

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Поволжский государственный университет сервиса

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ (ITRT-2023)

МАТЕРИАЛЫ X МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
Тольятти, 20 апреля 2023 года

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Тольятти
ПВГУС
2023

УДК 004;621.396.6;621.397
ББК 32.81;32;32.973.292

Редакционная коллегия:

*В. И. Воловач (председатель), В. М. Артюшенко, А. А. Бобцов,
О. В. Дворников, В. Г. Карташевский, Ю. Э. Корчагин, Н. Н. Прокопенко.*

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленная
электроника» Тольяттинского государственного университета
А. А. Шевцов;

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Информационный
и электронный сервис» Поволжского государственного университета
сервиса *Т. С. Яницкая.*

Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2023) : материалы X Международной заочной научно-технической конференции : Тольятти, 20 апреля 2023 : сборник тезисов докладов / редкол.: В. И. Воловач (пред.) [и др.]. – Тольятти : Издательско-полиграфический центр ПВГУС, 2023. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-9581-0385-0.

В сборнике содержатся тезисы докладов ежегодной Международной заочной научно-технической конференции. Представлены результаты исследований ученых и специалистов-практиков, а также студентов профильных направлений в предметных областях радиоэлектроники, телекоммуникаций и информационных технологий.

Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников, специализирующихся в научных направлениях информатики, вычислительной техники и информационных технологий, программной инженерии, радиотехники и электроники, телекоммуникаций и цифровой обработки сигналов.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом Поволжского государственного университета сервиса.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8/10; ПИИ 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

ISBN 978-5-9581-0385-0

© Коллектив авторов, 2023

© ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса», 2023

Редактор Т. Н. Нохрина
Компьютерная верстка: И. В. Карасев
Художественное оформление,
компьютерное проектирование: И. В. Карасев

Дата подписания к использованию 03.08.2023.
Объем издания 2 Мб.
Тираж 50 экз.
Заказ № 58-23.

Издательско-полиграфический центр
Поволжского государственного
университета сервиса
445017, г. Тольятти, ул. Гагарина, 4,
тел. 8 (8482) 22-26-50, www.tolgas.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Артюшенко В. М., Воловач В. И.

Анализ вероятности появления пакета ошибок в узкополосном
канале связи с использованием теории автоматов.....8

Бобоедов Р. Е.

Некоторые особенности распознавания объектов13

Борвенко А. Л.

О задаче алгоритмизации планирования пути беспилотного
мобильного средства17

Буй К. В.

Модифицированный алгоритм подавления помех.....21

Вешкин С. Н., Федотов Д. А.

О некоторых вопросах использования машинного
обучения в информационно-измерительных системах.....26

Воловач В. И., Бондарев В. А., Шишков А. Н., Яницкий А. И.

Автоматизированное измерение частоты кадров
и времени экспозиции31

Воловач В. И., Будилов В. Н., Васильева А. С., Ляпина К. В.

Обнаружение вращающегося объекта при помощи обработки
видео с малой частотой кадров.....35

Воловач В. И., Васильева А. С., Ляпина К. В., Карев Е. В.

Световые помехи в видеосистеме обнаружения
вращающихся объектов.....40

Доломанчук Д. А., Князев Д. М.

О применении датчиков струнной тензометрии
в автоматизированных системах геотехнического
мониторинга тоннелей45

<i>Дружинин В. В.</i> О некоторых вопросах использования оптической беспроводной связи.....	52
<i>Елфимов А. Е., Величкина А. С., Усков Г. К.</i> Оценка квазигауссовских импульсов с помощью метода NMSE.....	57
<i>Иванов В. В.</i> Сжатие изображений методом группового преобразования сигналов.....	62
<i>Качапин И. А.</i> О возможностях увеличения помехозащищенности сигналов.....	69
<i>Князев Д. М., Доломанчук Д. А.</i> О разработке интегрированной информационно-измерительной системы геодезического мониторинга объектов.....	74
<i>Крюков А. Н., Федосов С. В.</i> Влияние тени антенн на выходные характеристики солнечной батареи малого космического аппарата	79
<i>Лопухова Е. А., Жданов Р. Р.</i> Алгоритм снижения задержки на передачу пакетов в сети V2V	86
<i>Магда О. В., Воронин А. В., Казанов В. В.</i> О возможности использования беспроводных сенсорных сетей при мониторинге окружающей среды	93
<i>Нечаев Д. А.</i> Некоторые особенности систем высокоточного нивелирования	99
<i>Никонов С. А., Самохина Н. С.</i> Аппаратные решения для повышения эффективности работы рекуператора приточно-вытяжных установок.....	103

<i>Поздняков Т. А.</i> О некоторых подходах при разработке интеллектуальной системы обнаружения задымлений	108
<i>Прокопенко Н. Н., Чумаков В. Е., Клейменкин Д. В., Кунц А. В.</i> Арсенид-галлиевый входной дифференциальный каскад класса АВ быстродействующего операционного усилителя	113
<i>Радайкин А. В., Копать Д. Я.</i> Использование видеокамер для скрытой передачи данных в оптическом диапазоне.....	124
<i>Росляков А. В., Уразова О. В., Грунина И. А.</i> Сравнительный анализ характеристик новых стандартов IEEE 802.11.....	129
<i>Росляков А. В., Марыкова Л. А.</i> Решения оптических транспортных сетей нового поколения для выделенных линий	135
<i>Салахов Т. Р., Шик В. Г.</i> О разработке визуальной системы определения потенциальных правонарушителей	148
<i>Селезнев Д. А.</i> О передаче разовых сообщений по занятому телекоммуникационному каналу	153
<i>Стадников А. С., Самохина Н. С.</i> Интеллектуальная система контроля состояния подъема-опускания груза на подъемно-транспортном оборудовании (мостовых кранах) с возможностью дополнительного торможения в аварийных ситуациях.....	157

Стрелков Г. С., Самохина Н. С.

Использование цифровых двойников зданий для оптимизации энергоэффективности и устойчивости зданий в условиях городской среды, а также повсеместная цифровизация строительной сферы и городской среды 162

Сычев А. С., Утарова А. Т.

Программно-аппаратный комплекс по противодействию беспилотным летательным аппаратам, основанный на элементах информационной безопасности..... 165

Устинова Е. С., Кудряшов В. К.

Исследование аналитических методов адаптации управления производственным процессом 173

Химюк А. И.

Использование подходов по оптимизации трафика для решения задач транспортной логистики 176

Хмелев С. А., Тогоулев С. Ю.

Об использовании средств видеонаблюдения для неразрушающего дистанционного контроля сооружений 181

Чагайдак А. А., Новиченков А. В.

Использование показателя ОЕЕ для повышения эффективности эксплуатации промышленных объектов 186

Шакурский М. В., Караулова О. А.

Стеганография в режиме реального времени..... 190

Шик В. Г.

О некоторых особенностях многоуровневых систем обеспечения безопасности 196

АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ ПОЯВЛЕНИЯ ПАКЕТА ОШИБОК В УЗКОПОЛОСНОМ КАНАЛЕ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ АВТОМАТОВ

АРТЮШЕНКО Владимир Михайлович,

доктор технических наук, профессор

Технологический университет имени дважды

Героя Советского Союза, летчика-космонавта А. А. Леонова

141074, Россия, Московская область, Королев, artyushenko@mail.ru

ВОЛОВАЧ Владимир Иванович, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Информационный и электронный сервис»

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, volovach.vi@mail.ru

Аннотация. Представлена модель, имеющая три состояния, позволяющая определить появление b ошибок в блоке, состоящем из m бит, и пропускную способность узкополосного канала связи. Показано, что пропускная способность канала связи может быть представлена как функция от длины пакета данных и числа ошибок, которые могут быть исправлены.

Ключевые слова: модель Фричмана, узкополосный канал связи, теория автоматов, вероятность появления пакета ошибок, пропускная способность канала связи.

ERROR PACKET PROBABILITY ANALYSIS IN A NARROW-BAND COMMUNICATION CHANNEL USING AUTOMATA THEORIES

ARTYUSHENKO Vladimir Mikhailovich,

doctor of technical sciences, Professor

Technological University, named after twice Hero

of the Soviet Union, cosmonaut A. A. Leonov

141074, Russia, Moscow region, Korolev, artyushenko@mail.ru

VOLOVACH Vladimir Ivanovich, doctor of technical sciences, associate professor, head of the department of «Information and electronic service»

Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, volovach.vi@mail.ru

Abstract. A model with three states is presented, which makes it possible to determine the occurrence of b errors in a block consisting of m bits and the bandwidth of a narrowband communication channel. It is shown that the bandwidth of the communication channel can be represented as a function of the length of the data packet and the number of errors that can be corrected.

Keywords: Frichman model, narrow-band communication channel, automata theory, probability of error packet occurrence, communication channel bandwidth.

ВВЕДЕНИЕ

В цифровых радиоканалах одним из важнейших параметров является пропускная способность [1, 2 и др.]. Максимальное значение этого параметра позволяет максимально эффективно использовать систему передачи данных [3, 4].

Основной задачей канала связи является передача блоков данных и их защита с применением специальных схем кодеров. Канальные кодеры могут исправлять b бит в последовательности длиной m . Когда число ошибок превышает число в b бит, происходит искажение принятой информации. Затухание радиоволн может приводить к появлению пачек ошибок. Важно определить количество верно переданной информации при определенной пропускной способности канала связи.

Известно, что пропускная способность в этом случае определяется выражением

$$B = 1 - \sum_{k=b}^m P(k, m),$$

где $P(k, m)$ – вероятность наличия k ошибок в блоке данных длиной m [5].

Необходимо определить вероятность $P(k, m)$ для оптимизации пропускной способности канала связи.

Вероятность ошибок $P(k, m)$ является функцией, зависящей от характеристик канала связи. Длина пакета ошибок зависит от параметров

канала связи и сильно различается для узкополосных и широкополосных каналов связи.

Теория автоматов используется для предсказания ошибок и может быть применена к модели Гильберта – Эллиота, имеющей два состояния. Однако модель Гильберта – Эллиота достаточно сложно применить к узкополосным каналам связи. Для этой цели лучше всего подходит модель Фричмана [6], имеющая несколько состояний и позволяющая предсказать появление пачек ошибок.

Анализируя полученные результаты, можно предсказать вероятность появления пакета ошибок, а также определить пропускную способность канала связи для трех состояний, вероятность изменения состояния и вероятность установившегося режима работы [7].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ФРИЧМАНА

В данном исследовании рассматривается использование модели Фричмана с тремя состояниями для оценки вероятности $P(b, m)$ применительно к узкополосному каналу связи.

Опишем в самых общих чертах теорию автоматов применительно к определению вероятностей ошибок.

Теория автоматов использует граф переходов между ошибочными состояниями. Благодаря этому можно определить вероятность наличия ошибки или вероятность без искаженной передачи данных.

Модель Фричмана содержит два ошибочных конечных состояния (А и В), при этом одна ошибка приводит к смене состояния. Единственным ограничением данной модели является то, что переходы осуществляются только между состояниями А и В.

Данной диаграмме соответствует матрица переходных состояний:

$$D \begin{pmatrix} y \\ x \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & 0 & P_{13} \\ 0 & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix}$$

Здесь x – переданный бит, а y – полученный бит. При этом необходимо определить, получены неискаженные данные или бит подвергся ошибке.

В теории автоматов матрицу переходных состояний преобразуют таким образом, чтобы матрица переходов $F(z = 0/x)$, $F(z = 1/x)$ при наличии ошибки z меняла свое состояние. То есть, если $z = 0$, то никакой ошибки не произошло, если же $z = 1$, то имеет место ошибка.

Для оценки матрицы переходных состояний применительно к модели Фричмана с тремя состояниями используются выражения:

$$F(z = 0/x) = \begin{bmatrix} P_{11} & 0 & 0 \\ 0 & P_{22} & 0 \\ P_{31} & P_{32} & 0 \end{bmatrix}; F(z = 1/x) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & P_{13} \\ 0 & 0 & P_{23} \\ 0 & 0 & P_{33} \end{bmatrix}$$

Теория автоматов позволяет определить вероятность появления последовательности ошибок w^n при ошибочной передаче слова u^n (n – число бит), а, следовательно, определить вероятность перехода в новое состояние:

$$P(w^n, u^n) = \sigma F(z_1/x) F(z_2/x) F(z_3/x) F(z_n/x),$$

где σ – это распределение вероятности $P(w^n, u^n)$.

Если изменение состояния не зависит от переданной последовательности данных, то вероятность ошибки будет определяться как:

$$P(1) = \sigma F(z = 1/x),$$

$$P(1/0^m) = P\left(\frac{0^m}{1}\right) P(1).$$

Отсюда

$$P\left(\frac{0^m}{1}\right) = \frac{\sigma F(z = 1/x) (F(z = 0/x))^m \epsilon}{\sigma F(z = 1/x) \epsilon}.$$

Данное уравнение может быть упрощено, если вероятность $P(0^m/1)$ выразить через вероятности изменения всех трех состояний модели Фричмана:

$$P\left(\frac{0^m}{1}\right) = \left(\frac{P_{31}}{P_{11}}\right) P_{11}^m + \left(\frac{P_{32}}{P_{22}}\right) P_{22}^m.$$

На основании вышеизложенного была написана программа для моделирования на компьютере, в которой описано три состояния модели Фричмана. Были определены вероятности перехода из одного состояния в другое.

Моделирование проводилось для случайно выбранного состояния. Смена состояний происходила в соответствии с вычисленными вероятностями. Ошибка происходила при моделировании в состоянии 2. Зарегистрированные ошибки были сохранены в отчете.

ВЫВОДЫ

Описан метод, позволяющий определить пропускную способность канала связи при условии безошибочной передачи сообщений. Определены вероятности появления пачек ошибок. Результаты измерений получены для трех состояний модели Фричмана.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-00452, <https://rscf.ru/project/23-21-00452/>.

Список источников

1. Антенные решетки. Обзор зарубежных работ / Бененсон Л. С., Журавлев В. А., Попов С. В., Постов Г. А. ; под ред. Л. С. Бененсона. Москва : Сов. радио, 1966. 368 с.
2. Вендик О. Г. Антенны с немеханическим движением луча. Москва : Радио и связь, 1965. 360 с.
3. Kittel L. Polynomial representation of burst error statistics // Proceedings of 1995 IEEE International Symposium on Information Theory, 17–22 September 1995, Whistler, BC, Canada, 1995. P 211–210. DOI: 10.1109/ISIT.1995.532924
4. Kanal L.N., Sastry A.R.K. Models for Channels with Memory and Their Application to Error Control // Proceedings of IEEE, July 1978. Vol. 66, Issue 7. PP. 724–744. DOI: 10.1109/PROC.1978.11013
5. Содин Л. Г., Могульский Е. З. Статистические характеристики поля дальней зоны антенной решетки // Радиотехника и электроника. 1990. Т. 35, № 12. С. 253–254.
6. Шифрин Я. С. Вопросы статистической теории антенн. Москва : Сов. радио, 1970. 384 с.
7. Реутов А. П., Михайлов Б. А., Кондратенков Г. С., Бойко Б. В. Радиолокационные станции бокового обзора. Москва : Сов. радио, 1970. 360 с.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

БОБОЕДОВ Руслан Евгеньевич, аспирант

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, passat533@gmail.com

Аннотация. Показано, что наиболее популярными для распознавания объектов являются методы машинного и глубокого обучения. Отмечаются основные виды неоптимального обнаружения объектов, такие как освещенность или погодные условия. Определено, что оптимальные алгоритмы обнаружения и распознавания объектов должны максимально компенсировать неоптимальные условия обнаружения.

Ключевые слова: распознавание объектов, глубокое обучение, машинное обучение, неоптимальные условия, видеосистема.

SOME FEATURES OF OBJECT RECOGNITION

BOBOEDOV Ruslan Evgenievich, PhD student

Volga Region State University of Service

445017, Russia, Togliatty, passat533@gmail.com

Abstract. It is shown that the most popular methods for object recognition are machine learning and deep learning. The main types of non-optimal object detection, such as illumination or weather conditions, are noted. It is determined that optimal algorithms for object detection and recognition should compensate for non-optimal detection conditions as much as possible.

Keywords: object recognition, deep learning, machine learning, suboptimal conditions, video system.

ВВЕДЕНИЕ

Распознавание объектов представляет собой метод компьютерного зрения для последующей идентификации объектов на изображении или видеозаписи [1, 2]. Для распознавания объектов, как правило, используют алгоритмы глубокого и машинного обучения. Основная

цель, которая ставится при распознавании объектов, – научить компьютер понимать то, что содержит изображение. Следующим шагом, еще более сложным, является идентификация объекта. Например, в системах обеспечения безопасности важным является не только распознавание объекта (человек или животное), но также и идентификация его (кто именно этот человек). Известно также, что распознавание объектов используется в беспилотных транспортных средствах, в промышленном контроле, роботизированном зрении и других приложениях.

ОБНАРУЖЕНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

Говоря об обнаружении и распознавании объектов, следует иметь в виду их достаточно существенное различие. В процессе обнаружения объектов выявляются те или иные экземпляры объектов на изображении. При глубоком обучении методы обнаружения объектов принято считать подмножеством методов распознавания объектов. Причем объект не только идентифицируется, но и определенным образом располагается на изображении.

Считается, что существует несколько подходов к распознаванию объектов. Поскольку наиболее популярными сейчас являются методы машинного и глубокого обучения, есть необходимость кратко рассмотреть их для решения задач исследования.

Методы и модели глубокого обучения, такие как сверточные нейронные сети, предполагают изучение свойств, присущих тому или иному объекту, для его последующей идентификации [4]. В свою очередь, при использовании методов глубокого обучения принято применять обучение модели с нуля либо предварительно обученную модель. Положительные и отрицательные стороны названных подходов общеизвестны и требуют учета при применении в тех или иных условиях распознавания объектов [5, 6].

В процессе использования методов машинного обучения для распознавания объектов можно применить различные алгоритмы машинного обучения и методы извлечения признаков, содержащих множество комбинаций для создания точной модели распознавания объектов. Достоинством данных методов является достижение точных результатов при использовании минимального количества данных.

Следует отметить, что инструментарий Matlab позволяет создавать модели машинного и глубокого обучения с достаточной долей информативности.

Кроме названных методов, могут быть использованы другие, более простые: сопоставление с шаблоном, когда используется небольшое изображение или шаблон для поиска совпадающих областей на большом изображении либо сегментация изображений и анализ BLOB-объектов, при котором используются простые свойства объекта, такие как размер, цвет или форма [7, 8].

В ходе исследования предстоит решить одну из основных задач – проанализировать применимость различных методов для распознавания объектов в неоптимальных условиях обнаружения; на основе выбранного метода и будут проводиться дальнейшие исследования.

Значительная часть всей работы связана с неоптимальными условиями обнаружения объекта. Относительно видеосистем неоптимальные условия представляют собой, например, недостаточную либо чрезмерную освещенность объекта, сложные погодные условия – туман, дождь, снег, неоптимальное расположение видеокамер, возможные мешающие изображения других объектов на видеоизображении. Отдельно следует рассмотреть воздействие помех, в том числе и преднамеренных, на распознавание объекта. Таким образом, после сравнения и выбора метода для распознавания объектов особое внимание следует уделить разработке эффективных алгоритмов обнаружения и распознавания, способных в максимальной степени сгладить влияние неоптимальных условий обнаружения. Согласно разработанным алгоритмам разрабатывается структурная схема информационно-измерительной системы, и аналитически определяются ее основные характеристики в неоптимальных условиях обнаружения.

ВЫВОДЫ

Отмечается, что при глубоком обучении методы обнаружения объектов принято считать подмножеством методов распознавания объектов. Показано, что наиболее популярными при обнаружении и распознавании объектов являются методы машинного и глубокого обучения. Показано, что неоптимальные условия обнаружения и распознавания объектов следует компенсировать разработкой оптимальных алгоритмов.

Список источников

1. Рой Дэвис, Мэтью Терк. Компьютерное зрение. Передовые методы и глубокое обучение. Москва : ДМК Пресс, 2022. 690 с.
2. Клетте Рейнхард. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы. Москва : ДМК Пресс, 2019. 506 с.
3. Руководство. Обнаружение объектов с помощью ONNX в машинном обучении.NET // Microsoft Learn : сайт. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/machine-learning/tutorials/object-detection-onnx> (дата обращения: 05.04.2023).
4. Нгуен Тхе Кыонг, Сырямкин В. И., Нгуен Чанг Хоанг Тхуи. Модель метода распознавания объектов на изображениях с использованием сверточной нейронной сети – CNN // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 12–2. С. 269–280.
5. Метод обнаружения объектов на изображении с позиций теории активного восприятия / Гай В. Е., Утробин В. А., Викулова Е. Н., Никифоров Н. А., Макаров Н. Н., Ляхманов Д. А. // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2018. № 1(120). С. 9–15.
6. Советы по глубокому обучению: распознавание объектов в 10 строк. // proglib.io : сайт. URL: <https://proglib.io/p/deep-learning-advice> (дата обращения: 10.04.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
8. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.

О ЗАДАЧЕ АЛГОРИТМИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПУТИ БЕСПИЛОТНОГО МОБИЛЬНОГО СРЕДСТВА

БОРВЕНКО Александр Львович, аспирант
Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, *kaf_iies@tolgas.ru*

Аннотация. Предполагается исследование алгоритмов движения беспилотных мобильных средств. Показано, что значительный интерес вызывает задача алгоритмизации планирования пути беспилотного мобильного средства. Также обсуждаются вопросы предотвращения столкновений мобильных средств.

Ключевые слова: беспилотное мобильное средство, гибридное мобильное средство, алгоритмизация, планирование построения пути, контроль движения.

ABOUT THE TASK OF ALGORITHMIZATION OF THE PATH PLANNING OF AN UNMANNED MOBILE VEHICLE

BORVENKO Alexander Lvovich, PhD student
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, *kaf_iies@tolgas.ru*

Abstract. It is supposed to study the algorithms of movement of unmanned mobile vehicles. It is shown that the problem of algorithmization of the path planning of an unmanned mobile vehicle is of considerable interest. The issues of collision prevention of mobile vehicles are also discussed.

Keywords: unmanned mobile vehicle, hybrid mobile vehicle, algorithmization, path construction planning, traffic control.

ВВЕДЕНИЕ

Среди направлений развития техники и технологий, развивающихся наиболее быстрыми темпами, следует выделить беспилотные системы различного назначения и различных областей применения.

Если говорить о беспилотных автомобилях, то это автобусы (шатлы), грузовики и легковые автомобили. Уже не один год в метро многих стран мира курсируют беспилотные поезда, так же как уже эксплуатируются беспилотные железнодорожные поезда. Излишне говорить об использовании беспилотных летательных аппаратов и дронов: круг задач, решаемых ими, постоянно расширяется и масштабируется. Дроны успешно применяются для контроля состояния производства и оборудования, в сельском хозяйстве, логистике, строительстве и пр. Разрабатываются проекты беспилотных кораблей, а некоторые из них уже успешно реализуются, как, например, беспилотный корабль «Чжу Хай Юнь» – первое в мире беспилотное исследовательское судно [1].

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Область использования беспилотных средств достаточно разнообразна и, наряду с общими подходами к их управлению и контролю движения, у каждой из упомянутых групп будут свои особенности, которые следует исследовать, анализировать и доводить до реализации (в данном исследовании прежде всего до уровня теоретических положений) [2–4].

В ходе выполнения исследований предполагается разработка новых алгоритмов движения и контроля движения беспилотных мобильных средств с отдельным исследованием гибридных мобильных средств, для которых оптимальные алгоритмы движения еще не рассматривались. Среди гибридных мобильных средств больший интерес представляют «летающие-плавающие» и «летающие-ездящие» средства, поскольку востребованность их применения более очевидна. Для таких случаев можно использовать классический подход, применяемый в робототехнике, когда для самостоятельного передвижения достаточно использовать четыре модуля: локализация, распознавание, планирование и управление [5–8]. Особый интерес вызывает задача алгоритмизации планирования пути беспилотного мобильного средства, включая дополнительные ограничения при использовании гибридных мобильных средств. Решение задачи алгоритмов построения пути может быть достигнуто применением алгоритмов на графах с использованием алгоритма Дейкстры, оптимизационных методов, стохастических алгоритмов и специализированных методов. Какой

из алгоритмов выбрать в нашем исследовании – предстоит решить в ходе не только детального анализа и собственно разработки алгоритмов, но также и их моделирования, на основании чего будет выбрано наиболее верное решение.

На основе выбранного алгоритма построения пути может быть создана информационно-измерительная и управляющая система контроля движения малых беспилотных средств, в том числе для гибридных средств [9]. Моделирование созданной системы либо ее отдельных существенных компонентов позволит оценить работоспособность разработанного алгоритма построения пути. При этом, как можно предположить, разработка такого алгоритма также должна включать в себя возможность исключения столкновений с другими мобильными средствами (включая и пилотируемые), т. е. содержать в себе, по крайней мере, элементы движения в группе мобильных средств. Насколько этот вопрос может быть развит в ходе исследования – покажет только время.

ВЫВОДЫ

Разработка новых алгоритмов движения и контроля движения гибридных мобильных средств представляет отдельную задачу. Для таких случаев можно использовать следующие модули: локализация, распознавание, планирование и управление.

Список источников

1. Китай построил первый в мире беспилотный авианосец для запуска БПЛА // Cnews.ru : сайт. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2022-05-26_kitaj_postroil_pervyj_v_mire (дата обращения: 23.03.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Коробеев А. И., Чучаев А. И. Беспилотные транспортные средства: новые вызовы общественной безопасности // Lex Russica. 2019. № 2. С. 9–28. Электрон. копия печ. изд. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bspilotnye-transportnye-sredstva-novye-vyzovy-obschestvennoy-bezopasnosti> (дата обращения: 29.03.2023). Доступна на сайте Cyberleninka.
3. Шаошань Лю, Цзе Тан, Лиунь Ли. Разработка беспилотных транспортных средств. Москва : ДМК Пресс, 2022. 246 с.

4. Интеллектуальное планирование траекторий подвижных объектов в средах с препятствиями / Д. А. Белоглазов [и др.] ; под ред. В. Х. Пшихопова. Москва : Физматлит, 2014. 295 с.
5. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
6. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
7. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Оценка погрешности измерения скалярного информационного параметра движущегося протяженного объекта на фоне аддитивных негауссовских помех // Журнал радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 4.
8. Интеллектуальные технологии планирования перемещений подвижных объектов в трехмерных недетерминированных средах: монография / Д. А. Белоглазов [и др.] ; под ред. В. Х. Пшихопова. Москва : Наука, 2017. 231 с.
9. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Анализ параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от движущегося протяженного объекта // Журнал радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 5.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ

БУЙ Куок Вьонг, аспирант

Рязанский государственный радиотехнический университет

им. В. Ф. Уткина

350005, Россия, Рязань, herapkm@gmail.com

Аннотация. Исследуется алгоритм фазовой адаптации антенной решетки. Основная цель этого алгоритма – сформировать «нули» в диаграмме направленности антенной решетки в направлении на источник помехи. В данной работе проводится моделирование алгоритмов фазовой адаптации, основанное на критерии минимизации мощности помех на выходе антенной решетки. Для поиска глобального минимума мощности помех была внесена модификация в алгоритм фазовой адаптации. В результате получены сравнительные характеристики эффективности подавления помех, которые демонстрируют преимущества модифицированного алгоритма адаптации.

Ключевые слова: подавление помех, адаптация, алгоритм фазовой адаптации.

MODIFIED INTERFERENCE SUPPRESSION ALGORITHM

BUI Quoc Vuong, PhD student

Ryazan State Radio Engineering University named after V. F. Utkin

350005, Russia, Ryazan, herapkm@gmail.com

Abstract. The algorithm of phase adaptation of the antenna array is investigated. The main purpose of this algorithm is to form «zeros» in the directional pattern of the antenna array in the direction of the interference source. In this paper, phase adaptation algorithms are modeled based on the criteria for minimizing the power of interference at the output of the antenna array. To find the global minimum of interference power, a modification was made to the phase adaptation algorithm. As a result, comparative characteristics of the interference suppression efficiency are obtained, which demonstrate the advantages of the modified adaptation algorithm.

Keywords: interference suppression, adaptation, phase adaptation algorithm.

ВВЕДЕНИЕ

Часто широкополосные помехи имеют узкий пространственный спектр и могут быть успешно подавлены путем формирования «нулей» диаграммы направленности (ДН) антенной решетки (АР) в направлении, откуда они поступают [1–3]. Для подавления помех широко используется адаптивная подстройка весовых коэффициентов АР, что приводит к изменению формы ДН АР во времени [4, 5]. Однако алгоритмы фазовой адаптации не всегда гарантируют глобальный минимум мощности помех на входе АР (рис. 1). Поэтому предлагается модификация алгоритма фазовой адаптации. Эта работа направлена на улучшение эффективности подавления помех, которые коррелируют в пространстве, с помощью адаптивной антенной решетки и модифицированного алгоритма фазовой адаптации, который применяется в различных режимах адаптации.

В алгоритме фазовой адаптации [6] сигнал на выходе АР может быть представлен в виде суммы сигнала от определенного n -го элемента АР и суммы сигналов от всех остальных $N - 1$ элементов:

$$\underline{z} = E_n e^{j\varphi_n} + E_\Sigma e^{j\varphi_\Sigma}, \quad n = 1, 2, \dots, N.$$

Процесс адаптации включает последовательную перестройку значения фазы φ_n и измерение выходной амплитуды помехи для каждого элемента АР. При большом числе элементов АР представим, что $N \gg 1$ и $E_\Sigma \gg E_n$ можно записать:

$$E_z \approx E_\Sigma + E_n \cos(\varphi_0 + \varphi_n), \quad n = 1, 2, \dots, N,$$

где φ_0 – начальная фаза. При значениях фаз n -го элемента АР, $\{0^\circ, 90^\circ, 180^\circ\}$ выходные сигналы $\underline{E}_0, \underline{E}_{90}, \underline{E}_{180}$ равны:

$$E_0 = E_\Sigma + E_n \cos \varphi_0,$$

$$E_{90} = E_\Sigma + E_n \cos(\varphi_0 + 90^\circ) = E_\Sigma - E_n \sin \varphi_0,$$

$$E_{180} = E_\Sigma + E_n \cos(\varphi_0 + 180^\circ) = E_\Sigma - E_n \cos \varphi_0.$$

Начальная фаза φ_0 может быть определена путем решения системы:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi_0 &= \frac{E_0 + E_{180} - 2E_{90}}{E_{90} - E_{180}}, \\ \varphi_0 &= \operatorname{arctg} \left(\frac{E_0 + E_{180} - 2E_{90}}{E_0 - E_{180}} \right) - \pi \begin{cases} 0, E_0 - E_{180} > 0 \\ 1, E_0 - E_{180} < 0 \end{cases}. \end{aligned}$$

В работе [8] было получено значение фазы, которое обеспечивает минимальную мощность помех на выходе антенной решетки (АР), и оно равно $\varphi_{\text{opt}} = 180^\circ - \varphi_0$.

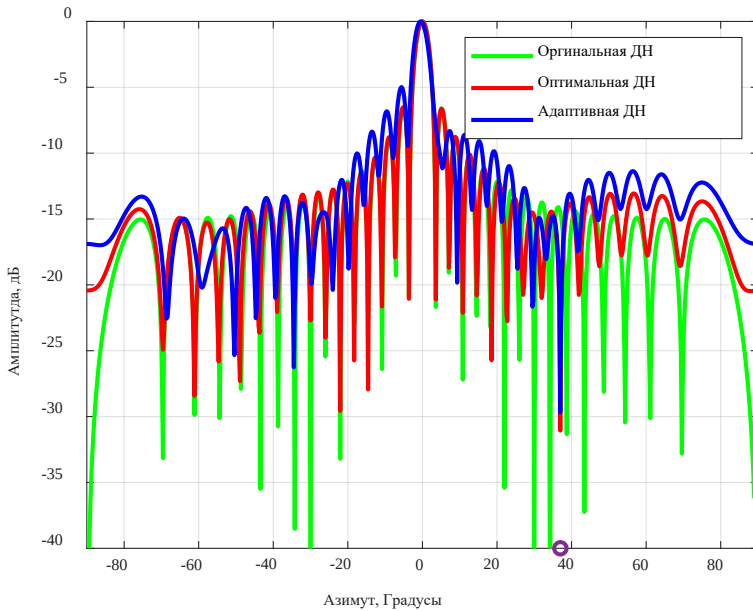


Рис. 1. Диаграммы направленности АР

Целевая функция имеет множество локальных минимумов в N -мерном пространстве и известный алгоритм фазовой адаптации [6] не обеспечивает глобальной сходимости к минимальной мощности помех на выходе антенной решетки. Результат адаптации во многом

зависит от начального распределения фаз. Чтобы решить эту проблему, предлагается использовать многократное формирование начальных условий в каждом периоде полной адаптации и определение минимальной мощности в каждом из них. После завершения процесса адаптации выбирается фазовое распределение, обеспечивающее наименьшую мощность помех на выходе антенной решетки (рис 2). Такой подход позволяет достичь глобального минимума мощности помех на выходе антенной решетки без зависимости от начального распределения фаз.

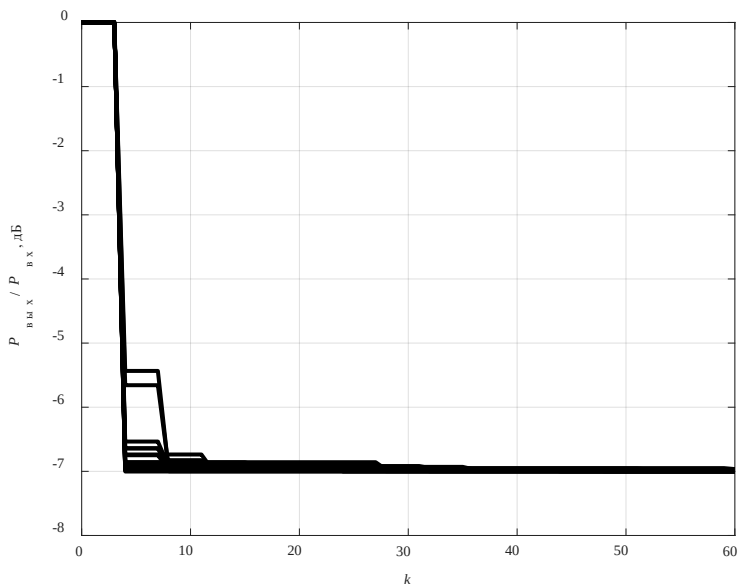


Рис. 2. Мощность помехи на выходе

Начальное фазовое распределение может формироваться различными способами:

- 1) с помощью датчика равномерно распределенных независимых случайных чисел;
- 2) равномерно с априорно заданным шагом.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Примем для моделирования следующие значения: угловая координат $M=1$ помех $\alpha_w = 37^\circ$, отношение помеха-шум

$$q_w = \frac{P_{win}}{P_{noise}} = 20 \text{ дБ, объем выборки для измерения мощности помех}$$

$N_{\text{ОВ}} = 100$. Эквилибистантная АР состоит из $N = 32$ элементов, расположенных на расстоянии $d = \lambda / 2$, в том числе количество адаптивных элементов $N_a = 4$.

ВЫВОДЫ

Результаты моделирования показывали, что модифицированный алгоритм хорошо формирует «нуль» в ДН в направлении на источник помех и выходные мощности сходятся к общим минимумам. Параметры модифицированного алгоритма устанавливаются в конце определенных количеств циклов полной адаптации, поэтому нет необходимости ожидания всего времени адаптации.

Список источников

1. Сосулин Ю. Г. Методы оптимальной обработки сигналов на фоне комплекса помех // Радиотехника и электроника. 1982. Т. 27, № 6. С.1171–1181.
2. Сосулин Ю. Г., Костров В. В., Паршин Ю. Н. Оценочно-корреляционная обработка сигналов и компенсация помех. Москва : Радиотехника, 2014. 632 с.
3. Паршин Ю. Н. Хаотическая динамика адаптивной системы компенсации комплекса точечной и протяженной помех // Радиотехника и электроника. 1988. Т. 43, № 11. С. 1336–1342.
4. Мальцев А. А., Зимина С. В. Спектрально-корреляционные характеристики выходного сигнала адаптивных антенных решеток с учетом флуктуаций весового вектора // Радиотехника и электроника. 2001, Т. 46, № 11. С.1350–1355.
5. Морган Д. Р. Влияние градиентного шума на адаптивное подавление синусоиды в белом шуме // IEEE Trans. 1983. Т. ASSP-31, № 4. С. 1043–1045.
6. Щапов Ю. М. Алгоритм фазовой адаптации антенных решеток произвольной геометрии // Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника. 1990. Т. 33, № 9. С.30–34.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

ВЕШКИН Сергей Николаевич, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, veshkinsn@yandex.ru*

ФЕДОТОВ Даниил Александрович, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, danfedotov26@gmail.com*

Аннотация. Показано, что адаптивные системы могут использоваться при обработке и анализе сигналов. Отмечается возможность применения методов глубокого обучения. Показано, что среди проблем при обработке сигналов в измерительных системах можно выделить моделирование неопределенности и построение сетевых мультисенсорных измерительных систем.

Ключевые слова: обработка сигналов, машинное обучение, искусственный интеллект, глубокое обучение, информационно-измерительная система.

ON SOME ISSUES OF USING MACHINE LEARNING IN INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS

VESHKIN Sergey Nikolaevich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, veshkinsn@yandex.ru*

FEDOTOV Daniil Alexandrovich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, danfedotov26@gmail.com*

Abstract. It is shown that adaptive systems can be used in signal processing and analysis. The possibility of using deep learning methods is noted. It is shown that among the problems in signal processing in measuring systems, uncertainty modeling and the construction of network multi-sensor measuring systems can be distinguished.

Keywords: signal processing, machine learning, artificial intelligence, deep learning, information and measurement system.

ВВЕДЕНИЕ

Последние достижения в области искусственного интеллекта и машинного обучения смещают внимание исследований в сторону интеллектуальной, управляемой данными обработки сигналов.

В истории науки становление обработки сигналов как отдельной области науки приходится на 1940-е годы. В это время были опубликованы фундаментальные научные труды, главным образом, в контексте коммуникаций, а монументальной работой стала работа Клода Шеннона «Математическая теория коммуникаций». Этот период ознаменовал прогресс обработки сигналов также в контексте других областей, включая технологию радиообнаружения и дальности (радар), которая развивалась и была востребована в связи с потребностями военного применения во время второй мировой войны. С тех пор, особенно после революции цифровых технологий шестидесятых годов, обработка сигналов стала неотъемлемой частью практически любой сенсорной системы.

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

Области применения обработки сигналов многочисленны и выходят далеко за рамки связи [1–6]. В качестве сигналов можно рассматривать ряды временных данных с несколькими источниками, двухмерные или более многомерные структуры данных, такие как изображения и видео [7].

На качество сигнала влияют различные факторы, такие как характеристики датчиков, используемых для их сбора, и недетерминированные явления, связанные со средой сбора данных.

Методы обработки сигналов были разработаны для преобразования сигналов таким образом, чтобы удовлетворялись потребности различных приложений. Общие преобразования направлены на улучшение качества сигнала или характеристик и сжатие сигнала. Методы обработки сигналов могут предшествовать или являться неотъемлемой частью методов анализа сигналов, направленных на раскрытие важной информации о содержании сигналов, включая их семантику и измерение наблюдаемых величин. Поэтому очевидно, что существу-

ют сильные зависимости между измерениями на основе датчиков и обработкой сигналов либо на этапе подготовки, либо на этапе анализа сигналов, рассматриваемых измерительной системой.

В последние годы увеличение вычислительных ресурсов привело к значительному прогрессу в адаптивных системах с универсальной архитектурой, что позволяет решать все более сложные задачи обработки и анализа сигналов.

Такие системы являются основой машинного обучения (ML) [8] и искусственного интеллекта (AI), и сегодня сложные архитектуры, такие как глубокие искусственные нейронные сети (DNNs), могут включать в себя миллионы свободных параметров, которые можно настроить с помощью алгоритма и выводить решения, основываясь исключительно на входных данных. Эта тенденция, обычно называемая глубоким обучением (DL) [9], уже вошла в область науки об измерениях, и несколько работ указывают на эффективность современных методов ML для решения задач измерения.

На начальном этапе работы над исследованием планируется провести критический обзор современных методов и приложений обработки и анализа сигналов с целью выявить будущие проблемы и перспективы в отношении измерительных систем следующего поколения. К таким системам будущего относятся измерительные системы Четвертой промышленной революции, использующие и вносящие вклад в научные и технологические достижения следующих десятилетий.

На следующем этапе планируется рассмотреть, каким образом определяются проблемы, связанные с обработкой сигналов, которые стоит учитывать в современных измерительных системах. К ним относятся моделирование неопределенности, которое является фундаментальной проблемой, которая все еще остается открытой, и проблемы, связанные с сетевыми мультисенсорными измерительными системами, основанными на технологиях Интернета вещей (IoT).

На следующем этапе обучения планируется изучить и охарактеризовать проблемы, связанные с обработкой сигналов для оптических измерительных систем. В этом направлении обсуждаются перспективы обработки сигналов в контексте велосиметрии изображений частиц (PIV) и интерферометрии.

Далее планируется рассмотреть спектр приложений, в которых качество и эффективность измерений могут иметь значительные социальные или экономические последствия. Они охватывают биомедицинские, дистанционные, экологические и промышленные области.

Многие из названных проблем и перспектив связаны с машинным обучением, которое, несомненно, является перспективным направлением. Однако его не следует рассматривать как панацею для решения любой проблемы обработки сигналов или измерения. При более внимательном рассмотрении исследуемой проблемы и понимании задействованных физических процессов другие решения, либо без DL, либо в сочетании со знаниями об исследуемой проблеме, могут быть более эффективными.

ВЫВОДЫ

Для обработки и анализа сигналов могут использоваться адаптивные структуры с универсальной архитектурой. Названные системы являются основой машинного обучения, искусственного интеллекта, глубоких искусственных нейронных сетей. В области измерительных систем могут использоваться подходы глубокого обучения.

Список источников

1. Джиган В. И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы. Москва : Техносфера, 2013. 528 с.
2. Берикашвили В. Ш., Засовин Э. А., Лаговский Б. А. Радиотехнические системы извлечения, обработки и передачи информации : монография. Москва : МГТУ МИРЭА, 2011. 233 с.
3. Обработка и преобразование сигналов в радиотехнических и инфокоммуникационных системах : монография / К. В. Анфалов [и др.] : отв. редактор В. И. Воловач. Москва : Радио и связь, 2014. 448 с.
4. Воловач В. И. Исследование плотности распределения вероятностей обнаружения объекта с учетом изменяющейся дальности // Известия высших учебных заведений России. 2013. № 4. С. 71–75.
5. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.

6. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
7. Обработка изображений с помощью OpenCV / Глория Буэно Гарсия [и др.] ; пер. с англ. Слинкин А. А. Москва : ДМК Пресс, 2016. 210 с.
8. Рашка С. Python и машинное обучение. Москва : ДМК Пресс, 2017. 418с.
9. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. Москва : ДМК Пресс, 2018. 652 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ КАДРОВ И ВРЕМЕНИ ЭКСПОЗИЦИИ

ВОЛОВАЧ Владимир Иванович, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Информационный и электронный сервис»

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, volovach.vi@mail.ru*

БОНДАРЕВ Владимир Алексеевич, аспирант
*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, kaf_iies@tolgas.ru*

ШИШКОВ Алексей Николаевич, аспирант
*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, tltolga@mail.ru*

ЯНИЦКИЙ Александр Игоревич, аспирант
*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, alexander.ian@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрена необходимость и особенности автоматизации измерения частоты кадров и времени экспозиции видеокамер. Предложена структура системы автоматизированного измерения.

Ключевые слова: видеокамера, видеоаналитика, электронный затвор, частота кадров, время экспозиции.

AUTOMATED FRAME RATE AND EXPOSURE TIME MEASUREMENT

VOLOVACH Vladimir Ivanovich, doctor of technical sciences, associate professor, head of the department of «Information and electronic service»

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, volovach.vi@mail.ru*

BONDAREV Vladimir Alekseevich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, kaf_iies@tolgas.ru*

SHISHKOV Alexey Nikolaevich, PhD student
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, mr.hotline@yandex.ru
IANITCKII Aleksandr Igorevich, PhD student
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, alexander.ian@mail.ru

Abstract. The necessity and features of automating the measurement of the frame rate and exposure time of video cameras are considered. The structure of the automated measurement system is proposed.

Keywords: video camera, video analytics, electronic shutter, frame rate, exposure time.

ВВЕДЕНИЕ

Для некоторых актуальных направлений видеоаналитики, например для обнаружения колеблющихся или вращающихся объектов [1–3], критически важно точно знать и полностью контролировать частоту кадров и время экспозиции (выдержку) применяемых видеокамер. В то же время изготовители предоставляют необходимые для этого документацию и средства управления только в случае дорогостоящих моделей камер, позиционируемых как scientific (для научного применения). Проблема усугубляется тем, что цифровые камеры способны поддерживать десятки видеорежимов и другие настройки, влияющие на выдержку и частоту кадров. Поэтому известные ручные методы измерений этих параметров сейчас непригодны. Автоматизация была частично достигнута в системе измерения, предложенной в [4], однако реализованный там метод неточно работает для коротких выдержек. В работе [5] представлен обзор методов измерения выдержек и предложен новый метод эквивалентной дискретизации [6], почти не требующий нестандартного оборудования — только несложный генератор световых импульсов, однако основанный на знании частоты кадров камеры. В связи с этим цель настоящей работы состояла в дополнении этого метода измерением частоты кадров.

Оно было реализовано программно в виде приложения для компьютера. Камера снимает показания текущего времени, выводимые на экран монитора. Запись разбирается на кадры, показания распознаются, и по ним вычисляется реальная частота кадров. На рис. 1

приведено содержимое дескриптора, в котором камера сообщает в компьютер, что поддерживает несколько частот кадров от 5 Гц до 30 Гц и что значение по умолчанию равно 30 Гц.

```
----- VS Uncompressed Frame Type Descriptor -----
----> This is the Default (optimum) Frame index
bLength          : 0x36 (54 bytes)
bDescriptorType   : 0x24 (Video Streaming Interface)
bDescriptorSubType : 0x05 (Uncompressed Frame Type)
bFrameIndex       : 0x01
bmCapabilities    : 0x00
wWidth            : 0x0280 (640)
wHeight           : 0x01E0 (480)
dwMinBitRate      : 0x01770000 (24576000 bps -> 3.72 MB/s)
dwMaxBitRate      : 0x08CA0000 (147456000 bps -> 18.432 MB/s)
dwMaxVideoFrameBufferSize : 0x00096000 (614400 bytes)
dwDefaultFrameInterval : 0x00051615 (33.3333 ms -> 30.0000 fps)
bFrameIntervalType : 0x07 (7 discrete frame intervals supported)
adwFrameInterval[1] : 0x00051615 (33.3333 ms -> 30.0000 fps)
adwFrameInterval[2] : 0x00065B9A (41.6666 ms -> 24.0000 fps)
adwFrameInterval[3] : 0x0007A120 (50.0000 ms -> 20.0000 fps)
adwFrameInterval[4] : 0x000A2C2A (66.6666 ms -> 15.0000 fps)
adwFrameInterval[5] : 0x000F4240 (100.0000 ms -> 10.0000 fps)
adwFrameInterval[6] : 0x00145855 (133.3333 ms -> 7.5000 fps)
adwFrameInterval[7] : 0x001E8480 (200.0000 ms -> 5.0000 fps)
```

Рис. 1. Дескриптор видеорежима 640*480

Результаты измерения реальной частоты кадров в этом видеорежиме показаны на рис. 2. Что характерно, ни одно значение не соответствует тем, которые декларированы в дескрипторе изготовителем камеры.

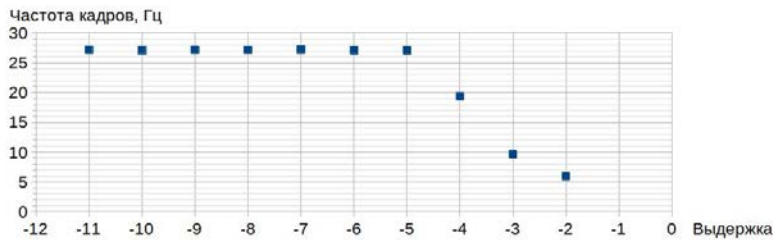


Рис. 2. Измеренные значения частоты кадров

ВЫВОДЫ

Таким образом, предложен комбинированный метод, в котором для автоматизированного измерения частоты кадров видеокамер используется вывод меток времени на обычный компьютерный монитор, а для измерения времени экспозиции применяется управляемый от компьютера генератор световых импульсов (рис. 3).

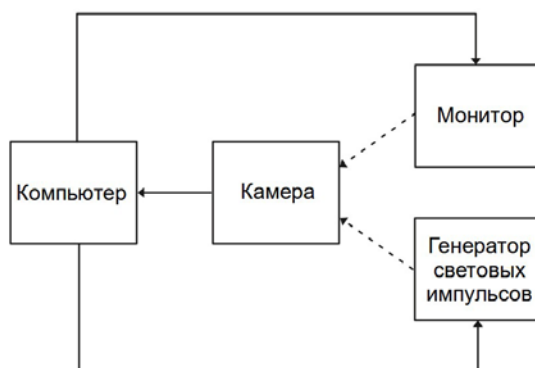


Рис. 3. Система автоматизированного измерения

Список источников

1. Будилов В. Н., Дреманович П. В. Метод обработки видеопотока для измерения частоты колебаний наблюдаемых объектов // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. № 2–1 (6). С. 47–52.
2. Будилов В. Н., Дреманович П. В. Моделирование бесконтактного метода измерения параметров вибраций при субпиксельных амплитудах // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. 2012. № 2–1. С. 257–263.
3. Pixel-Level Vibration Source Detection Using Undersampled Video Sequences / Fujiwara N., Shimasaki K., Jiang M., Takaki, T., Ishii I. // 2018 IEEE SENSORS. New Delhi, India : IEEE, 2018. С. 1–4.
4. Automated measurement of digital video cameras exposure time / Budilov V. N., Volovach V. I., Shakurskiy M. V., Eliseeva S. V. The electronic version of the article // East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2013). Rostov on Don, Russia, 2013. pp. 1–4. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6673136>. Date Added to IEEE Xplore: 25.11.2013.
5. Simon G., Vakulya G., Rátosi M. The way to modern shutter speed measurement methods: A historical overview // Sensors. 2022. T. 22. №. 5. С. 1871.
6. Simon G., Rátosi M., Vakulya G. Automatic Measurement of Digital Cameras' Exposure Time Using Equivalent Sampling // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2022. T. 71. С. 1–10.

ОБНАРУЖЕНИЕ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА ПРИ ПОМОЩИ ОБРАБОТКИ ВИДЕО С МАЛОЙ ЧАСТОТОЙ КАДРОВ

ВОЛОВАЧ Владимир Иванович, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Информационный и электронный сервис»

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, volovach.vi@mail.ru*

БУДИЛОВ Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Информационный и электронный сервис»

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, neuropower@yandex.ru*

ВАСИЛЬЕВА Анна Сергеевна, старший преподаватель кафедры
«Информационный и электронный сервис»

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, anna98@list.ru*

ЛЯПИНА Ксения Владимировна, аспирант, ассистент кафедры
«Информационный и электронный сервис»

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, kvsafroнова@yandex.ru*

Аннотация. Исследовалась видеосистема обнаружения вращающихся объектов с частотой кадров ниже частоты Найквиста. Получены экспериментальные оценки достижимых отношений сигнал/шум.

Ключевые слова: обнаружение вибрации, обнаружение пропеллерных дронов, субдискретизация, частота кадров, дискретное преобразование Фурье, отношение сигнал/шум.

ROTATING OBJECT DETECTION USING LOW FRAME RATE VIDEO PROCESSING

VOLOVACH Vladimir Ivanovich, doctor of technical sciences, associate professor, head of the department of «Information and electronic service»

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, volovach.vi@mail.ru*

BUDILOV Victor Nikolaevich, candidate of technical sciences, associate professor of the department of «Information and electronic service»

Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, neuropower@yandex.ru

VASILEVA Anna Sergeevna, senior lecturer of the department of «Information and electronic service»

Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, anna98@list.ru

LYAPINA Kseniya Vladimirovna, PhD student, assistant of the department of «Information and electronic service»

Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, kvsafonova@yandex.ru

Abstract. A video system for rotating objects detecting with a frame rate below the Nyquist frequency was studied. Experimental estimates of achievable signal-to-noise ratios are obtained.

Keywords: vibration detection, propeller drone detection, subsampled frame rate, discrete Fourier transform, signal-to-noise ratio.

ВВЕДЕНИЕ

Видеоаналитика колеблющихся и вращающихся объектов находит новые области применения. Одной из них становятся системы обнаружения беспилотных летательных аппаратов [1–3]. В частности, активно исследуются методы обнаружения вращающихся пропеллеров [4]. Однако пока мало исследований [5], посвященных проблеме снижения частоты кадров требуемых камер и видеопроцессоров. В связи с этим цель настоящей работы состояла в получении количественных оценок минимально необходимых параметров видеосистемы.

Был реализован следующий алгоритм обработки видеоданных.

1. Ввод видеоданных в трехмерный массив $G(x, y, z)$, где x, y – целочисленные пространственные координаты пикселя в плоскости кадра, z – номер кадра – целочисленная координата, пропорциональная времени.
2. Вычисление дискретных преобразований Фурье (ДПФ) длиной N по координате z для каждого пикселя.

3. Вычисление энергетических спектров по комплексным данным ДПФ.
4. Логарифмическое преобразование, результатом которого является массив частотных компонент $F_G(x, y, f)$, где f – номер частотного среза, то есть целочисленная координата, пропорциональная частоте.
5. Поиск максимума F_{max1} по массиву F_G за исключением среза $F_G(x, y, 0)$, то есть исключая постоянные составляющие.
6. Визуализация среза, содержащего указанный максимум, например, с помощью нормализации его значений в стандартный диапазон яркости пикселя.
7. Вычисление гистограммы среза, пороговая обработка и другие операции для принятия решения об обнаружении объекта.

Пример приведен на рис. 1, в качестве объекта применен вентилятор от блока питания. Показаны исходные изображения (а) и визуализация частотных срезов на частоте максимума (b, c).

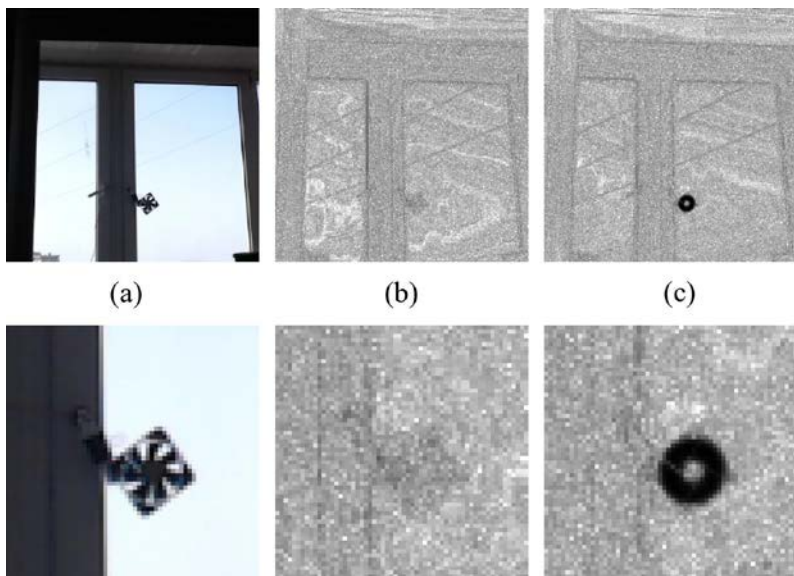


Рис. 1. Кадр исходного видео (а), нормализованный срез, если вентилятор выключен (b) и если вентилятор включен (c)

Частота кадров составляла 25 Гц, размер объекта на изображении – 13 пикселей. Для этих условий наблюдения получены зависимости отношений сигнал/шум от длины ДПФ – параметра, определяющего как задержку алгоритма, так и требуемую производительность видео-процессора (рис. 2).

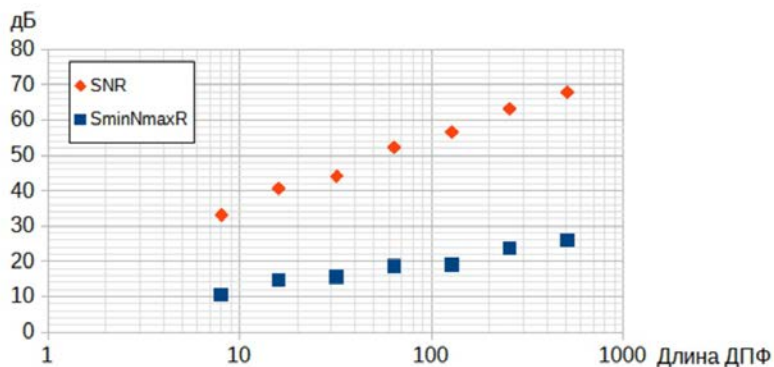


Рис. 2. Отношение сигнал/шум в зависимости от длины ДПФ

ВЫВОДЫ

Результаты работы позволяют сделать вывод, что в рассмотренных благоприятных условиях наблюдения для обнаружения вращающихся объектов возможно применение коротких ДПФ длиной 16 или 8.

Список источников

1. Макаренко С. И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам. Санкт-Петербург : Научные технологии, 2020. 204 с.
2. Артющенко В. М., Воловач В. И. Вероятность обнаружения беспилотных летательных аппаратов системами дистанционного обнаружения // Радиолокация, навигация, связь : Сборник трудов XXIII Международной научно-технической конференции. В 3-х томах, Воронеж, 18–20 апреля 2017 года / Воронеж : ООО «Вэлборн». 2017. С. 835–846.
3. Артющенко В. М., Воловач В. И., Васильев Н. А. Расчет вероятности обнаружения беспилотных летательных аппаратов

системами дистанционного обнаружения // Стратегическая стабильность. 2019. № 1(86). С. 65–73.

4. Shimasaki, K., Okamura, T., Jiang, M., Takaki, T., and Ishii, I. Real-time high-speed vision-based vibration spectrum imaging // 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) / IEEE, 2019. С. 474–477.
5. Fujiwara, N., Shimasaki, K., Jiang, M., Takaki, T., Ishii, I. Pixel-Level Vibration Source Detection Using Undersampled Video Sequences // 2018 IEEE SENSORS / New Delhi, India: IEEE, 2018. С. 1–4.

СВЕТОВЫЕ ПОМЕХИ В ВИДЕОСИСТЕМЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

ВОЛОВАЧ Владимир Иванович, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Информационный и электронный сервис»

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, volovach.vi@mail.ru*

ВАСИЛЬЕВА Анна Сергеевна, старший преподаватель кафедры
«Информационный и электронный сервис»

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, anna98@list.ru*

ЛЯПИНА Ксения Владимировна, аспирант, ассистент кафедры
«Информационный и электронный сервис»

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, kvsafironova@yandex.ru*

КАРЕВ Евгений Владимирович, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, mr.hotline@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрены световые помехи, способные воздействовать на видеосистемы обнаружения вращающихся объектов. Продемонстрирован обычно не учитываемый источник таких помех.

Ключевые слова: видеоаналитика, обнаружение вращающихся объектов, помеховая обстановка, световые помехи.

LIGHT INTERFERENCES IN THE VIDEO SYSTEM FOR ROTATING OBJECTS DETECTION

VOLOVACH Vladimir Ivanovich, doctor of technical sciences, associate
professor, head of the department of «Information and electronic service»

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, volovach.vi@mail.ru*

VASILEVA Anna Sergeevna, senior lecturer of the department
of «Information and electronic service»
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, anna98@list.ru

LYAPINA Kseniya Vladimirovna, PhD student, assistant of the department of «Information and electronic service»
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, kvsafroanova@yandex.ru

KAREV Evgenii Vladimirovich, PhD student
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatti, mr.hotline@yandex.ru

Abstract. Light interferences that can affect video systems for rotating objects detection are considered. A commonly neglected source of such interference is demonstrated.

Keywords: video analytics, rotating objects detection, interference environment, light interference.

ВВЕДЕНИЕ

Видеоаналитика колеблющихся и вращающихся объектов развивается более десяти лет и находит новые области применения [1, 2]. Известно, что для повышения эффективности систем обеспечения безопасности необходим контроль помеховой обстановки и адаптация к ней [3]. Однако до сих пор мало исследований [4], посвященных влиянию световых помех на видеосистемы обнаружения колеблющихся и вращающихся объектов.

Исследуемая система реализует частотный метод обработки трехмерного видеосигнала. Исходные видеоданные представляют собой трехмерный массив, содержащий коды пикселей нескольких (до нескольких сотен) соседних кадров, снятых видеокамерой. Две координаты такого массива совпадают с координатами пикселя в кадре, третья координата пропорциональна времени. Для каждого пикселя в кадре выполняется дискретное преобразование Фурье по третьей координате, вычисляется энергетический или амплитудный спектр и выполняются его поэлементные нелинейные преобразования для представления в шкале яркостей в логарифмическом масштабе.

В работе [4] рассмотрены относительные уровни, характерные частоты и особенности амплитудного спектра некоторых источников непреднамеренных световых помех. Среди них системы искусственного освещения – вероятно наиболее распространенный источник. Наибольший уровень помех создают газоразрядные лампы различных типов от компактных люминесцентных до натриевых ламп высокого давления. Для систем, работающих внутри помещений, необходимо учитывать также экраны мониторов и прочие работающие там дисплеи.

Рассмотрим пример, когда световая помеха от непредвиденного источника превышает по амплитуде полезный сигнал. На рис. 1 (а) показан кадр видеоданных, полученных в эксперименте по обнаружению вращения вентилятора при выключенном освещении. Визуализация частотных срезов на частоте максимума амплитудного спектра (b, c) демонстрирует заметное темное пятно, когда вентилятор вращается (c), и пятно отсутствует, когда вентилятор остановлен (b). Это пятно является полезным сигналом – признаком вращения.

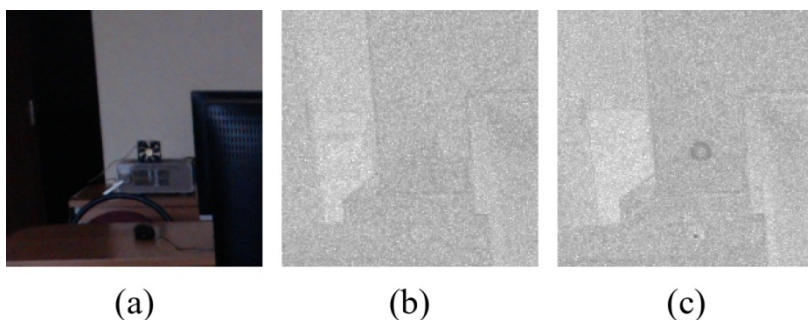


Рис. 1. Кадр исходного видео (а), нормализованный частотный срез, если вентилятор выключен (b) и если вентилятор включен (c)

Присмотревшись, можно на срезе (c) заметить внизу также маленькое темное пятно размером около одного пикселя, которое можно принять за шумовой выброс. Более детальное изучение трехмерного сигнала показало, однако, что это проявление специфической световой помехи. Трехмерные визуализации (рис. 2) показывают, что помеха проявляется на многих частотах и на некоторых из них по уровню

превосходит полезный сигнал. Как выяснилось, источником этой световой помехи послужила компьютерная мышь.

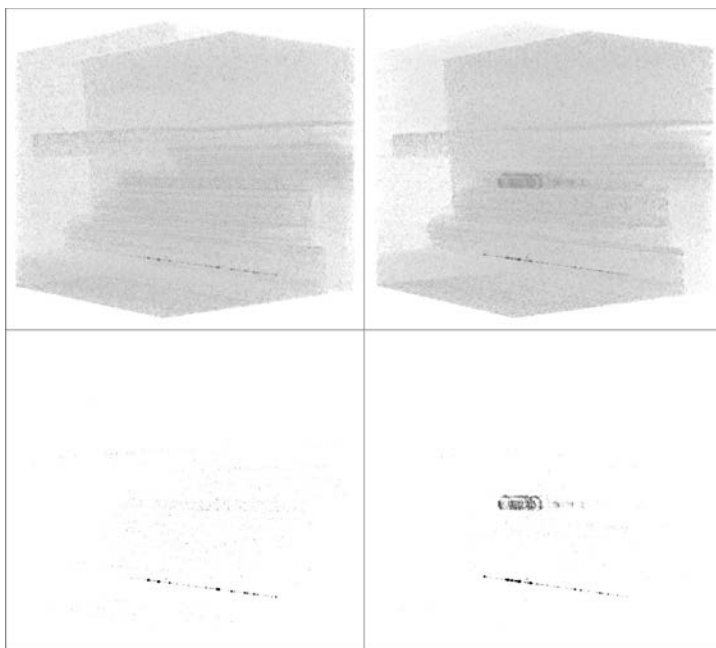


Рис. 2. Трехмерные визуализации

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно сделать вывод, что дальнейшее совершенствование видеосистем обнаружения вращающихся объектов требует дополнительных исследований помеховой обстановки в типичных ситуациях.

Список источников

1. Будилов В. Н., Дреманович П. В. Метод обработки видеопотока для измерения частоты колебаний наблюдаемых объектов // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. № 2–1 (6). С. 47–52.
2. Fujiwara, N., Shimasaki, K., Jiang, M., Takaki, T., Ishii, I. Pixel-Level Vibration Source Detection Using Undersampled Video

Sequences // 2018 IEEE SENSORS / New Delhi, India : IEEE, 2018. С. 1–4.

3. Воловач В. И. Характеристики обнаружения радиотехнических устройств охраны и повышение эффективности их работы посредством адаптации к изменяющейся помеховой обстановке // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2011. Т. 7. № 3. С. 25–31.
4. Будилов В. Н. Световые помехи в видеосистемах обнаружения и анализа малых движений // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. № 3 (7). С. 81–86.

О ПРИМЕНЕНИИ ДАТЧИКОВ СТРУННОЙ ТЕНЗОМЕТРИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТОННЕЛЕЙ

ДОЛОМАНЧУК Дмитрий Александрович, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, dolomanchukd@yandex.ru*

КНЯЗЕВ Денис Михайлович, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, cbo.gmustroi@mail.ru*

Аннотация. В настоящее время основной тенденцией в развитии методов геотехнического мониторинга является максимизация применения автономных средств измерений, позволяющих не только упростить процесс производства работ, но также повысить скорость передачи и обработки получаемых данных и, как следствие, оперативность принятия решений. К одному из таких методов можно отнести применение датчиков струнной тензометрии, совмещающих не только высокую точность измерений и надежность, но и возможность в перспективе применения нейронных сетей и машинного обучения при выполнении анализа полученных данных и генерировании выводов.

Ключевые слова: геотехнический мониторинг, струнный тензометр, нейросеть, автоматизированная обработка данных.

ON THE USE OF STRING STRAIN GAUGES IN AUTOMATED SYSTEMS OF GEOTECHNICAL MONITORING OF TUNNELS

DOLOMANCHUK Dmitriy Aleksandrovich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, dolomanchukd@yandex.ru*

KNYAZEV Denis Mikhailovich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, cbo.gmustroi@mail.ru*

Abstract. The main trend in the development of geotechnical monitoring methods is to maximize the use of autonomous measuring instruments, which not only simplify the work process, but also increase the speed of transmission and processing of the received data and, as a result, the efficiency of decision-making. One of such methods can be attributed to the use of string strain gauges, combining not only high measurement accuracy and reliability, but also the possibility in the future of using neural networks and machine learning when analyzing the data and generating conclusions.

Keywords: geotechnical monitoring, string strain gauge, neural network, automated data processing.

ВВЕДЕНИЕ

Действующие сооружения метрополитена относятся к транспортной инфраструктуре, что влечет за собой повышенный уровень ответственности при обеспечении безопасности пассажирских перевозок. Данный фактор необходимо учитывать при выполнении строительных, реставрационных и иных видов работ на объектах, расположенных непосредственно в технической зоне метрополитена. Поэтому в таких случаях требуется проведение работ по геотехническому мониторингу, включающему в себя не только стандартные геодезические методы наблюдений, но и иные работы, позволяющие выполнять измерения в сложных технологических условиях, в сжатые сроки, с минимизацией присутствия человека. Одним из таких направлений оценки напряженно-деформированного состояния является применение датчиков электрической (струной) тензометрии.

ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ ДАТЧИКОВ СТРУННОЙ ТЕНЗОМЕТРИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТОННЕЛЕЙ

При выполнении измерений в тоннелях с применением традиционных геодезических методов, таких как подземное геометрическое нивелирование и полигонометрия, возможно получить достоверный объем данных для первичного анализа технического состояния сооружений. Однако данные методы требуют затрат как людских ресурсов (бригады состоят не менее чем из двух-трех человек), так и не могут конкурировать в оперативности выполнения работ с автоматизированными измерительными системами в связи с тем, что работы в действующих сооружениях метрополитена с присутствием

персонала возможно выполнять только в рамках «ночного» технологического окна в строго отведенное время. Для решения данной проблемы в настоящее время широко используется применение роботизированных тахеометров, однако данный метод тоже нельзя назвать совершенным. Это обусловлено тем, что, во-первых, дорогостоящее геодезическое оборудование довольно громоздкое для стесненных условий тоннеля, где все должно уместиться в отведенные габариты, а во-вторых, прецизионные роботизированные тахеометры являются довольно чувствительными к вибрационным воздействиям, производимым проезжающими мимо поездами. При самом неблагоприятном исходе возможно смещение установленного оборудования от вибрационной нагрузки и как следствие получение недостоверных данных или полное их отсутствие при невозможности выполнения измерений из-за отказа техники.

Поэтому и возникает необходимость применения надежных, компактных и малозатратных систем автоматизированных наблюдений, которые могут как дополнять традиционные геодезические методы мониторинга, так и полностью их заменять. Одним из таких методов является струнная тензометрия.

Основным измерительным прибором вышеуказанной системы является тензометр, представляющий собой цилиндрический корпус, внутри которого натянута струна, закрепленная на двух анкерах. Струна имеет определенную зафиксированную нормативную частоту колебаний. При возникновении деформационных процессов на объекте мониторинга струна будет либо растягиваться, либо сжиматься, что непременно повлечет за собой изменение частоты ее колебаний. Зафиксировав данные изменения и преобразовав их в линейные величины, можно сделать вывод о степени деформации тоннельной обделки. Тензометры отличаются надежностью и долговечностью в процессе эксплуатации.

Основными достоинствами данного измерительного прибора являются его малый размер, простота крепления на тоннельной обделке (возможно крепление с помощью способа холодной сварки, чтобы не нарушать целостность конструкций тоннеля), возможность выбора места крепления в зависимости от спрогнозированного внешнего влияния (не требуется привязки и прямой видимости на главный

измерительный прибор как в случае с электронным тахеометром и отражательными призмами), возможность объединения в сеть и подключения к даталоггеру и контроллеру, что позволяет организовать автоматизированную систему непрерывного или периодического мониторинга.

Также стоит отметить, что данный метод позволяет практически полностью исключить присутствие человека в тоннеле на период выполнения измерений. Необходимо только установить и подключить датчики, а дальше они будут функционировать и передавать данные в режиме реального времени всем заинтересованным лицам, например, выполняя рассылку сформированного отчета о выполненных измерениях на электронную почту.

Однако необходимо указать, что в настоящее время отсутствует сформированная нормативная база применения данного вида геотехнического мониторинга, которой можно было бы руководствоваться. Ответственный исполнитель получает огромный массив данных, который необходимо в кратчайшие сроки проанализировать, интерпретировать и сделать соответствующие выводы. Именно тут возникает необходимость разработки алгоритмов машинного обучения с применением нейронных сетей, которые позволили бы как минимум упростить анализ, а как максимум формировать прогностические выводы и рекомендации для дальнейших действий на основании полученной информации с учетом вводных данных, таких как: предрасчитанный коэффициент запаса прочности тоннельной обделки, прогнозируемые и предельно допустимые величины дополнительных деформаций в соответствии с категорией технического состояния и т. д.

В ходе исследования предполагается изучить и охарактеризовать проблемы, связанные с математической обработкой и анализом полученных данных внутри автоматизированной измерительной системы, выделить особенности преобразования результатов измерений в физические величины, необходимые для дальнейшего анализа, обосновать критерии оценки качества получаемых данных и необходимые точностные характеристики, методы анализа полученной информации. На заключительном этапе предполагается на примере моделирования подобной автоматизированной информационно-измерительной системы рассмотреть алгоритмические принципы ее работы и сформировать

выводы, которые позволят подтвердить или опровергнуть гипотезу, что струнная тензометрия может являться полноценной заменой традиционным методам геотехнического мониторинга транспортных тоннелей.

ВЫВОДЫ

На основании проведенного анализа возможно сделать заключение, что разработка и моделирование автоматизированной информационно-измерительной системы, построенной на базе применения датчиков струнной тензометрии, представляется актуальной задачей, так как ее широкое применение в будущем будет иметь значительный социально-экономический эффект.

Список источников

1. Плешко М. С., Плешко М. В., Войнов И. В. Оценка технического состояния железнодорожных тоннелей с большим сроком эксплуатации // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 1. С. 34–40. Электрон. копия печ. изд. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tehnicheskogo-sostoyaniya-zheleznodorozhnyh-tonneley-s-bolshim-srokom-ekspluatatsii> (дата обращения: 06.04.2023). Доступна на сайте КиберЛенинка.
2. Старых М. В., Ревякин А. А., Урсул Т. А. Основные подходы к геомеханическому мониторингу транспортных тоннелей // Инженерный вестник Дона : сетевое изд. 2020. № 5. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_71__1_Staryh.pdf_cf_a4e7aa22.pdf. (дата обращения: 06.04.2023).
3. «Лахта Центр»: автоматизированный мониторинг деформаций несущих конструкций и основания / Травуш В. И. [и др.] // Строительные науки. 2018. № 4. С. 94–108. Электрон. копия печ. изд. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lahta-tsentr-avtomatizirovannyy-monitoring-deformatsiy-nesuschih-konstruktsiy-i-osnovaniya> (дата обращения: 07.04.2023). Доступна на сайте КиберЛенинка.
4. Бауков А. Ю., Лебедев М. О., Павлов С. В. Применение комплексных автоматизированных систем геотехнического мониторинга грунтового массива при проходке наклонных

- эскалаторных тоннелей метрополитена // Транспортное строительство. 2012. № 12. С. 8–11.
5. Бубнов В. П., Никитчин А. А., Сергеев С. А. Программный комплекс автоматизированного геодезического мониторинга искусственных сооружений для высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва-Казань-Екатеринбург» // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2015. № 4. С. 27–33. Электрон. копия печ. изд. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmnyy-kompleks-avtomatizirovannogo-geodezicheskogo-monitoringa-iskusstvennyh-sooruzheniy-dlya-vysokoskorostnoy> (дата обращения: 07.04.2023). Доступна на сайте КиберЛенинка.
 6. Лебедев М. О., Егоров Г. Д. Напряженно-деформированное состояние обделок наклонных тоннелей, сооруженных по различным технологическим схемам // Известия ТулГУ. 2015. № 8. Ч. 2. С. 18–26. Электрон. копия печ. изд. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napryazhenno-deformirovannoe-sostoyanie-obdelok-naklonnyh-tonneley-sooruzhennyh-po-razlichnym-tehnologicheskim-shemam> (дата обращения: 08.04.2023). Доступна на сайте КиберЛенинка.
 7. Мандрица Д. П. Формирование интегрированного автоматизированного комплекса контроля технического состояния специальных сооружений в целях обеспечения безопасности эксплуатации // Известия ТулГУ. 2022. № 10. С. 55–60. Электрон. копия печ. изд. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-integrirovannogo-avtomatizirovannogo-kompleksa-kontrolya-tehnicheskogo-sostoyaniya-spetsialnyh-sooruzheniy-v-tselyah> (дата обращения: 09.04.2023). Доступна на сайте КиберЛенинка.
 8. Сопегин Г. В., Сурсанов Д. Н. Использование автоматизированных систем мониторинга конструкций (АСМК) // Вестник МГСУ. 2016. № 12. С. 230–242. URL: <http://nso-journal-03.mgsu.ru/ru/component/sjarchive/issue/article.display/2017/2/230-242> (дата обращения: 09.04.2023).
 9. Galieva Anna B., Alekhin Vladimir N., Pastukhova Liliya G. Monitoring of underground subsurface structures in Ekaterinburg //

- MATEC Web of Conferences 146, 2018. Building Defects. 2017. URL: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/72304/1/10.1051-matecconf-201814602010.pdf> (дата обращения: 10.04.2023).
10. Measurement of the stress field of a tunnel through its rock EMR / Liming Qiu, Enyuan Wang, Dazhao Song, Zhentang Liu, Rongxi Shen, Ganggang Lv, Zhaoyong Xu. // Journal of Geophysics and Engineering. 2017. № 14. pp. 949–959. URL: https://www.researchgate.net/publication/316262016_Measurement_of_stress_field_of_tunnel_through_its_rock_EMR (дата обращения: 10.04.2023).

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

ДРУЖИНИН Виталий Валерьевич, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, druzhinin.vv@mail.ru*

Аннотация. Показано, что оптическая беспроводная связь подразделяется на связь в видимом свете, связь в ближних инфракрасных частотах и ультрафиолетовую связь. Показаны области применения оптической беспроводной связи, а также принципы ее построения. Определена важность разработки оптимальных алгоритмов передачи данных по оптическим каналам, а также исследования помехозащищенности оптических систем.

Ключевые слова: оптическая беспроводная связь, оптическая система свободного пространства, система связи в видимом свете, система ультрафиолетовой связи, оптимальная передача данных, помехозащищенность.

ABOUT SOME ISSUES OF USING OPTICAL WIRELESS COMMUNICATION

DRUZHININ Vitaly Valeryevich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, druzhinin.vv@mail.ru*

Abstract. It is shown that optical wireless communication is divided into communication in visible light, communication in near infrared frequencies and ultraviolet communication. The areas of application of optical wireless communication, as well as the principles of its construction are shown. It is determined that it is important to develop optimal algorithms for data transmission over optical channels, as well as to study the noise immunity of optical systems.

Keywords: optical wireless communication, free space optical system, visible light communication system, ultraviolet communication system, optimal data transmission, noise immunity.

ВВЕДЕНИЕ

Оптическая беспроводная связь (OWC) представляет собой разновидность оптической связи, в которой для передачи сигнала используется неуправляемый видимый, инфракрасный или ультрафиолетовый свет. Теоретический и практический интерес представляет провести анализ и сравнение технологий радиочастотной связи и OWC [1–5].

OWS И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ

Отметим, что существуют системы связи в видимом свете (VLC), которые и работают в видимом диапазоне 390...750 нм. Особенностью таких систем является использование светодиодов, генерирующих световые импульсы с очень высокой скоростью, благодаря чему заметного влияния на светоотдачу и человеческий глаз не происходит. Такие системы связи можно использовать, например, в беспроводных локальных сетях, беспроводных персональных сетях, автомобильных сетях и др. Другой разновидностью систем связи являются оптические системы свободного пространства (FSO), работающие на ближних инфракрасных частотах, т. е. 750...1600 нм. Используются в таких системах, как правило, лазерные передатчики, которые позволяют реализовать экономичную связь с высокой скоростью передачи данных (10 Гбит/с на длину волны). В последние годы наблюдается определенный рост интереса к системам ультрафиолетовой связи (UVC), что обусловлено ростом характеристик твердотельных оптических источников, которые призваны работать в диапазоне 200...280 нм. UVC в силу особенностей реализации в них связи могут быть использованы вне прямой видимости в беспроводных сенсорных и одноранговых сетях.

Области применения OWC уже сейчас весьма обширны: связь от одного интегрального чипа к другому, приложения беспроводной телесной сети (WBAN) и беспроводной персональной сети (WPAN), подводная связь, беспроводные локальные сети, связи между транспортными средствами и транспортной инфраструктурой, соединения между зданиями FSO, лазерная связь в космосе, промышленные и военные приложения.

При этом оптическая связь схмотехнически строится практически по тем же принципам, что и радиосвязь. Система оптической связи, в том числе и беспроводная, использует передатчик, кодирующий сообщение в оптический сигнал, который далее поступает в канал связи (в нашем случае беспроводной), который передает сигнал к месту назначения, и приемник, который воспроизводит сообщение из принятого оптического сигнала [6]. Вследствие этого становится возможным перенос отдельных теоретических положений, нашедших большее развитие в радиосвязи, для анализа оптических беспроводных сетей.

Используя проведенный небольшой обзор о беспроводных оптических системах, остановимся на основных задачах исследования, которые на данном этапе можно сформулировать следующим образом.

Прежде всего следует отметить актуальность темы исследования, которая подтверждается нарастающим развитием оптических систем в целом и беспроводных оптических систем, в частности, в телекоммуникационных системах и ряде иных областей.

На первом этапе исследования необходимо изучить источники, связанные с реализацией OWC. В ходе анализа следует определить круг проблем, которые необходимо решить в дальнейшем. Особое внимание следует уделить изучению существующих алгоритмов передачи данных, поскольку целью исследования является именно разработка алгоритмов оптимальной передачи данных.

Следующий этап исследования связан с анализом возможностей использования в информационно-измерительных и управляющих системах различного назначения беспроводных оптических каналов. Далее необходимо разработать алгоритмы оптимальной передачи данных по беспроводным оптическим каналам, используемых не только в информационно-измерительных и управляющих системах, но также и в других областях применения OWC. Такой подход позволит лучше понять проблематику задачи в целом, безотносительно одной конкретной системы или области применения. Результирующий этап исследований должен быть связан с исследованием разработанных алгоритмов, скорее всего, аналитическим путем, а также программным на построенных моделях беспроводных оптических каналов. Классический вопрос, который должен быть рассмотрен в исследовании, –

помехозащищенность каналов беспроводной оптической связи и достоверность передаваемой в них информации. Возможным вопросом для рассмотрения может также стать алгоритмическое резервирование при передаче данных.

Обсуждаемым вопросом является сравнение технологий оптической беспроводной связи и технологий радиочастотной связи. Сам по себе этот вопрос исследован, но по отдельным технологиям радиочастотной связи, например, Zigbee, такое исследование могло бы представить интерес.

ВЫВОДЫ

Показано, что существует нарастающее развитие, в т. ч. и количества областей применения оптической беспроводной связи. Определено, что существует потребность в разработке новых оптимальных алгоритмов передачи данных для разных систем OWC, равно как и дополнительные исследования помехозащищенности каналов беспроводной оптической связи.

Список источников

1. Sabry Fouad. Последовательная и высокоскоростная сеть на основе света. Москва : Один Миллиард Знающий, 2023. 333 с.
2. Гарин Е., Панько С., Сухотин В. Радиотехнические системы специального назначения. Системы связи. Москва : ЛитРэс, 2019. 340 с.
3. Yoshimura Tetsuso. Optical Electronics. Self-Organized Integration and Applications. New York : Jenny Stanford Publishing, 2012. 300 p.
4. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
5. Priya Soni, Sardul Singh Dhayal and Vinita. Simulating the impact of influencing factors over attenuation in fiber optics // Journal of

Optical Communications. 2022. № 4. PP. 25–32. DOI: 10.1515/joc-2022-0242

6. Shintaro Ueda, Okihiro Sugihara. Evaluation of modal power distribution of graded-index plastic optical fiber connections : The electronic version of the article DOI: 10.23919/MOC52031.2021.9598013 // 2021 26th Microoptics Conference (MOC). 26–29 September 2021, Hamamatsu, Japan. 2 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9598013>. Date Added to IEEE Xplore: 16.11.2021.

ОЦЕНКА КВАЗИГАУССОВСКИХ ИМПУЛЬСОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА NMSE

ЕЛФИМОВ Алексей Евгеньевич, аспирант

Воронежский государственный университет

432700, Россия, Воронеж, elphimov@phys.vsu.ru

ВЕЛИЧКИНА Анастасия Сергеевна, магистрант

Воронежский государственный университет

432700, Россия, Воронеж, nastyavelichkina65@gmail.com

УСКОВ Григорий Константинович, профессор, доктор

физико-математических наук, заведующий кафедрой электроники

Воронежский государственный университет

432700, Россия, Воронеж, uskov@phys.vsu.ru

Аннотация. В работе предложен метод оценки отклонений экспериментальных сверхширокополосных импульсов от идеализированных математических абстракций.

Ключевые слова: СШП-импульсы, NMSE, оценка импульсов.

ESTIMATING QUASI-GAUSSIAN PULSES USING THE NMSE METHOD

ELFIMOV Alexey Evgenievich, PhD student

Voronezh State University

432700, Russia, Voronezh, elphimov@phys.vsu.ru

VELICHKINA Anastasia Sergeevna, master-student

Voronezh State University

432700, Russia, Voronezh, nastyavelichkina65@gmail.com

USKOV Grigory Konstantinovich, professor, doctor of physical
and mathematical sciences, head of the department of electronics

Voronezh State University

432700, Russia, Voronezh, uskov@phys.vsu.ru

Abstract. The paper proposes a method for estimating deviations of experimental UWB pulses from idealized mathematical abstractions.

Keywords: UWB pulses, NMSE, pulse evaluation.

ВВЕДЕНИЕ

Использование сверхширокополосных (СШП) импульсов в форме гауссовской кривой и первых производных от нее находит широкое применение в высокоточной и подземной локации, скоростных системах связи [1, 2]. В частности, работа с импульсами такой формы удобна в связи с широкой известностью математических свойств гауссовских зависимостей. При физической реализации генераторов подобных импульсов с использованием схем с диодами с накоплением заряда (ДНЗ) [3], микрополосковых линий задержки и дифференциаторов [4], оптических методов [5] и т. д. получаются не идеально гауссовские зависимости, поэтому их можно назвать квазигауссовскими. Такие сигналы имеют различные отклонения по форме от идеальных.

В работе предложен автоматизированный метод оценки формы реальных СШП-сигналов квазигауссовских форм. Благодаря разработанному алгоритму можно определять, насколько реальные импульсы отличаются от математической идеализации.

ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО АЛГОРИТМА

Оценка отклонения реальных СШП-импульсов от идеальных основана на использовании метода нормированной среднеквадратической ошибки в зарубежной литературе *normalized mean square error* (NMSE). Эта величина вычисляется по формуле:

$$NMSE = \frac{\sum_i (x_i - y_i)^2}{N} * \sum_i (x_i)^2 \#(1).$$

В качестве входных данных программы используется массив отсчетов, описывающих экспериментальный импульс (снятый осциллографом). Программа определяет длительности по полувысоте и максимальное значение импульса. Исходя из этих параметров строится идеальный импульс по известным формулам:

$$S(t) = A e^{-4 \ln(2) \frac{(t-\Delta t)^2}{\tau^2}} \#(2),$$

$$S(t) = A \sqrt{2e} \frac{(t - \Delta t)}{\tau} e^{\frac{-(t-\Delta t)}{\tau^2}} \#(3),$$

где A – амплитуда импульса;

Δt – сдвиг импульса во времени относительно начала координат;

τ – длительность импульса по полувысоте (для колокольного импульса) и от максимального значения до минимального (для моноцикла Гаусса).

Аналитический и экспериментальный импульсы могут быть отображены на графиках для визуального анализа. Затем вычисляются отклонения и численный коэффициент NMSE в децибелах.

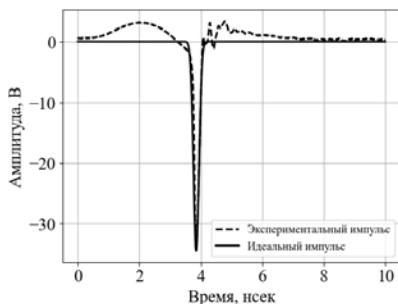
ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ПРОВЕРКА АЛГОРИТМА

Алгоритм был реализован на языке программирования Python (v3.11.1) с использованием библиотек NumPy v.1.24.2 [6] и Matplotlib v.3.6.3 [7]. Ознакомиться с исходным кодом алгоритма можно в источнике [8].

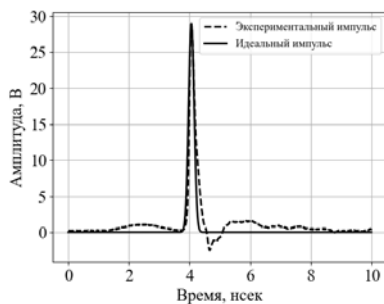
Экспериментальные импульсы для проверки алгоритма были получены с помощью генераторов на основе диодов с накоплением заряда (ДНЗ), для формирования моноцикла использовались конструкции с сумматорами Уилкинсона [9]. Осциллограммы импульсов были получены с помощью стробоскопического осциллографа Agilent DCA-X 86100D. Полоса пропускания осциллографа составляет 10 ГГц, что позволяет точно анализировать СШП-импульсы длительности до 10 пс. Изображение квазигауссовских импульсов разной полярности приведено на рис. 1 (а, б).

Изображения демонстрируют возможность алгоритма автоматически определять параметры гауссовых импульсов, такие как полярность, длительность и амплитуда. Аналогичные изображения для квазимоноциклов Гаусса приведены на рис. 1 (в, г). Значения коэффициентов NMSE для приведенных на изображениях импульсов соответственно:

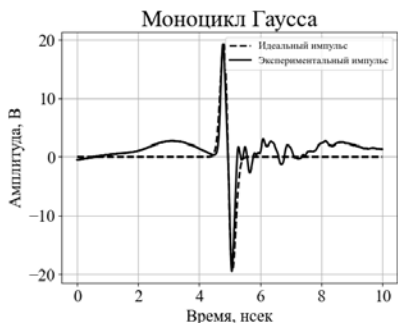
- –9.98 дБ;
- –10.1 дБ;
- –8.98 дБ;
- –6.64 дБ.



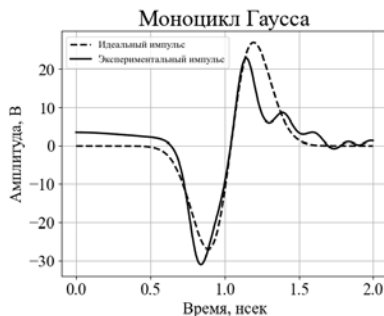
(а)



(б)



(в)



(г)

Рис. 1. Квазигауссовские импульсы: колокол Гаусса разных полярностей (а, б) и моноциклы Гаусса разных полярностей (в, г)

ВЫВОДЫ

Разработанная программа позволяет автоматизировать определение NMSE для СШП-импульсов в форме колокола и моноцикла Гаусса. Была показана работоспособность метода для сигналов с разными полярностями, длительностями и амплитудами. Количественные результаты подтверждают, чем меньше по модулю значение коэффициента NMSE в дБ, тем больше отклонение реального импульса от математической идеализации.

Список источников

1. Zhou, Yuan; Law, Choi Look; Xia, Jingjing. Ultra low-power UWB-RFID system for precise location-aware applications // 2012 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW). Paris, 2012. pp. 154–158. DOI 10.1109/WCNCW.2012.6215480.
2. Kshetrimayum R. S. An introduction to UWB communication systems // IEEE Potentials. 2009. vol. 28, no. 2, pp. 9–13. DOI 10.1109/MPOT.2009.931847.
3. Improvement of Ultrashort Pulses by Serial Connection of Step Recovery Diodes / Bobreshov A. M., Zhabin A. S., Ryazantsev A. D., Stepkin V. A. // IEEE Microwave and Wireless Components Letters. 2021. vol. 31, no. 2. pp. 204–206. DOI 10.1109/LMWC.2020.3046925.
4. K. Li. UWB bandpass filter: structure, performance and application to UWB pulse generation // 2005 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, Suzhou, China 2005, V. 1. 4 pp. DOI 10.1109/APMC.2005.1606192.
5. Wang Qing, Yao Jian Ping. Switchable optical UWB monocycle and doublet generation using a reconfigurable photonic microwave delay-line filter // Optics Express. 2007. Vol. 15, Issue 22. pp. 14667–14672. URL: <https://opg.optica.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-15-22-14667&id=144466> (дата обращения: 10.04.2023).
6. NumPy documentation. URL: <https://numpy.org/doc/1.24> (дата обращения: 16.01.2023).
7. Matplotlib 3.6.3 documentation. URL: <https://matplotlib.org/stable/index.html> (дата обращения: 10.04.2023).
8. Скрипт для сравнения экспериментальных гауссовых импульсов с идеальными. URL: <https://github.com/electronics-physvsu/pulses-comparer> (дата обращения: 10.04.2023).
9. Расширение частотного диапазона сумматора Уилкинсона для формирования сверхкоротких импульсов / К. В. Смусева, А. Е. Елфимов, Г. К. Усков, А. С. Величина // Радиолокация, навигация, связь : сб. тр. XXVIII Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти Б.Я. Осипова. Том 4. Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2022. С. 315–322.

СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ ГРУППОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ

ИВАНОВ Владислав Викторович, аспирант
Уфимский университет науки и технологий
450076, Россия, Уфа, ivanov.vv@ugatu.su

Аннотация. В настоящей работе предложен алгоритм сжатия цифровых изображений для систем Интернета вещей, основанный на групповом преобразовании сигналов. Алгоритм позволяет достичь высоких коэффициентов сжатия (до 4 раз) без существенной потери качества. Проведена оценка качества сжатых изображений с использованием различных метрик. Исследовано влияние шума на качество восстановленного изображения. Разработанный алгоритм имеет низкую вычислительную сложность, что позволяет использовать его на устройствах с ограниченными ресурсами.

Ключевые слова: сжатие изображений, Интернет вещей, групповое преобразование сигналов, качество сжатых изображений, временная сложность алгоритма.

IMAGE COMPRESSION BY GROUP SIGNAL TRANSFORMATION

IVANOV Vladislav Viktorovich, PhD student
Ufa University of Science and Technology
450076, Russia, Ufa, ivanov.vv@ugatu.su

Abstract. The present work offers an image compression algorithm for the Internet of Things systems based on group signal transformation. This algorithm enables achieving high compression rates (up to 4 times) without substantially sacrificing quality. We evaluated the quality of compressed images using diverse metrics. We examined how noise impacts the quality of the restored image. The designed algorithm possesses low computational complexity, allowing its implementation on devices with constrained resources.

Keywords: image compression, Internet of Things, group signal transformation, quality of compressed images, computational complexity.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие концепции Интернета вещей [1] (англ. Internet of Things, IoT) привело к резкому увеличению числа подключенных устройств и объема данных, которыми они обмениваются: цифровые изображения с камер наблюдения, показания датчиков и др. Хранение и передача этих данных требуют больших вычислительных мощностей и пропускной способности каналов связи, что создает серьезную проблему для развертывания систем Интернета вещей [2].

Одним из перспективных решений этих проблем является сжатие цифровых изображений. Сжатие позволяет значительно уменьшить размер изображений за счет удаления избыточной информации, благодаря чему хранить изображения можно в меньшем количестве памяти.

В системах IoT, с их ограниченными вычислительными ресурсами и пропускной способностью каналов связи [3], использование сжатия изображений особенно актуально [2], так как позволяет снизить нагрузку на устройства и сети при обработке графических данных, уменьшить задержки и потери при передаче сигналов. Использование эффективных алгоритмов сжатия дает возможность оптимизировать процессы хранения, обработки и передачи мультимедийных данных в системах IoT и тем самым минимизировать затраты вычислительных ресурсов и пропускной способности каналов связи.

Целью данной работы является разработка высокоэффективного алгоритма сжатия цифровых изображений, основанного на групповом преобразовании сигналов [4], для систем IoT, обеспечивающего наилучшее сочетание компрессии данных, минимальных потерь качества и низкой вычислительной сложности. Задача исследования заключается в оценке качества сжатых изображений с использованием пространственных метрик, а также влияния шума на восстановление изображения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе схемы, показанной в работе [4], был разработан алгоритм сжатия цифровых изображений, использующий групповое преобразование сигналов. Принцип представленного алгоритма заключается в удалении корреляций между цветовыми каналами, что позволяет достичь высоких коэффициентов сжатия без ощутимой потери качества.

Для проведения исследования использовалось тестовое изображение размером 607,8 Кбайт, разрешением 512 x 512 пикселей, глубиной 32 бита, в формате PNG. На рис. 1 показаны исходное, сжатое (в 2 раза) и восстановленное изображения.



Рис. 1. Исходное, сжатое (в 2 раза) и восстановленное изображения

Для оценки эффективности предложенного алгоритма произведено сравнение с алгоритмом, основанным на нейронной сети [5], использующей метод *k*-средних [6]. В табл. 1 показаны результаты оценки качества сжатых изображений, полученные с использованием основных метрик: MSE [7], PSNR [8], LP [9], SSIM+CW [10].

Таблица 1

Результаты оценки качества сжатых изображений

Метрика	Метод группового преобразования				Метод <i>k</i> -средних			
	MSE	PSNR	LP	SSIM+CW	MSE	PSNR	Lp	SSIM+CW
2	1,677	45,884	3,280	0,999	3,825	42,303	7,674	0,996
3	3,222	43,048	6,212	0,996	4,637	41,467	9,272	0,993
4	5,488	40,735	10,553	0,988	5,569	40,673	11,101	0,990

Для лучшей визуализации полученных результатов на рис. 2 приведен график зависимости метрики SSIM-CW от коэффициента сжатия.

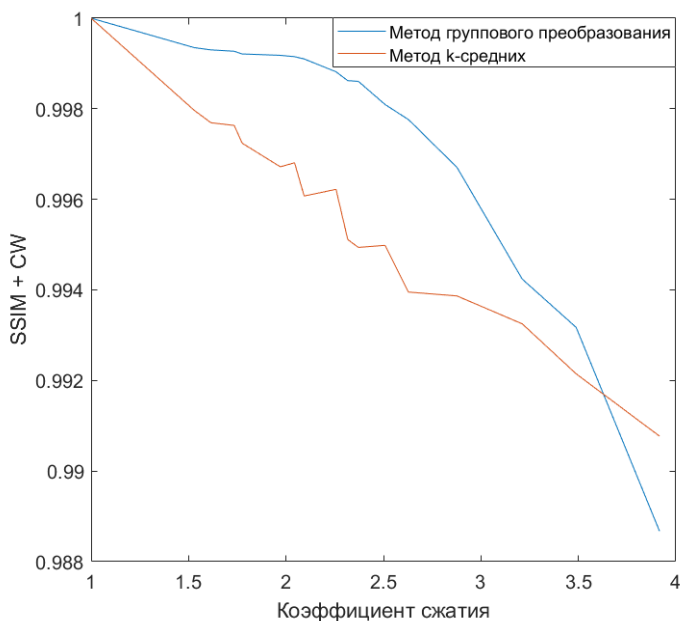


Рис. 2. Зависимость метрики SSIM-CW от коэффициента сжатия

На основании результатов, представленных в табл. 1 и на рис. 2, можно сделать вывод, что предложенный алгоритм показывает себя максимально эффективно при коэффициентах сжатия до 3,5. Однако, при высоких коэффициентах сжатия проявляется значительная потеря качества изображения при восстановлении полного цветового пространства.

Отметим, что временная сложность алгоритма [11], основанного на групповом преобразовании сигналов, оказывалась в 3,3 раза меньше по сравнению с аналогом.

Для подтверждения возможности использования алгоритма в задачах передачи данных на рис. 3 показана зависимость метрики SSIM+CW для различных соотношений сигнал/шум при различных коэффициентах сжатия.

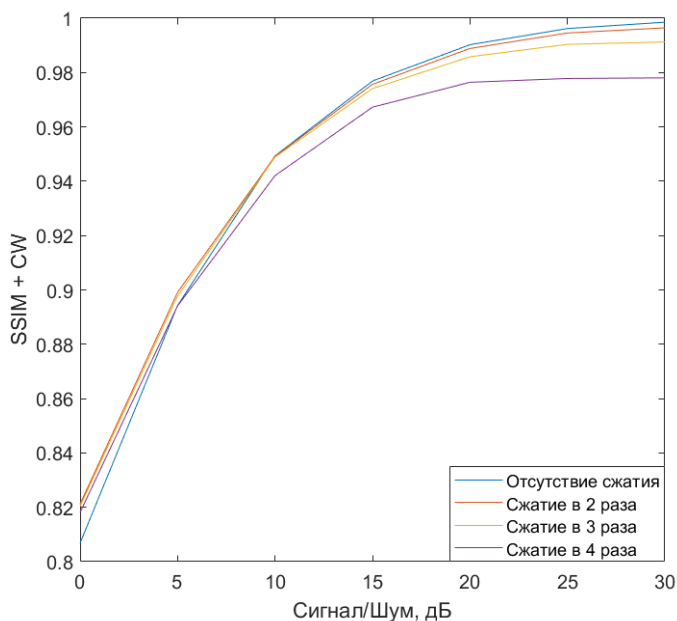


Рис. 3. Зависимость метрики SSIM+SW для различных соотношений

Проанализировав рис. 3, можно сделать вывод, что использование разработанного алгоритма не критично снижает качество передаваемых изображений при воздействии шума [12].

ВЫВОДЫ

Разработан алгоритм сжатия цифровых изображений для систем Интернета вещей, основанный на групповом преобразовании сигналов. Алгоритм позволяет достичь высоких коэффициентов сжатия изображений (до 4 раз) без существенной потери качества.

Проведена оценка качества сжатых изображений с использованием распространенных метрик (PSNR, MSE, LP, CW+SSIM). Показано, что предложенный алгоритм обеспечивает лучшие показатели качества по сравнению с аналогом, основанным на методе k -средних, при коэффициенте сжатия до 3,5.

Исследовано влияние шума на качество восстановленного изображения. Показано, что предложенный алгоритм не критично снижает

качество изображения при передаче при различных соотношениях сигнал/шум.

Разработанный алгоритм имеет низкую вычислительную сложность, что позволяет его использовать на устройствах с ограниченными ресурсами, характерными для систем Интернета вещей.

Таким образом, предложенный алгоритм сжатия цифровых изображений может быть эффективно использован для оптимизации процессов хранения, обработки и передачи графических данных в системах Интернета вещей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда (соглашение № 21-79-10407).

Список источников

1. 6G Internet of Things: A Comprehensive Survey / Nguyen D. C. et al. // IEEE Internet Things J. 2022. Vol. 9, № 1. P. 359–383.
2. Multimedia Internet of Things: A Comprehensive Survey / Nauman A. et al. // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 8202–8250.
3. Wu H., Chen C., Weng K. An Energy-Efficient Strategy for Micro-controllers // Appl. Sci. 2021. Vol. 11, № 6. P. 2581.
4. Efficiency Evaluation of Group Signals Transformation for Wireless Communication in V2X Systems / Ivanov V. V. et al. // 2022 Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT). Yekaterinburg, Russian Federation : IEEE, 2022. P. 167–170.
5. Ahmed M., Seraj R., Islam S.M.S. The k-means Algorithm: A Comprehensive Survey and Performance Evaluation // Electronics. 2020. Vol. 9. № 8. P. 1295.
6. Sinaga K. P., Yang M.-S. Unsupervised K-Means Clustering Algorithm // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 80716–80727.
7. Sara U., Akter M., Uddin M.S. Image Quality Assessment through FSIM, SSIM, MSE and PSNR—A Comparative Study // J. Comput. Commun. 2019. Vol. 07, № 03. P. 8–18.
8. IV-PSNR—The Objective Quality Metric for Immersive Video Applications / Dziembowski A. et al. // IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. 2022. Vol. 32, № 11. P. 7575–7591.

9. Infrared and visible image fusion based on target-enhanced multiscale transform decomposition / Chen J. et al. // Inf. Sci. 2020. Vol. 508. P. 64–78.
10. Bionda A., Frittoli L., Boracchi G. Deep Autoencoders for Anomaly Detection in Textured Images Using CW-SSIM // Image Analysis and Processing – ICIAP 2022 / ed. Sclaroff S. et al. Cham: Springer International Publishing, 2022. Vol. 13232. P. 669–680.
11. Pantsar M. Cognitive and Computational Complexity: Considerations from Mathematical Problem Solving // Erkenntnis. 2021. Vol. 86, № 4. P. 961–997.
12. Raveendran R., Singh A., M R.K. Complex Wavelet SSIM based Image Data Augmentation. arXiv, 2020.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ СИГНАЛОВ

КАЧАПИН Илья Анатольевич, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, kaf_iies@tolgas.ru*

Аннотация. Рассматривается понятие верности принятого сигнала относительно переданного. Названы причины искажения бит данных в канале связи. Приведены основные методы повышения помехозащищенности и определены возможности улучшения названного показателя, в частности, использованием рационального вида модуляции и использования помехоустойчивых кодов.

Ключевые слова: помехозащищенность, помехоустойчивость, верность принятого сигнала, модуляция сигнала, кодирование, повторная передача, отношение «сигнал/помеха».

ABOUT THE POSSIBILITIES OF INCREASING THE NOISE IMMUNITY OF SIGNALS

KACHAPIN Ilya Anatolyevich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, kaf_iies@tolgas.ru*

Abstract. The concept of fidelity of the received signal relative to the transmitted one is considered. The reasons for the distortion of data bits in the communication channel are named. The main methods of increasing noise immunity are given and the possibilities of improving this indicator are identified, in particular, using a rational type of modulation and the use of noise-resistant codes.

Keywords: noise immunity, noise immunity, fidelity of the received signal, signal modulation, coding, retransmission, signal/interference ratio.

ВВЕДЕНИЕ

Помехозащищенность сигнала, радиотехнической системы или канала связи – это свойство сохранять работоспособность в условиях

интенсивных помех. Помехозащищенность представляет собой способность системы противостоять воздействию мощных помех при максимально возможном обеспечении дополнительных мер. В частности, помехозащищенность включает в себя скрытность системы [1, 2] и ее помехоустойчивость. Поэтому вместе с вопросами помехозащищенности будем также рассматривать и вопросы помехоустойчивости системы.

ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТЬ СИГНАЛОВ И КАНАЛОВ СВЯЗИ

Отметим известные способы повышения помехоустойчивости канала связи: увеличение избыточности в передаваемом сообщении, расширение полосы частот, увеличение отношения мощности сигнала к мощности шума, применение помехоустойчивых кодов, применение фильтрации полезного сигнала. Предельно допустимая помехоустойчивость при этом называется потенциальной помехоустойчивостью [3].

Помехи чаще всего изменяются некоторым случайным образом; достаточно неизменным будет только воздействие белого шума и то с известными ограничениями.

При оценке помехозащищенности и помехоустойчивости используют также понятие меры соответствия принятого сигнала переданному сигналу. Такую меру называют понятием «верность». Верность будет тем ниже, чем больше относительная интенсивность помехи, другими словами, чем меньше отношение «сигнал/помеха». Кроме того, на верность будет влиять выбор системы сигналов и способ приема сигнала [4, 5].

Рассмотрим в исследовании методы повышения помехозащищенности систем. Отметим, что наиболее распространенным способом увеличения помехозащищенности сигналов является увеличение отношения «сигнал/помеха» за счет увеличения мощности передатчика. В ряде случаев такой способ будет энергетически и экономически невыгоден вследствие усложнения передатчика [6–10].

Актуальность исследования представляется вполне очевидной, поскольку влияние на сигнал сложной помеховой обстановки является достаточно частым явлением.

В ходе исследования на первом этапе, после изучения источников и выяснения возникающих проблем, необходимо исследовать

методы повышения помехозащищенности сигналов. В частности, предполагается использовать метод рационального выбора модуляции сигналов. При этом требуется использовать для непрерывных сигналов такие методы модуляции, которые ведут к существенному расширению полосы частот полезного сигнала, что приводит к увеличению помехозащищенности. Предполагается исследовать влияние различных видов модуляции и ее глубины на полезные сигналы с различной частотой. Кроме того, будут предложены новые алгоритмы для реализации описанного подхода и произведено моделирование по ним.

На следующем этапе предполагается исследование использования помехоустойчивых кодов для повышения помехозащищенности. На данном этапе также разрабатываются новые алгоритмы работы, и также производится моделирование.

Третий этап связан с повторной передачей сообщений, при этом выбирается их оптимальное количество в зависимости от интенсивности воздействующих помех. Алгоритмы разрабатываются и на этом этапе, а также производится моделирование. Здесь же могут быть рассмотрены системы с обратной связью, очевидным преимуществом которых является меньшая избыточность.

Четвертый этап работы связан с выбором аппаратных решений, предположительно уровня структурных схем, которые позволят реализовать разработанные алгоритмы.

На всех этапах исследования подразумевается, что полезный сигнал подвергается интенсивному воздействию помех, при этом следует рассматривать одновременное воздействие как аддитивных, так и мультипликативных помех с гауссовским и негауссовским характером распределения. Предполагается широко применять аппарат теории статистических решений.

ВЫВОДЫ

Показано, что повысить помехозащищенность сигналов, в частности, можно, используя рациональным выбором вида модуляции. Также можно говорить об использовании помехоустойчивых кодов и повторной передаче сообщений, которые позволяют повысить помехозащищенность.

Список источников

1. Gazi Orhan. Understanding Digital Signal Processing. Singapore : Springer Nature Singapore, 2017. 303 p.
2. Радиотехнические системы : учебн. пособие для вузов / под ред. М. Ю. Застела. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Юрайт, 2023. 495 с.
3. Доросинский Л. Г., Трухин М. П. Прием и обработка сигналов от сложных целей : монография. Москва : Издательский дом Академии Естествознания, 2018. 264 с.
4. Dvornikov S. S., Dvornikov S. V. Noise Immunity of Dual Modulation Signals : The electronic version of the article DOI: 10.1109/WECNF55058.2022.9803586 // 2022 Wawe Eltctronics and its Application in Information and Telecommunication Systems. 30 May – 03 June 2022, Petersburg, Russian Federation. 5 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9803586>. Date Added to IEEE Xplore: 27.06.2022.
5. Берикашвили В. Ш., Засовин Э. А., Лаговский Б. А. Радиотехнические системы извлечения, обработки и передачи информации : монография. Москва : МГТУ МИРЭА, 2011. 233 с.
6. Обработка и преобразование сигналов в радиотехнических и инфокоммуникационных системах : монография / К. В. Анфалов [и др.] : отв. редактор В. И. Воловач. Москва : Радио и связь, 2014. 448 с.
7. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
8. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.

9. Воловач В. И. Характеристики обнаружения радиотехнических устройств охраны и повышение эффективности их работы посредством адаптации к изменяющейся помеховой обстановке // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2011. Т. 7, № 3. С. 25–31.
10. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Оценка погрешности измерения скалярного информационного параметра движущегося протяженного объекта на фоне аддитивных негауссовских помех // Журнал радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 4.

О РАЗРАБОТКЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ

КНЯЗЕВ Денис Михайлович, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, cbo.gmustroi@mail.ru*

ДОЛОМАНЧУК Дмитрий Александрович, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, dolomanchukd@yandex.ru*

Аннотация. Современные подходы к геодезическому мониторингу объектов предполагают использование традиционных средств измерений. Вместе с тем одним из наиболее перспективных направлений представляется использование дистанционного видеоконтроля. Дальнейшее развитие систем геодезического мониторинга связано с интеграцией различных средств измерения и использования новых интеллектуальных алгоритмов.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, деформация, дистанционный видеоконтроль, нивелир, интеграция средств измерения.

ON THE DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM FOR GEODETIC MONITORING OF OBJECTS

KNYAZEV Denis Mikhailovich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, cbo.gmustroi@mail.ru*

DOLOMANCHUK Dmitry Aleksandrovich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, dolomanchukd@yandex.ru*

Abstract. Modern approaches to geodetic monitoring of objects involve the use of traditional measuring instruments. At the same time, one of the most promising

areas is the use of remote video monitoring. Further development of geodetic monitoring systems is associated with the integration of various measurement tools and the use of new intelligent algorithms.

Keywords: geodetic monitoring, deformation, remote video monitoring, leveling, integration of measuring instruments.

ВВЕДЕНИЕ

Геодезический мониторинг представляет собой обследование, которое позволяет осуществлять наблюдение и контроль деформационных процессов прежде всего в различных зданиях и сооружениях как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации или реконструкции объектов. В ходе проведения исследований требуется обнаружить те или иные деформационные изменения, определить причины их возникновения, а также осуществить прогноз их изменения либо развития.

ИНТЕГРАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Геодезический мониторинг следует проводить, поскольку в ходе проведения строительных или реставрационных работ возможно изменение веса объекта, что, в свою очередь, может приводить к осадке и тем или иным смещениям грунтового массива. Две основные задачи, которые призван решить геодезический мониторинг, следующие: устранение риска обрушения объекта и обеспечение возможности безопасного использования [1, 2].

В нормативных документах предусматривается возможность возникновения осадок и кренов объекта, а также описаны их предельно допустимые значения.

Проведение геодезического мониторинга обязательно в установленный нормативными документами срок. В этом случае, в частности, контролируется деформация по горизонтали и вертикали от оси. В случае выявления отклонения от норм, превышающих заданные условия, сроки мониторинга следует продлить до завершения нарастания деформаций либо до принятия мер по их уменьшению или стабилизации.

К основным видам геодезического мониторинга принято относить следующие: горизонтальных смещений (кренов, сдвигов), вертикальных

смещений (осадок), трещин объектов, а также грунтового массива, включая подземные воды [3].

Для геодезического мониторинга по вышеупомянутым первым трем видам можно применять дистанционный видеоконтроль посредством использования видеокамер, причем преимущества такого выбора инструментария для мониторинга очевидны: отклонения различного вида можно вести на значительном расстоянии от объекта в полностью автоматическом режиме; современное разрешение видеокамер позволяет осуществлять весьма точный контроль. Возможный недостаток – ограничение применения в темное время суток – полностью преодолевается использованием видеокамер инфракрасного диапазона, а при необходимости еще и дополнительным подсвечиванием объекта [4]. При этом деформационные маяки могут не использоваться вовсе, что в целом упрощает процедуру мониторинга.

Одновременно отметим, что отказаться от традиционных средств измерений при геодезическом мониторинге таких, как цифровой и оптический нивелиры, электронный тахеометр, оптический теодолит, а также автоматизированных аппаратно-программных навигационных систем, не представляется обоснованным [5, 6]. Поэтому предполагается не только развить теорию использования дистанционного видеоконтроля для геодезического мониторинга, но также предложить комплексный подход к созданию интеллектуальной информационно-измерительной системы, которая обеспечит оптимальную интеграцию различных средств измерения и на основе использования новых интеллектуальных алгоритмов позволит увеличить точность и эффективность, а также уменьшить время геодезических наблюдений в процессе строительства и эксплуатации различных объектов. Еще одним достоинством разрабатываемой интеллектуальной информационно-измерительной системы является ее интеграция с использованием спутниковых технологий в геодезическом мониторинге.

В ходе исследования предполагается определить проблемные подходы в геодезическом мониторинге, которые не способны либо плохо решают известные методы. Далее предполагается детально рассмотреть видеомониторинг, в частности, составив для него необходимые

алгоритмы, как системообразующий компонент интеллектуальной системы. Затем следует осуществить анализ интеграционного решения интеллектуальной системы и разработать необходимые для корректного функционирования системы в целом алгоритмы. На заключительной стадии создание модели интеллектуальной системы и ее моделирование позволит апробировать алгоритмические решения как для компоненты видеомониторинга, так и всей интеллектуальной информационно-измерительной системы в целом.

ВЫВОДЫ

В результате анализа получаем, что разработка новых алгоритмов работы интеллектуальной информационно-измерительной системы для геодезического мониторинга, позволяющих осуществлять интеграцию и оптимальное использование различных алгоритмов, технологий и средств измерений, а также моделирование такой системы, представляется актуальной задачей. Возможна, но не обязательна, реализация программной компоненты системы, использующая элементы искусственного интеллекта.

Список источников

1. Зайцев А. К., Симонян В. В., Шмелин Н. А. Геодезический мониторинг зданий и сооружений. Москва : НИУ МГСУ, 2015. 144 с.
2. Геодезический мониторинг зданий и сооружений // Eng-geo.ru : сайт. URL: <https://eng-geo.ru/articles/geodezicheskij-monitoring-zdaniy-i-sooruzhenij> (дата обращения: 23.03.2023).
3. Testing Multi-Frequency Low-Cost GNSS Receivers for Geodetic Monitoring Purposes / Veton Hamza and al. The electronic version of the article DOI: 10.3390/s20164375 // Sensors. 2020. № 20 (16), 4375. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/16/4375> Date Added to MDPI: 05.08.2020.
4. Kharisova Olga, Kharisov Timur. Searching for possible precursors of mining-induced ground collapse using long-term geodetic monitoring data The electronic version of the article DOI: 10.1016/j.enggeo.2021.106173 // Engineering Geology. 2021. Volume 289. Article 106173. URL: <https://www.sciencedirect.com/>

science/article/abs/pii/S0013795221001848?via%3Dihub. (date of request: 23.03.2023). Access from ScienceDirect.

5. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
6. Low-cost GNSS sensors for monitoring applications / Luka Polluzzi and al. // Applied Geomatics. 2020. No 12. PP. 35–44.

ВЛИЯНИЕ ТЕНИ АНТЕНН НА ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

КРЮКОВ Александр Николаевич, кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры радиотехнических устройств

*Рязанский государственный радиотехнический
университет им. В.Ф. Уткина*

390005, Россия, Рязань, kryukov.a.n@rsreu.ru

ФЕДОСОВ Семен Васильевич, студент

*Рязанский государственный радиотехнический
университет им. В.Ф. Уткина*

390005, Россия, Рязань, semyonfedosov3@gmail.com

Аннотация. Исследовано влияние тени антенны малого космического аппарата на выходные характеристики солнечной батареи.

Ключевые слова: малый космический аппарат, тень антенны, солнечная батарея, выходные характеристики.

THE EFFECT OF ANTENNA SHADOWS ON THE OUTPUT CHARACTERISTICS OF THE SOLAR BATTERY OF A SMALL SPACECRAFT

KRYUKOV Alexander Nikolaevich, candidate of technical sciences,
associate professor, associate professor of the department

of «Radio engineering devices»

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin

390005, Russia, Ryazan, kryukov.a.n@rsreu.ru

FEDOSOV Semyon Vasilyevich, student

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin

390005, Russia, Ryazan, semyonfedosov3@gmail.com

Annotation. The influence of the antenna shadow of a small spacecraft on the output characteristics of a solar battery is investigated.

Keywords: small spacecraft, antenna shadow, solar battery, output characteristics.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность применения малых космических аппаратов (КА) формата CubeSat [1] обусловлена малым сроком разработки, дешевизной изготовления и вывода на орбиту, возможностью использования на низких (до 1000 км) высотах, утилизацией сгоранием в атмосфере (рис. 1). Первичными источниками электропитания КА служат солнечные батареи [2, 7], энергия которых запасается в аккумуляторах, поддержание номиналов возлагается на преобразователи напряжения. Для передачи информации используются антенны [3].

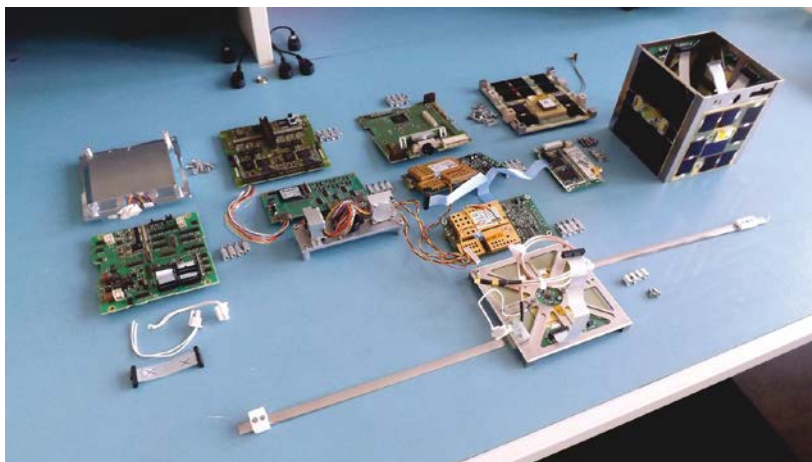


Рис. 1. Составные части CubeSat BEESAT-4 [4]

Падение тени от антенн на солнечную батарею изменяет ее выходные характеристики, а вращение КА делает этот процесс периодическим [1, 7].

В работе исследовано влияние положения тени на выходные характеристики кремниевого фотоэлектрического преобразователя ФСМ1-3 [5]. Солнечное излучение при различных углах освещения моделировалось лампой накаливания с регулятором [6], тень от антенны – тенью от планки совпадающей ширины [7]. Исследования проводились по методике [8].

В составе лабораторной установки (рис. 2) использовались 2 авометра М838 [9], левый использовался в режиме вольтметра постоянного напряжения с пределом измерения напряжения 20 В, правый – в режиме миллиамперметра постоянного тока с пределом измерения 200 мА. Лабораторный макет включался параллельно ФСМ1-3 и служил нагрузкой, величину которой можно менять в диапазоне от 30 до 300 Ом, и позволил подключить миллиамперметр последовательно с ней.

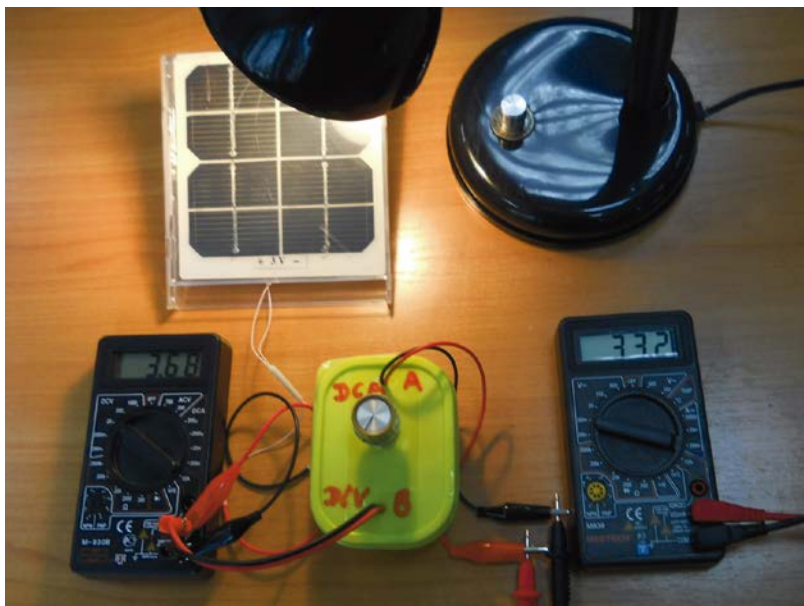


Рис. 2. Лабораторная установка. Внешний вид

РЕЗУЛЬТАТЫ

Были сняты и построены [10] выходные характеристики ФСМ1-3 при разных уровнях освещения и при разном расположении тени на солнечной батарее.

На рис. 3 приведены выходные характеристики при максимальной яркости лампы накаливания, имитирующей прямое солнечное излучение. Наибольшее напряжение наблюдалось, когда тени не было (синий график). При горизонтальном положении тени выходное напряжение уменьшилось, а после 60 мА начало резко снижаться

(красный график). При вертикальном падении тени напряжение стало ниже (серый график), при диагональном расположении тени напряжение минимально и после 40 мА стало резко уменьшаться (желтый график).

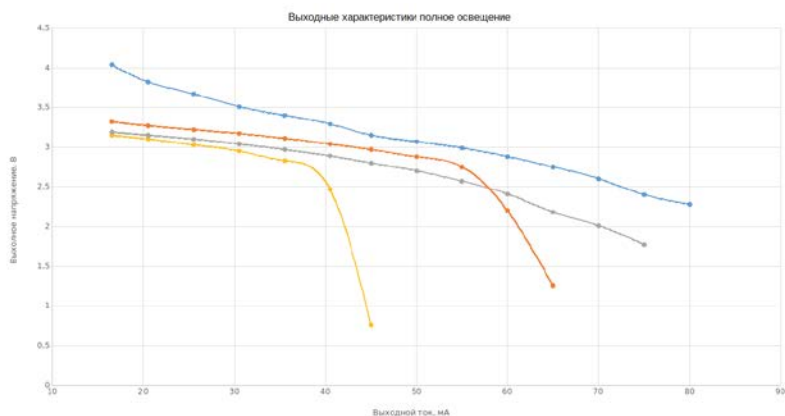


Рис. 3. Выходные характеристики солнечной батареи при максимальной яркости лампы

На рис. 4 показаны выходные характеристики солнечной батареи при средней яркости лампы накаливания, имитирующей отклонение угла падения солнечных лучей от вертикали на 45° . Наибольшее значение получило напряжение при отсутствии затенения (синий график). При горизонтальном расположении тени (красный график) напряжение ниже, чем без затенения, при вертикальном расположении тени напряжение ниже всех остальных графиков (серый график). При диагональном расположении тени (желтый график) напряжение чуть выше в сравнении с вертикальным расположением тени. С увеличением тока нагрузки напряжение падает быстрее, чем на рис. 3.

На рис. 5 приведены аналогичные выходные характеристики при снижении яркости лампы накаливания, имитирующей отклонение солнечных лучей от вертикали до 60° . Уменьшение напряжения начинается при токе нагрузки свыше 10 мА.

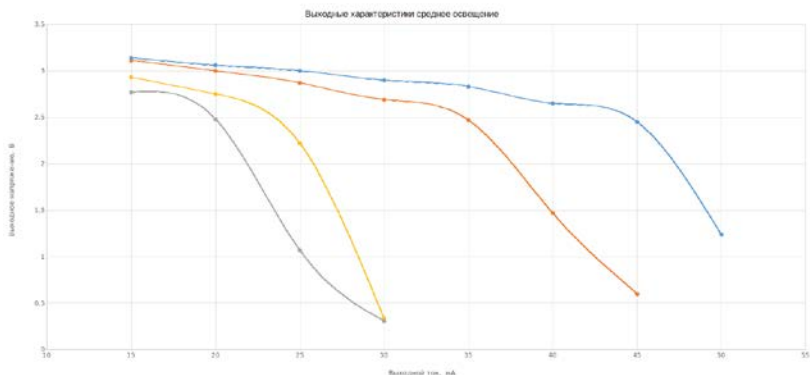


Рис. 4. Выходные характеристики солнечной батареи при средней яркости лампы

ВЫВОДЫ

1. Солнечная батарея ФСМ1-3 [5] содержит последовательные цепочки фотоэлектрических преобразователей, расположенных горизонтально. Для увеличения вырабатываемого тока цепочки последовательно соединенных элементов подключаются параллельно. Солнечные панели [2, 7] собраны аналогично.
2. При вертикальном расположении тени в каждой последовательной цепочке ряд элементов снижает выработку напряжения, и до 25 % падает общее напряжение батареи.
3. При горизонтальном расположении тени из генерации выпадает несколько цепочек, и падает до 50 % вырабатываемый батареей ток.
4. Диагональное расположение тени на солнечной батарее снижает как ток, так и вырабатываемое напряжение.
5. Погрешности (до 25 %) полученных результатов обусловлены средствами освещения и измерения [6].
6. Применение сборщиков энергии затененных батарей, работающих на общую нагрузку, вместо коммутатора [7], способно повысить энерговооруженность малого КА.

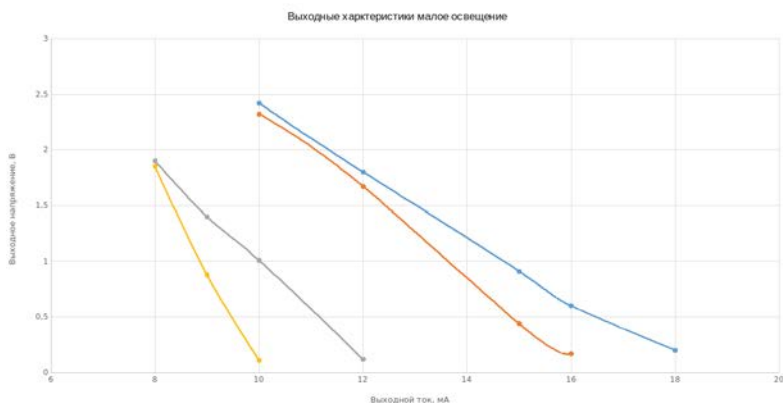


Рис. 5. Выходные характеристики солнечной батареи при минимальной яркости

Список источников

1. Сычев И. Недетские кубики: как кубсаты сделают космос доступным для всех // Хайтек : сайт. URL: <https://hightech.fm/2022/04/11/cubesat-space> (дата обращения: 09.04.2023).
2. DMSA: Deployable Multifunction Solar Array with embedded antennas, magnetorquers and sensors // Cubesat Market : сайт. URL: <https://www.cubesat.market/deployable-solar-panels> (дата обращения: 09.04.2023).
3. Малыгин И. В., Карамышев А. С., Блинов С. С. Разработка автоматических раскрываемых СВЧ антенн для спутников CubeSat // Уральский радиотехнический журнал. 2019. № 3. С. 30–42.
4. Bestandteile des Kleinsatelliten BEESAT-4 // Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt : site URL: https://www.dlr.de/content/de/bilder/2016/3/bestandteile-des-kleinsatelliten-beesat-4_24216.html (дата обращения: 08.04.2023).
5. Энергосберегающие технологии в беспроводной радиоэлектронной аппаратуре : метод. указ. к лаб. работам / Рязан. гос. радиотехн. ун-т ; сост.: Н. Г. Кипарисов, Е. В. Васильев, В. Н. Сухоруков. Рязань, 2016. 64 с.
6. Крюков А. Н. Лабораторный эквивалент Солнца // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-

- 2021 : сб. тр. IV междунар. науч.-техн. форума : в 10 т. Т. 6. / под общ. ред. О. В. Миловзорова. Рязань : Рязан. гос. радиотехн. ин-т, 2021. С. 203–206.
7. Наноспутниковая платформа CubeSat «OrbiCrafr-Pro». Москва, 2019. 50 с. // Спутникс : Частная космическая компания : сайт. URL:[https://sputnix.ru/tpl/docs/%D0%9E%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%9E%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%9A%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%82-%D0%9F%D1%80%D0%BE%20\(%D1%80%D1%83%D1%81%\).pdf](https://sputnix.ru/tpl/docs/%D0%9E%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%9E%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%9A%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%82-%D0%9F%D1%80%D0%BE%20(%D1%80%D1%83%D1%81%).pdf) (дата обращения: 06.04.2023).
 8. Крюков А. Н. Исследование фотопреобразователя : учеб. электрон. изд. комплекс. распростран. URL: <https://elib.rsreu.ru/ebs/download/3580?> (дата обращения 06.04.2023). Доступно в: Электронная библиотека РГРТУ. Режим доступа: для авториз. пользователей.
 9. Руководство пользователя цифровой мультиметр М-830 серии модели: DT-830B, DT-831, DT-838, M830B, M830BZ, M831, M832, M833, M838 // МобилРадио : сайт. URL: <https://www.mobilradio.ru/information/manuals/multimeter-830.htm> (дата обращения 10.04.2023).
 10. Крюков А. Н. Построение графиков в одних осях в Calc : учеб. электрон. изд. комплекс. распростран. URL: <https://elib.rsreu.ru/ebs?method=download&rid=3204&c=3204> (дата обращения 10.04.2023). Доступно в: Электронная библиотека РГРТУ. Режим доступа: для авториз. пользователей.

АЛГОРИТМ СНИЖЕНИЯ ЗАДЕРЖКИ НА ПЕРЕДАЧУ ПАКЕТОВ В СЕТИ V2V

ЛОПУХОВА Екатерина Александровна, аспирант

*Уфимский университет науки и технологий
450076, Россия, Уфа, lopukhova.ea@ugatu.su*

ЖДАНОВ Руслан Римович,

*кандидат технических наук, доцент
Уфимский университет науки и технологий
450076, Россия, Уфа, rtz348@mail.ru*

Аннотация. В данной статье рассматривается метод снижения нагрузки на сетевой трафик и задержек на передачу пакетов в технологии Vehicle-to-Vehicle (V2V). Были изучены типы маршрутизации, используемые в рамках подхода к построению архитектуры сетей Disruption Tolerant Networking (DTN), обеспечивающей передачу информации в интеллектуальной транспортной системе. Для снижения задержек на передачу пакетов, особенно критичных для своевременного информирования участников дорожного движения о дорожной ситуации, был сформулирован подход к уменьшению числа репликации пакетов, и проведено моделирование сетевого и дорожного трафика для оценки его эффективности. Результаты моделирования показали снижение среднего уровня задержки пакетов более чем на порядок при использовании предложенного решения по сравнению с типами маршрутизации Flooding и Epidemic.

Ключевые слова: Disruption Tolerant Networking, Vehicle-to-Vehicle, Flooding routing, Epidemic routing, MeanShift кластеризация.

ALGORITHM FOR REDUCING PACKET TRANSMISSION DELAY IN V2V NETWORK

LOPUKHOVA Ekaterina Aleksandrovna, PhD student

*Ufa State University of Science and Technology
450076, Russia, Ufa, lopukhova.ea@ugatu.su*

ZHDANOV Ruslan Rimovich,
candidate of Technical Sciences, associate *professor*
Ufa State University of Science and Technology
450076, Russia, Ufa, *rtz348@mail.ru*

Abstract. This article presents a method for reducing excessive replication of network traffic and delays in packet transmission in Vehicle-to-Vehicle (V2V) technology. Types of routing used in the approach to building Disruption Tolerant Networking (DTN) network architecture, which ensures information transfer in an intelligent transportation system, were studied. Two most effective multi-hop routing types were identified in terms of guaranteed message delivery and traffic congestion levels were analyzed when using them. To reduce delays in packet transmission, especially critical for timely informing road users about the road situation, an approach was formulated to reduce the required number of packet replications and network and road traffic modeling was conducted to evaluate its effectiveness. The modeling results showed a decrease in the average packet delay level when using the solution proposed by the authors compared to Flooding and Epidemic routing types.

Keywords: Disruption Tolerant Networking, Vehicle-to-Vehicle, Flooding routing, Epidemic routing, MeanShift clustering.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно данным [1] более половины дорожно-транспортных происшествий (ДТП) происходят из-за действия человеческого фактора. Для обеспечения безопасности участников дорожного движения важно оперативно информировать их об изменении дорожной ситуации [2]. Интеллектуальные транспортные системы (ITS) [3] позволяют обеспечить своевременную передачу информации о текущей ситуации на дорогах. Это достигается благодаря использованию системы мониторинга окружающей среды в рамках интернета вещей (IoT), где сенсорные элементы выступают в качестве потребителей собранной информации. Таким образом, участники дорожного движения могут получать информацию друг от друга, что повышает их ситуационную осведомленность. Однако из-за специфики организации сенсорной системы, которая часто фрагментирована и меняет свою топологию из-за высокой мобильности ее элементов, передача информации с минимальными задержками становится нетривиальной задачей [4]. В связи с этим применение распространенных протоколов маршрутизации Ad

нос On-Demand Distance Vector (AODV) и Dynamic Source Routing (DSR) не является надежным решением [5].

Были созданы транспортные сети Vehicular Ad-hoc Networks (VANET), которые являются одним из главных компонентов ITS [6, 7] и позволяют реализовывать алгоритмы для разреженных сетей с частой сменой топологии. Наиболее критичным сценарием взаимодействия в рамках VANET является связь «автомобиль-автомобиль» Vehicle-to-Vehicle (V2V) [8]. Применение подхода к построению архитектуры сетей Disruption Tolerant Networking (DTN) позволяет наиболее эффективно адаптироваться к разрывам соединения между автомобилями, например, при значительном превышении расстояния между автомобилями в 300 м [9]. Учитывая постоянную динамику изменения топологии сети, для нивелирования числа потерянных пакетов данных наиболее целесообразно применять алгоритмы маршрутизации, основанные на ширококвещательной передаче [10]. Подобные типы маршрутизации, как Flooding, являются эффективным решением для дорожных ситуаций с низкой интенсивностью трафика, однако при применении в более плотных сетях наблюдается высокий риск появления ширококвещательного шторма, значительно снижающего скорость передачи информации [5, 10]. Одним из способов снижения уровня репликации пакетов является применение маршрутизации Epidemic, в рамках которой транспортные средства обмениваются информацией в том случае, когда только вступают в контакт, в конечном итоге распространяя информацию по всей сети. Согласно исследованию [5], применение маршрутизации Epidemic позволило снизить временные задержки на передачу пакетов при высокой плотности автомобильного потока. Вместе с тем знание паттернов поведения автомобилей на трассе способно улучшить существующие решения для снижения задержки пакетов в сети DTN [11]. В данной работе было проведено моделирование сети V2V для оценки снижения задержки пакетов при применении типов маршрутизации: Flooding, Epidemic и разрабатываемом алгоритме маршрутизации, основанном на Epidemic с учетом информации о паттерне расположения автомобилей на трассе.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Метод маршрутизации типа Epidemic помогает уменьшить количество повторных передач данных, так как число потенциальных

переносчиков снижается по сравнению с методом маршрутизации Flooding. При повторном контакте с тем же узлом или транспортным средством передача одной и той же информации не повторяется. Однако из-за ячеистой структуры перемещения элементов транспортного потока [12] узел может получать множество версий одного и того же пакета данных, поскольку получал его от соседей, также ранее установивших связь с источником пакета. Чтобы решить эту проблему, можно использовать знания о предсказуемой мобильности транспортных средств, находящихся в одной и той же зоне трассы.

В данной работе был предложен подход применения алгоритма кластеризации MeanShift для выделения зон повышенной плотности точек данных. Это решение эффективно справляется с задачей выделения временных локальных подсетей автомобилей. Обычно такие локальные скопления возникают вблизи светофоров и на дорогах с пробками [12]. Локальные скопления строятся в два этапа: сначала проводится кластеризация MeanShift с ограничением максимального радиуса кластера до 300 м, а затем к сформированному кластеру добавляются автомобили, находящиеся в зоне видимости его представителей.

После выделения временных подсетей каждой из них присваивается свой уникальный идентификатор, который сохраняется в памяти всех участников. Благодаря этому идентификатору участники дорожного движения могут классифицировать других участников. Передача пакетов осуществляется сначала на уровне подсетей-кластеров, а затем на уровне узлов выделенных подсетей. Если данный пакет уже был передан данной подсети ранее, то он не будет передан вновь, поскольку предполагается, что ее представитель уже передал данную информацию.

Для верификации концепции разрабатываемого алгоритма маршрутизации необходимо провести моделирование транспортного потока и распространения сигналов в беспроводной сети, которое приближено к реальным условиям. Для моделирования трафика дорожного движения был использован алгоритм генерации синтетических данных, который был разработан нами и продемонстрирован в работе [13]. Данный алгоритм основан на программном обеспечении SUMO и модели нерегулярного рельефа Лонгли – Райса. Были сравнены

результаты работы трех алгоритмов маршрутизации: Flooding, Epidemic и Epidemic + кластеризация MeanShift, которые представлены в табл. 1. Для моделирования использовались параметры гигабитных скоростей передачи сети ITS поколения сетей 5G [14]. Средняя плотность сгенерированного трафика составила 50 авт/км.

Таблица 1

Результаты моделирования алгоритмов маршрутизации

	Flooding	Epidemic	Epidemic + кластеризация MeanShift	Epidemic + кластеризация MeanShift с взвешенной степенью надежности
Средняя задержка пакетов, мс	1,4	1,1	0,053	0,087
Процент распространения информации о дорожной ситуации в моделируемой зоне, %	99,5	98,1	91,1	97,9
Среднее число дублирований пакетов на одном узле	18	6	0	1

Задержка передачи пакетов рассчитывалась по закону Литта, используя среднее время передачи пакетов и скорость обработки пакетов для узлов в сети. Полученные данные показывают значительное снижение задержки для решения Epidemic + кластеризация MeanShift на порядок по сравнению с другими решениями. Недостатком данного решения является более низкий процент распространения информации о дорожной ситуации в зоне моделирования. Для устранения этого недостатка было введено взвешенное определение надежности автомобиля в качестве ретранслятора информации для других участников кластера в системе выделенных подсетей. Если есть высокая вероятность отделения данного участника от кластера, участники передающего кластера передадут сообщение повторно другому автомобилю в кластере-адресате. После введения данного преобразования процент информированности участников был повышен до уровня Epidemic.

ВЫВОДЫ

В данной статье рассмотрен метод снижения задержки на передачу пакетов в технологии V2V. Были изучены типы маршрутизации в рамках подхода к построению архитектуры сетей DTN, обеспечивающего передачу информации в интеллектуальных транспортных системах. Для снижения задержек на передачу пакетов был сформулирован подход к уменьшению необходимого числа репликации пакетов для улучшения показателей существующих решений и проведено моделирование сетевого и дорожного трафика для оценки его эффективности. Результаты моделирования показали снижение среднего уровня задержки пакетов при использовании предложенного алгоритма, сочетающего маршрутизацию Epidemic и кластеризацию MeanShift, относительно типов маршрутизации Flooding и Epidemic. Однако необходимо учесть, что данный метод требует дополнительных исследований и тестирования для определения его эффективности при различных параметрах моделируемого трафика. В рамках последующих работ будет проведено исследование устойчивости показателей предложенного решения от плотности и интенсивности транспортного потока, а также более детально проработан алгоритм определения надежности участников подсетей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда (соглашение № 21-79-10407).

Список источников

1. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 9 месяцев 2021 года : Информ.-аналит. обзор. Москва : ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2021. 39 с.
2. Lee J. et al. Understanding drivers' awareness, habits and intentions inside road tunnels for effective safety policies // *Accid. Anal. Prev.* Pergamon, 2022. Vol. 172. P. 106690.
3. Le L. et al. V2X communication and intersection safety // *Adv. Microsystems Automot. Appl. 2009 Smart Syst. Safety, Sustain. Conf.* Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. P. 97–107.
4. Al-Sultan S. et al. A comprehensive survey on vehicular Ad Hoc network // *J. Netw. Comput. Appl. Academic Press*, 2014. Vol. 37, № 1. P. 380–392.

5. Magdum S.S. et al. Evaluating DTN Routing Schemes for Application in Vehicular Networks // 2019 11th Int. Conf. Commun. Syst. Networks, COMSNETS 2019. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. P. 771–776.
6. Yamazaki A. et al. Design and implementation of a ubiquitous health monitoring system // Int. J. Web Grid Serv. Inderscience Publishers, 2009. Vol. 5, № 4. P. 339–355.
7. Ishikawa S. et al. Performance analysis of vehicular DTN routing under urban environment // Proc. - 2014 8th Int. Conf. Complex, Intell. Softw. Intensive Syst. CISIS 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2014. P. 50–55.
8. Vukadinovic V. et al. 3GPP C-V2X and IEEE 802.11p for Vehicle-to-Vehicle communications in highway platooning scenarios // Ad Hoc Networks. Elsevier B.V., 2018. Vol. 74. P. 17–29.
9. Yang X. et al. A vehicle-to-vehicle communication protocol for co-operative collision warning // Proc. MOBIQUITOUS 2004 - 1st Annu. Int. Conf. Mob. Ubiquitous Syst. Netw. Serv. 2004. P. 114–123.
10. Paridel K. et al. VVID: A delay tolerant data dissemination architecture for VANETs using V2V and V2I communication. 2012.
11. Toor Y. et al. Vehicle ad hoc networks: Applications and related technical issues // IEEE Commun. Surv. Tutorials. 2008. Vol. 10, № 3. P. 74–88.
12. Kerner B.S., Rehborn H. Experimental features and characteristics of traffic jams // Phys. Rev. E. American Physical Society, 1996. Vol. 53, № 2. P. R1297.
13. Lopukhova E. et al. Universal Learning Approach of an Intelligent Algorithm for Non-GNSS Assisted Beamsteering in V2I Systems // Information. 2023. Vol. 14, № 2. P. 86.
14. Agiwal M., Roy A., Saxena N. Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey // IEEE Commun. Surv. Tutorials. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016. Vol. 18, № 3. P. 1617–1655.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

МАГДА Олег Владимирович, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, magda.o.v@mail.ru*

ВОРОНИН Алексей Викторович, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, avoroninv@gmail.com*

КАЗАНОВ Виталий Валерьевич, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, kazanova609@googlegmail.com*

Аннотация. Обосновано использование и особенности систем мониторинга окружающей среды. Рассмотрен состав информационно-измерительной системы мониторинга состояния окружающей среды. Отмечается, что используются аналитический и параметрический способы реализации таких систем. Показано, что одним из средств повышения эффективности систем мониторинга является использование беспроводных сенсорных сетей.

Ключевые слова: мониторинг окружающей среды, информационно-измерительная система, аналитический способ, параметрический способ, беспроводная сенсорная сеть.

ABOUT THE POSSIBILITY OF USING WIRELESS SENSOR NETWORKS IN ENVIRONMENTAL MONITORING

MAGDA Oleg Vladimirovich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, magda.o.v@mail.ru*

VORONIN Alexey Viktorovich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, avoroninv@gmail.com*

KAZANOV Vitaly Valer`evich, PhD student
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, kazanova609@googlemail.com

Abstract. The use and features of environmental monitoring systems are substantiated. The composition of information and measurement systems for monitoring the state of the environment is considered. It is noted that analytical and parametric methods of implementing such systems are used. It is shown that one of the means of increasing the efficiency of monitoring systems is the use of wireless sensor networks

Keywords: environmental monitoring, information and measurement system, analytical method, parametric method, wireless sensor network.

ВВЕДЕНИЕ

Нерациональное использование природных ресурсов, ошибки в технической и экологической политике, недостаточный уровень внедрения безотходных технологий, а также явно негативное воздействие человечества на природу, к глубокому сожалению, приводят к постоянному ухудшению состояния окружающей среды. Сложившаяся ситуация диктует необходимость осуществления контроля состояния окружающей среды и динамики ее изменения как для текущих действий, так и долгосрочного прогнозирования ее состояния. Использование информационно-измерительных систем позволяет осуществлять такой контроль с наибольшей степенью эффективности, объективности и автономности, предполагая повсеместный мониторинг, включая труднодоступные для человека местности либо вовсе опасные условия для осуществления мониторинга. Следует отметить, что мировое сообщество уделяет этому вопросу значительное влияние. Так, в частности, в 1972 году в Стокгольме было объявлено о начале создания глобальной системы мониторинга окружающей среды (YEMS). Практическими компонентами такой системы являются информационно-измерительные системы мониторинга состояния окружающей среды (далее – ИИСМ).

ИИС МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Для понимания комплекса задач, рассматриваемых в таких исследованиях и направленных на разработку методов и алгоритмов

повышения эффективности ИИСМ, кратко остановимся на некоторых особенностях мониторинга окружающей среды. Сам по себе мониторинг окружающей среды представляет систему наблюдения и контроля, проводимых по определенной программе для оценки состояния окружающей среды, анализа происходящих в ней процессов и своевременного выявления тенденций ее изменения [1]. В результате необходимо осуществлять сбор информации о фактическом состоянии окружающей среды под воздействием различного рода загрязнителей. По своей сути мониторинг окружающей среды является разновидностью диагностического мониторинга. Для такого мониторинга разработаны и успешно применяются различные системы, например, АВУС-СЗК, предназначенная для контроля концентрации газов и паров в воздухе и оповещения о превышении заданных порогов концентрации; система мониторинга iNode 35D дискретных датчиков, электропитания, температуры, влажности и других параметров по протоколам SNMP, MODBUS и др. [2, 3].

В стандартную ИИСМ входят: система электропитания, термостабилизирующая система, пожарно-охранная сигнализация, комплексная система аналитики, устройства сбора и обработки данных, система связи. Реализация ИИСМ может использовать аналитический (CEMS) и параметрический (PEMS) способы. В России наиболее распространены параметрические системы. Однако в последнее время происходит внедрение и развитие аналитических систем мониторинга во многих регионах РФ. В результате можно сформулировать цель такого исследования – исследование ИИСМ для разработки методов и алгоритмов повышения эффективности в процессе функционирования названных систем.

Исследование по выбранной теме является актуальным, поскольку позволит повысить эффективность ИИСМ в сфере, играющей все более важное значение для цивилизации в целом и отдельных ее представителей вследствие все большего антропогенного воздействия на окружающую среду.

Поскольку в ходе исследования предстоит предложить методы и алгоритмы, повышающие эффективность ИИСМ, то возникает необходимость рассматривать не только и не столько классические ИИСМ, широко используемые в системах мониторинга, но и систему,

построенную на беспроводной сенсорной сети (БСС). При этом БСС в последние годы находят все более широкое применение, в том числе и в системах мониторинга окружающей среды [4, 5].

В основе таких сетей лежит использование миниатюрных устройств с маломощным приемо-передатчиком, микропроцессором и сенсором, соединенных посредством радиоканала. При этом область покрытия такой сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров. Эти сети являются самоорганизующимися, как правило, строятся по ячеистой топологии, автономны и обладают высокой отказоустойчивостью. Для БСС принято использовать следующие технологии: IEEE 802.15.4, Zigbee, Bluetooth, Wibree. Стандартами самих же беспроводных сетей являются WLAN, WPAN, WMAN.

Беспроводные сенсорные сети в настоящее время бурно развиваются, причем области их использования достаточно широки – от решений в сфере оборонных технологий и до гражданских применений БСС. Различные области использования требуют зачастую различных подходов, например, к помехозащищенности и типологии, резервирования и быстрогодействия [6].

На первом этапе следует изучить литературу и другие источники по вопросам, связанным с реализацией ИИСМ и БСС. Проведенный анализ позволит определить задачи, которые необходимо решить в ходе исследования. Наибольшее внимание следует уделить методам и алгоритмам, используемым в настоящее время в ИИСМ и БСС, а также реализации ИИСМ. Второй этап предполагает разработку некоего прототипа ИИСМ на принципах построения БСС. Это может быть как система мониторинга для производства, так, например, и система мониторинга состояния окружающей среды в городских кварталах. Для прототипа разрабатываются и исследуются те или иные методы и алгоритмы повышения эффективности функционирования ИИСМ. Эффективность полученных решений на заключительном этапе исследования может быть проверена путем аналитического моделирования или моделирования в программной среде. Одним из вопросов, которые следует рассмотреть в ходе исследования, является классический вопрос помехозащищенности ИИСМ.

В ходе исследования значительное внимание предполагается уделить помехозащищенности узлов сенсорной сети в зависимости от области использования, что особенно актуально для сферы оборонных технологий, так и для промышленных БСС, работающих в условиях сложной помеховой обстановки. Рациональное размещение узлов сенсорной сети также представляется важным объектом исследования, поскольку так или иначе будет оказывать влияние как на энергопотребление, так и на достоверность передачи информации в сети. При этом также вызывающей интерес представляется задача разработки алгоритмов отдельно для мониторинга, контроля и управления. Существует предположение, что алгоритмические решения для названных отдельных направлений использования БСС могут различаться, поэтому и возникает необходимость в более детальном изучении этих вопросов. Разработка новых оптимальных алгоритмов работы БСС в различных условиях применения также потребует и разработки новых аппаратных решений, которые предварительно следует рассмотреть в диссертационном исследовании на уровне структурных и функциональных схем. Также предполагается осуществить моделирование разработанных схем на предмет реализации заявленных целей исследования.

ВЫВОДЫ

Приведен состав информационно-измерительных систем мониторинга состояния окружающей среды. Показано, что при реализации таких систем можно использовать аналитический и параметрический способы. Отмечается, что использование беспроводных сенсорных сетей позволяет повысить эффективность систем мониторинга. Приведена последовательность разработки систем мониторинга с использованием беспроводных сетей.

Список источников

1. Каракеян В. И. Мониторинг загрязнения окружающей среды. Москва : Юрайт, 2023. 397 с.
2. Linh Nguyen, Sarath Kodagoda, Ravindra Ranasinghe, Gami ni Dissanayake. Mobile Robotic Sensors for Environmental Monitoring using Gaussian Markov Random Field // Robotica. 2021. Vol 39, No 5. PP. 862–884.

3. Md Abdulla Al Mamun, Mehmet Rasit Yuce. Sensors and Systems for Wearable Environmental Monitoring Toward IoT-Enabled Applications: A Review. DOI: 10.1109/JSEN.2019.2919352 // IEEE Sensors Journal. 2019. Vol. 19, No 18. pp. 7771–7788.
4. Dionisis Kandris, Christos Nakas, Dimitrios Vomvas, Grigoriou Koulouras. Applications of Wireless Sensor Networks: An Up-to-Date Survey. DOI: 10.3390/asi3010014 // Appl. Syst. Innov. 2020. Vol 14, No 3(1).
5. Deebak B. D., Fadi Al-Turjman. A hybrid secure routing and monitoring mechanism in IoT-based wireless sensor networks. The electronic version of the article DOI: 10.1016/j.adhoc.2019.102022 // Ad Hoc Networks. 2020. Vol 97. 102022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2019.102022>.
6. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

НЕЧАЕВ Денис Александрович, аспирант
Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, nechay84@mail.ru

Аннотация. Приведен принцип работы ротационного лазерного нивелира. Отмечаются некоторые особенности лазерных приемных устройств для систем нивелирования. Названы некоторые виды ошибок при измерениях при высокоточном нивелировании. Описаны задачи исследований по избранной теме.

Ключевые слова: нивелирование, ротационный лазерный нивелир, лазерное приемное устройство, ошибки нивелирования, датчики положения в пространстве.

SOME FEATURES OF HIGH-PRECISION LEVELING SYSTEMS

NECHAEV Denis Alexandrovich, PhD student
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, nechay84@mail.ru

Abstract. The principle of operation of the rotary laser level is given. Some features of laser receiving devices for leveling systems are noted. Some types of measurement errors with high-precision leveling are named. The tasks of research on the chosen topic are described.

Keywords: leveling, rotary laser leveling, laser receiving device, leveling errors, position sensors in space.

ВВЕДЕНИЕ

Нивелирование означает точное выравнивание каких-либо объектов по заданной линии или плоскости. Чаще всего это горизонтальная плоскость, но может быть и вертикальная плоскость, наклонная плоскость и в общем случае может быть заданная криволинейная

поверхность [1, 2]. Нивелирование – необходимая часть многих технологических процессов в строительстве. Последнее время системы нивелирования находят применение в так называемом точном земледелии. Так как ручные операции нивелирования трудоемки и подвержены субъективным погрешностям, сейчас расширяется внедрение автоматизированных систем нивелирования. Такие системы используют при своей работе различные типы электронных датчиков положения в пространстве. Наибольшее применение нашли в качестве таких датчиков приемные устройства спутниковых навигационных систем и приемные устройства ротационных лазерных нивелиров.

ВЫСОКОТОЧНОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

Ротационный лазерный нивелир устанавливается неподалеку от места нивелирования и с помощью вращающегося лазерного луча строит в пространстве точную горизонтальную плоскость на нужной высоте. Приемное устройство, закрепленное на рабочих механизмах строительной техники, обнаруживает вращающийся в этой плоскости луч, измеряет свое отклонение по вертикали и передает измеренное отклонение в автоматическую систему управления строительным техническим средством (бульдозером, экскаватором, грейдером и т. д.). Эта система корректирует положения гидроприводов так, чтобы отклонение от заданного уровня стремилось к нулю. При необходимости оператор может вмешаться в работу системы, но в целом такая автоматизация значительно повышает производительность и точность работ [3–7].

Ротационные лазерные нивелиры были впервые разработаны в 1980-х годах, в 1990-х изготавливались компаниями Topcon Corporation (Япония), Trimble (США), Spectra Precision (Швеция). Постепенно число изготовителей увеличивалось и сейчас насчитывает, вероятно, более десятка, включая, например, Leica (Швейцария), Bosch (Германия), Stabila (Германия), в последнее время также ADA Instruments (Россия), SunNav Technology (Китай).

Лазерные приемные устройства для техники производились поначалу только изготовителями лазерных нивелиров. Позднее аналоги таких приемных устройств стали выпускать и некоторые другие компании из Великобритании и Китая, а в последнее время – Греция и Пакистан.

С одной стороны, интерес сторонних изготовителей к этим устройствам связан с определенным бумом на лазерное выравнивание почвы для сельского хозяйства. С другой – с тем, что бренды-основатели технологии лазерного нивелирования устанавливают высокие цены на эти устройства, хотя, по сути (в отличие от ротационного нивелира), лазерный приемник не требует для своего производства ни точной механики, ни особо передовой электроники.

Все вышеизложенное позволяет сделать однозначный вывод об актуальности выбранной темы исследования.

Высокоточное нивелирование не исключает появления различного рода ошибок при измерениях. Следует сразу подчеркнуть, что эта проблема является весьма сложной. Можно назвать следующие виды ошибок: влияние отличия температуры нивелирования от температуры компарирования рейки, влияние вертикальной рефракции, влияние наклона рейки и ряд других.

В ходе проведения исследования следует разработать алгоритмы для компенсации названных ранее ошибок в соответствии с инструкцией по государственному нивелированию. Достаточно важным в исследовании является пересмотр с точки зрения оптимизации определения полевых контролей. Не менее важной является процедура оценки точности, в том числе и в плане учета влияния внешних факторов, что также будет рассматриваться в нашем исследовании. Кроме того, предполагается рассмотреть существующие аппаратно-программные средства для автоматизированных систем нивелирования и найти решения по повышению их эффективности. В ходе проведения исследования, скорее всего, выявятся и другие вопросы, не приведенные в этом кратком обзоре.

ВЫВОДЫ

Показано, что системы нивелирования находят все более широкое применение в различных областях: от строительства до сельского хозяйства. Широкое распространение в системах нивелирования нашли различные типы электронных датчиков положения в пространстве. Среди них выделяются два больших класса: приемники ротационных лазерных нивелиров и приемники спутниковых навигационных систем. Отмечается, что борьба с ошибками в высокоточном нивелировании занимает существенное место.

Список источников

1. Федотов Г. А. Инженерная геодезия. Москва : Высшая школа, 2004. 407 с.
2. Что такое нивелирование? // gis2000.ru : сайт. URL: <https://gis2000.ru/articles/chto-takoe-nivelirovanie.html> (дата обращения: 29.03.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Yehuda Bock, Diego Melgar. Physical applications of GPS geodesy: a review. DOI: 10.1088/0034-4885/79/10/106801 // Reports on Progress in Physics. 2016. Vol 79, No 10. 106801.
4. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
5. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
6. Schmidt G. T. GPS Based Navigation Systems in Difficult Environments // Gyroscopy and Navigation. 2019. No 10. PP. 41–53.
7. Jiageng Liu, Ge Guo. Vehicle Localization During GPS Outages With Extended Kalman filter and Deep Learning. DOI: 10.1109/TIM.2021.3097401 // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2021. Vol 70. pp. 1–10. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9486855> Date Added to IEEE Xplore: 15.07.2021.

АППАРАТНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕКУПЕРАТОРА ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫХ УСТАНОВОК

НИКОНОВ Станислав Александрович, аспирант

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, Nikonov_s_a@mail.ru

САМОХИНА Наталья Станиславовна, кандидат технических

наук, доцент кафедры «Информационный и электронный сервис»

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, skipert-99@ya.ru

Аннотация. На сегодняшний день система рекуперации вентиляционных установок может передавать из вытяжного воздуха в приточный до 93 % тепла, но данный показатель достигается только в лабораторных условиях при своевременной корректировке параметров человеком. На практике же в эксплуатации на объектах рекуператор работает по усредненной «уставке», что снижает передачу тепла до 40–50 %. Сбор всех параметров вытяжного и приточного воздуха, обработка и корректировка работы в режиме реального времени по средствам интегрированного шкафа управления, а также дальнейшее машинное обучение позволят стабильно использовать рекуператор на максимальной мощности.

Ключевые слова: аппаратные решения, системный анализ, энергоэффективность, рекуперация, машинное обучение.

HARDWARE SOLUTIONS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE RECUPERATOR OF SUPPLY AND EXHAUST INSTALLATIONS

NIKONOV Stanislav Aleksandrovich, PhD student

Volga Region State University of Service

445017, Russia, Togliatty, Nikonov_s_a@mail.ru

SAMOKHINA Natalia Stanislavovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department «Information and electronic service»

Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, skipert-99@ya.ru

Abstract. To date, the ventilation system can transfer up to 93 % of heat from the exhaust air to the supply air, but this indicator is achieved only in laboratory conditions with timely adjustment of parameters by a person. In practice, in operation at facilities, the recuperator operates according to an average «setpoint», which reduces heat transfer by up to 40–50 %. Collection of all exhaust and supply air parameters, processing and adjustment of operation in real time by means of an integrated control cabinet, as well as further machine learning, will allow stable use of the recuperator at maximum power.

Keywords: hardware solutions, system analysis, energy efficiency, recovery, machine learning

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день известны различные системы для рекуперации тепла [1], применяемые в приточно-вытяжных вентиляционных системах, в том числе использующие пластинчатые рекуператоры. Одним из недостатков таких систем является низкая эффективность рекуперации тепла при низких температурах приточного воздуха [2]. При температурах ниже -15°C в пластинчатом рекуператоре образуется конденсат, который замерзает и тем самым уменьшает эффективность работы рекуператора. При этом в рекуператорах такого типа предусмотрен режим «оттаивания/разморозки», при котором поступающий снаружи холодный воздух частично или полностью идет в обход рекуператора. В результате эффективность таких систем рекуперации тепла значительно снижается, а именно: существующие рекуператоры могут передавать из вытяжного воздуха в приточный до 93 % тепла, но данный показатель достигается только в лабораторных условиях при своевременной корректировке параметров человеком. На практике же в эксплуатации на объектах рекуператор работает по усредненной «уставке», что снижает передачу тепла до 40–50 % [3].

Существуют рекуператоры с промежуточным теплоносителем, лишённые указанного недостатка [4]. Например, патент на изобретение «Устройство для системы кондиционирования воздуха, содержащее

средство регенерации тепла и средство подвода дополнительного нагрева и охлаждения» [5], в котором, по меньшей мере, одно нагревательное или охлаждающее устройство, установленное в потоке поступающего воздуха, сторона жидкости которого соединена с нагревательным или охлаждающим устройством. Недостатком известного устройства является высокое энергопотребление на подогрев и доохлаждение воздуха.

Задача исследования заключается в повышении эффективности работы секции пластинчатого рекуператора тепла в условиях низких температур приточного воздуха за счет обработки параметров воздуха и машинного обучения в целях недопущения достижения температуры замерзания конденсируемой влаги вытяжного воздуха.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Поставленная задача решается за счет повышения автоматизации устройства (сбора всех параметров вытяжного и приточного воздуха, обработка и корректировка работы в режиме реального времени по средствам интегрированного контроллера) с одновременным созданием требуемых параметров воздуха на входе в рекуператор, обеспечивающих уменьшение вероятности возникновения конденсата влаги в рекуператоре путем подмеса воздуха с более низкой влажностью и, тем самым, уменьшением температуры, при которой происходит процесс конденсации влаги.

Устройство (рис. 1) состоит из магистрали приточного воздуха (1), магистрали вытяжного воздуха (2), пластинчатого рекуператора (3), приточного и вытяжного вентилятора (4, 5) соответственно, заслонки для смешения потоков с электроприводом (6), датчиков давления и влажности (7–14). Перечисленные датчики и заслонка 6 связаны с блоком управления (15).

Устройство работает следующим образом. При снижении температуры окружающей среды ниже 15 °С, определяемой датчиком температуры (8), подается сигнал на открытие заслонки (6) на определенную величину. Под действием избыточного давления, создаваемого вентилятором (4), воздух из магистрали (1) начинает поступать в магистраль (2). Обеспечению перетока воздуха из магистрали (2) в магистраль (1) также способствует создаваемое разрежение вентилятором (5). Величина открытия заслонки (6) определяется таким образом, чтобы обеспечить

после смешения воздуха в магистрали (2) параметры воздуха, определяемые датчиками (9, 10) на входе в рекуператор (3), исключают возможность конденсации влаги в рекуператоре. Конкретные параметры воздуха и наличие конденсата определяются датчиками (11, 12). Значение величины открытия заслонки (6) определяется на основе алгоритма, реализуемого блоком управления (14) путем опроса всех датчиков температуры и влажности (датчики 7–14) и обеспечивающего выполнение последовательно следующих условий параметров воздуха в вытяжной магистрали (2):

- температура на выходе из рекуператора выше точки замерзания конденсируемой влаги при определенных датчиками (11, 12) параметрах воздуха;
- температура воздуха на входе в рекуператор (3) максимально возможная.

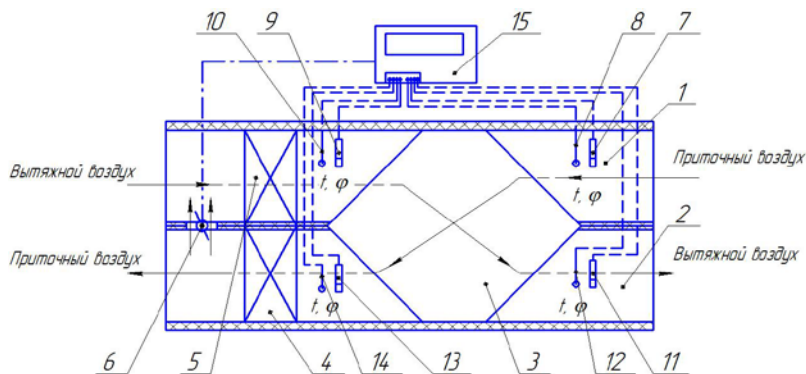


Рис. 1. Приточно-вытяжная вентиляционная установка с интеллектуальной системой настройки

Таким образом, по средствам интеллектуальной системы настройки решается задача повышения эффективности работы рекуператора приточно-вытяжных установок.

ВЫВОДЫ

Обозначенная проблема поможет в реализации государственных программ повышения энергоэффективности зданий и сооружений по средствам машинного обучения, которое, несомненно, является перспективным направлением.

Список источников

1. Калинина Н. И. Сравнительный анализ систем рекуперации в системах вентиляции // Сборник научных статей 6-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 3 т. Т. 3. Курск, 2021. С. 64–67.
2. Баишева Л. М., Иванова А. В. Пути повышения энергоэффективности работы системы рекуперации в условиях крайнего севера // Материалы XVIII всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов в г. Нерюнгри, с международным участием, посвященной 25-летию со дня образования технического института (филиала) СВФУ. Нерюнгри : ТИ (ф) ФГАОУ ВО СВФУ, 2017. С. 3–6.
3. Дискин М. Е. Эффективность рекуперации теплоты в системах вентиляции при температурах наружного воздуха ниже температуры опасности обмерзания // АВОК. 2006. Вып. 4. С. 40–45.
4. Ермоц В. А. Краткий обзор рекуператоров систем вентиляции. определение КПД рекуператоров // Точная наука. 2017. Вып. 19. С. 9–13.
5. Патент № 2168116 Российская Федерация, МПК F24F3/147, F24F12/00. Устройство для системы кондиционирования воздуха, содержащее средство регенерации тепла и средство подвода дополнительного нагрева и охлаждения : № 97116271/06 : заявл. 01.03.1996 : опубл. 27.05.2001/ Экман Кристер. 10 с. : 11 ил.

О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ЗАДЫМЛЕНИЙ

ПОЗДНЯКОВ Тимофей Алексеевич, аспирант
Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, mur356@mail.ru

Аннотация. Показано, что задымление следует рассматривать как явный признак начинающегося пожара. Обоснован состав интеллектуальной системы обнаружения задымлений из средств видеонаблюдения и видеоаналитики и традиционных пожарных датчиков. Показана необходимость широкого использования беспроводных датчиков технологии Zigbee. Отмечается, что разработка корректных алгоритмов видеофиксации задымлений обеспечит эффективную работу системы.

Ключевые слова: задымление, видеонаблюдение, видеоаналитика, пожарные датчики, технология Zigbee, видеофиксация, достоверность обнаружения.

ABOUT SOME APPROACHES IN THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SMOKE DETECTION SYSTEM

POZDNYAKOV Timofey Alekseevich, PhD student
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, mur356@mail.ru

Abstract. It is shown that smoke should be considered as a clear sign of an incipient fire. The composition of the intelligent smoke detection system from video surveillance and video analytics and traditional fire sensors is substantiated. The necessity of widespread use of wireless sensors of Zigbee technology is shown. It is noted that the development of correct algorithms for video recording of smoke will ensure the effective operation of the system.

Keywords: smoke, video surveillance, video analytics, fire sensors, Zigbee technology, video recording, detection reliability.

ВВЕДЕНИЕ

Современные промышленные, транспортные и гражданские объекты различного назначения подвержены риску пожаров различной интенсивности и различной опасности. Во многих случаях пожары могут провоцировать последующие взрывы (особенно на химических и нефтеперерабатывающих предприятиях, заводах оборонного комплекса, а также в трубопроводном хозяйстве – стоит лишь вспомнить крупнейшую железнодорожную катастрофу в Башкирии в 1989 году, когда погибло 575 человек, а еще 623 были ранены). В масштабах страны пожар – это постоянно существующее стихийное бедствие. Стоит привести сухие цифры статистики по России: каждые 4–5 минут вспыхивает пожар, каждый час обрывается жизнь одного человека (за год погибают при пожарах более 20 тыс. человек). Материальный ущерб от пожаров оценивается десятками и сотнями миллиардов рублей. Кроме того, относительный уровень потерь от пожаров превышает сопоставимые показатели потерь, например, с Великобританией в 4,5 раза.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ЗАДЫМЛЕНИЙ

Одно только приведенное выше свидетельство о том, что любые исследования в различных отраслях науки, а также современные технологические разработки и решения без сомнения являются не просто актуальными, а относятся к наиболее актуальным. Не составляет исключение и рассматриваемая нами тема исследования – разработка алгоритмов и моделирование интеллектуальной системы обнаружения задымлений промышленных и гражданских объектов. Сразу отметим, почему речь в исследовании идет о задымлениях. Задымление – верный признак такого начинающегося пожара, который зачастую скрыт от глаз. Обнаружение же задымлений, причем очень незначительных, на которые и направлено исследование, позволит своевременно локализовать пожар и эффективно подавить его очаг. При этом разработка интеллектуальных систем для решения таких задач представляется наиболее эффективной, поскольку традиционные подходы уже во многом исчерпали себя [1].

Для большего понимания проблемы возникновения пожаров отметим, что причинами возгораний и пожаров чаще всего становятся:

несоблюдение мер и правил пожарной безопасности, неосторожное обращение с огнем, неисправность технологического оборудования, электрооборудования и электроустановок, а также и электрических сетей, проведение сварочных работ и многие другие. Отдельно следует отметить возможную неисправность стационарных и первичных средств обнаружения и тушения пожара.

Разрабатывая интеллектуальную систему обнаружения задымлений, следует отметить, что в ее составе должны присутствовать средства видеонаблюдения – видеокамеры и/или IP-камеры, оптические датчики дыма, которые и будут основными датчиками обнаружения задымлений [2–6]. При этом эффективность обычных оптических датчиков не всегда высока. Вместе с тем к традиционным видам датчиков [7] – тепловым, дымовым, датчикам пламени, газовым, а также комбинированным извещателям, которые являются проводными датчиками, – следует добавить и беспроводные.

Преимущества беспроводных датчиков и беспроводных сетей очевидны: их можно располагать практически в любых труднодоступных местах и они не требуют подведения питания.

В дальнейшем, на начальном этапе исследования следует определиться, с одной стороны, с выбором технологии видеонаблюдения, которая обеспечит наибольшую достоверность обнаружения задымлений, а с другой стороны, определиться с применяемой беспроводной технологией.

Практически, на наш взгляд, следует рассмотреть использование беспроводных сенсорных сетей по технологиям Zigbee, Z-wave, Insteon, Tread и ряда других. Отметим, что для технологии Zigbee разработаны датчики газа и дыма, а также освещенности. Технология относится к сетям WPAN.

Итак, интеллектуальная система обнаружения задымлений может содержать видеоподсистему и подсистему датчиков, прежде всего, беспроводных (с возможностью использования стандартных проводных датчиков).

Наибольшее, превалирующее внимание в ходе исследования потребуется уделить разработке алгоритмов видеофиксации задымлений, поскольку обнаружение задымлений может происходить в различных условиях: недостаточной освещенности или полного затемнения,

влияния погодных факторов, например, тумана, когда речь идет об использовании системы на открытых пространствах. При этом можно рассматривать возможности использования нейронных сетей для начального или постоянного обучения видеоподсистемы. Разработанные алгоритмы должны реализовывать высокую вероятность обнаружения задымлений и обладать высокой скоростью работы. Предположительно также использование дронов для видеофиксации задымлений, для видеокамер, в которых могут использоваться разработанные алгоритмы.

При необходимости могут быть решены вопросы алгоритмизации работы всей системы в целом, то есть взаимодействия видеоподсистемы и подсистемы датчиков. Необходимо произвести моделирование интеллектуальной системы для проверки предложенных алгоритмических и, возможно, аппаратных решений. Также следует сформулировать практические рекомендации по использованию полученных в исследовании подходов для систем пожарной сигнализации.

ВЫВОДЫ

Обоснован выбор задымления как явной индикации начинающегося пожара. Определен состав интеллектуальной системы обнаружения задымлений, включающий средства видеонаблюдения и видеоаналитики, а также традиционные пожарные датчики. Обосновано применение беспроводных датчиков и поддерживающих их беспроводных сетей. Подчеркнута важность разработки алгоритмов видеофиксации задымлений.

Список источников

1. Пятаев А. В. Исследование методов и разработка алгоритмов обнаружения дыма на открытых пространствах по видеопоследовательностям : монография. Красноярск : СФУ, 2017. 166 с.
2. Фаворская М. Н., Зотин А. Г., Пахирка А. И. Метод улучшения цветных изображений на основе выравнивания спектральных диапазонов и коррекции контрастности // Механика, управление и информатика. 2012. № 8. С. 99–103.
3. Заливин А. Н., Балабанова Н. С. Обнаружение движущихся объектов методом вычитания фона с использованием смеси

- гауссовых распределений // Автоматизированные технологии и производства. 2016. № 3. С. 29–32.
4. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
 5. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
 6. Система видеомониторинга для обнаружения лесного пожара в районе промышленного предприятия // Neftegaz.ru : сайт. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/527122-sistema-videomonitoringa-dlya-obnaruzheniya-lesnogo-pozhara-v-rayone-promyshlennogo-predpriyatiya/> (дата обращения: 28.03.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
 7. Аспирационная система раннего обнаружения дыма Titanus // Neftegaz.ru : сайт. URL: <https://ru.wagnergroup.com/ru/sistemy/sistema-rannego-obnaruzhenija-dyma-titanusr.html> (дата обращения: 02.04.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.

АРСЕНИД-ГАЛЛИЕВЫЙ ВХОДНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ КАСКАД КЛАССА АВ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ

ПРОКОПЕНКО Николай Николаевич,

доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Информационные системы и радиотехника»
Донской государственный технический университет
344003, Россия, Ростов-на-Дону, prokopenko@sssu.ru

ЧУМАКОВ Владислав Евгеньевич, аспирант

Донской государственный технический университет
344003, Россия, Ростов-на-Дону, chumakov.dssa@mail.ru

КЛЕЙМЕНКИН Дмитрий Владимирович, магистрант

Донской государственный технический университет
344003, Россия, Ростов-на-Дону, K-Dima-01@mail.ru

КУНЦ Алексей Вадимович, аспирант

Институт ядерных проблем
Белорусского государственного университета
220030, Белоруссия, Минск

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
220013, Белоруссия, Минск, alexeykunts97@gmail.com

Аннотация. Разработан и исследован схмотехнический прием построения входного дифференциального каскада (ДК), обеспечивающий ускоренную перезарядку емкости корректирующего конденсатора в быстродействующем операционном усилителе (ОУ). Рассмотренная схмотехника ДК относится к классу модифицированных «перегнутых» каскодов, отличающихся повышенной эффективностью использования напряжений питания и ориентирована на совмещенные GaAs технологические процессы, обеспечивающие изготовление JFET с n-каналом и биполярных р-п-р-транзисторов. При этом за счет работы ДК в режиме класса АВ форсируются процессы перезаряда интегрирующего конденсатора ОУ, который обеспечивает заданный запас

устойчивости по фазе. Это существенно повышает максимальную скорость нарастания выходного напряжения ОУ в режиме большого сигнала. Приведены результаты компьютерного моделирования проходной характеристики ДК на GaAs JFET и GaAs BJT-транзисторах в среде LTSpice. Благодаря высокой симметрии статического режима доминирующих транзисторов в рассматриваемом ДК и ОУ на его основе реализуются малые значения систематической составляющей напряжения смещения нуля. В связи с наличием нескольких высокоимпедансных узлов предлагаемый ОУ имеет повышенный коэффициент усиления по напряжению (более 120 дБ), что достаточно для многих применений в устройствах автоматики, радиотехники и связи.

Ключевые слова: GaAs JFET-транзисторы, GaAs BJT-транзисторы, дифференциальный каскад, быстродействующий ОУ, максимальная скорость нарастания выходного напряжения, перегнутый каскод.

GALLIUM ARSENIDE INPUT DIFFERENTIAL STAGE OF CLASS AB OF A FAST OPERATIONAL AMPLIFIER

PROKOPENKO Nikolay Nikolaevich,

doctor of technical sciences, professor, head of the department
of «Information systems and radio engineering»

Don State Technical University

344003, Russia, Rostov-on-Don, prokopenko@sssru

CHUMAKOV Vladislav Evgenyevich, PhD student

Don State Technical University

344003, Russia, Rostov-on-Don, chumakov.dssa@mail.ru

KLEIMENKIN Dmitriy Vladimirovich, master's student

Don State Technical University

344003, Russia, Rostov-on-Don, K-Dima-01@mail.ru

KUNTS Aliaksei Vadimovich, PhD student

Institute for Nuclear Problems BSU

220030, Belarus, Minsk

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

220013, Belarus, Minsk, alexeykunts97@gmail.com

Abstract. A circuit technique for constructing an input differential stage (DS) has been developed and studied, which provides accelerated recharging of the capac-

itance of the correction capacitor in a high-speed operational amplifier (Op-Amp). The considered DS circuitry belongs to the class of modified “folded” cascodes, which are characterized by increased efficiency in the use of supply voltages, and are focused on combined GaAs technological processes that ensure the manufacture of n-channel JFETs and bipolar p-n-p transistors. At the same time, due to the operation of the DS in the class AB mode, the processes of recharging the op-amp integrating capacitor are forced, which provides a given phase stability margin. This significantly increases the maximum slew rate of the op-amp output voltage in the large signal mode. The results of computer simulation of the pass-through characteristics of DS based on GaAs JFET and GaAs BJT transistors in the LTSpice environment are presented. Due to the high symmetry of the static mode of the dominant transistors in the DC under consideration and the op-amp based on it, small values of the systematic component of the zero bias voltage are realized. Due to the presence of several high-impedance nodes, the proposed op-amp has an increased voltage gain (more than 120 dB), which is sufficient for many applications in automation, radio engineering and communication devices.

Keywords: GaAs JFET-transistors, GaAs BJT-transistors, differential stage, high-speed Op-Amp, maximum output voltage slew rate, folded cascode.

ВВЕДЕНИЕ

В современной радиоэлектронной аппаратуре находят применение операционные усилители (ОУ) с входным дифференциальным каскадом на полевых и биполярных транзисторах, выполненные на базе так называемого перегнутого каскода [1–11]. Основными достоинствами такого построения ОУ являются расширенный частотный диапазон и эффективное использование напряжений питания.

В современной российской и зарубежной микроэлектронике уделяется повышенное внимание арсенид-галлиевым микросхемам [12], которые относятся к числу наиболее актуальных в задачах космического приборостроения. Однако особенности арсенид-галлиевых технологических процессов накладывают существенные ограничения на типы реализуемых транзисторов и их характеристики [13, 14]. Так, например, арсенид-галлиевый технологический процесс, разрабатываемый Минским научно-исследовательским институтом радиоматериалов (<https://mniirm.by/>), ориентирован на изготовление аналоговых схем, содержащих только полевые GaAs-транзисторы с управляющим p-n-переходом (n-канал) и биполярные GaAs p-n-p-транзисторы. Применение других полупроводниковых приборов не допускается.

Это накладывает существенные ограничения на схемотехнику микроэлектронных аналоговых устройств, ориентированных на данный технологический процесс.

Существенный недостаток классического дифференциального каскада [2] состоит в том, что при его реализации на JFET GaAs полевых транзисторах с n-каналом и p-n-p GaAs биполярных транзисторах он не работает в режиме класса АВ. Это не позволяет выполнять на его основе схемы быстродействующих операционных усилителей, в которых эффект повышения SR достигается за счет применения ДК класса АВ. В этом семействе ОУ

$$SR = \frac{I_{\max}}{C_k}, \quad (1)$$

где $I_{\max}$ – максимальный выходной импульсный ток входного ДК, перезаряжающий интегрирующую емкость коррекции C_k во время переходного процесса. В энергоэкономичных ОУ должно выполняться неравенство

$$I_p \ll I_{\max}, \quad (2)$$

где I_p – статический ток, потребляемый ОУ от источников питания.

Неравенство (2) накладывает существенные ограничения на схемотехнику входного ДК.

Цель и новизна статьи состоит в исследовании входного ДК класса АВ на GaAs JFET и GaAs BJT-транзисторах, обеспечивающего ускоренный процесс перезарядки емкости корректирующего конденсатора ОУ и повышение его быстродействия в режиме большого сигнала.

ОСОБЕННОСТИ СХЕМОТЕХНИКИ ПРЕДЛАГАЕМОГО ДК КЛАССА АВ

На рис. 1 показана схема дифференциального каскада [15] на JFET GaAs полевых транзисторах с n-каналом и p-n-p GaAs биполярных транзисторах класса АВ.

Динамической нагрузкой входного параллельно-балансного усилителя на транзисторах VT1 и VT2 являются источники опорного тока на транзисторах VT3 и VT4. За счет введения отрицательной обратной связи по синфазному сигналу в схеме обеспечивается симметричный статический режим. В общем случае ДК на рис. 1 может иметь два выхода (Вых. i1, Вых. i2), согласованных с отрицательной шиной источника питания, и два токовых выхода (Вых. i3, Вых. i4), согласованных с положительной шиной источника питания. К данным выходам

могут подключаться токовые зеркала промежуточного каскада ОУ (рис. 2).

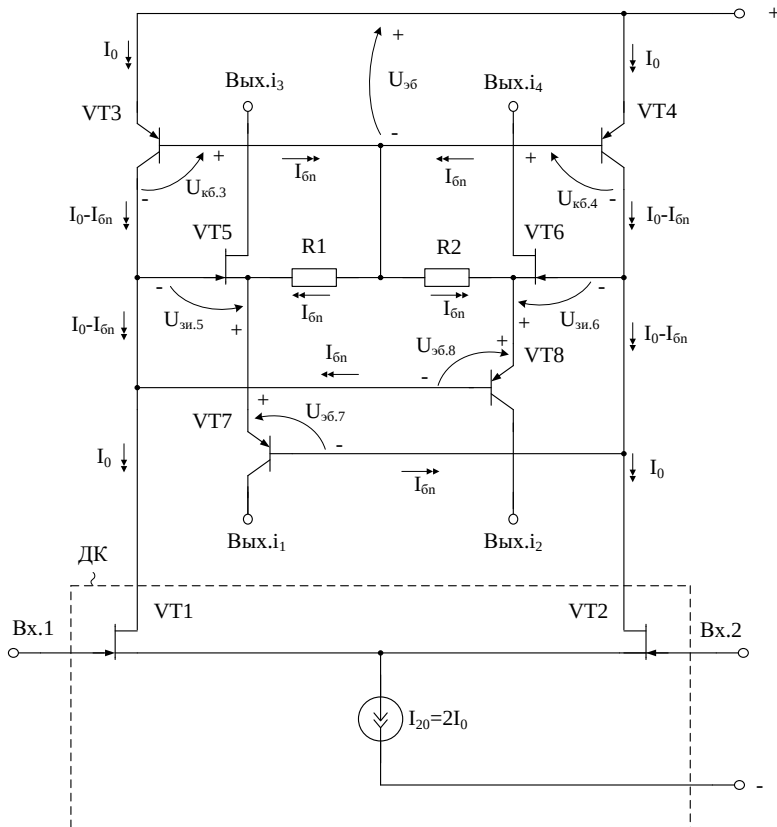


Рис. 1. Схема GaAs дифференциального каскада класса АВ [15]

На рис. 2 приведен пример включения предлагаемого ДК в структуре быстродействующего ОУ.

Особенность схемы на рис. 1 состоит в том, что она обеспечивает по токовым выходам режим класса АВ, при котором максимальные выходные токи ДК $I_{\text{вых.мах}}$ существенно превышают их статические значения $I_{\text{вых.0}}$. В известных ДК на «перегнутых» каскадах такой режим не реализуется.

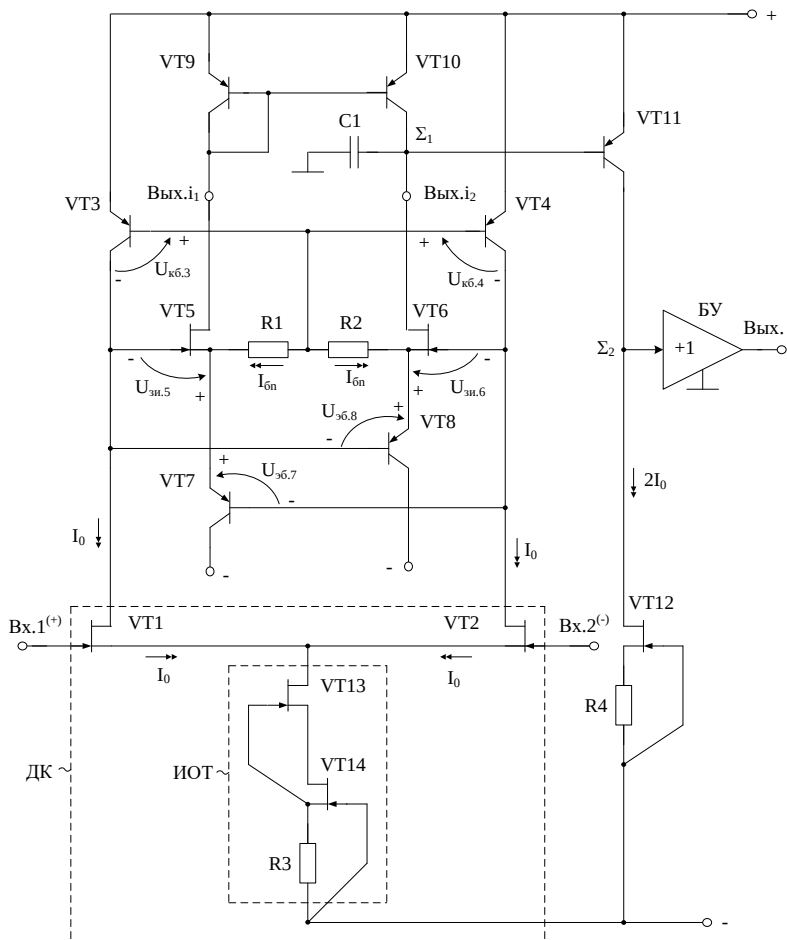


Рис. 2. Пример включения предлагаемого ДК в структуре быстродействующего ОУ

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

На рис. 3 представлен статический режим ДК рис. 1 на GaAs JFET и ВЛТ-транзисторах в среде LTSpice при $t = 27^\circ\text{C}$, источнике опорного тока $I_1 = 200$ мкА, резисторах $R_1 = R_2 = 20$ кОм, $R_{n1} = R_{n2} = 1$ Ом, на напряжениях питания $V_1 = V_2 = \pm 5$ В.

Графики зависимости выходных токов ДК на рис. 3 от входного дифференциального напряжения показаны на рис. 4.

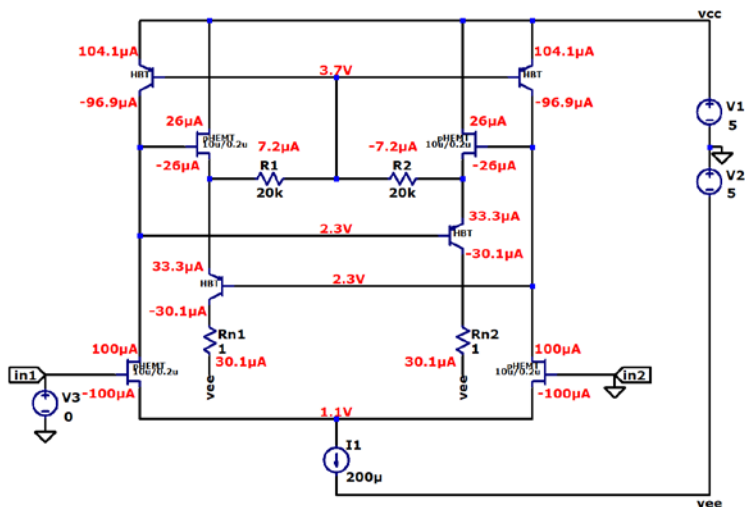


Рис. 3. Статический режим ДК на рис. 1

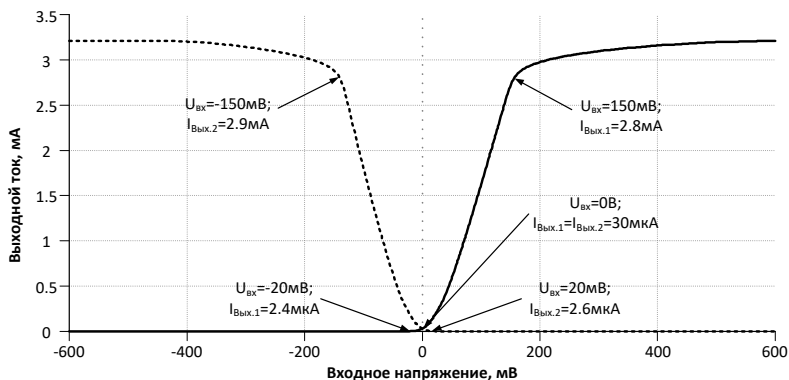


Рис. 4. Зависимость выходных токов ДК на рис. 3 от входного дифференциального напряжения

Анализ графиков на рис. 4 показывает, что в рассматриваемом ДК отношение максимальных выходных токов к их статическим значениям достигает двух порядков. Это позволяет обеспечить построение энергоэкономичных микросхем ОУ.

На рис. 5 приведен статический режим предлагаемого входного дифференциального каскада класса АВ в структуре быстродействующего

операционного усилителя на GaAs-транзисторах при $R1 \div R2 = 20 \text{ кОм}$, $R3 \div R4 = 2 \text{ кОм}$, $C1 = 5 \text{ нФ}$, $C2 = 8 \text{ пФ}$, $V_{CC} = +10 \text{ В}$, $V_{EE} = -10 \text{ В}$.

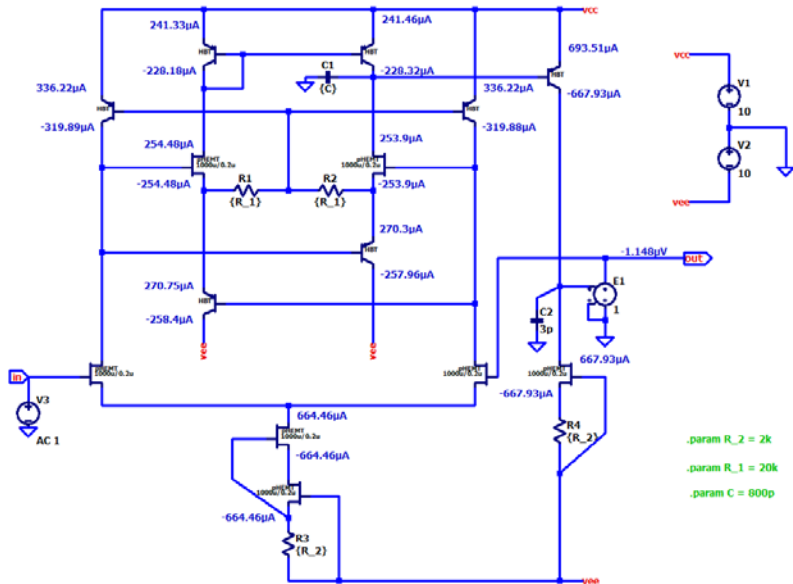


Рис. 5. Статический режим GaAs операционного усилителя

В связи с наличием трех высокоимпедансных узлов рассматриваемый ОУ на рис. 5 имеет повышенный коэффициент усиления по напряжению (более 120 дБ). При этом систематическая составляющая напряжения смещения нуля (без учета разброса параметров элементов) близка к 1 мкВ.

На рис. 6 представлены результаты моделирования амплитудно-частотной характеристики коэффициента усиления ОУ рис. 5 в среде LTspice на моделях GaAs-транзисторов Минского НИИ радиоматериалов.

Таким образом, анализ проходной характеристики ДК на рис. 3, представленной на графике (рис. 4), показывает, что рассматриваемая схема работает в режиме класса АВ – ее максимальный выходной ток $I_{\text{вых. max}}$ значительно превышает статические выходные токи $I_{\text{вых. 0}}$, причем это отношение близко к двум порядкам:

$$N_c = \frac{I_{\text{вых.мах}}}{I_{\text{вых.0}}} = 93,3, \quad (3)$$

где $I_{\text{вых.мах}} = 2,8 \text{ мА}$, $I_{\text{вых.0}} = 30 \text{ мкА}$.

При этом анализ статического режима и ЛАЧХ входного дифференциального каскада класса АВ в структуре быстродействующего ОУ на GaAs-транзисторах (рис. 5, 6) показал, что такой схемотехнический прием позволяет обеспечить малое значение систематической составляющей напряжения смещения нуля ($U_{\text{см}} = 1.49 \text{ мкВ}$), а также повышенный коэффициент усиления ($K_y = 123.14 \text{ дБ}$).

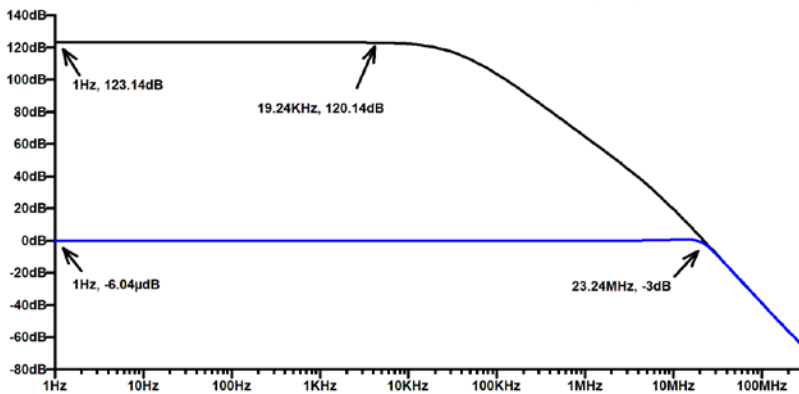


Рис. 6. Результаты моделирования амплитудно-частотной характеристики коэффициента усиления ОУ на рис. 5 в среде LTspice

ВЫВОДЫ

Выполненное исследование и компьютерное моделирование подтверждают, что предлагаемый метод построения GaAs входного ДК, схемотехника которого адаптирована на применение в широком диапазоне температур и воздействия проникающей радиации [12], имеет существенные достоинства в сравнении с классическим вариантом построения ДК [2] при его реализации в рамках арсенид-галлиевого технологического процесса, обеспечивающего создание только полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом и биполярных р-п-р-транзисторов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект No. 22-29-00637).

Список источников

1. Патент № 2321159 Российская Федерация, МПК8 H03F 3/45. Каскодный дифференциальный усилитель : № 2006135704/09 ; заявл. 09.10.2006 ; опубл. 27.03.2008, Бюл. № 9 / Прокопенко Н. Н., Крюков С. В., Хорунжий А. В., заявитель ЮРГУЭС, fig.3, fig. 5.
2. Patent № US 6529076B2. Fast Saturation Recovery Operational Amplifier Input Stage / Escobar-Bowser, Priscilla Mar. 04, 2003, fig. 1
3. Patent № US 7714656B2. LEE, Hyunjoong. Operational Amplifier. May 11, 2010, fig. 3
4. Патент № 2354041 Российская Федерация, МПК8 H03F 3/45. Каскодный дифференциальный усилитель : № 2008108873/09 ; заявл. 06.03.2008 ; опубл. 27.04.2009, Бюл. № 12 / Прокопенко Н. Н., Манжула В. Г., Хорунжий А. В.; заявитель ЮРГУЭС
5. Patent № US 7411451B2. Alenin, Sergey V., Henry Surtihadi. Class AB Folded Cascode Stage and Method for Low Noise, Low Power, Low-Offset Operational Amplifier. Aug. 12, 2008, fig. 5
6. Patent № US 6788143B1. Chen, Sean S. Cascode stage for an operational amplifier. Sep. 7, 2004.
7. Patent № US 7215200B1. Hauser, Max Wolff. High-linearity differential amplifier with flexible common-mode range. May 8, 2007, fig. 6.
8. Patent № US 8604878B2. Lin, Po-Chuan. Folded Cascode Amplifier with an Enhanced Slew Rate. Dec. 10, 2013, fig. 2 (в ОУ)
9. Patent № US 7453319B2. Gupta, Amit Kumar, Multi-Path Common Mode Feedback for High Speed Multi-Stage Amplifiers. Nov. 18, 2008, fig. 1.
10. Patent Application № US 20090079503A1. Welty, Mark Benjamin. Overload Recovery Circuit for Folded Cascode Amplifiers. Mar. 26, 2009, fig. 1a
11. Patent Application № US 20080129383A1. Kurihara, Shinji. Differential Amplifier Circuit. Jun. 5, 2008, fig. 1.
12. Арсенид-галлиевый аналоговый базовый кристалл / Дворников О. В., Павлючик А. А., Прокопенко Н. Н., Чеховский В. А.,

- Кунц А. В., Чумаков В. Е. DOI 10.31114/2078-7707-2021-2-47-54 // Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем (МЭС). 2021. Выпуск 2. С. 47–54.
13. W. Liu, D. Hill, D. Costa and J. S. Harris. High-performance microwave AlGaAs-InGaAs Pnp HBT with high-DC current gain. DOI 10.1109/75.153604 // IEEE Microwave and Guided Wave Letters, vol. 2, no. 8, Aug. 1992, PP. 331–333.
14. K. W. Kobayashi, D. K. Umemoto, J. R. Velebir, D. C. Streit and A. K. Oki. Integrated complementary HBT microwave push-pull and Darlington amplifiers with PNP active loads. DOI: 10.1109/GAAS.1992.247281 // GaAs IC Symposium Technical Digest. 1992. PP. 313–316.
15. Патент № 2786943 Российская Федерация, МПК H03F 3/45. Арсенид-галлиевый входной дифференциальный каскад класса АВ быстродействующего операционного усилителя : № 2022108987 ; заявл. 05.04.2022 : опубл. 26.12.2022, Бюл. № 36 / Прокопенко Н. Н., Чумаков В. Е., Клейменкин Д. В., Кунц А. В. ; заявитель ДГТУ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОКАМЕР ДЛЯ СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ

РАДАЙКИН Александр Валерьевич, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, zmeifz@gmail.com*

КОПАТЬ Дмитрий Ярославович, магистрант

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
230023, Республика Беларусь, Гродно, dk80396@mail.ru*

Аннотация. Показана возможность использования для скрытой передачи информации в оптическом диапазоне. Передаваемая информация может носить не только визуальный характер и быть закодирована. Описано использование метода передачи информации от удаленного датчика, находящегося в кадре камеры, путем модуляции одного или нескольких пикселей в изображении датчика.

Ключевые слова: видеочамера, оптический диапазон, передача данных, удаленный датчик, модуляция пикселей, беспроводная передача информации, цифровой код.

USING VIDEO CAMERAS FOR HIDDEN DATA TRANSMISSION IN THE OPTICAL RANGE

RADAYKIN Alexander Valeryevich, PhD student

*Volga Region State University of Service
440517, Russia, Togliatty, zmeifz@gmail.com*

KOPAT Dmitry Yaroslavovich, master-student

*Yanka Kupala State University of Grodno
230023, Belarus, Grodno, dk80396@mail.ru*

Abstract. The possibility of using it for hidden transmission of information in the optical range is shown. The transmitted information can be not only visual in nature and can be encoded. The use of the method of transmitting information from

a remote sensor located in the camera frame by modulating one or more pixels in the sensor image is described. The possibility of using it for hidden transmission of information in the optical range is shown. The transmitted information can be not only visual in nature and can be encoded. The use of the method of transmitting information from a remote sensor located in the camera frame by modulating one or more pixels in the sensor image is described.

Keywords: video camera, optical range, data transmission, remote sensor, pixel modulation, wireless information transmission, digital code.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире широко применяются средства видеонаблюдения и машинного зрения. Это могут быть камеры наружного наблюдения, веб-камеры для трансляций в Интернете, портативные видеокамеры, камеры, встроенные в гаджеты, специальные камеры, работающие в разных скоростных режимах, а также в разных диапазонах воспринимаемого спектра излучения. В настоящее время происходит активное снижение стоимости датчиков изображений и микропроцессоров видеокамер с расширением их возможностей. Во многих случаях камеры способны не только передавать видеоинформацию, но и производить ее обработку. Область компьютерного зрения, предназначенная для автоматизированного ввода и обработки данных с помощью видеокамер, называется видеоаналитикой [1].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОКАМЕР ДЛЯ СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

К настоящему моменту сложились традиционные направления видеоаналитики, такие как распознавание номеров автомобилей, обнаружение лиц в кадре или прослеживание движущихся объектов. Однако множество других направлений находятся пока в начальной стадии развития, хотя могут найти применение в производстве, на транспорте, в научных исследованиях или для специальных (военных) целей.

В рамках предполагаемого исследования рассматривается одно из таких только формирующихся направлений видеоаналитики – использование видеокамер для ввода дополнительной информации, передаваемой в оптическом диапазоне некоторым передающим устройством [2]. Видеоряд является трехмерным массивом, что позволяет использовать его для передачи очень большого потока информации. Причем данная информация может носить не только визуальный характер. Мало того,

что информация может быть закодирована, так и сам факт передачи информации может быть скрыт от стороннего наблюдателя. В случае скрытия факта передачи такая передача обычно называется стеганографической. Ясно, что способы скрытой передачи информации интересуют в первую очередь разработчиков систем специального назначения или систем, связанных с передачей конфиденциальных данных [3–5].

Передаваемые данные поступают с удаленного объекта и представляют собой цифровой код, несущий некоторую информацию о состоянии объекта и сформированный некоторым источником данных (датчиком). Самым простым способом передачи данных является проводное (кабельное) соединение датчика с анализирующей системой кабелем. Однако это не всегда возможно, например, в силу удаленности объекта, рельефа местности или других причин [6–10].

Передача данных беспроводным способом по радиоканалу может быть связана со своими трудностями, например: приобретение прав на использование какого-либо лицензируемого диапазона частот фактически раскрывает намерения его использования, что осложняет скрытую передачу; передача в нелицензируемом радиодиапазоне нежелательна, так как в нем много помех от одновременно работающих и никак не контролируемых устройств; дальности действия стандартных нелицензируемых радиотехнологий, таких как ZigBee, BlueTooth может не хватать, а использование направленных систем увеличивает габариты системы, что может быть недопустимо; при излучении на значительные расстояния радиочастотные передатчики обладают значительным энергопотреблением.

Поэтому для некоторых практически важных случаев представляет интерес разработка и исследование других способов беспроводной передачи информации, не использующих радиоволны. Проведенный поиск и обзор некоторых аналогичных работ показывают, что в данный момент оптические способы передачи находятся в стадии разработки и исследования [11, 12].

В связи со сказанным целью исследования является разработка метода ввода и обработки видеоинформации для скрытой передачи данных.

В этом методе информация от удаленного датчика, находящегося в кадре камеры, передается путем модуляции яркости одного

или нескольких элементов изображения (пикселей), входящих в изображение датчика.

В ходе исследования предположительно решение следующих задач: изучение источников и анализ возникающих проблем в предлагаемом направлении исследований, анализ элементной базы и определение диапазонов влияющих параметров элементов, исследование достижимых параметров канала ввода, разработку и исследование алгоритмов автоматической подстройки канала ввода под условия освещения.

ВЫВОДЫ

Рассмотрено использование видеокамер для ввода дополнительной информации, передаваемой в оптическом диапазоне некоторым передающим устройством. Показано, что передаваемая информация может носить не только визуальный характер, быть большой по объему, скрытой от стороннего наблюдателя и закодированной.

Список источников

1. Анштедт Торстен, Келлер Иво, Лутц Харальд. Видеаналитика. Мифы и реальность. Москва : Security Focus, 2022. 186 с.
2. Техника скрытой передачи данных через изменение яркости LCD-экрана // Opennet.ru : сайт. URL: <https://www.opennet.ru/opennews/art.shtml?num=52323> (дата обращения: 04.03.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Шипулин П. М., Козин В. В., Шниперов А. Н. Метод организации скрытого канала передачи информации на основе протокола потоковой передачи данных // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т. 18, № 5. С. 834–842.
4. Gutierrez-Cardenas J. M. Steganography and data loss prevention: an overlooked risk? The electronic version of the article DOI:10.14257/ijisia.2017.11.4.06 // International Journal of Security and Its Applications. 2017. Vol 11, No 4. PP. 71–84. URL: http://article.nadiapub.com/IJSIA/vol11_no4/6.pdf (дата обращения: 13.04.2023). Доступна на сайте ResearchGate.
5. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Квазиоптимальная дискретная демодуляция сигналов на фоне коррелированных

- негауссовских флюктуационных мультипликативных помех // Радиотехника. 2016. № 6. С. 106–112.
6. Воловач В. И. Реализация оптимальной структуры обнаружения радиотехнических устройств охранной сигнализации // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2009. Т. 5, № 2. С. 43–49.
 7. Воловач В. И. Характеристики обнаружения радиотехнических устройств охраны и повышение эффективности их работы посредством адаптации к изменяющейся помеховой обстановке // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2011. Т. 7, № 3. С. 25–31.
 8. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Оценка погрешности измерения скалярного информационного параметра движущегося протяженного объекта на фоне аддитивных негауссовских помех // Журнал радиоэлектроники. 2015. № 1, С. 4.
 9. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
 10. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
 11. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Анализ параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от движущегося протяженного объекта // Журнал радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 5
 12. Janicki A., Karas M., Mazurczyk W., Szczypiorski K. YouSkyde: information hiding for Skype video traffic The electronic version of the article DOI: 10.1007/s11042-015-2740-0 // Multimedia Tools and Applications. 2016. Vol 75, No 21. PP. 13521–13540. URL: https://www.researchgate.net/publication/282831182_YouSkyde_information_hiding_for_Skype_video_traffic (дата обращения: 13.04.2023). Доступна на сайте ResearchGate.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК НОВЫХ СТАНДАРТОВ IEEE 802.11

РОСЛЯКОВ Александр Владимирович, доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой сетей и систем связи

Поволжский государственный университет

телекоммуникаций и информатики

443010, Россия, Самара, arosl@mail.ru

УРАЗОВА Оксана Владимировна, бакалавр

Поволжский государственный университет

телекоммуникаций и информатики

443010, Россия, Самара, urazova.oksana2017@yandex.ru

ГРУНИНА Ирина Анатольевна, бакалавр

Поволжский государственный университет

телекоммуникаций и информатики

443010, Россия, Самара, gruninairiska@gmail.com

Аннотация. По мере развития стандартов IEEE 802.11 важно знать характеристики и функции, которыми обладает каждый из новых стандартов, чтобы понять, чем они отличаются от своих предшественников. В этой статье будет представлен сравнительный анализ различных функций и характеристик последних стандартов IEEE 802.11. Кроме того, в этом анализе также будет изучено, как эти новые технологии могут повлиять на работу пользователей с беспроводными сетями и связанные с ними варианты использования.

Ключевые слова: анализ, Wi-Fi, технологии, IEEE 802.11, безопасность, эффективность, стандарты, скорость, частота, беспроводные сети.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE NEW IEEE 802.11 STANDARDS

ROSLYAKOV Alexander Vladimirovich, doctor of technical sciences,
professor, head of the department of networks and communication systems

Volga Region State University of Telecommunications and Informatics

443010, Russia, Samara, arosl@mail.ru

URAZOVA Oksana Vladimirovna, bachelor

Volga Region State University of Telecommunications and Informatics
443010, Russia, Samara, urazova.oksana2017@yandex.ru

GRUNINA Irina Anatolevna, bachelor

Volga Region State University of Telecommunications and Informatics
443010, Russia, Samara, gruninairiska@gmail.com

Abstract. As IEEE 802.11 standards evolve, it is important to delve into the various characteristics and functions that each of the new standards has in order to understand how they differ from their predecessors. This article will present a comparative analysis of the various functions and characteristics of the latest IEEE 802.11 standards. In addition, this analysis will also explore how these new technologies can affect the user experience with wireless networks and related use cases.

Keywords: analysis, Wi-Fi, technologies, IEEE 802.11, security, efficiency, standards, speed, frequency, wireless networks.

ВВЕДЕНИЕ

В современном цифровом мире термин «Wi-Fi» часто является синонимом беспроводного доступа в Интернет. Однако неизвестный многим – это специфический товарный знак, принадлежащий Wi-Fi Alliance, группе, которая удостоверяет, что все продукты Wi-Fi соответствуют стандартам IEEE 802.11. Таким образом, существует множество стандартов Wi-Fi 802.11, которые ваши маршрутизаторы, ноутбуки, смартфоны и планшеты используют для подключения к Интернету [1–4].

IEEE 802.11 – это серия стандартов, описывающих технологии беспроводных сетей, которые мы обычно называем Wi-Fi. В настоящее время существует несколько различных стандартов IEEE 802.11, которые предназначены для разных скоростей передачи данных и частот.

Для сравнительного анализа характеристик новых стандартов IEEE 802.11 рассмотрим четыре наиболее популярных стандарта.

IEEE 802.11n, также известный как Wi-Fi 4, был стандартизован в 2009 году и стал первым стандартом Wi-Fi, который предоставлял возможность передачи данных со скоростью до 600 Мбит/с. Он является существенным улучшением по сравнению с предыдущими стандартами, такими как 802.11a/b/g [2].

IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5): этот стандарт был выпущен в 2013 году и предназначен для устройств, работающих на частоте 5 ГГц. Скорость передачи данных до 1,3 Гбит/с. Он также включает в себя технологии, такие как Multiple Input Multiple Output (MIMO), которые позволяют устройствам использовать несколько антенн для более стабильной передачи данных.

IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6): этот стандарт был выпущен в 2019 году и также предназначен для устройств, работающих на частоте 5 ГГц. Он увеличил скорость передачи данных до 9,6 Гбит/с и добавил новые технологии, такие как Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA), которая позволяет разделять канал на несколько подканалов для более эффективного использования спектра [3].

IEEE 802.11be (Wi-Fi 7): этот стандарт находится в разработке и ожидается его выпуск в 2024 году. Он будет работать на частоте 6 ГГц и предполагается, что его скорость передачи данных будет достигать 30 Гбит/с. Кроме того, он будет включать в себя новые технологии, такие как Multiple User Multiple Input Multiple Output (MU-MIMO), которая позволяет разным пользователям использовать несколько антенн одновременно [4].

В целом новые стандарты IEEE 802.11 имеют более высокую скорость передачи данных и применяют более эффективные методы использования спектра для улучшения производительности. Кроме того, они также включают в себя новые технологии, такие как MU-MIMO, которые улучшают качество соединения [5–7].

Еще одним важным аспектом новых стандартов IEEE 802.11 является улучшенная безопасность. Новые стандарты включают в себя более сильные методы шифрования, например WPA3, который обеспечивает более безопасную аутентификацию и защищенное соединение [8].

Кроме того, новые стандарты IEEE 802.11 также учитывают растущее количество устройств, подключаемых к беспроводным сетям. Они используют технологии, такие как MU-MIMO и OFDMA, чтобы обеспечить более эффективное использование спектра и справиться с большим количеством устройств, подключенных к сети [9, 10].

Наконец, новые стандарты IEEE 802.11 также имеют большую гибкость и возможность настройки. Они поддерживают различные

режимы работы, которые могут быть настроены в зависимости от конкретных требований сети и приложений.

В целом новые стандарты IEEE 802.11 предлагают значительные улучшения по сравнению с предыдущими стандартами. Они обеспечивают более высокую скорость передачи данных, более эффективное использование спектра, улучшенную безопасность и большую гибкость настройки, что позволяет им удовлетворять растущим требованиям к беспроводным сетям.

Еще одним важным аспектом новых стандартов IEEE 802.11 является улучшенная поддержка IoT-устройств и множественных приложений с различными требованиями к пропускной способности и задержке. Стандарт IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) включает в себя технологию Target Wake Time (TWT), которая позволяет IoT-устройствам оптимизировать свою работу в режиме ожидания, что значительно снижает их энергопотребление. Кроме того, стандарт IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) также предоставляет возможность настройки каналов с различной шириной полосы для поддержки разных приложений с различными требованиями к пропускной способности и задержке [3].

Также стоит отметить, что новые стандарты IEEE 802.11 имеют большую совместимость с предыдущими стандартами, что обеспечивает возможность постепенного обновления существующих сетей без необходимости полной замены оборудования. Например, устройства, поддерживающие стандарт IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5), могут работать с устройствами, поддерживающими более новый стандарт IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6), хотя и с меньшей производительностью.

В целом новые стандарты IEEE 802.11 представляют собой значительный прогресс в области беспроводных сетей, обеспечивая высокую скорость передачи данных, большую гибкость настройки, улучшенную безопасность и эффективность использования спектра.

ВЫВОДЫ

Подводя итог, следует отметить, что наиболее перспективным по своим техническим характеристикам в настоящее время и на ближайшую перспективу является стандарт IEEE 802.11n. На основе данного стандарта строятся беспроводные сети, которые отвечают большинству требований потребителей. Помимо этого, он наиболее распространен на сегодняшний день. Все эти факторы говорят

о потребности исследований данного стандарта и улучшении показателей его безопасности. Дальнейшие исследования будут направлены на поиски уязвимостей и определение путей их устранения.

Список источников

1. Wi-Fi // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi> (дата обращения: 13.04.2023).
2. IEEE 802.11ax // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ax (дата обращения: 13.04.2023).
3. IEEE 802.11be // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11be (дата обращения: 13.04.2023).
4. IEEE 802.11n // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n (дата обращения: 13.04.2023).
5. Викулов А. С. Разработка и исследование моделей и методов повышения эффективности сетей беспроводного доступа стандарта IEEE 802.11 : специальность 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» : дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук. Санкт-Петербург, 2019. 174 с.
6. Цокаев Б. С.-А., Албогачиева Л. П. Новый стандарт беспроводной связи WI-FI 6 (802.11AX) // Научные и междисциплинарные исследования. 2020. № 8–1. С. 104–106. Электрон. копия печ. изд. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-standart-besprovodnoy-svyazi-wi-fi-6-802-11ax> (дата обращения: 13.04.2023). Доступна на сайте КиберЛенинка.
7. Якушев И. С. Сравнительный анализ влияния параметров физического уровня на характеристики беспроводной сети стандарта IEEE 802.11. Текст: электронный // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2009. вып. 1. С. 57–65. Электрон. копия печ. изд. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-vliyaniya-parametrov-fizicheskogo-urovnya-na-harakteristiki-besprovodnoy-seti-standarta-ieee-802-11> (дата обращения: 13.04.2023). Доступна на сайте КиберЛенинка.

8. Фролов А. А., Литвинов И. В. Анализ системы радиодоступа WI-FI стандарта IEEE 802.11AX // Телекоммуникации и информационные технологии. 2021. № 2. С. 33–39.
9. Пролетарский А. В., Смирнова Е. А., Ромашкина Е. В. Технология современных беспроводных сетей Wi-Fi. Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2017. 448 с.
10. Khorov E., Levitsky I., Akyildiz I. F. Current Status and Directions of IEEE 802.11be, the Future Wi-Fi 7 // IEEE Access journal. IEEE. 2020. Vol. 8. P. 88664–88688.
11. Революционный Wi-Fi 6: как новый стандарт ускорит мир интернета вещей // TADVISER. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 13.04.2023).
12. Shin A. Первый взгляд на Wi-Fi 7 // TADVISER. URL: <https://www.tp-link.com/ru/blog/> (дата обращения: 13.04.2023).

РЕШЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ЛИНИЙ

РОСЛЯКОВ Александр Владимирович, доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой «Сети и системы связи»

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»*

443010, Россия, Самара, arosl@mail.ru

МАРЫКОВА Любовь Анатольевна,

доцент, доцент кафедры «Сети и системы связи»

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»*

443010, Россия, Самара, l.marykova@mail.ru

Аннотация. Статья представляет собой обзор современных технологий передачи данных, которые различаются по степени детализации услуг и типам портов, что приводит к сложной сетевой архитектуре, сложному межсетевому взаимодействию и неэффективным затратам на эксплуатацию и техническое обслуживание (O&M). Решение оптических транспортных сетей OTN (Optical Transport Network) следующего поколения наследуют преимущества технологий текущего поколения, позволяют внедрять инновационные услуги и предлагать доступные выделенные цифровые тракты с высокой пропускной способностью.

Ключевые слова: Optical Transport Network, MSTP/SDH, PON, L2/L3 VPN, Board-level OTN, OTN/WDM.

SOLUTIONS FOR OPTICAL TRANSPORT NETWORKS OF THE NEW GENERATIONS FOR LEASED LINES

ROSLYAKOV Alexander Vladimirovich, doctor of technical sciences,
professor, head of the department «Networks and communication systems»

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Volga State University of Telecommunications and Informatics»*

443010, Russia, Samara, arosl@mail.ru

MARYKOVA Lyubov Anatolyevna, associate professor, associate professor of the department «Networks and Communication Systems»
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Volga State University of Telecommunications and Informatics»
443010, Russia, Samara, l.marykova@mail.ru

Annotation. The article is an overview of modern data transmission technologies that vary in service granularity and port types, resulting in complex network architecture, complex interworking, and inefficient O&M costs. Next-generation OTN (Optical Transport Network) solutions inherit the benefits of current generation technologies, enable innovative services and offer affordable, high-bandwidth dedicated digital paths.

Keywords: Optical Transport Network, MSTP/SDH, PON, L2/L3 VPN, Board-level OTN, OTN/WDM.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение технологии 5G ускоряет цифровизацию отраслей экономики. Эти изменения касаются операционных и бизнес-моделей во всех отраслях экономики в сферах финансов, образования, медицины. Цифровизация, в свою очередь, повышает требования к выделенным сетевым линиям. Корпоративные клиенты заинтересованы в сетях с более высокой пропускной способностью и управляемыми сервисами. Решение поставленных задач предлагают оптические транспортные сети OTN (Optical Transport Network).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выделенная линия является частной телекоммуникационной цепью между двумя или более пунктами, предусмотренными в соответствии с коммерческим контрактом [1]. Иногда ее также называют частной цепью или линией передачи данных. Выделенные линии могут использоваться для телефона, Интернета или других услуг передачи данных. Основными факторами, влияющими на периодическую арендную плату, являются расстояние между конечными станциями и полоса пропускания канала. Поскольку соединение не обеспечивает связи со сторонними организациями, оператор связи может гарантировать определенный уровень качества.

Корпоративные клиенты заинтересованы в сетях с более высокой пропускной способностью и управляемыми сервисами.

Оптическая транспортная сеть OTN, также называемая технологией цифровой упаковки, – это протокол промышленного стандарта нового поколения, используемый как эффективный и общепринятый способ мультиплексирования различных услуг на оптических линиях связи [2]. На данном этапе большая часть сетевого трафика передается в пакетах, которые включают множество различных услуг и приложений по непредсказуемым маршрутам передачи с разными требованиями к емкости канала и скорости передачи данных. OTN прозрачно упаковывает полезную нагрузку в контейнер для передачи по оптическим сетям. При этом сохраняется исходная структура нагрузки, данные синхронизации и административная информация. Используя расширенные возможности мультиплексирования, в сетях OTN можно передавать в одном кадре транспортной единицы оптического канала различные типы трафика, включая Ethernet, трафик систем хранения данных, цифровое видео и SONET/ DHS. Доступный способ реализации запросов компаний является внедрение технологии OTN [3].

OTN предлагает целый ряд преимуществ:

- детерминизм: OTN выделяет определенную настраиваемую скорость передачи для каждой услуги, группы услуг или сегмента сети, гарантируя для каждого клиента определенную пропускную способность и производительность без конфликтов между одновременно работающими услугами или пользователями;
- виртуализированные сетевые операции: новые технологии виртуализации, такие как «Оптические виртуальные частные сети» (Optical Virtual Private Networks – O-VPN), позволяют предоставить клиенту выделенный набор сетевых ресурсов, не зависящий от остальной сети;
- гибкость: сети OTN предоставляют операторам возможность использовать необходимые технологии, позволяя адаптировать их в соответствии с требованиями бизнеса;
- безопасную модель: сети OTN обеспечивают высокий уровень конфиденциальности и безопасности путем жесткой разбивки трафика по выделенным цепям;
- надежность и простоту операций: административные данные сети OTN передаются по отдельному каналу, который полностью

изолирован от данных пользовательских приложений. Через интерфейсный порт клиенту сложно получить доступ к настройкам сети OTN.

Технология OTN поддерживает уровни сервиса (SLA). Обеспечение минимальной или даже нулевой задержки при передаче. Особенностью технологии OTN является контроль задержек. Это дает возможность использовать различные уровни сервиса и предотвращать негативное влияние на важные приложения. В технологии OTN control plane применяется маршрутизация с низкой задержкой. Если в сети происходят изменения или отказы, то соблюдаются уровни SLA.

Внедрению широкого спектра возможностей для пакетных сетей способствует технология коммутации – OTN switching. При этой технологии сервис становится более прозрачным, возможен сквозной мониторинг каналов, измерение задержек и маршрутизация с учетом задержек. Технология коммутации OTN switching поддерживает сети с пакетной передачей данных, которые требовательны к полосе пропускания.

Решения оптических транспортных сетей OTN (Optical Transport Network) открывают путь для технологий передачи следующего поколения [4]. OTN используют технологию гибких контейнеров с малой гранулярностью (flexible small-granularity containers) и предоставляют пользователям ресурсы с полосой пропускания по требованиям, которые обеспечивают высокое качество для выделенных линий. Наиболее эффективно внедрение OTN в крупных компаниях, где используются услуги с высокой степенью гранулярности (GE или выше).

Тем не менее большинство услуг на рынке требуют степень гранулярности менее 100 Мбит. В результате существующие технические решения являются сложными. Новые поколения OTN могут обеспечить меньшую гранулярность полосы пропускания, предлагая операторам большую гибкость и простоту. OTN нового поколения эффективно адаптируются к гибким требованиям рынка, поддерживая цифровую трансформацию государственных услуг и услуг для коммерческих пользователей, а также снижают цены на выделенные линии, делая их более доступными для пользователей.

По мере развития мобильных сетей следующего поколения 5G ускоряется конвергенция инфокоммуникаций и цифровой экономики [5].

Организации в таких отраслях, как финансы, госуслуги, здравоохранение и образование, меняют свои операционные и бизнес-модели. Крупные компании и государственные заказчики, которые предоставляют услуги пользователям и работают с важными приложениями, предъявляют повышенные требования к надежности и качеству выделенных линий.

В табл. 1 перечислены требования к выделенным линиям на основе обзоров рынка инфокоммуникаций, а также требования к приложениям, затратам на развертывание и технологии для каждого сегмента рынка инфокоммуникаций. Из табл. 1 следует, что корпоративные клиенты, использующие выделенные линии, отдают предпочтение качеству выделенных линий и дифференцированным соглашениям по уровню сервиса SLA (Service Level Agreement), стабильности и информационной безопасности сетей, гибким пакетам услуг, низким затратам и быстрому выходу услуг на рынок.

Для государственных заказчиков и компаний, работающих в сфере финансов и ценных бумаг, очень важна безопасность и надежность сетей связи. Некоторые клиенты требуют физической изоляции своих линий. Компании, работающие на рынке ценных бумаг, готовы вкладывать средства в высококачественные сети с низкими задержками. Например, чтобы уменьшить задержку с 4,6 мс до 0,63 мс, компании, торгующие фьючерсами, готовы платить цену, в восемь раз превышающую среднерыночную [1]. Напротив, малые и средние предприятия чувствительны к стоимости. Быстродействие, эластичная пропускная способность и функция онлайн-самообслуживания являются общими требованиями всех пользователей.

Недостатки технологий передачи данных текущего поколения

Технология MSTP/SDH: технология MSTP является модификацией RSTP (рис. 1). Данный протокол обеспечивает не только быструю конвергенцию, но и возможность создания отдельных путей передачи трафика разных VLAN, обеспечивая качественный механизм распределения нагрузки для перегруженных связей. Технология является надежной и хорошо проработанной. Но полоса пропускания варьируется от 2 Мбит/с до 622 Мбит/с, что не всегда удовлетворяет требованию необходимой пропускной способности, которую трудно расширить.

Таблица 1

Требования к выделенным линиям

От- расль	Сервисная модель	Требования к выде- ленной линии
Прави- тельст- венные органи- зации	Правительственные корпоративные веб-порталы: облачные технологии. Правительственные внутренние сети: передача данных, чувствительных к задержкам (видеоконференции, тренинги). Межоблачные соединения: синхронизация чувствительных данных, согласование соединений между городами и регионами во время правительственных мероприятий.	Высокая информа- ционная безопас- ность, высокая на- дежность, низкие задержки, полоса пропускания по тре- бованию.
Финан- совый сектор	Облачный доступ: частные линии для тради- ционных и инновационных услуг. Соединения между филиалами: соединение между головным офисом и филиалами, син- хронизация аккаунтов и транзакций. Межоблачные соединения: синхронизация данных между облаком головного офиса и облаками филиалов.	Высокая информа- ционная безопас- ность, высокая на- дежность, гаранти- рованная и гибкая полоса пропускания, низкие задержки.
Круп- ные компан- ии	Переход на облачные технологии: круглосу- точная доступность, восстановление и резер- вирование, большая полоса пропускания для всплесков трафика, низкие задержки. Соединения между филиалами: доступ к ин- формации для филиалов и головного офиса. Доступ к сети Internet: бесплатный доступ к Wi-Fi, видеонаблюдение. Межоблачные соединения: синхронизация данных между облаком головного офиса и облаками филиалов, синхронизация данных, согласование полосы пропускания и соедине- ний между облаками, периодическая синхро- низация между большими объемами данных.	Высокая информа- ционная безопас- ность, высокая на- дежность, гаранти- рованная и гибкая полоса пропускания, низкие задержки, управление сервиса- ми, сервис- провизионинг (ока- зание услуг).
Малый и сред- ний бизнес	Облачные технологии для HR, финансов, управления активами, настройка полосы пропускания по требованию, низкая стои- мость	Быстрый провизи- онинг, комплексное обслуживание, эконо- мическая эффек- тивность.

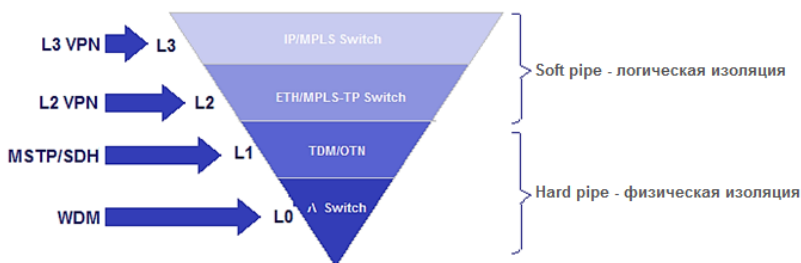


Рис. 1. Существующие технологии передачи

Технология PON: PON – это недорогая технология для организации выделенных линий. Ее недостатки в том, что полоса пропускания относительно не велика, и это не технология передачи «из конца в конец» или сквозное соединение E2E. Технология требует интеграции с другими технологиями в городских и магистральных сетях, чтобы обеспечить предоставление услуги выделенной линии.

Технология L2/L3 VPN: эта технология не обеспечивает широкую полосу пропускания для выделенной линии. Технологию применяют организации малого и среднего бизнеса, интернет-компании и другие учреждения, где используют услуги, не чувствительные к задержкам.

Технология OTN: имеет высокую надежность и пропускную способность. Она использует технологию передачи по выделенной линии связи блоков данных ODUk (Optical Data Unit-k) и больше подходит для крупных компаний.

Технология WDM: эта технология с высокой пропускной способностью обеспечивает прозрачную передачу информации и сверхнизкой задержкой. Она работает на уровне длин волн, которые изолированы друг от друга и могут масштабироваться отдельно. Технология создает высококачественные выделенные линии с высокой пропускной способностью.

Каждая из перечисленных технологий имеет свои особенности (степень детализации услуг и тип портов). Это значительно усложняет сетевую архитектуру и межсетевое взаимодействие [6]. Кроме того, линии OTN/WDM, имеющие пропускную способностью 100 Мбит/с и выше, имеют высокую стоимость. Снижает спрос на рынке значительная стоимость частных линий OTN/WDM с пропускной способностью 100 Мбит/с и выше. Выделенные линии высокого класса

с технологией фиксированных транспортных каналов (hard-pipe), низкой задержкой, высокой доступностью и безопасностью пользуются высоким спросом. Особенно они востребованы у государственных, финансовых заказчиков и крупных корпоративных клиентов. Малым и средним предприятиям также необходимо увеличить пропускную способность, но в конечном итоге они выбирают решения для частных линий с меньшей степенью гранулярности из-за высоких затрат. Для удовлетворения потребностей корпоративных клиентов инфраструктурные оптические сети эволюционируют к сетям передачи сервисов.

Технологии оптической передачи следующего поколения

Решения сетей передачи данных следующего поколения NGOTN (Next Generation OTN) наследуют преимущества технологии OTN/WDM и определяют меньшую степень гранулярности полосы пропускания, чтобы удовлетворить рыночный спрос на узкополосные, высококачественные и доступные выделенные линии. Это позволит воспользоваться услугой выделенных линий большему количеству клиентов различных отраслей [7].

Решение OTN следующего поколения использует упрощенную архитектуру: новый гибкий и эластичный контейнер (OSUflex), который может обеспечить пропускную способность от 2 Мбит/с по сравнению с традиционными 1,25 Гбит/с (ODU0). Таким образом, OTN следующего поколения подходят практически для любых сервисов, таких как SDH, PDH, ETH и Storage. OTN следующего поколения могут заменить несколько технологий передачи, уменьшая занимаемую площадь оборудования на 70 % и энергопотребление на 50 %, а также упрощают сетевую архитектуру, что дает возможность обеспечивать оптимальную стоимость оборудования при необходимом качестве обслуживания.

Управление срезами временного интервала на основе искусственного интеллекта AI (artificial intelligence) обеспечивает каналы с пропускной способностью, кратной 2 Мбит/с. Длина волны со скоростью 100 Гбит/с может поддерживать 1000 соединений, а одно волокно может реализовать 480 000 слайсов, увеличивая максимальное количество сервисных соединений в 12,5 раз. Все это позволяет OTN нового

поколения создать полностью оптическую инфраструктуру для современного цифрового мира.

OTN следующего поколения обладают сверхнизкой задержкой. Технология цветового выделения временных интервалов (тайм-слотов) обеспечивает точную адресацию. Это упрощает механизм маппинга и уменьшает задержку на каждом участке на 70 %. Целесообразно применение технологии OTN следующего поколения для сервисов чувствительных к задержкам [8]. В современных OTN задержка становится управляемой и гарантированной, позволяя сетевым операторам предоставлять пакеты услуг с различными уровнями задержки.

Регулировка пропускной способности является важной опцией OTN нового поколения. Встроенный усовершенствованный алгоритм OTN нового поколения способен регулировать пропускную способность от 2 Мбит/с до 100 Гбит/с без потерь, обеспечивая эффективное использование сетевых ресурсов. Кроме того, бизнес-модель «плати по мере роста» предлагает заказчикам большую гибкость и улучшенный контроль пропускной способности, экономя их средства.

Цифровая экономика может быть построена на фундаменте оптических сетей. OTN нового поколения получают широкое признание в отрасли инфокоммуникаций. Китайская ассоциация стандартов связи (CCSA) одобрила инвестиции в стандарт OTN следующего поколения. А уже в феврале 2020 года China Mobile и Huawei успешно завершили первый в отрасли пилотный проект OTN следующего поколения [1].

OTN следующего поколения востребованы в области передачи видео. Сочетание растущих скоростей, более низких цен и стремительного распространения гигабитной широкополосной связи привело к широкому коммерческому применению интерактивных видеослужб, таких как облачная виртуальная реальность. Оптические решения для передачи и доступа OLT + OTN гарантируют полное взаимодействие с пользователем. Благодаря высокой пропускной способности внедрение OTN-технологии в облачную виртуализацию обеспечивает малую задержку и отсутствие потерь пакетов.

OTN нового поколения являются неотъемлемой частью сетей 5G. По сравнению с 4G, 5G предлагает сверхвысокие скорости, большое число соединений и сверхнизкую задержку. Решения сетей оптической

передачи на основе IP поддерживает слои как на оптическом, так и на электрическом уровнях, стимулируя развитие услуг 5G.

В будущем производители OTN нового поколения будут продолжать создавать конкурентоспособные решения, а операторы с помощью этих решений будут внедрять инновационные сервисы и предлагать доступные выделенные высокопроизводительные линии.

Конвергенция оптических сетей и IP-сетей

В последние годы технология SDN/NFV (виртуализации сетевых функций (Network Functions Virtualization, NFV) и программно-конфигурируемые сети (Software Defined Network, SDN)) стали основной тенденцией развития сети следующего поколения. Важным условием применения технологии SDN в транспортных сетях является конвергенция IP-сетей и оптических сетей [4].

В существующих сетях транспортный уровень IP и транспортный уровень OTN не зависят друг от друга. Устройства на этих двух уровнях работают независимо друг от друга, и большинство устройств поставляются разными производителями оборудования. Не существует единой системы управления IP и OTN, а время создания и предоставления услуг является длительным, что снижает конкурентоспособность операторов. Такое взаимодействие обеспечивает технология SDN. SDN управляет устройствами IP и OTN через механизм оркестровки, позволяя быстро предоставить услуги в обход маршрутизаторов.

Для внедрения технологии SDN необходима поддержка новых технологий. Сеть OTN должна знать об изменениях в сетях IP. Во многих сценариях OTN реализует некоторые функции, выполняемые на IP-сетях, например, передача пакетов. В данных сценариях оборудование OTN имеет преимущества с точки зрения стоимости, энергопотребления и задержки.

В традиционных IP-сетях большой объем данных передается между маршрутизаторами ядра сети. Транспортный уровень, построенный на традиционном оборудовании OTN, не обеспечивает пакетные функции, а только предоставляет каналы большой емкости. Маршрутизаторы ядра сети обрабатывают большой объем данных, занимая большое количество ресурсов сети.

Для взаимодействия IP и оптической сети для организации оптических каналов между маршрутизаторами используют пакетные OTN. SDN осуществляет единое управление сетями IP и OTN. Пакетная OTN с использованием технологии MPLS-TP или L2 VPN создает обходной канал на оптическом транспортном уровне в соответствии с направлением потока пересылаемых данных. Большое количество данных передается через обходной канал. На маршрутизаторах ядра сети отсутствует переадресация, что позволяет пускать трафик в обход маршрутизаторов ядра сети (рис. 2). Это решение экономит ресурсы и снижает нагрузку маршрутизаторов, сводя к минимуму затраты на обслуживание ядра сети.



Рис. 2. Оптическая сеть с использованием пакетных OTN

Способы реализации пакетных OTN

Пакетные OTN делятся на два основных типа: децентрализованные OTN и централизованные пакетные OTN.

Децентрализованная OTN объединяет функции обработки пакетов на одном уровне [8]. Поскольку она не требует отдельного кросс-коммутационного оборудования и подходит для небольших сетей OTN, в основном применяется для уровня доступа. Возможности децентрализованной OTN по обработке услуг ограничены портом платы и пропускной способностью и не поддерживают коммутацию пакетов между платами.

Централизованная пакетная OTN обладает более мощными функциями, чем децентрализованная OTN. Централизованная пакетная OTN использует технологию универсальной коммутации транспортных блоков (кадров).

ВЫВОДЫ

Важнейшей функцией информационных технологий являются технологии распространения и передачи информации. Модернизация программной и технической составляющих приводит к развитию и сетевых технологий. Современные технологии передачи данных создают новые решения для оптимизации и поддержки, оптимальных бизнес-решений, инновационной защиты и более эффективного взаимодействия с заказчиками. Сети нового поколения станут основой для цифровизации экономики и платформой для развития всех без исключения отраслей – технологии 5G полностью изменят процесс производства и повседневную жизнь людей. В результате развития сетей связи появятся принципиально новые возможности и услуги.

Список источников

1. Оптическое транспортное решение Liquid OTN стимулирует рост популярности премиальных выделенных линий OTN // Искусственный интеллект и сквозные технологии : сетевой журн. 2020. URL: <https://www.comnews.ru/content/207920/2020-07-06/2020-w28/opticheskoe-transportnoe-reshenie-liquid-otn-stimuliruet-rost-populyarnosti-premialnykh-vydelennykh-linii-otn>. Дата публикации: 06.07.20.
2. Технология оптической транспортной сети OTN-ОТН. Термины, определения и обозначения OTN-ОТН / Е. Л. Еремеев [и др.] // Столыпинский вестник. 2022. №4. С. 1840–1849.
3. Положенцева Д. С. Обзор технологии оптической транспортной сети // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке : материалы конф. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС. 2018. Т. 2. С. 116–120.
4. Леготской Е. Технологии передачи данных: Сети OTN - Optical Transport Network : личный блог. URL: <https://evileg.com/ru/post/46/> (дата обращения: 07.09.15).
5. Богданова Е. Транспортная сеть 5G/IMT-2020 // ПЕРВАЯ МИЛЛЯ. Проводная связь. 2019. № 2. С. 40–47.
6. Какие трудности ждут сети 5G на предприятиях // CNews.ru : сайт. URL: https://www.cnews.ru/articles/2020-03-03_kakie_

trudnosti_zhdut_seti_5g_na_predpriyatiyah. Дата публикации: 03.03.2020.

7. Суходольская Т. А. Перспективы сценариев развития инфокоммуникационной инфраструктуры и областей использования 5G/IMT-2020 // Экономика и качество связи. 2021. №1. С. 20–28.
8. Деарт В. Ю., Фатхулин Т. Д. Анализ современного состояния транспортных сетей с целью внедрения технологии программно-конфигурируемых сетей (SDN) // T-Comm: телекоммуникации и транспорт. 2017. № 6. С. 4–9.
9. Портнов Э. Л., Фатхулин Т. Д. Технологии достижения высоких скоростей передачи в современных когерентных DWDM-системах связи // T-Comm: телекоммуникации и транспорт. 2015. №8. С. 34–37.
10. Компьютерные сети : учебник / В. В. Баранов [и др.]. Москва : Академия, 2019. 192 с. (Высшая школа).
11. Что такое Service Level Agreement (SLA) // Блог Timeweb Cloud. URL: <https://timeweb.cloud/blog/chto-takoe-sla>. Дата публикации: 14.02.2022.
12. Писаренко В. П., Шевцов А. Н. Основные принципы построения мультисервисных сетей MS-OTN // Информационные технологии XXI века : сб. науч. тр. Тихоокеан. гос. ун-та. Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та. 2016. С. 324–329.

О РАЗРАБОТКЕ ВИЗУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРАВОНАРУШИТЕЛЕЙ

САЛАХОВ Тимур Ренатович, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, mobicom2005@rambler.ru*

ШИК Владислав Геннадьевич, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, kaf_iies@tolgas.ru*

Аннотация. Отмечается, что возможность практически 100 %-й вероятности идентификации на основании анализа голоса и лица человека не всегда может быть пригодна вследствие невозможности анализа голоса. Для определения потенциальных правонарушителей в многолюдных общественных местах предлагается использовать анализ физиогномики лица, а также дополнительно два физиологических параметра.

Ключевые слова: идентификация, биометрия, уникальные данные человека, визуальная система, физиогномика, потенциальный правонарушитель, общественное пространство.

ON THE DEVELOPMENT OF A VISUAL SYSTEM FOR IDENTIFYING POTENTIAL OFFENDERS

SALAKHOV Timur Renatovich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, mobicom2005@rambler.ru*

SHIC Vladislav Gennadievich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, kaf_iies@tolgas.ru*

Abstract. It is noted that the possibility of an almost 100% probability of identification based on the analysis of a person's voice and face may not always be suitable due to the impossibility of voice analysis. It is proposed to use the analysis of the

physiognomy of a person to identify potential offenders in crowded public places, as well as to use two additional physiological parameters for this.

Keywords: identification, biometrics, unique human data, visual system, physiognomy, potential offender, public space.

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 2018 года в Российской Федерации действует закон о биометрической информации, в соответствии с которым прежде всего в банках началось внедрение комплексов биометрической идентификации и сбор данных для занесения в Единую биометрическую систему (ЕБС) [1].

Перед тем, как начать разбираться во всех особенностях процедуры идентификации, предварительно нужно рассмотреть общие вопросы, касающиеся биометрии. В целом биометрией называют набор уникальных (неповторимых) данных человека, к которым относят: отпечатки пальцев, рисунок вен, черты лица, сетчатку и радужные оболочки глаз, голос и т.д. Для идентификации клиентов в ЕБС используется только два параметра: голос и лицо. В Центробанке РФ отмечают, что распознавание по этим данным является одновременно самым доступным, распространенным и безопасным.

ВИЗУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ФИЗИОГНОМИКИ ПРАВОНАРУШИТЕЛЯ

Эксперты отмечают, что комбинация голоса и лица дает возможность со 100 %-й вероятностью идентифицировать человека, и для этого не требуется какого-то узкоспециализированного оборудования [2]. Достаточно простой камеры и микрофона, которыми сегодня оснащаются все смартфоны и ноутбуки, поэтому система будет доступна для максимального числа пользователей.

Вместе с тем разрабатываемая система определения потенциальных нарушителей будет являться уникальной. В чем состоит уникальность системы? Прежде всего в том, что в ней для определения не используется голос, а это, как было показано выше, является необходимым условием идентификации того или иного лица [3–5].

В ходе исследования предстоит решить другую, возможно, более масштабную и значимую задачу, – определение потенциальных правонарушителей в ключевых системах инфраструктуры, например, в аэропортах или железнодорожных вокзалах, где скапливается

большое количество людей [6–9]. Примеры достаточно очевидны, такие как взрыв на железнодорожном вокзале в Волгограде в декабре 2013 года. В чем состоит основной предмет исследования? Основным предмет исследования состоит в анализе особенностей состояния лица потенциальных правонарушителей (имеются в виду лица, склонные к совершению террористических актов или непосредственно готовящиеся к осуществлению этих терактов). Кроме того, потенциальные правонарушители, по свидетельству медицинских работников, будут иметь учащающийся пульс и, возможно, некоторое увеличение температуры. Дополнительным признаком также может служить появление испарины, наличие которой также можно определять по анализу изображения.

В последующих этапах исследования по этой теме следует более глубоко остановиться на особенностях физиогномики потенциальных нарушителей. Вместе с комплексом аппаратуры, позволяющей дистантно определять температуру объекта и возможное психоэмоциональное и физическое перевозбуждение (определяемое на основе вновь разрабатываемых алгоритмов), такие системы позволят определять потенциальных правонарушителей [10–15].

Поставленная для исследования задача является достаточно многомерной и сложной. Вместе с тем нахождение корректных алгоритмов работы по определению потенциальных правонарушителей позволит создать реально функционирующую систему, используемую для предотвращения террористических действий. Поставленная для решения задача, предположительно, потребует использования систем искусственного интеллекта.

ВЫВОДЫ

Показано, что возможно определять потенциальных правонарушителей в многолюдных общественных пространствах, дистантно анализируя их физиогномику и определяя ряд физиологических параметров – температуру и изменение пульса, используя эти два параметра как вспомогательные.

Список источников

1. Единая биометрическая система // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской

- Федерации : сайт. URL: https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/802/?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f (дата обращения: 05.03.2023).
2. Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии / Г. А. Кухарев [и др.] ; под общ. ред. М. В. Хитрова. Москва : Политехника, 2013. 388 с.
 3. Sefik Ilkin Serengil, Alper Ozpinar. LightFace: A Hybrid Deep Face Recognition Framework. The electronic version of the article DOI: 10.1109/ASYU50717.2020.9259802 // 2020 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU), 15–17 October 2020. Istanbul, Turkey. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9259802>. Date Added to IEEE Xplore: 23.11.2020.
 4. Chenran Liu, Juntong Liu. Application Analysis of Face Recognition Technology Based on Computer Vision. The electronic version of the article DOI: 10.1109/IAECST54258.2021.9695689 // 2021 3rd International Academic Exchange Conference on Science and Technology Innovation (IAECST). 10–12 Desember 2021, Guangzhou, China. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9695689>. Date Added to IEEE Xplore: 07.02.2022
 5. Enjie Jiang. A review of the comparative studies on traditional and intelligent face recognition methods. The electronic version of the article DOI: 10.1109/CVIDL51233.2020.00010 // 2020 International Conference on Computer Vision, Image and Deep Learning. 10–12 July 2020, Chongqing, China. pp. 11–15. URL <https://ieeexplore.ieee.org/document/9270454>. Date Added to IEEE Xplore: 30.11.2020.
 6. Воловач В. И. Исследование плотности распределения вероятностей обнаружения объекта с учетом изменяющейся дальности // Известия высших учебных заведений России. 2013. № 4. С. 71–75.
 7. Воловач В. И. Накапливающаяся вероятность обнаружения объектов в зоне контроля радиотехнических охранных устройств // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2011. Т. 7, № 1. С. 17–20.
 8. Артющенко В. М., Воловач В. И., Иванов В. В. Статистические характеристики длительностей выбросов огибающих сигналов,

- отраженных от протяженных объектов // Радиотехника. 2015. № 2. С. 54–61.
9. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Квазиоптимальная дискретная демодуляция сигналов на фоне коррелированных негауссовских флюктуационных мультипликативных помех // Радиотехника. 2016. № 6. С. 106–112.
 10. Воловач В. И. Реализация оптимальной структуры обнаружения радиотехнических устройств охранной сигнализации // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2009. Т. 5, № 2. С. 43–49.
 11. Воловач В. И. Характеристики обнаружения радиотехнических устройств охраны и повышение эффективности их работы посредством адаптации к изменяющейся помеховой обстановке // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2011. Т. 7, № 3. С. 25–31.
 12. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Оценка погрешности измерения скалярного информационного параметра движущегося протяженного объекта на фоне аддитивных негауссовских помех // Журнал радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 4.
 13. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
 14. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
 15. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Анализ параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от движущегося протяженного объекта // Журнал радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 5.

О ПЕРЕДАЧЕ РАЗОВЫХ СООБЩЕНИЙ ПО ЗАНЯТОМУ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОМУ КАНАЛУ

СЕЛЕЗНЕВ Дмитрий Александрович, аспирант
Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, dim0041@rambler.ru

Аннотация. Показано, что существующие телекоммуникационные сети интегрируются с IP-АТС, но не могут предоставить достаточную функциональность. Рассмотрена возможность использования занятых телекоммуникационных каналов и аналоговых интерфейсов IP-АТС для передачи служебных данных от CRM-систем.

Ключевые слова: IP-телефония, разовые сообщения, занятый телекоммуникационный канал, аналоговый интерфейс, CRM-система.

ABOUT TRANSMISSION OF SINGLE MESSAGES OVER A BUSY TELECOMMUNICATION CHANNEL

SELEZNEV Dmitry Alexandrovich, PhD student
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, dim0041@rambler.ru

Abstract. It is shown that existing telecommunication networks are integrated with IP-PBX, but cannot provide sufficient functionality. The possibility of using busy telecommunication channels and analog interfaces of IP-PBX for transmission of service data from CRM systems is considered.

Keywords: IP telephony, one-time messages, busy telecommunication channel, analog interface, CRM system.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальная информатизация предъявляет новые требования к современным системам связи. Ставятся вопросы о проектировании и монтаже новых линий связи с высокими скоростными характеристиками,

а также оптимизации и увеличении функционала и эффективности использования существующих систем связи. Использование занятых телекоммуникационных каналов, как одной из разновидностей каналов передачи данных, для передачи разовых сообщений позволяет задействовать функциональные возможности систем IP-телефонии, доступные только для цифровых каналов [1–3].

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ЗАНЯТЫМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМ КАНАЛАМ

Разработка системы передачи разовых сообщений по занятым телекоммуникационным каналам для VoIP-системы является актуальной задачей, для решения которой необходимо провести более подробный анализ статистических характеристик голосового сигнала и факторов, снижающих его качество.

Одним из ключевых компонентов любой информационной системы является транспортная подсистема. Она выполняет задачи передачи данных и состоит из устройств приема и передачи, а также канала связи между ними. Современные системы IP-телефонии строятся на базе высокоскоростных инфокоммуникационных сетей, но также широко используются и аналоговые телекоммуникационные каналы [4–6]. Компании стараются использовать современные технологии, такие как IP-телефонию, для получения конкурентных преимуществ. Внедрение новой технологии позволяет более эффективно взаимодействовать сотрудникам, но не всегда экономически оправдано производить полный переход на новую технологию. Существующие телекоммуникационные сети интегрируются с IP-АТС, но не могут предоставить полную функциональность. Для решения данной проблемы возможно модифицировать аппаратную часть абонента и программные модули АТС, в этом случае, используя занятую линию связи, становится возможным совместная передача голосового сигнала и служебных данных от CRM-системы.

Одним из сервисов, предоставляемых инфокоммуникационными сетями, является IP-телефония [1]. Данная технология активно внедряется в компаниях и предоставляет новые возможности для бизнеса, ускоряя и удешевляя процесс обмена информацией.

Проблемам передачи данных по занятым телекоммуникационным каналам посвящено большое число трудов [7–10 и др.]. Данные

исследования были посвящены вопросам помехозащищенности систем радиосвязи и телекоммуникационных каналов, но не рассматривали задачу использования занятых телекоммуникационных каналов и аналоговых интерфейсов IP-АТС для передачи служебных данных от CRM-систем.

Примерный перечень задач, которые предстоит решить в ходе исследования: анализ характеристик телекоммуникационных каналов, передаваемых по ним голосовых сигналов и воздействующих помех; исследование факторов, искажающих сигнал при передаче речевых сообщений совместно с голосовым сигналом в телекоммуникационных каналах связи; анализ и выбор энергетических соотношений голосового сигнала и речевых сообщений при их совместной передаче по телекоммуникационному каналу с учетом их взаимовлияния и воздействующих помех; анализ и выбор шумоподобного сигнала и помехоустойчивого кода для передачи речевых сообщений по эксплуатируемому телекоммуникационному каналу связи; исследование зависимости вероятности ошибки от ОСШ для выбранного шумоподобного сигнала; исследование методов формирования шумоподобных последовательностей для ввода системы передачи речевых сообщений в синхронизм системы; разработка структуры системы приема и передачи речевых сообщений по занятому телекоммуникационному каналу IP-АТС.

ВЫВОДЫ

В настоящее время существует научно-техническая проблема повышения эффективности существующих систем IP-телефонии на основе использования функций, доступных только для IP-телефонов абонентов, подключенных через аналоговые линии связи.

Список источников

1. Гольдштейн Б. С., Пинчук А. В., Суховицкий А. Л. IP-телефония. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2001. 329 с.
2. Днепров А. Бесплатные звонки через Интернет. Skype и не только. Санкт-Петербург : Питер, 2010. 190 с.
3. Крук Б. И., Попантонопуло В. Н., Шувалов В. П. Бесплатные Телекоммуникационные системы и сети. Том 1. Москва : Горячая линия - Телеком, 2022. 620 с.

4. Baiocchi Andrea, Turcanu Ion. Age of Information of One-Hop Broadcast Communications in a CSMA Network. DOI: 10.1109/LCOMM.2020.3022090 // IEEE Communications Letters. 2021. Vol. 25, Issue 1. PP. 294–298.
5. Freschi Valerio, Lattanzi Emanuele. A Study on the Impact of Packet Length on Communication in Low Power Wireless Sensor Networks Under Interference. DOI: 10.1109/JIOT.2019.2891841 // IEEE Internet of Things Journal. 2019. Vol 6, Issue 2. PP. 3820–3830.
6. Обработка и преобразование сигналов в радиотехнических и инфокоммуникационных системах : монография / К. В. Анфалов [и др.] : отв. редактор В. И. Воловач. Москва : Радио и связь, 2014. 448 с.
7. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
8. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
9. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Квазиоптимальная дискретная демодуляция сигналов на фоне коррелированных негауссовских флюктуационных мультипликативных помех // Радиотехника. 2016. № 6. С. 106–112.
10. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Оценка погрешности измерения скалярного информационного параметра движущегося протяженного объекта на фоне аддитивных негауссовских помех // Журнал радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 4.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ
СОСТОЯНИЯ ПОДЪЕМА-ОПУСКАНИЯ ГРУЗА
НА ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОМ
ОБОРУДОВАНИИ (МОСТОВЫХ КРАНАХ)
С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ТОРМОЖЕНИЯ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

СТАДНИКОВ Алексей Сергеевич, аспирант

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, Stadnicov@inbox.ru

САМОХИНА Наталья Станиславовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Информационный и электронный сервис»

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, skipert-99@ya.ru

Аннотация. Любое современное производство невозможно без подъемно-транспортного оборудования. С каждым годом возникают новые и новые задачи. Проекты становятся все более амбициозные, растут скорости, увеличивается вес грузов, возрастают требования к точности работы. Но, к сожалению, растет количество аварийных ситуаций и уровень производственного травматизма при эксплуатации грузоподъемных механизмов. Цель данной работы – увеличение надежности и безопасности оборудования. Для достижения этой цели внедряется дополнительная система безопасности, которая будет способствовать снижению аварийных ситуаций при эксплуатации мостовых кранов.

Ключевые слова: энкодер, частотный преобразователь, контроллер, тормоз безопасности, подъемно-транспортное оборудование, мостовые краны, надежность и безопасность, аварийная ситуация.

**INTELLIGENT SYSTEM FOR CONTROL OF THE
STATE OF LIFT AND LOWER OF LOAD ON LIFTING
AND TRANSPORT EQUIPMENT (OVERHEAD
CRANES) WITH THE POSSIBILITY OF ADDITIONAL
BRAKING IN EMERGENCY SITUATIONS**

STADNIKOV Aleksey Sergeevich, PhD student

Volga Region State University of Service

445017, Russia, Togliatti, Stadnicov@inbox.ru

SAMOKHINA Natalia Stanislavovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department «Information and electronic service»

Volga Region State University of Service

44017, Russia, Togliatty, skipert-99@ya.ru

Abstract. Any modern production is impossible without lifting and transport equipment. Every year new and new tasks arise. Projects are becoming more ambitious, speeds are increasing, the weight of cargo is increasing, and the requirements for work accuracy are increasing. But, unfortunately, the number of accidents and the level of industrial injuries during the operation of lifting mechanisms is growing. The purpose of this work is to increase the reliability and safety of equipment. To achieve this goal, an additional safety system is being implemented, which will help reduce accidents during the operation of overhead cranes.

Keywords: encoder, frequency converter, controller, safety brake, lifting and transport equipment, overhead cranes, reliability and safety, emergency.

ВВЕДЕНИЕ

Подъемно-транспортное оборудование – это механизмы, предназначенные для перемещения грузов и людей в разных плоскостях на различные расстояния в пределах заводов, корпусов, депо, строительных площадок, портов, складов и других производственных территорий. Подъемно-транспортное оборудование является основным средством механизации подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в промышленности, строительстве, на транспорте, в горном деле, сельском хозяйстве и других областях. Грузоподъемные машины развивались и эволюционировали долгое время. В процессе возникновения новых задач они с каждым годом совершенствовались. Увеличивалась грузоподъемность, скорость передвижения, высота подъема и прочие характеристики. В связи с этим возникают новые задачи по исследованию, выбору оптимальных параметров и проектированию новых устройств, обеспечивающих высокие технико-экономические показатели и качество. Поскольку большинство грузоподъемных машин, в том числе мостовые краны, являются объектами повышенной опасности, одним из самых важных критериев их оценки

является показатель надежности и безопасности. Так как большинство аварий на грузоподъемном оборудовании происходит во время подъема или опускания груза, в данной работе предлагается внедрение системы контроля состояния работы механизмов подъема мостовых кранов, с оснащением элементом дополнительного торможения в аварийных ситуациях.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Грузовой барабан мостового крана оснащается дополнительным дисковым тормозом безопасности с гидравлическим принципом действия. В процессе работы крана тормоз всегда находится в нормально открытом состоянии. На оси вращения грузового барабана устанавливается энкодер, который постоянно считывает параметры вращения. Преобразованный в электрические импульсы сигнал от энкодера передается в частотный преобразователь с контроллером обработки данных. В контроллере частотного преобразователя происходит непрерывный анализ полученного сигнала. В процессе работы в случае отклонения параметров от нормативных (при самопроизвольном раскручивании или заклинивании грузового барабана) частотный преобразователь выдает команду на остановку электродвигателя подъема и команду на закрытие дискового тормоза безопасности, после чего тормоз блокирует дальнейшее раскручивание грузового барабана, тем самым предотвращает аварийную ситуацию.

Примеры устройств, которые могут быть применены в качестве блоков данной системы:

- энкодер-датчик угла поворота и преобразователь угловых перемещений – это специальное устройство для точного измерения характеристик вращающихся объектов (например, вала двигателя). Он регистрирует нужные параметры и формирует электрические сигналы, содержащие необходимую информацию. Предлагается к применению инкрементальный энкодер DBS36E;
- частотный преобразователь с программируемым контроллером обработки данных – устройство, предназначенное для плавного управления электродвигателями мостового крана, оснащенное дополнительными функциями менять различные характеристики работы исполнительных механизмов в зависимости

от запрограммированных параметров и поступающих на обработку внешних сигналов. Предлагается к применению SEW MDX60A1100-503-4-00;

- дисковый тормоз безопасности состоит из 2-х независимых половин с противоположно расположенными пружинными и гидравлическими цилиндрами. Тормозные колодки крепятся к 4-м направляющим пальцам, которые и передают от пружин на колодки силу торможения, которая в случае срабатывания фиксирует специальный диск, расположенный на грузовом барабане мостового крана. При открытии тормоза колодки разводятся гидравлически. Предлагается к применению дисковый тормоз типа SHI 101.

ВЫВОДЫ

Рассмотренный выше вариант применения данной системы безопасности обеспечивает исключение падения поднимаемого или опускаемого мостовым краном груза при возникновении технических неисправностей либо отклонений в работе оборудования, вызванных эксплуатационными причинами. Улучшается показатель надежности и безопасности, который является ключевым при эксплуатации современного грузоподъемного оборудования. Элементы данной системы выпускаются в различном исполнении, поэтому диапазон применения может быть расширен. Возможно внедрение на технологическом, конвейерном, подъемно-транспортном и другом оборудовании.

Список источников

1. Кухар И. В. Подъемно-транспортные и погрузочные машины. Общее устройство кранов : учеб. пособие для студентов направления 190100.62 «Назем. трансп.-технол. комплексы» профилю подгот. «Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды» и «Машины и оборудование для садово-паркового и ландшафт. стр-ва» очной формы обучения. Красноярск : СибГТУ, 2014. 168 с.
2. Булыгин Ю. И., Пантузенко А. А., Лазуренко Р. Р., Газгирев А. С. Анализ аварийности и травматизма при эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов в России // Безопасность техногенных и природных. 2018. № 3–4. С. 2–17.

3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» : утв. приказом Ростехнадзора от 26.11.2020 N 4612021 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275657> (дата обращения: 18.04.2023).
4. Лазута И. В., Сухарев Р. Ю. Приборы и автоматизированные системы безопасности грузоподъемных машин и механизмов : учеб. пособие. Омск : СиБАДИ, 2019. 232 с.
5. Ловейкин В. С., Ромасевич Ю. А. Анализ динамики механизма передвижения мостового крана с частотным управлением привода //Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 3 (15). С. 1–10.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ
ЗДАНИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ
ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ,
А ТАКЖЕ ПОВСЕМЕСТНАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ
СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЫ И ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

СТРЕЛКОВ Глеб Сергеевич, аспирант

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, 114polaris@gmail.com

САМОХИНА Наталья Станиславовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Информационный и электронный сервис»

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, skipert-99@ya.ru

Аннотация. Популяризация использования технологии цифровых двойников зданий и изучение практических примеров использования измерительных комплексов в рамках данной технологии.

Ключевые слова: цифровой двойник здания, BIM модель зданий, измерительные комплексы, цифровая модель здания.

**USING DIGITAL TWINS OF BUILDINGS
TO OPTIMIZE THE ENERGY EFFICIENCY
AND SUSTAINABILITY OF BUILDINGS IN URBAN
ENVIRONMENTS, AS WELL AS THE PERVASIVE
DIGITALIZATION OF THE BUILDING SECTOR
AND URBAN ENVIRONMENT**

STRELKOV Gleb Sergeyevich, PhD student

Volga Region State University of Service

445017, Russia, Togliatti, 114polaris@gmail.com

SAMOKHINA Natalya Stanislavovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department «Information and electronic service»

Volga Region State University of Service
44017, Russia, Togliatty, skipert-99@ya.ru

Abstract. Popularize the use of digital twin building technology and the study of practical examples of the use of measuring complexes, as part of this technology

Keywords: digital twin building, BIM model of buildings, measuring complexes, digital building model

ВВЕДЕНИЕ

Цифровой двойник здания [3] – это технология, которая позволяет создавать точную виртуальную копию реального здания в цифровом формате. Эта технология становится все более популярной в строительстве, так как она помогает улучшить процесс проектирования, строительства и эксплуатации зданий. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты использования виртуальных моделей зданий на практике [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данная статья предоставляет информацию о важности использования BIM-технологий в строительной индустрии и описывает примеры успешного применения BIM [1] и [2] в разных проектах по всему миру. Рассмотрены преимущества BIM, такие как улучшение производительности, сокращение времени и стоимости проектов, увеличение точности и устранение ошибок. Описаны примеры использования BIM на различных стадиях проектов, от проектирования до эксплуатации [5].

Изучение статьи показывает, что BIM – это не только технология, но и философия, которая позволяет инженерам, архитекторам и строительным компаниям лучше понимать проекты и принимать более информированные решения. Она также доказывает, что BIM является необходимой технологией в строительной отрасли для достижения высокой производительности, улучшения качества проектов и снижения издержек.

ВЫВОДЫ

В целом использование BIM в строительстве является ключевым фактором для успеха проектов, особенно в условиях быстрого

развития технологий и растущих требований к производительности и точности. Опыт успешного применения BIM в различных проектах доказывает, что эта технология становится все более популярной и необходимой в строительной индустрии.

Список источников

1. Dana K. Smith, Michael Tardif. Building Information Modeling. A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers : Wiley, 2009. 216 pp.
2. Willem Kymmell. Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations : Howard McGraw Hill; 2008. 270 pp.
3. ECPPM 2021 - eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction : Proceedings of the 13th European Conference on Product & Process Modelling (ECPPM 2021), 15–17 September 2021, Moscow, Russia
4. Saka, Abdullahi B., Daniel W.M. Chan. Adoption and implementation of building information modelling (BIM) in small and medium-sized enterprises (SMEs): a review and conceptualization // Engineering, Construction and Architectural Management. 2021. № 28.7. pp. 1829–1862.
5. Цифровые двойники на базе развития технологий BIM, связанные онтологиями, 5G, IoT и смешанной реальностью для использования в инфраструктурных проектах и IFRABIM / Куприяновский В. П. и др. // International Journal of Open Information Technologies. 2020. Т. 8, №. 3. С. 55–74.

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС
ПО ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ БЕСПИЛОТНЫМ
ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ,
ОСНОВАННЫЙ НА ЭЛЕМЕНТАХ
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

СЫЧЕВ Александр Сергеевич, инженер кафедры
нанотехнологий в электронике Института радиоэлектроники,
фотоники и цифровых технологий

КНИТУ-КАИ им. А. Н. Туполева

420015, Россия, Казань, my@sychevalexandr.ru

УТАРОВА Алана Тамерлановна, студентка

КНИТУ-КАИ им. А. Н. Туполева

420015, Россия, Казань, utarova.2002@mail.ru

Аннотация. Подавляющее большинство современных систем радиоэлектронной борьбы основывается на принципе постановки помех на критически важных частотах систем управления и телеметрии беспилотных летательных аппаратов. На данное время существует возможность противодействия беспилотным летательным аппаратам на программном уровне, используя уязвимости в программном обеспечении и протоколах передачи данных.

Ключевые слова: система радиоэлектронной борьбы, уязвимости, перехват управления, информационная безопасность.

**SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR
COUNTERING UNMANNED AERIAL VEHICLES
BASED ON INFORMATION SECURITY ELEMENTS**

SYCHEV Alexander Sergeevich, engineer of the department
of nanotechnology in electronics of the institute of radioelectronics,
photonics and digital technologies

KNITU-KAI named after A. N. Tupolev

420015, Russia, Kazan, my@sychevalexandr.ru

UTAROVA Alana Tamerlanovna, student
KNITU-KAI named after A. N. Tupolev
420015, Russia, Kazan, *utarova.2002@mail.ru*

Annotation. The vast majority of modern electronic warfare systems are based on the principle of jamming at critical frequencies of control systems and telemetry of unmanned aerial vehicles. At the moment, there is a possibility of countering unmanned aerial vehicles at the software level, using vulnerabilities in software and data transfer protocols.

Keywords: electronic warfare system, vulnerabilities, control interception, information security.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные революции, которые происходили на протяжении новейшей истории, обусловили скорый научно-технический прогресс во всех сферах деятельности человека и в особенности в сфере разработки и эксплуатации летательных аппаратов. Современные управляемые беспилотные летательные аппараты с развитием технологий значительно уменьшились в размерах, а также стали оснащены современными системами навигации и управления и прочими второстепенными системами. А современные электродвигатели позволили перевести эти аппараты из хобби в устройства, используемые в повседневной жизни человека. В связи с этим возросла необходимость в современных системах противодействия беспилотным летательным аппаратам.

Существует основной закон о беспилотных летательных аппаратах, или Воздушный кодекс РФ от 19.03.1997 N 60-ФЗ (с последней редакцией от 01.04.2020). Законом установлены правила и рекомендации касательно эксплуатации беспилотных летательных аппаратов на всей территории Российской Федерации. В случае нарушения данного закона имеется необходимость воздействия либо на оператора данного беспилотника, либо же на сам беспилотный летательный аппарат. Как правило, на нарушивший беспилотный летательный аппарат воздействуют системами радиоэлектронной борьбы подавляющие частоты систем навигации и управления, тем самым ограничившие дальнейшее движение беспилотника по заданному маршруту.

Для начала выполнения мероприятий по защите объекта от беспилотного летательного аппарата необходимо в первую очередь обнаружить цель, определить ее навигационные параметры и на основании полученных данных принять меры по противодействию угрозе.

Исходя из этого можно разделить технические системы защиты от беспилотных летательных аппаратов на две категории: средства обнаружения и средства противодействия.

Самыми эффективными и распространенными являются радиочастотные подавители, которые ставят помехи в диапазонах частот критически важных для определения навигационных параметров беспилотных летательных аппаратов и каналов связи с оператором. На данный момент стоимость подобных систем исчисляется сотнями тысяч рублей и зависит от числа диапазонов, мощности излучения, наличия автономного источника электропитания и т. д., но и наличие финансов не позволит частному лицу купить подобную систему.

По своему многообразию системы обнаружения беспилотных летательных аппаратов делятся по принципу функционирования на акустические, оптические, инфракрасные, лидары, радиолокационные, радиочастотные и комбинированные.

Комплексы, принцип которых основывается на акустическом обнаружении, улавливают звуковые частоты работающих двигателей и винтов летящего беспилотного летательного аппарата. Конструкционно данная система состоит из направленных микрофонов, которые позволяют определить направление, с которого приближается предполагаемая угроза.

Главным ограничением подобной системы является ограниченный радиус действия, который исчисляется несколькими сотнями метрами и сильно зависит от условий окружающей среды.

Более современной системой является оптическая система обнаружения, принцип работы которой основывается на обнаружении сигнатуры летательного аппарата на оптическом сенсоре. Подобные системы сильно зависят от погодных условий. Чтобы нивелировать данное ограничение совместно с оптическим сенсором, используют инфракрасные датчики, что позволяет дополнительно обнаруживать цели в ночное время суток. Этот принцип обнаружения требует

прямой видимости и несколько головных (камер) для создания кругового обзора на 360 градусов.

Радиолокационные системы, пришедшие к нам из большой авиации, способны обнаружить дрон на расстоянии до пары километров и определить навигационные параметры беспилотника. Дальность их работы не зависит от времени суток, погоды или размеров беспилотных летательных аппаратов.

Чтобы увеличить эффективность работы системы обнаружения, используют комбинированные системы, совмещающие в себе разные принципы обнаружения.

Существующие системы противодействия БПЛА стоят дорого и зачастую практически недоступны для обычного человека из-за своей специфики. Помимо готовых комплексов, существуют отдельные устройства, при правильной настройке которых можно добиться выполнения задач по защите периметра от БПЛА.

Используя официальную статистику государственных органов Российской Федерации в области нарушения законов при использовании БПЛА, можно сделать вывод, что в 70 % случаев используются дешевые дроны, приобретаемые в обычных магазинах (ценовой диапазон до 15-20 тысяч рублей). На остальные 30 % выпадает доля дронов «премиум» класса марок китайской DJI, американской Parrot и самодельных дронов. Используемое программно-аппаратное обеспечение, на котором беспилотные летательные аппараты собирают, имеют множественные уязвимости, которые можно использовать.

Современные системы противодействия беспилотных летательных аппаратов предусматривают только возможность глушения сигнала беспилотного летательного аппарата либо ограничение его физической активности путем повреждения корпуса, двигателей или электронной начинки. В современное время существует также возможность перехвата беспилотных летательных аппаратов путем перехвата управления либо взлома дрона с использованием уязвимостей программного обеспечения систем управления беспилотного летательного аппарата и ликвидации их путем подмены критически важной информации, такие как текущая высота, скорость, вектор движения или же изменение параметров автонавигации. К примеру, изменение высоты полета ниже уровня горизонта (используя уязвимости, имеется возможность обойти

внутреннюю систему защиты), из-за чего беспилотный летательный аппарат изменит истинную высоту полета ниже уровня земли и разобьется, но внутренняя система управления будет считать, что летит на истинно верной высоте полета с соответствующей записью в журнале событий. Как показал опыт, дальнейшее выявление проблемы может быть успешно только при использовании глубокой проверки кода программного обеспечения системы управления беспилотного летательного аппарата.

Целью работы являлось создание программно-аппаратного комплекса, отвечающего ряду факторов, таких как низкая стоимость сборки, малые габариты и гибкость настройки. Полученный программно-аппаратный комплекс радиоэлектронной борьбы состоит из трансивера, микрокомпьютера и специального программного обеспечения, специализированного под работу на Linux-подобной операционной системе.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Аппаратная часть комплекса состоит из трансивера HackRF One и микрокомпьютера Raspberry Pi. Программная часть – из установленной операционной системы Arch Linux и созданного программного обеспечения, алгоритм которого изображен на рис. 2. Упрощенный алгоритм программно-аппаратного комплекса показан на рис. 1.

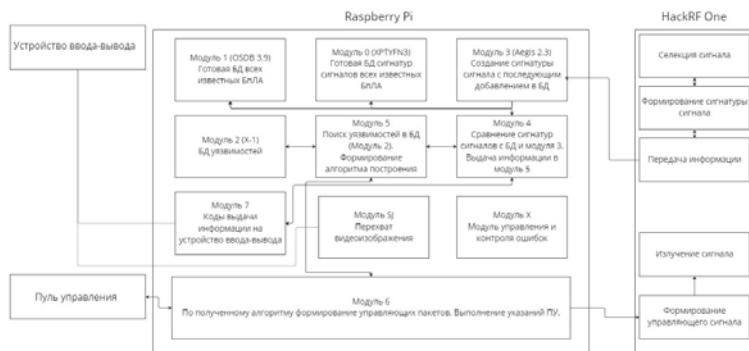


Рис. 1. Алгоритм работы комплекса

ния, и подобная ошибка исправлялась только перезагрузкой беспилотника.

6. Недостатки ПО периодически позволяют перехватывать сигнал Wi-Fi, что создает коллизию в системе и перегрузку БД сигнатуры сигнала. Через некоторое время БД становится тяжелой и забивает карту памяти, что в свою очередь снижает скорость работы Raspberry Pi. Данная проблема решилась внедрением промежуточного фильтра с заданными параметрами.
7. Возникла проблема с питанием комплекса. Внешнего аккумулятора на 10 000 миллиампер/час не хватает для питания комплекса при использовании внешней направленной антенны на время больше чем 19 минут приемо-передачи. В режиме приема – не более 32 минут.

Список источников

1. Радиоэлектронная борьба и информационная безопасность в системах беспилотных летательных аппаратов / Акимов О. О. [и др.] // Известия Томского политехнического университета. 2020. т. 337, № 3. С. 109–118.
2. Аппаратура систем радиоэлектронной борьбы для беспилотных летательных аппаратов / Вартоев В. К. [и др.] // Электроника: научно-технический журнал. 2019. № 6., С. 22–29.
3. Головкин Е. А. Информационная безопасность беспилотных летательных аппаратов // Автоматизация, управление, вычислительная техника и информационные технологии. 2019. № 1. С. 45–51.
4. Разработка компонентов системы радиоэлектронной борьбы для беспилотного летательного аппарата / Дерипаска В. В. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Авиация. 2017. т. 60, № 4. С. 34–41.
5. Архитектурные решения информационно-технологических систем беспилотных летательных аппаратов / Кондратенко А. Ю. [и др.] // Труды Института системного программирования РАН. 2019. т. 31. С. 264–276.
6. Обеспечение информационной безопасности беспилотных летательных аппаратов на основе методов кибернетической защиты /

- Москаленко И. А. [и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. т. 18, № 2. С. 319–326.
7. Оценка эффективности систем радиоэлектронной борьбы для беспилотных летательных аппаратов / Петров К. Ю. [и др.] // Электроника и связь. 2016. № 5. С. 54–59.
 8. Анализ уязвимостей беспилотных летательных аппаратов в контексте информационной безопасности / Соловьев А. Н. [и др.] // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2017. № 4. С. 94–106.
 9. Радиоэлектронная борьба и информационная безопасность в системах беспилотных летательных аппаратов / Фомин С. В. [и др.] // Инновационные технологии в науке и образовании. 2019. № 5–2. С. 18–21.
 10. Концепция информационной безопасности беспилотных летательных аппаратов на основе интеграции систем автоматического управления / Шенгелия К. П. [и др.] // Электроника и микроэлектроника. 2017. № 1. С. 53–58

ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АДАПТАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРОЦЕССОМ

УСТИНОВА Елена Сергеевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Информационный и электронный сервис»

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, nik-098@yandex.ru

КУДРЯШОВ Вадим Константинович, аспирант

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, Vade31@yandex.ru

Аннотация. Необходимость создания адаптивных систем управления предприятием обуславливается его деятельностью в нестационарных, слабо предсказуемых условиях хозяйствования. Учитывая, что в процессе управления сложными экономическими объектами принимаемые решения могут опираться на данные, полученные как с применением экономико-математических методов, так и приниматься на интуитивной основе менеджеров, то и адаптивное управление должно сочетать в себе аналитические и эвристические методы решения задач.

Ключевые слова: адаптивные системы, эвристические методы, структурные преобразования, эффективность управления, управленческие решения, консалтинговая деятельность, производственный процесс.

RESEARCH OF ANALYTICAL METHODS OF ADOPTION OF PRODUCTION PROCESS MANAGEMENT

USTINOVA Elena Sergeevna, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the department

«Information and Electronic Service»

Volga Region State University of Service

445017, Russia, Togliatt, nik-098@yandex.ru

Abstract. The need to create adaptive enterprise management systems is caused by its activities in non-stationary, poorly predictable business conditions. Considering that in the process of managing complex economic objects, decisions can be based on data obtained both using economic and mathematical methods and taken on the intuitive basis of managers, then adaptive management should combine analytical and heuristic methods of solving problems.

Keywords: adaptive systems, heuristic methods, structural transformations, management efficiency, management decisions, consulting activities, production process.

ВВЕДЕНИЕ

Кадровый менеджмент производится при индивидуальных показателях. «Организационный уровень предполагает, что кадровая служба осуществляет общее руководство реализацией кадровой политики и выступает для руководителей и сотрудников как профессиональный консультант по кадровым вопросам» [2]. Организационная деятельность состоит из ведения различных управленческих решений, при создании и исполнении которых необходимы научные доказательства.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Одним из основных факторов повышения эффективности управления производственным процессом является поддержание работоспособности и приемлемых технологических этапов, обеспеченных новыми системами технических испытаний [4].

Для конструктивного решения вопроса необходимо создание прибавочных связей между смежными структурными подразделениями управления предприятием, а также создание и организация в ней новых подразделений [3].

ВЫВОДЫ

Для создания результативной адаптивной системы управления предприятием на рынке в предприятии должны быть материализованы следующие эвристические механизмы адаптации:

- при разделении имеющихся в наличии или поступающих средств организация должна оставлять бамперные запасы на случаи возможного возникновения нештатных и непредсказуемых ситуаций;
- заключать обратные связи в различные очертания руководства организации;
- передавать ранее накопленный опыт поведения в новые условия среды, подобные ранее рассматриваемым [1].

Список источников

1. Аралбаев Т. З. Построение адаптивных систем мониторинга и диагностирования сложных промышленных объектов на основе принципов самоорганизации : монография. Уфа : Гилем, 2003. 248 с.
2. Банди Б. Методы оптимизации: вводный курс. Москва : Радио и связь, 1988. 128 с.
3. Калдыбаев Р. С. Адаптивные (самоадаптирующиеся) системы автоматического управления // Международный студенческий научный вестник : электрон. науч. журн. 2020. № 6. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20320>. Дата публикации: 11.12.2020.
4. Крючков Л. Н., Третьяков В. А. Основные аспекты адаптивного мониторинга состояния вычислительного процесса в приборах систем управления техническими средствами // Системы управления и обработки информации. 2014. № 29. С. 31–35.
5. Сидоров И. А., Кузьмин В. Р. Обзор современных средств для комплексного мониторинга высокопроизводительных вычислительных систем // Фундаментальные исследования. 2016. № 9–1. С. 62–67.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДХОДОВ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ТРАФИКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

ХИМЮК Александр Иванович, аспирант
Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, himuk81@gmail.com

Аннотация. Приведен ряд подходов по оптимизации транспортировки грузов. Показано, что для разработки алгоритмов интеллектуальной системы необходимо использовать ряд статистических данных. Приведены основные методы оптимизации трафика. Определено место моделирования как разработанных алгоритмов, так и функционирования всей системы в целом.

Ключевые слова: транспортная логистика, оптимизация трафика, интеллектуальная система, статистические данные, моделирование.

USING TRAFFIC OPTIMIZATION APPROACHES TO SOLVE TRANSPORT LOGISTICS PROBLEMS

HIMYUK Alexander Ivanovich, PhD student
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, himuk81@gmail.com

Abstract. A number of approaches to optimize cargo transportation are given. It is shown that in order to develop algorithms for an intelligent system, it is necessary to use a number of statistical data. The main methods of traffic optimization are given. The place of modeling of both the developed algorithms and the functioning of the entire system as a whole is determined.

Keywords: transport logistics, traffic optimization, intelligent system, statistical data, modeling.

ВВЕДЕНИЕ

Системы для транспортировки грузов нашли самое широкое применение в современном мире. Следует отметить, что такие системы

используются в транспортной логистике как таковой. Например, названные задачи или схожие им рассматриваются при перемещении грузов в различных складах-хабах, например, в сети магазинов «Магнит». Другой пример – перемещение грузов внутри больших производственных и транспортных, например, портов, комплексов [1, 2]. Во всех случаях существуют те или иные сложности, которые возможно разрешить в процессе диссертационного исследования.

Несмотря на ряд упомянутых областей систем транспортировки грузов, основное внимание необходимо сосредоточить на транспортной логистике, в которой и проявляются в наибольшей степени сложности оптимальной транспортировки грузов.

ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

Транспортная логистика представляет собой определенный комплекс мероприятий, в результате которого некоторое количество грузов перемещается из одной точки в другую по заранее разработанному маршруту [1], при этом затраты ресурсов и времени должны быть минимальны. Одним из вариантов такого подхода является широко известная задача коммивояжера.

Факторами, влияющими на развитие транспортной логистики, являются такие как: низкие темпы развития производственных отраслей, нестабильная экономическая ситуация, неудовлетворительное состояние транспортной инфраструктуры, некачественная производственно-техническая база [2].

Поставленная задача определяет, какая из логистик – внутренняя или внешняя – может быть использована. Здесь из названий видна их сущность. Например, внешняя логистика связана с перемещением грузов с места производства до места реализации. Безусловно, что внутренняя логистика потенциально сопряжена с меньшим количеством операций и более прогнозируема. В теории логистики известны следующие типы грузоперевозок: одновидовые, или унимодальные, и многовидовые, или мультимодальные. Использование различных видов транспорта усложняет решение основной задачи транспортной логистики.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАФИКА

Задача построения оптимальных маршрутов давно исследуется учеными. При этом должны учитываться самые разнообразные

факторы: например, выбор складов на пути транспортировки, а также их состояние и пропускная способность и ряд других факторов. Вполне очевидно, что на выбор оптимального маршрута, или оптимального трафика, будут оказывать влияние, как отмечается в различных источниках, себестоимость грузоперевозки, возможные риски и издержки, а также вероятность повреждения грузов [3]. Выделяют несколько типов маршрутов, прежде всего маятниковый и кольцевой.

Существует достаточно много решений для оптимизации трафика в системах транспортировки грузов, такие как алгоритм сетевого трафика на основе маркерной корзины, сбалансированной нагрузки с использованием оптимизационной модели и другие [4–6].

Основной задачей исследования является оптимизация транспортировки грузов на основе использования разработанных алгоритмов для интеллектуальной системы. В этом случае следует учитывать загруженность путей сообщения, интенсивность движения транспортных средств по ним, а также эффективное использование средств управления и регулирования для разрабатываемой системы. Для построения искомых алгоритмов необходимо получить или использовать имеющиеся следующие статистические данные: интенсивность движения в пиковые часы нагрузки, количество проезжающих транспортных средств по категориям (грузовые, легковые, автобусы, если речь идет об автомобильных дорогах), количество пешеходов, пересекающих проезжую часть, количество транспортных средств, проезжающих в разных направлениях, скорость их движения, данные о транспортных происшествиях, режим работы средств регулирования движения и ряд других.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Следует отметить, что моделирование транспортных потоков является основой их оптимизации, поэтому в ходе исследования значительное место следует уделить моделированию разработанных алгоритмов и моделированию функционирования всей системы в целом. В зависимости от необходимого уровня детализации применяют микро- или макромодел. Микромодел предназначены для отдельных транспортных средств с учетом их взаимодействия между собой. Здесь важны критерии скорости, возможностей ее изменения. Макромодел применяют в предположении, что транспортный поток представляет

собой единое целое, включая все существующие транспортные средства. Влияние на макросистему оказывает плотность трафика, его интенсивность и пропускная способность.

Основными методами оптимизации трафика для систем транспортировки грузов являются следующие: выбор оптимальных способов перевозки; выбор маршрута; использование собственного или привлеченного парка транспортных средств; контроль затрат на обеспечение перевозок; отслеживание качества выполнения транспортных заданий.

В ходе разработки интеллектуальной системы транспортировки грузов следует рассмотреть возможности использования мобильных приложений, CRM-клиентов, ERP-, TMS-, WMS-, SAAS-решений.

В результате можно предложить следующие этапы исследования: анализ источников, разработка новых алгоритмов с использованием статистических данных и решений по оптимизации трафика транспортировки грузов на основе известных математических моделей, а также ее информационная поддержка (требования, программные решения и пр.), проектирование интеллектуальной системы на основе предложенных алгоритмов, построение и исследование моделей на основе разработанных алгоритмов и решений для интеллектуальной системы.

ВЫВОДЫ

Показано, что основное внимание необходимо сосредоточить на транспортной логистике, выборе методов оптимизации трафика, построении адекватных разработанным алгоритмам моделей и проведении моделирования.

Список источников

1. Бауэрсокс Д., Клосс Д. Логистика. Интегрированная цепь поставок. Москва : Олимп-Бизнес, 2016. 640 с.
2. Беспалов Р. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки. Москва: Вершина, 2016. 384 с.
3. Основные проблемы транспортной логистики в России // Научные статьи.Ру : сайт. URL: <https://bank.nauchniestati.ru/primery/nauchnaja-statja-na-temu-osnovnye-problemy-transportnoj-logistiki-v-rossii/> (дата обращения: 05.04.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Как научиться логистике по грузоперевозкам. // Cargocash.ru : сайт. URL: https://cargocash.ru/news/kak_nauchitsya_logistike_po_gruzoperevozkam (дата обращения: 04.04.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
6. Ляманова Е. А. Организация транспортной логистики на малом предприятии // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 8 (часть 2). С. 243–248.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СРЕДСТВ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СООРУЖЕНИЙ

ХМЕЛЕВ Сергей Александрович, аспирант

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, kaf_iies@tolgas.ru

ТОГУЛЕВ Сергей Юрьевич, аспирант

Поволжский государственный университет сервиса

445017, Россия, Тольятти, stogulev@gmail.com

Аннотация. Показано, что встроенные вычислители видеокамер позволяют повысить производительность систем видеонаблюдения. Отмечается, что система видеомониторинга колебаний должна содержать в том числе средства преобразования полученной видеоинформации в параметры колебаний. Показано, что следует разрабатывать алгоритмы обнаружения движений и алгоритмы измерения параметров объектов.

Ключевые слова: встроенный вычислитель, видеокамера, параметры колебаний, система мониторинга, неразрушающий дистанционный контроль сооружений.

ON THE USE OF VIDEO SURVEILLANCE EQUIPMENT FOR NON-DESTRUCTIVE REMOTE MONITORING OF STRUCTURES

KHMELEV Sergey Alexandrovich, PhD student

Volga Region State University of Service

445017, Russia, Togliatty, kaf_iies@tolgas.ru

TOGULEV Sergey Yurievich, PhD student

Volga Region State University of Service

445017, Russia, Togliatty, stogulev@gmail.com

Abstract. It is shown that the built-in calculators of video cameras can improve the performance of video surveillance systems. It is noted that the oscillation video monitoring system should contain, among other things, means of converting the

received video information into oscillation parameters. It is shown that motion detection algorithms and algorithms for measuring object parameters should be developed.

Keywords: built-in computer, video camera, vibration parameters, monitoring system, non-destructive remote control of structures.

ВВЕДЕНИЕ

Системы видеонаблюдения известны и применяются давно как эффективное техническое средство повышения безопасности [1]. Традиционная неавтоматизированная система видеонаблюдения просто передает видео с нескольких камер на пост наблюдения, где находится оператор – сотрудник службы безопасности. Такие системы содержат только некоторое количество видеокамер, подключенных к дисплейной системе и записывающему устройству. Один из главных недостатков такой системы – ее зависимость от человеческого фактора. Это, в конечном счете, приводит к практике анализа данных не в режиме реального времени, а по факту события, в том числе и в системах неразрушающего дистанционного контроля сооружений.

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Прогресс в преодолении недостатков средств и систем видеонаблюдения в последнее время наметился в связи с совершенствованием и удешевлением процессоров обработки сигналов. Это позволяет использовать вычислительные ресурсы не только в виде традиционных персональных компьютеров или специализированных серверов обработки видео, но и в виде блоков обработки, встраиваемых в сами камеры. Такие встроенные вычислители могут снять значительную часть нагрузки с основных процессоров системы и за счет этого позволить при той же их производительности проводить автоматизированное наблюдение за большим количеством камер [1, 2].

Параметры колебаний искусственных сооружений и конструкций (высоких зданий, мостов, плотин, башен, строительных кранов, перекрытий с большими пролетами) могут многое рассказать специалисту о техническом состоянии и перспективах безопасного использования таких объектов.

Системы мониторинга сооружений с использованием видеокамер в настоящее время отличаются от прочих низкой стоимостью

необходимого оборудования. Это делает возможным расширение сферы мониторинга от уникальных или крупномасштабных сооружений до типовых объектов [3].

В отличие от видеосистем, применяемых в целях охраны (систем видеонаблюдения), видеосистема мониторинга колебаний должна содержать не только камеры, мониторы и средства связи между ними, но и специализированные средства для того, чтобы преобразовать полученную от камер видеоинформацию в интересные параметры колебаний. Такие средства в исследовании будем называть системой цифровой обработки изображений, так как каждый кадр, полученный от камеры, представляет собой изображение, закодированное в цифровой форме и сохраненное в запоминающих устройствах такой системы.

В такую систему обработки изображений неизбежно должны входить: аппаратные средства для обработки изображений, в первую очередь процессоры и запоминающие устройства; программное обеспечение, реализующее определенные специально разработанные алгоритмы обработки изображений для измерения параметров колебаний [4–12].

Несмотря на то, что сейчас достигнуты определенные успехи в измерении параметров колебаний с помощью цифровых видеосистем, в целом остается много неисследованного как в вопросах точности, так и в вопросах производительности алгоритмов.

В связи с этим исследование представляется актуальным. В нем поставлена цель исследования и разработки алгоритмов неразрушающего дистанционного контроля сооружений; в частности, будет осуществлена систематизация алгоритмов, применяемых в системах видеонаблюдения различного назначения, а также разработка и исследование алгоритма обработки видеоизображений для обнаружения и измерения параметров колебаний сооружений и других объектов. При этом отметим отличительную особенность проводимого исследования: алгоритмы должны работать на значительных расстояниях, предположительно до сотен метров, а также при достаточной вариации погодных условий.

В ходе исследования на первом этапе предстоит определить задачи обработки видеоданных, рассмотреть и разработать различные алгоритмы. Прежде всего это алгоритмы обнаружения движений – с использованием межкадровой разности, получения изображения неподвижного фона, сегментации изображения, обнаружения движений,

работающих в частотной области. Следующей группой алгоритмов являются алгоритмы измерения параметров объектов – измерения частоты колебаний объекта. На следующем этапе производится экспериментальная отработка и исследование возможностей разработанных алгоритмов на основе разрабатываемого программного приложения. Следует также достаточно подробно рассмотреть функции обработки данных, построения графиков колебаний, синтеза искусственных сечений, построения сечения из кадров и прочее. На заключительном этапе работы предстоит исследовать разработанные алгоритмы, например, провести исследование на основе искусственно синтезированных данных, а также с реальными физическими объектами. Приведенный порядок исследования на данном этапе можно принять в качестве базового, корректируя его по мере работы.

ВЫВОДЫ

Показано, что встроенные вычислители видеокamer позволяют снять значительную часть нагрузки с основных процессоров системы, что повышает ее производительность. Отмечается, что видеосистема мониторинга колебаний должна содержать специализированные средства для того, чтобы преобразовать полученную от камер видеoinформацию в интересующие параметры колебаний. Показано, что необходимым в исследовании является разработка алгоритмов обнаружения движений и алгоритмов параметров объектов.

Список источников

1. Кругль Г. Профессиональное видеонаблюдения. Практика и технологии аналогового и цифрового CCTV. Москва : Security, 2019. 626 с.
2. Лыткин А. IP-видеонаблюдение : наглядное пособие. Москва : Security, 2011. 318 с.
3. Чудновский С. М., Лихачева О. И. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений. Москва : Инфра-Инженерия, 2019. 149 с.
4. Определение периода, частоты и логарифмического декремента основного тона собственных колебаний зданий. // Zetlab.com : сайт. URL: <https://zetlab.com/shop/programmnoe-obespechenie/scada-sistema-zetview/scada-proektyi/opredelenie-parametrov->

- osnovnogo-tona-sobstvennyih-kolebaniy/ (дата обращения: 29.03.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Обработка и преобразование сигналов в радиотехнических и инфокоммуникационных системах : монография / К. В. Анфалов [и др.] ; отв. редактор В. И. Воловач. Москва : Радио и связь, 2014. 448 с.
 6. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Квазиоптимальная дискретная демодуляция сигналов на фоне коррелированных негауссовских флюктуационных мультипликативных помех // Радиотехника. 2016. № 6. С. 106–112.
 7. Воловач В. И. Реализация оптимальной структуры обнаружения радиотехнических устройств охранной сигнализации // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2009. Т. 5, № 2. С. 43–49.
 8. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Оценка погрешности измерения скалярного информационного параметра движущегося протяженного объекта на фоне аддитивных негауссовских помех // Журнал радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 4.
 9. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
 10. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
 11. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
 12. Литвинова Э. В. Определение параметров динамических характеристик колебаний строительных конструкций, зданий и сооружений // Строительство и техногенная безопасность. 2017. № 9(61). С. 93–99.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ОЕЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

ЧАГАЙДАК Андрей Андреевич, аспирант

*Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, chagaudak007@mail.ru*

НОВИЧЕНКОВ Александр Викторович, магистрант

*Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
230023, Республика Беларусь, Минск, a.novichenkov@gmail.com*

Аннотация. Показана взаимная связь эффективности эксплуатации промышленных объектов и эффективности использования оборудования. Определено, что оценка эффективности эксплуатации промышленных объектов может опираться на три базовые характеристики: доступность, производительность и качество.

Ключевые слова: эффективность эксплуатации, промышленный объект, эффективность использования оборудования, доступность, производительность, качество.

USING THE OEE INDICATOR TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF INDUSTRIAL FACILITIES OPERATION

CHAGAIDAK Andrey Andreevich, PhD student

*Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, chagaudak007@mail.ru*

NOVICHENKOV Alexander Viktorovich, master-student

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
230023, Republic of Belarus, Minsk, a.novichenkov@gmail.com*

Abstract. The mutual relationship between the efficiency of the operation of industrial facilities and the efficiency of the use of equipment is shown. It is deter-

mined that the assessment of the efficiency of the operation of industrial facilities can be based on three basic characteristics: availability, productivity and quality.

Keywords: operational efficiency, industrial facility, equipment use efficiency, availability, productivity, quality.

ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрим в настоящей работе некоторые особенности исследования и разработки алгоритмов управления и принятия решений для повышения эффективности эксплуатации промышленных объектов, которая, в частности, характеризуется производительностью труда. Существующие в современном мире системы организации производства практически во всех странах далеки от совершенства. Вместе с тем ряд стран в течение долгого времени занимает лидирующие позиции. Например, в США производительность труда в настоящее время в 3 раза выше, чем в Российской Федерации, а в Ирландии – в 3,8 раза. Очевидно, что эффективность эксплуатации промышленных объектов и производительность труда на этих объектах связаны непосредственным образом. Для дальнейшего развития страны следует повышать эффективность эксплуатации промышленных объектов.

Вследствие этого к 2030-му году в России планируется осуществить ежегодный 5 % рост показателя производительности труда. Одновременно следует отметить, что вследствие пандемии в 2020 году в России наблюдался не запланированный рост производительности труда, а ее спад на 2 %.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Эффективность эксплуатации промышленных объектов «впрямую» приводит к пониманию эффективного использования оборудования. Так называемая эффективность использования оборудования (ОЕЕ) представляет собой часть концепции бережливого производства [1–3]. Основным предназначением концепции бережливого производства является устранение потерь. То есть в процессе производства следует исключать действия и процессы, которые расходуют ресурсы, не повышая при этом ценности продукта. Более того, они и не несут пользы для конечного потребителя той или иной продукции. Нерациональное использование производственных площадей и производственного оборудования, образование больших товарных запасов на складе,

непродуманная эргономика рабочих мест, внеплановые простои оборудования, нерациональные расходы электроэнергии, тепла, других ресурсов приводят к снижению эффективности эксплуатации промышленных объектов, в конечном счете также влияя и на производительность труда персонала [4–7].

В рамках проводимого исследования, исходя из приведенного краткого анализа следует попытаться распространить подходы ОЕЕ не только к эксплуатации оборудования, но также оценивать с помощью этого инструментария и эффективность эксплуатации промышленных объектов. Исходя из такого подхода можно рассматривать оценку эффективности эксплуатации промышленных объектов по крайней мере с тремя базовыми характеристиками: доступностью, производительностью и качеством.

Вводя ОЕЕ как универсальный показатель эффективности эксплуатации промышленных объектов, мы должны расширить базовые понятия ОЕЕ, например, вводя в него транспортные расходы и др., вес и важность которых еще предстоит определить в ходе исследования.

Несомненно, положительным аспектом является значительная проработанность концепции ОЕЕ для повышения эффективности оборудования. ОЕЕ может служить инструментом бенчмаркетинга, что позволит повысить эффективность работы.

В ходе исследования предстоит изучить решения ОЕЕ в различных отраслях промышленных производств, перенести подходы ОЕЕ на эксплуатацию промышленных объектов, одновременно с этим приспособив подходы системного анализа и теории принятия решений к повышению эффективности эксплуатации названных объектов. Заявленная цель не может быть достигнута без разработки исследования новых, более эффективных алгоритмов, что также будет являться одной из задач исследования.

ВЫВОДЫ

В проводимом исследовании, таким образом, рассмотрим использование подходов и методологии ОЕЕ для повышения эффективности эксплуатации промышленных объектов на основе исследования и разработки вновь вводимых алгоритмов управления и принятия решений.

Список источников

1. Общая эффективность оборудования. Москва : Институт комплексных стратегических исследований, 2007. 120 с.
2. Управление эффективностью использования оборудования. // Технониколь : сайт. URL: <https://book.tn.ru/upravlenie-effectivnostyu-ispolzovaniya-oborudovaniya/> (дата обращения: 29.03.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Эффективность работы оборудования // Leanbase. Практика внедрения бережливого производства: сайт. URL: <https://leanbase.ru/knowledgebase/ehffektivnost-raboty-oborudovaniya/> (дата обращения: 03.04.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
5. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
6. OEE (Overall Equipment Effectiveness) // Leanproduction. Практика внедрения бережливого производства: сайт. URL: <https://www.leanproduction.com/oee/> (дата обращения: 05.04.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. What is Overall Equipment Efficiency (OEE) and how to calculate it? // TSZ.Netzero : сайт. URL: <https://www.thesustainabilitycloud.com/overall-equipment-efficiency/> (дата обращения: 02.04.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.

СТЕГАНОГРАФИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

ШАКУРСКИЙ Максим Викторович, доктор технических наук,
доцент, доцент кафедры «Информационная безопасность»

*Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики*

443010, Россия, Самара, m.shakurskiy@gmail.com

КАРАУЛОВА Ольга Александровна, старший преподаватель
кафедры «Информационная безопасность»

*Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики*

443010, Россия, Самара, olya4369@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросу стеганографии в реальном времени для звуковых контейнеров. Дан краткий обзор результатов реализации двухкомпонентных стеганографических систем для звукового контейнера без сжатия и определено направление исследования встраивания двухкомпонентных стеганографических систем в звуковой контейнер со сжатием.

Ключевые слова: стеганография, режим реального времени, двухкомпонентная стеганографическая система, метод наименьших значащих бит, звук.

REAL-TIME STEGANOGRAPHY

SHAKURSKY Maxim Viktorovich, doctor of technical sciences,
associate professor, associate professor of the department
the «Information Security»

*Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics,
443010, Russia, Samara, m.shakurskiy@gmail.com*

KARAULOVA Olga Alexandrovna,

senior lecturer of the department of «Information Security»
*Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics,
443010, Russia, Samara, olya4369@yandex.ru*

Abstract. The article is devoted to the problem of real-time steganography for sound containers. The article gives a brief overview of the results of the introduction of two-component steganographic systems for a sound container without compression and defines the direction of research on embedding two-component steganographic systems in a sound container with compression.

Keywords: steganography, steganalysis, real-time mode, embedding method, masking method, container, information hiding, least significant bits method, algorithm with compression, algorithm without compression.

ВВЕДЕНИЕ

Защита информации на сегодняшний день является актуальной проблемой. Основным средством защиты информации в сетях передачи данных является криптографическое шифрование, гарантирующее защищенность данных от несанкционированного прочтения. На практике криптографическое шифрование не всегда гарантирует безопасность передачи данных. В ряде случаев требуется скрыть факт передачи информации. В этом случае используется стеганографическое шифрование, обеспечивающее скрытую передачу информации, встраиваемую в контейнеры [1–3], не представляющие интереса для злоумышленника (фото, видео, звук и пр.).

Классической задачей стеганографии является скрытая передача сообщений, замаскированных под информацию, не представляющую интереса для третьих лиц. Передача скрытых сообщений существует достаточно давно, но с развитием цифровых систем возникло направление цифровой стеганографии, которое интенсивно развивалось в конце XX начале XXI века. На ранних этапах тенденция заключалась в анализе типичных цифровых контейнеров (изображений, текста и т.д.) и выявлении областей для встраивания скрытых сообщений. Стеганография была предметом исследования таких ученых, как J. Fridrich [1], N. F. Johnson [2], В. Г. Грибунин, И. Н. Оков, И. В. Туринцев, В. И. Коржик и др. [3].

Сегодня стеганография превратилась в самостоятельную серьезную научную дисциплину, которая изучает новые способы и методы сокрытия информации на основе статистических методов анализа различных контейнеров.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В связи с возросшей популярностью и интенсивным внедрением программ видеосвязи (Zoom, WhatsApp, Viber, Telegram и т.д.), а также появлением голосовых сообщений появился интерес в вопросах развития стеганографии в реальном времени. Под реальным временем подразумевается передача информации окнами, размер которых регламентируется используемыми кодеками и определяется максимально допустимым временем задержки передачи информации. Использование известных стеганографических методов при этом ограничено, так как отсутствует возможность анализа контейнера в достаточном объеме. Таким образом, большинство публикаций рассматривают метод наименьших значащих бит как наиболее эффективный стеганографический метод для систем передачи информации в реальном времени. Однако данный метод имеет значительные недостатки, так как анализ области наименьших значащих бит может вызвать подозрение на наличие встроенного сообщения. Одним из новых методов стеганографии, эффективным в реальном времени является инвариантная стеганографическая система на основе двухкомпонентного контейнера [4–10]. Данный подход повышает устойчивость метода наименьших значащих бит к обнаружению и прочтению, сохраняя его эффективность в реальном времени.

В работах [1, 11] рассматривается задача встраивания двухкомпонентного стеганографического контейнера в звуковой сигнал, представленный в формате без сжатия (WAVE). При этом встраивание двухкомпонентного контейнера происходит в младший битный слой. Стоит заметить, что формат WAVE плохо подходит для передачи информации в реальном времени, так как его передача потребует значительной пропускной способности канала. На сегодняшний день существует значительное количество алгоритмов сжатия звука, основанных на методах цифровой обработки сигналов и исследованиях психоакустики. Так, формат МРЗ (MPEG 1 Layer 3) использует достаточно эффективную психоакустическую модель совместно с эффективными методами цифровой обработки сигналов, что позволяет получить десятикратное сжатие звукового контейнера. При этом встраивание информации в младший битный слой не представляется возможным ввиду того, что представление и передача информации осуществляется

в частотной форме. Перспективным представляется развитие инвариантных стеганографических систем и их адаптация для звуковых форматов со сжатием. Удобно рассматривать встраивание на примере формата MP3, так как используется удачная психоакустическая модель, а патенты на данный формат перестали действовать с 2017.

Интерес представляют два подхода к встраиванию информации. Первый подход представляет собой встраивание до сжатия таким образом, чтобы сжатие не исказило встроенное сообщение. Этот подход эффективен как для передачи скрытой информации, так и для встраивания цифровых водяных знаков. Второй подход заключается во встраивании информации в уже сжатый файл за счет использования допусков психоакустической модели.

Общая структура MP3 кодера в соответствии с ГОСТ 54711-2011 (ISO/IEC 11172-3) представлена на рис. 1.

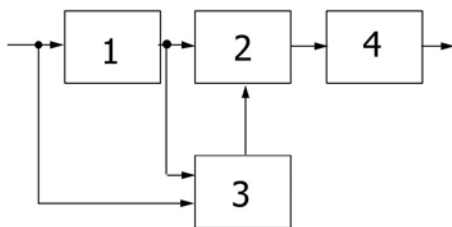


Рис. 1. Структура кодера MP3

На вход подается звук, представленный с помощью импульсно-кодовой модуляции. Блок 1 – блок преобразования; блок 2 – квантирование и кодирование; блок 3 – психоакустическая модель; блок 4 – формирование фрейма. Соответственно встраивание скрытой информации целесообразно осуществлять либо до кодера, либо в блоке 3, так как работа всех остальных блоков формализована.

ВЫВОДЫ

Исследование стеганографических алгоритмов для звуковых контейнеров является перспективной задачей, решение которой затрудняется сложными алгоритмами сжатия, с одной стороны, и необходимостью работы в реальном времени – с другой. Тем не менее проведенные исследования формата WAVE показали перспективность применения двухкомпонентного контейнера для реализации

стеганографических систем, работающих в реальном времени, что позволило сформулировать направление дальнейших исследований. В статье определены два подхода к встраиванию скрытой информации в системы со сжатием для звукового файла формата MP3 на основе ГОСТ.

Список источников

1. Fridrich J. Steganography in digital media. Principles, Algorithms and applications. New York : Cambridge university press, 2010. 437 p.
2. Johnson N., Duric Z., Jajodia S. Information Hiding Steganography and Watermarking-Attacks and Countermeasures. Kluwer Academic Publishers, 2001. 129 p.
3. Грибунин В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. Москва : Солон-Пресс, 2002. 260 с.
4. Караулова О. А, Шакурский М. В. Особенности использования стеганографии в звуке // Сборник II Всероссийской научно-практической конференции «Теория и практика обеспечения информационной безопасности». 2022. С. 14–21.
5. 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.1, №1. С. 118–124.
6. 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) / KNURE, Kharkov. 2014. p. 309–311.
7. Устройство сокрытия информации : пат. 2546307 Российская федерация, МПК H04L 9/00, H04K 3/00 ; заявл. 10.06.2014 ; опубл. 10.04.2015 / Шакурский М. В., Шакурский В. К. 10 с. // Yandex.ru : патенты. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2546307C1_20150410 (дата обращения: 08.04.2023).
8. Способ скрытой передачи информации : пат. 2546306 Российская федерация, МПК H04L 9/00, H04K 3/00 ; заявл. 10.06.2014 ; опубл. 10.04.2015 / Шакурский М. В., Шакурский В. К. 12 с. //

Yandex.ru : патенты. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2546306C1_20150410 (дата обращения: 08.04.2023).

9. Шакурский, М. В., Шакурский В. К. Оценка стойкости стеганографической системы // Успехи современной радиоэлектроники. 2015. № 11. С. 87–91.
10. Шакурский М. В. Двухкомпонентная стеганографическая система встраивания информации в младшие биты звукового сигнала // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2021. №4 (48). С. 72–78.
11. Шакурский М. В., Караулова О. А., Карташевская Е. С. Устойчивость двухкомпонентной стеганографической системы к несанкционированному извлечению информации // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2022. №4 (52). С. 20–27.

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Шик Владислав Геннадьевич, аспирант
Поволжский государственный университет сервиса
445017, Россия, Тольятти, kaf_iies@tolgas.ru

Аннотация. Описаны основные особенности, и приведено определение многоуровневых систем обеспечения безопасности, включая мобильные подсистемы. Показано, что повышение эффективности обнаружения и идентификации следует рассматривать на алгоритмическом уровне последовательно как задачу декомпозиции, а затем композиции. Необходимой признана разработка алгоритмов обнаружения для мобильных подсистем.

Ключевые слова: многоуровневая система, мобильная подсистема, обнаружение, идентификация, машинное обучение.

ABOUT SOME FEATURES OF MULTILEVEL SECURITY SYSTEMS

SHIC Vladislav Gennadievich, PhD student
Volga Region State University of Service
445017, Russia, Togliatty, kaf_iies@tolgas.ru

Abstract. The main features are described and the definition of multilevel security systems, including mobile subsystems, is given. It is shown that increasing the efficiency of detection and identification should be considered at the algorithmic level sequentially as a task of decomposition, and then composition. The development of detection algorithms for mobile subsystems is recognized as necessary.

Keywords: multilevel system, mobile subsystem, detection, identification, machine learning.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире все большее значение уделяется различным системам обеспечения безопасности, поскольку постоянно возрастают

возможности совершения различных правонарушений, включая террористические акты и другие противоправные действия против жизни людей, их имущества, а также направленных на другие действия по уничтожению имущества предприятий и организаций, нарушению стабильности их работы. Проблемы обеспечения безопасности касаются практически всех областей человеческой деятельности.

МНОГОУРОВНЕВЫЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Для обеспечения безопасности используют интегрированные системы безопасности (ИСБ), которые представляют собой совокупность технических средств и обеспечения безопасности объекта, объединяемых в общую информационную среду с использованием общего программного комплекса. Классически в такую систему входят подсистемы: контроля и управления доступом, видеонаблюдения, охранной сигнализации, пожарной сигнализации, сбора и обработки данных. Помимо названных возможны подсистемы обеспечения функций аварийного освещения и гарантированного электропитания, часофикации, передачи данных [1, 2].

Многоуровневые системы обеспечения безопасности целесообразно использовать для объектов, имеющих повышенную опасность в связи с производственными циклами (химические, нефтехимические предприятия, предприятия оборонного комплекса), электростанций и объектов энергообеспечения, объектов транспортной инфраструктуры (аэропорты, железнодорожные и автобусные вокзалы, а также линии городского наземного транспорта), других объектов, нуждающихся в обеспечении повышенной безопасности.

Следует отметить, что в «классическом» понимании ИСБ взаимодействие отдельных подсистем слабо «прописано», не указываются особенности их взаимодействия в условиях проникновения на объект потенциальных нарушителей, что в целом снижает эффект от применения таких систем. Использование общего программного обеспечения, как было отмечено выше, не служит «алгоритмическим» ядром системы, а только обеспечивает некоторый единый функционал по обработке поступивших в различные подсистемы данных. Важнейшей составляющей ИСБ являются системы видеонаблюдения [3–5].

В связи с вышесказанным возникает необходимость проведения анализа совместной, «совокупной» работы отдельных подсистем в многоуровневых системах обеспечения безопасности, разработки и исследования алгоритмов повышения эффективности обнаружения и идентификации объектов. Под многоуровневыми системами обеспечения безопасности будем понимать такие системы, в которых функционирование отдельных подсистем, включая мобильные подсистемы: дроны, беспилотные автомобили и роботы, – объединено общими алгоритмами обнаружения объектов, позволяющих значительно повысить эффективность системы в целом. Многоуровневые системы обеспечения безопасности предположительно могут быть использованы для охраны объектов с большой территорией, включая, например, охрану государственной границы страны и другие специфические области применения [6–12].

Относительно основной задачи – разработки и исследования алгоритмов повышения эффективности обнаружения и идентификации – следует отметить, что задача распадается на ряд второстепенных. Рассматривая повышение эффективности обнаружения, следует рассматривать как видеоподсистему, так и подсистему датчиков обнаружения, прежде всего радиотехнических. Для них следует сформулировать отдельные «частные» алгоритмы. Далее следует разработать алгоритмы обнаружения для мобильных средств как летающих, так и перемещающихся по земле либо по отдельным проложенным трассам. Говоря об алгоритмах, позволяющих идентифицировать объект, следует учитывать технические возможности видеокамер, условия окружающей среды, а также движение видеокамеры на мобильных средствах. В целях повышения эффективности обнаружения объектов-нарушителей могут использоваться методы машинного обучения для распознавания объектов, для которых можно использовать различные алгоритмы машинного обучения и методы извлечения признаков, содержащих множество комбинаций для создания точной модели обнаружения объектов. Достоинством данных методов является достижение точных результатов при использовании минимального количества данных.

В результате последовательность выполнения исследования можно описать следующим образом. Проводится изучение источников

по теме исследования, и формулируются основные проблемы, возникающие в ходе анализа, а также формируются основные задачи. Затем проводится разработка новых алгоритмов, служащих повышению эффективности обнаружения и идентификации в названных подсистемах: видеонаблюдения, датчиков обнаружения и мобильной подсистемы. Рассматривается возможность создания общих алгоритмов. В заключение осуществляется исследование полученных алгоритмов прежде всего путем математического моделирования, и делаются выводы по результатам исследования.

ВЫВОДЫ

Реализация поставленных задач позволяет значительно повысить уровень защищенности охраняемых объектов, а включение компонентов мобильной подсистемы делает проводимое исследование достаточно нестандартным и актуальным.

Список источников

1. Ворона В. А., Тихонов В. А. Комплексные (интегрированные) системы обеспечения безопасности. Москва : Горячая линия – Телеком, 2018. 160 с.
2. Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности : учебное пособие / Жилинская Я. А. [и др.]. Пермь : ПНИПУ, 2012. 401 с.
3. Кругль Г. Профессиональное видеонаблюдение – 2. Москва : Security Focus, 2021. 626 с.
4. Попов А. Моя азбука видеонаблюдения. Москва : Алгоритм безопасности, 2013. 248 с.
5. Дамьяновски Владо. Библия видеонаблюдения - 3. Москва : Security Focus, 2022. 546 с.
6. Воловач В. И. Накапливающаяся вероятность обнаружения объектов в зоне контроля радиотехнических охранных устройств // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2011. Т. 7, № 1. С. 17–20.
7. Артюшенко В. М., Воловач В. И., Иванов В. В. Статистические характеристики длительностей выбросов огибающих сигналов, отраженных от протяженных объектов // Радиотехника. 2015. № 2. С. 54–61.

8. Воловач В. И. Реализация оптимальной структуры обнаружения радиотехнических устройств охранной сигнализации // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2009. Т. 5, № 2. С. 43–49.
9. Воловач В. И. Характеристики обнаружения радиотехнических устройств охраны и повышение эффективности их работы посредством адаптации к изменяющейся помеховой обстановке // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2011. Т. 7, № 3. С. 25–31.
10. Воловач В. И. Оценка достоверности обнаружения объектов двухканальными радиотехническими устройствами турникетного типа // Радиопромышленность. 2013. № 3. С. 145–155.
11. Artyushenko V. M., Volovach V. I., Shakurskiy M. V. Analysis of Influence of Uncorrelated Additive non-Gaussian Noise on Accuracy of Motion Parameters Measurement in Short-Range Radio Systems : The electronic version of the article DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147279 // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, Russia, 2015. 4 pp. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7147279>. Date Added to IEEE Xplore: 02.07.2015.
12. Артюшенко В. М., Воловач В. И. Анализ параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от движущегося протяженного объекта // Журнал радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 5.