он основан на колоночном хранении, где данные хранятся по столбцам, а не по строкам.

Преимущества Parquet с точки зрения сжатия данных:

- сжатие по столбцам: позволяет эффективнее сжимать данные в каждом столбце отдельно;
- поддержка разных алгоритмов сжатия: Parquet поддерживает разные алгоритмы сжатия, такие как `gzip`, `snappy`, `brotli`, что позволяет выбрать оптимальный метод для конкретных данных;
- использование словаря: Parquet может использовать словарь для кодирования повторяющихся значений, что уменьшает размер файла.

Сравнение обоих форматов приведено ниже (Табл. 1).

Таблица 1. Сравнение форматов

Формат	Преимущества	Недостатки
CSV	- широко используется; - можно прочитать (например, в блокноте); - легкий в использовании.	- занимает больше места; - медленные запросы; - отсутствует поддержка сложных структур данных.
Parquet	- экономит место на диске; - поддерживает сложные структуры данных; - сохраняет типы данных.	- требует специальных инструментов; - менее удобочитаем; - необходимость в дополнительном коде.

Оценку сравнения форматов проведем на основе dataset с ресурса Spotify. Размер dataset составляет около 27 млн. килобайт, что равно 27 гб. и содержит 26174269 строк. Для обработки был использован язык программирования Python и его библиотеки (Pandas, Pyarrow).

Итоговые сравнительные характеристики приведены на рис. 1.

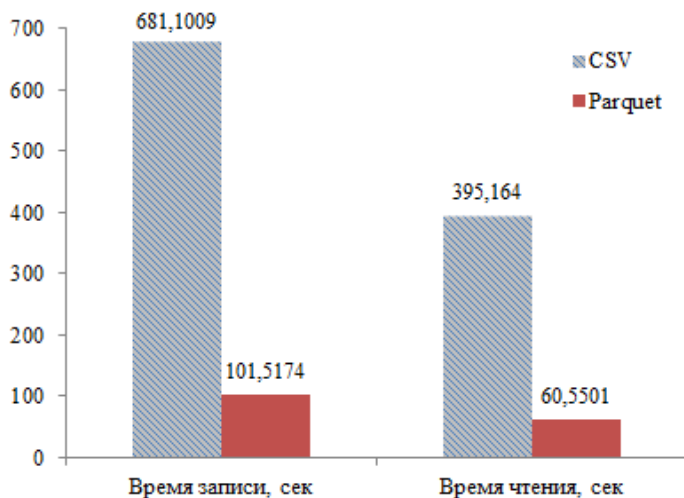


Рис. 1. Сравнение времени записи/чтения CSV и Parquet

Таким образом, можно сделать вывод, что применение формата Parquet для обработки больших данных является более предпочтительным.

POWER COMPARISON OF CSV AND PARQUET DATA FORMATS FOR BIG DATA ANALYSIS

Melnikov A.A., Diyazitdinova A.R.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article is devoted to power comparison of csv and parquet data formats for big data analysis. The research shows Parquet data format is more preferable than CSV.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БАНКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ

Бедняк С.Г., Михайлов Е.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В 2023 году, согласно статистике frankrg.com, в 2023 году было в общем количестве более 50 млн кредитов. Это около 140 тыс. кредитов в день. Финансовые организации сталкиваются с необходимостью в круглосуточной поддержке каждого клиента как в оформлении услуг, так и в юридических консультациях, а также в обработке огромных объемов данных, что включает в себя сбор, проверку и анализ информации, предоставляемой клиентами.

Обычные методы, основанные на ручной обработке заявок, становятся неэффективными, что приводит к перегрузке сотрудников и задержкам в обслуживании.

Нейросети, обученные на больших объемах данных, позволяют автоматизировать многие процессы, в том числе и оформление кредитов. Одной из ключевых возможностей нейронных сетей является распознавание и обработка данных с документов. Например, при подаче заявки на кредит клиенту необходимо предоставить набор документов, таких как паспорт, справки о доходах, выписки по счетам и другие. Ранее проверка этих документов занимала значительное время, так как данные проверялись вручную, сверялись с различными базами данных, и требовалась оценка их подлинности.

Теперь же современные нейросети могут автоматически распознавать текст с изображений документов, используя технологии оптического распознавания символов (OCR, Optical Character Recognition). Они мгновенно извлекают нужную информацию – фамилию, имя, отчество, паспортные данные, адрес, данные о доходах – и сверяют её с внутренними базами банка или государственными регистрационными системами.

OCR позволяет точно распознавать символы, даже если текст на документе плохо различим из-за качества изображения или фотографий, сделанных на телефон. Это особенно актуально в условиях онлайн-заявок на кредиты, когда клиенты могут загружать фотографии документов через мобильные приложения. Нейросети обучаются на миллионах примеров, что позволяет им улучшать точность распознавания и адаптироваться к различным форматам документов.

Также, при оформлении финансовых услуг необходимо не только правильно распознать, что написано в документе, но и определить тип и

вид предоставляемого клиентом документа. Для распознавания и классификации таких документов используются технологии интеллектуального распознавания документов (IDR, Intelligent Document Recognition), которые позволяют системе автоматически определять тип документа, выделять важные поля и классифицировать их в соответствии с требованиями банка. Этот процесс значительно ускоряет верификацию и проверку данных, позволяя сотрудникам банков сосредоточиться на более сложных задачах.

Стоит отметить, что для повышения качества и достоверности распознавания дополнительно используется технология NLP (Natural Language Processing), с помощью которой анализируется текст на документе, выделяются ключевые фразы и на основании этого классифицируется документ. Комбинация этих технологий позволяет существенно повысить точность и эффективность автоматизации банковских процессов, а также снизить риски и ошибки, возникающие при ручной работе.

Комбинированный подход особенно полезен для онлайн-банкинга, когда клиенты загружают документы онлайн, что может привести к низкому качеству изображений. В таком случае совместная работа нескольких нейросетей позволяет распознать текст и тип документа даже на плохо различимых изображениях.

Автоматизированная классификация и проверка документов позволяют банкам сократить время на обработку заявок и повысить удовлетворённость клиентов, что делает этот подход особенно ценным в условиях растущего объёма заявок и потребности в быстрой обработке данных.

APPLICATION OF NEUROSETS FOR THE AUTOMATIZATION OF BANK PROCESSES

Bednyak S.G., Mihailov E.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Combination of technologies OCR- Optical Character Recognition, IDR – Intelligent Document Recognition, NLP- Natural Language Processing allows to significantly improve the accuracy and efficiency of automation of banking processes. Reduce risks and errors, arising from manual work. In addition, the combined method significantly reduces the burden on bank employees and increases the overall performance of the system.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИВНОГО СОВМЕЩЕНИЯ В МНОГОКАМЕРНЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Диязитдинова А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Многокамерные системы технического зрения представляют собой две и более камеры, снимающие синхронно одну и ту же сцену. Поле зрения камер может иметь частичное или полное перекрытие. За счет этого можно формировать «расширенное» поле зрения путем объединения или получать более высокое разрешение определенного фрагмента по камере с большим фокусным расстоянием.

Многокамерные системы широко используются в мобильных телефонах, оснащенных двумя или тремя камерами с различными фокусными расстояниями.

Обработка изображений для получения обобщенного поля зрения основано на преобразовании по модели подобия (смещение, поворот и масштабирование). Такая модель преобразования используется за счет расположения камер, чтобы их оптические оси были параллельные между собой.

Если это условие не выполняется, то необходимо использовать проективную модель преобразования.

В тех случаях, когда сцену условно можно считать плоской, то проективная модель будет описываться 8 параметрами, оценка которых может проводиться путем составления и решения линейных уравнений с 8 неизвестными.

Для этого необходимо сопоставить 4 точки между изображениями [1].

Задача сопоставления точек между изображениями является наиболее затратной в вычислительном плане, так как методы, ориентированные на проверку гипотез при сопоставлении одновременно 4-х точек, характеризуются низким быстродействием, а методы [2], ориентированные на поиск независимого одноточечного соответствия, характеризуются высокой погрешностью.

Так как обе характеристики (время и погрешность) являются одинаково важными при эксплуатации, то необходимо разработать новые подходы к решению этой задачи. Одним из таких подходов является интерактивный: оператор вручную указывает реперные точки на изображениях, которые будут использоваться для расчета параметров.

Однако, интерактивный подход является более трудоемким и требует определенной квалификации оператора.

В данной работе предлагается альтернативный способ, при котором реперные точки будут формироваться лазерным лучом, преобразуемым специальной линзой в виде перекрестия.

Подобную техническую доработку системы достаточно просто провести, установив 4 дополнительных лазера, обеспечивающую необходимую для видеофиксации дальность и яркость лазерных лучей.

1. Осипов О.В., Диязитдинова А.А. Совмещение сигналов для повышения качества телевизионного изображения многокамерной системы видеонаблюдения // Радиотехника. 2020. Т. 84, № 12 (23). С. 72–78.

2. SURF: speed up robust features / H. Bay [et al.] // Computer Vision and Image Understanding (CVIU). 2008. Vol. 110, no. 3. P. 346–359.

AUTOMATION OF HOMOGRAPHY ALIGNMENT IN MULTI-CAMERA VISION SYSTEMS

Diyazitdinova A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The paper considers the problem of alignment multidimensional signals in multi-camera vision systems. A special feature of the problem is the homography alignment model. The problem of reducing the processing time is solved by installing additional lasers for generating reference points.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ДОКУМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ DEDOC

Кушукوف С.В., Иванов К.Н.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В современном мире, где объём данных и документов постоянно растёт, автоматизация их обработки становится необходимостью. Одним из инструментов, который решает эту задачу, является библиотека Dedoc. Она разработана на языке Python и позволяет извлекать и структурировать информацию из множества форматов, таких как PDF, DOCX и изображения. Особенность Dedoc – это способность работать не только с текстом, но и с таблицами, вложениями и изображениями внутри документов, что делает его универсальным решением для обработки сложных файлов.

Одна из ключевых проблем, с которой сталкиваются компании, – это обработка неструктурированных данных, например, сканированных документов или документов с графическим содержанием. В таких случаях на помощь приходит технология OCR (Optical Character Recognition – оптическое распознавание символов). OCR позволяет Dedoc извлекать текстовые данные даже из изображений и сканов, преобразуя их в редактируемый и анализируемый формат. Это особенно полезно при работе с архивами или документами, полученными в физическом виде, где нет цифровой версии.

Dedoc предоставляет удобный и автоматизированный способ обработки данных, который позволяет быстро извлекать важную информацию и подготавливать её для дальнейшего анализа. Благодаря поддержке таблиц и метаданных, Dedoc значительно сокращает время, затрачиваемое на ручную обработку сложных документов. С его помощью можно автоматизировать такие задачи, как создание отчётов, извлечение данных для анализа и подготовка юридической документации.

Кроме того, Dedoc легко интегрируется в существующие системы аналитики и обработки данных, что делает его полезным для самых разных отраслей – от юридических компаний до банковских и финансовых учреждений. В результате, Dedoc позволяет повысить эффективность работы, минимизируя ручной труд и исключая ошибки, связанные с человеческим фактором.

Рассмотрим принцип работы Dedoc более подробно (Рис. 1).

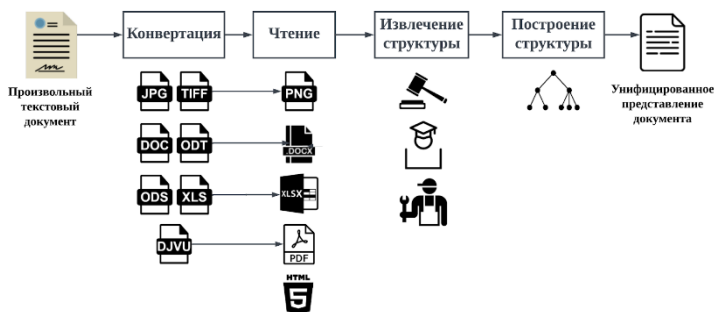


Рис. 1. Схема работы Dedoc

Сначала загруженный файл преобразуется в формат, который поддерживается библиотекой для дальнейшей обработки. Затем осуществляется его чтение с использованием специализированных ридеров. На этом этапе из документа извлекаются текст с форматированием, а также, возможно, структурные теги, таблицы и другие элементы. Результатом является объект `UnstructuredDocument` – промежуточное представление, применяемое библиотекой. После этого происходит извлечение и организация структуры документа на основе данных, полученных на предыдущем шаге. В процессе каждому текстовому элементу присваивается тип, а также определяется его место в итоговой структуре документа.

Таким образом, Dedoc – это мощное решение для автоматизации работы с документами, которое объединяет возможности извлечения, анализа и структурирования данных, включая использование OCR для работы со сканированными документами.

AUTOMATING DATA AND DOCUMENT PROCESSING WITH DEDOC LIBRARY

Kushukov S.V., Ivanov K.N.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Dedoc is a Python-based tool designed for automating the extraction and structuring of information from various document formats, such as PDFs, DOCX, and images. One of its standout features is the ability to process not only text but also tables, metadata, and attachments. A key advantage of Dedoc is its integration of Optical Character Recognition (OCR) technology, which enables the extraction of text from scanned documents and images, transforming them into editable formats. This makes Dedoc especially useful for tasks like processing archives, generating reports, and analyzing legal.

**ОБРАБОТКА ТАБЛИЧНЫХ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
PANDASAI***Иванов К.Н., Кушуков С.В.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

В наше время, когда обработка огромных массивов данных стала обычной практикой, важной задачей становится их быстрая обработка и анализ. Для решения этой задачи применяются различные программные инструменты, такие как библиотека Pandas. Pandas – это инструмент на языке Python, предназначенный для работы с данными, основа его работы базируется на библиотеке NumPy. Он предоставляет специальные структуры данных и функции для управления табличными данными и временными рядами. Pandas используется не только для сбора и очистки данных, но и для их анализа и моделирования, при этом нет необходимости обращаться к более специализированным языкам программирования для статистической обработки. Широкое применение этой библиотеки в разнообразных проектах способствовало появлению Pandas AI – новой надстройки, которая расширяет функциональность Pandas с помощью искусственного интеллекта. В дополнение к расширению функционала стандартной библиотеки Pandas, Pandas AI предлагает ряд преимуществ для пользователей, которые не обладают глубокими знаниями в области программирования, но нуждаются в анализе данных. Благодаря встроенным механизмам обработки естественного языка (NLP) и моделям искусственного интеллекта, эта библиотека упрощает взаимодействие с данными. Теперь, вместо написания сложных запросов на языке программирования, можно задавать вопросы напрямую на естественном языке, и Pandas AI интерпретирует их, предлагая решения, которые могут включать как базовую статистику, так и более сложные аналитические выводы, например, прогнозы или кластеризацию.

Особенно ценным это становится в проектах, где временные рамки сжаты и необходимо быстро получать результаты без глубокого погружения в код. Pandas AI отлично подходит для автоматизации рутинных задач, таких как построение графиков, выявление аномалий в данных или проведение корреляционного анализа, что существенно сокращает время на подготовку отчетов и моделей.

Рассмотрим простой пример использования Pandas AI при обработке данных. Возьмем любой набор данных (Рис. 1).

df.head()															
Температура группов	Unnamed: 1	Unnamed: 2	Unnamed: 3	Unnamed: 4	Unnamed: 5	Unnamed: 6	Unnamed: 7	Unnamed: 8	Unnamed: 9	...	Unnamed: 24	Unnamed: 25	Unnamed: 26	Unnamed: 27	
0	NaN	Глубина, м	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	...	NaN	NaN	NaN	NaN	
1	Дата	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	...	11.5	12.0	12.5	13.0
2	1982-10-18 00:00:00	-3.8	NaN	1.6	NaN	1.8	NaN	-0.2	NaN	-0.3	...	NaN	-0.7	NaN	-0.7
3	1982-11-22 00:00:00	NaN	NaN	-0.5	0.0	0.1	0.0	-0.3	NaN	NaN	...	NaN	NaN	NaN	NaN
4	1982-12-28 00:00:00	NaN	-11.8	-5.1	-0.9	-0.1	-0.3	-0.7	NaN	NaN	...	NaN	NaN	NaN	NaN

Рис. 1. Набор данных

Сделаем запрос к Pandas AI: «Удалите первую строку данных, так как она не нужна для анализа. Перезапустите индексы в таблице, чтобы они начинались с нуля». В результате чего инструмент успешно справился с выполнением данного запроса и обработал таблицу (Рис. 2).

df.head()															
Температура группов	Unnamed: 1	Unnamed: 2	Unnamed: 3	Unnamed: 4	Unnamed: 5	Unnamed: 6	Unnamed: 7	Unnamed: 8	Unnamed: 9	...	Unnamed: 24	Unnamed: 25	Unnamed: 26	Unnamed: 27	
0	NaN	Глубина, м	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	...	NaN	NaN	NaN	NaN	
1	Дата	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	...	11.5	12.0	12.5	13.0
2	1982-10-18 00:00:00	-3.8	NaN	1.6	NaN	1.8	NaN	-0.2	NaN	-0.3	...	NaN	-0.7	NaN	-0.7
3	1982-11-22 00:00:00	NaN	NaN	-0.5	0.0	0.1	0.0	-0.3	NaN	NaN	...	NaN	NaN	NaN	NaN
4	1982-12-28 00:00:00	NaN	-11.8	-5.1	-0.9	-0.1	-0.3	-0.7	NaN	NaN	...	NaN	NaN	NaN	NaN

Рис. 2. Результат обработки

Таким образом, Pandas AI представляет собой шаг вперед в упрощении работы с данными, делая процесс анализа интуитивным, доступным и мощным инструментом для более широкого круга пользователей, включая специалистов по данным, аналитиков и исследователей, которым важно не только собирать данные, но и максимально быстро получать из них полезную информацию для принятия решений.

PROCESSING OF TABULAR DATA USING PANDASAI

Ivanov K.N., Kushukov S.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In today's data-driven world, tools like Python's Pandas simplify data analysis and management. Built on NumPy, Pandas handles tabular and time-series data efficiently. Pandas AI, an AI-powered extension, enhances this by enabling natural language queries, automating analysis, visualization, and machine learning, making data tasks faster and more accessible, especially for users with limited programming skills.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ОТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*Иванов А.А., Воронков Г.С., Кутлюяров Р.В.
(Уфимский университет науки и технологий)*

В рамках концепции Industry 4.0 для обеспечения интеллектуального управления и повышения энергоэффективности идет активное внедрение устройств интернета вещей (IoT) и программного обеспечения, базирующегося на машинном обучении и алгоритмах [1]. Энергосбережение и автоматизация управления являются ключевыми задачами при построении современных автоматизированных систем, в том числе и систем отопления [2].

Разработанный алгоритм позволяет регулировать и поддерживать температуру внутри помещений. В рамках его цикла работы осуществляется сбор параметров и состояний с температурных датчиков, нагревательных и регулирующих устройств. На основе полученных данных составляется система линейных уравнений и методом Гаусса находятся коэффициенты для формулы, с помощью которой осуществляется корректировка состояний исполнительных устройств в системе отопления для поддержания заданной температуры. Выбранный метод исключает необходимость использовать рекурсивные функции, что позволяет снизить требования к объему оперативной памяти и скорости вычислений для процессора управляющего контроллера.

Код программы составлен на языке C++. IoT устройства описаны в рамках универсального класса, что позволяет вносить модификации в прошивку без значительных изменений базового кода.

Для работы с данными и матричными расчетами был описан отдельный класс с методами для формирования и обработки квадратных матриц произвольного размера, что позволит при необходимости добавлять больше устройств с влияющими параметрами для уточнения итоговой формулы регулирования системы. В качестве контейнера для динамически обрабатываемых значений был выбран контейнер Vector из библиотеки STL для гарантированного устранения утечек памяти, критически недопустимых в контроллерах.

В алгоритме вынесен отдельный метод для первичного анализа поведения интеллектуальной системы отопления и последующей индукции состояний для корректировки и снижения влияния инертных составляющих при регулировании температуры. Для этого алгоритм поэтапно изменяет состояния управляющих устройств нижнего уровня и

на основе температурных изменений выявляет время реакции и силу инерционных составляющих. Далее на основе полученных данных производит корректировку коэффициентов в итоговой формуле. Дальнейшая корректировка коэффициентов производится на основе накопительного анализа на протяжении всей последующей работы интеллектуальной системы отопления.

Алгоритм, классы и функции вынесены в отдельную библиотеку для удобства применения на различных IoT устройствах и более легкой интеграции кода в Python.

Связь между IoT устройствами и локальной сетью предусмотрена по Wi-Fi. Обновление устройств реализовано по Web-интерфейсу. Для защиты устройств от несанкционированного доступа предусмотрено внутреннее кодирование данных и парольная защита при беспроводном подключении.

Данный алгоритм позволяет IoT устройствам выступать как самостоятельной системой для управления отоплением, так и интегрироваться в автоматизированной системе управления технологическим процессом (АСУ ТП). В первом случае алгоритм на ведущем контроллере полностью автономен и самостоятельно мониторит показатели отопительной системы и регулирует температуру внутри помещений. Во втором случае, IoT устройства интегрируются в АСУ ТП и осуществляют вспомогательный сбор данных.

Обмен данными и управляющими командами между IoT устройствами нижнего и среднего уровня в алгоритме реализован по MQTT протоколу. Дальнейшее взаимодействие с верхним уровнем АСУ ТП и SCADA обеспечивается OPC UA серверами.

1. A Comparison of Machine Learning Algorithms for Forecasting Indoor Temperature in Smart Buildings / S. Alawadi [et al.] // *Energy Systems*. 2022. Vol. 13. P. 689–705.

2. Altayeva A., Omarov B. Intelligent Microclimate Control System Based on IoT // *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*. 2016. Vol. 16, no. 4. P. 254–261.

INTELLIGENT CONTROL OF THE HEATING SYSTEM BASED ON MACHINE LEARNING ALGORITHMS

*Ivanov A.A., Voronkov G.S., Kutluyarov R.V.
(Ufa University of Science and Technology)*

The article describes an algorithm for intelligent control of the heating system. Separate methods and solutions for optimizing code for IoT devices are presented.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP8266

*Иванов А.А., Воронков Г.С., Кутлуяров Р.В.
(Уфимский университет науки и технологий)*

Стремительное развитие цифровых технологий все больше влияет на многие сферы деятельности человека и способствует активному росту уровня жизни. При строительстве современных многоквартирных домов начинают активно внедряться интеллектуальные системы управления [1]. Однако традиционные системы управления отоплением сталкиваются с трудностями, когда речь заходит о гибкости системы регулирования температуры и мониторинга [2].

Для решения этой задачи была разработана интеллектуальная система управления отоплением, способная в реальном времени собирать и обрабатывать данные телеметрии и гибко регулировать температуру в помещениях. Управляющее устройство с данным алгоритмом реализовано на базе микроконтроллера ESP8266, что позволяет его использовать в концепции устройств интернета вещей (IoT), упрощая внедрение в систему отопления. Невысокая требовательность алгоритма к быстродействию процессора и оптимизация использования оперативной памяти позволили удешевить компонентную базу, обеспечивая возможность массового внедрения данной системы без существенных финансовых затрат.

Для подтверждения работоспособности разработанного устройства был собран тестовый стенд, состоящий из управляющего микроконтроллера на базе ESP8266, контроллера Prosoft Regul 200, насоса, нагревателя, крана с приводом и радиатора в замкнутом объеме. К аналоговым портам Regul 200 подключены термодатчики. Термодатчики встроены непосредственно в трубопроводы, для точного измерения температуры теплоносителя на разных участках замкнутого контура. Промышленный контроллер выступает как элемент автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) для проверки совместимости IoT устройств с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК).

Микроконтроллер ESP8266 обрабатывает в режиме реального времени данные об изменении температур, полученных от ПЛК по Wi-Fi соединению через OPC UA сервер по протоколу MQTT и, согласно алгоритму на базе динамических матричных расчетов, регулирует степень открытия крана и меняет режим работы нагревательного элемента, тем самым регулируя температуру внутри помещения. Визуализация системы отопления для диспетчеризации выполнена в качестве мнемосхемы в Master SCADA 4D.

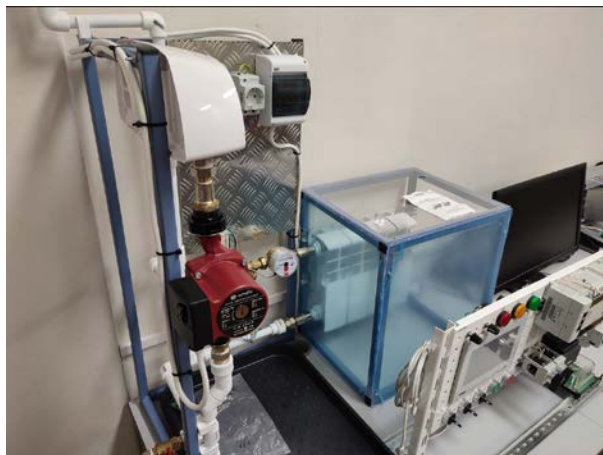


Рис. 1. Экспериментальный стенд

В ходе эксперимента были выявлены проблемы инерционности системы при регулировании. Частичное сглаживание температурного разброса в замкнутом пространстве решается обучаемостью системы и автоматическим перерасчетом коэффициентов при циклическом накоплении данных, однако при первичном запуске система управления обладает высокой инертностью ввиду отсутствия индуктивной базы зависимых параметров, характеризующих специфические особенности контролируемого помещения.

1. Internet of Things (IoT)-Based System for Smart Home Heating and Cooling Control / W. Ya'ici [et al.] // IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering. 2022. P. 1–6.

2. Yan Su. An intelligent heating system based on the Internet of Things and STM32 microcontroller // Energy Informatics. 2024. Vol. 7, no. 1, P. 1–18.

INTELLIGENT HEATING CONTROL SYSTEM BASED ON THE ESP8266 MICROCONTROLLER

*Ivanov A.A., Voronkov G.S., Kutluyarov R.V.
(Ufa University of Science and Technology)*

The article presents an experimental stand of an intelligent heating control system. It shows the composition of the installation and the algorithm of its operation.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОЛОСОВОГО МОДУЛЯ ЧАТ-БОТА

Лиманова Н.И., Заводянный Д.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В основе многих современных информационных систем лежит использование модулей с применением искусственного интеллекта. Одним из направлений для разработки является обработка естественного языка (NLP). Такая технология позволяет интерпретировать и понимать язык человека для дальнейшего взаимодействия пользователя и системы.

С помощью NLP можно решать такие задачи, как распознавание произнесенной речи, генерация естественного языка, определение смысла слова или фразы и т.д.

Существует несколько популярных NLP-моделей: рекуррентная нейросетевая языковая модель (RNNLM), модель обучения векторных представлений слов (Word2vec), модель глобальных векторов (GloVe). Они позволяют обработать фразы, произнесенные человеком на естественном языке и представить их в том виде, который может обработать программа.

В докладе рассмотрен принцип работы рекуррентной нейросетевой модели. Показано, что при взаимодействии пользователя с системой отдельно взятые слова и группы слов удобно описывать векторами. Такая модель получает на вход некоторые векторные представления предшествующих слов или фраз и может в дальнейшем определить семантику предложения в целом. Обучается модель с помощью алгоритма «Непрерывный мешок слов». «Мешок слов» – представление исходного текста в виде набора слов (вектора). Каждому слову сопоставляется количество его вхождений. После обучения модели нейронная сеть генерирует эмбединги – сжатые векторные представления слов. Рекуррентная языковая модель реализует последовательную обработку поступающей информации. К примеру, для того чтобы предположить, какое слово должно следовать далее в предложении, необходимо обратиться к предыдущим фразам. Следовательно, на каждом этапе анализа текста приходится возвращаться к значениям, присутствовавшим в нем ранее. Таким образом, проходя полностью всю последовательность поступивших на вход нейронной сети слов, алгоритм предлагает свой наиболее верный вариант продолжения предложения или фразы.

Рассмотренная модель обработки естественного языка может применяться в чат-ботах с использованием голосового ввода. Задав модель для такого программного решения, появляется возможность отказаться от графического интерфейса и взаимодействовать с информационной системой посредством голоса. Произнося различные фразы, пользователь может отдавать системе команды, а также формировать запросы на естественном языке, которые она могла бы интерпретировать для дальнейшего преобразования.

Голосовой чат-бот, который может работать на основе языковой модели, позволит пользователю получать данные от поисковых систем, баз данных и т.д.

Таким образом, чат-боты, работающие в различных мессенджерах, таких как Telegram, VK, Discord, Viber и имеющие в своей архитектуре встроенные языковые модели обработки естественного языка, могут взаимодействовать с различными web-порталами, сервисами и т.д. посредством API. Пользователь в таком случае получает возможность собирать данные из различных источников, используя лишь одно из программных средств.

SIMULATION OF USER INTERACTION WITH A NATURAL LANGUAGE-BASED SYSTEM USING A CHATBOT VOICE MODULE

Limanova N.I., Zavodyanny D.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Modern information systems use artificial intelligence quite widely. One of the directions of AI is natural language processing. The paper examines how artificial intelligence is implemented in various systems. A recurrent neural network language model and the principle of its operation are described. It shows how natural language is processed in chatbots that use the proposed models. The possible ways of using language models in various messengers with voice processing of users' speech are also indicated. The advantage of using a voice intelligent chatbot is presented – the ability to work with various portals and services without manually switching between them.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ

Чернова С.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Искусственный интеллект в телекоммуникациях представляет собой революционное направление, которое кардинально изменяет способы взаимодействия пользователей и операторов связи. На современном этапе развития искусственного интеллекта (AI) в телекоммуникациях используется для оптимизации сети, анализа данных и повышения качества обслуживания клиентов.

Благодаря алгоритмам машинного обучения, системы могут предсказывать нагрузки на сеть, выявлять аномалии и автоматически реагировать на них, что существенно снижает время простоя и улучшает общую производительность. Внедрение чат ботов и виртуальных ассистентов в контактные центры делает общение с клиентами более эффективным, позволяя оперативно решать возникающие проблемы и предоставлять 24/7 поддержку.

Кроме того, искусственный интеллект способствует более глубокому пониманию потребностей клиентов через анализ их поведения и предпочтений, что в свою очередь позволяет операторам предлагать персонализированные услуги и тарифы.

Таким образом, искусственный интеллект становится неотъемлемой частью телекоммуникационной отрасли, открывая новые горизонты для инноваций и улучшений, что неизменно влияет на качество связи в современном мире.

Среди ключевых направлений применения искусственного интеллекта в телекоммуникациях стоит отметить управление сетью и оптимизацию ресурсов. Используя данные в реальном времени, AI-системы способны адаптировать производительность сетей под меняющиеся условия и требования пользователей. Это позволяет не только повысить эффективность использования спектра, но и минимизировать затраты на обслуживание инфраструктуры, что в конечном итоге ведет к снижению цен для конечных потребителей.

Еще одной важной областью является безопасность. Алгоритмы машинного обучения способны мгновенно анализировать данные и обнаруживать угрозы, такие как доисторические атаки или утечки информации. В условиях нарастающих киберугроз, AI становится важным оружием в арсенале операторов связи, позволяя своевременно предугадывать и предотвращать инциденты.

Наконец, технологии искусственного интеллекта открывают новые горизонты для анализа больших данных, что помогает операторам лучше понимать тенденции на рынке и адаптировать свои стратегии. Это не только укрепляет их конкурентные позиции, но и способствует созданию более устойчивой и эффективной экосистемы в рамках телекоммуникационного сектора.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TELECOMMUNICATIONS

Chernova S.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Artificial intelligence in telecommunications is a revolutionary trend that is fundamentally changing the way users and service providers interact. Today, AI in telecommunications is used to optimize the network, analyze data, and improve customer service.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОФОРИЕНТАЦИИ АБИТУРИЕНТА НА ОСНОВЕ ЛИЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Чернова С.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Современные технологии стремительно меняют сферу образования и профориентации. Искусственный интеллект (ИИ) становится важным инструментом в выборе профессии, позволяя учитывать не только знания и навыки абитуриента, но и его личностные характеристики. Как же именно ИИ помогает молодым людям сделать осознанный выбор профессии, основываясь на их индивидуальных особенностях.

Каждый человек уникален. У него есть свои интересы, ценности, способности и предпочтения. Все эти факторы значительно влияют на выбор профессии. Психологи давно установили, что личностные характеристики абитуриента определяют его карьерные устремления. Например, экстраверты могут предпочитать сферы, связанные с общением с людьми, тогда как интроверты могут лучше себя чувствовать в профессиях, требующих сосредоточенности и анализа.

В контексте профориентации важно учитывать такие аспекты, как мотивация, стрессоустойчивость, знание иностранных языков, склонность к определенному виду наук, умение работать в команде и аналитические способности. Но как именно связать эти личные качества с конкретными карьерами? Здесь на помощь приходит искусственный интеллект.

Всё больше учебных заведений и карьерных консультантов начинают использовать системы ИИ для анализа личностных характеристик абитуриентов. Эти системы, как правило, основаны на алгоритмах машинного обучения, которые могут обрабатывать огромные объемы данных. Программа анализирует ответы на тесты, результаты психологических опросников и прочую информацию, чтобы создать комплексный профиль личности.

После этого алгоритм сравнивает полученные данные с успешными профессиональными путями других людей с похожими характеристиками. На выходе может быть представлен список рекомендованных профессий, которые наиболее соответствуют индивидуальным особенностям абитуриента. Это позволяет молодым людям лучше понять, какие карьеры могут быть для них наиболее подходящими.

Использование искусственного интеллекта в профориентации абитуриентов на основе их личностных характеристик открывает новые

горизонты для образовательной системы. ИИ обеспечивает высокую степень персонализации, сокращает время на принятие решений и позволяет строить более адекватные карьерные пути. Тем не менее, важно помнить и об этических аспектах, а также о необходимости обеспечения прозрачности в работе таких систем.

Следовательно, разумное использование ИИ сможет помочь молодым людям находить свои призвания и становиться успешными специалистами. В конечном итоге, это не просто возможность выбрать профессию, а шанс на реализацию своего потенциала в современном мире.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN VOCATIONAL GUIDANCE OF UNIVERSITY ENTRANTS ON THE BASIS OF PERSONAL CHARACTERISTICS

Chernova S.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Modern technologies are rapidly changing the sphere of education and career guidance. Artificial intelligence (AI) is becoming an important tool in choosing a profession, making it possible to take into account not only the applicant's knowledge and skills, but also his or her personal characteristics.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ В ЛОГИСТИКЕ*Лиманова Н.И., Иваев М.И., Голикова Н.В.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

В современном мире отсутствует необходимость ручной организации логистических маршрутов, однако до сих пор не во всех транспортных компаниях данный процесс грамотно реализуется, вследствие чего возникают различные непредвиденные обстоятельства, например: задержки поставок, потеря грузов, ошибки в пункте назначения и т.д. Существует ряд методов для решения подобных проблем, например, точные методы и метаэвристические алгоритмы. Точные методы предполагают использование математических подходов для нахождения оптимального решения с гарантией. К ним могут относиться линейное программирование, целочисленное программирование, динамическое программирование, а также метод ветвей и границ. Они применимы в небольшом масштабе, имеют высокую сложность расчета и низкую эффективность при решении задач крупномасштабной логистики. Метаэвристические алгоритмы реализуют поиск возможных решений задачи, наиболее близких к оптимальным, пока не будет выполнено необходимое условие или не достигнуто определенное число итераций. К ним относятся алгоритм ближайшего соседа и жадный алгоритм. Алгоритм ближайшего соседа применяется для задач, связанных с маршрутизацией, поскольку он ищет ближайший соседний узел. Жадный алгоритм предполагает нахождение оптимального решения на каждом этапе. Он может быть применен, например, для минимизации затрат на хранение товаров.

Алгоритм роя частиц – это метаэвристический метод оптимизации, который моделирует поведение роя животных, таких как пчёлы, муравьи или птицы для решения различных задач оптимизации. В контексте логистики они применяются для оптимизации маршрутов доставки, управления складом, распределения грузов и других задач. Каждая отдельная частица роя представляет собой возможное решение оптимизации, она может перемещаться в пространстве, основываясь на опыте соседних частиц. Для данного алгоритма чаще всего используют математические формулы или представление в виде графов, которые показывают необходимое число частиц в рое, число параметров, итераций для поиска решения, максимальные и минимальные значения коэффициентов и т.д. Все эти параметры рассчитываются отдельно для

конкретной задачи, каждая частица в данном случае может представлять собой маршрут доставки товаров и, соответственно, алгоритм меняет положение частиц в зависимости от наилучших найденных решений, что позволяет построить наиболее эффективный маршрут поставки.

Примером организации оптимального маршрута доставки может служить следующая математическая модель:

$$MinF = \sum_{k=1}^K \left(\left(\sum_{i=1}^{n_k} b_{r_k^{i-1}, r_k^i} + b_{r_k^{n_k}, 0} \right) \times \text{sgn}(n_k) \right),$$

где

$$\text{sgn}(n_k) = \begin{cases} 1, n_k = 0 \\ 0, n_k \geq 1. \end{cases}$$

В контексте данной модели $b_{0,0}$ обозначает распределительный центр, $0,0$ – это расстояние между клиентом k и клиентом i , $i = 0, 1, K, M$; в свою очередь, n_k обозначает количество клиентов, которых нужно распределить между количеством транспортных средств, равным k .

Преимуществами использования метода роя частиц является его относительная простота по сравнению с другими методами. Он способен исследовать большие пространства данных, что позволяет найти наилучшее решение, а также прогнозировать запросы и оптимизировать ресурсы. Роевые алгоритмы также обладают способностью к адаптации к условиям среды, что позволяет решать логистические задачи в реальном времени. На практике выбор конкретного метода зависит от специфики задачи, обозначенных требований, количества располагаемых средств и вычислительных ресурсов. Однако чаще всего используются комбинации нескольких методов для достижения наилучших результатов.

MATHEMATICAL MODEL OF ROUTES OPTIMIZATION IN LOGISTICS

Limanova N.I., Ivaev M.I., Golikova N.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report discusses a number of methods for solving logistics problems. The choice of a specific method depends on the specifics of the task, the identified requirements, the amount of available funds and computing resources. However, combinations of several methods are most often used to achieve the best results.

CRM СИСТЕМА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Лиманова Н.И., Климахина О.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются ведущей причиной смертности во всем мире. Ранняя диагностика и эффективная профилактика играют решающую роль в снижении риска развития ССЗ и улучшении исходов лечения. В этой связи развитие современных технологий, в частности, машинного обучения, открывает новые возможности для повышения эффективности диагностики и профилактики ССЗ.

Традиционные методы диагностики ССЗ часто полагаются на физическое обследование, медицинский анамнез и инвазивные процедуры, такие как ангиография. Эти методы могут быть дорогими, трудоемкими и вызывать дискомфорт у пациентов.

Системы диагностики ССЗ на основе машинного обучения предлагают альтернативный подход на основе различных анализов пациента. Эти системы используют алгоритмы машинного обучения для изучения больших объемов данных пациентов и выявления скрытых закономерностей, связанных с ССЗ. Методы машинного обучения преодолевают ограничения традиционных методов. Они позволяют обрабатывать большие объемы данных из различных источников, таких как электронные медицинские карты, данные носимых пациентом устройств и результаты их визуализации.

В данной работе представлена концепция разработки CRM системы (Customer Relationship Management), интегрированной с алгоритмами машинного обучения для диагностики ССЗ, описана архитектура предлагаемой CRM системы, а также приводятся результаты ее тестирования.

Основные технологии, используемые в разработке, представляют собой язык программирования Python, кастомный интерфейс от tkinter, базу данных MySQL и библиотеки для машинного обучения (Keras, TensorFlow, scikit-learn). Используемые технологии позволяют хранить и анализировать большие объемы данных о состоянии пациентов, и на основе полученной информации проводить диагностику состояния пациентов на предмет наличия или отсутствия у них сердечно-сосудистых заболеваний.

В дальнейшей перспективе для успешного развития CRM системы потребуется её дополнительное тестирование на реальных клинических данных и постоянное обновление моделей машинного обучения с учетом новых научных исследований в области кардиологии. Приоритетной задачей является разработка дополнительных функций для системы, таких как мониторинг жизненно важных показателей пациентов и автоматическая отправка уведомлений врачам в случае обнаружения риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Таким образом, описанная CRM система представляет собой важный шаг в развитии медицинских технологий и может повысить уровень здравоохранения в нашей стране.

CRM SYSTEM FOR CARDIOVASCULAR DISEASES DIAGNOSTICS USING MACHINE LEARNING METHODS

Limanova N.I., Klimakhina O.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The paper presents the concept of developing a CRM system for diagnosing cardiovascular diseases using machine learning methods, describes the architecture of the proposed CRM system, the technologies used in the development, and also provides the results of its testing.

АНАЛИЗ РОЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

Лиманова Н.И., Осанов Н.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Роевые алгоритмы представляют собой класс децентрализованных методов оптимизации и управления, описывающих поведение социальных насекомых, рыбьих косяков и птичьих стай. В последние годы такие алгоритмы, как метод роя частиц, алгоритм муравьиной колонии и алгоритм искусственных пчелиных колоний, стали важными инструментами для решения задач управления в различных сферах, таких как робототехника, логистика и управление. Доклад посвящен анализу эффективности роевых алгоритмов при решении задач управления, включая их преимущества, ограничения и перспективы развития.

Одной из ключевых характеристик роевых алгоритмов является их способность находить глобальные решения в условиях неопределенности и многомерных пространств. В отличие от традиционных методов оптимизации роевые алгоритмы не зависят от градиентной информации, что делает их особенно полезными в задачах, где целевая сложна, не является дифференцируемой или недоступна. Это свойство открывает широкие возможности для использования таких алгоритмов в задачах управления, где необходимо учитывать динамические изменения среды, адаптацию к новым условиям и децентрализованное принятие решений.

Рассматривая задачи управления в распределенных системах, таких как интеллектуальные энергосистемы или многоагентные робототехнические системы, использование роевых алгоритмов позволяет улучшить как масштабируемость, так и устойчивость к сбоям. Например, метод роя частиц применяется для оптимизации распределения ресурсов в энергосистемах, а алгоритм муравьиной колонии показывает высокую эффективность в задачах маршрутизации транспорта. Однако требуется учитывать ограничения, такие как необходимость точной настройки параметров алгоритмов и вероятность локальной оптимизации при работе с высокоразмерными задачами.

В данной работе выполнен анализ современных роевых алгоритмов с точки зрения их применимости в задачах управления, а также представлена оценка их потенциальной эффективности в перспективе. Основное внимание уделено тому, как комбинирование роевых алгоритмов с методами машинного обучения и адаптивными системами может повысить

качество решений, обеспечивая баланс между скоростью, точностью и устойчивостью в реальных сценариях управления.

SWARM ALGORITHMS ANALYSIS FOR SOLVING CONTROL PROBLEMS

Limanova N.I., Osanov N.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Swarm algorithms belong to a class of decentralized optimization and control methods that have become important tools for solving control problems in various fields such as robotics, logistics and management. The report is devoted to the analysis of the effectiveness of swarm algorithms in solving control problems, including their advantages, limitations and development prospects.

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ
АНАЛИЗА ПЕШЕХОДНОГО ТРАФИКА НА БАЗЕ
БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ**

Шайгарданова А.Р.¹, Воронков Г.С.¹, Кужин А.Г.²

(¹Уфимский университет науки и технологий,

²ООО «Норникель Спутник»)

Повышение спроса на рынке услуг анализа пешеходного трафика приводит к удорожанию развертываемой инфраструктуры и повышению нагрузки на системы связи для передачи видеотрафика. Для решения данной проблемы планируется разработка программно-аппаратного комплекса компьютерного зрения, основанного на машинном обучении, предназначенного для оценки пешеходного трафика в контролируемых зонах.

Использование концепции end-computing позволит снизить габариты конечного устройства, повысить энергоэффективность конечных элементов. Локальная обработка видеопотока обеспечит работоспособность проектируемого устройства с использованием низкоскоростных беспроводных интерфейсов связи (в частности NB-IoT, Narrow Band Internet of Things) без необходимости развертывания высокоскоростной проводной или беспроводной инфраструктуры.

В качестве аппаратной основы системы был выбран микроконтроллер ESP32-CAM. Выбор обусловлен его многофункциональностью и возможностью легкой интеграции с модулями видеокамер с использованием интерфейса CSI.

Первая функция при запуске программы позволяет обнаруживать объекты на изображении с использованием переданной модели машинного обучения. После чего определяется количество людей на фотографии, вокруг которых обрисовываются красные рамки. Следующим шагом необходимо обучить модель считать количество интересующих объектов в пределах обозначенной области. Для этого были размечены границы проверочных зон.

Далее происходит итерация по обнаруженным объектам, где, во-первых, проверяется класс объекта (должен быть равен 1), во-вторых, оценка обнаружения должна превышать заданный порог (0,25). Для каждого объекта вычисляются координаты границы и создается многоугольник, представляющий объект. Затем происходит проверка пересечения многоугольника объекта с каждой зоной, и, если пересечение не пусто, увеличивается счетчик count.



Рис. 1. Результат работы программы

Цикл подсчета пешеходов на микроконтроллере повторяется до выключения камеры. Снимок делается каждую секунду, после чего происходит отправка данных на сервер.

В будущем для передачи информации с микроконтроллера на сервер будет использован радиомодуль NB-IoT, подключаемый к ESP32-CAM через UART интерфейс.

1. Multimedia Internet of Things: A Comprehensive Survey / A. Nauman [et al.] // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 8202–8250.

2. Lempitsky V., Zisserman A. Learning to Count Objects in Images // NIPS'10: Proceedings of the 23rd International Conference on Neural Information Processing Systems. 2010. Vol. 1. P. 1324–1332.

3. Privacy Preserving Crowd Monitoring: Counting People without People Models or Tracking / A.B. Chan [et al.] // 2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Anchorage, USA: IEEE, 2008. P. 1–7.

4. Клетте Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы. М.: ДМК-Пресс, 2019. 506 с.

DEVELOPMENT OF A COMPUTER VISION SYSTEM FOR ANALYZING PEDESTRIAN TRAFFIC BASED ON A WIRELESS SENSOR NETWORK

Shaygardanova A.R.¹, Voronkov G.S.¹, Kuzhin A.G.²

(¹Ufa University of Science and Technology, ²Nornickel Sputnik LLC)

Increasing demand in the market pedestrian traffic analysis services leads to an increase in the cost of the infrastructure being deployed and an increase in the load on communication systems for video traffic transmission. To solve this problem, it is planned to develop a computer vision software and hardware complex based on machine learning designed to assess pedestrian traffic in controlled areas.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Бедняк С.Г., Пименов Д.А., Сафронов С.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В современном мире ежедневно создаются гигантские объемы текстовой информации: новости, исследования, социальные медиа, блоги, форумы, отчеты и многое другое. В этом массиве данных скрыты важные факты, которые могут повлиять на различные сферы деятельности – от науки и образования до бизнеса и управления. Однако объемы информации настолько велики, что человек физически не способен обработать и проанализировать их полностью и оперативно. Кроме того, ручная работа с такими данными может быть подвержена человеческим ошибкам и субъективности.

Для решения этой задачи активно развиваются методы автоматизированной обработки текстов, основанные на искусственном интеллекте (ИИ). Технологии ИИ способны помочь извлечь нужную информацию из текста, помочь распознать и исправить возможные ошибки и опечатки, делая их незаменимым инструментом для анализа данных.

Применение искусственного интеллекта для обработки текстовой информации охватывает широкий спектр задач, которые значительно упрощают анализ и работу с текстами в разных сферах. Одним из наиболее востребованных направлений является анализ тональности текста (Sentiment Analysis). Это технология, с помощью которой ИИ определяет эмоциональную окраску текста, выделяя положительные, нейтральные или отрицательные настроения. Применение такой системы особенно актуально в маркетинговых исследованиях, где компании могут оценивать реакцию клиентов на продукты, услуги или рекламные кампании, а также в политической аналитике для оценки общественных настроений и реакции на события.

Другой важной областью применения ИИ является обобщение текста. Эта технология позволяет машине создавать краткие резюме длинных статей, отчетов или документов, сохраняя основные идеи и ключевые факты. Подобное автоматическое обобщение ускоряет ознакомление с информацией, что особенно полезно в сферах, где требуется быстрый доступ к большому объему данных, например, в журналистике, юридической практике и научных исследованиях. Применение ИИ в этом направлении значительно сокращает время, затрачиваемое на чтение и анализ документов.

Машинный перевод – ещё одна область, где ИИ демонстрирует впечатляющие результаты. Современные системы машинного перевода, основанные на нейронных сетях, способны переводить тексты с учетом контекста, что делает переводы более точными и естественными. Такие системы, как Google Translate, постоянно улучшают свою работу, что снижает потребность в ручной корректировке и открывает доступ к информации на разных языках для миллионов людей по всему миру.

ИИ уже доказал свою эффективность в обработке текстовой информации. Современные системы могут обрабатывать тексты с точностью, которая приближается к 90-95%, в зависимости от специфики задачи. Например, анализ тональности используется в политической и маркетинговой аналитике для оценки реакций на события или продукты, а автоматизированное резюмирование позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на чтение длинных документов.

Прогнозы показывают, что развитие ИИ-технологий в обработке текстов продолжится, и в ближайшем будущем можно ожидать ещё более высоких результатов в точности и разнообразии применения. Расширенное применение ИИ в данной области открывает новые горизонты для бизнеса, науки, медицины и других сфер, где текстовая информация играет ключевую роль.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR TEXT PROCESSING

Bednyak S.G., Pimenov D.A., Safronov S.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The use of artificial intelligence for text processing covers a wide range of tasks, which greatly simplifies the analysis and work with texts in different areas. One of the most popular areas is the analysis of the tone of the text (Sentiment Analysis). It's technology, by which AI determines the emotional color of the text, identifying the positive, Neutral or negative moods. The use of such a system is especially relevant in marketing research, where companies can gauge customer reactions to products, Services or advertising campaigns, as well as in political analytics to assess public sentiment and reaction to events.

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА YOLO*Куляс О.Л., Салихов Р.Р., Субханкулов А.М.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время автоматизация контроля качества на производственных линиях приобретает все большее значение, особенно в условиях массового производства [1]. В рамках данного проекта была разработана система компьютерного зрения для автоматического выявления дефектов на изделиях, перемещающихся по конвейеру, с последующей их сортировкой. Основной задачей системы является повышение эффективности и точности контроля качества, что позволит снизить количество брака и сократить затраты на ручную проверку продукции.

Система функционирует следующим образом: изделия движутся по конвейеру проходя под неподвижной видеокамерой высокого разрешения. Изображения с выхода видеокамеры поступают на вход вычислительной машины, где происходит их улучшение и анализ. Как только изделие полностью попадет в поле зрения видеокамеры производится захват изображения и дальнейшая обработка захваченного кадра. В результате формируется последовательность кадров, содержащих изображения изделий, проходящих под видеокамерой. Каждый кадр этой последовательности приводится к стандартному пиксельному размеру и поступает на вход нейронной сети для дальнейшего анализа в ходе которого проверяется наличие дефектов и классификация изделий на «дефектное» или «качественное».

Для реализации нейронной сети используется алгоритм YOLOvX, обученный для обнаружения дефектов изделий, который анализирует полученные изображения в реальном времени. Высокая скорость и точность классификации объектов на изображениях позволяет решить задачу автоматизации наилучшим образом.

Результат классификации с выхода нейронной сети поступает на монитор оператора и на исполнительный механизм – манипулятор сортировочного устройства. Если изделие оказывается бракованным, оно удаляется с конвейера, а если соответствует стандартам качества, продолжает свое движение по производственной линии. Весь процесс от съемки до сортировки осуществляется автоматически и в режиме реального времени, что значительно ускоряет контроль качества на производстве.

Для реализации аппаратной части системы используется видекамера с глобальным затвором HT-GE134GC-T, компьютер с графическим процессором для ускоренной обработки данных и сервопривод для сортировки деталей. Видекамера использует матрицу размером 1/2" с числом пикселей 1280x1024, обеспечивая максимальную частоту кадров равную 91 fps [2].

В программной части применяются современные фреймворки для машинного обучения, такие как PyTorch или TensorFlow, обеспечивающие работу алгоритма YOLOvX. Кроме того, предусмотрен пользовательский интерфейс для мониторинга процесса и управления системой.

Преимуществами разработанной системы являются высокая скорость и точность работы, минимизация человеческого фактора, а также возможность адаптации алгоритма под различные типы продукции и дефектов. Данный проект демонстрирует эффективность применения технологий машинного зрения и нейронных сетей для решения задач промышленной автоматизации, предлагая перспективы для дальнейшего развития и интеграции с другими производственными процессами.

1. Applications of Machine Learning and Computer Vision in Industry 4.0 [Электронный ресурс] / URL: https://www.researchgate.net/publication/378951553_Applications_of_Machine_Learning_and_Computer_Vision_in_Industry_40 (дата обращения: 15.09.2024).

2. Сайт компании ФотоВидеоМир [Электронный ресурс] / URL: <https://photovideomir.ru/goods/Promyshlennaya-kamera-HT-GE134GC-T-HT-E134GM-T> (дата обращения: 15.09.2024).

COMPUTER VISION SYSTEM FOR PRODUCT QUALITY CONTROL BASED ON THE YOLO ALGORITHM

Kulyas O.L., Salikhov R.R., Subhankulov A.M.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The development of a computer vision system for quality control of products based on the YOLOvX algorithm is presented. The system implements the detection of defective parts on a conveyor belt and their appropriate sorting. A high-resolution camera takes pictures of products, which are processed in real time by the YOLOvX model to detect defects. The YOLOvX model, implemented using frameworks such as PyTorch or TensorFlow, provides high accuracy and speed, making it suitable for industrial environments.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОТДЕЛА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Симонов К.О., Коняева О.С.

*(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

Компании, производящие продукт, стремятся к тому, чтобы их изделия были качественные и конкурентноспособные, это приводит к необходимости внедрения контроля над продукцией.

Отдел технического контроля – это подразделение производства, отвечающее за проверку качества изготовленной продукции перед предоставлением их непосредственному заказчику. При формировании подобных подразделений возникает вопрос о том, как управлять процессами проверки (тестирования) для достижения наилучшего качества продаваемой продукции.

Вследствие цифровизации появилась возможность внедрения механизмов в процессы технического контроля, которые упрощают тестирование изделий, повышают эффективность работы сотрудников и минимизируют влияние человеческого фактора на результаты тестирований.

Для отдела технического контроля строительных конструкций было предложено использовать один из таких механизмов.

Процесс тестирования в данном отделе включает в себя: получение тестовых образцов; их загрузка в камеру хранения на 3, 6 и 28 суток; взвешивание изделий по истечению срока хранения; сам тест. Каждый этап требует присутствия специалиста, а значит и сопутствующий человеческий фактор.

Предлагаемым механизмом автоматизации процесса тестирования является модернизация камеры временного хранения, путём внедрения специального контейнера для изделий. Данный контейнер представляет из себя электронную систему отслеживания, основанную на микроконтроллерной архитектуре с возможностью подключения к программному средству на рабочих компьютерах.

Контейнер при помещении изделия в него автоматически создаёт запись в электронном журнале. Работнику необходимо только указать в данном журнале основные данные тестового образца, после чего ввести срок хранения. Далее контейнер запустит таймер, по истечению которого произведёт взвешивание. После чего произойдет оповещение работников о готовности к проведению тестов над изделием.

Результатом внедрения подобного механизма будет являться упрощение процесса тестирования, повышение эффективности отдела технического контроля и уменьшение человеческого фактора.

UTOMATION OF THE TESTING PROCESS FOR THE TECHNICAL CONTROL DEPARTMENT OF THE ENTERPRISE

Simonov K.O., Konyaeva O.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Companies that produce a product strive to ensure that their products are of high quality and competitive, which leads to the need to implement product control.

The Technical Control Department is a production unit responsible for checking the quality of manufactured products before providing them to the direct customer. When forming such divisions, the question arises of how to manage the verification (testing) processes in order to achieve the best quality of the products sold.

As a result of digitalization, it has become possible to introduce mechanisms into technical control processes that simplify product testing, increase employee efficiency and minimize the impact of the human factor on test results.

It was proposed to use one of these mechanisms for the department of technical control of building structures.

The testing process in this department includes: obtaining test samples; loading them into a storage room for 3, 6 and 28 days; weighing products after the expiration of the storage period; the test itself. Each stage requires the presence of a specialist, and hence the accompanying human factor.

The proposed mechanism for automating the testing process is the modernization of the temporary storage chamber by introducing a special container for products. This container is an electronic tracking system based on a microcontroller architecture with the ability to connect to a software tool on work computers.

When the container is placed in it, it automatically creates an entry in an electronic journal. The employee only needs to specify the basic data of the test sample in this journal, and then enter the retention period. Next, the container will start a timer, after which it will weigh. After that, employees will be notified about their readiness to conduct tests on the product.

The result of the introduction of such a mechanism will be to simplify the testing process, increase the efficiency of the technical control department and reduce the human factor.

МЕСТО ИИ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аликберова Е.О., Третьяков Е.Ю., Захарова О.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) стал неотъемлемой частью многих аспектов жизни, а также управлением проектами. Его внедрение в проектную деятельность повышает эффективность, а также увеличивает качество и оптимизирует процессы.

Одним из основных преимуществ ИИ является его способность автоматизировать рутинные и повторяющиеся задачи [1]. Это позволяет командам сосредоточиться на более стратегических аспектах проекта, таких как планирование, анализ и принятие решений. ИИ может обрабатывать данные, генерировать отчеты и управлять расписаниями. Благодаря этому, уменьшается затрачиваемое время на административные задачи. Помимо этого, ИИ способен анализировать различные объемы данных и имеет возможность выявлять закономерности, которые могут быть не найдены человеком. Это позволяет руководителю проекта принимать более обоснованные решения на основе фактических данных. Например, алгоритмы машинного обучения могут предсказывать риски и проблемы, что дает возможность заранее разработать стратегии их минимизации.

С помощью ИИ можно более эффективно управлять ресурсами проекта. Алгоритмы могут анализировать доступные ресурсы, их загрузку и производительность, что позволяет оптимизировать распределение задач и минимизировать затраты. Это особенно важно в условиях ограниченного бюджета и времени.

Современные инструменты ИИ, такие как чат-боты и виртуальные ассистенты, могут значительно улучшить коммуникацию внутри проектной команды. Они могут отвечать на часто задаваемые вопросы, предоставлять информацию о статусе задач и даже помогать в организации встреч. Это способствует более эффективному взаимодействию и снижает вероятность недопонимания. ИИ может использоваться для прогнозирования потенциальных рисков и проблем в проекте. Системы, основанные на ИИ, могут анализировать исторические данные и текущие условия, чтобы выявить возможные угрозы и предложить меры по их предотвращению. Это позволяет проектным менеджерам быть готовыми к изменениям.

Искусственный интеллект открывает новые возможности для проектной деятельности, позволяя повысить эффективность, улучшить

качество и оптимизировать процессы. Однако для успешного внедрения ИИ необходимо учитывать вызовы и готовиться к изменениям. В конечном итоге, правильное использование ИИ может стать ключевым фактором успеха в управлении проектами, позволяя командам оставаться конкурентоспособными в быстро меняющемся мире.

1. Сахнов Н. Правда про AI «Искусственный интеллект». Ridero, 2024. 65 с.

THE PLACE OF AI IN PROJECT ACTIVITIES

Alikberova E.O., Tretyakov E.Y., Zakharova O.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In recent years, artificial intelligence has become an integral part of many aspects of life as well as project management. Its implementation in project activities improves efficiency as well as increases quality and optimizes processes.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ДОМАШНЕМ ХОЗЯЙСТВЕ*Аликберова Е.О., Рябов Д.И., Захарова О.И.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Искусственный интеллект (ИИ) в доме – это интеграция интеллектуальных и подключенных устройств, которые используют искусственный интеллект, чтобы сделать наши дома более интеллектуальными, эффективными и удобными. Примеры устройств с искусственным интеллектом, обычно используемых в домах, включают интеллектуальные динамики, термостаты, системы освещения, камеры видеонаблюдения и бытовую технику. Эти устройства используют различные технологии искусственного интеллекта, такие как обработка естественного языка, машинное обучение, компьютерное зрение и робототехника, чтобы предоставить пользователям персонализированный опыт и облегчить их жизнь.

Одним из самых популярных типов домашних устройств с искусственным интеллектом является умная колонка. Эти устройства используют обработку естественного языка для понимания голосовых команд и ответа на них, что позволяет пользователям управлять различными интеллектуальными устройствами с помощью голоса. Умные колонки, такие как Amazon Echo, Google Home и Apple HomePod, становятся все более популярными в последние годы и теперь находятся в миллионах домов по всему миру.

Еще одна область, в которой ИИ оказывает значительное влияние на домашнюю жизнь, – это энергоэффективность. Умные термостаты, такие как Nest и Ecobee, используют алгоритмы машинного обучения для изучения привычек пользователей и соответствующей регулировки температуры, помогая экономить энергию и деньги. Точно так же интеллектуальные системы освещения, такие как Philips Hue и LIFX, используют ИИ для изучения предпочтений пользователей и соответствующей настройки освещения, создавая персонализированную и энергоэффективную среду освещения.

ИИ также используется в системах домашней безопасности для повышения безопасности и наблюдения. Интеллектуальные камеры безопасности, такие как Nest Cam и Ring Video Doorbell, используют алгоритмы компьютерного зрения для обнаружения и идентификации людей, животных и объектов, предупреждая пользователей о потенциальных угрозах и позволяя им быстро реагировать.

Однако, как и в случае с любой технологией, ИИ в домашних условиях также вызывает опасения в отношении конфиденциальности и безопасности. Поскольку эти устройства собирают и передают персональные данные, существует риск их перехвата или неправомерного использования. Кроме того, существуют опасения по поводу возможности взлома или манипулирования устройствами с искусственным интеллектом, что позволяет злоумышленникам получить доступ к домам пользователей и личной информации.

В целом, искусственный интеллект в домашних условиях все еще является относительно новой областью, и ее полный потенциал еще не реализован. Однако по мере того, как технология продолжает развиваться и совершенствоваться, вполне вероятно, что в ближайшие годы мы будем видеть все больше и больше устройств с искусственным интеллектом в наших домах.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE HOUSEHOLD

Alikberova E.O., Ryabov D.I., Zakharova O.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Artificial intelligence in the home is the integration of intelligent and connected devices that use artificial intelligence to make our homes more intelligent, efficient and convenient. Examples of artificial intelligence devices commonly used in homes include smart speakers, thermostats, lighting systems, CCTV cameras, and household appliances. These devices use various artificial intelligence technologies such as natural language processing, machine learning, computer vision and robotics to provide users with a personalized experience and make their lives easier.

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГРАФИЧЕСКИХ API DIRECTX12 И VULKAN

Рябов П.А., Коняева О.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Графические API (Application Programming Interface) – это набор программных инструментов и функций, предоставляемых разработчикам абстракцию над низкоуровневыми операциями с графическим оборудованием для создания и управления графическими элементами и визуализацией в компьютерных приложениях [1]. В прошлых поколениях API, таких как OpenGL, драйвер отслеживал состояние множества объектов, управляя памятью и синхронизацией, проверяя ошибки во время работы приложения. Это удобный инструмент для программистов, но это потребляет весомый временной ресурс CPU. Новое поколение графических API исправляет эту проблему при помощи отслеживания состояния, синхронизации и управления памятью вручную разработчиками [2].

В данной работе проводится сравнение работы двух графических API на одном тестовом стенде, без дополнительных настроек, доступными для простого обывателя. Сравнение будет проводиться на следующих комплектующих на базе операционной системы Windows 11:

- CPU: intel i9 10900 KF 3.70 GHz;
- GPU: Nvidia RTX 3070ti;
- RAM: 32 gb 3200 Mgz;
- SSD: скорость чтение 3500 Мбайт/с.

При этом используя синтетические тест 3Dmark общее количество очков на Vulkan в тесте «Wild Life Extreme» составило 87827, а на Directx12 77333. Используя синтетический тест GFXbench количество отрисованных кадров на Vulkan составило 63930, а на Directx12 56470.

Можно сделать вывод, что Vulkan превосходит Directx12 по производительности эффективнее, работая с драйверами, распределяя ресурсы комплектующих в равных условиях и задачах. Однако, это отражается на температурных показателях системы. При множественных прогонах работы тестов на DirectX 12 температура GPU была на 5°C ниже, в сравнение работы на Vulkan.

В отличие от DirectX 12, Vulkan является кроссплатформенным API, что позволяет запускать приложения и видеоигры с ним на разных операционных системах, не только на Windows [3].

Проведя тестирование в видеоиграх на операционных системах Windows 11 и РЕД ОС 7.3.4, можно сделать вывод что, если изначально видеоигра реализована с использованием DirectX API, то разница в производительности будет заметна почти сразу, порядка 10-15 fps в пользу Windows, так как при запуске таких приложений на Linux необходимо прибегнуть к программам по преобразования API – вызовов. Если игра изначально разработана на кроссплатформенном Vulkan API, то производительность в больших AAA проектах на Windows будет более стабильна, чем на РЕД ОС. В среднем в 1,2 раза.

Нужно понимать, что, как и любой другой программный интерфейс, графический API это способ связи, стандартизированная, документированная спецификация функций, которая используются на стороне приложения и реализуются драйвером. И эффективность его работы зависит от умений разработчиков.

1. Shiraef J. An exploratory study of high-performance graphics application programming interfaces // The University of Tennessee at Chattanooga. 2016. P. 87.

2. Селлерс Г. Vulkan. Руководство разработчика. Официальное руководство. М.: ДМК Пресс, 2017. 393 с.

3. A Comparison of Modern Graphics APIs Alain [Электронный ресурс] / URL: <https://alain.xyz/blog/comparison-of-modern-graphics-apis> (дата обращения: 03.09.2024).

IMPACT ANALYSIS DIRECTX 12 AND VULKAN GRAPHICS API'S

Ryabov P.A., Konyaeva O.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In this paper, we compare the operation of two graphical APIs on the same test bench, without additional add-ons available to the layman. Comparisons will be carried out on the following components based on the Windows 11 and RED OS operating system.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ОТ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ

Михалев А.К., Осанов В.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Системы управления промышленной автоматизацией играют ключевую роль в современной индустрии, обеспечивая эффективность производственных процессов. С развитием технологий обработки и анализа данных возникли новые подходы к мониторингу, управлению и прогнозированию процессов, которые позволяют предприятиям снизить издержки, повысить качество продукции.

Данные в систему управления автоматизацией поступают с различных источников. Основная задача обработки этой информации заключается в преобразование необработанных данных в ценные аналитические выводы для дальнейшего принятия решений.

Наиболее распространенные методы обработки и анализа можно классифицировать следующим образом:

1. Фильтрация данных: медианная фильтрация, фильтр Калмана, гауссовская фильтрация, фильтр Савицкого-Голея, экспоненциальное сглаживание, фильтр Бесселя, фильтр Чебышева, фильтр Винера, фильтр среднего значения, фильтр медианного окна.

2. Агрегация данных: суммирование, нахождение среднего значения, медиана, мода, взвешенное среднее, максимум, минимум, стандартное отклонение, дисперсия, квартильный размах, группировка по категориям.

3. Предварительная обработка данных: нормализация, масштабирование, категориализация, обработка пропущенных значений, преобразование признаков, выделение признаков (PCA, LDA, t-SNE), удаление выбросов, дискретизация, балансировка классов, логарифмическое преобразование, разделение данных на обучающую и тестовую выборки, шумоподавление.

График, полученный авторами на основе анализа статистических данных [1], демонстрирует, как внедрение методов обработки и анализа данных повлияло на показатели снижения простоев и энергопотребления на промышленных предприятиях.

На основе представленных результатов исследования можно сделать вывод, что методы обработки и анализа данных играют важную роль в повышении эффективности работы промышленных предприятий.

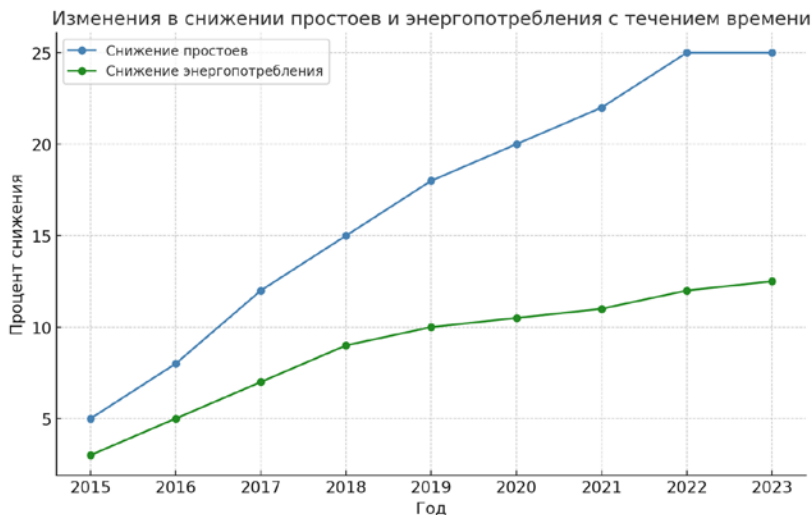


Рис. 1. График изменения в снижении простоев и энергопотреблении

Интеграция этих методов в системы управления промышленной автоматизацией позволяет предприятиям значительно улучшить свои показатели, снижая издержки, повышая качество продукции и минимизируя риски простоев и аварий.

1. AI4I 2020 Predictive Maintenance Dataset [Электронный ресурс] / URL: <https://archive.ics.uci.edu/dataset/601/ai4i+2020+predictive+maintenance+dataset> (дата обращения: 15.09.2024).

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF THE EFFICIENCY INDICATORS OF INDUSTRIAL AUTOMATION ON DATA PROCESSING AND ANALYSIS METHODS

Mikhalev A.K., Osanov V.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article examines the impact of data processing and analysis methods in control systems on the quality and efficiency of industrial automation. The results of the study confirm the importance of data processing and analysis methods for improving industrial productivity.

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

Вержаковская М.А., Голубин Д.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Технологии компьютерного зрения получили значительное распространение в различных областях, включая системы контроля и управления доступом. Однако, применение компьютерного зрения не обходится без определенных проблем, начиная от технических ограничений и заканчивая этическими соображениями.

Одной из основных возможных технических проблем являются точность и надежность систем компьютерного зрения. Для обеспечения безопасности необходима высокая точность системы контроля доступа, а алгоритмы CV могут быть подвержены ложным результатам из-за изменений угла обзора камеры, освещения и так далее. Из-за ложноотрицательного результата система может отказать в доступе авторизованному лицу, или, при ложноположительном результате, предоставить доступ лицу неавторизованному, являя в обоих случаях значительные риски для безопасности.

Обработка в реальном времени так же может оказаться проблемой, так как СКУД (система контроля и управления доступом) зачастую требует мгновенного принятия решений. Однако, алгоритмы CV, в частности алгоритмы глубокого обучения, требуют впечатляющих вычислительных затрат и мощностей, и могут не обеспечивать результат в реальном времени, что может привести к задержкам и неудобством. Вследствие этого, технологии компьютерного зрения лучше подходят для сред с низким трафиком, или менее чувствительным ко времени принятия решений [1].

Технологии компьютерного зрения могут быть обмануты в результате атак, когда входными данными манипулируют, заставляя систему совершить ошибку. Это вызывает озабоченность устойчивостью систем, в которых они используются. Злоумышленник может воспользоваться подобной уязвимостью для получения несанкционированного доступа, что делает обеспечение устойчивости систем CV к подобным атакам задачей с высшим приоритетом.

Использование технологий компьютерного зрения в системах контроля доступа предполагает сбор и обработку биометрических данных, хранение которых может представлять риск для частной жизни, особенно при угрозе утечек персональных данных.

Технологии компьютерного зрения, основанные на машинном обучении, могут непреднамеренно следовать существующим предубеждениям, присутствующим в их обучающих данных. К примеру, система распознавания лиц может демонстрировать более низкую точность для определенных демографических групп, приводя к дискриминационным результатам при контроле доступа.

Внедрение подобных технологий в системы контроля доступа так же сталкивается с законодательными препятствиями, такими как законы о защите данных, устанавливающими строгие требования к сбору, обработке, и хранению персональных данных [2].

Несмотря на широкие возможности для совершенствования систем контроля и управления доступом, которые предоставляет использование технологий компьютерного зрения, его применение сопряжено с рядом технических, этических и юридических проблем, решение которых требует междисциплинарного подхода, включающего в себя достижения в области технологий CV, четкие правовые принципы и надежные этические рамки. В будущем, работа должна быть направлена на разработку более точных и надежных систем компьютерного зрения, а также на решение проблем конфиденциальности и этических и правовых вопросов, связанных с их внедрением.

1. Akhtar N., Mian A. Threat of Adversarial Attacks on Deep Learning in Computer Vision: A Survey // IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 14410–14430.

2. Hornberg A. Handbook of Machine and Computer Vision. Wiley, 2017. 860 p.

PROBLEMS OF USING COMPUTER VISION IN ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS

Verzhakovskaya M.A., Golubin D.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The application of computer vision (CV) in access control and management systems, although promising, faces numerous challenges. This thesis explores these challenges, including technical limitations such as accuracy, real-time processing, and resistance to adversarial attacks, privacy, bias and fairness issues, as well as legal and regulatory hurdles are also major obstacles. The use of CV in access control requires the collection and processing of sensitive biometric data, which increases privacy risks and ethical considerations. Addressing these multifaceted challenges requires an integrated approach that combines technological advances with strong ethical standards and clear legal guidelines.

ПРОБЛЕМЫ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Вержаковская М.А., Григорьев А.Е.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В настоящем времени для обеспечения рациональной координации, управления и контроля в телекоммуникационных системах широко используются автоматизированные системы управления, представляющие собой ёмкие и комплексные программно-аппаратные системы.

Подобные решения способны на высоком уровне координировать и контролировать как работу оборудования, так и всего технологического процесса в целом. Для решения задач они обладают внушительными функциональными возможностями, такими как: сбор и анализ данных, принятие решений в режиме реального времени, оптимизацию производственных операций, управление ресурсами и мониторинг эффективности производства.

Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами также могут быть интегрированы с другими информационными системами предприятия что позволяет создать единое информационное пространство для управления всеми аспектами деятельности предприятия.

Являясь важным элементом современных предприятий, у таких систем существуют определенные проблемы и риски, которые могут возникнуть в процессе их эксплуатации.

Одной из основных проблем, с которой сталкиваются владельцы и операторы, является возможность возникновения сбоев и отказов в работе системы. Это может привести к неправильному функционированию оборудования, потере данных, остановке производства и другим негативным последствиям. Для предотвращения подобных ситуаций необходимо проводить регулярное техническое обслуживание системы и обновлять ее программное обеспечение.

Другой проблемой является уязвимость к кибератакам и вредоносным программам. В случае успешной атаки злоумышленники могут получить доступ к системе управления и нанести ущерб производственному процессу, а также захватить конфиденциальные данные о предприятии. Для защиты от киберугроз необходимо применять современные методы шифрования данных, установить межсетевые экраны и использовать антивирусные программы. Так же проблемой может стать неэффективное использование ресурсов, если система не оптимизирована для

оптимального использования материалов, энергии и времени, это может привести к излишним расходам и увеличению затрат.

Несмотря на проблемы, при проведении профилактики для минимизации внештатной работы, автоматизированные системы управления технологическими процессами имеют большой потенциал для повышения производительности и эффективности работы телекоммуникационных систем, однако необходимо учитывать возможные проблемы и риски, связанные с их эксплуатацией, и принимать меры для их предотвращения.

PROBLEMS IN AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS

Verzhakovskaya M.A., Grigoryev A.E.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

At present, automated control systems, which are capacious and complex software and hardware systems, are widely used to ensure rational coordination, management and control in telecommunications systems. In this paper, the problems and risks that may arise during their operation are considered.

**РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ «CATACOMB
TOURNAMENT» С ИНТЕГРИРОВАННЫМ ПРИКЛАДНЫМ
ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ**

Вержаковская М.А., Руди А.П.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Данная научная работа посвящена разработке компьютерной игры «Catacomb Tournament» с интегрированным прикладным искусственным интеллектом (ИИ) в жанре «First – person action roguelike – like». В игре 4 игроков: один под управлением человека, остальные под управлением ИИ – соревнуются и исследуют процедурно сгенерированное подземелье, находя случайное, таким же образом сгенерированное, снаряжение: оружие, броню и т.д. Цель игры: первым найти спрятанный артефакт «Ancient Orb» в недрах этого подземелья.

С практической точки зрения, в работе рассмотрены процессы установки и настройки «игрового движка» Godot, а также настройка и установка дополнений к «движку», необходимых для работы и настройки нейронной сети, которая будет управлять соперниками. Также были освещены основные этапы разработки игры и инструменты, предлагаемые Godot для реализации задач, из которых состоял процесс разработки [1].

Разработана первая версия игры, составлена документация пользователя. Изучены приемы работы и интеграции прикладного искусственного интеллекта для управления игровыми персонажами, с акцентом на алгоритмы, способные обеспечить реалистичное и адаптивное поведение ИИ. Подробно описан процесс программирования игры, включая реализацию процедурной генерации уровней, системы боя и предметов [2].

В заключение, работа предлагает глубокий анализ процесса разработки игры «Catacomb Tournament», демонстрируя практическое применение прикладного искусственного интеллекта в игровой индустрии. Исследование также вносит вклад в понимание особенностей разработки игр с процедурной генерацией уровней и вводит небольшие нововведения в устоявшийся жанр за счет смеси нескольких.

1. Godot Engine Documentation [Электронный ресурс] / URL: <https://readthedocs.org/projects/godot/> (дата обращения: 22.09.2024).

2. Astrogue: A Roguelike Using Procedural Content Generation for Levels and Plots in a Computer Game: Bachelor of Science Thesis in Computer Science / S. Almgren [et al.]. Göteborg, Sweden, 2014. 60 p.

**DEVELOPMENT OF THE COMPUTER GAME «CATACOMB
TOURNAMENT» WITH INTEGRATED APPLIED ARTIFICIAL
INTELLIGENCE**

Verzhakovskaya M.A., Rudy A.P.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This scientific work is devoted to the development of the computer game «Catacomb Tournament» with integrated applied artificial intelligence in the genre of «First– person action roguelike – like».

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО И ГЛОБАЛЬНЫЕ
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

Вержаковская М.А., Михайлова А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Глобальные компьютерные телекоммуникации, являясь ключевым фактором формирования информационного общества, одновременно порождают новые проблемы, такие как цифровой разрыв, киберпреступность и угрозы информационной безопасности.

Информационное общество, основанное на глобальных компьютерных телекоммуникациях, открывает новые возможности для образования, культуры и научного прогресса, способствуя демократизации и интернационализации знаний.

Глобальные компьютерные телекоммуникации, являясь инструментом для распространения информации, одновременно могут стать инструментом манипуляции и контроля, создавая угрозу для свободы слова и демократии.

Информационное общество с его глобальными компьютерными телекоммуникациями – это не просто этап развития цивилизации, а новый этап в истории человечества, характеризующийся переходом от индустриального общества к обществу знаний.

**INFORMATION SOCIETY AND GLOBAL COMPUTER
TELECOMMUNICATIONS**

Verzhakovskaya M.A., Mikhailova A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In this paper, global computer telecommunications are considered as a manipulation and control tool, posing a threat to freedom of speech and democracy.

УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ И CI/CD В РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Аронов В.Ю., Тихонов А.Ю.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Современная разработка программного обеспечения требует высокой скорости, гибкости и качества. Одним из ключевых факторов для достижения этих целей является эффективное управление конфигурацией и использование методологии CI/CD (непрерывная интеграция и непрерывное развёртывание). Эти практики помогают автоматизировать жизненный цикл разработки, снизить количество ошибок, улучшить качество кода и ускорить выпуск программных продуктов.

Целью работы является исследование методологии управления конфигурацией и процессов CI/CD в контексте разработки программного обеспечения, а также разработка рекомендаций по их внедрению для повышения эффективности процесса разработки.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Проанализировать современные методы и инструменты управления конфигурацией в программной разработке.
2. Исследовать особенности и преимущества CI/CD на разных этапах жизненного цикла программного обеспечения.
3. Выявить ключевые проблемы, возникающие при внедрении управления конфигурацией и CI/CD.
4. Предложить рекомендации по внедрению CI/CD и оптимизации управления конфигурацией.

Управление конфигурацией (Configuration Management, CM) играет ключевую роль в разработке программного обеспечения, обеспечивая контроль версий, стабильность окружений и согласованность компонентов системы. Важными аспектами управления конфигурацией являются: ведение репозитория исходного кода и артефактов (Git, Subversion), автоматизация настройки окружений (Ansible, Chef, Puppet), управление зависимостями и сборками (Maven, Gradle). CM позволяет избежать ошибок, связанных с изменениями в системе, и обеспечивает воспроизводимость окружений и стабильность разработки.

Непрерывная интеграция (Continuous Integration) предполагает частую интеграцию изменений кода в основную ветку репозитория с автоматическим запуском тестов и сборки. Это помогает своевременно выявлять ошибки и избегать проблем, связанных с интеграцией кода от

разных разработчиков. Ключевые инструменты CI включают Jenkins, Travis CI, GitLab CI и другие системы, которые позволяют автоматизировать выполнение тестов, проверок качества кода и сборок.

Непрерывное развёртывание (Continuous Deployment) и доставка (Continuous Delivery) направлены на автоматизацию процесса выпуска приложений в продакшн среду. Это требует автоматической упаковки и развёртывания на целевые сервера с минимальными ручными действиями. CD способствует ускорению выпуска обновлений, улучшению стабильности продуктов и снижению затрат на управление релизами.

Несмотря на преимущества CI/CD, внедрение этих процессов сопряжено с определёнными трудностями: сложность настройки и поддержания стабильности окружений, необходимость высокого уровня автоматизации тестирования, требование изменения культуры разработки и взаимодействия команд. Эти вызовы могут снижать эффективность CI/CD, если не учитывать ключевые факторы, такие как грамотное управление инфраструктурой, использование контейнеризации (Docker, Kubernetes) и микросервисной архитектуры.

Эффективное управление конфигурацией и применение методологии CI/CD являются необходимыми элементами современной разработки программного обеспечения. Эти процессы позволяют снизить затраты времени на выпуск обновлений, повысить качество программных продуктов и улучшить взаимодействие между разработчиками. Внедрение CI/CD требует комплексного подхода, включающего грамотное управление конфигурацией, автоматизацию тестирования и настройку процессов развёртывания.

CONFIGURATION MANAGEMENT AND CI/CD IN SOFTWARE DEVELOPMENT

Aronov V.Yu., Tihonov A.Yu.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Effective configuration management and the application of the CI/CD methodology are essential elements for modern software development. These processes allow you to reduce the time spent on the release for updates, improve the software products quality and improve interaction between developers. The CI/CD implementation requires a comprehensive approach, including competent configuration management, testing automation and configuration of deployment processes.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ

Аронов В.Ю., Курочкин И.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Современные программные продукты требуют не только быстрой разработки, но и высокого уровня качества. Важным аспектом обеспечения этого качества является автоматизация тестирования, которая помогает сократить время на проверку работоспособности программных решений и уменьшить вероятность человеческих ошибок. В рамках данной работы будет рассмотрен сравнительный анализ популярных инструментов автоматизации тестирования, их функциональность, а также преимущества и недостатки использования в различных проектах.

Целью работы является сравнительный анализ инструментов автоматизации тестирования и разработка рекомендаций по их использованию в различных условиях разработки программного обеспечения.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить основные инструменты автоматизации тестирования, применяемые в индустрии разработки ПО.
2. Проанализировать ключевые критерии выбора инструментов для разных типов проектов.
3. Провести сравнительный анализ наиболее популярных инструментов (Selenium, JUnit, TestComplete и др.).
4. Разработать рекомендации по выбору инструментов автоматизации тестирования для различных типов проектов и этапов разработки.

В данной работе рассмотрены основные инструменты, используемые для автоматизации функционального и нефункционального тестирования, описаны их основные возможности, поддерживаемые языки программирования и платформы.

1. Selenium: универсальный инструмент для автоматизации веб-тестирования.
2. JUnit: фреймворк для автоматизации модульного тестирования.
3. TestComplete: инструмент для автоматизации различных видов тестирования (веб, мобильные, десктопные приложения).
4. Katalon Studio: комплексный инструмент для автоматизации тестирования с графическим интерфейсом.
5. Критерии выбора инструментов автоматизации тестирования.

Также в работе проанализированы основные критерии, на которые следует обращать внимание при выборе инструмента автоматизации: тип тестируемого приложения (веб, мобильные, десктопные), масштаб и сложность проекта, языки программирования и интеграции с другими инструментами, стоимость и доступность инструмента, сравнительный анализ инструментов.

В работе представлен сравнительный анализ выбранных инструментов по ряду характеристик: простота использования и обучения, функциональность (поддержка разных видов тестирования), скорость выполнения тестов, поддержка параллельного тестирования и интеграция с CI/CD процессами, совместимость с популярными платформами и языками программирования, проблемы и риски внедрения инструментов автоматизации тестирования.

Внедрение инструментов автоматизации тестирования может сталкиваться с рядом проблем, таких как:

1. Высокие первоначальные затраты времени и ресурсов на настройку.
2. Ограниченная поддержка специфических типов приложений.
3. Необходимость интеграции с существующими процессами разработки и тестирования.
4. Будут предложены способы минимизации этих рисков и оптимизации процессов тестирования.

В заключении представлены итоги проведенного анализа инструментов автоматизации тестирования, выделены их ключевые особенности и преимущества, а также даны рекомендации по их применению в различных типах проектов. Автоматизация тестирования является необходимым этапом для обеспечения высокого качества программного обеспечения и требует внимательного подхода к выбору подходящих инструментов.

COMPARATIVE ANALYSIS FOR TEST AUTOMATION TOOLS

Aronov V.Yu., Kurochkin I.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In this work, a comparative analysis for popular test automation tools, their functionality, as well as the advantages and disadvantages of using them in various projects are considered.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ ПО

Аронов В.Ю., Яровенко А.М.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В последние годы методы разработки программного обеспечения (ПО) становятся все более сложными и требуют значительных ресурсов, как человеческих, так и временных. В этом контексте искусственный интеллект (ИИ) выступает важным инструментом для оптимизации процессов разработки, способным значительно улучшить эффективность работы, сократить затраты времени и минимизировать количество ошибок.

Одним из ключевых направлений использования ИИ в разработке ПО является автоматическая генерация кода. Современные системы могут создавать фрагменты программного кода на основе описания требований, что значительно ускоряет процесс разработки. Примеры таких решений включают Copilot, OpenAI, Tabnine, Mintlify. Эти инструменты помогают как начинающим разработчикам, так и профессионалам, снижая рутинную нагрузку и ускоряя процесс написания кода.

Еще одним важным аспектом применения ИИ является автоматизация тестирования. С помощью ИИ можно автоматически генерировать тест-кейсы, анализировать код на предмет ошибок и даже предлагать их исправления. Это позволяет значительно повысить качество создаваемого ПО и сократить цикл тестирования. Программные решения, такие как SmartBear, TestComplete и AppliTools, уже сегодня активно используются для этих целей.

Процессы непрерывной интеграции и доставки (CI/CD) также могут быть оптимизированы с помощью ИИ. Интеграция ИИ в CI/CD конвейеры помогает автоматизировать выпуск ПО, предсказывать возможные сбои и улучшать стабильность релизов. Системы Jenkins и CircleCI с элементами ИИ способны оптимизировать работу команд разработчиков, повышая общую продуктивность.

ИИ также находит применение в управлении техническим долгом. Он может анализировать кодовую базу, выявлять сложные участки, требующие рефакторинга, и давать рекомендации по улучшению кода. Это особенно важно для крупных проектов, где накопленный технический долг может затруднять дальнейшую разработку и поддержку продукта.

Однако использование ИИ в разработке ПО сопровождается и определенными вызовами. Одним из них является вопрос этики и безопасности ИИ. Важно обеспечить прозрачность решений,

принимаемых ИИ, и их предсказуемость. Системы на основе ИИ, несмотря на свою мощь, все еще требуют валидации со стороны разработчиков, особенно при работе с критически важными задачами. Кроме того, внедрение ИИ в существующие процессы разработки требует адаптации текущих практик и обучения персонала.

Таким образом, искусственный интеллект открывает перед разработчиками новые возможности для повышения эффективности и качества программного обеспечения. Несмотря на существующие ограничения, потенциал ИИ в автоматизации процессов разработки продолжает расти, делая его важным элементом в будущем индустрии разработки. В перспективе ожидается дальнейшее развитие ИИ в области управления техническим долгом и обеспечения безопасности, а также появление гибридных систем, где ИИ будет дополнять и усиливать работу разработчиков, ускоряя процессы и улучшая качество продукта.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATION FOR SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS AUTOMATION

Aronov V.Yu., Yarovenko A.M.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This paper discusses the artificial intelligence (AI) potential in automating various stages of the software development process. From automatic code generation to AI-driven test automation and optimization of CI/CD pipelines. The paper also highlights the challenges and limitations of integrating AI, such as the need for ethical guidelines and validation. Further, the paper outlines potential future developments, including hybrid systems where AI assists developers, accelerating processes and improving product quality.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ ИЗДЕЛИЙ

Кулас О.Л., Старостина А.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Для улучшения качества изготавливаемой продукции и обеспечения её безопасности крайне важным этапом производственного процесса является выявление дефектов изделий. Одним из способов выявления поверхностных дефектов является визуальный контроль, то есть проверка оператором готового изделия на наличие дефектов. Однако, несмотря на простоту, основным недостатком такого способа является риск человеческой ошибки (невнимательность, субъективность оператора), что может привести к пропуску дефекта и, как следствие, к дальнейшему использованию бракованного изделия. Этим обусловлена востребованность систем компьютерного зрения (СКЗ), которые позволяют автоматизировать анализ качества изделий [1].

Обобщенная структура такой СКЗ включает в себя набор видеокамер (ВК) со специальными осветителями и светофильтрами (СФ), формирующими изображения в различных диапазонах спектра электромагнитного излучения. Видеопроцессор, преобразует видеопотоки, снимаемые с ВК в форму удобную для обработки на ЭВМ, которая работает под управлением специального программного обеспечения и реализует нейронную сеть. Задача, решаемая такой СКЗ – обнаружение и классификация дефектов, вычисление их числовых характеристик (координат, размеров) и автоматическое принятие решения о качестве анализируемого изделия.

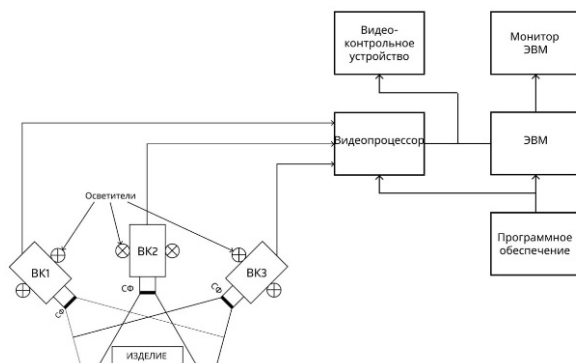


Рис. 1. Обобщенная структура СКЗ для поиска дефектов изделий

В докладе рассматриваются вопросы использования нейронных сетей различной архитектуры, которые могут быть использованы для реализации СКЗ. При выборе нейронной сети для повышения точности и скорости анализа предпочтение отдается нейронным сетям глубокого обучения. Такие сети должны быть обучены на больших наборах обучающих изображений. При подготовке обучающего набора изображений дефектов могут возникнуть трудности с их сбором. Причины этому весьма разнообразны – от слишком большой вариативности возможных дефектов до того, что такие данные могут являться коммерческой тайной. В такой ситуации на помощь приходит аугментация данных. Аугментация представляет собой искусственный способ увеличения числа экземпляров данных в имеющемся наборе [2]. Для обсуждения предлагается алгоритм работы программы аугментации изображений, который был успешно использован при создании СКЗ. Показано, что применение аугментации приводит к повышению точности работы нейронной сети. Пример аугментации изображения дефекта класса «царапина» приведен на рис. 2.



Рис. 2. Изображение дефекта «царапина» и результат аугментации

1. Системы контроля для обнаружения дефектов поверхностей [Электронный ресурс] / URL: <https://www.directindustry.com.ru/proizvoditel-promyshlennyj/sistema-kontrola-obnaruzhenia-defektov-poverhnostej-243243.html> (дата обращения: 14.09.2024).

2. Куляс О.Л., Старостина А.В. Подготовка данных для обучения нейронной сети в условиях малого количества образов // Актуальные проблемы информатики, радиотехники и связи: материалы XXXI Российской научно-технической конференции. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2024. С. 238–240.

USING NEURAL NETWORKS FOR AUTOMATING PRODUCT DEFECT DETECTION

Kulyas O.L., Starostina A.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article discusses the issues of constructing a computer vision system for searching for defects on the surface of products based on the use of deep learning neural networks. The importance of augmenting the data required for training the neural network is shown.

АЛГОРИТМЫ И МЕТОДЫ ГЕНЕРАЦИИ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ И СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Сибутин А.В., Гильмуллин Р.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Алгоритмы генерации псевдослучайных и случайных последовательностей активно используются в различных приложениях, от генерации случайных значений «кубиков» в видеоиграх, приложениях с генерацией каких-либо значений, до криптографии. Различают различные алгоритмы генерации псевдослучайных чисел [1]:

- линейный конгруэнтный метод – является одним из старых и простых рекурсивных алгоритмов с малым периодом;

- вихрь Мерсенна – алгоритм генерации псевдослучайных чисел с периодом равным одному из простых чисел Мерсенна, период алгоритма может быть достаточно большим для генерации чисел, но угадывается при знании уже сгенерированных чисел;

- сдвиговые алгоритмы и алгоритмы XOR – как следует из названия данные алгоритмы используют в основе битовый сдвиг и операции XOR.

Как можно увидеть, данные алгоритмы являются детерминированными – через некоторый период они повторяются, а также легко предугадываются. Для реализации истинно случайных процессов необходимо использовать в основе генерации чисел процессы с высокой энтропией [2]. К процессам с высокой энтропией можно отнести различные шумы, такие как дробовые шумы, тепловые шумы. Электромагнитные шумы, по типу радишума, так же можно использовать, но ограниченно, из-за того, что аппаратная часть, на вход которой подается данный шум, будет улавливать шум переменного тока проводки, а также на него можно влиять из вне, что уменьшает энтропию. Так же для генерации истинно случайных последовательностей можно использовать квантовые процессы, по типу деления электрона, генерации фотонов, радиоактивный распад, данные алгоритмы основаны на непредсказуемом времени распада радиоактивных атомов, а также различные механические, оптические и фотоэлектрические явления [2].

Алгоритмы генерации случайных последовательностей используют в своей основе аппаратные генераторы случайных чисел, простой пример аппаратного генератора случайных чисел представлен на рис. 1. При превышении порогового уровня шума генерируется бит «1», если нет, то бит «0».

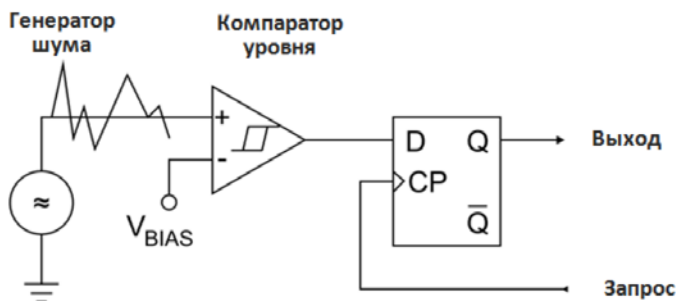


Рис. 1. Простая схема генератора истинно случайных последовательностей

Данный метод получения случайных чисел позволяет использовать полученные значения в различных алгоритмах генерации как просто значений, так и криптостойких ключей.

Среди технологий, использующих аппаратную генерацию, можно выделить Intel Secure Key [3], которая использует шумы процессора, образующиеся во время работы процессора для генерации случайных последовательностей у семейства процессоров Intel.

1. Методы генерации и тестирования случайных последовательностей: учебное пособие / М.Б. Будько [и др.]. СПб.: Университет ИТМО. 2019. 70 с.

2. Фергюсон Н., Шнайер Б. Практическая криптография. М.: Диалектика, 2005. 421 с.

3. What is Intel® Secure Key Technology? [Электронный ресурс] / URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/articles/technical/what-is-secure-key-technology.html> (дата обращения: 10.09.2024).

ALGORITHMS AND METHODS FOR GENERATING PSEUDO-RANDOM AND RANDOM NUMBER

Sibutin A.V., Gilmullin R.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article examines methods for generating pseudorandom and random numbers, including the linear congruent method, Mersenne vortex and quantum processes. The distinction is emphasized between predictable pseudo-random algorithms and truly random processes based on high-entropy sources such as thermal noise and radioactive decay.

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА МАРКЕТИНГ И РЕКЛАМУ

Канаева Е.В., Вержаковская М.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Искусственный интеллект (ИИ) давно является неотъемлемой частью современного мира, активно внедряясь в различные сферы деятельности. В данное время искусственный интеллект активно вошёл и в цифровой маркетинг в том числе, помогая компаниям упростить рабочий процесс, работая более эффективно и при этом тратя меньше ресурсов.

Искусственный интеллект – сложные программы, которые способны самостоятельно обучаться, принимать решение, а также совершенствовать свои навыки для выполнения действий и задач, которые ставит ему человек. Поэтому в маркетинге и в рекламе ИИ служит хорошим помощником в работе.

ИИ способен решать ряд задач, которые являются обязательными в маркетинге. Создание рекламных текстов, рассылок, заголовков и описания товаров и услуг, которые направлены на покупку, а также анализ конкурентов и потребностей потенциальных клиентов – всем этим занимается человек. И ИИ заметно упрощает и ускоряет работу, позволяя работникам сосредоточиться на более важных задачах. Теперь человек может при помощи ИИ сгенерировать рекламные изображения, видео и даже аудио. Примером удачного применения ИИ является бренд Levi's, который сгенерировал модели людей для демонстрации своей одежды. Или же журнал Cosmopolitan в сотрудничестве с компанией Open AI, которые разработали свою обложку для выпуска. Искусственный интеллект может обучаться заменять лицо модели на лицо любого нужного человека для рекламных видео и фото. Хорошим примером такой техники служит Компания Сбер, которая с помощью искусственного интеллекта смогла создать рекламный ролик с героем из комедии «Иван Васильевич меняет профессию».

При создании сайта искусственный интеллект способен создать визуальные образы для его оформления и применить иллюстрации для постов в социальных сетях, которые направлены на рекламу.

В данный период времени многие копирайтеры и не только пользуются GPT-3, который хорошо себя показал в создании рекламных текстов, направленные на продвижение своих товаров и услуг. Он способен выдать по определенному запросу варианты заголовков или же аннотаций.

В маркетинге важно правильно трактовать потребности аудитории, их предпочтения и желания, поэтому ИИ помогает человеку произвести персонализацию рекламы, собирая и анализируя данные. Он выдает персональную подборку товаров для людей, исходя из того, чем человек интересовался, заходя на сайт и пролистывая товары, а также учитывает, что человек приобретал ранее в онлайн-магазине. Такая техника позволяет как можно точнее предлагать актуальные товары и сильнее завлекать потенциального клиента. При помощи всего этого компания понимает какой контент лучше всего добавлять в рекламные объявления на сайтах, или же в соцсетях и на какие товары сделать акцент.

Проводить анализ всех отзывов и комментариев тяжелая и нудная работа для любого работника, поэтому можно снова обратиться к ИИ, запросив провести полный анализ. Это помогает бизнесу повысить вовлеченность клиентов, узнать общественное мнение, вовремя произвести изменения и самое главное – повысить число продаж.

Если ИИ способен дать понять какие лучше выдавать продукты на маркет-плейсах, он также способен проанализировать и другие интересы пользователей, выдавая для каждого человека свою подборку треков, подкастов и даже книг. Данной технологией активно пользуется Яндекс.Музыка и МТС Music.

Правильное внедрение искусственного интеллекта в рекламу и маркетинг дает больше возможностей и инструментов для создания качественной рекламы, которая будет завлекать каждого человека. ИИ позволяет автоматизировать рутинные процессы и быстро генерировать контент на основе аналитики данных. Но не стоит забывать, что искусственный интеллект не сможет полностью заменить таких специалистов, как маркетолог, копирайтер и пиарщик, потому что только человек способен с творческим подходом отнестись к работе.

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON MARKETING AND ADVERTISING

Kanaeva E.V., Verzhakovskaya M.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

AI is being actively implemented in digital marketing, simplifying and speeding up the company's workflow. The programs generate advertising texts, mailing lists, headlines, product descriptions, analyze competitors and customer needs, replacing the faces of models, like Sber for the video with "Ivan Vasilyevich changes his profession". They create visual images for websites and illustrations, as well as advertising texts, such as GPT-3 for headlines and annotations.

СЕКЦИЯ 4

АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЯЗИ

УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗВЯЗКИ ОУМ МОД ПРИ ПОМОЩИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЛИНЗЫ

Айрапетян А.А.

(Национальный исследовательский университет «МИЭТ»)

В радиосистемах связи, использующих волны с ненулевым орбитальным угловым моментом (ОУМ) большое внимание уделяется развязке между использующимися модами. А также одним из основных препятствий использования систем с ОУМ является низкая дальность действия в следствии расхождения ОУМ волн при увеличении расстояния. В данной работе будет рассматриваться эксперимент по увеличению дальности действия и повышения развязки между модами при помощи диэлектрической линзы.

В эксперименте были использованы ранее изготовленные квадратные антенные решетки (АР) X – диапазона частот. Были использованы три АР формирующие моды: 0, +1, -1. Для эксперимента были промоделированы и изготовлены при помощи технологии 3Д печати две диэлектрические линзы диаметрами 220 и 180 мм соответственно. В ходе эксперимента измерялся коэффициент передачи на разных расстояниях между антенными системами и линзами (Рис. 1).

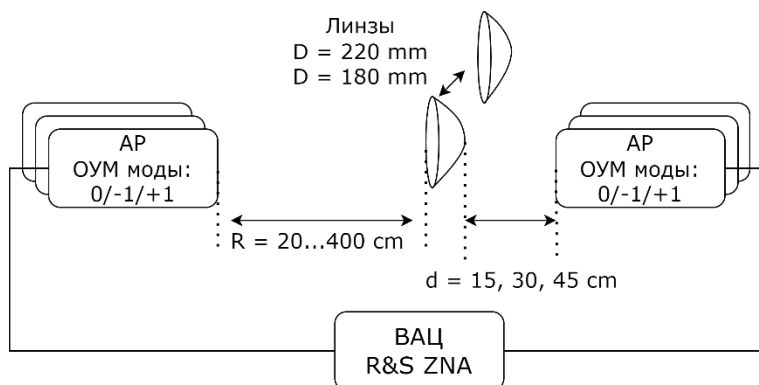


Рис. 1. Схема эксперимента

По результатам эксперимента были получены зависимости коэффициента передачи от расстояния для всех комбинаций различных мод (Рис. 2).

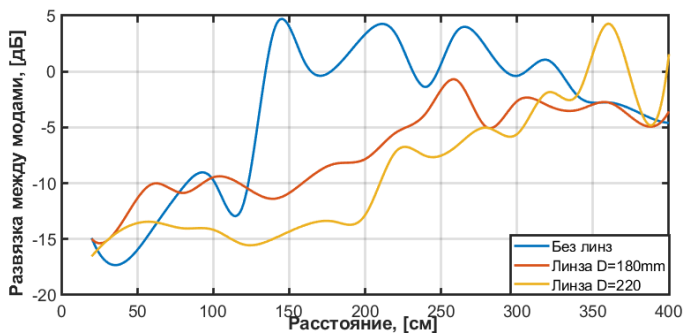


Рис. 2. Зависимость развязки между модами для трех случаев

Эксперимент показал, что использование гиперболических диэлектрических линз улучшают ортогональные характеристики ОУМ волн. В случае с передачей сигнала без использования линз развязка сохранялась на уровне 10 дБ расстоянии до 130 см, с использованием линзы диаметром 180 мм развязка сохраняется на расстоянии вплоть до 170 см, для случая с линзой диаметром 220 мм до 210 см.

INCREASING OAM MODE ISOLATION BY MEANS OF A DIELECTRIC LENS

Airapetian A.A.

(National Research University of Electronic Technology)

The paper presents an experiment in which two dielectric lenses with diameters of 180 and 220 mm were used to increase the OAM mode isolation between the antenna array with different modes, as well as to increase the range by 80 cm.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВЯЗКИ ОУМ МОД В X-ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

Азаров М.В.

(Национальный исследовательский университет «МИЭТ»)

Возможность разделения каналов в задачах радиосвязи посредством применения волн с орбитальным угловым моментом (ОУМ) основано на теоретической ортогональности различных по индексу и знаку мод таких волн. Получаемая на практике развязка между модами зависит от множества факторов и требует всестороннего изучения.

Для проведения эксперимента были изготовлены посредством 3D печати две спиральных фазовых пластины (СФП) (Рис. 1) соответствующие ОУМ модам +1 и -1. Использовался стандартный PETG пластик с измеренным коэффициентом $\epsilon \approx 2.6$ в X-диапазоне частот. Экспериментальная установка состояла из двух антенных решёток (АР), одна из которых перемещалась вдоль общей оси антенн. Измерения проводились со всеми парами АР (+1/-1) и СФП (+1/-1).



Рис. 1. СФП оранжевая (о) слева и СФП красная (к) справа

Результаты проведённых экспериментов (Рис. 2) демонстрируют наличие развязки порядка 10–15 дБ для расстояний 40–100 см и 0–5 дБ для 100–150 см.

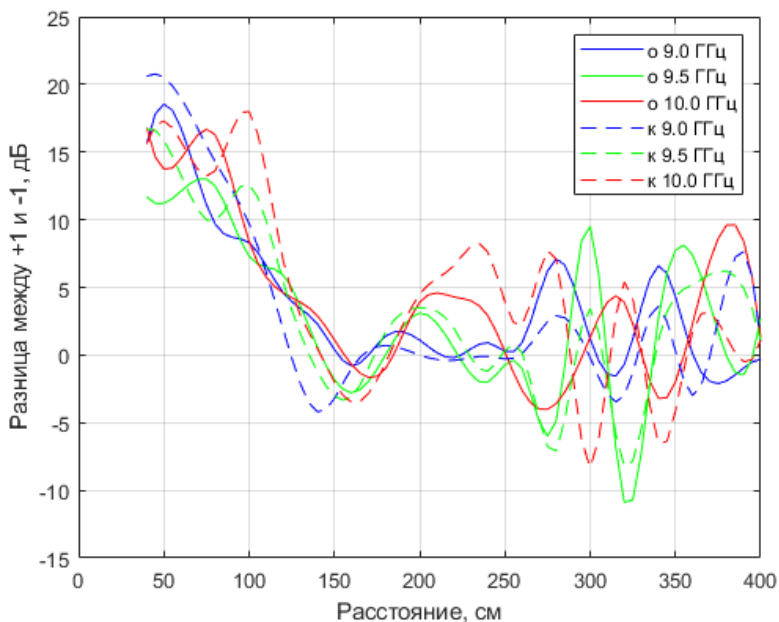


Рис. 2. Разница между коэффициентами передачи для различных комбинаций

Полученные данные позволяют судить о успешной генерации мод с индексами +1 и -1, а также полученной развязкой между ними.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE DECOUPLING OF OAM MODES IN THE X-BAND FREQUENCY RANGE

Azarov M.V.

(National Research University of Electronic Technology)

This paper presents an experiment on the generation of OAM modes with indices +1 and -1 by using of spiral phase plates, during which the decoupling between different modes were obtained.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛУЧОМ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Сайфуллин Т.Э., Грахова Е.П.

(Уфимский университет науки и технологий)

Связь между транспортным средством и инфраструктурой (V2I, Vehicle-to-Infrastructure) является востребованной технологией для современных приложений интернета вещей. Однако обеспечение высококачественной беспроводной связи в условиях высокой мобильности и большой плотности подключенных устройств остается важнейшим вопросом для сервисов интернета вещей.

В работе представлены результаты измерений прототипа фазированной антенной решетки с управляемой диаграммой направленности в секторе сканирования до 90° . Прототип линейной 16-элементной антенной решетки был изготовлен в ООО «Резонит». В качестве подложки использован стеклотекстолит F4BM255 с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2,55$. Толщина медного слоя составила 0,035 мм. В качестве финишного покрытия было применено иммерсионное золото. Габаритные размеры прототипа составили 448,0 мм $\times$ 52,5 мм (Рис. 1).

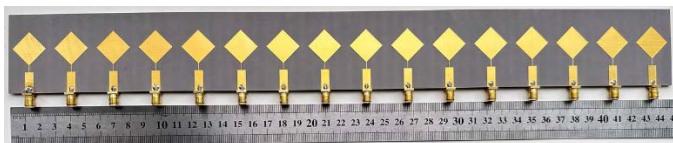


Рис. 1. Прототип линейной 16-элементной АР

Прототип был оснащен разъемами типа SMA, после чего на спектроанализаторе Fieldfox N9917A были измерены обратные (Рис. 2).

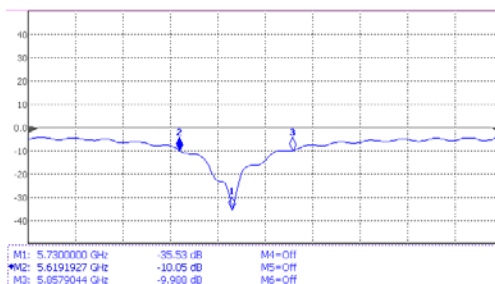


Рис. 2. Обратные потери (S_{11}) прототипа АР

Рабочая полоса частот антенного устройства составляет 239 МГц (5619–5857 МГц) и совпадает с диапазоном, предназначенным для телематических устройств на транспорте России [1-2].

Для апробации возможности управления диаграммой направленности в секторе до 90° была собрана лабораторная установка ФАР, включающая планарный делитель и блок фазовой настройки, управляемый микроконтроллером Arduino Mega 2560, реализующий решения алгоритмов машинного обучения. В ходе эксперимента в безэховой камере была подтверждена возможность перестройки главного лепестка фазированной антенной решетки, имеющего ширину 8° , в рамках десяти выбранных секторов (Рис. 3).

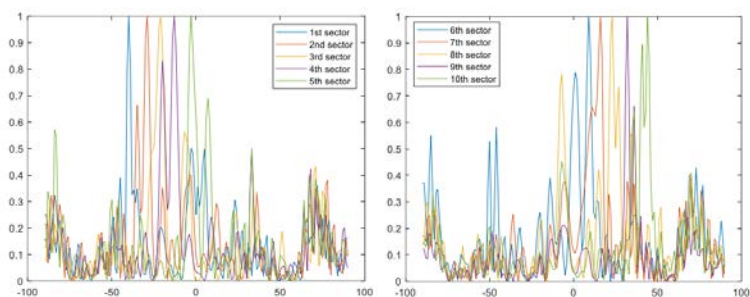


Рис. 3. Диаграммы направленности ФАР в ближней зоне в горизонтальной плоскости для 10 секторов

Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда (соглашение № 21-79-10407).

1. Таблица распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации от 18 сентября 2019 года №1203-47 [Электронный ресурс] / URL: https://grfc.ru/upload/medialibrary/949/TRPCH_2019_11.10.2019_.pdf (дата обращения: 22.09.2024).

2. Регламент МСЭ от 27 ноября 2015 [Электронный ресурс] / URL: <https://www.itu.int/pub/S-CONF-PLN-2015> (дата обращения: 22.09.2024).

EXPERIMENTAL APPROBATION OF PHASED ARRAY ANTENNA BEAMSTEERING FOR MODERN INTERNET OF THINGS APPLICATIONS

*Saifullin T.E., Grakhova E.P.
(Ufa University of Science and Technology)*

The paper presents the measurement results of a prototype phased array antenna with a controlled radiation pattern in the scanning sector up to 90° .

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АНТЕННЫХ СИСТЕМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ НА УНИКАЛЬНЫХ НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ОБЪЕКТАХ

Бузова М.А.^{1,2}, Нарышкин И.М.¹

(¹Самарское инновационное предприятие радиосистем, ²Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Как уже было отмечено в предыдущих работах авторов, в случае размещения антенных систем базовых станций на уникальных неспециализированных объектах возникает ряд специфических ограничений и требований, не позволяющих использовать для этой цели широко распространенные антенные решения, предназначенные для установки на стандартных телекоммуникационных башнях и мачтах [1]. Поэтому задача проектирования антенных систем, предназначенных для размещения на уникальных неспециализированных объектах, является весьма актуальной.

В данном докладе представлены основные аспекты методики проектирования рассматриваемых антенных систем, обеспечивающей учет сложной конфигурации (экстерьера) объекта установки. Исходные данные для проектирования включают характеристики геометрии объекта (в частности, тип геометрии поперечного сечения объекта, вид и порядок симметрии, углы между плоскими поверхностями и их чередование, радиусы кривизны поверхностей), анализ требований по назначению антенных систем (в частности, скрытности излучателей), требования к использованию канального (частотного) ресурса и приоритетов в его пространственном распределении, а также ряд других требований.

На первом этапе методики формируются требования к размещению на объектах, не приспособленных на этапе их собственного проектирования для установки антенных систем. В таких случаях разделение идет по двум категориям: возможность размещения антенн исключительно на боковых поверхностях объекта, либо размещение на крыше или верхней площадке объекта. Далее проводится анализ требований по назначению антенных систем. Затем по имеющимся в базе данных результатам ранее выполненных расчетов определяются состав и конфигурация антенной системы на основе «базовых» излучателей. После выбора соответствующих антенных элементов проводится расчет характеристик с учетом ближайшего окружения. После прохождения всех описанных циклов осуществляется окончательный расчет полученной антенной системы, реализованной на базе выбранных антенных элементов. Следующим этапом является удовлетворение требований по канальной

емкости, а также выполнение типовых действий по разработке конфигурации фидерного тракта и остальные типовые процедуры разработки.

Рассмотренная методика была успешно апробирована при разработке антенных систем базовых станций различных типов для круговых зон покрытия [2]. Методика обеспечила учет геометрии экстерьеря объекта установки и создание антенных систем в тех случаях, когда традиционные решения были нереализуемы. Разработанная методика проектирования может быть непосредственно использована при разработке проектных решений по размещению антенных систем различного назначения на уникальных неспециализированных объектах.

1. Бузова М.А., Нарышкин И.М. Пути создания многоканальных антенных систем базовых станций на уникальных объектах // Проблемы техники и технологий телекоммуникаций: материалы XXV Международной научно-технической конференции. Казань: Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, 2023. Т. 1. С. 393–394.

2. Бузова М.А., Красильников А.Д., Нарышкин И.М. Выбор вариантов построения антенных систем многоканальных центральных станций, размещаемых на объектах со сложной геометрией // Актуальные проблемы информатики, радиотехники и связи: материалы XXXI Российской научно-технической конференции. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2024. С. 191–193.

DESIGN FEATURES OF ANTENNA SYSTEMS INTENDED FOR PLACEMENT AT UNIQUE NON-SPECIALISED FACILITIES

Buzova M.A.^{1,2}, Naryshkin I.M.¹

(¹Samara Innovative Business Radio Systems, ²Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The main aspects of the methodology for designing antenna systems intended for placement at unique non-specialised facilities are considered.

ОЦЕНИВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРИНИМАЕМЫХ ВОЛН С УЧЕТОМ СЛУЧАЙНОГО ХАРАКТЕРА ТИПА И ХАРАКТЕРИСТИК ТРАССЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Бондарь П.И.

(Самарское инновационное предприятие радиосистем, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В ряде случаев возникает необходимость приема электромагнитных волн на подвижных объектах, находящихся на значительном расстоянии от передатчика и сложности распространения радиоволн на пересеченной местности. Также на пути распространения радиоволн (РРВ) может находиться множество объектов, влияющих на дисперсию, затухание и деполяризацию [1].

Основными факторами деполяризации являются [2]:

- рассеяние на одиночных и множественных объектах на пути распространения радиоволн (холмистая местность, деревья и др.);
- отражения (а также многолучевое распространение) от зданий и сооружений городской застройки;
- случайное (наклонное) положение антенны, на подвижном объекте при приеме определенного вида поляризации.

Для трассы с отдельными препятствиями для учета дифракции и рефракции на редко расположенных объектах используются методы интегральных уравнений и физической оптики и соответствующие программные средства.

Так, на трассах прямой видимости (тропосферная трасса РРВ), учитываются затухания и переизлучения при отражении в слоях тропосферы. На спутниковых трассах РРВ, учитываются рассеяние и деполяризация в атмосфере [3].

На трассах прямой видимости может также учитываться влияние атмосферных осадков, рассеяние в гидрометеорах, многолучевое распространение и т.п.

Трасса распространения в лесном массиве подробно описана в рекомендации МСЭ-R P.833-5 [4]. В рекомендации учитывается погонное затухание при прохождении через лесной массив или лесополосу линейно поляризованных электромагнитных волн.

Наиболее предпочтительной для городской застройки в работе была выбрана полумпирическая модель Hata-Davidson, имеющая ряд преимуществ по сравнению с более ранними моделями Hata и Okumura [5].

В соответствии с предложенной моделью учитываются, по мере необходимости, все вышеперечисленные группы факторов.

Таким образом, результатом влияния характеристик трассы распространения является определение среднего уровня сигнала различных поляризационных составляющих на приемном конце в зависимости от расстояния до передатчика, эффектов деполяризации и рассеяния на трассе РРВ.

В докладе показано, что деполяризация на трассах оказывает существенное влияние на уровень принимаемых сигналов, с преобладанием видов поляризации, ортогональных исходной. Также установлено, что осцилляции частотных характеристик затухания на трассах различных типов достаточно велики.

1. Поляризационная адаптация на основе триортогонального элемента УВЧ-диапазона / П.И. Бондарь [и др.] // Радиотехника. 2023. № 6. С.130–135.

2. Нефедов Е.И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 320 с.

3. Рекомендация МСЭ-R P.617-4. Методы прогнозирования и данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования тропосферных радиорелейных систем [Электронный ресурс] / URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.617-5-201908-I!!PDF-R.pdf (дата обращения: 15.05.2024).

4. Рекомендация МСЭ-R P.833-5. Ослабление сигналов растительностью [Электронный ресурс] / URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.833-5-200508-S!!PDF-F.pdf (дата обращения: 15.05.2024).

5. Сайт COST (Европейское сотрудничество в области науки и технологий) [электронный ресурс] / URL: http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/231 (дата обращения: 15.05.2024).

ESTIMATION OF POLARIZATION COMPONENTS OF RECEIVED WAVES TAKING INTO ACCOUNT THE RANDOM NATURE OF THE TYPE AND CHARACTERISTICS OF THE PROPAGATION PATH

Bondar P.I.

(Samara Innovative Business Radio Systems, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Depolarization on the routes has a significant effect on the level of received signals, often with a predominance of polarization types orthogonal to the original. It has also been established that oscillations of frequency characteristics of attenuation on routes of different types are quite large.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕННО-ФИДЕРНОЙ СИСТЕМЫ С ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ АДАПТАЦИЕЙ

Бондарь П.И.^{1,2}, Бузов А.Л.^{1,2}, Кольчугин Ю.И.¹, Копылов Д.А.¹

(¹Самарское инновационное предприятие радиосистем, ²Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Антенно-фидерная система с поляризационной адаптацией включает в себя излучающую часть на основе триортогональных элементов (ТАЭ), а также блок поляризационной обработки (БПО). ТАЭ представляет собой три скрещенных взаимно ортогональных широкополосных вибратора петлевого типа с треугольным плечом (Рис. 1). БПО представляет собой устройство, позволяющее в автоматическом режиме осуществлять подстройку типа принимаемой поляризации волн по критерию максимума соотношения сигнал/шум.

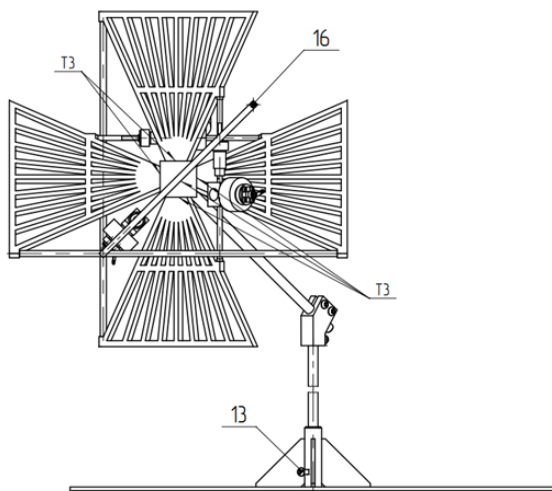


Рис. 1. Вид излучателя антенно-фидерной системы

Рабочая полоса частот составляет от 350 до 520 МГц.

Для макета ТАЭ были определены следующие характеристики:

- КСВН в рабочей полосе частот;
- кроссполяризационная развязка.

Измерения проводились с помощью измерителя комплексных коэффициентов передачи и отражения в режиме измерения КСВН и измерения коэффициентов передачи в диапазоне частот 300–600 МГц.

По результатам измерений установлено, что ТАЭ работает в достаточно широком диапазоне частот от 360 до 520 МГц по уровню КСВН < 2 .

Подтвержден достаточно высокий уровень кроссполяризационной развязки излучателей ТАЭ, обеспечивающий относительную независимость сигналов поляризационных составляющих и позволяющий формировать их линейные комбинации.

Была также осуществлена проверка работоспособности исследуемого макета антенно-фидерной системы. В частности, было проведено измерение соотношения сигнал/шум при приеме каждого вида поляризационных составляющих и проверка подстройки типа принимаемой поляризации волн по критерию максимума соотношения сигнал/шум. Подтверждено, что макет позволяет осуществлять подстройку (выбор) вида принимаемой поляризации волн по критерию максимума соотношения сигнал/шум.

1. Бузов А.Л. Антенно-фидерные устройства специальной радиосвязи ВЧ, ОВЧ и УВЧ диапазонов: проблемы и тенденции // Электросвязь. 2013. № 12. С. 20–26.

2. Бузов А.Л. УКВ антенны для радиосвязи с подвижными объектами, радиовещания и телевидения. М.: Радио и связь, 1997. 293 с.

3. Калинин А.И. Распространение радиоволн на трассах наземных и космических радиолиний. М.: Связь, 1979. 293 с.

EXPERIMENTAL STUDY OF AN ANTENNA-FEEDER SYSTEM WITH POLARIZATION ADAPTATION

Bondar P.I.^{1,2}, Buzov A.L.^{1,2}, Kolchugin Yu.I.¹, Kopylov D.A.¹

*(¹Samara Innovative Business Radio Systems, ²Povolzhskiy State University of
Telecommunications and Informatics)*

In this article, the authors present the results of an experimental study of the characteristics of an antenna-feeder system with polarization adaptation based on a triorthogonal antenna element.

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТАНЦИИ НА ОБЪЕКТЕ С «НЕУДОБНОЙ» ГЕОМЕТРИЕЙ

Бузова М.А.^{1,2}, Красильников А.Д.¹, Нарышкин И.М.^{1,2}

(¹Самарское инновационное предприятие радиосистем, ²Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Центральные станции (радиоцентры) профессиональной подвижной радиосвязи должны обеспечивать обслуживание круговой зоны большого (десятки километров) радиуса, поэтому их антенные системы имеют азимутальную диаграмму направленности (ДН) близкую к круговой и размещаются на объектах достаточной высоты [1, 2]. Типичной антенной системой такого радиоцентра в настоящее время является многоканальное устройство на основе кольцевой антенной решетки, реализующее технологию схемно-пространственного объединения некогерентных сигналов [1].

Такое решение предполагает использование специализированной опоры (башня, мачта) или неспециализированного сооружения круглого поперечного сечения (труба, водонапорная башня и т.п.). В противном случае, если геометрия поперечного сечения неспециализированного высотного сооружения (здания) имеет форму, существенно отличающуюся от круговой, упомянутое традиционное решение оказывается практически нереализуемым [2].

Разработанная методика проектирования антенных систем центральных станций, размещаемых на уникальных неспециализированных объектах [3], обеспечивает учет геометрии экстерьера здания и позволяет размещать антенные системы на боковых поверхностях объектов «неудобной» геометрии.

В частности, была разработана многоканальная антенная система для размещения на здании с сечением сложной многоугольной формы 5-го порядка симметрии (Рис. 1а). Она формирует четыре секторные диаграммы с равномерным распределением частотного ресурса между парами секторов. Излучатели размещены на двух ребрах и двух противолежащих этим ребрам гранях. В связи с наличием дополнительных требований были выбраны малогабаритные низкопрофильные излучатели [4]. Для формирования необходимой ширины секторов потребовалось установка одного излучателя на ребре и системы из трех излучателей на грани.

Несмотря на сильную изрезанность ДН, удалось обеспечить покрытие круговой зоны двумя парами секторов (Рис. 1б).

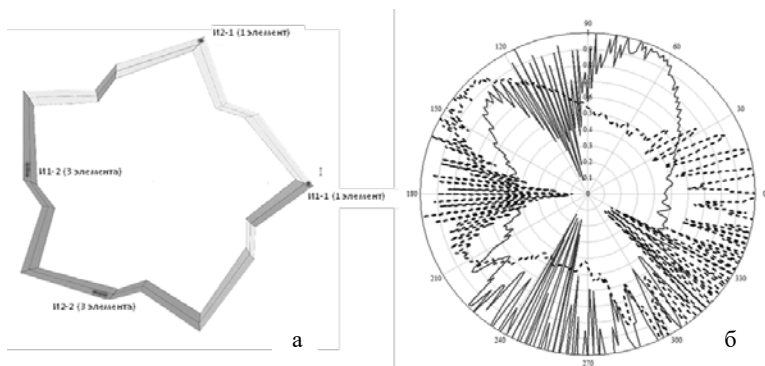


Рис. 1. Объект размещения центральной станции (а) и парциальные диаграммы направленности разработанной антенной системы (б)

1. Бузов А.Л. Антенные системы городских и линейных радиочастот подвижной радиосвязи. Новые подходы и решения: монография. М.: Радиотехника, 2020. 192 с.

2. Бузова М.А., Нарышкин И.М., Пестовский И.Н. Многосекторные антенные решетки для размещения на уникальных объектах сложной конфигурации // Радиотехника. 2021. Т. 85, № 7. С. 22–27.

3. Нарышкин И.М. Методика проектирования антенных систем центральных станций, размещаемых на уникальных неспециализированных объектах // Радиотехника. 2024. Т. 88, № 6. С. 51–58.

4. Капишев А.Н., Колояров И.А., Красильников А.Д. Варианты построения низкопрофильных антенн метрового и дециметрового диапазонов // Антенны. 2010. № 4 (155). С. 21–25.

EXPERIENCE IN DESIGNING AN ANTENNA SYSTEM FOR A CENTRAL STATION AT A FACILITY WITH “INCONVENIENT” GEOMETRY

Buzova M.A.^{1,2}, Krasilnikov A.D.¹, Naryshkin I.M.^{1,2}

(¹Samara Innovative Business Radio Systems, ²Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The results of the development of a multichannel antenna system of the central station for placement on a building with a cross section of a complex polygonal shape based on small-sized low-profile radiators are presented.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АДАПТИВНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Бузов А.Л.^{1,2}, Нещерет А.М.^{1,2}, Обиитиков А.И.¹

(¹Самарское инновационное предприятие радиосистем, ²Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Для экспериментальной проверки результатов разработки решений антенно-фидерных систем был спроектирован, изготовлен и испытан макет адаптивной антенной решетки (ААР) [1].

Диапазон частот абонентской станции составляет 400 – 550 МГц. Данный макет ААР работает в сравнительно небольших поддиапазонах частот, которые определяются применяемыми дуплексерами.

Результаты измерения КСВН одиночного излучателя адаптивной антенной решетки представлены на рис. 1. На данном рис. 1 представлены расчетные и измеренные значения КСВН.

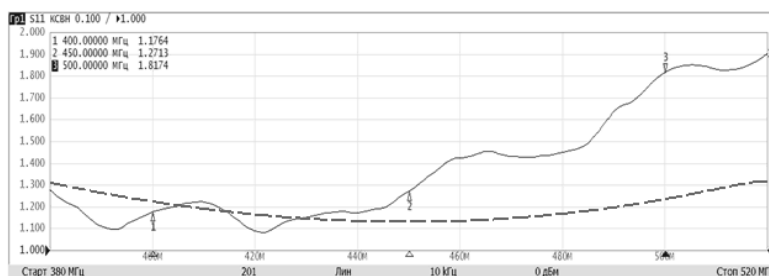


Рис. 1. Частотная зависимость КСВН излучателя ААР (Сплошная линия – результаты измерений, Штриховая линия – расчетные значения)

Расчетные и экспериментально полученные значения КСВН в целом находятся в достаточно хорошем согласии.

Был произведен расчет коэффициента усиления (КУ) макета ААР в различных режимах работы.

Таблица 1. Результаты измерения КУ макета ААР

Частота	Значения КНД, дБи	
	расчетные	измеренные
400 МГц	8,7	8,6
430 МГц	9,0	8,1
480 МГц	9,7	8,4
510 МГц	9,8	8,9

Режим «ДН–НН» означает, что макет ААР работает в ненаправленном режиме (ДН имеет круговую форму). Режим «ДН–Н» означает, что макет ААР работает в направленном режиме. Результаты расчета КУ в различных режимах работы ААР представлены в табл. 1.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований излучающих элементов в составе ААР подтвердили работоспособность предложенных технических решений. Соответствие предъявляемым требованиям назначения позволяет судить об адекватности результатов проведенных исследований. Использование данных излучателей является перспективным при проектировании антенных систем, устанавливаемых на подвижных объектах.

1. Цифровая антенная решетка на базе программируемых логических интегральных схем для сетей подвижной радиосвязи / А.Л. Бузов [и др.] // Радиотехника. 2024. № 6. С. 23–30.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE CHARACTERISTICS OF AN ADAPTIVE ANTENNA ARRAY

Buzov A.L.^{1,2}, Neshcheret A.M.^{1,2}, Obshitkov A.I.¹

*(¹Samara Innovative Business Radio Systems, ²Povolzhskiy State University of
Telecommunications and Informatics)*

To experimentally verify the results of the development of solutions for antenna-feeder systems, a mock-up of an adaptive antenna array was designed, manufactured and tested. The results of experimental studies of the radiating elements in the AAR confirmed the operability of the proposed technical solutions.

ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ПОЛНЫХ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ

Минкин М.А.^{1,2}, Носов Н.А.¹, Обишников А.И.¹

(¹Самарское инновационное предприятие радиосистем, ²Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Многоканальные (многовходовые) антенные системы на основе кольцевых антенных решеток (КАР), реализующие технологию схемно-пространственного объединения (мультиплексии) частотных каналов, достаточно широко применяются на радиоцентрах профессиональных сетей подвижной радиосвязи [1]. Диаграммообразующая схема (ДОС) такой системы реализует модовые возбуждения КАР, а число независимых развязанных входов определяется числом работоспособных мод. Для увеличения коэффициента усиления КАР выполняются многоэтажными. При этом традиционное решение предполагает, что все этажи идентичны.

В тех случаях, когда возможности горизонтального развития ограничены (тонкая опора) и число рабочих мод не соответствует требуемой канальной емкости, могут использоваться модифицированные решения [2], предполагающие трансформацию КАР в спирально-кольцевую решетку (СКАР), в которой каждый следующий этаж сдвинут относительно предыдущего на фиксированный, оптимальный для конкретного случая угол, и соответствующую модификацию ДОС.

Методика проектирования таких систем [3] включает оптимизацию по критерию минимизации полных потерь мощности [2], которые для наихудшего канала определяются выражением:

$$b = -10 \lg \min \{ (1 - |\gamma_m|^2) (\tilde{D}_m / \tilde{D}) \min_{\varphi \in [0, 2\pi]} (F^2 m(\varphi) / \tilde{F}_m^2) \}, \quad (1)$$

где $\tilde{D}_m = D_m \tilde{F}_m^2$ – усредненный по азимуту КНД при m -й моде;

D_m – КНД при m -й моде;

$\tilde{D} = \max_m \tilde{D}_m$ – усредненный по азимуту КНД для наилучшей моды;

$F_m(\varphi)$ – нормированная азимутальная ДН при m -й моде;

$\tilde{F}_m = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} F^2 m(\varphi) d\varphi}$ – среднеквадратичное значение ДН $F_m(\varphi)$.

Аналогично, для усредненной величины полных потерь (дБ):

$$\tilde{b} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M [-10 \lg (1 - |\gamma_{m_k}|^2) + 10 \lg \frac{\tilde{D}}{\tilde{D}_{m_k}} + \frac{10}{\pi} \int_0^{2\pi} \lg \frac{\tilde{F}_{m_k}}{F_{m_k}(\varphi)} d\varphi], \quad (2)$$

где M – общее число используемых мод;

$m_k, k = 1, 2, \dots, M$ – индексы используемых мод.

Характеристики полных потерь для исходной КАР и оптимизированной СКАР для одной из проектировавшихся систем, в качестве примера, приведены на рис.1 и демонстрируют существенный эффект, достигнутый по результатам оптимизации.

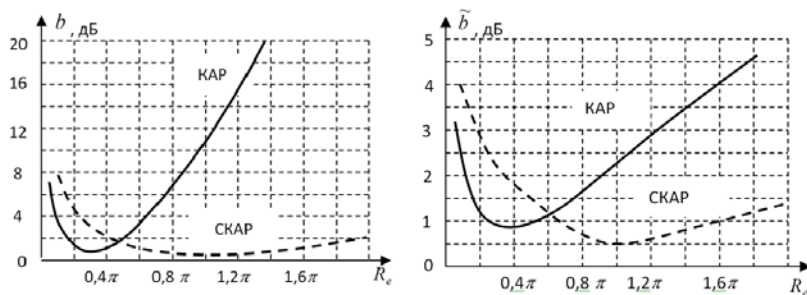


Рис. 1. Зависимость полных потерь мощности от радиуса для наихудшего входа (слева) и в среднем (справа)

1. Бузов А.Л. Антенные системы городских и линейных радиочастот подвижной радиосвязи. Новые подходы и решения: монография. М.: Радиотехника, 2020. 192 с.

2. Бузов А.Л., Обшитиков А.И., Юдин В.В. Полные потери мощности при схемно-пространственной мультиплексии, реализуемой на основе кольцевых и спирально-кольцевых антенных решеток // Вестник СНИИР. 2009. № 3 (25). С. 41–46.

3. Обшитиков А.И. Методика проектирования многоканальных антенных систем базовых станций профессиональной подвижной радиосвязи с особыми конфигурациями и видами возбуждения // Радиотехника. 2024. № 6. С. 59–64.

OPTIMIZATION OF MULTICHANNEL ANTENNA SYSTEMS ACCORDING TO THE CRITERION OF MINIMUM TOTAL POWER LOSSES

Minkin M.A.^{1,2}, Nosov N.A.¹, Obshitkov A.I.¹

(¹Samara Innovative Business Radio Systems, ²Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Approaches to optimization of a spiral-ring antenna array for a multichannel mobile radio center are considered. The basic formulas and optimization results are presented.

ПЕРСПЕКТИВЫ СИНТЕЗА АНТЕННЫХ СИСТЕМ И МЕТАМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Безлюдников К.О.

*(Самарское инновационное предприятие радиосистем, Поволжский
государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Генетические алгоритмы начали применяться в проектировании антенных систем с 90-ых годов прошлого века и нашли свое применение преимущественно в синтезе фрактальных и электрически малых антенн (ЭМА), однако позволяют создавать и достаточно широкополосные системы. Особое внимание этим алгоритмам уделяется в случаях жестких требований к габаритам конструкции антенн, например, в технике для мобильной связи, или когда традиционные методы компьютерного моделирования не дают желаемых результатов. Общие принципы синтеза решений на основе таких алгоритмов рассмотрены в [1].

Генетический алгоритм (ГА) – это вероятностный алгоритм поиска решений, который многократно преобразовывает исходный набор (популяцию) математических объектов, связанных с заданной функцией стоимости неким соответствием, в новую популяцию объектов потомства [2, 3]. При этом используются дарвинистские принципы из теории эволюции, генетики и теорий наследственности.

Метаматериалы в антенной технике стали новой ветвью развития теории ЭМА и СВЧ-устройств. Структуры из метаматериалов имитируют электромагнитные свойства известных веществ или обладают качественно новыми функциями [4]. Идея о том, что метаматериал может имитировать свойства другого вещества, уже наталкивает на мысль о возможности применения ГА для его создания и оптимизации, поскольку генетические алгоритмы содержат похожий принцип «подражания» природным свойствам. Так, в [5] на основе ГА была сгенерирована структура магнитного метаматериала на основе метода заполняющих элементов и отмечена универсальность и применимость таких алгоритмов для синтеза метаматериалов.

1. Слюсар В. Антенны PIFA для мобильных средств связи: многообразие конструкций // Электроника. 2007. № 1. С. 64–74.

2. John R. Koza. Genetic Algorithms and Genetic Programming [Электронный ресурс] / URL: <http://www.genetic-programming.com/c2003lecture1modified.ppt> (дата обращения: 18.09.2024).

3. Слюсар В. Синтез антенн на основе генетических алгоритмов // Первая мяля. 2008. № 6. С. 16–23.

4. Слюсар В. Метаматериалы в антенной технике: основные принципы и результаты // Первая миля. 2010. № 3. С. 44–60.

5. Synthesis Design of Artificial Magnetic Metamaterials Using a Genetic Algorithm / P.Y. Chen [et al.] // Optics Express. Optical Society of America. 2008. Vol. 16, no. 17. 13 p.

PROSPECTS FOR THE SYNTHESIS OF ANTENNA SYSTEMS AND METAMATERIALS BASED ON GENETIC ALGORITHMS

Bezlyudnikov K.O.

(Samara Innovative Business Radio Systems, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Genetic algorithms have been used in the design of antenna systems since the 90s of the last century and have found their application mainly in the synthesis of fractal and electrically small antennas, however, they allow you to create sufficiently broadband systems. The idea that a metamaterial can mimic the properties of another substance already suggests the possibility of using GA to create and optimize it, since genetic algorithms contain a similar principle of "imitation" of natural properties. This article discusses various possible present and further directions for the development of metamaterials and antenna systems developed using GA.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ АНТЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ КОНФОРМНЫХ СТРУКТУР И МЕТАПОВЕРХНОСТЕЙ

Вдовченко Е.С.¹, Минкин М.А.^{2,3}

*(¹16 Центральный научно-исследовательский испытательный институт
Министерства обороны Российской Федерации, ²Самарское
инновационное предприятие радиосистем, ³Поволжский
государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Номенклатура мобильных объектов размещения радиотехнических устройств и комплексов военного, гражданского и двойного назначения, включая комплексы радиосвязи, радиолокации, радионавигации, радиоэлектронной разведки, радиоэлектронной борьбы и т.п., в настоящее время весьма многообразна. Она включает пилотируемые и беспилотные летательные аппараты, боевые, транспортные и специальные машины, роботизированные боевые комплексы, маломерные корабли и суда и многое другое. При этом число одновременно присутствующих на объекте устройств разного назначения и диапазонов, а значит и число антенн, постоянно возрастает, что приводит к существенному возрастанию требований не только к характеристикам назначения, но и к массогабаритным и аэродинамическим характеристикам антенн.

Перспективным направлением в области создания новых поколений антенн для мобильных объектов является применение конформных антенн, т.е. антенн, соответствующих поверхности носителя [1]. Конформные антенны могут представлять собой как одиночные конформные излучатели [2], так и системы (решетки) таких излучателей [3].

Дополнительные возможности совершенствования конформных антенн мобильных объектов могут быть реализованы на основе использования метаповерхностей [4].

Проведенные предварительные исследования позволили определить круг задач в области создания антенных систем мобильных объектов, которые могут быть решены на основе использования конформных излучателей и метаповерхностей:

1. Анализ проблем в области антенн подвижных объектов и перспектив их решения на основе применения конформных структур и метаструктур на объектах различных типов.

2. Исследование характеристик рассеяния электромагнитных волн на метаповерхностях при различных типах и параметрах элементарных рассеивателей и вариантах их размещения и ориентации, определение

перспективных вариантов формирования импедансных поверхностей с заданными свойствами.

3. Исследование характеристик рассеяния электромагнитных волн на многослойных метаструктурах.

4. Исследование возможностей использования конформных структур и метаструктур, в том числе многослойных, для снижения радиолокационной заметности объектов.

5. Совершенствование технологий формирования конформных структур и метаповерхностей.

6. Разработка антенно-фидерных устройств на основе конформных структур и метаповерхностей для мобильных объектов.

1. ГОСТ Р 55787-2013. Устройства для радиосвязи, радиовещания и телевидения антенно-фидерные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2015. 22 с.

2. Кисель Н.Н., Грищенко С.Г., Дерачиц Д.С. Исследование низкопрофильных конформных микрополосковых антенн // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 3 (164). С. 240–248.

3. Король Д.Г., Темченко В.С. Исследование цилиндрической конформной антенной решетки с печатным излучателем для БПЛА // Труды МАИ. 2023. № 129. 26 с.

4. Li A., Singh Sh., Sievenpiper D. Metasurfaces and their applications // Nanophotonics. 2018. Vol. 7, no. 6. P. 989–1011.

PROSPECTS FOR CREATION OF ANTENNA SYSTEMS FOR MOBILE OBJECTS BASED ON CONFORMAL STRUCTURES AND METASURFACES

Vdovchenko E.S.¹, Minkin M.A.^{2,3}

(¹16 Central Research Institute of the Ministry of Defense of the Russian Federation, ²Samara innovative business radio systems, ³Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The prospects of using conformal structures and metasurfaces in the development of new generations of antennas for mobile objects are shown. The range of urgent tasks in the field of creating such antennas has been determined.

ЛОГОСПИРАЛЬНАЯ АНТЕННА ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ТЕРМИНАЛА СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ОВЧ-УВЧ ДИАПАЗОНА

Копылов Д.А.¹, Нещерет А.М.^{1,2}

(¹Самарское инновационное предприятие радиосистем, ²Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Логоспиральная антенна для мобильного терминала спутниковой связи ОВЧ-УВЧ диапазона представляет собой двухзаходный конический логоспиральный излучатель, расположенный над проводящим металлическим экраном (Рис. 1) [1]. Излучатель намотан на диэлектрический несущий конус.

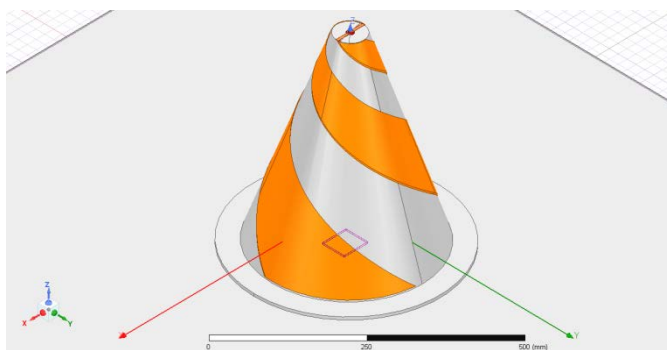


Рис. 1. Логоспиральная антенна

Подключение витков спирали в модели осуществляется таким образом, что один из витков имеет электрический контакт с экраном высокочастотного узла питания, а другой с центральной жилой и экраном данного узла питания.

Высокочастотный узел питания представляет собой коаксиальный трансформатор, выполненный в виде металлической трубки. Характеристики симметрирующей щели подобраны таким образом, чтобы формировалась требуемая диаграмма направленности в рабочих диапазонах частот.

Коаксиальная линия представляет собой волновод, состоящий из внутреннего и внешнего проводника с диэлектриком между ними. В диапазоне рабочих частот, волновод работает в режиме ТЕМ-моды.

На рис. 2а приведена частотная зависимость коэффициента стоячей волны по напряжению. Из графика видно, что в диапазоне рабочих частот режима передачи расчетный КСВН не превышает значения 2. В диапазоне

рабочих частот режима приема расчетный КСВН не превышает значения 2,2.

На рис. 2б приведены частотные зависимости коэффициента усиления в направлении главного излучения антенны.

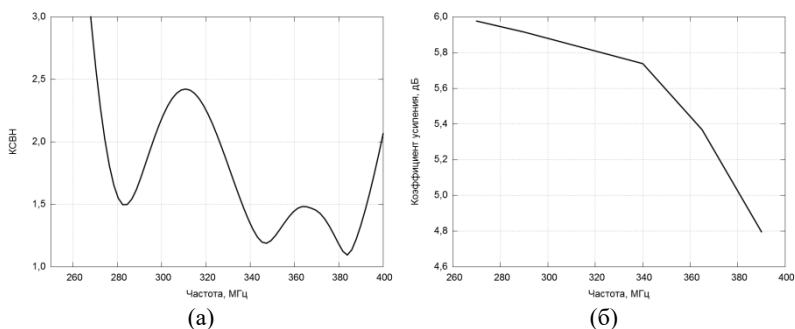


Рис. 2. Частотные зависимости КСВН и КУ (коэффициент усиления)

КНД антенны в направлении главного излучения антенны составляет не менее 4,5 дБи. Вместе с тем, среднее значение КНД в диапазонах приема и передачи составляет 5,5 дБи.

1. Теоретическое и экспериментальное исследование двухзаходной конической равноугольной логопиральной антенны малого космического аппарата «Аист-2» / В.А. Неганов [и др.] // Радиотехника. 2015. № 2. С. 5–15.

LOGOSPIRAL ANTENNA FOR MOBILE VHF-UHF SATELLITE COMMUNICATION TERMINAL

Kopylov D.A.¹, Neshcheret A.M.^{1,2}

(¹Samara Innovative Business Radio Systems, ²Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The paper examines a two-way conical logospiral antenna with a grid reflector. It is a classic type of such antennas, in which the reflector is made in the form of a metal plate or grid.

МИКРОПОЛОСКОВАЯ РАМОЧНАЯ ИЗЛУЧАЮЩАЯ СТРУКТУРА С ПОДЛОЖКОЙ ИЗ КИРАЛЬНОГО МЕТАМАТЕРИАЛА

Борисов И.Д.¹, Гарипов А.И.¹, Ключев Д.С.¹, Лукин М.А.¹, Нещерет А.М.^{1,2}

(¹Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, ²Самарское инновационное предприятие радиосистем)

Рассматривается задача математического моделирования микрополосковой рамочной структуры с подложкой из кирального метаматериала (Рис. 1) в целях корректного определения ее электрических характеристик.

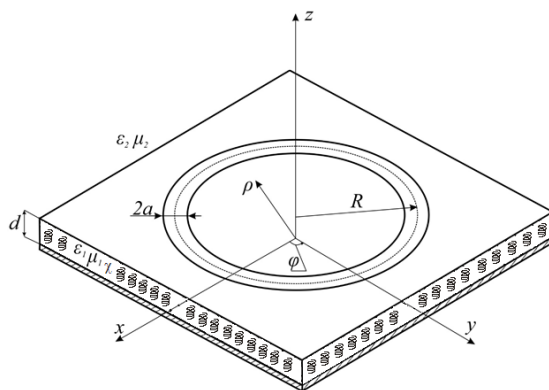


Рис. 1. Микрополосковая рамочная излучающая структура с подложкой из кирального метаматериала

Особый интерес к исследованию структур подобного рода связан с тем, что подобную структуру можно рассматривать как двухслойный метаматериал [1], работающий на двух наборах частот. Первый набор частот связан с метаматериалом, из которого выполнена подложка, а второй набор частот связан с излучающим элементом, который, по сути, представляет собой кольцевой разомкнутый резонатор. Совокупность множества подобных структур может стать основой для создания двухслойного метаматериала (метаповерхности), обладающего широкими перспективами применения в разработке радиоволновых отражающих и поглощающих поверхностей. Такие метаматериалы могут также значительно улучшить характеристики антенн, защитных экранов и других устройств, причем в различных частотных диапазонах.

Кроме того, благодаря своим уникальным свойствам, они могут быть использованы в различных сенсорных технологиях и для создания новых типов устройств, которые работают с электромагнитными волнами различных поляризаций.

В связи с вышеизложенным, появляется задача корректного определения характеристик данной рамочной излучающей структуры. Поскольку данная структура является резонансной, причем с двумя наборами резонансных частот, непосредственное электродинамическое моделирование с помощью различных программных комплексов может привести к не совсем корректным результатам [2].

Были получены интегральные представления электрического поля, с учетом квазистатического приближения поперечной вариации продольной компоненты плотности тока. При применении соответствующих условий на границе раздела «металлизированный киральный слой – диэлектрическое полупространство», формируются интегральные уравнения для определения распределения плотности тока по кольцевому излучателю.

1. Impedance Characteristics of Multi-element Radiating Structures Based on Chiral Metamaterials with Negative Values Permeability / A.L. Buzov [et al.] // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2023. Vol. 44, no. 11. P. 4951–4959.

2. Методы решения некорректных задач электродинамического анализа излучающих структур на основе киральных метаматериалов / А.Л. Бузов [и др.] // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2019. Т. 22, № 4-1. С. 7–19.

MICROSTRIP RING RADIATING STRUCTURE WITH A SUBSTRATE OF CHIRAL METAMATERIAL

Borisov I.D.¹, Garipov A. I.¹, Klyuev D.S.¹, Lunin M.A.¹, Neshcheret A.M.^{1,2}

(¹Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics,

²Samara Innovative Business Radio Systems)

The problem of mathematical modeling of a microstrip framework structure with a substrate of chiral metamaterial is considered in order to correctly determine its electrical characteristics. Integral representations of the electric field were obtained, taking into account the quasi-static approximation of the transverse variation of the longitudinal component of the current density.

СЕКЦИЯ 5

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА

**ПРАКТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВУЗА С ИНДУСТРИАЛЬНЫМИ
ПАРТНЕРАМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И АКТУАЛИЗАЦИИ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ЦЕЛЬЮ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

Богомолова М.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Одной из актуальных задач федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» является актуализация и разработка образовательных программ высшего образования уровня бакалавриата и магистратуры в сфере информационных технологий.

Рассмотрим практики взаимодействия ВУЗа на примере Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ), и, в частности, факультета информационных систем и технологий, с индустриальными партнерами в разработке и актуализации образовательных программ укрупненной группы специальностей и направлений подготовки 09.00.00 Информатика и вычислительная техника.

Для этого выделим следующие направления сотрудничества.

1. Формирование профилей образовательных программ, востребованных на рынке труда.

С этой целью в ПГУТИ были актуализированы названия профилей и учебные планы всех образовательных программ в сфере информационных технологий с учетом развития и перспективных потребностей в условиях высокотехнологичного производства, цифровой экономики и импортозамещения. Формирование профилей при этом произведено в том числе и по заказу индустриальных партнеров в рамках реализуемых договоров о сетевой форме реализации образовательных программ.

2. Ресурсное обеспечение реализации образовательных программ.

В рамках договоров с индустриальными партнерами ПГУТИ предоставлены эксклюзивное право использования для проведения учебных занятий программного обеспечения крупнейших отечественных производителей.

К тому же на базе ПГУТИ созданы базовые кафедры, предоставляющие ресурсы для реализации образовательных программ.

3. Сотрудничество с ИТ-компаниями в рамках практической подготовки.

Здесь можно выделить следующие задачи:

- организация взаимодействия с индустриальными партнерами в рамках прохождения учебных и производственных практик;
- разработка учебных дисциплин совместно с индустриальными партнёрами;
- проведение учебных занятий сотрудниками индустриальных партнеров в различных форматах;
- предоставление кейсов и проектов от индустриальных партнеров для решения студентами в рамках учебных дисциплин.

4. Реализация программ повышения квалификации преподавателей ВУЗа на базе тренинг-центров индустриальных партнеров.

Таким образом, при реализации взаимодействия с индустриальными партнерами был взят ориентир на развитие экосистемы образовательных программ, востребованных на рынке труда, актуализируемых на основе непрерывного анализа необходимых цифровых компетенций, за счет:

- привлечения индустриальных партнеров на всех этапах образовательного процесса;
- формирования и актуализации компетентностной модели обучающегося при участии представителей индустриальных партнеров;
- активного применения проектно-ориентированных методов в процессе практической подготовки;
- создания условий для развития профессиональных компетенций преподавателей ВУЗа.

PRACTICES OF INTERACTION BETWEEN UNIVERSITIES AND INDUSTRIAL PARTNERS IN THE DEVELOPMENT AND UPGRADING OF EDUCATIONAL PROGRAMS FOR THE PURPOSE OF TRAINING STAFF FOR THE DIGITAL ECONOMY

Bogomolova M.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article is devoted to the analysis of practices of interaction between universities and industrial partners for the purpose of developing an ecosystem of in-demand and dynamically updated educational programs in the field of information technologies, focused on the needs of the industry.

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА КАК ФАКТОР СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Стефанова Н.А., Гуцина А.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

На текущий момент существует большое количество различных ИТ-решений, применяемых в бизнесе. Важно понять, как именно многообразие цифровых технологий решает глобальные проблемы современных компаний, и как на фоне этого изменяется культура промышленности. С течением времени на фабриках и заводах происходили существенные изменения, например, разделение труда, переход от ручного труда к машинному. Подобные изменения, укоренившись и став стандартом, повлияли на культуру промышленности (производства) – совокупность норм, методов и правил, которыми руководствуются фирмы в процессе производства товаров.

В работе Поначугина А.В., Бысовой Т.В., и Сергеевой В.С. проводится анализ проблем современных компаний: нехватка трудовых ресурсов и недостаточная конкурентоспособность. Первая проблема частично решается использованием автономных роботов и технологии искусственного интеллекта (ИИ). Роботы могут использоваться для работы на конвейерных лентах, а ИИ для решения рутинных задач, базирующихся на хорошо известных алгоритмах. Одним из способов повышения конкурентоспособности является снижение цен на готовую продукцию, например, благодаря сокращению времени производственного цикла.

Грамотное использование цифровых технологий положительно сказываются на деятельности как отдельных компаний, так и экономики страны в целом. На сегодняшний день цифровая трансформация в промышленности является одним из главных направлений развития в экономике Российской Федерации. Согласно указу Президента РФ №474, цифровая трансформация является одной из национальных целей РФ. На текущий момент полностью оцифрованы лишь 22% промышленных компаний, 34% только начинают внедрять цифровые технологии [3]. Для оценки готовности предприятия к внедрению новых цифровых технологий (цифровой зрелости) формируется цифровой паспорт – перечень характеристик, сформированный в государственной информационной системе промышленности (ГИСП). С начала 2023 года предприятия, претендующие на получение различных мер господдержки, должны проходить проверку цифровой зрелости не реже, чем раз в полгода.

Активные исследования цифровой зрелости (digital IQ) предприятий в РФ начались в 2020 году. Согласно совместному исследованию PwC и Abbyu показатель digital IQ отечественных компаний составлял 2,8 баллов из 5. В 2021 году по оценкам SAP и «Делойт» цифровой зрелости российских компаний различных сфер деятельности к внедрению и использованию цифровых технологий на момент исследования лучше всего были готовы банки с оценкой 3,4. Наименьшее отставание от лучшей мировой практики цифровизации наблюдалось у компаний, работающих с потребительскими товарами. При этом машиностроительная отрасль получила наименьшую оценку цифровой зрелости – 1,6.

В 2021 году была разработана методология оценки цифровой зрелости промышленных предприятий [6]. Согласно приказу Минцифры РФ от 18.11.2020 № 600 к 2030 году планируется достичь 85% общего уровня цифровой зрелости основных производственных процессов предприятий промышленности, вспомогательных процессов – 95%.

В целом использование цифровых технологий на предприятии является острой необходимостью, так как они позволяют решить актуальные проблемы многих производственных компаний – нехватку трудовых ресурсов и недостаточную конкурентоспособность. Грамотное использование элементов четвертой промышленной революции способно существенно повысить эффективность работы различных компаний, преобразовать обыденные процессы, изменить методы и правила производства, тем самым усовершенствовав культуру промышленности. Согласно плановым показателям цифровой зрелости на предприятиях в будущем будет использоваться значительно больше различных цифровых технологий.

DIGITAL ECONOMY FOR IMPROVING THE CULTURE OF INDUSTRY

Stefanova N.A., Gushina A.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This article examines the question of whether digital technologies solve the problems of modern companies. The competent use of digital technologies has a positive impact on the activities of both individual companies and the country's economy as a whole. However, at the moment only fully digitized a small part of industrial companies.

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА В РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Стефанова Н.А., Балаева А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Цифровая экономика в России – это быстро развивающийся сектор, который имеет огромный потенциал для роста и модернизации национальной экономики. Однако, несмотря на все усилия, Россия сталкивается с рядом проблем, которые препятствуют полноценному развитию этой сферы. Проблемы цифровой экономики в России включают:

1. Нехватка квалифицированных кадров. Россия испытывает дефицит специалистов в сфере IT, кибербезопасности, Big Data и других областях. По состоянию на 2024 год, в России насчитывается около 1,5 миллиона IT-специалистов. Однако, по оценкам экспертов, для достижения целей цифровизации требуется еще около 1 миллиона специалистов. Преодолеть данную проблему поможет внедрение современных курсов и программ обучения в вузах, которые соответствуют требованиям рынка труда.

2. Несовершенная правовая база. Отсутствует комплексная правовая база, регулирующая отношения в цифровой сфере. Необходимо разработать правила регулирования международных цифровых отношений, устанавливающие юрисдикцию и ответственность в случае конфликтов между цифровыми компаниями и пользователями из разных стран.

3. Слабая инфраструктура. Недостаточное развитие телекоммуникационной инфраструктуры, особенно в регионах, не позволяет обеспечить качественный доступ к интернету и цифровым сервисам. Преодолеть данную проблему поможет увеличение инвестиций в развитие сетей связи, особенно в удаленных и сельских районах.

4. Низкая цифровая грамотность населения. Значительная часть населения не обладает необходимыми цифровыми навыками. По данным Росстата, около 15% населения не имеет доступа к интернету, что также сказывается на уровне цифровой грамотности. Преодолеть данную проблему поможет создание курсов по цифровой грамотности для различных возрастных групп, включая обучение основам программирования и работы с цифровыми инструментами.

5. Отсутствие доверия к цифровым сервисам. Низкий уровень доверия к цифровым сервисам, связанный с опасениями о безопасности персональных данных и риск мошенничества, тормозит широкое внедрение цифровых технологий. Необходимо усилить защиту

персональных данных в законодательстве, увеличить ответственность за их нарушение и предоставить гражданам более широкие права на контроль над своими данными.

Несмотря на многочисленные вызовы, цифровизация в России обладает значительным потенциалом:

1. Повышение объема инвестиций. Правительство страны активно инвестирует в развитие цифровой инфраструктуры, поддерживает развитие IT-сектора и вводит налоговые льготы для IT-компаний.

2. Развитие отечественных технологий. Россия развивает собственные технологии в области искусственного интеллекта, Big Data, облачных сервисов, что позволит снизить зависимость от иностранных поставщиков.

3. Развитие электронного правительства. Развитие электронных сервисов для граждан и бизнеса, упрощение процедур взаимодействия с государством, повышение эффективности государственного управления.

4. Развитие «умных» городов. Внедрение «умных» технологий в городской среде позволит повысить качество жизни, улучшить транспортную систему, управление энергопотреблением, безопасность и удобство жителей.

Цифровая экономика в России обладает огромным потенциалом, но для его реализации необходимо решить ряд проблем. В первую очередь, нужно усилить государственную поддержку IT-сектора, разработать единую цифровую стратегию, инвестировать в образование и подготовку квалифицированных кадров, совершенствовать нормативно-правовую базу и повысить доверие общества к цифровым сервисам.

DIGITAL ECONOMY IN RUSSIA: PROBLEMS AND PROSPECTS

Stefanova N.A., Balaeva A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The digital economy in Russia has huge potential, but a number of problems need to be solved in order to realize it. First of all, it is necessary to strengthen government support for the IT sector, develop a unified digital strategy, invest in education and training, improve the legal framework and increase trust in digital services.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ С ПОМОЩЬЮ ФРЕЙМВОРКОВ Kafka и RabbitMQ

*Савельев Д.А., Борадулин Н.А.
(Самарский университет им. Королева)*

В наше время всех необходимо работать с огромными объёмами данных. При этом всем необходимо, чтобы мало того, чтобы эти данные были уже обработаны для удобного использования, так ещё и быстро доставлены к конечному пользователю. И с этим всегда возникают проблемы, несмотря на существование огромного количества средств, которые могут нам с этим помочь. При этом, нам также необходимо защищать данные [1], что, в свою очередь, может замедлить пересылку данных.

Сложность обработки данных финансового характера вызван несколькими факторами. Один из главных – обеспечение защиты и конфиденциальности данных. Если данные попадут к злоумышленникам, то, во-первых, люди могут потерять свои деньги [2], и, во-вторых, будет подорвана репутация организации. Следующая проблема заключается в неявной корреляции данных между собой, из-за чего их предсказуемость сложно оценить. Последний фактор – проблемы с данными. Они могут быть недостоверны, неточны, содержать в себе помехи, иметь недостаточно информации в себе и т.д. [3].

В данной работе мы рассматриваем способы передачи информации между системами с помощью различных фреймворков, таких как Kafka, RabbitMQ, также рассматриваются варианты, когда мы подаём данные с помощью различных баз данных. После чего, рассматриваются варианты быстрой обработки данных системой, например, с использованием Apache Spark и различных алгоритмов параллельной обработки.

1. Secure Data Transmission and Trustworthiness Judgement Approaches against Cyber-Physical Attacks in an Integrated Data-Driven Framework / Y. Jiang [et al.] // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems. 2022. Vol. 52 (12). P. 7799–7809.

2. Sok: Decentralized Finance (Defi) Attacks / L. Zhou [et al.] // 2023 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). 2023. P. 2444–2461.

3. Predicting Stock Market Trends using LSTM Networks: Overcoming RNN Limitations for Improved Financial Forecasting / J. Wang [et al.] // Journal of Computer Science and Software Applications. 2024. Vol. 4 (3). P. 1–7.

INFORMATION TRANSFER FEATURES BETWEEN SYSTEMS USING KAFKA AND RABBITMQ FRAMEWORKS

*Savelyev D.A., Boradulin N.A.
(Samara National Research University)*

The ideas and methods of data transferring, along with how to securely transfer them and how to process them, were discussed in this paper.

РАСЧЕТ УРОВНЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО СЕКТОРА

Казакова М.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Цифровизация государственных организаций часто отстает от темпов, с которыми она осуществляется в частном секторе [1]. Чтобы провести расчет уровня цифровизации организации государственного сектора, необходимо учитывать несколько ключевых аспектов. Основные шаги для анализа включают: определение критериев цифровизации, сбор данных, метрики оценки, анализ и интерпретация результатов.

На этапе определения критериев выделить 10-20 критериев, которые будут использоваться в расчете. Итоговые критерии должны содержать в себе оценку уровня инфраструктуры организации, степени автоматизации процессов, уровня IT-компетенций сотрудников.

Для проведения сбора данных формируются опросные листы и проводятся опросы среди сотрудников, а также анализируется существующая документация организации, не имеющая гриф «для служебного пользования». Далее необходимо разработать расчет для уровня цифровизации. Для этого установить границы для каждого из уровней, ранжировать вес критериев и осуществить расчет в соответствии с предлагаемой формулой:

$$K1*V1+K2*V2...+Kn*Vn, \quad (1)$$

где K – оценка критерия, V – вес критерия.

После осуществления расчета на основании полученных результатов формируется матрица и формируются рекомендации для улучшения уровня цифровизации или стратегия цифровой трансформации для предприятия.

1. Украинцев Ю.Д. Информатизация общества. СПб.: Издательство Лань, 2021. 219 с.

CALCULATION OF THE LEVEL OF DIGITALIZATION OF A PUBLIC SECTOR ORGANIZATION

Kazakova M.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

To calculate the level of digitalization of a public sector organization, several key aspects need to be taken into account. The main steps for analysis include: defining digitalization criteria, data collection, evaluation metrics, analysis and interpretation of results.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

Салмин А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Современные условия ведения образовательной деятельности любого уровня требуют нового подхода к взаимодействию с обучающимися, подразумевающего полную и постоянную заботу обо всех их потребностях в течение всей истории взаимодействия с ними при выполнении всех процессов обучения при любых формах контакта с использованием любых образовательных технологий. Реализация данного подхода невозможна без внедрения современных цифровых технологий, способствующих цифровизации системы образования. Одним из ключевых направлений цифровизации в данном случае является создание и развитие индивидуальной траектории обучающихся как элемента индивидуализации процесса обучения.

Для этих целей должна быть обеспечена интеграция цифровых технологий в электронную информационно-образовательную среду организации, основанная на информационных системах и технологиях, обеспечивающих переход на индивидуальные образовательные траектории, предусматривающие формирование универсальных, общепрофессиональных, профессиональных компетенций в соответствии с действующими образовательными и профессиональными стандартами, утверждёнными образовательными программами, а также запросами компаний-работодателей. Кроме того, образовательная среда организации должна обеспечивать сбор, накопление, обработку, верификацию, анализ данных об обучающихся с последующим принятием решения и выстраиванием траектории образовательного процесса с возможностью её корректировки в соответствии с потенциальным обновлением информации, как по содержанию обучения, так и текущему состоянию обучающегося. Важно в этом случае предусмотреть использование интеллектуальных методов обработки информации, поскольку это позволит учесть скрытые взаимозависимости в данных об обучающимся и построить персонифицированную модель обучения.

Использование комплекса цифровых технологий в системе обучения позволит перейти на новый уровень взаимодействия с обучающимися, ориентированный на человекоцентричный подход в образовании, который даст возможность учесть личностные факторы, внесенные в персонифицированную цифровую среду образовательной организации, в

которой реализуется образовательный процесс, с целью формирования набора необходимых компетенций выпускника по запросу организации-работодателя.

Применительно к системе образования человекоцентричность выступает прежде всего новой системой взаимоотношений между всеми участниками образовательного процесса, во главе которой ставятся запросы, потребности и нужды конкретного обучающегося в профессиональном становлении на основе его персонального профиля для достижения образовательного эффекта в виде формирования успешной карьерной траектории.

Новая модель образования, ориентированная на человекоцентричном подходе, позволит образовательным организациям подготовить профессиональные кадры для реализации задач по принципиальным направлениям развития с целью цифровизации экономики страны.

USING DIGITAL TECHNOLOGIES TO PERSONALIZE THE LEARNING PROCESS

Salmin A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The need to use modern digital technologies to organize educational activities is presented. The relevance of the formation of individual educational trajectories of students is substantiated. The need to transition to a new model of relationships with students when implementing the educational process in the context of digitalization of the country's economy is described.

**МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСАКЦИЯМИ В ЦИФРОВЫХ
ЭКОСИСТЕМАХ***Кудряшов А.А.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

Широкое распространение информационных технологий породило новый формат экономических отношений и способов взаимодействия субъектов в рамках цифровых экосистем. Важную роль в этом процессе играют механизмы управления транзакциями, необходимые для развития экосистемы, стимулирования качества предоставляемого товара или услуг и контроля параметров сделок [1]. В зависимости от вида экосистемы, горизонтальной, вертикальной или гибридной, механизмы управления транзакциями могут значительно отличаться.

Горизонтальные цифровые экосистемы, ярким примером которых являются маркетплейсы, как правило, используют механизмы рейтинговой оценки поставщиков и потребителей, что отражается на ценообразовании товара [2].

Вертикальные цифровые экосистемы делают акцент на регулярной генерации новых продуктов и/или услуг внутри экосистемы на основе обработки данных пользователя и с учетом его предпочтений. Такой подход обеспечивает возможность перенаправления транзакций в заранее сформированное русло с последующим масштабированием продуктовой линейки.

Гибридные экосистемы отличаются гибким построением механизмов управления транзакциями, адаптирующимся под конъюнктуру рынка, но с акцентом на платформы и сервисы, лежащие в основе вертикали экосистемы.

Таким образом, можно говорить о том, что использование механизмов управления транзакциями в рамках цифровой экосистемы формирует новых регуляторов товарных отношений на затрагиваемом рынке.

1. Гелисханов И.З. Платформенные механизмы управления транзакциями: углубленное исследование «Яндекс Такси» // Вопросы экономики. 2024. № 9. С. 76–106.

2. Кудряшов А.А., Шашкина А.В. Оценка уровня цифрового развития банковского сектора России // Актуальные вопросы современной экономики. 2019. № 6-1. С. 451–459.

MECHANISMS FOR MANAGING TRANSACTIONS IN DIGITAL ECOSYSTEMS

Kudryashov A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Mechanisms for managing transactions within horizontal, vertical and hybrid digital ecosystems are considered.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Диязтдинова А.Р., Загирова А.Р.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Современные предприятия существуют в условиях высокой конкуренции и вынуждены искать способы снижения издержек и повышения эффективности деятельности. Одним из возможных способов может выступать внедрение одного или нескольких инструментов бережливого производства (Lean). Количество инструментов довольно значительно (более 20), но не все они универсальны. Ниже приведены наиболее распространенные механизмы Lean, положительно зарекомендовавшие себя на производстве в различных областях (Табл. 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ инструментов

Инструмент	Суть инструмента	Ожидаемый эффект
Визуализация	Использование картинок-индикаторов (цветовой маркировки, стенды, «дорожные знаки»)	Устранение ненужных перемещений, т.к. есть наглядный индикатор «что и как делать»
Картирование потока создания ценности	Создание «карты» технологического процесса со входами и выходами	Выявление «узких мест» и устранение операций, не создающих ценности
5S	Сортировка – Соблюдение порядка – Содержание в чистоте – Стандартизация – Самодисциплина (совершенствование)	Сокращение потери времени, увеличение производительности и рост самодисциплины
Just-in-Time (JIT)	Поставка компонентов/продуктов ровно в тот момент, когда они необходимы	Способствует минимизации складских запасов и снижению затрат на хранение
Kaizen	Практика постоянных небольших улучшений, вовлекающая всех сотрудников в процесс совершенствования работы	Регулярность проводимых изменений в долгосрочном плане способствует повышению эффективности
Poka-Yoke	«Защита от дурака» – предотвращение появления ошибок в процессе производства	Предупредить ошибку дешевле, чем устранить последствия от ее появления
QFD (Quality function deploymen	Математический метод, позволяющий выявить ценности и предпочтения клиентов	Уменьшаются непроизводительные затраты
SMED	Стремление к сокращению времени настройки и/или переналадки	Увеличение «полезного времени» работы

	оборудования до минимально возможного	оборудования, повышение качества производимых небольших партий продукции
SOP (Standard Operating Procedure	Применение актуальных инструкций, описывающих оптимальный способ выполнения всех работ (некая база знаний)	Снижение рисков создания некачественного продукта
TPM	К обслуживанию своего рабочего места привлекается каждый сотрудник, а не специалист техподдержки	За счет усиления чувства ответственности снижается количество простоев, аварий и ошибок в работе с оборудованием

Инструменты бережливого производства представляют собой проверенные эффективные методы повышения конкурентоспособности предприятия. На практике доказано, что они способствуют оптимизации процессов, снижению затрат и повышению качества продукции. Однако, они также имеют и недостатки. Одним из явных недостатков считается уязвимость бережливого производства к непрогнозируемым скачкам спроса со стороны потребителей. Кроме того, отсутствие буферных запасов не позволяет нивелировать расходы при перебоях в поставках. Метод Lean довольно инертный, он требует значительных усилий по преодолению инерционности и недоверия сотрудников. Поэтому при выборе решения в пользу того или иного инструмента Lean необходим этап адаптации выбранного инструментария с особенностями ведения бизнеса, а не просто его копирование.

1. Гребенщикова А.Д., Конышева Е.В. Бережливое производство как метод повышения эффективности работы предприятия // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2002. № 7(65). С. 4–10.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING TOOLS

Diyazitdinova A.R., Zagirova A.R.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This report examines the most popular tools for implementing the lean manufacturing strategy (Kaizen, 5S, SMED, JIT, QFD, etc.). These tools help optimize processes, improve product quality, and reduce expenses, fostering a culture of continuous improvement at all levels of the enterprise.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА РЫНОК ТРУДА

Баразали Н.К., Стефанова Н.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Актуальность исследования влияния технологии искусственного интеллекта (ИИ) на рынок труда обусловлена его стремительным внедрением в различные отрасли экономики, что приводит к значительным изменениям в сфере занятости. Внедрение ИИ вызывает опасения по поводу потерь рабочих мест, особенно в традиционных отраслях, но также открывает новые возможности для повышения производительности и создания высококвалифицированных вакансий. Важно выяснить, как ИИ влияет на занятость, какие профессии могут исчезнуть, а какие новые возможности появятся, а также какие меры необходимы для его успешной интеграции в экономику.

ИИ имитирует процессы человеческого мозга, изменяя все сферы жизни и экономики. Его внедрение в производство и услуги трансформирует задачи и повышает безопасность. Например, в производстве ИИ оптимизирует процессы и контролирует качество, в логистике улучшает доставку и управление складами, в финансах анализирует риски и обнаруживает мошенничество, а в здравоохранении помогает в диагностике и разработке лекарств.

Прогнозы Всемирного экономического форума (ВЭФ) указывают на создание 69 миллионов новых рабочих мест к 2027 году, однако одновременно ожидается сокращение 83 миллионов. McKinsey предполагает, что автоматизация может затронуть от 400 до 800 миллионов рабочих мест к 2030 году. В то же время положительные прогнозы от Accenture говорят о возможности увеличения производительности на 40% к 2035 году.

Для успешной адаптации сотрудников к новым условиям необходимы программы переподготовки. Ярким примером является проект «Производительность труда», который увеличил производительность на 24%. Появление новых профессий, таких как специалисты по обработке данных, инженеры по машинному обучению и эксперты по этике ИИ, требует повышения квалификации и подготовки кадров. Возвращаясь к созданию рабочих мест ИИ-технологиями, важно создавать условия для развития и подготовки подобных кадров. Специалисты по обработке данных анализируют большие наборы данных, выявляют закономерности и тенденции, а также разрабатывают алгоритмы для ИИ-систем. Инженеры

по машинному обучению разрабатывают и обучают алгоритмы, которые позволяют ИИ-системам выполнять определенные задачи. Специалисты по ИИ-этике изучают этические аспекты использования ИИ и разрабатывают рекомендации по ответственному применению ИИ-технологий. Разработчики приложений для ИИ создают программы и приложения, которые позволяют использовать ИИ-технологии в различных сферах. Эти рабочие места, как правило, требуют более высокой квалификации и предлагают более высокую заработную плату. Однако, чтобы занять эти новые рабочие места, людям потребуется переквалификация и получение новых знаний и навыков. С 2022 года и по текущий момент наблюдается серьёзный дефицит ИИ-специалистов.

Внедрение ИИ также может привести к дефляции, так как технология способна сократить издержки на 15-20%, что, в свою очередь, снижает цены [9]. Увеличение предложения товаров и услуг может вызвать дальнейшее снижение цен, в то время как сокращение спроса на рабочую силу ухудшает покупательскую способность населения. По прогнозам, массовые увольнения из-за автоматизации могут снизить потребительские расходы на 5-10% в ближайшие 10 лет.

Текущий уровень роста международного рынка программного обеспечения искусственного интеллекта составляет 33% в год. В период с 2015 по 2019 год количество компаний, использующих искусственный интеллект, выросло на 270%. Внедрение искусственного интеллекта в компаниях по всему миру в среднем будет расти на 40% с 2023 по 2030 год. В 2030 году ожидается, что 10% всех транспортных средств будут беспилотными, а мировой рынок самоуправляемых автокаров вырастет с 20,3 до 62,4 млрд. долларов.

Таким образом, внедрение ИИ открывает новые возможности, но также несет риски, которые нужно учитывать. Успех интеграции зависит от правильного использования технологий и этичного подхода.

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY ON THE LABOR MARKET

Barzali N.K., Stefanova N.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This article raises the issue of the impact of AI on the labor market. Aspects of the importance of improving employee productivity, the possibility of deflation due to AI, as well as the speed of AI implementation in companies in the future were considered.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОБОСТРЕНИЯ МИРОВОЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА РЫНОЧНУЮ СТОИМОСТЬ КОМПАНИИ ПАО «МЕЧЕЛ»

Королев А.А., Никульников Н.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Транснациональная корпорация ПАО «Мечел» по праву считается одной из самых спорных компаний Российской Федерации. Данная организация входит в перечень основных «игроков» горнодобывающей и металлургической промышленности национальной экономической системы, но при этом с 2011 года находится в глубокой рецессии, выраженной в отказе руководства компании осуществлять дивидендные выплаты по обыкновенным акциям и в высокой степени негативной волатильности тенденций дивидендных выплат, касающихся привилегированных ценных бумаг упомянутого предприятия. В основном представленная ситуация аффилирована с колоссальной долговой нагрузкой группы «Мечел» (чистый долг группы «Мечел» без пеней и штрафов на 30 июня 2024 года составил рекордные 262,5 миллиардов рублей) и нестабильными ценами на реализуемую рассматриваемой компанией продукцию.

Цель данной работы заключается в определении перспектив развития данной организации в контексте с эскалацией «Украинского кризиса» в феврале 2022 года.

Как можно видеть на рисунке 1 [1], с 21 февраля 2022 по 5 сентября 2024 года рыночная стоимость обыкновенных и привилегированных акций компании ПАО «Мечел» претерпела краткосрочный экономический цикл.



Рис. 1. Изменение динамики рыночной стоимости акций (обыкновенных и привилегированных) компании ПАО «Мечел» с 20.02.2022 г. по 05.09.2024 г.

Во многом это связано с мировым «сырьевым» кризисом 2021 года, что позволило рассматриваемой транснациональной корпорации получить рекордную прибыль в 2021 году эквивалентную 80,57 миллиардам рублей против 808 миллионов годом ранее, что привело к спекулятивному ажиотажу [2].

В сентябре 2024 года биржевая стоимость данной компании сохранила высокую степень волатильности, несмотря на стабильную стоимость природных ископаемых на мировых фондовых рынках.

На сегодняшний день акции компании «Мечел» остаются достаточно спорным финансовым инструментом. В целом обыкновенные ценные бумаги данного эмитента имеют низкую привлекательность для инвестиционных структур на 2024-2025 года в связи с отсутствием дивидендных выплат. На этом фоне их рекомендуется покупать ниже 80 рублей. Что касается привилегированных акций, то в совокупности с функционированием компании в критически важной отрасли народного хозяйства РФ в контексте эскалации «Украинского кризиса», в них присутствует потенциал на рост, драйвером которому может стать ежегодное распределение чистой прибыли между собственниками организации – целевая стоимость на 2025 год варьируется на уровне 150 рублей, однако стоит отметить, что данная компания является достаточно непредсказуемой, что позволяет назвать её «темной лошадкой».

1. TradingView – Следите за рынками из любой точки мира [Электронный ресурс] / URL: <https://ru.tradingview.com/> (дата обращения: 06.09.2024).

2. Investing.com – котировки и финансовые новости [Электронный ресурс] / URL: <https://ru.investing.com/> (дата обращения: 06.09.2024).

ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE AGGRAVATION OF THE GLOBAL GEOPOLITICAL SITUATION ON THE MARKET VALUE OF PJSC MECHEL

Korolev A.A., Nikulnikov N.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This scientific research is devoted to a comprehensive analysis of the prospects for changes in the market value of ordinary and preferred shares of PJSC Mechel in the context of the aggravation of the global geopolitical situation.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ДИНАМИКИ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ КОМПАНИИ ПАО «ГАЗПРОМ» В КОНТЕКСТЕ ОБОСТРЕНИЯ МИРОВОЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Королев А.А., Никульников Н.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Компания ПАО «Газпром», осуществляющая свою коммерческую деятельность в ведущей отрасли народного хозяйства Российской Федерации – нефтегазовой, является одной из важнейших транснациональных корпораций России. Данная организация имеет колоссальное влияние на национальные фондовые рынки РФ (например, «вес» рассматриваемого предприятия в биржевом индексе РТС варьируется на уровне 12 процентов на 2024 год).

Целью данного исследования является определить влияние эскалации мирового геополитического кризиса 21 февраля 2022 года на биржевую стоимость компании ПАО «Газпром».

Как можно видеть из представленных на рисунке 1 данных, с начала нестабильности на мировой политической арене рыночная стоимость данной организации имела негативную тенденцию на падения (линия тренда нисходящая, коэффициент аппроксимации равен 0,5642) [1].

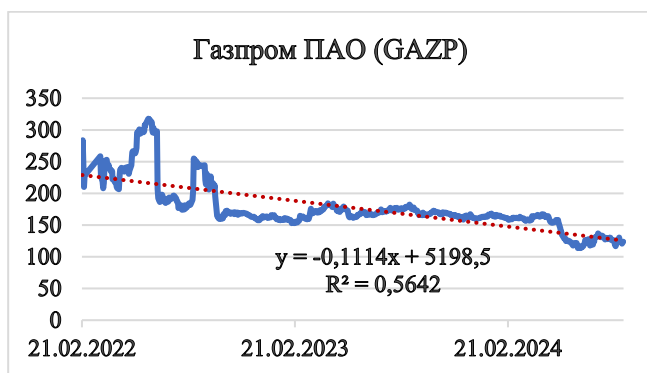


Рис. 1. Изменение динамики рыночной стоимости компании ПАО «Газпром» с 20 февраля 2022 года по 5 сентября 2024 года

В основном это аффилировано с беспрецедентным числом экономико-политических рестрикций («пакеты санкций»), вводимых в отношении РФ странами «коллективного Запада» с февраля 2022 года на фоне обострения «Украинского кризиса». Данные ограничительные меры фактически

разорвали торговые связи России с государствами Европейского союза (одними из важнейших покупателей природных ископаемых из России до 2022 года), что в совокупности с нестабильностью цен на газовые фьючерсные контракты на мировых биржах негативно сказалось на чистой прибыли «Газпрома» в 2022 и 2023 годах (в последний показав отрицательные значения, эквивалентные 629 миллиардам рублей) [2]. Однако по результатам первого полугодия 2024 года прибыль компании претерпела положительную коррекцию во многом благодаря увеличению торговых связей с Китаем и налаживанием механизма обхода санкций.

В заключении можно отметить, что компания ПАО «Газпром» имеет высокие шансы на рост чистой прибыли в 2024-2025 годах, по примеру первой половины 2024 года, которая позволит ему вернуться к дивидендной политике в ближайшем будущем. В связи с этим упомянутая организация является инвестиционно привлекательной с целевой ценой за акцию 200 рублей при средней её стоимости на сентябрь 2024 года 130 российских рублей.

1.TradingView – Следите за рынками из любой точки мира [Электронный ресурс] / URL: <https://ru.tradingview.com/> (дата обращения: 06.09.2024).

2.Ivesting.com – котировки и финансовые новости [Электронный ресурс] / URL: <https://ru.investing.com/> (дата обращения: 06.09.2024).

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE PROSPECTS FOR THE DYNAMICS OF THE MARKET VALUE OF GAZPROM PJSC IN THE CONTEXT OF THE AGGRAVATION OF THE GLOBAL GEOPOLITICAL SITUATION

Korolev A.A., Nikulnikov N.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The presented work is devoted to a comprehensive study of the impact of the escalation of the "Ukrainian crisis" in early 2022 on the dynamics of the market value of Gazprom PJSC and, against this background, the abandonment of the forecast of its future prospects.

ЦИФРОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В МИРЕ МОДЫ: КАК ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ FASHION-ИНДУСТРИЮ

Стефанова Н.А., Робакидзе М.Р.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Цифровая экономика проникает во все сферы жизни, и fashion-индустрия не стала исключением. Технологии меняют привычные модели работы, создавая новые возможности для брендов и потребителей. Актуальность данной темы обусловлена стремительным развитием цифровых технологий и их все более глубоким проникновением в различные сектора экономики, в том числе и в мир моды. В настоящее время fashion-индустрия находится на пороге серьезных трансформаций, и те, кто сможет адаптироваться к новым реалиям, получат неоспоримое конкурентное преимущество.

Первым ключевым трендом цифровой трансформации в fashion является E-commerce: онлайн-продажи одежды и аксессуаров становятся все более популярными. По данным Statista, в 2023 году объем рынка электронной торговли одеждой достигнет 2,3 триллиона долларов, а к 2025 году прогнозируется рост до 3,3 триллиона долларов. Покупатели ценят удобство, широкий выбор и доступные цены. Вторым трендом являются социальные сети: Instagram, TikTok и другие платформы стали важными каналами для продвижения брендов, взаимодействия с клиентами и формирования трендов. По данным Hootsuite, в 2023 году 91% пользователей используют Instagram для поиска товаров и услуг, а 60% делают покупки через платформу. Третьим в списке персонализация: использование данных о покупателях позволяет создавать персонализированные предложения, рекомендации и рекламные кампании. Ожидается, что к 2025 году 75% компаний будут использовать персонализированные маркетинговые стратегии. Также влияет виртуальная реальность и дополненная реальность: они позволяют примерять одежду онлайн, создавать виртуальные примерочные и создавать интерактивные шопинг-опыты. Более 50% потребителей признают, что VR/AR технологии повышают их желание совершать покупки онлайн. Устойчивое развитие тоже задает тренд: технологии помогают оптимизировать производство, сокращать отходы и создавать экологически чистые материалы. По данным McKinsey, 70% потребителей готовы платить больше за товары от брендов, которые заботятся об окружающей среде.

Преимуществами цифровой трансформации для fashion-индустрии являются:

- увеличение продаж. Доступ к более широкой аудитории и новые каналы продаж. В среднем, онлайн-продажи одежды растут на 15-20% ежегодно;

- сокращение затрат. Оптимизация логистики, производства и маркетинга. Использование цифровых инструментов может помочь сократить затраты на 10-15%;

- повышение лояльности клиентов: Персонализированный подход и интерактивные сервисы. Бренды, которые внедряют персонализацию, увеличивают лояльность клиентов на 20-30%;

- улучшение экологической устойчивости. Сокращение отходов и использование экологически чистых материалов. Внедрение цифровых технологий может помочь сократить выбросы CO₂ на 5-10% в fashion-индустрии.

Цифровая экономика открывает новые возможности для fashion-индустрии, но также ставит перед ней новые вызовы. Бренды, которые смогут эффективно использовать технологии и адаптироваться к новым реалиям, получат конкурентное преимущество и смогут занять лидирующие позиции в быстро меняющемся мире моды.

DIGITAL REVOLUTION IN THE WORLD OF FASHION: HOW TECHNOLOGY IS CHANGING THE FASHION INDUSTRY

Stefanova N.A., Robakidze M.R.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This article explores the transformative impact of digital technology on the fashion industry. It highlights key trends shaping the industry, including the rise of e-commerce, the influence of social media, the growing importance of personalization, and the use of virtual reality and augmented reality. The article discusses the benefits of digital transformation for fashion brands, such as increased sales, reduced costs, and enhanced customer loyalty, as well as the challenges, including competition, cybersecurity threats, and digital inequality. The author argues that brands who embrace digital technology and adapt to changing consumer behaviors will be best positioned for success in the evolving fashion landscape.

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОМ УЩЕРБЕ ОТ КИБЕРПРЕСТУПЛЕНИЙ

Вержасковская М.А., Акопян Д.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Растущая онлайн – зависимость мировых экономик, связанная с все большим вовлечением их в цифровой формат, вызывает лавинообразный рост киберпеступности. В настоящее время во всем мире наблюдается рост кибератак. По мнению экспертов, фиксируется всего лишь около 20% состоявшихся из них.

Киберпреступники переключаются с частных лиц и небольших организаций на уязвимые инфраструктуры, госкомпании, международные корпорации. Следует отметить рост числа мошенников в банковской сфере, которые используют в своей деятельности разные методы, в том числе и социальную инженерию. Они хорошо осведомлены в отношении персональных данных, владеют информацией по совершаемым транзакциям. Это вызывает закономерное беспокойство в отношении соблюдения кредитными организациями банковской тайны и наличия каналов утечки баз данных.

Интерпол выделяет рост количества атак, связанных с шифрованием не только пользователей, но и крупных компаний. С помощью похищенных данных производится кража интеллектуальной собственности, денежных активов, осуществляется промышленный шпионаж, шантаж с целью получения финансового вознаграждения. Примечателен кейс атаки LockerGoga Norsk Hydro, производящий алюминий [1].

Еще в 2020 году ООН выделила среди глобальных угроз для мира помимо изменения климата, эпидемий природных и антропогенных катастроф так называемую киберпандемию. Экономический ущерб от кибератак составил на тот момент 2,5 трлн. долларов.

Перечислим объекты экономического ущерба, вызванные кибератаками:

- деловая репутация, марка, бренд;
- затраты, связанные с реакцией на событие (человеческие, временные, консультационные);
- простой производственных мощностей;
- эффективность деятельности организации.

Исследования свидетельствуют, что подавляющее количество организаций не имеет прописанных процедур по реагированию на атаки и последующему восстановлению. Так из 951 организации у которых имелся

план реагирования, лишь 32% сообщили, что он доказал свою эффективность на практике [2].

В то же время ряд компаний заказывают аудит внешней уязвимости. Специалисты исследуют ее с помощью метода OSINT, состоящего из тестирования на проникновение и сбора данных из открытых источников.

Среди профилактически значимых мер по снижению уязвимости организаций кибератакам выделим:

- разработку программ и планов по реагированию на внешние угрозы;
- приведение к единообразию базовых схем, протоколов безопасности;
- многофакторную аутентификацию;
- разъяснительную работу с сотрудниками, направленную на повышение их компетентности в сфере кибергигиены;
- транспарентность деятельности организаций.

Указанные выше и ряд других необходимых мер позволят организациям обеспечить достаточный уровень безопасности и снизить размер ущерба, наносимого кибератаками.

1. Киберпреступность переросла в пандемию [Электронный ресурс] / URL: https://www.vedomosti.ru/forum/technologii_novoj_realnosti/columns/2020/12/02/849244-kiberprestupnost (дата обращения: 17.09.24).

2. Ущерб мировой экономике от киберпреступлений достиг 1 триллиона долларов [Электронный ресурс] / URL: <https://dzen.ru/a/X88tDfgloShBmLhC> (дата обращения: 18.09.24).

ON THE ISSUE OF ECONOMIC DAMAGE FROM CYBER CRIME

Verzhakovskaya M.A., Akopyan D.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The abstracts indicate the main objects of economic damage from cybercrimes. The low security of organizations from external intrusions is shown. Measures are presented to reduce the vulnerability of organizations to cyber-attacks.

РАЗРАБОТКА ДАШБОРДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КРІ*Коробко О.А., Диязитдинова А.Р.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

В условиях цифровой трансформации бизнеса необходимость визуализации данных становится неотъемлемой частью эффективного управления и принятия решений. Дашборды, как инструмент аналитической визуализации, позволяют интегрировать и наглядно представить КРІ компании. Информация, представленная графически, дает возможность лицу принимающему решение (ЛПР) быстрее и адекватнее воспринимать данные. В данном случае речь идет о значимости процесса визуализации данных.

Следует отметить, что разработка визуальных инструментов анализа требует тщательной обработки данных и выбора оптимальных инструментов представления сведений. Дашборд (панель для визуализации) позволяет собрать, обобщить и отобразить наиболее важные ключевые показатели на одном экране.

В ходе исследования был разработан прототип дашборда для финансового отдела крупной инфокоммуникационной компании (ИКК). Были соблюдены следующие требования:

- информация должна отображаться в режиме квазиреального времени (формирование финансовых показателей не требует отслеживания в режиме реального времени);
- удобство восприятия формируемых данных;
- должна быть реализована возможность подключения различных источников данных для формирования отчетности, КРІ и иных метрик;
- структура дашборда должна соответствовать информационным потребностям ЛПР;
- представленные графики и диаграммы должны быть понятны;
- дашборд не должен быть перегружен «лишней» информацией и при этом должен отражать наиболее важные показатели;
- должно быть использован грамотный выбор цветовых решений.

При формировании метрик и показателей дашборда были использованы положения статистического анализа данных и такой инструмент проведения бизнес-аналитики (BI) как надстройка Microsoft Excel. В качестве исходных данных были использованы наборы данных из различных корпоративных информационных систем, включая CRM и ERP

В результате разработанный прототип дашборда позволяет интегрировать ключевые показатели коммерческого отдела ИКК (Рис. 1).

В состав прототипа дашборда включены модули для анализа продаж, клиентской активности и прогнозирования выручки. Прототип дашборда был протестирован, результаты тестирования показали его применимость для специалиста отдела коммерческой отчетности и способствовали сокращению времени при принятии решений.



Рис. 1. Пример дашборда

Тестовая работа представленного дашборда продемонстрировала высокую эффективность визуализации данных в интересах повышения прозрачности бизнес-процессов и оптимизации управленческих решений. В условиях цифровой экономики применение такого рода инструментов как дашборд будет способствовать повышению конкурентоспособности предприятия.

DASHBOARD DEVELOPMENT FOR MONITORING KPI

Korobko O.A., Diyazitdinova A.R.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report addresses the use of dashboards for monitoring key performance indicators of a company. A developed dashboard prototype is presented, enabling managers to make quick decisions and track the progress of goal achievement.

ПРИМЕНЕНИЕ ESG: ПРЕПЯТСТВИЯ И ВЫЗОВЫ

Герасимов В.В., Герасимова К.В., Герасимова Е.О.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Концепция ESG (экологические, социальные и управленческие факторы) [1] стала неотъемлемой частью стратегического планирования в различных сферах, включая образование. Применение принципов ESG на уровне учебного заведения, а именно на кафедре Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, может значительно повысить качество образования и устойчивость к вызовам современного мира. В условиях глобальных изменений климата, социальных неравенств и необходимости прозрачного управления, внедрение ESG становится не просто модным трендом, а необходимостью. Кафедра, принимая во внимание эти факторы, может не только улучшить свои внутренние процессы, но и оказать положительное влияние на студентов, сотрудников и общество в целом.

Для эффективной реализации ESG принципов на кафедре необходимо обратить внимание на управленческие процессы:

1. Прозрачность: Создание системы отчетности о деятельности кафедры, включая экологические и социальные инициативы. Регулярное информирование студентов и сотрудников о достигнутых результатах.

2. Вовлечение заинтересованных сторон: Установление диалога с студентами, преподавателями и местными сообществами для выявления их потребностей и ожиданий от кафедры. Организация регулярных встреч и опросов для сбора обратной связи.

3. Обучение и развитие: Проведение тренингов и семинаров для преподавателей и сотрудников по вопросам устойчивого развития, управления проектами в рамках ESG и внедрения инновационных практик.

Несмотря на преимущества применения ESG, существуют определенные трудности при его внедрении на кафедре. Одной из основных проблем является недостаток финансирования для реализации экологических инициатив. Также может возникнуть сопротивление со стороны сотрудников и студентов, которые не понимают важности этих изменений. Для преодоления этих препятствий важно проводить обучение и информирование о значении ESG. Создание рабочих групп с участием студентов и преподавателей поможет выработать совместные решения и вовлечь всех заинтересованных в процесс.

1. Герасимов, В.В., Герасимова К.В., Герасимова Е.О. Управление социальными процессами: ESG и ЦТБ // Вестник Самарского муниципального института управления. 2023. № 4. С. 16–24.

ESG APPLICATION: OBSTACLES AND CHALLENGES

Gerasimov V.V., Gerasimova K.V., Gerasimova E.O.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article talks about the problems of using ESG in higher education. As well as about its possible application. Social programs and engagement, management aspects, metrics and indicators of success, reporting and feedback are taken into account.

ПАО ВТБ – ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОМПАНИЯ ИЛИ «ДНО» ФОНДОВОГО РЫНКА РОССИИ

Крюкова А.А., Королев А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

ПАО ВТБ – является одним из крупнейших банков Российской Федерации (мажоритарным акционером которого является правительство РФ). Однако, с самого листинга ценных бумаг на фондовой бирже Российской Федерации его рыночная стоимость неуклонно снижается на перманентной основе фактически игнорируя положительные корпоративные новости и усиливая падения при появлении негативных факторов. Данная компания по праву является одним из главных аутсайдеров фондовых рынков России.

Целью данной работы является определить перспективы изменения рыночной стоимости компании ПАО ВТБ в краткосрочном и долгосрочном периодах в контексте мировых экономико-политических циклов.

Как можно видеть из представленных данных, с января 2019 года по сентябрь 2024 года волатильность рыночной стоимости транснациональной корпорации группы ВТБ имела тренд на падение – коэффициент достоверности равен 0,4377 (Рис. 1) [1].

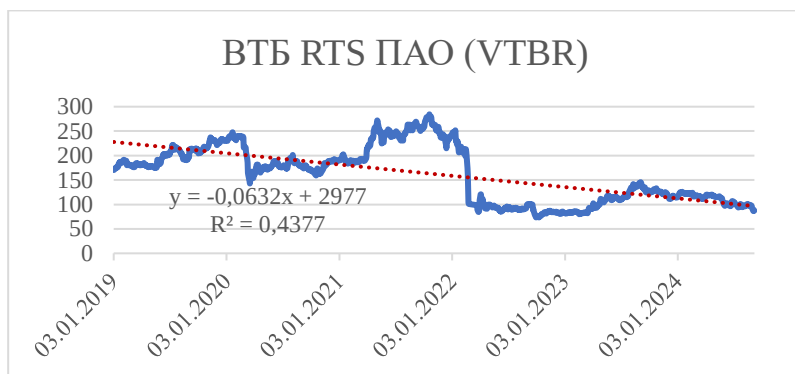


Рис. 1. Изменение динамики рыночной стоимости компании ПАО ВТБ с 3 января 2019 года по 6 сентября 2024 года

Девальвация на инвариантной основе биржевой стоимости рассматриваемой компании в основном вызвана дивидендной политикой

данного рыночного субъекта. Так, правительство рассматриваемой организации, возглавляемой Андреем Леонидовичем Костиным, делает в большей степени акцент на стабильный рост компании и укрепление её позиций на российских и зарубежных ранках, в которые ВТБ инвестирует основные средства. В результате дивидендная доходность акций предприятия остаётся достаточно низкая, но при условиях высокой чистой прибыли до 2019 года и минимальных значений ключевой процентной ставки, была достаточно приемлемой, однако после начала мировых экономико-политических циклов на фоне пандемии COVID-19 и обострения мировой геополитической обстановки начала стремительное снижение. Стоит отметить, что после наложения на ПАО ВТБ колоссального числа блокирующих санкций с февраля 2022 года, данная структура отказалась в принципе от дивидендных выплат в связи с тяжелой экономической ситуацией по результатам 2022 и 2023 годов (скорее всего в этот список войдет и 2024 год), что негативно отобразилось на его инвестиционной привлекательности [2].

В заключении можно ответить на вопрос исследования, касающийся влияния нестабильности в мировой финансовой системе на компанию ПАО ВТБ: данное предприятие на сентябрь 2024 года находится в глубокой кризисной ситуации, что негативно сказывается на её биржевой стоимости. В целом же упомянутую организацию можно назвать компаний «вечного будущего», инвестировать в которую в краткосрочном периоде нецелесообразно, в долгосрочно же периоде она имеет шансы на рост своей рыночной стоимости в случае изменения курса политики рассматриваемого рыночного субъекта (6-8 лет).

1. TradingView – Следите за рынками из любой точки мира [Электронный ресурс] / URL: <https://ru.tradingview.com/> (дата обращения: 06.09.2024).

2. Investing.com – котировки и финансовые новости [Электронный ресурс] / URL: <https://ru.investing.com/> (дата обращения: 06.09.2024).

VTB PJSC – A PROMISING COMPANY OR THE “BOTTOM” OF THE RUSSIAN STOCK MARKET

Kryukova A.A., Korolev A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The presented work is devoted to the study of the dynamics of the market value of VTB PJSC and the preparation of a forecast of changes in its market value in the context of new global economic and political realities.

ФОНДОВАЯ БИРЖА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В КОНТЕКСТЕ С ПАНДЕМИЕЙ COVID-19 И ОБОСТРЕНИЕМ МИРОВОЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Крюкова А.А., Королев А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

С начала 2019 года мировая финансовая система столкнулась с колоссальным давлением, вызванным пандемией коронавирусной инфекции и эскалацией состояния «Украинского кризиса» во второй половине февраля 2022 года. Всё это в совокупности стало драйвером для начала рецессии в глобальной экономике.

Целью данной работы является определить влияние экономико-политических циклов, наблюдаемых на фоне пандемии COVID-19 и обострения мировой геополитикой обстановки, на фондовый рынок Российской Федерации.

Как можно видеть из тенденций волатильности рыночной стоимости главного биржевого индекса России – РТС (Рис. 1), он имел динамику на снижение (линия тренда нисходящая, коэффициент аппроксимации варьируется на уровне 0,1873) [1].

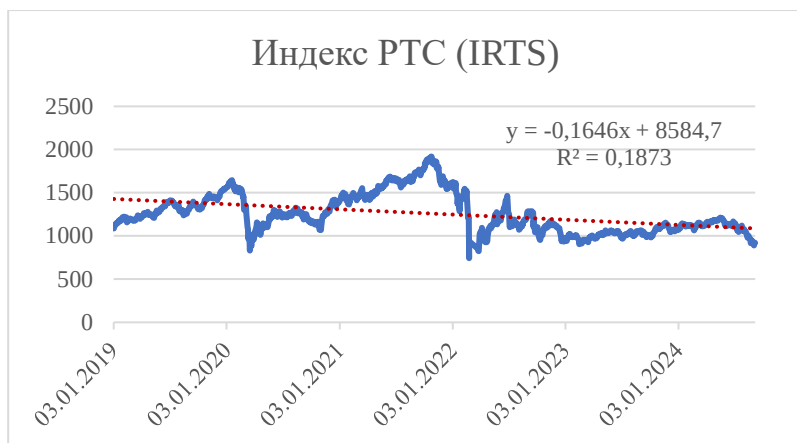


Рис. 1. Изменение динамики рыночной стоимости биржевого индекса РТС с 3 января 2019 года по 6 сентября 2024 года

Так, с начала 2019 года на фондовых рынках России наблюдалось два срезных экономических цикла. Первый был аффилирован с пандемией

COVID-19, которая в совокупности с манипуляциями квотами на добычу нефти со стороны правительства Саудовской Аравии оказали негативное воздействие на глобальную финансовую систему в краткосрочном периоде. Однако, вторая «волна» экономико-политических потрясений (наблюдаемая с начала 2022 года) оказала более серьёзное влияние на национальное народное хозяйство РФ, фактически изолировав его от экономик государств Североатлантического альянса и Европейского союза по политическим причинам. На сегодняшний день фондовая биржа России находится в состоянии глубокой рецессии на фоне усиления экономического и политического давления стран «коллективного Запада» на финансовую систему РФ [2].

В заключении можно с уверенностью сказать, что нестабильность в мировой экономике оказала негативное влияние на фондовые рынки Российской Федерации, в которых на этом фоне наблюдается серьёзная рецессия.

1.TradingView – Следите за рынками из любой точки мира [Электронный ресурс] / URL: <https://ru.tradingview.com/> (дата обращения: 06.09.2024).

2.Ivesting.com – котировки и финансовые новости [Электронный ресурс] / URL: <https://ru.investing.com/> (дата обращения: 06.09.2024).

THE STOCK EXCHANGE OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE CONTEXT OF THE COVID-19 PANDEMIC AND THE WORSE GLOBAL GEOPOLITICAL SITUATION

Kryukova A.A., Korolev A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This work is devoted to a comprehensive analysis of the impact of the COVID-19 pandemic and the review of the global geopolitical situation on the stock market of the Russian Federation.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИЗМЕНЕНИЯ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ КОМПАНИЙ НОВАБЕВ ГРУПП И КРАСНЫЙ ОКТЯБРЬ В КОНТЕКСТЕ С НОВЫМИ МИРОВЫМИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ И ПОЛИТИЧЕСКИМИ РЕАЛИЯМИ

Крюкова А.А., Королев А.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Экономические субъекты НоваБев Групп (алкогольная промышленность, до 2023 года – BELUGA GROUP) и Красный Октябрь (кондитерская промышленность) являются одними из самых спекулятивных эмитентов на московской фондовой бирже и на этом фоне имеют высокую степень волатильности их рыночной стоимости.

Целью представленной работы является определить перспективы изменения рыночной стоимости компаний НоваБев Групп и Красный Октябрь в контексте с пандемией COVID-19 и обострением мировой геополитической обстановки.

Из динамики волатильности рыночной стоимости данных организаций с начала 2019 года по 6 сентября 2024 года (Рис. 1) видно, что данные компании практически синхронно подверглись спекулятивной атаке в феврале 2021 года.

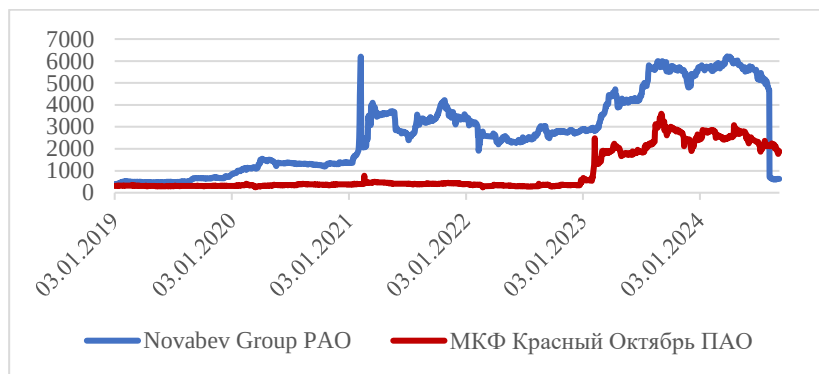


Рис. 1. Изменение динамики рыночной стоимости компании НоваБев Групп и Красный Октябрь с 3 января 2019 года по 6 сентября 2024 года

В последующие месяцы и до начала 2022 года в данных эмитентах наблюдалась относительная стабильность. В феврале 2022 года рассматриваемые акции подверглись новой беспрецедентной атаке, со стороны группы частных инвесторов, стремящихся устроить новый

ажиотаж вокруг данных компаний на фоне стремительно меняющихся геополитических событий в мире. В результате рыночная стоимость данных организаций за короткий срок выросла в несколько раз и на протяжении последующего временного интервала, увеличивая или снижая свою биржевую стоимость, позволила заинтересованным лицам получить предположительно колоссальную чистую прибыль.

Рыночная стоимость за акцию НоваБев Групп кардинально снизилась в конце августа 2024 года, формально завершив спекулятивный цикл (стоит отметить достаточно интересные корпоративные действия руководства компании, которые фактически провели процедуру сплита, выданную за допэмиссию в августе 2024 года). Что касается компании Красный Октябрь, то её рыночная стоимость остаётся на достаточно высоких значениях на 6 сентября 2024 года.

В заключении работы, можно с уверенностью сказать, что перспективы изменения биржевой цены компаний НоваБев Групп и Красный Октябрь достаточно спорные. Биржевая стоимость компаний НоваБев Групп на сегодняшний день не эквивалента её реальным показателям в связи с манипуляциями руководства компании по повышению её биржевой инвестиционной привлекательности. Фактически она осталась на прежнем уровне, делая её не инвестиционно привлекательной в краткосрочном и долгосрочном периодах. Что касается организации Красный Октябрь, то её цена может также неприятно удивить инвесторов, принявших решение вложить свои капиталы в акции данной компании, сделав их жизнь менее «сладкой» в ближайшем будущем – рекомендации по операциям с ценными бумагами данного предприятия примерно аналогичны НоваБев Групп.

ANALYSIS OF THE PROSPECTS FOR CHANGES IN THE MARKET VALUE OF THE COMPANIES NOVABEV GROUP AND KRASNY OKTYABRY IN THE CONTEXT OF NEW WORLD ECONOMIC AND POLITICAL REALITIES

Kryukova A.A., Korolev A.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This work is devoted to the study of the prospects for changes in the market value of NovaBev Group companies (until 2023 – BELUGA GROUP) and Red October in the context of instability in the global financial system and speculative attacks against this background.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТАЛАНТАМИ В ТЕКУЩИХ УСЛОВИЯХ

Варлухин В.В., Иваев М.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В настоящее время многие компании испытывают дефицит квалифицированных кадров. Одним из способов привлечения и удержания ценных сотрудников является грамотное управление их талантами с помощью специализированных систем (TMS). Функционально данные системы позволяют:

1. Помогать сотрудникам адаптироваться на новом рабочем месте.
2. Проводить корпоративное обучение.
3. Проводить различные оценки, тестирования и аттестации сотрудников.
4. Повышать лояльность сотрудников.

В большинстве случаев система управления талантами входят в состав других решений класса HCM, однако и отдельные системы для управления талантами существуют.

После ухода многих иностранных вендоров и интеграторов, ситуация на отечественном рынке информационных систем существенно изменилась. На рисунке 1 представлены крупнейшие поставщики решений в сфере HR-tech по выручке за 2022 год. Выручка представлена в миллионах рублей (Рис. 1) [1].

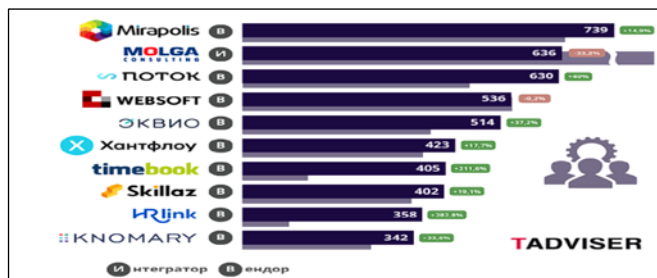


Рис. 1. Крупнейшие вендоры и интеграторы в сфере HR-tech

Из топ-9 вендоров, представленных на рисунке, 5 разработчиков информационных решений с функциональной реализацией TMS.

Существуют различные методы оценки эффективности TMS-решений, однако ключевыми показателями, на которые следует опираться,

являются:

1. Удержание талантов.
2. Сокращение затрат на работу HR.
3. Увеличение скорости обучения сотрудников.
4. Увеличение процента сотрудников, успешно прошедших испытательный срок.
5. Увеличение скорости найма.

На рисунке 2 представлены результаты от внедрения HRM-системы «Поток» [2].



Рис. 2. Эффект от внедрения ИС «Поток»

Из рисунка видно, что внедрение данного цифрового решение благоприятно сказалось на HR-бренде компаний-клиентов. Данные преимущества позволят повысить эффективность компаний в долгосрочной перспективе, равно как и укрепить текущие позиции компании.

1. Статья Tadviser «Российский рынок HR-tech» [Электронный ресурс] / URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Российский_рынок_HR-tech#.D0.9A.D1.80.D1.83.D0.BF.D0.BD.D0.B5.D0.B9.D1.88.D0.B8.D0.B5_.D1.83.D1.87.D0.B0.D1.81.D1.82.D0.BD.D0.B8.D0.BA.D0.B8 (дата обращения: 11.09.2024).

2. Сайт информационной системы «Поток» [Электронный ресурс] / URL: <https://potok.io/?срм> (дата обращения: 11.09.2024).

TALENT MANAGEMENT SYSTEMS IN THE CURRENT ENVIRONMENT

Varlukhin V.V., Ivaev M.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This article discusses the use of talent management systems, as well as the effect they bring to companies.

МОНЕТАРНАЯ ПОЛИТИКА ЦЕНТРАЛЬНОГО БАНКА РОССИИ В КОНТЕКСТЕ С ЭСКАЛАЦИЕЙ «УКРАИНСКОГО КРИЗИСА»

Королев А.А., Иваев М.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

С начала 2022 года экономическая система Российской Федерации подверглась колоссальному числу экономико-политических рестрикций со стороны стран Североатлантического альянса и Европейского союза на фоне обострения мировой геополитической обстановки. В связи с этим, главный регулирующий финансовый институт России (ЦБ РФ) был вынужден ужесточить монетарную политику, что было выражено в планомерном повышении ключевой процентной ставки.

Целью данного научного изыскания является определить дальнейшие тенденции изменения основной процентной ставки Российской Федерации в краткосрочном и долгосрочном периодах.

Из представленных данных можно заметить, что с февраля 2022 года по июль 2024 года ключевая ставка имела тренд на рост (Рис. 1), несмотря на снижение её показателей с апреля по сентябрь 2022 года и относительной стабильности по июнь 2023 года на фоне кратковременного снижения рецессии в макроэкономике [1-2].



Рис. 1. Изменение динамики ключевой процентной ставки Центрального банка России с 11 февраля 2022 года по 26 июля 2024 года

Решение по снижению ключевой ставки было следствием «гибкой» денежно-кредитной политики, которой придерживался Центробанк, подразумевающей повышение и понижение главной процентной ставки

страны в зависимости от состояния национальной экономики. Однако успешной реализации данной инициативы помешал политический фактор: правительство России, стремясь сохранить благосостояние граждан на уровне 2021 года, оказывало давление на ЦБ РФ, не давая его руководству повысить значения основной ставки страны, когда этого «требовало» состояние финансовой системы Российской Федерации (с начала 2023 года). Данное промедление спровоцировало усугубление состояния инфляции в государстве и, несмотря на негативную реакцию со стороны заинтересованных лиц, вынудило государственный регулирующий экономический институт РФ ужесточить монетарную политику во второй половине 2023 года.

В заключении на основе выше сказанного можно ответить на вопрос исследования, касающийся дальнейших перспектив изменения ключевой ставки. В краткосрочном периоде главная процентная ставка России с высокой долей вероятности будет варьировать на уровне 20 процентов (до второй половины 2025 года), в долгосрочном же периоде у неё примерно равные шанс изменить свою тенденцию на повышение или понижение, в большей степени это зависит от мировых геополитических изменений.

1. TradingView – Следите за рынками из любой точки мира [Электронный ресурс] / URL: <https://ru.tradingview.com/> (дата обращения: 06.09.2024).

2. Investing.com – котировки и финансовые новости [Электронный ресурс] / URL: <https://ru.investing.com/> (дата обращения: 06.09.2024).

MONETARY POLICY OF THE CENTRAL BANK OF RUSSIA IN THE CONTEXT OF THE ESCALATION OF THE "UKRAINIAN CRISIS"

Korolev A.A., Ivaev M.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The presented work is devoted to a comprehensive analysis of the dynamics of the key interest rate of the Russian Federation since the beginning of the escalation of the "Ukrainian crisis" and on this basis the most probable scenarios for changing its values in the near future are compiled.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МАНИПУЛЯЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ*Кустова М.Н., Савелиев Я.И.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Психологическая манипуляция представляет собой ряд воздействий, направленных на предмет влияния, с целью достижения определенных результатов, посредством изменения его мнения, чувств и поведения. В целом, манипуляции могут носить как позитивный, так и негативный характер в зависимости от намерений манипулятора.

В производственной манипуляции, как правило, возникает следующая расстановка сил. Руководитель (менеджер любого уровня) – это субъект манипуляции, работник (подчиненное лицо) – ее объект. Хотя возможны изменения в элементах схем манипуляции и механизмах ее проявления. Но, не зависимо от перемены мест слагаемых, особенности негативного манипуляционного взаимодействия остаются неизменными.

Кратко их можно свести к трем постулатам. Во-первых, субъект манипуляции скрывает свои истинные цели. Во-вторых, он, корыстен и преследует личные интересы. В-третьих, для достижения желаемого результата, манипулятор использует все возможные рычаги психологического давления, как речевого, так и поведенческого, оперируя, преимущественно, эмоциями собеседника.

Другими словами, в манипуляционном процессе, основная задача субъекта сводится к перетягиванию «каната» на свою сторону. Таким образом, начинается своеобразная игра-ловушка, в которую ведущий игрок пытается вовлечь других, с позиций лидера. Достаточно подробно и увлекательно виды основных комбинаций ролевых взаимодействий объяснил мастер психоанализа Э. Берн в книге «Игры, в которые играют люди». Причем для игровых баталий повзрослевших детей совсем не важно, где разворачиваются события – в дружеской потасовке, в доме на кухне, в кабинете начальника или за персональным компьютером на работе. В любом случае, человек, включившийся в игру с манипулятором, уже встает в позицию жертвы, из которой выбраться будет весьма проблематично.

Прежде всего это отразится на здоровье человека, а затем проявится в его поведенческих характеристиках. В целом, симптоматика манипуляционной атаки такова. Жертва, т.е. манипулируемый, ощущает на себе скрытое внешнее давление. Он подсознательно начинает чувствовать, что действует в ущерб себе. В результате у такого человека возникает внутренний конфликт, хотя снаружи все может выглядеть

идеально. Затем у манипулируемого накапливается негатив, раздражение, пассивная агрессия. Комбинация накапливаемых негативных эмоций может меняться в зависимости от операций манипулятора, и картина личностных ощущений может дополняться гаммой сложных чувств, например, таких как обида, вина, страх, долг, жалость, разбитое самолюбие и т.д. В производственных манипуляциях к рассмотренной гамме чувств еще добавляются профессиональная несостоятельность и социальная некомпетентность.

Особое значение в рассмотрении факта манипуляций отводится причине их происхождений. Здесь тоже все не сложно. Корень любой манипуляции скрыт в желании реализовать одну из первостепенных человеческих потребностей – чувство собственной значимости. Конечно, в жизни людей, эта потребность не так биологически проявлена, как первичные физиологические потребности, и дремлет до поры до времени, но для современного человека чувство собственной значимости также биологично, как и социально. Желание быть не просто хорошим, а неповторимым и в чем-то непревзойденным – это один из скрытых стимулов движения человека к новым целям.

Основной площадкой для реализации «самости» человека, как личности служит производственная среда. Но жизнь заключается в том, что людей не научили эффективно взаимодействовать между собой – открыто и прямо говорить на важные для них темы. Например, на работе, вопросы продвижения по службе, о достойной заработной плате или новой должности являются чем-то неприличными и, в основном, замалчиваются в ожидании «чуда». Если чудо задерживается, то в ход пускаются механизмы манипуляций. На производстве, стрелы манипуляционных атак могут лететь с разных направлений: со стороны руководства; от стороны подчиненных; могут ранить и себе подобных. Как в любой взрослой игре, каждый играет по своим правилам и принципам чести и совести. Правда, в отличие, от бытовых баталий, где жертва в одиночку зализывает раны, на производстве еще страдает и общее дело...

PSYCHOLOGICAL MANIPULATIONS IN WORKPLACE

Kustova M.N., Saveliev Y.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article describes the main reason for psychological manipulation in the workplace.

ПОСЛЕДСТВИЯ НЕГАТИВНЫХ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ МАНИПУЛЯЦИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Кустова М.Н., Ханжин М.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Любая психологическая манипуляция – это разновидность скрытого вербального и (или) поведенческого воздействия субъекта (манипулятора) на объект (манипулируемого) с целью достижения собственных целей, которые не совпадают с намерениями или противоречат желаниям и интересам последнего. При заведомо негативном психологическом воздействии манипулятор осуществляет неосознанный со стороны манипулируемого контроль над его сознанием с помощью искаженной или необъективно поданной информации. Поэтому любое негативное психологическое манипулирование – это неэтичный и малоэффективный способ общения между людьми, пагубно влияющий на обе стороны коммуникационного взаимодействия.

Если говорить более конкретно, о негативных последствиях манипуляций в производственной среде, то следует выделить три момента, особо проявляемых в современных организациях.

Первое – это явление эмоционального «выгорания» сотрудника. Из-за постоянного стресса и переработок у людей возникают и прогрессируют проблемы со здоровьем. Например, ухудшается общее самочувствие, появляются бессонница и внутренняя агрессия, которые снижают мотивацию человека к работе и вызывают желание поскорее уволиться.

Второе – открытый саботаж со стороны подчиненных к руководящим распоряжениям. Объекты манипуляции могут намеренно задерживать сроки исполнения заданий, игнорировать запросы или утаивать часть срочной и важной информации.

Третье – снижение самооценки и веры работника в свои силы. С течением времени, в процессе системного газлайтинга, даже у опытных специалистов может развиваться синдром самозванца, т.е. возникнуть чувство профессиональной несостоятельности, несмотря на все ранее наработанные навыки и заслуги.

Указанные моменты, не только ухудшают здоровье кадров, способствуют проявлению проблем в их личной жизни и отдыхе, но и отрицательно влияют на командный дух организации в целом. В условиях стабильного прессинга даже профессионалы перестают качественно выполнять свои функциональные обязанности. В результате, в организациях исчезает возможность для открытого и конструктивного

диалога между сотрудниками и, как следствие, затягиваются решения производственных проблем, возникают деловые конфликты. Персонал уже тратит энергию не на продуктивную работу, а на противостояние манипуляциям: сослуживцы перестают доверять друг другу и реже вовлекаются в жизнь организации; у коллег по работе пропадает желание в производственной взаимовыручке, передаче профессионального мастерства и опыта; в целом, снижаются мотивация к труду, работоспособность персонала и, напротив, возрастают неосознанная напряженность, нездоровая конкуренция, и, как следствие, увеличивается текучка кадров.

Для профилактики манипуляций на производстве в современных организациях, наряду с повышением эффективности бизнес-процессов, следует поднимать просветительские вопросы о самопознании, самообразовании, самоактуализации личности; корпоративной культуре и этике, развивающих в людях общечеловеческие ценности, такие как честность и ответственность. Кроме того, каждому полезно знать и соблюдать правила манипуляционной самообороны на работе:

- быстро распознавать механизмы манипуляций. При обнаружении скрытых невербальных посылов собеседника или ощущении неприятных эмоций, следует осознать с чем они были связаны;

- постараться установить истинные мотивы собеседника, а если ситуация позволяет лучше задать прямой вопрос на затронутую тему;

- принимать решения, исходя из личных потребностей. Если предложение собеседника идет в разрез своим желаниям, то от него лучше отказаться. Иногда, для принятия правильного решения требуется время. В этом случае лучше сделать паузу и спокойно обдумать ситуацию, осознав собственные потребности;

- в ходе манипуляции следует обозначить свою позицию, сообщив манипулятору о своем решении, исходя из фактов, избегая эмоций и в спокойной обстановке.

CONSEQUENCES OF NEGATIVE PSYCHOLOGICAL MANIPULATIONS IN WORKPLACE

Kustova M.N., Khanzhin M.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article discusses the main consequences of negative psychological manipulations in the workplace and ways to resist them.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВИДЕОАНАЛИТИКИ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Измайлов А.М.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Представленная работа посвящена вопросу перспективных направлений применения видеоаналитики в фармацевтической отрасли. Стоит отметить, что фармацевтическая отрасль на сегодняшний день является одной из наиболее быстро развивающихся отраслей производства, в многие сегменты которой вполне уместно интегрировать систему анализа потока видеоданных. Поэтому, вопрос реализации систем видеоаналитики сегодня может иметь большие перспективы именно в фармацевтике.

Развитие цифровых технологий не стоит на месте. Качество бизнес-процессов, протекающих в организациях, сегодня являются фундаментальной основой ее конкурентоспособности [1]. Сегодня общепризнанным становится тот факт, что производственные процессы в различных отраслях автоматизируются путем внедрения новейших аналитических систем. Одной из таких систем является система видеоаналитики. Суть данной системы заключается в обеспечении контроля за отдельными производственными процессами путем использования заранее настроенных программ способных распознавать объекты в видеопотоке [2]. К наиболее перспективным направлениям применения видеоаналитики в фармацевтической отрасли можно отнести следующие: во-первых, это сфера производства [3]. Видеоаналитика может использоваться во время осуществления контроля за производственными линиями, контролем качества, оптимизации производственных процессов и обеспечении безопасности. Учитывая тот факт, что фармацевтическое производство относится к разряду «истых производств», применение видеоаналитики может быть особенно актуально.

Во-вторых, системы видеоаналитики могут быть использованы в направлении логистики и дистрибуции. Здесь речь идет об оптимизации маршрутов доставки, управление складами, и обеспечении безопасности логистики и дистрибуции.

В-третьих, в сфере фармацевтических исследований. Видеонаблюдение в лабораториях может использоваться для изучения поведения животных в экспериментах и отслеживания эффективности лекарственных средств, также в анализе процесса клинических исследований.

В-четвертых, в сфере маркетинга и продаж, а именно в анализе поведения покупателей и уровня эффективности рекламных компаний.

Данный перечень перспективных направлений не является исчерпывающим. Однако, в то же время он относится к наиболее перспективным с точки зрения скорости и глубины проникновения цифровых технологий в производственные процессы в фармацевтической отрасли.

1. Наугольнова И.А. Проектно-процессный подход к управлению организацией: модель, алгоритм внедрения, параметры оценки эффективности // Экономика и предпринимательство. 2022. № 9 (146). С. 1114–1117.

2. Душин И., Тихомиров В. Объектная видеоаналитика реального времени // Открытые системы. СУБД. 2019. № 4. С. 8.

3. Сидоров А.В., Серпилин А.С. Видеоаналитика как инструмент повышения эффективности системы охраны периметра // Охрана, безопасность, связь. 2019. № 4-1. С. 90–93.

PROSPECTIVE APPLICATIONS OF VIDEO ANALYTICS IN THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY

Izmailov A.M.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The presented work is devoted to the issue of promising areas of application of video analytics in the pharmaceutical industry. It is worth noting that the pharmaceutical industry today is one of the most rapidly developing industries, in many segments of which it is quite noticeable to integrate a video data flow analytics system. Therefore, the issue of implementing video analytics systems today may have great prospects in pharmaceuticals.

СЕКЦИЯ 6

ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

ОБЛАЧНЫЕ, ТУМАННЫЕ И ГРАНИЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ: ОТЛИЧИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Глушак Е.В., Федин А.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Облачные вычисления (Cloud Computing) – это определенная технология, при которой данные и приложения размещаются на серверах в удалённых дата-центрах, доступных через сеть Интернет [1]. Туманные вычисления (Fog Computing) – это промежуточное звено между облачными и граничными вычислениями. Данные обрабатываются и хранятся ближе к конечному пользователю, в локальной сети (Рис. 1). Граничные вычисления (Edge Computing) – это технология, при которой обработка и хранение данных происходит на конечном устройстве, например, смартфоне или планшете [1].

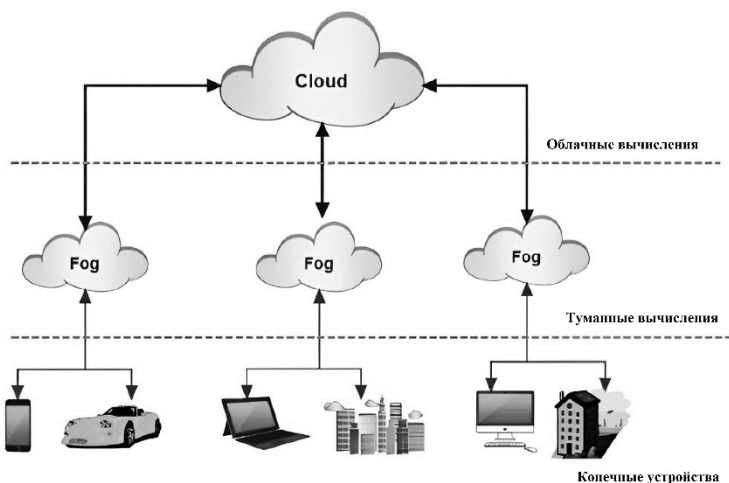


Рис. 1. Облачные и туманные вычисления

Рассмотрим отличия в областях применения. Все эти технологии применяются в различных сферах деятельности. Облачные технологии продолжают развиваться и внедряться в различные сферы жизни, такие как IoT, VR/AR, производство и банковская сфера [2].

«Облака» функционируют с централизованными серверами с целью хранения и обработки данных, в то время как туманные технологии

применяют распределённые узлы, расположенные ближе к конечным устройствам.

Облачные технологии обеспечивают доступ к ресурсам через интернет, в то время как туманные технологии предоставляют доступ к ресурсам через локальную сеть.

Облачные технологии подходят для обработки больших объёмов данных, в то время как туманные технологии используются для обработки данных в реальном времени и для приложений с низким временем ожидания.

В докладе проведен подробный обзор облачных, туманных и граничных вычислений. Рассмотрены сферы применения. Благодаря проведенному обзору можно сказать, где и какую технологию удобнее применить. В дальнейших исследованиях планируется провести эксперимент применения туманных вычислений в сфере промышленного Интернета вещей.

1. Глушак Е.В., Сударева М.Е. Развитие Интернета вещей из облачных и туманных технологий // Обществознание и социальная психология. 2023. № 5–3 (49). С. 47–58.

2. Глушак Е.В. Промышленный Интернет вещей: перспективы развития // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций: материалы XX Международной научно-технической конференции. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2018. С. 364–365.

CLOUD, FOG AND BOUNDARY COMPUTING: DIFFERENCES AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Glushak E.V., Fedin A.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report provides a detailed overview of cloud, fog and edge computing. The fields of application are considered. Thanks to the review, it is possible to tell where and which technology is more convenient to use. In further research, it is planned to conduct an experiment using foggy computing in the field of the industrial Internet of Things.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Полякова И.Д., Глушак Е.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Беспроводная сенсорная сеть – это сложная система, состоящая из множества взаимосвязанных элементов, среди которых сенсорный узел является важной, но небольшой частью. Характеристики хорошей беспроводной сенсорной сети включают энергоэффективность, масштабируемость, отзывчивость, надежность и мобильность.

Беспроводная сенсорная сеть с этими характеристиками может оказаться очень полезной, и, если им не следовать или не гарантировать, это может привести к тому, что сеть будет страдать от накладных расходов, что сведет на нет ее применимость.

Исследования характеристик беспроводных сенсорных сетей являются актуальным направлением в области информационных технологий [1]. Один из ключевых факторов – энергосбережение на отдельных устройствах для продления их работы без подзарядки аккумулятора.

В ходе исследования был введен новый вероятностный показатель для оценки производительности беспроводных сенсорных сетей – это связность. Этот показатель учитывает широкий спектр сетевых аспектов, включая пространственные, временные и энергетические факторы, что позволяет проводить всесторонний анализ сложных операций беспроводных сетевых систем.

Были определены стохастические показатели подключения для беспроводных сенсорных сетей, которые дают всестороннюю характеристику сети в целом. Это позволяет нам исследовать проблемы задержки и перегруженности обмена данными, учитывая размеры сенсорного поля и энергопотребление отдельных устройств.

Чтобы определить вероятность подключения, продолжительность передачи сообщений и распределение времени доставки, мы разработали модели, учитывающие множество характеристик беспроводной сенсорной сети. Эти характеристики включают, но не ограничиваются ими, мощность сигнала на передающей антенне, полосу частот и коэффициенты усиления как передающей, так и приемной антенн.

Данные методы и модели могут позволить повысить производительность беспроводных сенсорных сетей в сельском хозяйстве, контролировать параметры окружающей среды, отслеживать здоровье

животных и растений, а также автоматизировать процессы полива и удобрения.

В образовательном процессе эти модели и методы могут быть применены для обучения студентов и специалистов в области сельского хозяйства, информатики и информационных технологий. Они помогут студентам лучше понять принципы работы беспроводных сенсорных сетей, освоить методы их анализа и оптимизации, а также применять полученные знания в практической деятельности.

1. Глушак Е.В. Промышленный Интернет вещей: перспективы развития // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций: материалы XX Международной научно-технической конференции. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2018. С. 364–365.

RESEARCH ON THE CHARACTERISTICS OF WIRELESS SENSOR NETWORKS

Polyakova I.D., Glushak E.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Research on the characteristics of wireless sensor networks is relevant for information technology. Saving energy by devices increases the operating time without recharging. A new characteristic of connectivity has been introduced, combining spatial, temporal and energy aspects. Connectivity indicators have been introduced to study the delay and blocking of information exchange. Models have been built to estimate the probability of connectivity, message delivery time, and the quantile of delivery time.

**МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРИВЕДЕНИЯ ПРОВЕРОЧНЫХ
МАТРИЦ КОДОВ ГОППЫ И МППЧ К СТУПЕНЧАТОМУ ВИДУ***Суханов Д.В.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Для исследования свойств линейных блочных кодов, а также при их реализации необходима соответствующая порождающая матрица. С другой стороны, многие коды, необходимые для исследований, заданы проверочными матрицами. В связи с этим возникает необходимость их преобразования. При попытках сделать это стандартными алгоритмами метода Гаусса, результирующая матрица содержит значения из поля рациональных чисел, в то время как необходим результат в виде матрицы, содержащей элементы из $GF(2)$. Так выходит, например – для кода с малой плотностью проверок на чётность (МППЧ) из [1]. При исследованиях же кодов Гоппы (55, 16, 19) из [2] значение ранга проверочной матрицы оказалось равным значению 42 в поле рациональных констант, в то время как на самом деле размерность ортогонального подпространства данного кода оказалось равным 39-ти. Приведённые несоответствия привели к необходимости модифицировать как обратный ход алгоритма исключения неизвестных, применительно к вычислениям в конечном поле, так и его прямой ход как для вычислений в конечном поле, так и дополнить его проверкой на наличие и удаления обнаруженных линейно-зависимых строк. После применения изложенного модифицированного метода исключения неизвестных становятся очевидными размерности как ортогонального, так и кодового подпространства, а задача получения порождающей матрицы кода становится тривиальной.

1. Gallager R.G. Low Density Parity Check Codes. Cambridge: M.I.T. Press, 1963. 102 p.

2. Беззатеев С.В., Шехунова Н.А. Новый подкласс циклических кодов Гоппы // Проблемы передачи информации. 2013. Т. 49, № 4. С. 57–63.

**GOPPA CODES AND LDPC PARITY-CHECK MATRIX REDUCED
ROW ECHELON FORM ALGORITHM MODIFICATION***Sukhanov D.V.**(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

A rank calculation results dependency on its constant's field mismatching and following algorithm's modification has been described in this paper.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ПРЕДМЕТОВ НА БАЗЕ БЕСПРОВОДНЫХ МЕТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И РАДИОМОДУЛЕЙ

*Хакимзянова С.И., Гарафутдинов А.А., Никишина Г.В.
(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)*

В статье рассматривается разработка аппаратной части системы поиска предметов, использующей метки на предметах, активируемые пультом дистанционного управления. Система включает в себя микроконтроллеры, радиомодули, светодиоды и пьезоизлучатели, что позволяет эффективно находить потерянные вещи, такие как ключи или кошельки. При нажатии кнопки на пульте, соответствующая метка активирует визуальный и звуковой сигнал, позволяя обнаружить предмет. Описаны основные компоненты системы и принцип ее работы. Данная система представляет собой инновационное решение проблемы потери мелких предметов в повседневной жизни и может быть адаптирована для различных условий использования.

Система включает в себя две составляющие: метки и пульт.

1. Метки. Каждая метка имеет:

- управляющий микроконтроллер Arduino Nano;
- радиомодуль NRF24L01+, обеспечивающий беспроводную связь между меткой и пультом дистанционного управления;
- светодиоды 0805 SMD LED для визуальной индикации состояния метки;
- пьезоизлучатель PS1240, предназначенный для звуковой индикации.

Каждый из этих компонентов объединен в единую автономную систему, которая работает от аккумулятора LiPo емкостью 110 мАч.

2. Пульт дистанционного управления. Пульт дистанционного управления также построен на базе микроконтроллера Arduino Nano. Основные компоненты пульта включают радиомодуль NRF24L01+, кнопки, каждая из которых соответствует определенной метке. При нажатии на кнопку происходит отправка сигнала на соответствующую метку, активируя ее. Как и метки, пульт управления питается от аккумулятора LiPo емкостью 110 мАч. На рис. 1 представлен прототип метки, собранный в приложении Tinkercad с помощью аналогичных элементов.

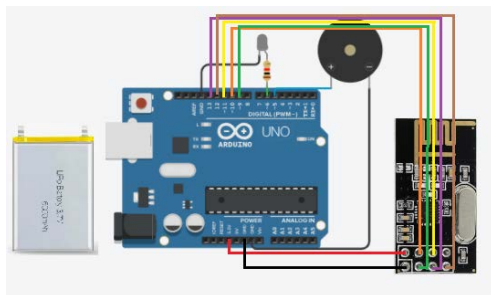


Рис. 1. Аппаратная часть метки системы в приложении Tinkercad

Разработка системы поиска предметов на основе меток с использованием пульта управления представляет собой эффективное решение для решения проблемы потери вещей. Сочетание светодиодов, пьезоизлучателей и радиомодулей обеспечивает простоту использования и высокую эффективность поиска.

1. Черкашина А.В. Устройство для поиска вещей на основе технологии RFID [Электронный ресурс] / URL: <https://eee-science.ru/wp-content/uploads/2023/05/Копия-ПРОЕКТ.-Документация.pdf> (дата обращения: 17.09.2024).

2. Догалин Н.Б. Основы радиотехники: учебное пособие. СПб.: Лань, 2007. 272 с.

3. Власов М. RFID: 1 технология – 1000 решений: Практические примеры использования RFID в различных областях. М.: Альпина Паблишер, 2014. 218 с.

DEVELOPMENT OF THE HARDWARE OF AN AUTONOMOUS OBJECT SEARCH SYSTEM BASED ON WIRELESS TAGS USING MICROCONTROLLERS AND RADIO MODULES

Khakimzyanova S.I., Garafutdinov A.A., Nikishina G.V.

*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

The article discusses the development of a hardware part of an object search system using tags on objects activated by a remote control. The system includes microcontrollers, radio modules, LEDs and piezo emitters, which makes it possible to efficiently find lost items such as keys or wallets. When you press a button on the remote control, the corresponding label activates a visual and audio signal, allowing you to detect an object. The main components of the system and the principle of its operation are described. This system is an innovative solution to the problem of losing small items in everyday life and can be adapted to various conditions of use.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ПРЕДМЕТОВ НА БАЗЕ БЕСПРОВОДНЫХ МЕТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И РАДИОМОДУЛЕЙ

*Хакимзянова С.И., Гарафутдинов А.А., Никишина Г.В.
(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)*

В этой работе описана программная часть разработки автономной системы для поиска бытовых предметов с использованием низкопотребляющих беспроводных меток на базе микроконтроллеров Arduino Nano и радиомодулей NRF24L01+. Система позволяет удаленно обнаруживать мелкие предметы (ключи, очки и т.д.) с помощью пульта управления, который активирует звуковые и световые индикаторы, встроенные в метки. В работе также рассматриваются программные методы минимизации энергопотребления, включая использование режимов энергосбережения и оптимизацию работы маломощных компонентов.

Основная идея и принцип работы системы заключается в использовании меток, которые можно прикрепить к различным предметам. Каждая метка связана с определенной кнопкой на пульте управления. При нажатии соответствующей кнопки, метка активирует светодиоды и пьезоизлучатель, что помогает пользователю быстро найти необходимый предмет.

Программная часть системы состоит из прошивки для взаимодействия между собой меток и пульта через радиосигналы. Скетч программы в среде Arduino IDE для Arduino Nano, внутри метки включает в себя следующие ключевые функции:

1. Инициализация и импорт библиотек (настройка радиочастотного модуля для приема и передачи сигналов):

```
#include <SPI.h>#include <RF24.h>
RF24 radio(9, 10); // Пины для модуля RF24
```

2. Прием команд (считывание сигналов от пульта и определение команды для активации соответствующей метки):

```
void setup() {
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(1, 0xF0F0F0F0E1LL);
  radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
  radio.startListening(); }
```

3. Передача команд (отправка команд на метки для активации светодиодов и пьезоизлучателей):

```
void loop() {  
  if (radio.available()) {  
    char text[32] = "";  
    radio.read(&text, sizeof(text));  
    // Обработка команд  
    if (strcmp(text, "FIND_OBJECT_1") == 0) { // Включить светодиод и  
      пьезоизлучатель для метки 1 } } }.
```

Система на основе Arduino Nano эффективно находит предметы в домашних условиях. Компактные компоненты делают её удобной и легко интегрируемой. Программное обеспечение обеспечивает надежное взаимодействие между пультом и метками, позволяя быстро находить потерянные вещи.

1. Богачков И.В., Майстренко В.А. Основы радиоавтоматических систем: учебное пособие. Омск: Издательство ОмГТУ, 2009. 175 с.

2. Догадин Н.Б. Основы радиотехники: учебное пособие. СПб.: Лань, 2007. 272 с.

3. Хакимзянова С.И. Гарафутдинов А.А. Основные шаги при разработке системы дистанционного управления макетом бионической руки с помощью инфракрасного излучения // ПРЭФЖС–2024: материалы XI Международной молодежной научно-технической конференции. Казань: Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, 2024. С. 847–848.

THE SOFTWARE PART OF AN AUTONOMOUS OBJECT SEARCH SYSTEM BASED ON WIRELESS TAGS USING MICROCONTROLLERS AND RADIO MODULES

Khakimzyanova S.I., Garafutdinov A.A., Nikishina G.V.

*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

This paper describes the software part of the development of an autonomous system for searching household items using low-consumption wireless tags based on Arduino Nano microcontrollers and NRF24L01+ radio modules. The system allows you to remotely detect small objects (keys, glasses, etc.) using a remote control that activates sound and light indicators embedded in the tags. The paper also discusses software methods for minimizing energy consumption, including the use of energy saving modes and optimization of low-power components.

**КРУГОВАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ЗАДАННЫМ ПОРЯДКОМ
ОРИТАЛЬНОГО УГЛОВОГО МОМЕНТА В W-ДИАПАЗОНЕ
ЧАСТОТ**

*Катеринкина Е.Н., Катаскин Л.В., Грахова Е.П.
(Уфимский университет науки и технологий)*

Экспоненциально возрастающий спрос на высокоскоростную передачу данных в приложениях беспроводной связи приводит к необходимости повышения пропускной способности и спектральной эффективности каналов связи. В [1] было доказано, что электромагнитная волна переносит спиновой угловой момент и орбитальный угловой момент (ОУМ). Мультиплексирование по ОУМ является перспективной технологией для сетей будущего из-за возможности передавать на одной и той же частоте несколько ортогональных друг другу волн с различными порядками, которых в теории может быть бесконечное количество. Для создания электромагнитных волн с ОУМ используются метапластины, рефлекторы и патч-антенны. В отличие от перечисленных методов круговые антенные решетки (АР) являются наиболее эффективным способом ввиду простоты конструкции, низкой стоимости и легкой реконфигурации [2].

В работе показана круговая АР, состоящая из четырех излучателей специальной формы (Рис. 1) и предназначенная для генерации электромагнитных волн с двумя порядками ОУМ (± 1) в W-диапазоне частот (75–110 ГГц). Моделирование устройства происходило в пакете программного обеспечения CST Studio Suite (металл – медная пленка с толщиной 18 микрон, диэлектрик – WL-CT350 ($\epsilon = 3,48$) толщиной 101 микрон).

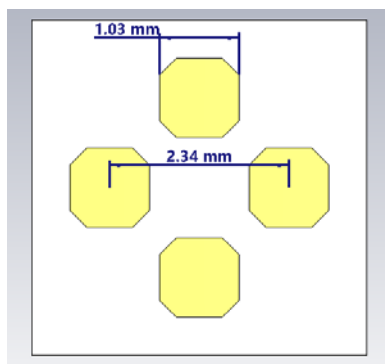


Рис. 1. Круговая антенная решетка

Размер единичного излучателя – 1,03 мм, диаметр АР – 2,34 мм. На рис. 2 представлено имитационное распределение обратных потерь (S_{11}) АР (рабочая полоса лежит в пределах 77,3–78,4 ГГц, резонанс – 77,8 ГГц).

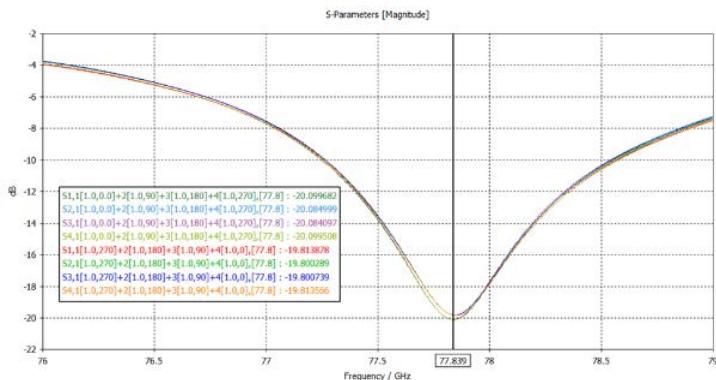


Рис. 2. S_{11} – параметры круговой антенной решетки

Подача питания на элементы АР осуществляется благодаря коаксиальным зондам. Для управления радиоизлучением АР в дальнейшем необходимо разработать схему подачи равноамплитудного сигнала с заданным фазовым сдвигом на излучатели.

1. Orbital Angular Momentum of Light and the Transformation of Laguerre-Gaussian Laser Modes / L. Allen [et al.] // Physical review A, Atomic, molecular, and optical physics. 1992. Vol. 45, no. 11. P. 8185–8189.

2. Dual-Mode OAM Beam UCA Antenna with Beam Divergence Reduction Capability Using PLA Lens / M.V. Rao [et al.] // 2023 International Conference on Advanced & Global Engineering Challenges (AGEC). Surampalem, Kakinada, India, 2023. P. 55–59.

UNIFORM CIRCULAR ARRAY FOR GENERATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES WITH A GIVEN ORBITAL ANGULAR MOMENTUM MODE IN THE W-BAND FREQUENCY RANGE

*Katerinkina E.N., Kataskin L.V., Grakhova E.P.
(Ufa University of Science and Technology)*

This paper describes a probe feed uniform circular array model designed to generate electromagnetic waves with different modes of orbital angular momentum.

5G И ТУМАННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ – БУДУЩЕЕ ИОТ*Алексакина Я.В., Воронков Г.С.**(Уфимский университет науки и технологий)*

С каждым годом количество устройств Интернета вещей (IoT) увеличивается в разы. Отсюда возникает необходимость в обеспечении безопасности этих устройств. Однако, методы борьбы с угрозами требуют ресурсов, а многие устройства IoT ограничены в энергии, памяти, вычислениях и хранении информации. Следовательно, требование по обеспечению безопасности может вызвать дополнительную загрузку элементов сети IoT и сократить срок их службы.

Среда IoT достаточно динамична, поскольку некоторые устройства могут находиться в сети долгое время, другие же могут подключаться на короткий срок. Помимо этого, оборудование может отключиться от сети, если его батарея разрядится, а сменить ее может быть затруднительно по каким-либо причинам. Поэтому услуги безопасности должны быть адаптированы для соответствия энергодефицитной среде IoT с учетом архитектуры сетей 5G как сетей, изначально разработанных с учетом развития Интернета Вещей [1].

Основными технологиями для 5G являются виртуализация сетевых функций (NFV) и программно-определяемые сети (SDN), а также «нарезка» сети (Network Slicing) [2], когда единая сетевая инфраструктура может быть разделена на несколько логических сетей, каждая из которых имеет свои характеристики. Изоляция сетевых срезов гарантирует, что услуги в различных слоях не будут влиять друг на друга, а также позволяет оптимизировать каждый срез для конкретных случаев использования и требований к производительности.

Кроме того, для устройств IoT задержка, например, в транспортных сетях, может иметь критическое значение. Благодаря интеграции туманных вычислений данные сервисов могут кэшироваться на Fog-узлах, находящихся рядом с пользовательскими устройствами, для приложений IoT с низкой задержкой и с учетом местоположения. С помощью технологии сетевой нарезки и туманных вычислений сетевые ресурсы назначаются выделенным сервисам эффективно в соответствии с конкретными требованиями сервисов IoT к объему, скорости передачи данных и задержке ответа [3].

Такая комбинация может быть использована в транспортных сетях [4], что позволяет ускорить реконфигурацию срезов благодаря близости механизма нарезки к физической инфраструктуре.

Сетевую нарезку вместе с туманными вычислениями используют также в работе [5]. Здесь алгоритм минимизирует использование ресурсов, сохраняя при этом сетевую связность.

Вопросы безопасности данных технологий рассматривает и устраняет ES3A [3]. В этой структуре аутентификации предлагается механизм выбора слоя, сохраняющий конфиденциальность, а также позволяющий Fog-узлам выбирать правильные слои сети для пересылки пакетов на основе соответствия разрешенных типов услуг и настроенных типов слоев.

Таким образом, объединение этих технологий может обеспечить более эффективное распределение ресурсов в сети, а также минимизировать задержку ответа от сервисов IoT, что, в свою очередь, может обеспечить более высокую скорость реакции системы на какие-либо события, которые могут быть критичными (в транспортных сетях, в медицине, на вредном производстве и т.д.).

1. Hellaoui H., Koudil M., Bouabdallah A. Energy Efficiency in Security of 5G-Based IoT: An End-to-End Adaptive Approach // IEEE Internet of Things Journal. 2020. Vol. 7, no. 7. P. 6589–6602.

2. Wijethilaka S., Liyanage M. Survey on Network Slicing for Internet of Things Realization in 5G Networks // IEEE Communications Surveys and Tutorials. 2021. Vol. 23, no. 2. P. 957–994.

3. Ni J., Lin X., Shen X.S. Efficient and Secure Service-Oriented Authentication Supporting Network Slicing for 5G-Enabled IoT // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2018. Vol. 36, no. 3. P. 644–657.

4. FENS: Fog-Enabled Network Slicing in SDN/NFV-Based IoV / K. Smida [et al.] // Wireless Personal Communications. 2023. Vol. 128, no. 3. P. 2175–2202.

5. Traffic-Aware Network Slicing for 5G Networks in Cloud Fog-RAN over WDM Architecture / M. Ahsan [et al.] // 2024 International Conference on Smart Applications, Communications and Networking (SmartNets). Harrisonburg, VA, USA: IEEE, 2024. P. 1–6.

5G AND FOG COMPUTING – THE FUTURE OF IOT

Aleksakina Y.V., Voronkov G.S.

(Ufa University of Science and Technology)

The article presents the relevance of combining such technologies as network slicing and fog computers. It also presents articles on this topic, as well as its application areas.

АНТЕННАЯ РЕШЕТКА, ГЕНЕРИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ С ЗАДАНЫМ ПОРЯДКОМ ОРБИТАЛЬНОГО УГЛОВОГО МОМЕНТА

Катаскин Л.В., Катеринкина Е.Н., Грахова Е.П.

(Уфимский университет науки и технологий)

В последнее время заметно всё большее внедрение устройств и приложений беспроводной связи (интернет вещей, дополнительная реальность, облачные сервисы и др.), которые осуществляют постоянную передачу данных. Данное обстоятельство вызывает растущий интерес к применению передовых методов мультиплексирования каналов связи [1]. Одним из таких методов является мультиплексирование по орбитальному угловому моменту (ОУМ) электромагнитных волн. Взаимная ортогональность между различными собственными состояниями ОУМ способна обеспечить мультиплексирование сигналов на одной и той же частоте [2].

Для генерации электромагнитных волн с заданным порядком ОУМ обычно применяют метаповерхности, диэлектрические резонаторные антенны и антенные решетки, запитанные фазосдвигающей схемой.

В работе представлена имитационная модель круговой антенной решетки, способная генерировать электромагнитные волны с двумя порядками ОУМ (+1 и -1) в W-диапазоне частот (75–110 ГГц). Данное устройство было смоделировано в программном пакете CST Studio Suite.

Антенная решетка состоит из четырех квадратных излучателей (сторона – 2,19 мм) с усечением 0,74 мм (Рис. 1). Расстояние между центрами составляет 4,4 миллиметра. Слой металлизации выполнен из меди толщиной 0,018 миллиметров, подложка – композит WL-CT350 ($\epsilon = 3,48$) и толщиной 0,101 миллиметра.

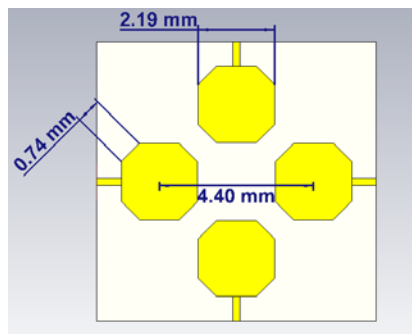


Рис. 1. Модель круговой антенной решетки

На рис. 2 представлены результаты имитационного моделирования z-составляющей электрического поля (Е-поля) для двух порядков ОУМ. Рабочая полоса частот устройства – 77,75–78,65 ГГц (резонанс – 78,16 ГГц).

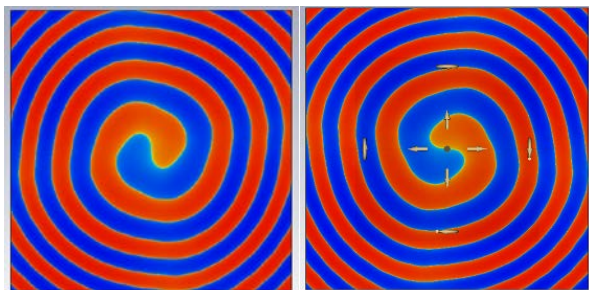


Рис. 2. Спиральный волновой фронт излучения (порядки ОУМ ± 1)

Подача сигнала на излучающие элементы осуществляется при помощи микрополосковых линий. Для генерации порядков ОУМ в дальнейшем необходимо разработать микрополосковую структуру подачи питания с определенным фазовым сдвигом и одинаковой амплитудой.

1. Circular Polarization and Mode Reconfigurable Wideband Orbital Angular Momentum Patch Array Antenna / Q. Liu [et al.] // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2018. Vol. 66, no. 4. P. 1796–1804.

2. High-Capacity Millimetre-Wave Communications with Orbital Angular Momentum Multiplexing / Y. Yan [et al.] // Nature Communications. 2014. Vol. 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nature.com/articles/ncomms5876> (дата обращения: 15.09.2024).

ANTENNA ARRAY GENERATING ELECTROMAGNETIC WAVES WITH A GIVEN MODE OF ORBITAL ANGULAR MOMENTUM

Kataskin L.V., Katerinkina E.N., Grakhova E.P.

(Ufa University of Science and Technology)

The paper describes an antenna array generating electromagnetic waves with a given mode of orbital angular momentum.

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ МОБИЛЬНОСТИ В СЕТИ O-RAN

Гайсин А.К., Коробков А.А., Сафиуллин И.А., Ашаев И.П.,
Надеев А.Ф., Козлов Р.В.

(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

Для исследования сценариев мобильности в сети O-RAN (Open – Radio Access Network) разработана программная модель, которая позволяет создавать модель сегмента сети, состоящего из требуемого количества сот. Модель позволяет сформировать массивы параметров принятой мощности P_{rx} и соотношения сигнал шум плюс интерференция $SINR$ для каждого абонента относительно разных базовых станций (БС). В модели учтены процессы потерь на распространение и затухания сигнала в следствие медленных замираний. Для уменьшения размеров выходных массивов и ускорения времени моделирования процесс быстрых замираний не учитывался, но он может быть интегрирован в модель.

Процесс затуханий моделировался моделью COST 231-Hata [1]. При моделировании медленных замираний учитывались автокорреляционных свойства, которые вносились в генерируемые случайных величины при помощи сплайн интерполяция коррелированных значений между двумя некоррелированными случайными величинами, распределёнными по нормальному закону [2].

Для сегмента сети, состоящего из нескольких БС, указанный подход использовался для двумерного случая, путём расчёта значений P_{rx} в точках двумерной плоскости. Таким образом формировался трёхмерный массив данных размерностью $d \times d \times N_{BS}$, где d – размер зоны моделирования, N_{BS} – количество БС. Результат моделирования покрытия для одно БС показан на рис. 1.

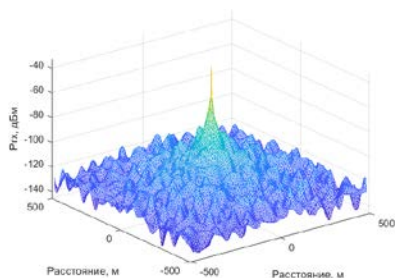


Рис. 1. Уровень принятого сигнала с учётом потерь на распространение и медленных замираний

На основе массива значений P_{rx} производился расчёт значений $SINR$. Результат моделирования параметров P_{rx} и $SINR$ для сегмента сети, состоящего из 7 сот, показан на рис. 2 в виде тепловой карты.

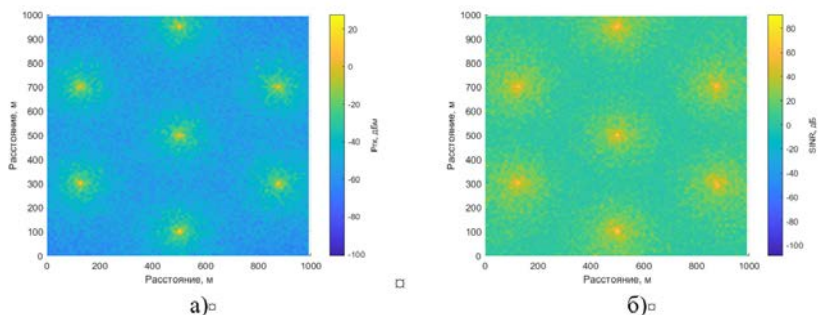


Рис. 2. Результаты моделирования значений для а) P_{rx} , б) $SINR$

Полученные результаты позволяют проводить моделирование движения мобильных станций по сформированному полигону с учётом разной скорости и разных траекторий движения и исследовать динамику изменения параметров P_{rx} и $SINR$ относительно каждой из БС.

1. Hata M. Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 1980. Vol. 29, no. 3. P. 317–325.

2. Fontan F.P., Espineira P.M. Modeling the Wireless Propagation Channel A Simulation Approach with MATLAB. Spain: John Wiley & Sons Ltd, 2008. P. 65–78.

A SOFTWARE MODEL FOR MOBILITY SCENARIOS INVESTIGATIONS IN O-RAN

*Gaysin A.K., Korobkov A.A., Safiullin I.A., Ashaev I.P.,
Nadeev A.F., Kozlov R.V.*

*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

The paper presents the results of a modeling O-RAN (Open Radio Access Network) coverage. The considered model is represented as three-dimensional tensors that describe the changes of received signal power and SINR (Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio).

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА МОБИЛЬНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СЕТЯХ O-RAN

*Гайсин А.К., Коробков А.А., Сафиуллин И.А., Ашаев И.П.,
Надеев А.Ф., Козлов Р.В.*

*(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)*

Для исследования характера мобильности в сети O-RAN (Open – Radio Access Network) использовалась разработанная программная модель сегмента сети, которая позволяет оценить динамику изменения параметров принятой мощности P_{rx} и соотношения сигнал шум плюс интерференция $SINR$ абонентов соответствии с их скоростью и траекторией движения.

Имитация движения абонентов заключается в выборе значений из трёхмерных массивов P_{rx} и $SINR$ соответствующих текущему положению пользователей. На рис. 1 показан сценарий движения четырёх групп пользователей с сходной траекторией и скоростью движения. Тепловой картой показан уровень параметра P_{rx} .

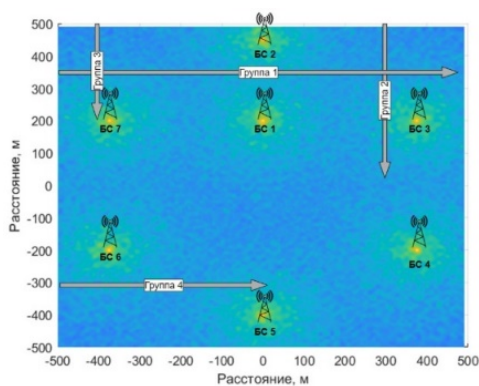


Рис. 1. Сценарий моделирования

В результате выборки параметров формировались два трехмерных массива (тензора) с размерностями $P_{rx}(t_i, u_{ID}, c_{ID})$ и $SINR(t_i, u_{ID}, c_{ID})$, где t_i – размерности по времени, u_{ID} – идентификатор пользователя, c_{ID} – идентификатор базовой станции (БС).

Далее оценивался порядок многомерной модели сформированных данных при помощи результатов многомерного сингулярного разложения (Multi-Linear Singular Values Decomposition, MLSVD).

Результат оценки порядка модели использовался при каноническом полиадическом разложении – CPD (Canonical Polyadic Decomposition), для получения факторных матриц, значения которых обрабатывались алгоритмом кластеризации Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN). Результат CPD разложения и последующей кластеризации показан на рис. 2.

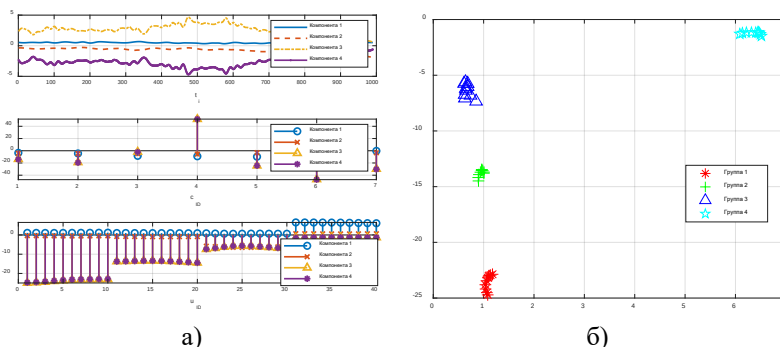


Рис. 3. Результаты обработки данных: а) Факторные значения CPD разложения, б) результаты кластеризации DBSCAN

В ходе исследования были произведены моделирования для различных сценариев движения и оценивалось влияние характера движения на порядок многомерной модели и точность кластеризации. Алгоритм кластеризации DBSCAN показал наименьшее количество ошибок при порядке многомерной модели равном 3.

INVESTIGATION OF THE USER MOBILITY PATTERN IN O-RAN

Gaysin A.K., Korobkov A.A., Safiullin I.A., Ashaev I.P.,

Nadeev A.F., Kozlov R.V.

*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

The paper presents investigation user mobility patterns in the O-RAN. A multi-linear model is represented as three-dimensional tensors of received signal power or SINR. Factor matrices after the CP (Canonycal Polyadic) decomposition are exploited to separate users by their mobility using the DBSCAN algorithm.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ТРАФИКА ДАННЫХ МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Агеева Т.В., Гайсин А.К., Козлов Р.В.

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

В данной работе предложено производить классификацию трафика пользователей на основе анализа сообщений DCI (Downlink Control Information) передаваемых в радиоканале LTE. Для получения DCI был собран лабораторный стенд. Сегмент сети LTE был создан на основе ПО с открытым исходным кодом srsRAN и USRP B210 обеспечивающим работу физического уровня. С сетью LTE устанавливалось соединение через стандартный мобильный терминал, на котором генерировались различные виды трафика: видео и аудио стриминг, голосовой и видео вызовы, вебсерфинг. При помощи второго USRP B210 и ПО Falcon осуществлялось декодирование и запись DCI сообщений.

В ходе измерений было получено 4629 сигналов, длительностью по 60 секунд, которые далее использовались для обучения и оценки нейронных моделей. Были обучены одномерные свёрточные сети с 1–4 уровнями. Результаты показали, что наибольшую точность показывает сеть 1D-CNN-3 с тремя уровнями.

Далее была произведена двумерная классификация, которая включала себя получение спектрограмм данных при помощи дискретного преобразования Фурье. Спектрограммы позволяют увидеть частотное содержание параметра TBS (размер транспортного блока) меняется со временем и использовались для обучения моделей. Схема применения спектрограмм и используемые модели обучения показаны на рис. 1.

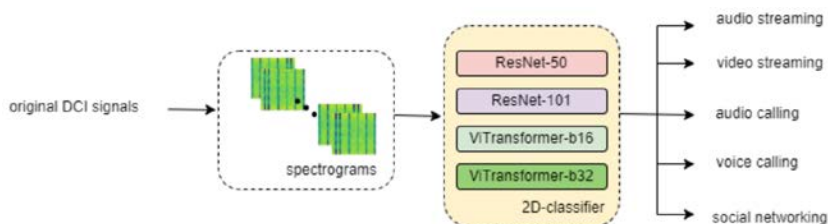


Рис. 2. Схема применения спектрограмм при использовании двумерных сетей DeepLearning

Результаты показали, что на кратковременных участках данных наибольшую точность классификации показывает ResNet-101. Модели ViT, благодаря механизмам внимания, лучше справляются с захватом долгосрочных зависимостей в данных, что доказывает их более стабильную производительность.

Далее было предложено рассмотреть интеграцию трех модулей канального внимания (Channel Attention) к сетям ResNet-50 и ResNet-101 на минутных сигналах DCI с целью улучшения точности классификации и сравнения влияния применения каждого из модулей. Использование этого подхода позволило увеличить точность классификации для сетей ResNet-50 с 92.93% до 97.98%, для сетей ResNet-101 с 93.75% до 99.37%.

На финальном этапе была создана сложная комбинированная модель, объединяющая методы 1D-CNN-3, ResNet-101 с интегрированным модулем внимания для обучения базовых моделей. Результаты проведенных исследований показали, что модуль сжатия и возбуждения (SE) показывает высокую производительность, особенно в сочетании с методами Logistic Regression и Random Forest, достигая точности в 99.32% и 99.66% соответственно. Модуль SE с пространственным вниманием демонстрирует несколько более низкие результаты по сравнению с чистым SE модулем, что может быть связано с увеличением сложности модели и возможным переобучением. Модуль глобального канального внимания показывает наилучшие результаты среди всех рассмотренных моделей, достигая точности 99.64% с методами Random Forest и Gradient Boosting, а также 99.32% с Linear SVC.

RESEARCH OF MOBILE TRAFFIC DATA CLASSIFICATION BASED ON MACHINE LEARNING OF

*Ageeva T.V., Gaysin A.K., Kozlov R.V.
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

Four methodologies for classifying mobile traffic using machine learning methods in python are presented in this paper. During the research, real DCI signals were obtained from the LTE test base station using "FALCON" analyzer, which were further used to train and evaluate one-dimensional convolutional networks and networks based on 2D images.

СЕКЦИЯ 7

КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЗЗ, НАВИГАЦИИ И СВЯЗИ

О ПРЕОБРАЗОВАНИИ СИГНАЛА В КОМПЛЕКСНО-СОПРЯЖЕННЫЙ

Семина Е.М., Чони Ю.И.

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

Известный принцип фокусирования поля системы излучателей в желаемой точке Р [1, 2] состоит в таком возбуждении элементов $n = 1..N$ антенной решетки (АР), при котором обеспечивается синфазное $\{w_n = const\}$ сложение их полей в точке Р с весами $\{|W_n|\}$, пропорциональными интенсивности $|E_n|$ полей при единичной амплитуде возбуждения. В условиях, когда геометрия АР подвержена неконтролируемым искажениям из-за изменчивости эксплуатационных нагрузок на ее конструкцию и/или условий распространения на трассе, сохранить предельную степень фокусировки возможно за счет приема и соответствующей обработки сигналов $\{S_n(t)\}$ от радиомаяка, расположенного в точке Р. При этом суть обработки сводится к преобразованию сигналов $\{S_n(t)\}$, принимаемых элементами АР, в «комплексно-сопряженные сигналы» $\{S_n^*(t)\}$.

Действительно, при единичной амплитуде возбуждения n -го элемента АР комплексная амплитуда E_n поля в точке Р есть

$$E_n(P) = f_n(\theta_p) \cdot \exp(-\alpha r_n) \cdot \exp(-j\beta r_n) / r_n, \quad (1)$$

где $f_n(\theta_p)$ есть индивидуальная ДН в направлении θ_p в точку Р; α и β – коэффициент затухания и фазовая постоянная трассы соответственно; r_n – расстояние от n -го элемента АР до точки Р. При амплитудно- фазовом распределении $\{W_n\}$ поле АР в точке Р есть $E(P) = \sum n \cdot W_n \cdot E_n(P)$, и желаемая фокусировка обеспечивается при $\{W_n^* = E_n(P)^*\}$. Наконец, учитывая, что в силу принципа взаимности комплексные амплитуды S_n сигналов, принимаемых от радиомаяка, совпадают с $E_n(P)$, то фокусировка сводится к комплексному сопряжению принятых сигналов: $\{W_n^* = S_n^*\}$.

Заметим, что если $s(t) = \cos(\omega_0 t + \varphi)$ сигнал на вход смесителя, перемножающего его с сигналом удвоенной частоты $s_r(t) = \cos(2\omega_0 t)$, то результирующий сигнал $S_{cm}(t)$ есть сумма двух гармоник: $\cos(3\omega_0 t + \varphi)$ и

$\cos(\omega_0 t - \varphi)$. Значит, комплексное сопряжение можно достичь с помощью смесителя с узкополосным фильтром на его выходе. Смена отрицательной фазы на положительную означает опережение во времени.

На рис. 1 результаты моделирования: гармоника единичной амплитуды – это входной сигнал на интервале в шесть периодов; тонкая линия – произведение $S_{см}(t)$; жирная линия – сигнал $S_{вых}(t)$ частоты ω_0 на выходе фильтра. Сигнал гетеродина служит «носителем» нулевой фазы.

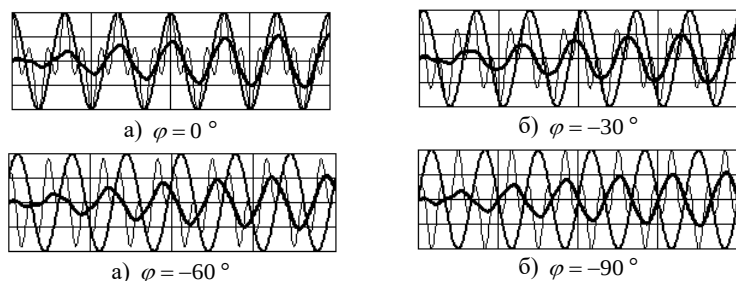


Рис. 1. Сигналы смесителя, гетеродинирующего удвоенной частотой

Ярко выраженный эффект опережения объясняется тем, что сигналы $s(t)$ и $s_{вых}(t)$ физически разные, и последний есть реакция фильтра на нелинейное преобразование входного сигнала.

1. Сфокусированные антенны в задачах контактной радиотермометрии / Ю.Е. Седельников [и др.] // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2021. № 3. DOI: 10.30898/1684-1719.2021.3.11

2. Wen. G. Enhancement of Backscattering by Electromagnetic Focusing // Journal of UEST of China. 1996. no. 8. P. 177–184.

ON TRANSFORMATION OF A SIGNAL INTO A COMPLEX CONJUGATE ONE

Semina E.M., Choni Yu.I.

*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

Complex conjugation of the signal received from the radio beacon ensures its re-radiation with focusing of the field at the beacon. It is shown that the necessary transformation can be carried out by heterodyning with a signal of double frequency.

КОМБИНИРОВАННАЯ ДОФОКУСИРОВКА ГИБРИДНОЙ ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ

Дардымов А.В.

(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

Практика показывает, что основная причина деградации характеристик многолучевых гибридных зеркальных антенн (МГЗА) из-за эксплуатационных нагрузок – отклонение оптической оси рефлектора, которое можно компенсировать двухкоординатным поворотом [1]. Обычно для контроля профиля используется оптика, но можно использовать и сигналы наземного маяка, чтобы не требовалось дополнительное оборудование.

1. Реконструкция параболоида наилучшего соответствия (ПНС).

По набору комплексных амплитуд сигналов наземного маяка с известными угловыми координатами $\{S_n^{(0)}(\theta_0, \varphi_0)\}$ определить усеченный набор параметров ПНС $\tau_1 = \{\Delta F_1; \alpha_1; \beta_1\}$ согласно [2], реализовать повороты α_1, β_1 в азимутальной и угломестной плоскостях механическим приводом, после чего реконструировать полный набор параметров $\tau = \{\Delta F; \alpha; \beta; \Delta x; \Delta y; \Delta z\}$, где $\{\Delta x; \Delta y; \Delta z\}$ – смещение вершины параболоида вычесть из него реализованные повороты (α_1, β_1) и использовать для подстройки амплитуд и фаз питания облучателей антенных кластеров МГЗА, что нивелирует возможные погрешности.

2. Результаты моделирования.

Для гибридной зеркальной антенны следующей геометрии (фокус – 7.4 м, диаметр рефлектора – 12 м, клиренс – 3 м) и для набора из 100 случайных ситуаций, где параболоид с параметрами из диапазона $\{72\text{мм}; 30'; 30'; 25\text{мм}; 25\text{мм}; 25\text{мм}\}$ выступал в роли искаженного рефлектора, оценен средний уровень коэффициента усиления (КУ) в рабочем секторе углов МГЗА. Результаты представлены в виде гистограммы на рис. 1.

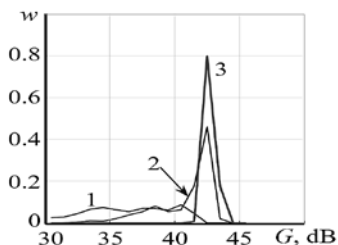


Рис. 1. КУ лучей в различных вариантах дофокусировки

Кривая № 1 – дофокусировка отсутствует, кривая № 2 – только электронная дофокусировка по ПНС, № 3 – комбинированная дофокусировка. При больших отклонениях оптической оси рефлектора (более 22') наблюдается снижение эффективности чисто электронной дофокусировки (кривая № 2 шире и ниже кривой № 3 на рис. 1) из-за выхода фокального пятна рефлектора за пределы облучающего его антенного кластера (снижением в нем концентрации полезной мощности, которая реализуется в заданную диаграмму направленности). За счет механического поворота фокальное пятно возвращается к центру кластера и эффективность электронной дофокусировки возрастает. КУ в комбинированном варианте дофокусировки сконцентрирован в диапазоне 42-44 дБ, а в чисто электронном – 35-43 дБ.

В условиях, когда искажения профиля приводят к значительному отклонению оптической оси рефлектора, механический поворот плюс электронная дофокусировка позволяют достигать номинальных характеристик антенны.

1. NASA Technical Reports Server (NTRS) 20050169148: Advanced Communication Technology Satellite (ACTS) Multibeam Antenna On-Orbit Performance [Электронный ресурс] / URL: https://archive.org/details/NASA_NTRS_Archive_20050169148/page/n1/mode/2up (дата обращения: 16.09.2024).

2. Дардымов А.В., Чони Ю.И. Дофокусировка лучей спутниковой зеркальной антенны при умеренных деформациях рефлектора // Антенны. 2024. № 3. С. 21–28.

COMBINED REFOCUSING OF THE HYBRID REFLECTOR ANTENNA

Dardymov A.V.

*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

This paper contains notes on possible combination of electronic refocusing that involves antenna array and biaxial drive that implements mechanical turn of the mirror. Suggested method is free of any auxiliary hardware for the satellite (no optics) and supports electronic refocusing. The results show a benefit of 7 dB in beams' gain after combined refocusing when optical axis of the reflector deviated at significant value (more than 22' for considered antenna geometry).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ КОСПАС-САРСАТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ GPS-МОНИТОРИНГА ИОНОСФЕРЫ

Пашинцев В.П.¹, Мишин Д.В.², Михайлов Д.А.¹

*(¹Северо-Кавказский федеральный университет, ²Поволжский
государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Известен [1] метод оценки помехоустойчивости (ПУ) спутниковой системы (СС) КОСПАС-САРСАТ, который учитывает, что из-за относительно низкой несущей частоты $f_0 \approx 406$ МГц возмущения ионосферы могут приводить к увеличению индекса мерцаний S_4 принимаемых сигналов и вероятности их ошибочного приема $P_{\text{ош}}$. Недостаток методики [1] – экспериментальное определение индекса мерцаний S_4 и отсутствие его зависимости от мелкомасштабных флуктуаций (МФ) электронной концентрации при возмущениях ионосферы.

В [2] разработан метод оценки ПУ спутниковой системы связи (ССС) с учетом зависимости индекса мерцаний S_4 от МФ полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы ΔN_T на трассе распространения радиоволн (РРВ) и несущей частоты f_0 . Измерение МФ ПЭС ΔN_T осуществляется на основе метода GPS-мониторинга ионосферы. Основной недостаток метода [2] – допущение о равенстве углов наклона радиолиний навигации и СССР ($\alpha_c = \alpha_n$).

Целью доклада является разработка метода прогнозирования помехоустойчивости СС КОСПАС-САРСАТ при мелкомасштабных возмущениях ионосферы на основе GPS-мониторинга МФ ПЭС при произвольных углах возвышения трасс СС и навигации ($\alpha_c \neq \alpha_n$).

В рамках данного метода решены следующие задачи:

1. Разработана методика определения зависимости вероятности ошибки в СССР $P_{\text{ош}}(\alpha_c)$ от СКО флуктуаций ПЭС ионосферы на навигационной трассе РРВ $\sigma_{\Delta N_T}(\alpha_n)$ и угла ее возвышения α_n , а также несущей частоты f_0 сигнала СС КОСПАС-САРСАТ, угла возвышения ее радиотрассы α_c и среднего отношения сигнал/шум (ОСШ) $\overline{h^2}$ на входе приемника СС КОСПАС-САРСАТ.

2. Обоснованы особенности структуры построения комплекса прогнозирования ПУ СС КОСПАС-САРСАТ основе GPS-мониторинга

МФ ПЭС и получены результаты изменения во времени (t) вероятности ошибки в СС Коспас-Сарсат $P_{\text{ош}}(\alpha_c(t))$ при заданном ОСИ.

3. Получены оценки энергетического запаса $\Delta h_{\text{доп}}^2$ для обеспечения в СС КОСПАС-САРСАТ допустимой вероятности ошибки $P_{\text{ош доп}} = 10^{-3}$ на основе зависимости $P_{\text{ош}}(\alpha_c) = \psi(\overline{h^2}, S_4(\alpha_c))$ вероятности ошибки от ОСИ ($\overline{h^2}$) при различных уровнях индекса мерцаний $S_4(\alpha_c)$ принимаемых сигналов (0,35; 0,55; 0,85), соответствующих различным уровням возмущений ионосферы $\sigma_{\Delta N_T}(\alpha_n)$: 0,01, 0,015 и 0,03 TECU.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-21-00295 (<https://rscf.ru/project/24-21-00295/>).

1. Модели сцинтилляции сигналов при распространении по ионосферным спутниковым радиолиниям / Л.Е. Назаров [и др.] // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2019. Т. 11, № 1. С. 57–64.

2. Method for GPS-Monitoring of Small-Scale Fluctuations of the Total Electron Content of the Ionosphere for Predicting the Noise Immunity of Satellite Communications / V. Pashintsev [et al.] // Ionosphere – New Perspectives. Edited by Yann-Henri H. Chemin. London: IntechOpen. 2023. P. 13–33.

PREDICTION OF THE NOISE IMMUNITY OF THE COSPAS-SARSAT SATELLITE SYSTEM BASED ON THE RESULTS OF GPS MONITORING OF THE IONOSPHERE

Pashintsev V.P.¹, Mishin D.V.², Mikhailov D.A.¹

(¹North Caucasus Federal University, ²Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

A method has been developed for predicting the noise immunity of the Cospas-Sarsat satellite system in conditions of small-scale ionospheric disturbances based on the results of GPS monitoring of small-scale fluctuations in the total electronic content of the ionosphere at arbitrary elevation angles of satellite communication and navigation routes. Estimates of the energy reserve have been obtained to ensure an acceptable error probability in the Cospas-Sarsat system at different levels of the scintillation index of received signals corresponding to different states of the ionosphere.

СИСТЕМА СВЯЗИ С НИЗКООРБИТАЛЬНЫМИ СПУТНИКАМИ*Можгинский В.Л., Яровой Н.А.**(Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ)*

Исследования и разработки в области технологий спутниковой связи проводятся в КАИ на протяжении длительного времени, главным образом это проектирование антенных систем, а также системные подходы [1]. В целях обучения и проведения исследований в области систем низкоорбитальной спутниковой связи на кафедре РТС КНИТУ-КАИ разработана и внедряется система связи с низкоорбитальными спутниками на базе подъемно-поворотного устройства с блоком управления YAESU G-5500. Для связи со спутниками используется трансивер Icom IC-910H, работающий в радиолюбительских диапазонах 2 м (144 МГц) и 70 см (430 МГц). В этой модели трансивера выходная мощность увеличена до 100 ватт, и поэтому IC-910H наиболее эффективен для проведения УКВ/ДМВ DX-связей и связи через спутники.

Система состоит из блока управления, подъёмно-поворотного устройства и трансивера. Для отслеживания спутников в реальном времени можно использовать как ручной, так и автоматический режим, для чего на компьютер, связанный по специальному интерфейсу с блоком управления, были установлены описанные ниже программы.

ARSWIN – это компьютерная программа для операционных систем на базе Windows, которая может управлять роторами поворотных устройств при подключении к блоку управления. Управление осуществляется при подключении через LPT порт, в который подключён преобразователь сигнала, а он уже подключается через кабель 9-PIN к разъёму на блоке управления. Программа обнаруживает наличие подключённого блока и работает как в ручном, так и автоматическом режиме.

Orbitron – система слежения за спутниками, предназначенная для радиолюбителей и любителей визуальных наблюдений. Её также применяют профессионалы-метеорологи и пользователи спутниковой связи. Программа показывает положения спутников на любой заданный момент (как в реальном времени, так и в режиме симуляции).

SATPC32 – это программное обеспечение, показывающее местоположение орбитальных спутников, время пролёта над вами, высоту спутника над землёй, угол подъёма, автоматически оповещающее вас звуковым сигналом о радиовидимости спутника, частоты борт-земля (вниз) и земля-борт (восходящей линии связи), и прочей информации. В программный пакет SatPC32 входят такие программы, как SatPC32.Exe и

Wisat32.Ехе, которые рассчитывают траектории спутников, находящихся на околоземной орбите. Расчёты основаны на модели SGP4/SDP4, результаты отличаются высокой точностью. SatPC отображает зоны слышимости одного или нескольких выбранных спутников на карте мира и отображает результаты в текстовых строках под картой. Wisat отображает местоположение спутников в режиме реального времени в виде списка. Обе программы непрерывно обновляют свои расчёты с шагом в одну секунду. Различия между SatPC и Wisat обусловлены отсутствием графического вывода в Wisat. Обе программы позволяют работать в многозадачном режиме с программами, которые обеспечивают передачу данных со спутников, таких как Wisp32.

В конце текущего 2024 года планируется запуск второго спутника, созданного в КНИТУ-КАИ, низкоорбитального КАИ-2, взаимодействие с которым планируется с помощью созданной системы.

1. Можгинский В.Л., Могольон Х.И. Спутниковая сеть передачи данных с технологией MVSAT-SDN на кораблях венесуэльского флота // Проблемы техники и технологий телекоммуникаций: материалы XXV Международной научно-технической конференции. Казань: Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, 2023. С. 332–333.

COMMUNICATION SYSTEM WITH LOW-ORBITAL SATELLITES

*Mozhginskiy V.L., Yarovoy N.A.
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

For the purposes of training and conducting research in the field of low-orbit satellite communication systems, the RTS Department of KNITU-KAI has developed and is implementing a communication system with low-orbit satellites based on a lifting and turning device with a YAESU G-5500 control unit.

ОБНАРУЖЕНИЕ СЛАБОУТРАЖАЮЩИХ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ РАДИОЛОКАТОРА С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ

Горячкин О.В., Борисенков А.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Обнаружение низколетящих и слабоотражающих целей – «тяжелая» задача для радиолокационной станции (РЛС). Сигналы, таких целей имеют эффективную площадь рассеяния (ЭПР) равную 0.01-0.001 м² и скрываются за отражениями от поверхности Земли. Одним из путей решения подобной задачи является использование режима селекции движущихся целей (СДЦ).

В докладе мы рассматриваем возможность обнаружения слабоотражающих, движущихся целей в радиолокаторе с синтезированной апертурой (РСА), работающем в режиме селекции движущихся целей (СДЦ). Режим СДЦ в РСА основан на методе интерферометрии вдоль пути, в котором предполагается регистрация серии радиолокационных изображений (РЛИ), полученных вдоль направления движения РСА в одно время. Для этого в РЛС должно быть реализовано не менее 2-х приемных антенн (разнесенных на некоторое расстояние). Возможности использования данного метода для обнаружения и измерения координат воздушных целей в космической РСА рассмотрены в [1]. В данном докладе мы рассматриваем возможность обнаружения воздушной, слабоотражающей цели в РСА, размещенной на борту БПЛА. В качестве прототипа для проведения расчетов используется РСА МРЛК-2 [2].

На рисунке 1 показана зависимость вероятности обнаружения слабоотражающей движущейся цели с ЭПР 0.001 м при вероятности ложной тревоги 0.01, в зависимости от поверхностной дальности и вектора скорости цели. В данном случае цель имеет нулевую тангенциальную составляющую скорости и движется перпендикулярно траектории полета РСА с разными скоростями, высота полета РСА 50м, скорость полета 20 м/с, интервал синтеза апертуры 20с, частота повторения импульсов 500Гц. Наилучшие характеристики обнаружения наблюдаются у цели со скоростью 20 м/с. Т.о. РСА VHF диапазона в режиме СДЦ оказывается эффективным средством обнаружения дронов.

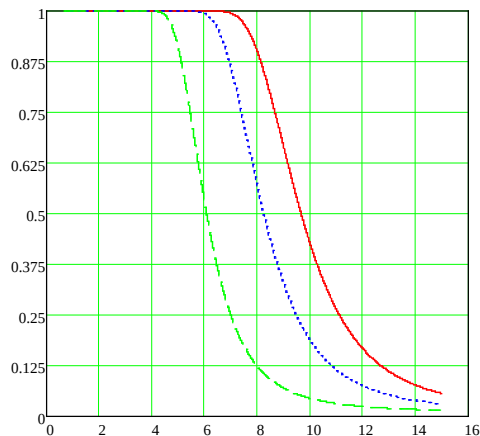


Рис. 1. Вероятность правильного обнаружения движущейся цели в зависимости от поверхностной дальности в км в зависимости от $V_t = 0$ [м/с], $V_r = 20$ [м/с] (сплошная линия), $V_r = 10$ [м/с] (короткий пунктир), $V_r = 20, 10, 5$ [м/с] при базе интерферометра 0.5 м

1. Горячкин О.В., Борисенков А.В., Лифанов А.С. Характеристики обнаружения и особенности обработки сигналов воздушных объектов на радиолокационных изображениях космических радиолокаторов с синтезированной апертурой // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2022. Т. 25, № 4. С. 79–88.

2. SAR system for searching and detecting objects in the forest area, based on UAVs / O.V. Goriachkin [et al.] // 2022 VIII International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT). IEEE, 2022. P. 1–4.

DETECTION OF LOW-REFLECTIVE AERIAL TARGETS USING SYNTHETIC APERTURE RADAR

Goryachkin O.V., Borisenkov A.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article considers the possibilities of detecting low-reflective, airborne moving targets with aperture synthesis radar using interferometry mode along the path. A method for calculating the signal-to-noise ratio, detection characteristics, and accuracy of estimating the components of the velocity vector of weakly reflecting, moving targets in the mode of selection of moving targets is described.

РАДИОЛОКАТОР С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ ДЛЯ БПЛА

Борисенков А.В., Горячкин О.В., Лифанов А.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Текущее развитие технологий малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) стало толчком для развития новых направлений дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), одним из которых является радиолокационное ДЗЗ. Основу этого направления составляют радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны (РСА), работающие в различных диапазонах радиочастотного спектра.

В настоящее время данные, получаемые космическими и авиационными РСА, широко применяются в специальных приложениях, картографии, различного вида мониторинге [1]. Эти системы имеют значительный вес и габариты. Напротив, РСА для БПЛА должны иметь вес, габариты, потребляемую мощность на порядок меньшую, обеспечивать при этом электромагнитную совместимость с системами БПЛА. Разработка подобных систем представляет собой сегодня не простую научно-техническую задачу. В 2019-2024 гг. в ПГУТИ и ИСОИ РАН осуществляется разработка мобильного радиолокационного комплекса 2-го поколения (МРЛК-2). МРЛК-2 представляет собой РСА VHF диапазона [2], имеющий разрешающую способность 3×3 м (основные характеристики МРЛК-2 показаны в таблице 1).

Таблица 1. Основные технические параметры системы

Параметры	МРЛК-2
Длина волны	2,069 м
Размеры антенны	1.2x1 м
Масса антенны без разъема и фидера	<1 кг
Полоса захвата (при высоте полета 1000 м)	≤ 20 км
Разрешающая способность по азимуту	3м
Разрешающая способность по наклонной дальности	3м
Сигма-ноль (удельная ЭПР фона, мощность отраженного сигнала от которого равна уровню теплового шума)	-20ДБ
Отношение сигнал-шум для точечной цели с ЭПР 1 м^2 на радиолокационном изображении, не хуже	10ДБ

На рисунке 1 показано радиолокационное изображение местности, полученное МРЛК-2 в процессе летных испытаний. Подтвержденная в

эксперименте дальность действия системы составила 5.5 км, при высоте полета 5-10м.

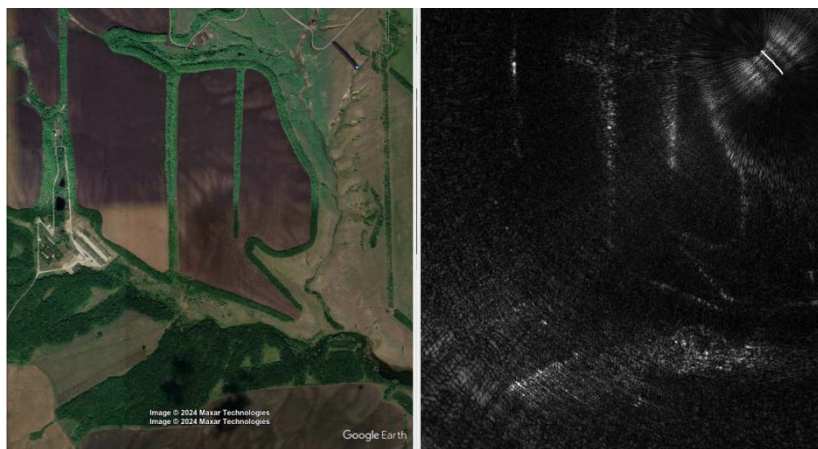


Рис. 1. Радиолокационное изображение, полученное РСА МРЛК-2 с пространственным разрешением 3×3 м

1. Горячкин О.В., Борисенков А.В., Лифанов А.С. Характеристики обнаружения и особенности обработки сигналов воздушных объектов на радиолокационных изображениях космических радиолокаторов с синтезированной апертурой // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2022. Т. 25, № 4. С. 79–88.

2. Оптимальные методы обработки сигналов в системах радиотехники и связи / Ю.В. Алышев [и др.] // Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2018. 344 с.

SYNTHETIC APERTURE RADAR FOR UAVS

Borisenkov A.V., Goryachkin O.V., Lifanov A.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This article discusses the features of placing of VHF band synthetic aperture radar (SAR) on board a UAV. It is noted that when placing SAR on a UAV, the weight of the equipment should be minimal, the RSA should have small power consumption, UAV systems should be compatible with SAR systems.

**ОЦЕНКА ЦЕЛЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННЫХ
ПРОДУКТОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ КА***Ерков И.О., Журавлев А.А., Иващенко Е.В., Маслов И.В.**(Ракетно-космический центр «Прогресс»)*

Современные радиолокационные системы ДЗЗ космического базирования представляют собой сложные высокоинформативные комплексы, разработанные с использованием передовых информационных технологий. Поэтому актуальной является задача калибровки и юстировки бортовой аппаратуры (БА) и валидации информационных характеристик радиолокационных изображений (РЛИ). К основным характеристикам РЛИ, обеспечивающим информационные возможности радиолокационной информации, можно отнести пространственное разрешение, радиометрическую чувствительность и размер кадра РЛИ. Задача оценки этих характеристик актуальна не только на этапе лётных испытаний, но и на этапе штатной эксплуатации.

В настоящее время в рамках выполнения федеральной космической программы ведутся опытно-конструкторские работы по разработке перспективных космических аппаратов серии «Обзор-Р» №1 и №2. Для объективной оценки целевых характеристик КК «Обзор-Р» на этапе орбитального полёта предполагается использовать следующие технические средства и тестовые участки местности:

1. Пространственная мира. Состоит из девяти калиброванных уголкового отражателей с одинаковой ЭПР. Служит для оценки пространственного разрешения в режимах с высоким пространственным разрешением.

2. Потенциальная мира. Состоит из 15 калиброванных уголкового отражателей, расположенных в линию с пошаговым изменением величины ЭПР. Используется для оценки радиометрического разрешения и радиометрической чувствительности в режимах с высоким пространственным разрешением.

3. Поляриметрическая мира. Состоит из шести радиолокационных отражателей, включающих: два двугранных уголкового отражателя с вертикальной ориентацией и два развернутых на фиксированный угол 45° вокруг оси индикатрисы рассеяния, два трехгранных уголкового отражателя. Служит для оценки поляризационной развязки.

4. Полигон «Самара» (природный объект). Представлен участком территории, расположенной в Самарской области. В целях обеспечения оценки точности и калибровки данных ДЗЗ на территории полигона «Самара», спутниковыми геодезическими методами определены опорные

точки местности. Точность определения их координат составляет 5 см в плане и по высоте.

5. «Леса Амазонки» (природный объект). Леса в бассейне реки Амазонки, обладающие высокой степенью однородности. Будут использоваться при оценке радиометрической чувствительности в режимах с низким пространственным разрешением.

6. Техногенные объекты (нефтяные платформы, опоры ЛЭП и т.п.) с высоким значением эффективной поверхности рассеяния (ЭПР). Используются при оценке пространственного разрешения в режимах с низким пространственным разрешением.

В качестве полигона для размещения технических средств будет использован Качалинский тестовый участок из состава системы валидационных подспутниковых наблюдений Госкорпорации «Роскосмос», расположенный в районе города Волгоград. Анализ РЛИ тестовых участков будет производиться в комплексе анализа и оценки качества из состава комплекса технических средств приема и обработки информации расположенного в Научном центре оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) АО «Российские космические системы».

ESTIMATION OF TARGET CHARACTERISTICS OF RADAR SPACECRAFT INFORMATION PRODUCTS

*Erkov I.O., Zhuravlev A.A., Ivashchenko E.V., Maslov I.V.
(Space Rocket Centre Progress)*

The report examines special ground-based technical means and natural test areas for confirming the main target characteristics of remote sensing radar systems. It presents the methodological principles used to confirm the feasibility of tactical and technical characteristics at the stage of flight design tests of promising domestic radar spacecraft.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КА СЕРИИ «ОБЗОР-Р»*Валиев А.В., Журавлев А.А., Иващенко Е.В., Маслов И.В.**(Ракетно-космический центр «Прогресс»)*

В настоящее время на завершающей стадии изготовления находится КА «Обзор-Р» №1, оснащённый РСА X-диапазона частот. РСА состоит из бортовой аппаратуры, построенной на базе активной фазированной антенной решетки, и наземных программно-технических средств обработки информации. КА «Обзор-Р» №1 совместно с наземными средствами приёма и обработки информации, а также средствами планирования реализует высокоинформативный многорежимный космический комплекс. Обеспечивается получение РЛИ с разрешением от 0,5 до 500 м при полосах захвата от 20 до 750 км, а также функционирование в поляриметрическом и интерферометрическом режимах. Развитием идей, заложенных при проектировании КК «Обзор-Р» №1, должен стать КК «Обзор-Р» №2, работы по созданию которого находятся в стадии технического проектирования. КК «Обзор-Р» №2 оптимизирован для более широкого применения интерферометрических подходов при получении и обработке серии РЛИ. Согласно заданным требованиям КА «Обзор-Р» №2 должен иметь возможность функционирования на околокруговых солнечно-синхронных околотерминаторных орбитах в диапазоне высот от 500 до 670 км и в экспериментальном режиме реализовывать интерферометрический режим работы для создания (обновления) цифровых моделей рельефа местности.

Интерферометрические методы измерения в радиолокационных системах позволяют строить высокоточные цифровые модели рельефа и отслеживать изменения высот в дифференциальном режиме с точностями до половины длины волны. Интерферометрическая пара РЛИ получается при съёмке заданного участка местности на орбитах с повторяющимися трассами полёта (Рис. 1). Из-за влияния возмущающих факторов на эволюцию параметров орбиты (например, медленного снижения высоты, изменение эксцентриситета и т.д.) точного совпадения трасс полёта и пространственного положения КА относительно заданного участка местности не происходит и может образоваться требуемая интерферометрическая база.

КА «Обзор-Р» №2 должен обеспечивать поддержание величины интерферометрической базы в заданных пределах, то есть орбита КА должна замыкаться с высокой точностью и на протяжении всего САС удерживаться в пределах «интерферометрической трубки». Это обеспечивает получение совокупности (серии) взаимно когерентных РЛИ

и совместную обработку любой пары РЛИ из серии. Размещение в указанной трубке КА №1 и КА №2 (одновременность не требуется) позволяет формировать пары из РЛИ, полученных разными КА. Минимальный промежуток времени между формированием одним КА интерферометрической пары РЛИ заданного участка местности определяется периодом замыкания трассы полета КА.

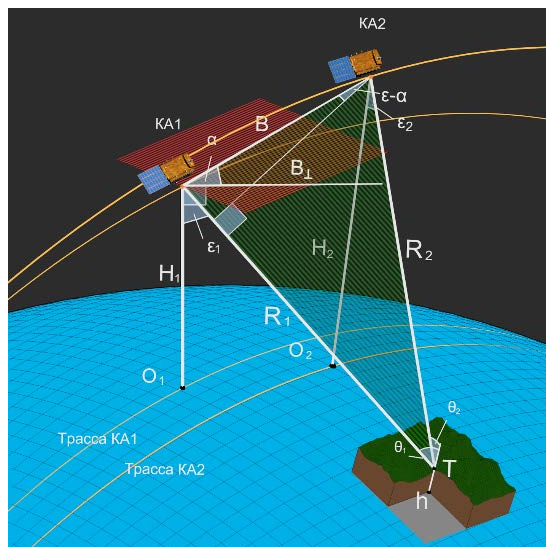


Рис. 1. Геометрия интерферометрической съемки

Таким образом, в докладе представлены основные результаты проработки развития возможностей интерферометрической съёмки КК «Обзор-Р» при введении КА «Обзор-Р» №2.

DEVELOPMENT PROSPECTS FOR SPACECRAFT OF THE “OBZOR-R” SERIES

Valiyev A.V., Zhuravlev A.A., Ivashchenko E.V., Maslov I.V.
(Space Rocket Centre Progress)

The report presents the main technical characteristics and stages of modernization of promising domestic radar spacecraft of the Obzor-R series. The principles of construction of the interferometric space system and methods of ensuring the required size of the interferometric base during the entire period of active existence of the spacecraft are considered.

СЕКЦИЯ 8

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Киреева Н.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (МО) играют всё более важную роль в сфере кибербезопасности, предоставляя новые инструменты и методы для защиты от кибератак. Однако их использование также связано с рядом вызовов и рисков. Рассмотрим, как ИИ и МО используются в кибербезопасности, а также потенциальные проблемы, с которыми они могут столкнуться.

Применение ИИ и МО в кибербезопасности:

1. Обнаружение угроз и аномалий.
2. Анализ и корреляция данных.
3. Автоматизация реагирования на инциденты.
4. Прогнозирование и предотвращение угроз.
5. Обнаружение фальшивых и вредоносных программ.

В качестве способов обнаружения угроз и аномалий с помощью ИИ в кибербезопасности можно представить анализ больших данных (ИИ может обрабатывать огромные объемы данных из различных источников (сетевых потоков, журналов, пользовательской активности и т.д.) и выявлять паттерны или аномалии, которые могут указывать на угрозы) или системы обнаружения вторжений (IDS) (ИИ может улучшить работу IDS, анализируя сетевой трафик и поведение на хосте в реальном времени, чтобы выявлять подозрительные активности и потенциальные атаки).

Потенциальные риски и вызовы: ложные срабатывания и пропуски, зависимость от данных, уязвимости ИИ-систем, этические и правовые вопросы, адаптация злоумышленников.

Предоставим актуальные статистические данные по России в области ИИ и МО в кибербезопасности, охватывающие несколько ключевых аспектов: эффективность, распространенность технологий и их влияние на отрасль.

1. Рынок ИИ в кибербезопасности в России. Инвестиции в ИИ и кибербезопасность: Russian Association for Cybersecurity сообщает, что инвестиции в кибербезопасность в России в 2024 году увеличиваются, включая значительное внимание к ИИ и МО. В 2023 году общий объем инвестиций в кибербезопасность в России оценивался в 30 миллиардов рублей.

2. Применение ИИ и МО в кибербезопасности. Интеграция ИИ в кибербезопасность: по данным Аналитической группы «Информатик», 20% крупных российских компаний начали внедрять решения на основе ИИ для защиты от киберугроз в 2024 году. Это увеличение на 5% по сравнению с 2023 годом. Уровень автоматизации: согласно исследованию Kaspersky Lab, 30% организаций в России используют автоматизированные решения на базе ИИ для реагирования на киберугрозы, что свидетельствует о растущей роли ИИ в управлении инцидентами.

3. Эффективность и результаты. Снижение времени на обнаружение угроз: по данным Ростелеком-Солар, компании, использующие ИИ в кибербезопасности, сообщили о снижении времени на обнаружение и реагирование на инциденты на 25% по сравнению с традиционными методами [1].

Таким образом, ИИ и МО предоставляют мощные инструменты для повышения уровня кибербезопасности, позволяя более эффективно обнаруживать, анализировать и реагировать на угрозы. Однако для максимальной пользы от этих технологий необходимо учитывать их ограничения и потенциальные риски, а также постоянно совершенствовать методы и алгоритмы для защиты от возникающих угроз.

1. Ростелеком-Солар: Статистика и данные по эффективности ИИ-систем в России [Электронный ресурс] / URL: <https://rt-solar.ru/analytics/reports/> (дата обращения: 10.08.2024).

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CYBER SECURITY

Kireeva N.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Artificial Intelligence and Machine Learning play a crucial role in cybersecurity by enhancing threat detection, data analysis, response automation, and threat prediction. In Russia, there is a growing investment in AI and cybersecurity, with increased adoption of AI by large companies and automation of threat response. However, the use of these technologies comes with challenges such as false positives and vulnerabilities. The paper discusses the benefits and potential risks of applying AI and ML in cybersecurity, highlighting the need for continuous improvement of these technologies.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ МОСТОВ ДЛЯ КОДИРОВАНИЯ И ДЕКОДИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ В МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ

Федоров В.Н.

(Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Амосова,
Томский университет управления и радиоэлектроники)

В [1] было показано, что в n -проводных линиях связи (МПЛС) возбуждается $n/2$ типов электромагнитных волн, которые называют связанными квази-Т-волнами или модами.

В [2] было доказано, что матрицу передачи любой многопроводной линии связи можно представить в виде произведения трех матриц передачи: преобразователя мод, $n/2$ несвязанных линий передачи и обратной матрицы преобразователя мод:

$$[a] = \begin{bmatrix} \mathbf{K} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{W} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} ch(\gamma l) & \mathbf{Q}^{-1} \cdot sh(\gamma l) \\ \mathbf{Q} \cdot sh(\gamma l) & ch(\gamma l) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{K} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{W} \end{bmatrix}^{-1},$$

где $\mathbf{K}$ – матрица связи по напряжению между линией 1 и другими линиями; $\mathbf{W}$ – матрица связи по току между линией 1 и другими линиями; $\mathbf{Q}$ – диагональная матрица волновых проводимостей связанных квази-Т-волн;

γ – постоянные распространения; l – длина МПЛС. Матрицу $\begin{bmatrix} \mathbf{K} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{W} \end{bmatrix}$

назовем матрицей преобразователя мод R_m .

Было показано, что для симметричных МПЛС матрицы $\mathbf{K}$ и $\mathbf{W}$ являются матрицами Адамара, вектора столбцов и строк которой взаимно ортогональны. Например, для $n = 8$:

$$\mathbf{K} = \mathbf{W} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}.$$

В [3] было предложено по концам МПЛС включить преобразователи мод, в которых входные сигналы, умножаясь на обратную матрицу R_m^{-1} , кодируются, передаются по МПЛС, умножаются на матрицу R_m и декодируются в выходные сигналы. То же происходит и при передаче сигналов в обратном направлении.

В качестве преобразования мод в [3] предложено использовать многообмоточные трансформаторы. Но в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ) это решение не будет работать.

Гибридный мост нашел широкое применение в радиотехнических устройствах, таких как смесители и моноимпульсных радиолокаторах, усилителях мощности и др. Гибридный кольцевой мост обратим, так что его можно использовать в обратном направлении.

В докладе предлагается в качестве преобразователей мод в СВЧ диапазоне использовать гибридные мосты. На рис. 1 представлена схема преобразователя мод на четырех гибридных мостах при $n = 8$ и соответствующая ей матрица кодирования.

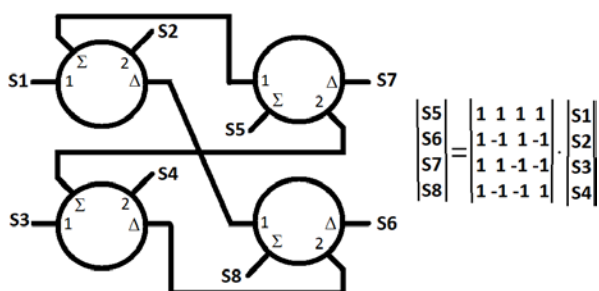


Рис. 1. Схема преобразователя мод на 4 гибридных мостах при $n = 4$, где $S1-S4$ – входные сигналы, $S5-S8$ – выходные сигналы и матрица кодирования

1. Малютин Н.Д. Многосвязные полосковые структуры и устройства на их основе. Томск: Томский университет, 1990. 164 с.

2. Федоров В.Н. Преобразователь мод для подавления перекрестных помех в линиях связи // Системы связи и радионавигации: материалы Всероссийской научно-технической конференции. Красноярск: АО «НПП «Радиосвязь», 2015. С. 316–320.

3. Способ подавления перекрестных помех в многопроводных линиях связи: патент 2579915. Российская Федерация. № 2014116590 / В.Н. Федоров (RU); В.И. Попов (RU); С.А. Смагулова (RU); заявл. 25.04.2014; опубл. 10.04.16, бюл. № 30.

THE USE OF HYBRID BRIDGES FOR ENCODING AND DECODING SIGNALS IN MULTI-WIRE COMMUNICATION LINES IN THE MICROWAVE RANGE

Fedorov V.N.

*(Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov,
Tomsk University of Management and Radioelectronics)*

The report considers the possibility of using hybrid bridges for encoding and decoding analog signals in multi-wire communication lines. The operation of a mode converter on 4 hybrid bridges for an 8-wire communication line is described.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ: КЛЮЧЕВОЙ КОМПОНЕНТ В БОРЬБЕ С КИБЕРПРЕСТУПНОСТЬЮ

*Киреева Н.В., Бухнер А.А., Летяев В.А., Рожков М.А.
(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

Киберпреступность – это серьезная угроза безопасности в цифровом мире, которая наносит ущерб бизнесу и обществу в целом. Киберугрозы становятся все более изощренными, и традиционные методы защиты зачастую не справляются с новыми вызовами.

В контексте кибербезопасности машинное обучение (МО) применяет алгоритмы для анализа огромных объемов данных, выявления аномалий и предсказания потенциальных угроз. Это особенно важно, поскольку современные атаки часто происходят в реальном времени и требуют оперативного реагирования.

Современные методы обнаружения уязвимостей позволяют эффективно защищать информационные системы и минимизировать риски кибератак:

1. Статический анализ кода – выявление уязвимостей в программном коде до его запуска, что позволяет обнаруживать потенциальные угрозы и ошибки, такие как SQL-инъекции или переполнение буфера.

2. Динамический анализ поведения – мониторинг системы в реальном времени для выявления новых атак и неизвестных уязвимостей, включая вредоносные программы и DDoS-атаки.

3. Анализ сетевого трафика – оценка сетевого трафика для выявления аномалий и несанкционированного доступа, например, при сканировании портов или внедрении вредоносных программ.

4. Системы обнаружения вторжений – специализированные системы для мониторинга и обнаружения угроз, которые быстро реагируют на атаки, такие как DDoS или взломы.

Применение МО для обнаружения несанкционированных атак в области информационной безопасности активно исследуется, включая анализ системных журналов. МО помогает выявлять вредоносные программы на основе сигнатур и поведения, аномальное поведение пользователей, указывающее на попытку кибератаки. Однако, поскольку системы МО могут генерировать ложноположительные и ложноотрицательные результаты, для уменьшения количества ошибок требуется тщательный анализ. Основные преимущества использования МО для обеспечения кибербезопасности включают более быструю обработку данных, возможность выявления угроз до возникновения

инцидента, повышение точности по сравнению с ручным анализом и снижение нагрузки на персонал за счет автоматизации процесса.

Российские компании используют МО для защиты от киберпреступности, улучшая способность обнаруживать и предотвращать угрозы и обеспечивать безопасность данных и систем:

- «Ростелеком» внедрил систему МО для защиты от DDoS-атак в своей службе DDoS Protection;

- «Газпромбанк» использует МО для повышения уровня безопасности своих банковских операций;

- «Майл.ру Групп» применяет алгоритмы МО для борьбы с фишинговыми атаками;

- «Сбер» использует МО в своем решении SberSecurity, которое включает инструменты для аналитики и мониторинга безопасности.

С развитием технологий МО и увеличением объемов данных, которые анализируются, можно ожидать дальнейших улучшений в обнаружении и предотвращении кибератак. Одним из перспективных направлений является интеграция МО с другими технологиями, такими как блокчейн и облачные вычисления, для создания более надежных и масштабируемых систем безопасности.

МО стало ключевым компонентом в борьбе с киберпреступностью. Оно не только улучшает способность обнаруживать и предотвращать угрозы, но и существенно ускоряет реагирование на инциденты. В условиях постоянно эволюционирующих киберугроз применение МО-технологий становится не просто преимуществом, а необходимостью для обеспечения надежной защиты информации.

MACHINE LEARNING IS A KEY COMPONENT IN THE FIGHT AGAINST CYBERCRIME

*Kireeva N.V., Bukhner A.A., Letyaev V.A., Rozhkov M.A.
(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

Cybercrime poses a serious threat to digital security, and traditional methods of protection often fail to cope with new challenges. Machine learning is becoming an important tool in cybersecurity, allowing you to analyze large amounts of data, detect anomalies and predict threats in real time. In Russia, companies such as Rostelecom and Gazprombank use machine learning to protect against DDoS attacks, fraud and phishing. The machine learning improves the accuracy of threat detection and response, making information protection more effective and operational.

МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ*Шнякина Е.А.**(Оренбургский государственный университет)*

Увеличение масштабов внутреннего и международного терроризма на фоне высокого уровня политической напряженности в мире актуализирует вопросы, связанные с информационной безопасностью, полноценное поддержание которой включает в себя физические методы защиты информационных ресурсов. Физическая защита направлена на обеспечение заданного уровня безопасности объекта путем предотвращения несанкционированного доступа на его территорию физических лиц – нарушителей, и минимизацию ущерба в случае их проникновения. Решение перечисленных задач обеспечиваются основными составляющими системы физической защиты (СФЗ): персоналом, организационно-техническими мероприятиями, комплексом инженерно-технических средств физической защиты. Степень достижения целей, поставленных при создании СФЗ, определяет ее эффективность. Первым этапом обеспечения безопасности объектов является обнаружение нарушителя. После факта обнаружения нарушителя начинается процесс его задержки и нейтрализации. В основе метода вероятностно-временного анализа оценки эффективности СФЗ лежит «принцип своевременного обнаружения, согласно которому эффективность СФЗ определяется вероятностью обнаружения нарушителя в тот момент, когда у сил реагирования достаточно времени для перехвата нарушителя на пути к цели». Таким образом, вероятность обнаружения нарушителя является важным показателем СФЗ, который определяется техническими средствами обнаружения и характеристиками самого нарушителя.

«Совокупность параметров и характеристик нарушителя, определяющих его вероятные действия», таких как: тип нарушителя (внешний или внутренний); мотив и преследуемые цели; численность; уровень осведомленности о системе физической защиты и ее уязвимых местах, подготовки; уровень оснащенности, вооруженность; тактика действий при проникновении на территорию объекта; последствия действий формирует модель нарушителя. Используя перечисленные характеристики, выделим 6 моделей нарушителя. Первая модель нарушителя: внешний, высококвалифицированный, имеет высокий уровень оснащенности и осведомленности о СФЗ, вооружен, действующий в составе группы. Цель – террористический акт. Вторая модель нарушителя: внешний, квалифицированный, одиночный или действующий в составе группы, имеет средний уровень оснащенности и

осведомленности о СФЗ, вооружен. Цель: террористический акт, диверсия. Третья модель нарушителя: внешний, неквалифицированный, низкий уровень оснащенности и осведомленности о СФЗ, вооружен. Цель: хищение, сбор компрометирующей информации. Четвертая модель нарушителя: внешний, «случайный», не имеет представления об СФЗ, низкий уровень оснащенности, не вооружен. Цель: мелкая кража, порча имущества. Пятая модель нарушителя: внутренний тип нарушителя, рядовой сотрудник объекта, не имеющий доступа к СФЗ, вступающий в сговор с внешними нарушителями с целью наживы. Шестая модель нарушителя: внутренний, имеющий доступ к целям защиты объекта и/или к СФЗ. Обнаружение нарушителя зависит от его типа. Выявление внутренних нарушителей (пятая и шестая модели нарушителя) зависит от уровня организационных мероприятий, а именно от состояния режимной и кадровой работы, проводимой на объекте. Одной из важных характеристик внешнего нарушителя, влияющей на его обнаружение, является тактика действий при проникновении на территорию объекта. Она может быть: насильственная; обманная; скрытная; комбинированная. Вероятность обнаружения в случае обманной тактики зависит от подготовленности сотрудников контрольно-пропускного пункта. Когда проникновение на объект осуществляется с помощью насильственной тактики с использованием фактического разрушения заграждений, применения огнестрельного вооружения, т.е. носит явный характер проникновения на объект, вероятность обнаружения нарушителя равна единице. В остальных случаях, значение вероятности обнаружения является случайной величиной.

THE INTRUDER'S MODEL

Shniakina E.A.

(Orenburg State University)

Information security includes physical methods of protecting information resources. The purpose of physical protection is to ensure a given level of security of the facility by preventing unauthorized access to its territory by individuals who violate it, and minimizing damage in the event of their penetration. The probability of detecting an intruder is the most important characteristic of a physical protection system and depends on the properties of the detection equipment and the intruder's model.

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Расеева Е.В.

*(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

В современном мире информационная безопасность представляет собой одну из ключевых составляющих защиты данных и систем, что требует тщательного анализа уязвимостей. Процесс анализа уязвимостей включает в себя выявление, оценку и приоритизацию слабых мест в инфраструктуре. Основные методы анализа включают сканирование на наличие уязвимостей, тестирование на проникновение и аудит систем.

Важно учитывать, что уязвимости могут возникать не только из-за технических дефектов, но и вследствие человеческого фактора, таких как ошибки пользователей или недостаток обучения. Для эффективного анализа необходимо формировать многоуровневый подход, который сочетает в себе как технологические, так и организационные меры.

Результатом анализа должны стать рекомендации по устранению выявленных уязвимостей, а также внедрение процессов мониторинга для своевременного реагирования на новые угрозы. Только комплексный подход к анализу и устранению уязвимостей позволит повысить уровень защищенности информации в организации и минимизировать риски потенциальных атак. Одним из важнейших этапов анализа уязвимостей является оценка рисков, которая позволяет определить, насколько критичны выявленные слабости для безопасности системы. Это включает в себя как вероятность эксплуатации уязвимости, так и потенциальные последствия для бизнеса. Установление приоритетов позволяет сосредоточить усилия на наиболее значимых угрозах и оптимально распределить ресурсы для их устранения.

Ключевым элементом успешного анализа уязвимостей является регулярное обновление базы данных о новых угрозах и уязвимостях. Это можно достичь за счет участия в профессиональных сообществах, подписки на рассылки о безопасности и следования рекомендациям организаций, занимающихся информационной безопасностью. Динамичное обновление знаний о текущем состоянии угроз позволит более эффективно защищать организацию от потенциальных атак.

Кроме того, важно не забывать о тестировании на проникновение, которое дает возможность имитировать действия злоумышленника и выявить уязвимости, которые не были обнаружены другими методами. Эффективное взаимодействие между техническими и организационными

мерами защиты создаст надежный щит для информации и снизит риски, связанные с киберугрозами.

ANALYSIS OF INFORMATION SECURITY VULNERABILITIES

Raseeva E.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In the modern world, information technologies are rapidly developing, and with them the importance of information security is growing. The relevance of the problem of vulnerabilities in information security systems is beyond doubt. The need to protect data from unauthorized access and other cyber threats is becoming a priority for organizations at all levels. In this article, we will look at the main aspects of vulnerability analysis, methods and tools, as well as the importance of regular security monitoring.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИОННЫХ ОСНОВ ВНЕДРЕНИЯ РЕШЕНИЙ И ПРОДУКТОВ NETWORK TRAFFIC ANALYSIS

Крыжановский А.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В докладе анализируются основные аспекты внедрения Network Traffic Analysis (NTA) – решения в практике построения систем обеспечения информационной безопасности (ИБ). За основу выбраны продукты отечественных разработчиков [1, 2, 3, 4].

Система PT Network Attack Discovery (PT NAD) компании Positive Technologies привлекательна тем, что «ловит» вредоносную активность в зашифрованном трафике без его расшифровки, обнаруживает нарушения регламентов ИБ, сопоставляет атаки с техниками и тактиками злоумышленников и позволяет раскрыть цепочку действий киберпреступников [3]. К достоинствам продукта, по мнению разработчика, относится то, что существует возможность обнаружения атак даже в зашифрованном трафике при наличии измененных зловердных программ. Одним из основных недостатков по праву можно считать то, что для полноценной работы с продуктов требуются знания в сфере сетевой безопасности.

Как одно из комплексных решений в области NTA на рынке представлен Kaspersky Anti-Targeted Attack Platform (KATA) от «Лаборатории Касперского», которое предназначено для обнаружения и предотвращения целевых атак и других сложных киберугроз [4]. Разработчик отмечает следующие преимущества рассматриваемого решения: обнаружение сетевой активности по 80 протоколам, корреляция сетевых событий с событиями на рабочих станциях в одном продукте, поддержка российских операционных систем, доступ к сильнейшей в мире аналитике об угрозах.

1. Панасенко А.И. Системы анализа сетевого трафика (NTA). [Электронный ресурс] / URL: <https://www.antimalware.ru/analytics/MarketAnalysis/Globaland-Russian-market-Network-Traffic-Analysis-systems-review> (дата обращения: 20.09.2024).

2. Что такое network traffic analysis и зачем нужны NTA-системы [Электронный ресурс] / URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/knowledge-base/chto-takoe-network-traffic-analysis-i-zachem-nuzhny-nta-sistemy> (дата обращения: 25.09.2024).

3. Чаплыгин В.Н. Обзор системы глубокого анализа сетевого трафика PT Network Attack Discovery [Электронный ресурс] / URL: <https://www.anti-malware.ru/reviews/PT-Network-Attack-Discovery> (дата обращения: 26.09.2024).

4. Система защиты от целенаправленных атак Kaspersky Anti Targeted Attack (KATA) [Электронный ресурс] / URL: <https://lwcom.ru/blog/sistema-zashchity-ot-tselenapravlennykh-atak-kaspersky-anti-targeted-attack-kata/> (дата обращения: 26.09.2024).

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION BASES OF THE IMPLEMENTATION SOLUTIONS AND PRODUCTS NETWORK TRAFFIC ANALYSIS

Kryzhanovsky A.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report analyzes the main aspects of the implementation of NTA solutions in the practice of building information security systems. The products of domestic developers are chosen as the basis. Currently, the NTA solutions segment is developing. Numerous related products are available on the global market. While the Russian NTA market is emerging, it already offers advanced technological solutions. Given the progress in SOC and GosSOPKA-related areas, it's clear that NTA-class solutions are relevant to domestic clients, and the demand for them will continue to increase.

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ И УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Кошечкина К.Д., Пугин В.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В современном мире компьютерные сети играют ключевую роль в функционировании бизнеса, государственных учреждений и повседневной жизни. Однако вместе с их распространением возрастает и уровень угроз информационной безопасности.

Среди основных видов уязвимостей можно выделить: программное обеспечение (буферные переполнения, кросс-сайт скриптинг), сетевое оборудование (незащищенные конфигурации, устаревшие прошивки), уязвимость пользователей (социальная инженерия, слабые пароли).

Основными видами угроз являются: несанкционированный доступ и отказ обслуживания, DoS/DDoS, фишинг, внутренние угрозы. Одними из главных методов обнаружения являются: сканирование уязвимостей, пентест, анализ рисков [1].

После обнаружения угрозы следуют меры по их пресечению, из которых можно выделить следующие: обновление, проверку целостности активного сетевого оборудования и межсетевых экранов, обучение и осведомленность специалистов, резервное копирование конфигурационных файлов.

Анализ уязвимостей и угроз информационной безопасности в компьютерных сетях является неотъемлемой частью стратегии защиты данных и систем. В условиях постоянно меняющегося ландшафта киберугроз, организации должны регулярно проводить оценку и мониторинг активного сетевого оборудования, для выявления и устранения потенциальных уязвимостей.

Для эффективного анализа уязвимостей необходимо использовать как автоматизированные инструменты для сканирования сети, так и ручное тестирование. Внедрение многоуровневых систем безопасности, включая межсетевые экраны, системы обнаружения и предотвращения вторжений, а также регулярное обновление программного обеспечения, поможет минимизировать риски и обеспечить надежную защиту информационных систем.

Таким образом, комплексный подход к анализу уязвимостей и угроз информационной безопасности позволяет организациям быть готовыми к новым вызовам и обеспечивать защиту своих данных и систем в условиях постоянно развивающихся киберугроз.

1. Теркина И. Как обеспечить безопасность удалённого доступа сотрудников к корпоративной сети [Электронный ресурс] / URL: <https://www.anti-malware.ru/practice/methods/How-to-ensure-remote-access-security> (дата обращения: 21.09.2024).

ANALYSIS ANALYZING VULNERABILITIES AND THREATS TO INFORMSTION SECURITY IN COMPUTER NETWORKS

Koshechkina K.D., Pugin V.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

In this paper, we look at Analyzing vulnerabilities and threats to information security in computer networks, as well as measures to find and stop them.

МИНИМИЗАЦИЯ РИСКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА КИБЕРПРЕСТУПНИКАМИ

Грашкин С.В., Пугин В.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Достаточно широкое и успешное использование системы на базе больших языковых моделей GPT, которая позволяет генерировать структурированные тексты, отвечать на задаваемые вопросы, а также поддерживать диалоги на заданные темы опирается на огромную базу знаний. Разработчики системы сделали ограничение на использовании этой базы только в «мирных» целях, чтобы не допустить вред каким-либо третьим лицам.

В настоящее время на рынке появилось большое количество аналогов сервиса GPT, которые, к сожалению, обладают малым количеством этических ограничений, что приводит к появлению так называемых «злых» аналогов GPT, таких как xxxGPT, HackerGPT, WormGPT, DarcBERT, WolfGPT и. т.п. [1].

Существует проблематика использования этих систем, ограниченная двумя факторами: с одной стороны если нет искусственных барьеров, то данная технология будет развиваться семимильными шагами, с другой стороны отказ в ограничениях связанных в работе систем с искусственным интеллектом (ИИ) несет серьезные риски информационной безопасности (ИБ), а также открывает путь для возникновения различных киберугроз.

Главная проблема при использовании таких систем заключается в генерации огромного количества трафика, в котором содержится как оскорбительный, так и вредоносный, а возможно и деформирующий контент, который кроме всего прочего несет и серьезную нагрузку на каналы связи.

Для решения этих проблем необходимо определить риски и границы допустимого при разработке систем, основанных на ИИ, для чего необходимо проводить экспертизу возможных угроз, осуществить выработку этических стандартов, а также осуществить правовое регулирование данного вопроса.

В рамках доклада предлагается принимать только комплексные меры обеспечения ИБ, связанные с использованием антивирусного программного обеспечения, контролем безопасности учетных данных, регулярным обучением сотрудников в области ИБ, мониторингом утечек данных и подозрительных действий сотрудников организаций, регулярном отслеживании тенденций использования таких решений

киберпреступниками, а также следить за законами и действиями регуляторов в области ИБ для решения подобных вопросов.

1. Богданов В. Злые аналоги ChatGPT: xxxGPT, WormGPT, WolfGPT, FraudGPT, DarkBERT, HackerGPT [Электронный ресурс] / URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Threats_Analysis/Evil-ChatGPT-analogues, свободный (дата обращения: 13.09.2024).

MINIMIZATION OF THE RISKS OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE BY CYBERCRIMINALS

Grashkin S.V., Pugin V.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This publication discusses the basic requirements for minimizing information security risks associated with the use of artificial intelligence, as well as provides recommendations for protection.

ПРЕДИКТИВНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ В СИСТЕМАХ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ ВТОРЖЕНИЙ

Карташевский В.Г., Губарева О.Ю., Фирстова Т.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В 2024 году наблюдается фундаментальная трансформация в том, как телекоммуникационные компании взаимодействуют со своими клиентами, продолжая движение к более индивидуализированному и персонализированному подходу. Телекоммуникационная отрасль постоянно ищет оптимальные способы эффективного управления сетевым трафиком и обеспечения стабильного и надежного обслуживания.

Традиционно для выявления проблем в сети и прогнозирования изменений спроса на трафик требовался ручной анализ опытными специалистами. Несмотря на некоторую эффективность, этот подход отнимал много времени и не всегда мог гарантировать быстрое выявление и решение проблем. Растут усилия по разработке обобщенных моделей искусственного интеллекта (ИИ) сетевых протоколов (LLM-большая языковая модель) для решения специфичных для телекоммуникаций задач, таких как оптимизация сетей и предиктивное обслуживание, демонстрируя синергию между предметной экспертизой и гибкостью ИИ.

Переход к периферийным вычислениям, поддерживаемым ИИ, прокладывает путь к более быстрым и эффективным возможностям обработки данных и принятия решений, размещенным ближе к источнику данных, например, в сетевых контроллерах. Появляются доменно-специфические системы ИИ на основе комплексных данных сквозного контроля о сетевых вторжениях и сбоях, определяя вероятности и выявляя закономерности повторяющихся событий.

ИИ и машинное обучение позволяют динамически адаптировать процессы анализа первопричин и последствий, улучшая интерпретацию данных и достигая более саморегулирующейся операционной модели ИИ. Данные специализированные модели адаптированы к конкретным технологиям и стандартам в телекоммуникационной отрасли, предлагая повышенную производительность в специализированных задачах оптимизации сложных сетевых топологий и конфигурации услуг. Эти задачи, не подходящие для языковых моделей, решаются путем объединения LLM с другими методами, такими как искусственные нейронные сети (ИНС) – схемы, которые могут воспроизводить биологический нейрон. Передовые модели ИНС будут использоваться для

обработки собственных данных операторов с особым вниманием к безопасности [1].

Система, основанная на алгоритмах машинного обучения (ML), состоит из универсальных функциональных модулей, которые используются для создания индивидуальных решений для CSP (Content Security Policy – Политика безопасности контента).

Непрерывный анализ данных о трафике на основе ИИ позволяет создавать профили нагрузки на сеть во время событий и шаблоны занятости того или иного элемента сети. Сгенерированные шаблоны могут использоваться повторно для выявления событий, а предупреждения могут выдаваться на основе отклонений от ожидаемой модели трафика.

Эта система позволяет осуществлять проактивные действия и предлагает дополнительный набор функций на основе ML, разработанных для помощи в создании прогнозов, анализе тенденций, корреляции событий, выявлении и анализе основных первопричин, и развертывании механизма рекомендаций в предотвращении непредвиденных событиях и сервисных инцидентов.

Оптические вычисления уже используются в технологии интегральных схем, и поэтому фотонная реализация нейронных сетей является одной из самых перспективных технологий из-за ее низкого энергопотребления и высокой пропускной способности.

1. IDS/IPS – обнаружение и предотвращение сетевых вторжений ips [Электронный ресурс] / URL: <https://cloudnetworks.ru/inf-bezopasnost/ids-> (дата обращения: 01.04.2024).

PREDICTIVE MAINTENANCE IN NETWORK INTRUSION DETECTION SYSTEMS

*Kartashevsky V.G., Gubareva O.Yu., Firstova T.V.
(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

In the work, the authors considered approaches to predicting network attacks, with neural network technologies being among the most productive.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАЩИЩЕННОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТОПОЛОГИИ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Чесноков А.Д.

*(Нижегородский государственный инженерно-экономический
университет)*

Беспроводные сенсорные сети широко применяются в различных областях, от умных домов до промышленных систем. Однако, их открытая природа и ограниченные вычислительные ресурсы устройств делают их уязвимыми для различных атак. Одним из ключевых аспектов обеспечения безопасности БСС является защищенный обмен данными [1]. В данной статье мы рассмотрим применение простых алгоритмов для реализации защищенного обмена данными в БСС с динамической топологией.

Динамическая топология БСС, характеризующаяся частыми изменениями соединений между узлами, создает ряд сложностей для обеспечения безопасности [2]:

- изменение ключей: при каждом изменении топологии необходимо обновлять ключи шифрования, что требует значительных вычислительных ресурсов.

- синхронизация: обеспечение синхронизации ключей между всеми узлами сети является нетривиальной задачей.

- уязвимости маршрутизации: атаки на маршрутизацию могут привести к перехвату или модификации данных.

- ограниченные вычислительные ресурсы: узлы БСС обладают ограниченными вычислительными ресурсами, что затрудняет использование сложных криптографических алгоритмов.

Для решения указанных проблем могут быть использованы следующие простые алгоритмы:

- легковесные криптографические алгоритмы: использование симметричных алгоритмов шифрования с короткими ключами, таких как AES-128, позволяет снизить вычислительные затраты.

- одноразовые пароли: генерация одноразовых паролей для аутентификации и авторизации узлов.

- протоколы аутентификации на основе паролей: использование простых протоколов аутентификации, таких как PAP или CHAP, для проверки подлинности узлов.

Для реализации защищенного обмена данными в БСС с динамической топологией можно использовать следующий подход [3]:

1. Инициализация: при развертывании сети каждый узел генерирует пару ключей (публичный и приватный).

2. Шифрование данных: перед передачей данные шифруются с использованием симметричного ключа, который генерируется на основе публичных ключей отправителя и получателя.

3. Аутентификация: для аутентификации отправителя и получателя используется цифровая подпись или одноразовые пароли.

Использование простых алгоритмов позволяет реализовать защищенный обмен данными в БСС с динамической топологией, несмотря на ограниченные вычислительные ресурсы устройств. Однако, необходимо помнить, что выбор конкретных алгоритмов и методов зависит от конкретных требований к безопасности и характеристик сети. Постоянный мониторинг и анализ безопасности сети является важным условием для обеспечения ее надежной работы.

1. Лосев Р.В., Ручкан А.Д. Анализ вопросов информационной безопасности в беспроводных сенсорных сетях медицинского назначения // Региональная информатика и информационная безопасность. СПб.: Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. 2017. Т. 4. С. 476–477.

2. Довгаль В.А., Довгаль Д.В. Анализ проблем обеспечения информационной безопасности беспроводных сенсорных сетей и методов обеспечения безопасности Интернета вещей // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2021. № 1(276). С. 75–83.

3. Обнаружение преднамеренных деструктивных атак в промышленных системах управления на основе микроискажений информационного трафика / И.А. Сорокин [и др.] // Электросвязь. 2023. № 12. С. 61–66.

USING SIMPLE ALGORITHMS TO IMPLEMENT SECURED DATA EXCHANGE BASED ON DYNAMIC TOPOLOGY IN A WIRELESS SENSOR NETWORK

Chesnokov A.D.

(Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University)

The article describes the use of simple algorithms to implement secure data exchange based on dynamic topology in a wireless sensor network.

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Сорокин И.А.

*(Нижегородский государственный инженерно-экономический
университет)*

Сенсорные сети являются основой Интернета вещей, предоставляя возможность собирать и передавать данные из физического мира в цифровую среду. Однако, широкое распространение сенсорных сетей порождает новые вызовы в области информационной безопасности [1].

Проблемы обеспечения информационной безопасности в сенсорных сетях:

1. Ограниченные вычислительные ресурсы: устройства в сенсорной сети обладают ограниченными вычислительными ресурсами, что затрудняет реализацию сложных криптографических алгоритмов.

2. Открытые каналы связи: каналы передачи данных подвержены различным атакам, таким как перехват, и модификация данных.

3. Отсутствие единых стандартов безопасности: отсутствие унифицированных стандартов безопасности для IoT-устройств затрудняет создание надежных и совместимых систем защиты.

4. Динамическая и распределенная природа сетей: сенсорные сети являются динамическими и распределенными системами, что усложняет управление и защиту таких сетей.

Для обеспечения информационной безопасности в сенсорной сети применяются различные методы, которые можно разделить на следующие категории [2]:

1. Криптографические методы:

- шифрование: защита данных от несанкционированного доступа путем преобразования их в нечитаемый вид;

- цифровые подписи: обеспечение целостности данных и аутентификации отправителя;

- обмен ключами: безопасный обмен криптографическими ключами между устройствами.

2. Методы аутентификации:

- пароли: простая и широко используемая, но небезопасная форма аутентификации;

- многофакторная аутентификация: использование нескольких факторов для подтверждения личности пользователя;

- биометрическая аутентификация: использование уникальных биометрических характеристик человека для идентификации.

3. Методы контроля доступа:

- списки контроля доступа: определение разрешенных и запрещенных действий для каждого пользователя или группы;
- ролевое управление доступом: присвоение пользователям ролей и определение разрешений на основе этих ролей.

Несмотря на существующие методы защиты, обеспечение безопасности сенсорной сети остается сложной задачей. Предлагаемая методика адаптивной системы защиты сводится к автоматической адаптации системы безопасности к новым угрозам посредством использования кодов исправления ошибок, анализа отклонений в данных и использования хэш-функций [3].

Обеспечение информационной безопасности сенсорных сетей является одной из важнейших задач в области кибербезопасности. Комбинация различных методов защиты, постоянный мониторинг и анализ угроз, а также развитие новых технологий позволят повысить уровень безопасности сенсорной сети и защитить данные от несанкционированного доступа.

1. Толоманенко Е.А. Защита информации в сенсорных сетях с помощью полностью гомоморфного шифрования: дис. ... канд. техн. наук. Таганрог, 2022. 149 с.

2. Обеспечение информационной защиты беспроводных сенсорных сетей на основе клеточных автоматов / И.И. Захарчук [и др.] // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 11(23). DOI: 10.18698/2308-6033-2013-11-1003

3. Обнаружение преднамеренных деструктивных атак в промышленных системах управления на основе микроискажений информационного трафика / И.А. Сорокин [и др.] // Электросвязь. 2023. № 12. С. 61–66.

METHODS OF INFORMATION PROTECTION AND ENSURING INFORMATION SECURITY IN SENSOR NETWORKS

Sorokin I.A.

(Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University)

The article describes existing problems in the field of information security in sensor networks. A method for increasing the security of a sensor network based on automatic adaptation of the security system is proposed.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ AES И CSA ДЛЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ OFDM

Архипов М.В., Логинов С.С.

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

В современном мире системы связи активно разрабатываются при помощи ортогонального мультиплексирования с частотной модуляцией, которая позволяет получить высокую спектральную эффективность и устойчивость к многолучевому распространению. Однако, открытым остается вопрос безопасности передаваемой информации, а, следовательно, необходимости использования методов шифрования данных. Наиболее часто используют методы шифрования AES (Advanced Encryption Standard) и CSA (Common Scrambling Algorithm).

Метод AES – алгоритм симметричного шифрования с использование блочного шифра. Как правило для шифрования информации в блоках размером 128 бит используют ключи длиной 128, 192 или 256 бит [1]. Благодаря своей надежности и производительности данный метод широко применяют в беспроводных системах связи для защиты передаваемой информации.

Метод CSA формируется при помощи блочного и поточного шифров. Для защиты информации вначале применяют 64-х битный блочный шифр с конца пакета информации, а потом используется поточный шифр уже с начала пакета информации [2]. Данный метод широко используют в системах DVB – вещания, а также при ограниченных ресурсах, так как он обладает низкой стоимостью реализации.

Подводя итог, выбор каждого из методов зависит от определенных требований разработчика. К преимуществам метода AES над методом CSA можно отнести: более высокая безопасность передачи информации, высокая скорость шифрования данных и более широкая интегрируемость в различные приложения систем OFDM. К преимуществам метода CSA над методом AES можно отнести: простота реализации и низкая вычислительная сложность. Сравнение приведено в табл. 1.

Применение методов AES и CSA зависит исключительно от требований разработчика. При ограниченности ресурсов и простоте реализации, а также для систем, в которых защита информации не является первоначальной задачей следует применять метод общего алгоритма скремблирования (CSA). Однако, если важна быстрота и максимальная защита, то наиболее подходящим является алгоритм симметричного шифрования (AES).

Таблица 1. Сравнение методов AES и CSA

Характеристика	AES	CSA
Тип алгоритма	Симметричный блочный шифр	Симметричный блочный шифр
Длина ключа	128, 192, 256 бит	168 бит
Криптографическая стойкость	Высокая	Средняя
Вычислительная сложность	Высокая	Низкая
Стоимость реализации	Высокая	Низкая

1. FIPS 197. Advanced Encryption Standard. Gaithersburg [Электронный ресурс] / URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.197-upd1.pdf> (дата обращения: 20.09.2024).

2. Wirt K. Fault Attack on the DVB Common Scrambling Algorithm // Lecture Notes in Computer Science. 2005. Vol. 3481. P. 577–584.

COMPARISON OF AES AND CSA METHODS FOR OFDM-BASED SYSTEMS

*Arkhipov M.V., Loginov S.S.
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI)*

This article discusses the advantages and disadvantages of Advanced Encryption Standard and Common Scrambling Algorithm methods when applied to OFDM-based systems.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ

Брачунова У.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Исследование систем квантового распределения ключей (КРК) представляет собой приоритетное направление развития современных систем и средств защиты информации. Процесс передачи и приема информации, основанный на фундаментальных квантово-механических законах, позволяет обнаружить перехват данных, осуществляемый злоумышленниками, и определить степень их активности [1].

Система КРК состоит из станции, кодирующей информацию, станции, принимающей информацию, соединенные между собой квантовым (волоконно-оптическим) каналом связи. Реализация генерации ключей и передачи данных по квантовым каналам связи требует значительных финансовых затрат. Кроме того, критерии оценки тестирования таких систем различаются у разных фирм-производителей. Важными задачами при проведении исследования систем КРК являются определение скорости передачи данных, возможных потерь, влияние различных схем атак третьей стороной на протоколы квантовой криптографии [2].

Для измерения и оценки характеристик прохождения оптического импульса и анализа стойкости передаваемой информации к несанкционированному доступу предлагается разработка цифрового двойника, позволяющего значительно сократить материальные затраты на разработку и приобретение оборудования с одной стороны, и предоставить необходимую гибкость виртуальной модели с другой.

Цифровой двойник (ЦД) – это виртуальный аналог физического объекта или системы, точно отображающий параметры данного объекта. Цифровой двойник реализует мониторинг системы и процессов в режиме реального времени [3].

Таким образом, для проведения исследования систем КРК и объективного подхода к анализу результатов работы предлагается использование ЦД, что позволит, комбинируя данные из источников информации, имитировать реальные условия связи квантового канала с учетом влияния внешних факторов, изменяющихся во времени. Такой подход обеспечит гибкость исследований, за счёт изменения входных данных модели, позволит спрогнозировать состояние системы при

введении новых свойств, а главное — значительно снизит стоимость подобных исследований.

1. Карцан И.Н., Гончаренко Ю.Ю., Пелись В.В. Выявление канала утечки информации в квантовых сетях связи // Проблемы проектирования, применения и безопасности информационных систем в условиях цифровой экономики: материалы XXII Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный экономический университет «РИНХ», 2022. С. 92–96.

2. Пакин Р.А., Карачанская Е.А. Проблемы квантовой криптографии в разрезе атак на системы квантового распределения ключей // Информационные технологии в науке и образовании: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2024. С. 186–191.

3. Щирий А.О. Использование опыта разработки отечественной САПР РЛС при создании цифровых двойников технических, природных и социальных систем как имитационных моделей многоагентного типа // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2023): материалы XI Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. Казань: Издательство АН РТ, 2023. С. 194–201.

FEATURES OF THE USE OF DIGITAL TWINS FOR THE STUDY OF QUANTUM KEY DISTRIBUTION SYSTEMS

Brachunova U.V.

(Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics)

The article discusses the problems of studying the quantum key distribution system. The article shows the features of the implementation of quantum cryptography, which complicate the analysis of the main characteristics of the passage of an optical pulse and the resistance of transmitted information to unauthorized access. A promising direction of research in the field of using digital twins of the quantum key distribution system is outlined.

БЕЗОПАСНАЯ АКТИВАЦИЯ УСТРОЙСТВ В СЕТЯХ LPWAN*Гребешков А.Ю.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Одной из основных задач обеспечения безопасности информации, которые должны решаться в маломощных узкополосных сетях LPWAN, в частности в сетях LoRaWAN, является активация. Активация (activation) есть процедура присоединения оконечного устройства к сети LoRaWAN. Активация предполагает обеспечение аутентификации устройства в сети, поддержку целостности сообщений и конфиденциальности. Эти основные функции безопасности инициализируются во время активации устройства, когда устройство LoRaWAN подключается (или повторно подключается) к сети LoRaWAN.

В процессе активации осуществляется взаимная аутентификация между оконечным устройством LoRaWAN и сетью LoRaWAN как часть процедуры присоединения к сети LPWAN в целом [1]. Аутентификация есть начальный этап с точки зрения информационной безопасности в развертывании сетей LPWAN. Корректность процесса аутентификации гарантирует, что только подлинные и авторизованные устройства будут подключены к подлинным и аутентичным сетям. В процессе обмена сообщениями при активации на канальном уровне MAC осуществляется проверка подлинности источника, контролируется целостность данных аутентификации, а сообщения в целом защищаются от повторного воспроизведения и шифруются. Активацию оконечных устройств в сетях LPWAN рассматривается в основном на примере стандарта LoRaWAN v1.1, на основе которого разработан российский государственный стандарт LoRaWAN RU.

Существует два способа активации оконечного устройства в сети LoRaWAN, а именно активация по воздуху (Over The Air Activation, OTAA) и активация путем персонализации (Activation By Personalization, ABP). При активации по воздуху ключевая информация для аутентификации передается через радиозфир с помощью процедуры «запрос – ответ». Активация через персонализацию ABP означает активацию оконечного устройства в сети через предустановленные параметры контекста сеанса связи. Ключи безопасности и параметры сеанса связи при ABP непосредственно передаются на оконечное устройство через локальное проводное подключение у производителя в процессе сборки.

В любом случае перед активацией оконечным устройствам необходимо предоставить некоторую базовую информацию, например, идентификаторы устройств и сетей), и это может осуществить производитель оконечного устройства непосредственно на предприятии или оператор связи во время ввода в эксплуатацию с помощью ОТАА. К таким идентификаторам относится JoinEUI, DevEUI, AppKey и NwkKey.

Ключ AppKey представляет собой уникальный цифровой 16-байтовый прикладной первичный ключ оконечного устройства, который использует алгоритм шифрование AES-128 и назначается в ходе производства устройства. Ключ AppKey не требуется оконечным устройствам, поддерживающим только процедуру ABP. Ключ AppKey сохраняется в энергонезависимой памяти устройства, поддерживающего использование процедуры ОТАА, и не требуется для сохранения в памяти оконечным устройствам, поддерживающим только ABP. В свою очередь, ключ NwkKey может быть использован в сети LoRaWAN для управления процедурой присоединения. Наличие этого ключа не предоставляет возможности оператора сети декодировать данные приложений. В сети LoRaWAN дополнительно реализуется сквозное шифрование полезной нагрузки приложений Интернета вещей, которыми обмениваются конечные устройства и серверы приложений. Этот подход, без использования механизмов безопасности на уровне протоколов VPN и TLS, подходит для сетей LPWAN в целом, поскольку любые дополнительные техники и протоколы безопасности приводят к значительному дополнительному энергопотреблению устройств, увеличивают сложность и стоимость сети.

1. Гребешков А.Ю., Дараев Д.М. Разработка интеллектуального сенсорного узла на базе технологии LoRa // Инфокоммуникационные технологии. 2021. Т. 19, № 2. С. 179–186.

SECURE DEVICE ACTIVATION IN LPWAN NETWORKS

Grebeshkov A.Y.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Mutual authentication is performed between the LoRaWAN endpoint and the LoRaWAN network as part of the procedure for joining the LPWAN network. In any case, the end devices need to be provided with some basic information before activation, such as device and network identifiers) and this can be done by the end device manufacturer directly in the enterprise.

**ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОРРЕЛЯЦИИ
ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ИНДИКАТОРОВ КОМПРОМЕТАЦИИ (ИОС)
ПОВЕДЕНЧЕСКИМИ ДАННЫМИ**

Красюков К.В., Поздняк И.С.

*(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

Традиционные индикаторы компрометации (Indicators of Compromise, ИОС) предоставляют информацию о известных угрозах, но часто оказываются недостаточными для выявления новых или модифицированных атак. Обогащение ИОС поведенческими данными позволяет повысить эффективность систем киберзащиты, обеспечивая более глубокий анализ и обнаружение аномалий.

Корреляционный анализ предоставляет инструментарий для оценки взаимосвязей между различными типами индикаторов. Коэффициент корреляции Пирсона измеряет степень линейной зависимости между двумя количественными переменными и используется при нормальном распределении данных. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена оценивает монотонную зависимость между переменными на основе их рангов и применим при наличии выбросов или ненормальном распределении [1].

Для эффективного обогащения индикаторов компрометации поведенческими данными следует выполнить ряд шагов. Во-первых, необходимо собрать релевантные данные: технические ИОС (например, IP-адреса, хеши файлов, сигнатуры атак) и поведенческие данные (журналы событий, сетевой трафик, показатели использования ресурсов, активности пользователей). Эти данные отражают как явные признаки компрометации, так и потенциальные аномалии в функционировании системы. Далее проводится предварительная обработка данных, включающая нормализацию и стандартизацию для обеспечения сопоставимости различных наборов данных. Очистка данных от шумов и аномальных выбросов повышает точность последующего анализа. Такой подход позволяет создать надежную основу для выявления статистически значимых взаимосвязей.

Коэффициент Пирсона подходит для данных с нормальным распределением и отсутствием выбросов, тогда как коэффициент Спирмена эффективен при анализе данных с ненормальным распределением или при наличии экстремальных значений.

Расчет коэффициентов корреляции между ИОС и поведенческими показателями дает возможность определить степень и направление

взаимосвязи. Положительный коэффициент корреляции указывает на то, что увеличение одного параметра сопровождается ростом другого, что может свидетельствовать о взаимосвязанности определенных событий или действий. Отрицательный коэффициент указывает на обратную зависимость, где рост одного параметра сопровождается снижением другого. Интерпретация полученных результатов должна учитывать контекст организации, ее инфраструктуру и специфические особенности бизнес-процессов. Например, обнаружение высокой корреляции между увеличением числа несанкционированных попыток доступа и активностью пользователей в нерабочее время может указывать на внутреннюю угрозу или компрометацию учетных записей. Это позволяет разработать целенаправленные меры по усилению контроля доступа и обучению персонала. Применение статистических методов корреляции для обогащения ИОС поведенческими данными способствует более точному и быстрому обнаружению киберугроз. Такой подход улучшает качество мониторинга безопасности, позволяет предсказывать потенциальные атаки и снижает нагрузку на аналитиков за счет уменьшения числа ложноположительных срабатываний.

Интеграция поведенческих данных с традиционными индикаторами компрометации и их анализ с помощью статистических методов корреляции существенно повышают уровень кибербезопасности организации. Это обеспечивает более глубокое понимание происходящих событий, повышает скорость реагирования на инциденты и позволяет принимать обоснованные решения по защите информационных ресурсов.

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. 9-е изд. М.: Юрайт, 2018. 480 с.

APPLICATION OF STATISTICAL CORRELATION METHODS TO ENRICH INDICATORS OF COMPROMISE (IOC) WITH BEHAVIORAL DATA

Krasyukov K.V., Pozdnyak I.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Modern cyber threats are becoming increasingly sophisticated and complex, requiring organizations to implement advanced methods of attack detection and prevention. Traditional Indicators of Compromise (IOC), such as IP addresses, file hashes, and domain names, provide information on known threats but are often insufficient for identifying new or modified attacks. Enriching IOC with behavioral data enhances the effectiveness of cybersecurity systems by enabling deeper analysis and anomaly detection.

АНАЛИЗА СРОКА ЖИЗНИ ИНДИКАТОРОВ КОМПРОМЕТАЦИИ*Поздняк И.С., Ларичев Р.С.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Каждый год появляются миллионы новых угроз, оставляющих за собой индикаторы компрометации. Добавление всего одного символа в любой документ приведет к изменению его хеш-суммы, что означает, что возможно больше не встретить этот файл в будущих атаках. Растущее количество новых индикаторов в итоге заставит решать, какие из них продолжать мониторить, а какие можно списать – решающим фактором здесь станет их актуальность.

Также постоянное увеличение объема новых правил для блокировки сильно сказывается на общую производительность системы по средству защиты информации, и несет угрозу критичному элементу, который служит защитой инфраструктуры.

Сущность, которая раньше была IoC, может со временем начать хостить какой-либо сервис, с которыми, нужно будет взаимодействовать.

Для решения данных проблем приведем метод для контроля срока жизни индикаторов компрометации.

Все индикаторы компрометации, которые можно обнаружить в инфраструктуре, можно рассмотреть по принадлежности к доменам систем и доменам данных.

Комбинируя эти сведения с составом признаков индикатора компрометации в зависимости от допустимого времени реакции, можно сформировать приоритет инцидента при его детектировании.

При этом нужно понимать, может ли IoC стать легитимным со временем, какой минимальный срок актуальности индикатора в зависимости от состояния анализируемых данных, нужно ли контролировать срок жизни данного индикатора.

Время жизни ($score(a)$) данных индикаторов можно описать в виде некой функции, которая характеризует скорость выхода срока годности IoC с течением времени. Индикатору компрометации, дается базовая оценка ($base\_score(a)$), которая находится в пределах от 0 до 100, она учитывается надежностью в поставщике IoC. При повторном обнаружении базовая оценка может меняться. Вводится время $t(a)$, при котором общая оценка равна нулю. Вводится понятие скорости выхода срока годности индикатора ($decay\_rate$), которое указывает на скорость снижения общей оценки индикатора со временем. Вводятся временные метки $T(t)$ и $T(t-1)$,

которые указывают на данное время и время, когда индикатор был замечен в последний раз.

$$score\alpha = basesscore\alpha \times \left(1 - \left(\frac{t}{t(a)} \right)^{\frac{1}{\delta\alpha}} \right),$$

где, $t = T(t) - T(t-1) > 0$.

Параметр $t(a)$ нужно считать, как $(t(n)-t(0)) + t(max)$, где $t(0)$ – время первого обнаружения индикатора, $t(n)$ - время последнего обнаружения индикатора, $t(max)$ – максимальное время между двумя обнаружениями индикатора.

Проводя инвентаризацию конкретной защищаемой инфраструктуры, выясняя возраст ПО и оборудования, которое в ней используется, мы определяем *decay_rate* для каждого типа индикаторов компрометации.

С появлением сроков годности каждого индикатора мы можем определить примерное время, когда их можно списать. Также стоит отметить, что расчет времени списания следует проводить только тогда, когда замечена тенденция к снижению базовой оценки индикатора.

Метод жизненного цикла IoC, потенциально может помочь контролировать не только те индикаторы, которые используются на системах защиты информации в результате реагирования на инциденты. Успешная реализация этого подхода со стороны поставщиков информации о киберугрозах позволит настраивать потоки угроз таким образом, чтобы они содержали индикаторы компрометации с определенным временем действия для конкретных заказчиков и инфраструктур.

1. Tounsi W., Rais H. A Survey on Technical threat Intelligence in the Age of Sophisticated Cyber-Attacks // Computer Security. 2018. Vol. 72. P. 212–233.

ANALYSIS OF THE LIFECYCLE OF INDICATORS OF COMPROMISE

Pozdnyak I.S., Larichev R.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Every year, millions of new threats emerge, leaving behind indicators of compromise. Adding just one character to any document will change its hash, meaning that the file may not be seen in future attacks. The growing number of new indicators will eventually force a decision on which ones to continue monitoring and which ones to write off – the deciding factor here will be their relevance.

АНАЛИЗ СОБЫТИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ AI-АССИСТЕНТА

Буранова М.А., Немов А.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Одной из важнейших задач в информационной безопасности (ИБ) являются задачи, связанные с работой с инцидентами информационной безопасности. Здесь ключевым моментом является интерпретация событий информационной безопасности.

Как правило, события ИБ в системе SIEM (система мониторинга событий ИБ и выявления инцидентов, Security Information and Event Management) могут формироваться двумя способами: Rule-based подход (используется в искусственном интеллекте и экспертных системах для принятия решений или решения задач), и подход, основанный на машинном обучении (ML-based) [1]. Под Rule-based понимают правила корреляции, которые пишут эксперты.

Аналогичная ситуация может быть и с решениями, основанными на машинном обучении (ML-based), на примере модуля поведенческого анализа. К примеру, есть модели машинного обучения, у которых есть имена, а также вердикты, написанные человеческим языком [2].

Для получения большего контекста и данных пользователь отправляет запрос с уникальным корреляционным идентификатором (ID) события, после чего необходимо получить определенную информацию. В случае с SIEM API необходимо получить заполненную карточку события, то есть со всеми полями таксономии, а по результатам обработки модуля поведенческой аналитики получить результаты, то есть по событию получить огромный массив данных с положительным результатом проверки или отрицательным результатом проверки ML моделей, которые, собственно, и необходимо объяснить пользователю. Требуется база, где лежат знания о корреляции, некоторая дополнительная информация, а также база MITRE ATT&CK, которые нужно получить, чтобы сформировать доступный ответ пользователю. После обработки в LLM (языковая модель, Large Language Model) и доработки, и приведения к доступному виду ответ поступает пользователю.

На этом этапе можно воспользоваться подходом, предложенном в [3]. Он основан на эффективной технике – Few-Shot (подходы к обучению), которая заключается в том, что показывает определенные LLM пары (запрос-ответ), для того чтобы получить более структурированный и последовательный ответ. В итоге формируется описание корреляции Rule-

based подхода. В первом блоке показано, что это за корреляция и что она обнаруживает, во втором – в чём заключается опасность такого события для инфраструктуры, в третьем блоке LLM – что может сделать злоумышленник если сработала данная корреляция и в последнем блоке – результаты поиска по технике MITRE ATT&CK.

При использовании ML-based при таком же сценарии, в случае, если пользователь не знает, что это за процесс, LLM позволяет описать процесс с пояснением задач, которые он выполняет. Во втором блоке присутствуют процессы работы ML модели, то есть некоторые логические выводы, которые могут помочь пользователю, например, определить ложноположительное срабатывание или атаку. Кроме этого, ML дает некоторые рекомендации о процедурах, позволяющих более точно идентифицировать данную атаку.

Очевидно, что использование машинного обучения значительно упрощает работу пользователя, позволяет сделать более точные выводы о характере атаки и возможных сценариях адекватной реакции на нее. Развитие данного направления является одним из приоритетных в ИБ.

1. И снова про SIEM/ Хабр [Электронный ресурс] / URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/773430/> (дата обращения: 19.09.2024).

2. Что такое SIEM. Энциклопедия Касперского [Электронный ресурс] / URL: <https://encyclopedia.kaspersky.ru/glossary/siem/?ysclid=m1ai6j3acu727830800> (дата обращения: 19.09.2024).

3. Выявление инцидентов ИБ с помощью SIEM: типичные и нестандартные задачи [Электронный ресурс] / URL: <https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/incidents-siem-2020-rus.pdf> (дата обращения: 22.09.2024).

APPLICATION OF VARIOUS APPROACHES TO THE ANALYSIS OF INFORMATION SECURITY INCIDENTS

Buranova M.A., Nemov A.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

An approach is shown that makes it possible to identify information security incidents using the SIEM system by applying various methods and correlations.

МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ФИЛЬТРАЦИИ ТРАФИКА

Азюков А.И., Карташевский И.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Появление шифрования бросило существенный вызов традиционным методам классификации трафика. Методы, которые раньше полагались на проверку полезной нагрузки и классификацию на основе портов, теперь стали неэффективны против завесы шифрования.

В настоящее время для классификации зашифрованного трафика в реальном мире используются такие приложения, как Cisco Encrypted Traffic Analytics (ETA), Darktrace, Symantec Encrypted Traffic Management (ETM) и Vectra AI. Cisco ETA выявляет вредоносное ПО в зашифрованном трафике с помощью сетевой телеметрии и машинного обучения. Darktrace использует обнаружение аномалий на основе искусственного интеллекта для выявления угроз в зашифрованных данных. Symantec ETM расшифровывает, проверяет и повторно шифрует трафик, используя глубокую инспекцию пакетов для классификации. Платформа Cognito от Vectra AI использует машинное обучение и поведенческий анализ для обнаружения угроз в зашифрованном трафике. Эти решения подчеркивают, что отрасль полагается на машинное обучение и искусственный интеллект для безопасного и эффективного управления зашифрованным трафиком.

Рассмотрим методы классификации сетевого трафика, по используемым техникам.

На основе портов. Этот метод, один из старейших в классификации сетевого трафика, опирался на фиксированные номера портов, присвоенные Управлением по присвоению номеров в Интернете на ранних этапах развития Интернета. Этот подход облегчал ассоциацию сетевых приложений с соответствующим им трафиком посредством сканирования портов, что позволяло идентифицировать трафик. Однако с экспоненциальным ростом сетевых приложений и динамических методов работы с портами сканирование портов перестало быть применимым в современной сетевой среде.

На основе полезной нагрузки. Исходя из ограничений сканирования портов, исследователи предложили методы Deep Packet Inspection (DPI) для идентификации трафика. DPI исследует часть данных пакета (полезную нагрузку) и использует известные сигнатуры для идентификации типа трафика. Основной принцип DPI заключается в том,

что пакеты данных различных протоколов связи имеют определенный формат, и путем извлечения полезной нагрузки из пакетов можно найти определенные символы или строки со значимой информацией. Это специфическое содержимое служит индикатором для распознавания типа трафика. Однако этот метод сопряжен с риском нарушения конфиденциальности пользователей, большими вычислительными затратами и неэффективностью при работе с зашифрованным трафиком.

Построение следов. Чтобы устранить ограничения методов классификации трафика на основе полезной нагрузки, в ряде исследований для классификации трафика использовалась незашифрованная информация о поле протокола. Для представления каждого потока используются такие характеристики, как тип устройства, данные сертификата, размер пакета и информация о времени, что позволяет построить библиотеку отпечатков с помощью методов кластеризации и кросс-корреляции для эффективной классификации трафика. Однако эти методы в значительной степени опираются на информацию в открытом тексте, которая может быть легко подделана во время передачи.

Статистические методы. Эта категория предполагает ручное извлечение таких характеристик, как размер и время движения, с использованием алгоритмов машинного обучения для классификации трафика. Классификатор Random Forest – это классический алгоритм машинного обучения, который в процессе обучения строит несколько деревьев решений и выводит модель класса для задачи классификации. Хотя эти методы позволяют обойтись без проверки содержимого пакетов и, таким образом, подходят для классификации зашифрованного трафика, они также сталкиваются с ограничениями. Простые статистические признаки часто не обеспечивают точной классификации, а получение сложных признаков требует значительных усилий и ресурсов.

MACHINE LEARNING MODELS IN TRAFFIC FILTERING PROBLEMS

Azyukov A.I., Kartashevskiy I.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report examines network traffic filtering methods based on machine learning including port-based methods deep packet inspection, traction transformer, statistical methods such as random forest and others.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕТЯХ ИОТ*Шакурский М.В., Карташевская Е.С.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

В данной работе представлен подход к моделированию угроз в сетях Интернета вещей на основе модели STRIDE (англ. аббревиатура от шести основных типов угроз: спуфинг, фальсификация, отказ, раскрытие информации, отказ в обслуживании и повышение привилегий).

В [1] был представлен фреймворк на основе Microsoft STRIDE для интернета вещей и киберфизических системах для поиска уязвимостей компонентов и выявления их взаимозависимости. Однако устранение уязвимостей в каждом отдельно взятом компоненте может оказывать существенное влияние на безопасность всей системы в целом. Анализ угроз и оценка рисков являются важнейшими инструментами для поддержания приемлемого уровня безопасности и внедрения соответствующих стратегий защиты.

Для моделирования угроз и оценки рисков, а также разработки стратегий снижения риска для противодействия потенциальным угрозам в сетях Интернета вещей, предлагается подход, основанный на последовательном принятии решений на уровне компонентов, как показано на рис. 1.

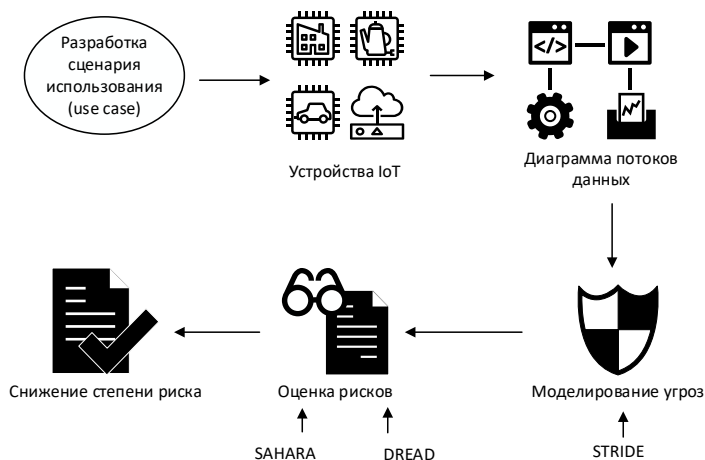


Рис. 1. Подход к моделированию

В начале, на основе известных подходов разрабатывается сценарий использования, который объясняет, каким образом может произойти атака со стороны злоумышленника. Следующим шагом является определение и описание устройств (компонентов) сети Интернета вещей, которые могут быть подвержены атаке. Затем следует создание диаграммы потока данных, представляющей собой подробное описание устройств, рассматриваемых для моделирования угроз и связанных с ними потоков данных. Модель STRIDE используется для проведения моделирования угроз, результатом которой является отчет, в котором описываются выявленные угрозы. Оценка риска выполняется с использованием методологий SAHARA [2] и DREAD [3]. Таким образом, при помощи STRIDE моделируются и идентифицируются угрозы, а на основе методологий SAHARA и DREAD эти выявленные потенциальные угрозы их ранжируются. На основе выявленных ранжированных угроз предлагаются общие механизмы защиты для повышения безопасности.

1. STRIDE-based Threat Modeling for Cyber-Physical Systems / R. Khan [et al.] // 2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe). Torino, Italy, 2017. DOI: 10.1109/ISGTEurope.2017.8260283

2. SAHARA: A Security-Aware Hazard and Risk Analysis Method / G. Macher [et al.] // 2015 Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition. 2015. Grenoble, France, 2015. P. 621–624.

3. Threat Modeling Process [Электронный ресурс] / URL: https://owasp.org/www-community/Threat_Modeling_Process#subjective-modeldread (дата обращения: 09.09.2024).

MODELING SECURITY THREATS IN IOT NETWORKS

Shakurskiy M.V., Kartashevskaya E.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This paper presents an approach to threat modeling in the Internet of Things networks based on STRIDE.

**ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ В ТРАФИКЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ НА
ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ***Карташевская Е.С.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики)*

Машинное обучение представляется многообещающим решением для обнаружения угроз и защиты устройств IoT от кибератак. Данные методы могут быть применены, например, при разработке системы контроля и обеспечения безопасности сбора данных, реализующей мониторинг сетевого трафика в реальном времени, разработке системы обнаружения аномалий на основе алгоритмов машинного обучения для безопасности «умного города», создании распределенной системы обнаружения вторжений в системе сбора данных, анализа сетевых аномалий для обнаружения утечек конфиденциальной информации в энергетической системе. В данной работе предлагается использовать метод машинного обучения, основанный на копула-функциях, для обнаружения аномалий в сетях интернета вещей [1].

Для оценки эффективности работы предложенной модели был использован IoT-23 Dataset [2], который содержит размеченные данные (обработанный .pcap файл), описывающие поведение различных устройств IoT, находящихся под различными атаками (Mirai, DDoS и т.д.). Для набора данных была проведена предварительная обработка: удаление пропущенных значений, нормализация признаков и преобразование категориальных признаков. Данные были разделены на две выборки различных размеров.

Для сравнения использовались следующие методы:

1. К-ближайших соседей (kNN). Этот метод классифицирует точку данных как аномалию, если ее k ближайших соседей находятся далеко от нее.

2. Оценка выбросов на основе гистограммы (HBOS). Этот метод определяет аномалии, анализируя плотность распределения данных. Точки данных с низкой плотностью считаются аномалиями.

3. Кластерный фактор локального выброса (CBLOF). Этот метод основан на кластеризации данных. Точки данных, которые находятся далеко от своих кластеров, считаются аномалиями.

4. Изолирующий лес (Isolation Forest). Этот метод строит множество случайных деревьев решений, которые изолируют аномалии. Чем меньше шагов требуется для изоляции точки данных, тем вероятнее она является аномалией.

В качестве метрик рассматривались:

1. Точность (Precision) – доля правильно предсказанных аномалий.
2. Полнота (Recall) – доля обнаруженных аномалий.
3. AUC-ROC – площадь под кривой ROC, которая показывает способность модели различать аномалии и нормальные данные.

Результаты предлагаемого метода представлены на рис. 1.

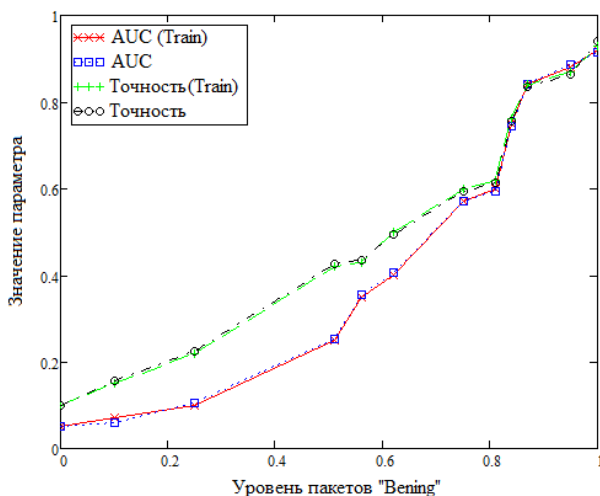


Рис. 1. Предлагаемый метод

1. Карташевская Е.С. Сравнительный анализ методов машинного обучения «без учителя» в задачах выявления аномалий в сетях интернета вещей // Инфокоммуникационные технологии. 2022. Т. 20, № 4. С. 73–79.

2. IoT23-dataset [Электронный ресурс] / URL: <https://www.kaggle.com/datasets/astral fate/iot23-dataset> (дата обращения: 09.05.2024).

DETECTING ANOMALIES IN INTERNET OF THINGS TRAFFIC BASED ON MACHINE LEARNING

Kartashevskaya E.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The article discusses machine learning-based anomalies detection in internet of things traffic. Different approaches to anomaly detection are compared using AUC-ROC metric.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК

Аникин С.А., Козырева Н.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

По оценкам ученых и специалистов в области информационной безопасности, прогнозная аналитика кибератак будет играть важную роль в будущем данной отрасли, поскольку она использует ретроспективные данные и статистические алгоритмы для прогнозирования будущих угроз. Наиболее многообещающим аспектом прогностической аналитики является то, что благодаря стремительному развитию машинного обучения станет возможным обучать машины тому, как это делать, что позволит исключить человеческие ошибки. Это повысит эффективность обнаружения угроз на самых ранних стадиях и даст возможность специалистам действовать проактивно, а не реагировать на уже реализованные угрозы.

В докладе приведен обзор подходов и методов в задачах прогнозирования, используемых в области кибербезопасности.

Стоит рассмотреть методы прогнозирования с точки зрения их теоретического обоснования. Как правило, метод прогнозирования в кибербезопасности основан на модели атаки или модели состояния сетевой безопасности. Наглядными примерами являются графические модели развития атаки [1] или теоретико-игровое представление взаимодействия атакующего и защищающегося. Таким образом подходы, основанные на дискретных моделях, составляют первую категорию методов.

Однако, ситуация с сетевой безопасностью может быть представлена с помощью непрерывной математической модели, например, временные ряды или модель Грея, которые хорошо подходят для прогнозирования. Эти подходы можно отнести к второй категории методов.

Третья категория методов прогнозирования включает методы, основанные на машинном обучении и интеллектуальном анализе данных. Общей характеристикой таких методов является то, что они включают этап обучения, т.е. создание базы знаний для формирования дальнейших прогнозов.

Четвертая категория содержит методы, которые либо очень специфичны, либо их трудно классифицировать. Например, прогнозы объема DDoS-атак и прогнозы, основанные на анализе настроений в социальных сетях. Также четвертая категория включает в себя группу подходов, основанных на сходстве, которые, к сожалению, сильно

фрагментированы, и группу методов, основанных на эволюционных вычислениях, которые появились совсем недавно, и, следовательно, еще слишком рано их корректно классифицировать.

Помимо теоретических основ, исследователям необходимы исходные данные, которые используются для прогнозирования. Существует множество доступных источников данных с различными уровнями абстракции. В зависимости от используемого метода исследователь может работать с необработанными данными, такими как сетевой трафик и системные журналы, или с абстрактными данными, такими как предупреждения, генерируемые системами обнаружения вторжений, а также с данными, представленными в численном виде, характеризующими риски информационной безопасности. Кроме того, данные могут быть доступны либо в виде синтезированного набора данных, либо собраны из реальной среды. Значительная сложность в работе с исходными данными заключается в их изменчивости и неоднородности. Таким образом, корректность некоторых методов сложно оценить с точки зрения практической реализации [2].

1. Козырева Н.И., Тарская Е.Д. Прогнозирование сетевых атак с применением количественного метода оценки на основе графов // Проблемы техники и технологий телекоммуникаций (ПТиТТ-2023): материалы XXV Международной научно-технической конференции. Казань: КНИТУ-КАИ, 2023. С. 484–485.

2. A Survey of Cyber Security Approaches for Prediction / H. Liu [et al.] // 2021 IEEE Sixth International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC). 2021. P. 439–444.

ANALYSIS OF APPROACHES TO PREDICTING COMPUTER ATTACKS

Anikin S.A., Kozyreva N.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

According to scientists and information security experts, predictive analytics of cyberattacks will play an important role in the future of this industry, as it uses retrospective data and statistical algorithms to predict future threats. The most promising aspect of predictive analytics is that, thanks to the rapid development of machine learning, it will be possible to teach machines how to do it, which will eliminate human errors. This will increase the effectiveness of threat detection at the earliest stages and enable specialists to act proactively rather than react to threats that have already been implemented. The report provides an overview of approaches and methods in forecasting tasks used in the field of cybersecurity.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕТЕВЫХ АТАК

Абрамов К.И., Щанькин К.Д., Козырева Н.И.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

С увеличением объема данных и усложнением сети интернет возрастает риск сетевых атак, что создает необходимость в разработке эффективных методов обнаружения и прогнозирования этих атак. Машинное обучение, как одно из современных направлений искусственного интеллекта, предоставляет мощные инструменты для анализа и обработки больших объемов данных, что позволяет улучшить уровень безопасности информационных систем.

Использование методов машинного обучения позволяет значительно улучшить время реакции систем безопасности на возникающие угрозы, что, в свою очередь, снижает вероятность успешного проведения атак. Машинное обучение позволяет не только обнаруживать DDoS-атаки, но и прогнозировать их возникновение на основе анализа сетевого трафика [1].

Процесс разработки модели прогнозирования включает несколько этапов: сбор и подготовка данных, выбор алгоритма, обучение модели, оценка ее точности и применение в реальных условиях. Важно правильно обработать признаки, чтобы алгоритм мог точно идентифицировать аномалии в сетевом трафике.

Применение искусственного интеллекта и машинного обучения в кибербезопасности охватывает широкий спектр задач. Например, веб-фильтрация и DNS-фильтрация позволяет анализировать сетевой трафик и URL-адреса для выявления и блокировки вредоносных сайтов и управление уязвимостями помогает командам безопасности приоритизировать и оценивать угрозы на основе исторических данных [2].

Среди популярных алгоритмов машинного обучения, которые можно применять для прогнозирования сетевых атак, выделяются деревья решений, метод опорных векторов (SVM), случайные леса и градиентный бустинг. Для сравнения их эффективности было проведено исследование, которое показало, что метод случайных лесов и градиентный бустинг обеспечивают наилучшие результаты в задачах классификации сетевых атак, достигая точности более 95% [3].

Использование машинного обучения в задачах прогнозирования сетевых атак представляет собой перспективный и эффективный подход, способный существенно повысить уровень защиты информационных систем. Тем не менее, для достижения максимальной эффективности

необходимо проводить регулярные обновления и доработки моделей, используя свежие данные о сетевых угрозах.

1. Machine Learning Techniques to Detect a DDoS Attack in SDN: A Systematic Review [Электронный ресурс] / URL: <https://www.mdpi.com/> (дата обращения: 20.09.2024).

2. Козлова Н.Ш., Довгаль В.А. Анализ применения искусственного интеллекта и машинного обучения в кибербезопасности // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2023. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-i-mashinnogo-obucheniya-v-kiberbezopasnosti/viewer> (дата обращения: 17.09.2024).

3. Применение машинного обучения для решения задач в IT-отрасли: практические примеры и перспективы развития [Электронный ресурс] / URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/538199.php?ysclid=m16691ypjp859988414> (дата обращения: 17.09.2024).

MACHINE LEARNING IN NETWORK ATTACK PREDICTION TASKS

Abramov K.I., Shchankin K.D., Kozyreva N.I.
(*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics*)

With the increasing volume of data and the complexity of the Internet, the risk of network attacks increases, which creates the need to develop effective methods for detecting and predicting these attacks. Machine learning, as one of the modern areas of artificial intelligence, provides powerful tools for analyzing and processing large amounts of data, which allows you to improve the security of information systems. The use of machine learning methods can significantly improve the response time of security systems to emerging threats, which, in turn, reduces the likelihood of successful attacks. Machine learning makes it possible not only to detect DDoS attacks, but also to predict their occurrence based on network traffic analysis. The report describes popular machine learning algorithms that can be used to predict network attacks, such as decision trees, the Support Vector Machine method, random forests and gradient boosting.

ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Козырева Н.И., Калемалькина А.А., Сафронова А.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Так как люди основывают свои решения на информации, которую они получают и используют в повседневной жизни, необходимо быть готовыми к возможности совершить ошибку. К примеру, существует вероятность неправильного определения правомерности доступа к информации со стороны сотрудников организации. Более того, всегда есть ограничения в возможностях человека для осуществления принятых решений.

«Человеческий фактор» включает особенности, возникающие при взаимодействии с технологиями, что приводит к случайным ошибкам.

К его основным компонентам относятся:

1. Социально-психологические качества и культура.
2. Профессионализм, ответственность и дисциплина.
3. Коллективные состояния: единство команды и образцовое лидерство.

Существует две основные интерпретации «человеческого фактора»: как роль человека в социальных системах и как сумму индивидуальных особенностей. Усложнение информационных систем увеличивает необходимость участия человека [1].

Поскольку компьютеры и информационные системы становятся все более распространенными, растет важность участия человека. В конце 20-го века, благодаря быстрому развитию телекоммуникаций, компьютерной техники и программного обеспечения, информационные системы стали гораздо сложнее, и требования к операторам усложнились.

Причины, которые приводят к ошибкам человека, можно сгруппировать следующим образом:

- недостатки информации и инструкций;
- внешние факторы;
- физическое и психологическое состояние;
- ограниченные ресурсы;
- игнорирование человеческого фактора [1].

Автор в [2] определяет человеческий фактор как 25% угроз информационной безопасности и подчеркивает, что технологические угрозы неотъемлемо связаны с человеческим фактором. Он выделяет два основных типа угроз: природный и человеческий. Также в данном

исследовании описаны формы проявления человеческого фактора, требующие мер по снижению рисков:

1. Несогласованность действий сотрудников (23%).
2. Ошибки из-за недостатка знаний о системе (38%) [3].

Эти проблемы подрывают потенциал систем и угрожают информационной безопасности. Необходимы исследования для разработки мер по минимизации влияния человеческого фактора и повышения уровня информационной безопасности.

Для повышения уровня информационной безопасности следует активно заниматься не только техническими проблемами, но и решать вопросы, связанные с «человеческим фактором».

1. Плотников Н.И. Нечеловеческий облик феномена «человеческого фактора» // Управление персоналом. 2006. № 19 (149). С. 56–61.

2. Еркин А.В. Человеческий фактор в обеспечении информационной безопасности автоматизированной системы электронного документооборота: теория и практика проявления // Научный вестник Уральской академии государственной службы: политология, экономика, социология, право. 2011. № 3. С. 31–39.

3. Еляков А.Д. Информационная перегрузка людей // Социологические исследования. 2005. № 5. С. 114–121.

THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR ON INFORMATION SECURITY

Kozyreva N.I., Kalemalkina A.A., Safronova A.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This article analyzes the importance of the «human factor» in modern information systems and its impact on decision-making. It is indicated that errors caused by socio-psychological characteristics, lack of knowledge and external factors can threaten information security. The report emphasizes that in order to increase the level of information security, a comprehensive solution is needed, including both technical and social aspects.

ОБЗОР УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕТЯХ**IoT***Козырева Н.И., Теплов К.И.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

С развитием Интернета вещей (IoT) количество подключенных устройств стремительно увеличивается, что влечет за собой новые вызовы в области информационной безопасности. Устройства IoT, широко используемые в промышленности, медицине, умных домах и других областях, представляют собой важную часть современной цифровой инфраструктуры. Однако высокая степень их взаимосвязанности и уязвимости делает их привлекательными целями для кибератак. Математическое моделирование представляет собой эффективный инструмент для анализа распространения этих угроз, что позволяет исследователям выявлять уязвимости и разрабатывать стратегии защиты.

К основным угрозам информационной безопасности в сетях IoT можно отнести:

1. Атаки типа Denial of Service (DoS) и Distributed Denial of Service (DDoS). DoS-атаки направлены на перегрузку системы запросами, что выводит ее из строя, в то время как DDoS-атаки используют несколько скомпрометированных устройств для создания массовых перегрузок системы. В случае IoT эти атаки становятся более сложными из-за масштабов сети и большого числа уязвимых устройств. Важной задачей является выявление подозрительных устройств (Suspicious Nodes) до того, как они станут полностью зараженными (Infected Nodes), что моделируется с помощью математических методов.

2. Вирусы и ботнеты. Устройства IoT могут стать частью ботнетов, которые используются для запуска DDoS-атак или других кибератак. Математическое моделирование позволяет исследовать распространение вирусов по сети и предсказывать, когда и как произойдет заражение устройств. По данным исследований, число зараженных узлов быстро увеличивается в течение первых этапов атаки, что подтверждает необходимость быстрой идентификации и изоляции угроз.

3. Фишинг и кража данных. Устройства IoT, особенно те, что собирают и обрабатывают личные данные пользователей, часто становятся целью фишинговых атак, направленных на получение несанкционированного доступа к конфиденциальной информации. С помощью математического моделирования можно изучать процессы заражения устройств

фишинговыми угрозами и разрабатывать стратегии для минимизации последствий.

Для анализа угроз зачастую прибегают к использованию математических моделей. Математическое моделирование играет ключевую роль в изучении распространения кибератак в сетях IoT. Простейшие модели, такие как компартментные модели (подобные моделям распространения инфекционных заболеваний), позволяют исследовать динамику заражения и восстановления узлов в сети IoT. Такие параметры, как коэффициент распространения, помогают прогнозировать скорость и масштаб атак. Например, увеличение параметра восстановления может существенно снизить скорость распространения атаки, что демонстрирует результаты некоторых исследований.

Другие модели, такие как сетевые и агентные модели, дают более детализированную картину происходящего, включая сложные сценарии атак, такие как координированные атаки нескольких злоумышленников. Эти модели помогают предсказывать, какие узлы сети могут быть наиболее уязвимы, и как защитные меры (например, шифрование, обновления программного обеспечения (ПО), использование сильных паролей) могут замедлить или предотвратить атаки.

Эти модели помогают предсказывать, какие узлы сети могут быть наиболее уязвимы, и как защитные меры (например, шифрование, обновления ПО, использование сильных паролей) могут замедлить или предотвратить атаки.

OVERVIEW OF INFORMATION SECURITY THREATS IN IoT NETWORKS

Kozyreva N.I., Teplov K.I.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The report describes the most common threats to information security in IT networks, such as Denial of Service (DDoS), distributed denial of service (DDoS attacks), malware, botnets and phishing attacks that exploit weaknesses in Internet of Things networks. It is also noted that mathematical modeling plays a key role in studying the spread of cyber attacks in external networks. The use of mathematical models helps to predict the nature of attacks and identify vulnerabilities. These models support security measures such as encryption, regular updates, and strong passwords to reduce risks.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ IoT*Козырева Н.И., Савин Е.А.**(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

IoT и IIoT – это две новые информационные технологии, которые являются очень эффективными решениями для дома, промышленности и инфраструктуры. Эти системы позволяют внедрять сложные процессы. Популярность промышленного интернета вещей растет вместе с развитием Интернета вещей. Оба подхода предполагают обмен данными через Интернет, используют общие аппаратные платформы и управляются с помощью специализированного программного обеспечения. Это приводит к увеличению числа распространенных уязвимостей и возможных атак на промышленные объекты.

Отчет Frost & Sullivan показывает, что промышленная и ИТ-инфраструктура становится более прозрачной благодаря развитию Industrial 4.0 и отказу от изоляции промышленных объектов. Это влечет за собой общие уязвимости и использование служб безопасности на основе модели SaaS для промышленных объектов [1].

Помимо использования аппаратных устройств, к которым потенциальный злоумышленник может легко получить доступ, актуальными проблемами IoT (Интернет вещей) и IIoT (Промышленный интернет вещей) являются информационная безопасность. Многие из этих систем являются критически важными, и даже небольшая ошибка может остановить работу всей системы. Для хакеров это не составляет труда, поскольку такие сложные системы часто содержат уязвимые компоненты. Например, простой маршрутизатор может иметь множество уязвимостей, что позволяет злоумышленнику легко получить root-доступ к системе.

При анализе методов противодействия угрозам IoT следует акцентировать внимание на применении современных технологий и подходов для обеспечения безопасности в условиях быстроразвивающейся экосистемы. К ключевым направлениям относятся:

1. Искусственный интеллект и машинное обучение – использование алгоритмов для выявления аномалий в поведении устройств и предсказания потенциальных атак.
2. Блокчейн-технологии – внедрение децентрализованных решений для повышения надежности аутентификации и защиты данных.
3. Динамическое управление доступом – адаптивные системы, позволяющие менять уровни доступа в зависимости от контекста и угроз.

4. Интеграция безопасности на уровне проектирования – применение принципов «безопасности по дизайну» (Security by Design) для создания более устойчивых к атакам устройств.

5. Краевые вычисления (Edge Computing) – обработка данных на уровне устройств для снижения объема передаваемой информации и минимизации рисков утечек.

Эти подходы способствуют созданию более защищенных IoT-систем, обеспечивая оперативное реагирование на новые угрозы.

1. The Top Growth Opportunities for IoT in 2023 [Электронный ресурс] / URL: <https://www.frost.com/growth-opportunity-news/the-top-growth-opportunities-for-iot-in-2023/> (дата обращения: 20.09.2024).

ANALYSIS OF METHODS FOR COUNTERING IoT THREATS

Kozyreva N.I., Savin E.A.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

IoT and IIoT are transformative technologies that offer advanced solutions for home, industries, and infrastructure. While not involve data exchange via the Internet and share hardware platforms, they also introduce common vulnerabilities, increasing the risk of cyberattacks on industrial systems. As Industry 4.0 evolves, transparency grow, further exposing industrial sites to threats. Key security challenges include vulnerabilities in critical Hit and It systems, where ever minor flaws and health operations. Hackers exploit weak points, such as insecure routers, to gain unauthorized access. Effective countermeasures focus on AI for anomaly detection, blockchain for secure authentication, adaptive access control, security-by-design principles, and edge computing to reduce data exposure and improve system resilience.

МОДУЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЖУРНАЛОВ РАБОТЫ КОНТРОЛЛЕРА ДОМЕНА

Атарская Е.А., Вульфин А.М., Кириллова А.Д.

(Уфимский университет науки и технологий)

В работе предложены модели и алгоритмы обнаружения аномалий в функционировании информационной системы на основе анализа логов средств защиты информации с помощью нейросетевых моделей.

Проблемой является перегруженность специалистов центров мониторинга информационной безопасности (ИБ) в задачах ручного или автоматизированного анализа множества журналов регистрации событий средств защиты информации (СЗИ) и конечных систем.

Для повышения эффективности анализа накапливаемых данных журналов регистрации событий и повышения автоматизации и оперативности обнаружения инцидентов ИБ актуальным является применение комплекса методов и моделей машинного обучения в задачах обнаружения аномалий действий пользователей на основе данных контроллера домена.

Цель работы – повышение эффективности обнаружения аномалий пользовательских событий авторизации и аутентификации с помощью методов машинного обучения при анализе журналов регистрации событий контроллера домена.

Предложена структурная схема системы обнаружения аномалий, основанная на применении методов анализа собираемых событий и позволяющая выявить воздействия злоумышленника, получившего доступ в корпоративную сеть [1].

Разработан алгоритм обнаружения аномалий на основе анализа формализованных описаний цепочек событий и применения нейросетевых моделей автоэнкодеров с долгой краткосрочной памятью. Применение модели обнаружения аномалий позволяет с помощью адаптивной настройки порога фильтрации выделять одиночные события и цепочки событий, отличающиеся от текущего нормального состояния объектов в составе корпоративной информационной системы [2]. Выделение аномалий варьируется в количественном диапазоне от 0,1 до 10 %, и является дополнительным источником данных для SIEM системы.

Предварительно размеченные моделями выбросы были соотнесены с дополнительной информацией из SIEM и других источников мониторинга ИБ (контекстом), проведена ручная разметка групп событий и выбросов на основе контекста.

Особенностями предложенного подхода к построению детекторов аномалий по сравнению с аналогичными исследованиями является использование моделей, не требующих разметки на классы нормального и аномального функционирования, что потенциально позволяет обнаруживать аномалии, вызванные новыми типами атак злоумышленника [3].

Научная новизна предлагаемых алгоритма предобработки, модели анализа и алгоритма обнаружения аномалий основана на применении методов и моделей глубокого и машинного обучения, отличительной особенностью является совокупность этапов обработки и извлечения признаков, а также применение комитета нейросетевых моделей автоэнкодера с долгой краткосрочной памятью в сочетании с моделями машинного обучения IFO и LOF для адаптивного выделения аномальных цепочек событий. Это позволяет повысить эффективность анализа текстовых логов, и, следовательно, повысить оперативность выявления аномальных состояний компонент информационной системы.

1. Обеспечение информационной безопасности киберфизических объектов на основе прогнозирования и обнаружения аномалий их состояния / В.И. Васильев [и др.] // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 6. С. 90–119.

2. Вульфин А.М. Модели и методы комплексной оценки рисков безопасности объектов критической информационной инфраструктуры на основе интеллектуального анализа данных // Системная инженерия и информационные технологии. 2023. Т. 5, № 4 (13). С. 50–76.

3. Атарская Е.А., Вульфин А.М., Узбекова Л.Я. Система обнаружения аномалий состояния киберфизических объектов в задаче обеспечения информационной безопасности // Молодежный Вестник УГАТУ. 2023. Т. 1, № 27. С. 15–21.

DOMAIN CONTROLLER LOG INTELLIGENCE ANALYSIS MODULE

*Atarskaya E.A., Vulfin A.M., Kirillova A.D.
(Ufa University of Science and Technology)*

The paper proposes models and algorithms for detecting anomalies in the functioning of an information system based on the analysis of logs of information security tools using neural network models.

МОДУЛЬ ОБНАРУЖЕНИЯ ФИШИНГОВЫХ ССЫЛОК В СОСТАВЕ ЦЕНТРА МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Минко А.В., Вульфин А.М., Кириллова А.Д.
(Уфимский университет науки и технологий)*

Обнаружение фишинговых ссылок основано на оценке соответствия стандартам формирования URL и ряде эвристических правил, связанных с символьной фильтрацией и анализом информации о доменном имени целевого узла. Применение методов машинного обучения позволит в условиях нечеткости исходных данных повысить вероятность обнаружения фишинговых ссылок и оперативность анализа за счет и программно-аппаратной реализации системы.

Непрерывно возрастает количество атак на информационные системы с использованием методов социальной инженерии, включая атаки с подменой ссылок на официальные сайты организаций (фишинг) для получения конфиденциальной информации. Применение организационных мер и обучение пользователей должно сопровождаться применением встроенных и наложенных средств защиты информации от направленных и веерных фишинг-атак [1–3]. Эффективная программно-аппаратная реализация методов машинного обучения в задачах обнаружения фишинговых ссылок позволит повысить оперативность анализа и снизить затраты на вычислительные мощности.

Цель работы – повышение эффективности обнаружения фишинговых ссылок за счет разработки и программно-аппаратной реализации методов машинного обучения для классификации ссылок.

Разработана структурно-функциональная организация и прототип системы защиты от фишинг-атак на основе программно-аппаратной реализации методов машинного обучения.

Предложенные алгоритмы и модель анализа фишинговых ссылок реализованы в виде программного обеспечения на языке Python с оценкой эффективности на натурных данных. В итоге у полученных классификаторов вероятность правильно предсказать класс объекта составила 98% у многослойного персептрона и 99% у случайного леса, F1-мера составила у тех же алгоритмов 98% и 99% соответственно (Табл. 1).

Протестирована эффективность реализации с помощью эмулятора процессора ARM Cortex-53. Алгоритм случайного леса при компиляции с установленными флагами максимальной оптимизации превосходит классификатор на основе многослойного персептрона по времени обработки тестовой выборки в 4,5 раза.

Таблица 1. Оценка эффективности классификации фишинговых ссылок

Модель классификатора	Ассигасу, доля верных классификаций	F1-мера
Многослойный перцептрон	0,98	0,98
Случайный лес	0,99	0,99

Научная новизна предлагаемого решения заключается в разработке комплекса моделей анализа символического доменного имени, на основе методов нейросетевого моделирования и построения ансамбля случайных деревьев, отличающихся оптимизацией для аппаратных платформ, что позволяет повысить оперативность анализа при встраивании в существующие системы мониторинга.

1. Васильев В.И., Вульфин А.М., Кучкарова Н.В. Автоматизация анализа уязвимостей программного обеспечения на основе технологии Text Mining // Вопросы кибербезопасности. 2020. № 4 (38). С. 22–31.

2. Кутлыев Д.З., Шманина А.В. Использование алгоритмов машинного обучения для защиты от URL-фишинга // Мавлютовские чтения: материалы XV Всероссийской молодежной научной конференции. Уфа: УГАТУ, 2021. С. 430–435.

3. Обработка больших данных в системах мониторинга банковских транзакций / М.Ю. Сапожникова [и др.] // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (ITIDS'2018): материалы VI Всероссийской конференции. Уфа: УГАТУ, 2018. С. 190–197.

PHISHING LINK DETECTION MODULE AS PART OF THE INFORMATION SECURITY MONITORING CENTER

*Minko A.V., Vulfin A.M., Kirillova A.D.
(Ufa University of Science and Technology)*

Detection of phishing links is based on an assessment of compliance with URL formation standards and a number of heuristic rules related to symbolic filtering and analysis of information about the domain name of the target node. The use of machine learning methods will allow, in conditions of fuzzy initial data, to increase the probability of detecting phishing links and the efficiency of analysis due to the software and hardware implementation of the system.

АНАЛИЗ ДАННЫХ КИБЕРРАЗВЕДКИ С ПОМОЩЬЮ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

*Луцкович А.И., Вульфин А.М., Кириллова А.Д.
(Уфимский университет науки и технологий)*

Рассмотрена модель анализа данных киберразведки для систематизации информации из нескольких источников распространения индикаторов компрометации с последующим извлечением знаний из накапливаемых слабоструктурированных данных.

Киберразведка (Treat Intelligence, TI) позволяет агрегировать потоки информации об инцидентах информационной безопасности (ИБ) из различных источников для специалистов, обеспечивающих мониторинг состояния корпоративных информационных системы. Проблемой являются существенные объемы и слабая структурированность собираемых данных, что затрудняет их оперативный анализ и реагирование на инциденты ИБ [1, 2].

Целью работы является повышение эффективности анализа данных киберразведки с помощью методов искусственного интеллекта.

Предлагается следующий вариант интеграции больших языковых моделей (Large Language Model, LLM) с механизмом дополнительного расширенного поиска информации (Retrieval-Augmented Generation, RAG) в состав системы управления данными киберразведки (СУДК) для реализации человеко-машинного интерфейса на естественном языке для повышения эффективности анализа экспертами собираемых на платформе MISP [3, 4] слабоструктурированных и структурированных данных из различных источников.

Предлагается выделить две основные подсистемы: I – подсистема генерации ответа с учетом найденной релевантной информации (RAG); II – модернизированная действующая подсистема СУДК.

С помощью действующей СУДК на основе платформы MISP были собраны данные за период 2022-2023 гг. из 8 основных каналов, включая, бюллетени Центра взаимодействия и реагирования Департамента информационной безопасности, специального структурного подразделения Банка России и Национального координационного центра по компьютерным инцидентам.

На основе анализа результатов экспериментов можно сделать об успешной реализации жизнеспособного прототипа для комплексирования сведений из нескольких источников распространения индикаторов компрометации и последующего извлечения информации из

слабоструктурированных накапливаемых данных для оказания значимой поддержки специалистам по ИБ.

1. Вульфин А.М. Система управления данными киберразведки // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2021. Т. 9, № 1 (32). 18 [Электронный ресурс] / URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46327547_34084451.pdf (дата обращения: 25.09.2024).

2. Васильев В.И., Вульфин А.М., Кучкарова Н.В. Оценка актуальных угроз безопасности информации с помощью технологии трансформеров // Вопросы кибербезопасности. 2022. № 2 (48). С. 27–38.

3. Башмаков Н.М., Картак В.М. Использование фидов при внедрении процесса кибер-разведки // Теория и практика обеспечения информационной безопасности: материалы всероссийской научно-теоретической конференции. М.: Московский технический университет связи и информатики, 2021. С. 196–199.

4. Башмаков Н.М., Уразасв В.В., Вульфин А.М. Система обнаружения аномалий в журналах мониторинга состояния объекта защиты // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. 2023. № 1-3. С. 36–41.

ANALYSIS OF CYBER INTELLIGENCE DATA USING LARGE LANGUAGE MODELS

Lutskovich A.I., Vulfin A.M., Kirillova A.D.

(Ufa University of Science and Technology)

A model for analyzing cyber intelligence data is considered for systematizing information from several sources of dissemination of indicators of compromise with subsequent extraction of knowledge from the accumulated weakly structured data.

МАТРИЧНО-БИНАРНЫЙ КРИПТОАЛГОРИТМ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ВРЕМЕНИ

Голубничая Е.Ю., Глушков А.С.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

В настоящее время ввиду стремительного развития информационных технологий повышаются требования к информационной безопасности передаваемых данных. В связи с чем в наше время криптография становится ведущим инструментом для обеспечения конфиденциальности. При этом основным методом криптографии является шифрование [1, 2].

В работе рассматривается предложенный авторами простой и эффективный алгоритм шифрования текста с использованием матрицы, бинарных операций и зависимости от времени расшифрования сообщения. Предлагаемый матрично-бинарный криптоалгоритм с ограничением по времени включает несколько основных этапов шифрования текста:

- образование общего ключа из секретного ключа и рассчитанного периода времени, в которое сообщение должно быть получено;
- запись символов сообщения в матрицу и сдвиг по 4 направлениям;
- преобразование сообщения в двоичный код и шифрование полученной комбинации по ключу.

К основным преимуществам предлагаемого матрично-бинарного криптоалгоритма можно отнести следующие аспекты:

- увеличение длины ключа позволяет усложнить структуру шифра текста, так как длина разделённых пар будет зависеть от длины ключа, это усложнит определение статистических зависимостей и увеличит защищённость даже при небольшой ошибке ключа;
- использование периода расшифрования не позволит расшифровать сообщение в любой другой период, кроме назначенного (то есть время в данном алгоритме также выступает в качестве ключа).

Ключ специальным алгоритмом увеличивает свою длину до 16 символов (включительно), при этом конечный ключ может иметь от 8 до 16 символов. Период получения сообщения рассчитывается, кодируется и перемешивается с полученным на прошлом этапе ключом. Данный алгоритм частично реализован в Excel.

Если сравнивать предложенное решение с самым базовым алгоритмом шифрования – двойной перестановкой, то явным преимуществом над этим алгоритмом является то, что смещение по

строке или столбцу разнится в зависимости от ключа, в двойной перестановке все строки и столбцы смещаются одинаково. Также количество ключей у метода двойной перестановки сильно ограничено. Собственный алгоритм не требует полного заполнения таблицы (матрицы) символами. Недостатком по сравнению с алгоритмом двойной перестановки является то, что символы смещаются строго друг за другом, а не перемешиваются.

Преимуществом предложенного алгоритма над шифром Плейфера является возможность использования любого алфавита и матрицы любого размера. Алгоритм не требует соблюдения сложных правил и провести ручное шифрование гораздо проще.

Преимуществом над шифром Хилла является возможность использования чётного и нечётного количества символов в тексте, поддержка любых символов и отсутствие сложных математических вычислений.

Таким образом, предложенный алгоритм побитного шифрования оказался практически идентичен алгоритму RC4, с разницей в том, что длина группы может отличаться от 8, поддерживаются группы с меньшей длиной, чем длина ключа и каждая группа кроме первой зависит от предыдущей.

1. Дедов О.П. Применение матричного подхода к поточному шифрованию // E-Scio. 2021. № 4 (55). С. 302–310.

2. Математические основы криптологии [Электронный ресурс] / URL: <https://edu.study.tusur.ru/publications/8849/download> (дата обращения: 21.08.2024).

MATRIX-BINARY CRYPTOALGORITHM WITH TIME BOUND

Golubnichaya E.Y., Glushkov A.S.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

This paper discusses the features of the developed matrix-binary time-constrained crypto algorithm.

БУДУЩЕЕ СТЕГАНОГРАФИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ СТЕГАНОГРАФИИ, ВКЛЮЧАЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Караулова О.А., Шакурский М.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Стеганография, искусство скрытия информации, которая имеет долгую историю, начиная с древних времен. Однако с развитием технологий и увеличением объемов цифровых данных, стеганография приобретает новые формы и значения. В этом контексте важно рассмотреть современные тенденции и инновации в этой области, особенно в свете применения искусственного интеллекта (ИИ).

Основные тенденции в стеганографии:

1. Увеличение объема данных.

С каждым годом объем данных, генерируемых пользователями, растет экспоненциально. Это создает новые возможности для стеганографии, поскольку можно использовать различные форматы файлов (изображения, аудио, видео) для скрытия информации. Современные алгоритмы позволяют внедрять данные в мультимедийные файлы без заметного ухудшения качества.

2. Развитие облачных технологий.

С переходом на облачные хранилища возникает необходимость в защите данных от несанкционированного доступа. Стеганография может стать эффективным инструментом для обеспечения конфиденциальности, позволяя пользователям скрывать информацию в файлах, загружаемых в облако.

3. Анонимность и конфиденциальность.

С ростом беспокойственности по поводу конфиденциальности и безопасности данных, стеганография становится все более актуальной. Пользователи ищут способы защитить свои коммуникации и личные данные от слежки и взломов. Это создает спрос на более совершенные методы стеганографии.

Инновации в области стеганографии:

1. Искусственный интеллект.

Искусственный интеллект открывает новые горизонты для стеганографии. Алгоритмы машинного обучения могут быть использованы для создания более сложных и устойчивых методов скрытия информации. Например, нейронные сети могут анализировать

изображения и находить оптимальные места для внедрения данных, минимизируя вероятность обнаружения.

2. Генеративные модели.

Генеративные модели, такие как GAN (Generative Adversarial Networks), могут создавать новые изображения или видео с интегрированной скрытой информацией. Эти модели могут адаптироваться к различным условиям и создавать уникальные файлы, что усложняет задачу для тех, кто пытается выявить стеганографические сообщения.

3. Мультимодальная стеганография.

Современные исследования показывают интерес к мультимодальной стеганографии, где информация скрывается не только в одном типе данных, но и в нескольких одновременно (например, в изображениях и аудио). Это повышает уровень защиты и делает обнаружение более сложным.

Будущее стеганографии выглядит многообещающе благодаря новейшим технологиям и подходам. Искусственный интеллект и современные алгоритмы открывают новые возможности для скрытия информации, делая этот процесс более безопасным и эффективным. Однако с ростом технологий также возрастает и риск их неправильного использования. Важно продолжать исследования в этой области, чтобы обеспечить безопасность и конфиденциальность в цифровом мире.

THE FUTURE OF STEGANOGRAPHY: TRENDS AND INNOVATIONS IN THE FIELD OF STEGANOGRAPHY, INCLUDING THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Karaulova O.A., Shakurskiy M.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

Steganography is the art of hiding information and has been used for centuries to protect secrets and sensitive data. With the development of digital technology and the increase in the amount of information we create and transmit, steganography is undergoing significant changes. In this article, we look at key trends and innovations in the field of steganography, especially in the context of artificial intelligence applications.

ЗАДАЧА ПОИСКА СКРЫТЫХ СООБЩЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННОМ ПОТОКЕ

Шакурский М.В., Караулова О.А.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Важной задачей организации современных систем передачи информации [1] является сохранение её конфиденциальности. Задача конфиденциальности эффективно решается криптографическими алгоритмами, интенсивно развивающимися последние несколько десятков лет. Однако, развитие систем защиты информации, предоставляет мощный инструмент и злоумышленникам. Противодействие данному инструменту на законодательном или государственном уровне угрожает конфиденциальности передаваемой информации. Таким образом, данное противоречие угрожает свободному использованию криптографических методов в государстве и может привести к смещению внимания злоумышленников с криптографии на стеганографию [2, 3], никак не регламентируемую федеральным законом. Следствием данного перехода станет неподготовленность специалистов по противодействию скрытым каналам передачи информации. Несмотря на то, что научное сообщество проявляет все возрастающий интерес к данной области знаний, построение эффективной системы противодействия или мониторинга данных каналов, как и стандартизация стеганографических методов является крайне сложной задачей. Это связано с целым рядом особенностей данного направления, а именно:

1. Стеганография использует принцип «Защита через неизвестность», что приводит к тому, что интуитивные модификации известных алгоритмов могут быть пропущены системой мониторинга.

2. Степень маскировки обратно пропорциональна полезной нагрузке. То есть, уменьшение объема маскируемых данных приводит к осложнению их обнаружения.

3. Встраивание информации происходит в объект, которым может являться файл, память, сетевой пакет, текст, документ и пр. Форматов данных огромное количество, а каждый из них обладает своими свойствами и, как следствие, набором методов встраивания. Появление или модификация объектов приведёт к возникновению новых способов встраивания информации.

Таким образом, развитие систем мониторинга скрытых каналов передачи информации [1, 4] является перспективной задачей, как для

противодействия терроризму, так и для предотвращения утечки информации.

1. Карташевский В.Г., Поздняк И.С. Фильтрация наблюдаемого трафика как способ обнаружения вторжений // Вестник УрФО. 2019. Т. 19, № 1 (31). С. 17–22.

2. Способ скрытой передачи информации: патент 2546306. Российская Федерация. № 2014123912 / М.В. Шакурский (RU), В.К. Шакурский (RU); заявл. 10.06.2014; опубл. 10.04.2015, бюл. 10.

3. Шакурский М.В., Караулова О.А. Двухкомпонентная стеганографическая система на основе отношений линейных функций двух сигналов с размещением информативного сигнала в знаменателе функции встраивания сообщения // Инфокоммуникационные технологии. 2022. Т. 20, № 1. С. 118–124.

4. Поздняк И.С., Макаров И.С. использование алгоритмов машинного обучения для обнаружения аномального поведения трафика // Инфокоммуникационные технологии. 2023. Т. 21, № 3. С. 20–27.

THE PROBLEM OF SEARCHING FOR HIDDEN MESSAGES IN THE INFORMATION FLOW

Shakurskiy M. V., Karaulova O.A.

(Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics)

The article is devoted to the problem of the emergence of hidden channels of information transmission, in case of limitation of the use of cryptographic methods. The reasons for the complexity of developing standards and means of monitoring hidden channels of information transmission are considered.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОВЫШЕННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Шакурский М.В.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Реализация систем повышенной чувствительности на основе цифровых автоколебательных систем [1, 2] осложняется спецификой применения цифровых фильтров. Достижение устойчивых колебаний возможно при условии выполнения баланса фаз и баланса амплитуд. Для цифрового фильтра ноль фазочастотной характеристики (ФЧХ) возможен в нескольких точках полосы пропускания, что приводит к необходимости тщательного подбора цифрового фильтра.

Решений данной задачи может быть несколько. Наиболее очевидным решением является сужение полосы пропускания. Данное решение даёт очень хорошие результаты по скорости выхода на стабильные колебания, однако, в этом случае, диапазон возможных перестроек частоты колебания крайне низок [2]. Вторым решением является организация широкой полосы пропускания с несколькими точками пересечения нуля. При построении системы повышенной чувствительности возможно нивелирование негативного влияния нескольких нулей и выход на стабильные колебания [3], но скорость выхода крайне мала, из-за малого, эквивалентного наклона ФЧХ и необходимости использования цифровых фильтров высокого порядка.

Ещё одной важной задачей является настройка частоты генерируемых колебаний. Так как частота привязана к точке нуля ФЧХ, а у цифровых фильтров ФЧХ не привязана к полосе пропускания, а пересекает ноль осей координат и определяется порядком цифрового фильтра, её смещение является отдельной задачей, и накладывает дополнительные требования.

В работах [3,4,5] предлагалось решение данной задачи с помощью цифровых фильтров со смещаемой конечной импульсной характеристикой (КИХ). Смещение импульсной характеристики приводило к смещению нуля ФЧХ и делало ФЧХ нелинейной.

В работе предлагается переход на фильтры с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ), что призвано увеличить общее быстродействие системы и получить устойчивые колебания с возможностью их изменения в широком диапазоне.

1. Иванов В.В., Шакурский В.К. Генераторные фазовые и частотные преобразователи и модуляторы. М.: Радио и связь. 2003. 184 с.

2. Шакурский М.В., Иванов В.В. Цифровые фильтры частотной выборки: монография. Самара: Издательство СНЦ РАН. 2012. 106 с.

3. Шакурский В.К., Шакурский М.В., Иванов В.В. Синтез цифровых фильтров для генераторных преобразователей повышенной чувствительности // Известия высших учебных заведений. Сер. Приборостроение. 2012. № 7(55). С. 28–31.

4. Цифровой фильтр со смещаемой фазочастотной характеристикой: патент на полезную модель 113597. Российская Федерация. № 2011122036/08 / В.К. Шакурский (RU), М.В. Шакурский (RU); заявл. 31.05.2011; опубл. 20.02.2012, бюл. № 5.

5. Козырин А.И., Иванченко Е.В., Зайцев А.М. Цифровые генераторные преобразователи повышенной чувствительности // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. № 2-1 (6). С. 53–54.

FEATURES OF THE CHOICE OF DIGITAL FILTERS FOR THE IMPLEMENTATION OF SELF-OSCILLATORY SYSTEMS WITH INCREASED SENSITIVITY

Shakurskiy M.V.

(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)

The paper considers methods for synthesizing digital filters for digital self-oscillating systems of increased sensitivity. The paper shows the features of self-oscillating systems that complicate the selection of digital filters and possible methods for solving the selection problem. A promising direction for research into the use of digital filters with infinite impulse response is outlined.

ВСТРАИВАНИЕ СКРЫТЫХ СООБЩЕНИЙ В ГРАФИЧЕСКИЕ МЕДИАФАЙЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

Шакурский М.В., Бильданов С.З.

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Основной задачей стеганографии является сокрытие информации с целью обеспечения невозможности ее обнаружения. Самыми распространёнными методами сокрытия информации в графических медиафайлах на сегодняшний день являются методы, основанный на встраивании сообщений в наименее значимые биты [1].

Наименее значащим битом является младший бит отсчета, он выбирается для хранения сообщения в следствие того, что внедрение в него информации изменяет изображение неразлично для невооруженного глаза.

Для усложнения выделения сообщения из полученного изображения рассматривается использование двухкомпонентного контейнера [2], представляющего функцию бит сообщения. В данной работе первой компонентой двухкомпонентного контейнера является определенный бит отсчета изображения не из младшего битного слоя. Вторая компонента, встраиваемая в наименьший битный слой, представляет собой результат применения функции исключающего ИЛИ [3], применённая к первой компоненте и к биту сообщения.

В рамках данной работы была реализована модель встраивания информации в изображения формата BMP, имеющая алгоритм, представленный схематически на рис. 1. Данная модель использовалась с различными по длине сообщениями, были применены описанные выше методы сокрытия, выбирался различный шаг выбора пикселя для внедрения.

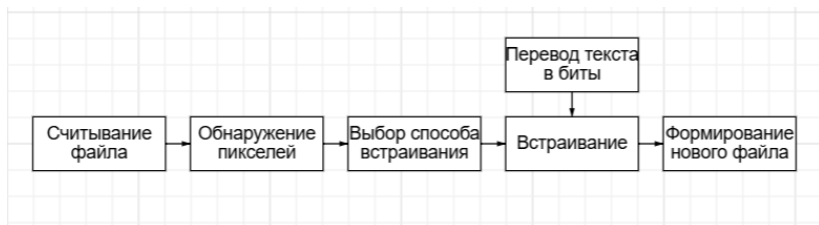


Рис. 1. Структурная схема модели

Нами также было статистически проверено каждое изображение на сходство с оригиналом при помощи использования коэффициента корреляции Пирсона. С его помощью были получены результаты, показанные в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение полученных изображений с исходным

Файл	LSB, 1	LSB, 2	LSB, 3	LSB, 4	2 Comp
Коэфф.	0,99999948	0,99999948	0,99999947	0,99999947	0,99999947

Данные показывают, что каждый из примененных методов позволяет скрыть информацию успешно, так как исходное и обработанное приложение практически неразличимы. Этот вывод позволяет предположить, что данная модель применима на практике для передачи скрытой информации в открытых сетях передачи информации [4] в составе графических медиафайлов формата BMP.

1. Fridrich J. Steganography in Digital Media: Principle, Algorithms and Applications. Cambridge University Press, 2010. 437 p.

2. Shakurskiy M.V., Shakurskiy V.K., Volovach V.I. Two-Channel Real-Time Steganographic System // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014). Kiev, 2014. P. 309–311.

3. Шакурский М.В., Караулова О.А. Оценка маскировки сигнала двухкомпонентной стеганографической системой при оконной обработке информации // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2023. № 2 (54). С. 9–16.

4. Kartashevsky V., Kozyreva N., Makarov I. Analysis of the Multiservice Communication Network's Node as a Arbitrary Type Queuing System // 2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S and T 2017). Kharkiv, 2018. P. 592–595.

EMBEDING HIDDEN MESSAGES INTO GRAPHIC MEDIA USING TWO-COMPONENT CONTAINERS

Shakurskiy M.V., Bildanov S.Z.

(Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics)

The article is devoted to the problem of embedding information into graphic media files using LSB and a two-component container. Within the framework of the work, a model and its structural diagram were developed. The obtained results of the model were statistically verified using the Pearson correlation coefficient.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ 6

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕТЕРОГЕННЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ 8

Козлов С.В., Спирина Е.А.

ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В РАДИОКАНАЛЕ 13

Тимофеев А.Л., Султанов А.Х., Мешков И.К., Гизатулин А.Р.

РАСШИРЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕМЫ КОТЕЛЬНИКОВА В СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ 16

Тимофеев А.Л., Султанов А.Х.

ГРУППОВЫЕ МОДЕЛИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ТРАФИКА 20

Лихтциндер Б.Я., Привалов А.Ю.

СЕКЦИЯ 1 ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ..... 26

ПИК-ФАКТОРЫ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ УПРАВЛЯЕМОЙ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНОЙ ТРЕХЛЕПЕСТКОВОЙ TSUC СИСТЕМЫ 28

Шарифуллин Т.Б., Кутдусов И.М., Афанасьев В.В.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТУРБОКОДОВ 30

Мишин Д.В., Тяжеев А.И.

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ТУРБОДЕКОДИРОВАНИЯ 32

Мишин Д.В., Григорьев И.В.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО ФИЗИЧЕСКИ РЕАЛИЗУЕМЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ	34
<i>Дегтярев А.Н.</i>	
ПРОТОТИП УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО ДЛИННЫМ ЛИНИЯМ.....	36
<i>Коробков М.А., Сагдиев Р.К.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	38
<i>Лошкарев А.С., Соловых Д.А.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ИГРОВЫХ ДВИЖКАХ	40
<i>Лошкарев А.С., Соловых Д.А.</i>	
ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ СИГНАЛОВ С ЦИФРОВЫМИ ВИДАМИ МОДУЛЯЦИИ В КОРОТКОВОЛНОВЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ	42
<i>Белоконь Д.А.</i>	
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ В ВИДЕ РАЗНОСТНЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ.....	44
<i>Глушанков Е.И., Кондрашов З.К., Царик Д.В., Сидоркович Д.Р.</i>	
ЗАЩИТА КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ПЕРЕСТАНОВОЧНОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ	46
<i>Шахтанов С.В.</i>	
АНАЛИЗ ЗВУКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЛ- КЕПСТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ	48
<i>Хайретдинова А.Д., Воронков Г.С.</i>	

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ.....	50

Ваняев Д.А., Гладких А.А.

ОЦЕНКА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО СИГНАЛУ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАММЫ	52

Сергеев И.К., Бурков Н.В., Овчинников А.Л.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БАЙЕСОВСКОГО ВЫВОДА В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПЕРЕСТАНОВОЧНОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ.....	54

Толикина М.Ю.

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛОГО-ИНФОРМАЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В FMCW МІМО РАДАРЕ	56

Карпов В.Н.

ПЕРЕСТАНОВОЧНОЕ ДЕКОДИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ.....	58

Мишин Д.В., Гладких А.А., Ганин Д.В., Ничунаев А.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕТЕКТОРА ЭНЕРГИИ В СЕТИ КОГНИТИВНОГО РАДИО	60

Елисеев С.Н., Степанова Н.В.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИНДИКАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ СО СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ПРОКЛАДКИ.....	62

Гаврюшин С.А., Попов В.Б.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА НЕЛИНЕЙНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СИНТЕЗА НА ОСНОВЕ УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬФАНДА-ЛЕВИТАНА-МАРЧЕНКО С ВЫРОЖДЕННЫМ ЯДРОМ.....	64

Григорьев И.В., Албатыревич В.Д., Голубцов Н.Н., Шерухаев О.В.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ РАССЕЯНИЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ КОРТЕВЕГА-ДЕ ФРИЗА МЕТОДОМ КВАДРАТУР	66
<i>Григорьев И.В., Мишин Д.В.</i>	

ЦИФРОВАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА НЕЛИНЕЙНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	68
<i>Григорьев И.В.</i>	

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ СИНХРОНИЗАЦИИ OFDM СИГНАЛОВ	70
<i>Вафин Т.М., Логинов С.С.</i>	

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ WI-FI СЕТЕЙ В ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЕ.....	72
<i>Кушаков С.А.</i>	

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО СИГНАЛАМ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ.....	74
<i>Закиров Э.И., Кузнецов А.С.</i>	

СПОСОБ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ КОДИРОВАНИЯ РАЗМЕРНОСТИ 2D	76
<i>Мишин Д.В., Гладких А.А., Карпухина Е.К.</i>	

СЕКЦИЯ 2 ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СЕТИ

78

МОДЕЛИРОВАНИЕ СМО С РАВНОМЕРНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕРВАЛОВ ВХОДНОГО ПОТОКА	80
<i>Тарасов В.Н., Бахарева Н.Ф.</i>	

МОДЕЛИРОВАНИЕ СМО С РАВНОМЕРНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ОБСЛУЖИВАНИЯ	82
<i>Бахарева Н.Ф., Тарасов В.Н.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОКТОКОПТЕРА В SIT	84
<i>Филимонова Л.Н., Суровцев Д.Е.</i>	
ДЕКОРРЕЛЯЦИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА МЕТОДОМ ДИАГОНАЛЬНО-БЛОЧНОГО ПЕРЕБОРА	86
<i>Осанов В.А.</i>	
ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ВИДЕОКОДЕКОВ.....	88
<i>Гильмуллин Р.И., Лихтциндер Б.Я.</i>	
ТУМАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ.....	90
<i>Глушак Е.В.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ТРАФИКА ВИДЕОКОДЕКОВ.....	92
<i>Гильмуллин Р.И., Лихтциндер Б.Я.</i>	
ТУМАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОМ IOT	94
<i>Глушак Е.В.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТУМАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В МОБИЛЬНОМ ЗДРАВООХРАНЕНИИ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА	96
<i>Глушак Е.В., Гасанов Р.Р.</i>	
КВАЗИПУАССОНОВСКИЕ МОДЕЛИ ВИДЕОТРАФИКА	98
<i>Лихтциндер Б.Я., Привалов А.Ю.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ ХОЛТЕРОВСКОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТУМАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	100
<i>Глушак Е.В., Шаталаев Н.И.</i>	

ГРУППОВОЙ НЕОРДИНАРНЫЙ ПУАССОНОВСКИЙ ПОТОК	102
<i>Лихтциндер Б.Я., Рагузин Л.Ю.</i>	
НАДУВНАЯ АНТЕННА КОРОТКОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ	104
<i>Лихтциндер Б.Я., Серый Д.С.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ТУМАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНСКИХ СЕТЯХ	106
<i>Глушак Е.В., Шаталаев Н.И.</i>	
КОНВЕРТОР АНАЛОГОВЫХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ПО ДИСКРЕТНОМУ КАНАЛУ	108
<i>Лихтциндер Б.Я., Сибутин А.В.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ТУМАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В КОНЦЕПЦИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	110
<i>Захаров В.С.</i>	
ВИРТУАЛЬНЫЙ СЕРВИСНЫЙ МАРШРУТИЗАТОР VESR В ПРОГРАММНОМ ЭМУЛЯТОРЕ СЕТИ GNS3	112
<i>Захаров В.С., Васин Н.Н.</i>	
ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ	114
<i>Сутягина Л.Н.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРЯДКА МНОГОМЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СЕТЯХ O-RAN	116
<i>Коробков А.А., Сафиуллин И.А., Ашаев И.П., Гайсин А.К., Надеев А.Ф.</i>	
ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ СЕТИ СВЯЗИ	118
<i>Росляков А.В.</i>	

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ КОММУНИКАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ СЕНСОРНОЙ СЕТИ	120

Батыришина Я.А.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ КАНАЛА СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ.....	122

Васин Н.Н., Гололобов А.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТИ TSN С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИМУЛЯТОРА OMNET++/INET FRAMEWORK.....	124

Росляков А.В., Алексахин П.А.

МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ, ЛОКАЛИЗАЦИИ И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ С ФУНКЦИЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	126

Росляков А.В., Бондаренко Д.С.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМИРОВАТЕЛЯ АСИНХРОННОГО ТРАФИКА ATS В СЕТЯХ TSN	128

Росляков А.В., Михайлов В.А.

АВТОНОМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ НАСОСА ОТ «СУХОГО ХОДА»	130

Росляков А.В., Лазурченко Н.С.

МЕТОД АППРОКСИМАЦИИ УНИМОДАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ.....	132

Буранова М.А., Карташевский В.Г.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АПОДИЗИРОВАННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК.....	134

Султанов А.Х., Файзрахманов Д.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВИДЕОТРАФИКА.....	136
<i>Трошин А.В.</i>	
ПАРЕТО ОПТИМАЛЬНАЯ СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В СЕТЯХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ КОГНИТИВНОЕ РАДИО	138
<i>Сальников Р.О., Мешков И.К., Галеев З.З., Гизатулин А.Р.</i>	
ПРОБЛЕМА РАСЧЕТА СКВОЗНЫХ СЕТЕВЫХ ЗАДЕРЖЕК С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ СЕТЕВОГО ИСЧИСЛЕНИЯ	140
<i>Росляков А.В., Марыков М.В.</i>	
ОПИСАНИЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЗАДЕРЖКИ И ДЛИНЫ ОЧЕРЕДИ КОММУТАТОРА В СЕТИ SDN.....	142
<i>Росляков А.В., Марыков М.В.</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕМЕЖИТЕЛЕЙ В РАДИОКАНАЛЕ С ПАМЯТЬЮ.....	144
<i>Диязитдинов Р.Р., Болдырев Н.А.</i>	
ВНЕДРЕНИЕ ПОДХОДА КОМПЛЕКСНОЙ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОМПАНИИ.....	146
<i>Диязитдинов Р.Р., Болдырев Н.А.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОМПЛЕКСНОЙ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ.....	148
<i>Диязитдинов Р.Р., Болдырев Н.А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ДЕКОДИРОВАНИЯ «ПРИЕМА В ЦЕЛОМ» С ПОЭЛЕМЕНТНЫМ ПРИНЯТИЕМ РЕШЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МІМО 2Х2	150
<i>Диязитдинов Р.Р., Сизиков И.С.</i>	

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОФИЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ	152
<i>Диязитдинов Р.Р., Чурсинов Д.С.</i>	

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОГНИТИВНОГО РАДИО В СЕТЯХ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ	154
<i>Султанов А.Х., Мешков И.К., Хакимов О.М.</i>	

DECT КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ДЛЯ НУЖД ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	156
<i>Виноградов Н.И., Уразова О.В.</i>	

СПОСОБ СИНХРОНИЗАЦИИ TSN-НЕСОВМЕСТИМЫХ УСТРОЙСТВ В ИНФРАСТРУКТУРЕ TSN.....	158
<i>Виноградов Н.И., Иванова Е.С.</i>	

МЕТОДЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ УСТРОЙСТВ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФОТОНИКИ	160
<i>Шайгарданова А.Р., Воронков Г.С.</i>	

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ	162
<i>Галочкин В.А., Филимонова Л.Н.</i>	

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЕЙ LPWAN НА ПЛАТФОРМЕ NS3	164
<i>Дараев Д.М.</i>	

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ НА ПЕРИФЕРИЙНЫХ ШЛЮЗАХ СЕТЕЙ СБОРА ТЕЛЕМЕТРИИ.....	165
<i>Бильданов С.З., Гребешков А.Ю., Попов А.А.</i>	

ИНТЕГРАЦИЯ СЕТЕЙ 5G И БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ДОСТУПА.....	167
<i>Гребешков А.Ю.</i>	

АНАЛИЗ СЕНСОРОВ ДЛЯ КВАНТОВОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	169
<i>Гребешков А.Ю.</i>	
НОВЕЙШИЕ ПРОТОКОЛЫ IoT И ИХ ФУНКЦИИ.....	171
<i>Марыкова Л.А.</i>	
ДЕГРАДАЦИЯ СЕРВИСА MATRIX КАК СЛЕДСТВИЕ ХАБРАЭФФЕКТА.....	173
<i>Казачков Н.А., Елисеев А.А., Лемжин М.И.</i>	
ТЕСТОВЫЙ СТЕНД ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СМО НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ WEB-СЕРВИСОВ	175
<i>Казачков Н.А., Елисеев А.А., Лемжин М.И.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ПО TCP ОТ ДЛИНЫ ПАКЕТА	177
<i>Султанов А.Х., Тимофеев А.Л., Щепотьев И.А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ АВТОКОРРЕЛЯЦИИ ВИДЕО-ТРАФИКА НА КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ	178
<i>Карташевский И.В., Малахов С.В., Осанов В.А., Якупов Д.О.</i>	
ДЕКОРРЕЛЯЦИЯ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ МЕЖДУ ПАКЕТАМИ СЕТЕВОГО ТРАФИКА.....	180
<i>Осанов В.А., Малахов С.В., Якупов Д.О., Карташевский И.В.</i>	
МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ СПУФИНГ-АТАК В КОНТУРЕ «БПЛА – ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ».....	182
<i>Зорин З.А.</i>	
Q-LEARNING – ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ.....	184
<i>Росляков А.В., Герасимов В.В.</i>	

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НАБЛЮДАТЕЛЯ	186

Гофман Е.В., Коняева О.С.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СЕТЕЙ	188

Лысинов А.А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ZABBIX И PROMETHEUS ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ	190

Голубничая Е.Ю., Денесюк Н.И.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ETHERNET НА БАЗЕ СЕМЕЙСТВА ПРОТОКОЛОВ STP	192

Голубничая Е.Ю., Крашенинникова И.А.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ DDOS АТАК В СЕТЯХ С ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИЕЙ.....	194

Васин Н.Н., Какабьян К.С.

РАЗДЕЛЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСОВ В СЕТЯХ 5G	196

Тарасов В.Н., Кузнецов А.А.

ВЛИЯНИЕ ФОРМИРУЮЩЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ PAPR В OFDM-СИСТЕМАХ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ.....	198

*Сальников Р.О., Мешков. И.К, Гизатулин А.Р.,
Султанов А.Х.*

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИБРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА ДЛЯ БОРЬБЫ С ЧАСТОТНЫМ РАССОГЛАСОВАНИЕМ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ	200
<i>Сальников Р.О., Мешиков. И.К., Гизатулин А.Р., Султанов А.Х.</i>	
РАБОТА С ПОТОКАМИ ДАННЫХ В TSP И В QUIC	202
<i>Якупов Д.О.</i>	
СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАБОТЫ СЕРВЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	204
<i>Андреев М.Д., Стефанова И.А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ SEO ОПТИМИЗАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	206
<i>Макаров И.С., Косырев Е.А., Лутаев Д.О.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ СЕТЕЙ.....	208
<i>Баженов А.Э.</i>	
ПОСТРОЕНИЕ МНОЖЕСТВА ДОПУСТИМЫХ МАРШРУТОВ	210
<i>Исмагилов Э.А., Козлов С.В., Спирина Е.А.</i>	
СЕКЦИЯ 3 ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ	212
МЕТОДОЛОГИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	214
<i>Киреева Н.В.</i>	
О ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ СМЕШАННОЙ (MR) РЕАЛЬНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬНОМ КОНТРОЛЕ.....	216
<i>Порхун А.Н.</i>	

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С МАЛЫМ КОЛИЧЕСТВОМ ДАННЫХ	218
<i>Бедняк С.Г., Пириг Д.В.</i>	218
МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ДАННЫХ	220
<i>Бедняк С.Г., Пириг Д.В.</i>	
АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	222
<i>Киреев К.Е., Симагина С.Г.</i>	
КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ИНЦИДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ДИАГРАММ ПАРЕТО	224
<i>Карякин Д.В., Симагина С.Г.</i>	
ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ В СФЕРЕ PR	226
<i>Анташева В.Г., Вержаковская М.А.</i>	
ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В PR	228
<i>Анташева В.Г.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕПУТАЦИЕЙ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА	230
<i>Анташева В.Г.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КАРЬЕРНОЙ СРЕДЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ	232
<i>Доброжанская В.А., Салмин А.А.</i>	

МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ВОЗРАСТНОЙ МАКУЛЯРНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ	234
<i>Юсупов Э.С., Лопухова Е.А., Ибрагимова Р.Р., Идрисова Г.М., Мухамадеев Т.Р.</i>	
РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ ЗАБОЛЕВАНИЯ	236
<i>Юсупов Э.С., Лопухова Е.А., Ибрагимова Р.Р., Идрисова Г.М., Мухамадеев Т.Р.</i>	
СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ФОРМАТОВ CSV И PARQUET ДЛЯ РАБОТЫ С БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ	238
<i>Мельников А.А., Диязитдинова А.Р.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БАНКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	240
<i>Бедняк С.Г., Михайлов Е.В.</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИВНОГО СОВМЕЩЕНИЯ В МНОГОКАМЕРНЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ	242
<i>Диязитдинова А.А.</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ДОКУМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ DEDOC.....	244
<i>Кушуков С.В., Иванов К.Н.</i>	
ОБРАБОТКА ТАБЛИЧНЫХ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ PANDASAI	246
<i>Иванов К.Н., Кушуков С.В.</i>	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ОТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	248
<i>Иванов А.А., Воронков Г.С., Кутлюяров Р.В.</i>	

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP8266	250
<i>Иванов А.А., Воронков Г.С., Кутлюяров Р.В.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОЛОСОВОГО МОДУЛЯ ЧАТ-БОТА	252
<i>Лиманова Н.И., Заводянный Д.А.</i>	
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ	254
<i>Чернова С.В.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОФОРИЕНТАЦИИ АБИТУРИЕНТА НА ОСНОВЕ ЛИЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	256
<i>Чернова С.В.</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ В ЛОГИСТИКЕ.....	258
<i>Лиманова Н.И., Иваев М.И., Голикова Н.В.</i>	
CRM СИСТЕМА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	260
<i>Лиманова Н.И., Климахина О.И.</i>	
АНАЛИЗ РОЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ	262
<i>Лиманова Н.И., Осанов Н.В.</i>	

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕШЕХОДНОГО ТРАФИКА НА БАЗЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ	264
<i>Шайгарданова А.Р., Воронков Г.С., Кужин А.Г.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	266
<i>Бедняк С.Г., Пименов Д.А., Сафронов С.А.</i>	
СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА YOLO	268
<i>Куляс О.Л., Салихов Р.Р., Субханкулов А.М.</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОТДЕЛА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ	270
<i>Симонов К.О., Коняева О.С.</i>	
МЕСТО ИИ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	272
<i>Аликберова Е.О., Третьяков Е.Ю., Захарова О.И.</i>	
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ДОМАШНЕМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	274
<i>Аликберова Е.О., Рябов Д.И., Захарова О.И.</i>	
АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГРАФИЧЕСКИХ API DIRECTX12 И VULKAN	276
<i>Рябов П.А., Коняева О.С.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ОТ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ	278
<i>Михалев А.К., Осанов В.А.</i>	

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ	280

Вержаковская М.А., Голубин Д.А.

ПРОБЛЕМЫ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	282

Вержаковская М.А., Григорьев А.Е.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ «САТАСОМВ TOURNAMENT» С ИНТЕГРИРОВАННЫМ ПРИКЛАДНЫМ ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ	284

Вержаковская М.А., Руди А.П.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО И ГЛОБАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ	286

Вержаковская М.А., Михайлова А.А.

УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ И СИ/СД В РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	287

Аронов В.Ю., Тихонов А.Ю.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ	289

Аронов В.Ю., Курочкин И.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ ПО	291

Аронов В.Ю., Яровенко А.М.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ ИЗДЕЛИЙ	293

Куляс О.Л., Старостина А.В.

АЛГОРИТМЫ И МЕТОДЫ ГЕНЕРАЦИИ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ И СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ	295

Сибутин А.В., Гильмуллин Р.И.

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА МАРКЕТИНГ И РЕКЛАМУ	297

Канаева Е.В., Вержаковская М.А.

СЕКЦИЯ 4 АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЯЗИ 300

УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗВЯЗКИ ОУМ МОД ПРИ ПОМОЩИ ДИЭЛЕКТРИЧЕКОЙ ЛИНЗЫ	302

Айрапетян А.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВЯЗКИ ОУМ МОД В X-ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ	304

Азаров М.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛУЧОМ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ.....	306

Сайфуллин Т.Э., Грахова Е.П.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АНТЕННЫХ СИСТЕМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ НА УНИКАЛЬНЫХ НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ОБЪЕКТАХ.....	308

Бузова М.А., Нарышкин И.М.

ОЦЕНИВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРИНИМАЕМЫХ ВОЛН С УЧЕТОМ СЛУЧАЙНОГО ХАРАКТЕРА ТИПА И ХАРАКТЕРИСТИК ТРАССЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ	310

Бондарь П.И.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕННО- ФИДЕРНОЙ СИСТЕМЫ С ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ АДАПТАЦИЕЙ	312

*Бондарь П.И., Бузов А.Л., Кольчугин Ю.И.,
Копылов Д.А.*

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТАНЦИИ НА ОБЪЕКТЕ С «НЕУДОБНОЙ» ГЕОМЕТРИЕЙ	314

Бузова М.А., Красильников А.Д., Нарышкин И.М.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АДАПТИВНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ.....	316

Бузов А.Л., Нещерет А.М., Обиитиков А.И.

ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ПОЛНЫХ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ.....	318

Минкин М.А., Носов Н.А., Обиитиков А.И.

ПЕРСПЕКТИВЫ СИНТЕЗА АНТЕННЫХ СИСТЕМ И МЕТАМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ.....	320

Безлюдников К.О.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ АНТЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ КОНФОРМНЫХ СТРУКТУР И МЕТАПОВЕРХНОСТЕЙ.....	322

Вдовченко Е.С., Минкин М.А.

ЛОГОСПИРАЛЬНАЯ АНТЕННА ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ТЕРМИНАЛА СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ОВЧ-УВЧ ДИАПАЗОНА.....	324

Копылов Д.А., Нещерет А.М.

МИКРОПОЛОСКОВАЯ РАМОЧНАЯ ИЗЛУЧАЮЩАЯ СТРУКТУРА С ПОДЛОЖКОЙ ИЗ КИРАЛЬНОГО МЕТАМАТЕРИАЛА	326

*Борисов И.Д., Гарипов А.И., Ключев Д.С.,
Лунин М.А., Нещерет А.М.*

С Е К Ц И Я 5 ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА..... 328

ПРАКТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВУЗА С ИНДУСТРИАЛЬНЫМИ ПАРТНЕРАМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И АКТУАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ЦЕЛЬЮ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ	330

Богомолова М.А.

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА КАК ФАКТОР СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	332

Стефанова Н.А., Гущина А.С.

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА В РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	334

Стефанова Н.А., Балаева А.А.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ С ПОМОЩЬЮ ФРЕЙМВОРКОВ Kafka и RabbitMQ.....	336

Савельев Д.А., Борадулин Н.А.

РАСЧЕТ УРОВНЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО СЕКТОРА	338

Казакова М.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ.....	339
<i>Салмин А.А.</i>	
МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСАКЦИЯМИ В ЦИФРОВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ.....	341
<i>Кудряшов А.А.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА	343
<i>Диязитдинова А.Р., Загирова А.Р.</i>	
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА РЫНОК ТРУДА.....	345
<i>Баразали Н.К, Стефанова Н.А.</i>	
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОБОСТРЕНИЯ МИРОВОЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА РЫНОЧНУЮ СТОИМОСТЬ КОМПАНИИ ПАО «МЕЧЕЛ».....	347
<i>Королев А.А., Никульников Н.В.</i>	
АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ДИНАМИКИ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ КОМПАНИИ ПАО «ГАЗПРОМ» В КОНТЕКСТЕ ОБОСТРЕНИЯ МИРОВОЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ	349
<i>Королев А.А., Никульников Н.В.</i>	
ЦИФРОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В МИРЕ МОДЫ: КАК ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ FASHION-ИНДУСТРИЮ.....	351
<i>Стефанова Н.А., Робакидзе М.Р.</i>	
К ВОПРОСУ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОМ УЩЕРБЕ ОТ КИБЕРПРЕСТУПЛЕНИЙ	353
<i>Вержасковская М.А., Акопян Д.А.</i>	

РАЗРАБОТКА ДАШБОРДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КРП	355
<i>Коробко О.А., Диязитдинова А.Р.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ESG: ПРЕПЯТСТВИЯ И ВЫЗОВЫ	357
<i>Герасимов В.В., Герасимова К.В., Герасимова Е.О.</i>	
ПАО ВТБ – ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОМПАНИЯ ИЛИ «ДНО» ФОНДОВОГО РЫНКА РОССИИ.....	359
<i>Крюкова А.А., Королев А.А.</i>	
ФОНДОВАЯ БИРЖА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В КОНТЕКСТЕ С ПАНДЕМИЕЙ COVID-19 И ОБОСТРЕНИЕМ МИРОВОЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ.....	361
<i>Крюкова А.А., Королев А.А.</i>	
АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИЗМЕНЕНИЯ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ КОМПАНИЙ НОВАБЕВ ГРУПП И КРАСНЫЙ ОКТЯБРЬ В КОНТЕКСТЕ С НОВЫМИ МИРОВЫМИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ И ПОЛИТИЧЕСКИМИ РЕАЛИЯМИ.....	363
<i>Крюкова А.А., Королев А.А.</i>	
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТАЛАНТАМИ В ТЕКУЩИХ УСЛОВИЯХ	365
<i>Варлухин В.В., Иваев М.И.</i>	
МОНЕТАРНАЯ ПОЛИТИКА ЦЕНТРАЛЬНОГО БАНКА РОССИИ В КОНТЕКСТЕ С ЭСКАЛАЦИЕЙ «УКРАИНСКОГО КРИЗИСА»	367
<i>Королев А.А., Иваев М.И.</i>	
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МАНИПУЛЯЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	369
<i>Кустова М.Н., Савелиев Я.И.</i>	

ПОСЛЕДСТВИЯ НЕГАТИВНЫХ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ МАНИПУЛЯЦИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	371
<i>Кустова М.Н., Ханжин М.И.</i>	

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВИДЕОАНАЛИТИКИ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ	373
<i>Измайлов А.М.</i>	

СЕКЦИЯ 6 ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ 376

ОБЛАЧНЫЕ, ТУМАННЫЕ И ГРАНИЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ: ОТЛИЧИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	378
<i>Глушак Е.В., Федин А.В.</i>	

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ	380
<i>Полякова И.Д., Глушак Е.В.</i>	

МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРИВЕДЕНИЯ ПРОВЕРОЧНЫХ МАТРИЦ КОДОВ ГОППЫ И МППЧ К СТУПЕНЧАТОМУ ВИДУ	382
<i>Суханов Д.В.</i>	

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ПРЕДМЕТОВ НА БАЗЕ БЕСПРОВОДНЫХ МЕТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И РАДИОМОДУЛЕЙ	383
<i>Хакимзянова С.И., Гарифутдинов А.А., Никишина Г.В.</i>	

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ АВТОНОМНОЙ
СИСТЕМЫ ПОИСКА ПРЕДМЕТОВ НА БАЗЕ БЕСПРОВОДНЫХ
МЕТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ
И РАДИОМОДУЛЕЙ..... 385

Хакимзянова С.И., Гарафутдинов А.А., Никишина Г.В.

КРУГОВАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ЗАДАННЫМ ПОРЯДКОМ
ОРБИТАЛЬНОГО УГЛОВОГО МОМЕНТА
В W-ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 387

Катеринкина Е.Н., Катаскин Л.В., Грахова Е.П.

5G И ТУМАННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ – БУДУЩЕЕ ИОТ 389

Алексакина Я.В., Воронков Г.С.

АНТЕННАЯ РЕШЕТКА, ГЕНЕРИРУЮЩАЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ С ЗАДАННЫМ ПОРЯДКОМ
ОРБИТАЛЬНОГО УГЛОВОГО МОМЕНТА..... 391

Катаскин Л.В., Катеринкина Е.Н., Грахова Е.П.

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
СЦЕНАРИЕВ МОБИЛЬНОСТИ В СЕТИ O-RAN 393

Гайсин А.К., Коробков А.А., Сафиуллин И.А.,

Ашаев И.П., Надеев А.Ф., Козлов Р.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА МОБИЛЬНОСТИ
ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СЕТЯХ O-RAN..... 395

Гайсин А.К., Коробков А.А., Сафиуллин И.А.,

Ашаев И.П., Надеев А.Ф., Козлов Р.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ТРАФИКА
ДАННЫХ МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ..... 397

Агеева Т.В., Гайсин А.К., Козлов Р.В.

СЕКЦИЯ 7 КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЗЗ, НАВИГАЦИИ И СВЯЗИ 400

**О ПРЕОБРАЗОВАНИИ СИГНАЛА В КОМПЛЕКСНО-
СОПРЯЖЕННЫЙ..... 402**

Семина Е.М., Чони Ю.И.

**КОМБИНИРОВАННАЯ ДОФОКУСИРОВКА ГИБРИДНОЙ
ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ 404**

Дардымов А.В.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ
СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ КОСПАС-САРСАТ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ GPS-МОНИТОРИНГА
ИОНОСФЕРЫ..... 406**

Пашинецов В.П., Мишин Д.В., Михайлов Д.А.

**СИСТЕМА СВЯЗИ С НИЗКООРБИТАЛЬНЫМИ
СПУТНИКАМИ..... 408**

Можгинский В.Л., Яровой Н.А.

**ОБНАРУЖЕНИЕ СЛАБООТРАЖАЮЩИХ ВОЗДУШНЫХ
ЦЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ РАДИОЛОКАТОРА
С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ 410**

Горячкин О.В., Борисенков А.В.

**РАДИОЛОКАТОР С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ
ДЛЯ БПЛА 412**

Борисенков А.В., Горячкин О.В., Лифанов А.С.

**ОЦЕНКА ЦЕЛЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННЫХ
ПРОДУКТОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ КА 414**

Ерков И.О., Журавлев А.А., Иващенко Е.В., Маслов И.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КА СЕРИИ «ОБЗОР-Р»..... 416

Валиев А.В., Журавлев А.А., Иващенко Е.В., Маслов И.В.

СЕКЦИЯ 8 ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	418
РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ	420
<i>Киреева Н.В.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ МОСТОВ ДЛЯ КОДИРОВАНИЯ И ДЕКОДИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ В МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ	422
<i>Федоров В.Н.</i>	
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ: КЛЮЧЕВОЙ КОМПОНЕНТ В БОРЬБЕ С КИБЕРПРЕСТУПНОСТЬЮ	424
<i>Киреева Н.В., Бухнер А.А., Летяев В.А., Рожков М.А.</i>	
МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ.....	426
<i>Шнякина Е.А.</i>	
АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	428
<i>Расеева Е.В.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИОННЫХ ОСНОВ ВНЕДРЕНИЯ РЕШЕНИЙ И ПРОДУКТОВ NETWORK TRAFFIC ANALYSIS	430
<i>Крыжановский А.В.</i>	
АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ И УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ	432
<i>Кошечкина К.Д., Пугин В.В.</i>	

МИНИМИЗАЦИЯ РИСКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА КИБЕРПРЕСТУПНИКАМИ.....	434
<i>Грашкин С.В., Пугин В.В.</i>	
ПРЕДИКТИВНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ В СИСТЕМАХ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ ВТОРЖЕНИЙ.....	436
<i>Карташевский В.Г., Губарева О.Ю., Фирстова Т.В.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАЩИЩЕННОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТОПОЛОГИИ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ	438
<i>Чесноков А.Д.</i>	
МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ	440
<i>Сорокин И.А.</i>	
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ AES И CSA ДЛЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ OFDM	442
<i>Архипов М.В., Логинов С.С.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ.....	444
<i>Брачунова У.В.</i>	
БЕЗОПАСНАЯ АКТИВАЦИЯ УСТРОЙСТВ В СЕТЯХ LPWAN	446
<i>Гребешков А.Ю.</i>	

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОРРЕЛЯЦИИ
ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ИНДИКАТОРОВ КОМПРОМЕТАЦИИ
(ИОС) ПОВЕДЕНЧЕСКИМИ ДАННЫМИ..... 448
Красюков К.В., Поздняк И.С.

АНАЛИЗА СРОКА ЖИЗНИ ИНДИКАТОРОВ
КОМПРОМЕТАЦИИ 450
Поздняк И.С., Ларичев Р.С.

АНАЛИЗ СОБЫТИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ AI-АССИСТЕНТА 452
Буранова М.А., Немов А.С.

МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ
ФИЛЬТРАЦИИ ТРАФИКА 454
Азюков А.И., Карташевский И.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ
В СЕТЯХ IOT 456
Шакурский М.В., Карташевская Е.С.

ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ В ТРАФИКЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ
НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 458
Карташевская Е.С.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ
КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК..... 460
Аникин С.А., Козырева Н.И.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
СЕТЕВЫХ АТАК 462
Абрамов К.И., Щанькин К.Д., Козырева Н.И.

ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ..... 464
Козырева Н.И., Калемалькина А.А., Сафронова А.В.

ОБЗОР УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕТЯХ IoT.....	466
<i>Козырева Н.И., Теплов К.И.</i>	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ IoT.....	468
<i>Козырева Н.И., Савин Е.А.</i>	
МОДУЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЖУРНАЛОВ РАБОТЫ КОНТРОЛЛЕРА ДОМЕНА.....	470
<i>Атарская Е.А., Вульфин А.М., Кириллова А.Д.</i>	
МОДУЛЬ ОБНАРУЖЕНИЯ ФИШИНГОВЫХ ССЫЛОК В СОСТАВЕ ЦЕНТРА МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	472
<i>Минко А.В., Вульфин А.М., Кириллова А.Д.</i>	
АНАЛИЗ ДАННЫХ КИБЕРРАЗВЕДКИ С ПОМОЩЬЮ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ.....	474
<i>Луцкович А.И., Вульфин А.М., Кириллова А.Д.</i>	
МАТРИЧНО-БИНАРНЫЙ КРИПТОАЛГОРИТМ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ВРЕМЕНИ.....	476
<i>Голубничая Е.Ю., Глушков А.С.</i>	
БУДУЩЕЕ СТЕГАНОГРАФИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ СТЕГАНОГРАФИИ, ВКЛЮЧАЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	478
<i>Караулова О.А., Шакурский М.В.</i>	
ЗАДАЧА ПОИСКА СКРЫТЫХ СООБЩЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННОМ ПОТОКЕ	480
<i>Шакурский М.В., Караулова О.А.</i>	

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОВЫШЕННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ	482
<i>Шакурский М.В.</i>	

ВСТРАИВАНИЕ СКРЫТЫХ СООБЩЕНИЙ В ГРАФИЧЕСКИЕ МЕДИАФАЙЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ	484
<i>Шакурский М.В., Бильданов С.З.</i>	

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ПТиТТ-2024

XXVI МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Самара, 06 – 08 ноября 2024 г.

Статьи воспроизводятся с оригиналов, представленных авторами, и
Издатель не несет ответственности за содержание статей.

Ответственный секретарь: Губарева О.Ю.

Ответственный за выпуск: Горячкин О.В.

Компьютерная верстка: Маврицкий Е.В.

Подписано в печать 12.12.2024

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 30,17.

Заказ № 100035943

Тираж 500.

Издательство Поволжского государственного университета
телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ)

443090, Самара, Московское шоссе, 77