



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.7

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ: ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ

<sup>1</sup>Баженов А.Э., Тамбовцев Д.А.

ФГБОУ ВО «ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ», Самара, Россия (443010, г. Самара ул. Льва Толстого, 23), e-mail: <sup>1</sup>artembazhenov2000@gmail.com

В статье рассматривается развитие беспроводных и проводных сетей в контексте глобальной цифровизации. Анализируются ключевые аспекты моделирования и оптимизации сетей Wi-Fi и LTE, включая статистические методы для оценки производительности и анализа трафика. Особое внимание уделено новым стандартам Wi-Fi 6 и Wi-Fi 6E, которые обещают значительное увеличение пропускной способности и улучшенную устойчивость к помехам. В статье также обсуждается влияние технологий 5G и развития искусственного интеллекта на оптимизацию сетевых операций, а также роль проводного интернета в поддержании стабильности и надежности коммуникационных систем.

Ключевые слова: Беспроводные сети, проводной интернет, Wi-Fi 6 и 6E, LTE и 5G, искусственный интеллект, моделирование сетей, оптимизация сетей, технологии связи.

## MODELING AND OPTIMIZATION OF WIRELESS NETWORKS: TECHNOLOGIES AND METHODS

<sup>1</sup>Bazhenov A.E., Tambovtsev D.A.

VOLGA REGION STATE UNIVERSITY OF TELECOMMUNICATIONS AND INFORMATICS, Samara, Russia (443010, Samara, Lva Tolstogo str., 23), e-mail: <sup>1</sup>artembazhenov2000@gmail.com

The article examines the development of wireless and wired networks in the context of global digitalization. It analyzes key aspects of modeling and optimizing Wi-Fi and LTE networks, including statistical methods for performance assessment and traffic analysis. Special attention is given to the new Wi-Fi 6 and Wi-Fi 6E standards, which promise significant increases in bandwidth and improved interference resistance. The article also discusses the impact of 5G technologies and the development of artificial intelligence on network operation optimization, as well as the role of wired internet in maintaining the stability and reliability of communication systems.

Keywords: Wireless networks, wired internet, Wi-Fi 6 and 6E, LTE and 5G, artificial intelligence, network modeling, network optimization, communication technologies.

В эпоху глобальной цифровизации, беспроводные сети, такие как Wi-Fi и LTE, являются основой для мобильной связи и доступа к данным. Эти технологии постоянно развиваются, причем каждое новое поколение предлагает улучшения в скорости передачи данных и устойчивости к помехам. Основной задачей для специалистов в области телекоммуникаций является моделирование и оптимизация этих сетей для достижения максимальной производительности [1].

Моделирование сетей Wi-Fi и LTE включает в себя статистические методы для оценки производительности и анализа трафика. Современные стандарты Wi-Fi, такие как 802.11ac (Wi-Fi 5), 802.11ax (Wi-Fi 6) и (Wi-Fi 6E) обеспечивают улучшенную пропускную способность

и надежность, что требует точного анализа и тестирования в условиях высокой загрузки сети. Согласно данным Wi-Fi Alliance, Wi-Fi 6 способен увеличить общую производительность сети на 40-50% в условиях высокой плотности устройств, а также повысить устойчивость к помехам [2].

Wi-Fi 6E, расширяя возможности Wi-Fi 6, добавляет доступ к частотному спектру 6 ГГц, что увеличивает количество каналов и снижает помехи, идеально подходя для задач с высокими требованиями к пропускной способности и низкой задержке. По оценкам экспертов, дополнительные каналы 6 ГГц могут удвоить или даже утроить пропускную способность в средах с высокой нагрузкой, по сравнению с Wi-Fi 6. Разрабатываемый стандарт Wi-Fi 7 (802.11be) обещает ещё большую скорость и эффективность, с новыми технологиями управления каналами и передачи данных, такими как 320 МГц каналы и улучшенный многопользовательский MIMO, что делает его идеальным для применений, требующих максимальной пропускной способности и минимальной задержки.

Адаптивные алгоритмы Beamforming и MIMO (множественный ввод/множественный вывод), активно используемые в современных беспроводных сетях Wi-Fi 6 и LTE-Advanced, динамически изменяют направление и распределение сигнала, улучшая покрытие и снижая помехи. Исследования показали, что Beamforming снижает уровень помех на 30-40% в условиях высокой плотности устройств. Технология MIMO использует несколько антенн для передачи и приема данных, улучшая скорость передачи и качество соединения. Ее расширенный вариант, MU-MIMO, позволяет маршрутизатору передавать данные одновременно нескольким устройствам, улучшая общую пропускную способность и стабильность сети [3].

Переход от LTE к 5G ознаменовал новую эпоху в развитии мобильной связи, предлагая не только значительно увеличенные скорости передачи данных (средние скорости — 1-2 Гбит/с, а пиковые — до 10 Гбит/с) и сниженные задержки (до 1 мс), но и возможность интеграции с интернетом вещей (IoT), что делает возможным подключение до миллиона устройств на квадратный километр. Согласно исследованиям, к 2023 году ожидается, что более 1,5 миллиарда человек будет пользоваться сетями 5G, что составляет около 40% населения земного шара. Это требует новых методов моделирования сетевых нагрузок и анализа трафика, чтобы специалисты могли эффективно управлять ресурсами в условиях резкого роста числа устройств и объема данных. Тестирование в реальных условиях показало, что 5G обеспечивает до пятикратного увеличения скорости по сравнению с LTE при одновременном снижении задержки на 50-90%, что открывает новые возможности для таких областей, как автономный транспорт, телемедицина и промышленный интернет вещей (IIoT).

Перспективы моделирования и оптимизации беспроводных сетей во многом зависят от развития искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО), которые могут существенно усовершенствовать процессы анализа и адаптации сетей. Системы на основе ИИ способны выявлять паттерны в потоках данных и предсказывать пиковые нагрузки, автоматически перенаправляя трафик или корректируя параметры сети в реальном времени. Внедрение алгоритмов МО в сети одного из европейских операторов связи привело к снижению перегрузок на 30% и увеличению эффективности использования частотного спектра на 20%. Кроме того, использование ИИ помогает распознавать аномалии и предвидеть потенциальные сбои, что позволяет операторам проактивно реагировать на проблемы, минимизируя время простоя [4-5].

Проводной интернет, использующий Ethernet технологию, обеспечивает стабильное и высокоскоростное подключение, что делает его предпочтительным выбором для организаций, требующих надежной связи. Стандарты Ethernet, такие как 1000BASE-T (1 Гбит/с) и более новые 10GBASE-T и 100GBASE-T, предлагают значительно высшие скорости передачи данных по сравнению с большинством домашних Wi-Fi сетей. Тем не менее, последние разработки в области Wi-Fi, такие как Wi-Fi 6 и предстоящий Wi-Fi 7, начинают серьезно конкурировать с проводными соединениями, предлагая сопоставимые скорости передачи данных и значительно улучшенную устойчивость к помехам. Wi-Fi 6, например, может достигать скоростей до 9.6 Гбит/с на теоретическом уровне, что приближает его к скоростям, доступным в современных проводных сетях. Однако в реальных условиях скорость Wi-Fi часто ограничивается расстоянием до маршрутизатора и количеством препятствий, таких как стены и другие помехи, что редко является проблемой для проводных сетей [6].

Современные методы моделирования и оптимизации сетей продолжают развиваться, чтобы справляться с ростом спроса на высокоскоростную связь и стабильную передачу данных. Эта тенденция усиливается с развитием сетей 5G и проникновением технологий интернета вещей, создавая новые возможности для повышения производительности и надежности беспроводных сетей в ближайшие годы.

### Список литературы

1. Влияние 5G на Wi-Fi 6 (802.11ax). Электронный ресурс. URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-5g-na-wi-fi-6-802-11ax/viewer] (дата обращения: 09.05.2024).
2. Всё, что нужно знать о Wi-Fi 6. Электронный ресурс. URL: [https://lifelife.ru/wi-fi-6/] (дата обращения: 09.05.2024).
3. The Impact of 5G Technology on Wi-Fi 6 Deployments. Электронный ресурс. URL: [https://www.mdpi.com/1999-5903/14/10/293] (дата обращения: 09.05.2024).
4. LTE в смартфоне: что это такое и как работает. Электронный ресурс. URL: [https://www.mvideo.ru/blog/pomogaem-razobratsya/lte-v-smartfone-chto-eto-takoe-i-kak-rabotaet] (дата обращения: 09.05.2024).
5. Стандарты Wi-Fi. Электронный ресурс. URL: [https://1234g.ru/wifi/standarty-wifi] (дата обращения: 09.05.2024).
6. Технология MIMO: что это и зачем нужно. Электронный ресурс. URL: [https://dalsvyaz.ru/articles/tekhnologiya-mimo-chto-eto-i-zachem-nuzhno] (дата обращения: 09.05.2024)..

### References

1. The Impact of 5G on Wi-Fi 6 (802.11ax). Electronic resource. URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-5g-na-wi-fi-6-802-11ax/viewer] (accessed: 09.05.2024).
2. Everything You Need to Know About Wi-Fi 6. Electronic resource. URL: [https://lifelife.ru/wi-fi-6/] (accessed: 09.05.2024).
3. The Impact of 5G Technology on Wi-Fi 6 Deployments. Electronic resource. URL: [https://www.mdpi.com/1999-5903/14/10/293] (accessed: 09.05.2024).

4. LTE in Smartphones: What It Is and How It Works. Electronic resource. URL: [https://www.mvideo.ru/blog/pomogaem-razobratsya/lte-v-smartfone-cto-eto-takoe-i-kak-rabotaet] (accessed: 09.05.2024).
  5. Wi-Fi Standards. Electronic resource. URL: [https://1234g.ru/wifi/standarty-wifi](accessed: 09.05.2024).
  6. MIMO Technology: What It Is and Why It Is Needed. Electronic resource. URL: [https://dalsvyaz.ru/articles/tekhnologiya-mimo-cto-eto-i-zachem-nuzhno] (accessed: 09.05.2024).
-