

УДК 621.321

Резников Денис Александрович, Леонова Антонина Валерьевна,
Шпаковская Оксана Юрьевна

**РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
В ПОМЕЩЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХ-
НОЛОГИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

Целью работы является исследование прохождения радиосигнала от аппаратно-программного комплекса для поддержания заданных климатических параметров в помещении на базе беспроводной сети Wi-Fi, функционирующей в диапазоне 2,4 ГГц, со значительным скоплением людей. Задачи включают выбор аппаратных средств (Intel(R) Dual Band Wireless-N 7260, Точки доступа MikroTik mAP 2nd, MikroTik 951ui-2hnd), программных средств (NetSpot v. 3.1) и тестирование системы в различных условиях эксплуатации. Результаты показали, что большое скопление людей негативно сказывается на скорости передачи данных и качестве связи ухудшает производительность и устойчивость сети. Таким образом, предложенная система является показателем к выбору конфигурации беспроводной сети для создания надежной и эффективной сети в области Интернета вещей, обеспечивая оптимальный баланс между производительностью и надежностью.

Скорости передачи данных, Wi-Fi сеть, производительность сети, качество связи, MikroTik, уровень сигнала.

Reznikov Denis Alexandrovich, Leonova Antonina Valeryevna,
Shpakovskaya Oksana Yuryevna

**DEVELOPMENT OF A HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX
FOR MAINTAINING SPECIFIED CLIMATE PARAMETERS IN A
ROOM USING WIRELESS DATA TRANSMISSION TECHNOLOGIES**

The aim of the study is to transmit a radio signal from a hardware and software complex in order to maintain specified climatic parameters in a room, using a wireless Wi-Fi network that operates in the 2.4 GHz band in the presence of a significant number of people. Tasks include selecting appropriate hardware (Intel(R) Dual Band Wireless-N 7260, MikroTik mAP2nd access points, MikroTik 951ui-2hnd) and software (NetSpot

v. 3.1), as well as testing the system under various operating conditions. The results indicate that a large number of people can negatively affect data transfer speed and communication quality, impairing network performance and stability. As such, the proposed system serves as an indicator for selecting a wireless network configuration in order to create a reliable and efficient Internet of Things network, providing an optimal balance between performance and reliability. Data transfer rates, wireless network performance, network stability, communication quality, and MikroTik are all relevant terms to consider in this context.

Введение. С развитием Интернета вещей (IoT) количество подключенных устройств увеличивается, создавая высокие требования к качеству связи. Поскольку произвольный выбор частот невозможен из-за жесткого регулирования и лицензирования [1], наиболее используемым безлицензионным диапазоном остается 2.4 ГГц. Диапазон занят множеством устройств, таких как Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee и другие [2], что приводит к увеличению загруженности и зашумленности спектра, снижая дальность работы, ухудшая качество связи и увеличивая вероятность коллизий.

Для минимизации этих негативных факторов и обеспечения надежной связи разрабатываются новые стандарты и технологии, способные эффективно работать в условиях высокой загруженности спектра. Одним из перспективных направлений является использование технологии организации диспетчера (CAPsMAN) управляемых точек доступа.

Для реализации данного решения используются популярные и доступные компоненты. В качестве диспетчера микроконтроллера выбран MikroTik 951ui-2hnd, в качестве точек доступа выбраны MikroTik mAP 2nd, данная аппаратная платформа обеспечивает гибкую настройку параметров связи, удобный способ питания удаленных точек доступа по технологии POE.

Ячеистая сеть обладает рядом преимуществ, это единое Wi-Fi-покрытие под одним SSID, состоящее из ячеек, развёрнутых несколькими равноправными устройствами-узлами. Между собой узлы соединяются по воздуху через отдельный канал, но можно использовать и проводную связь. Стабильная связь модулей аппаратно-программного комплекса – это ключевой фактор в успешном управлении климатическими параметрами в помещении.

Описание экспериментальной установки и аппаратных средств.

Для реализации установки использовались доступные и недорогие компоненты, что снизило затраты и упростило воспроизводимость эксперимента.

Изначально использовалась беспроводная связь на базе MikroTik 951ui-2hnd, однако его мощности на существующий размер помещения оказалось недостаточно. Поэтому зону его покрытия поэтапно расширили тремя дополнительными точками доступа MikroTik mAP 2nd.

Использовались стандартные встроенные антенны, с усилением 1.2 dBi.

Для визуализации применялось программное обеспечение NetSpot v.3.1, обеспечивающая удобный вывод информации в виде тепловых карт.

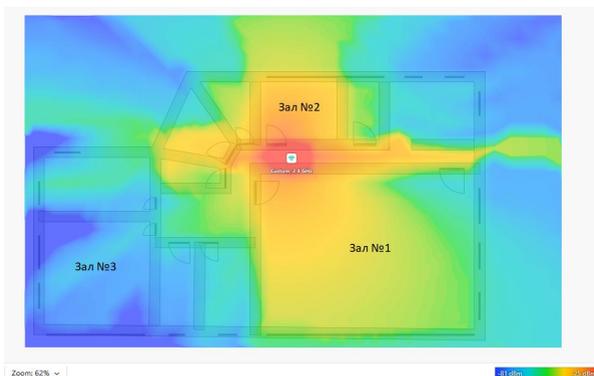
Эксперименты проводились в здании со сложным расположением помещений, большим количеством перегородок и количеством людей до 150 человек.

Этот подход позволил провести комплексное исследование качества сети на базе доступных компонентов.

Тестирование, анализ и результаты. Для оценки качества связи проводилось тестирование с использованием разного количества точек доступа и разного количества людей в помещении.

На рис. 1 представлена тепловая карта распространения сигнала в пустом помещении с одной точкой доступа. Как можно заметить, уровень сигнала в смежных помещениях на достаточно низком уровне, который не сможет обеспечить достаточного качества связи модулей комплекса с центральным блоком.

На рис. 2 представлена тепловая карта распространения сигнала в пустом помещении с двумя точками доступа. Большинство помещений покрыты сетью с достаточным уровнем сигнала. Использование двух точек доступа является достаточным в случае отсутствия большого количества людей. Но в случае увеличения количества людей в помещении качество покрытия существенно ухудшилось. Карта покрытия на рисунке 4 показывает, что уровень сигнала в отдаленных помещениях упал до -80 dBm. Использование 2 точек доступа является не достаточным в случае присутствия большого количества людей.



Рису. 1. Тепловая карта распространения радиосигнала от одной точки доступа

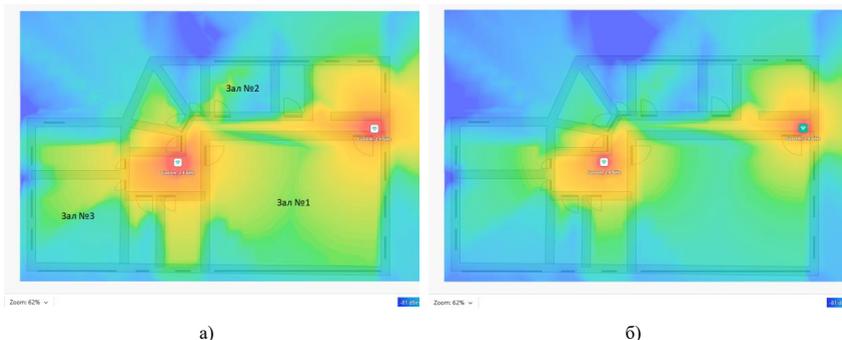


Рис. 2. а) -Тепловая карта распространения сигнала от двух точек доступа; б) – Тепловая карта распространения сигнала от двух точек доступа при скоплении большого количества людей

На рис. 3 представлена тепловая карта распространения сигнала от трех точек доступа. Как можно заметить все помещения покрыты сетью с хорошим уровнем сигнала. Использование 3 точек доступа является достаточным в случае отсутствия большого количества людей. В случае скопления большого количества людей (рис. 4), качество покрытия существенно не ухудшилось. Уровень сигнала в даже в отдаленных находится на уровне уверенного приема. Для данной конфигурации помещения использование 3 точек доступа является наиболее удачным выбором.

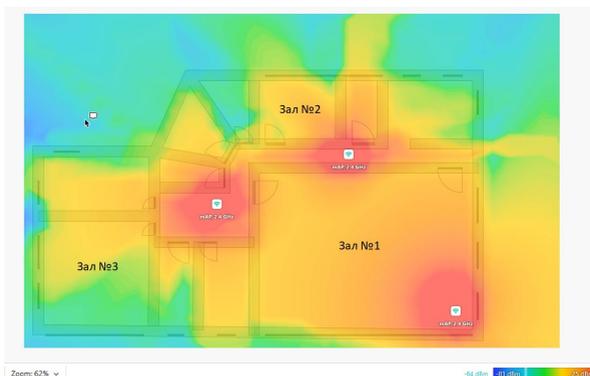


Рис.3. Тепловая карта распространения сигнала от трех точек доступа

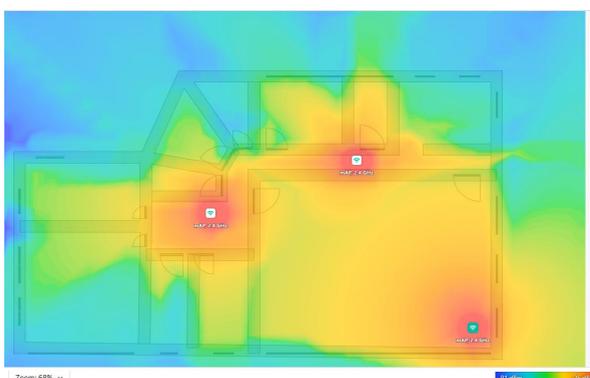


Рис. 4. Тепловая карта распространения сигнала от трех точек доступа при скоплении большого количества людей

Заключение. Экспериментальные исследования подтвердили гипотезу о том, что большое (100-150 чел.) скопление людей негативно влияет на качество сигнала Wi-Fi сети.

Количество точек доступа влияет на уровень сигнала. Увеличение количества точек доступа улучшает уровень сигнала, но в то же время увеличивает взаимное влияние точек доступа друг на друга, что снижает качество связи

Экспериментальное определение качества Wi-Fi сигнала в помещении для установки АПК «Погода в офисе» показало возможность эффективно

использовать разработку в сложных помещениях с наличием перегородок и преград.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Kortuem G., Kawsar F., Sundramoorthy V., and Fitton D.* Smart objects as building blocks for the internet of things // *IEEE Internet Computing*, vol. 14, no. 1, pp. 44–51, Feb. 2010

2. *Darroudi S. M., & Gomez C.* (2017). Bluetooth Low Energy Mesh Networks: A Survey. // *Sensors*, 17(7), 1467

3. Экспериментальные исследования влияния влажности стеновых строительных материалов на прохождение радиоволн нвч диапазона Сатюков А.И., Приступа А.Л., Журко В.П., Бивалькевич М.А. *Технические науки и технологии*. 2018. № 1 (11). С. 252-263.

4. Оценка затухания радиосигнала при прохождении через стену Семенко А.И., Смелянский А.А. Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2014. № 7 (85). С. 78-82.

5. Разработка и исследование математической модели прохождения гармоничных радиосигналов при наличии многих объектов Любчик В.Р. *Вестник Хмельницкого национального университета Технические науки*. 2013. № 6 (207). С. 139-146.

6. Исследование характера зависимости коэффициента прохождения электромагнитной энергии через радиопрозрачную крышку от частоты радиосигнала и типа поляризации Кабалин с.в.антенны. 2013. № 1 (188). С. 041-045.

7. Исследование прохождения радиосигнала с большой девиацией фазы в смеси с флуктуационной помехой в однополосном приемнике с амплитудно-фазовой модуляцией Ерохов Е.В. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казань, 2002

8. Исследование вариаций параметров радиосигналов очень низкочастотного диапазона под влиянием гелио- и геофизической активностей Корсаков А.А. НИР: грант № 14-05-31056. Российский фонд фундаментальных исследований. 2014.

9. Экспериментальное исследование рассеяния радиосигнала *gpr* на ионосферных неоднородностях, вытянутых по магнитному полю Ишин А.Б., Афраймович Э.Л., Тинин М.В., Ясюкевич Ю.В. В сборнике: *Международная Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. Труды XI конференции молодых ученых "Гелио- и геофизические исследования"*. Иркутск, 2009. С. 87-90.

10. Исследование влияния характеристик радиоканала на эффективность мас-протокола сетей 5g new radio. Ахпашев Р.В., Дроздова В.Г., Лошкарев А.В. В сборнике: Современные проблемы телекоммуникаций. Материалы Международной научно-технической конференции. Новосибирск, 2020. С. 148-154.

Резников Денис Александрович – магистрант, кафедра встраиваемых и радиоприемных систем Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Россия, г. Таганрог, ул. Энгельса, 1; 347900; e-mail: dreznikov@sfedu.ru.

Леонова Антонина Валерьевна – кандидат технических наук, доцент, кафедра встраиваемых и радиоприемных систем Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Россия, г. Таганрог, ул. Энгельса, 1; 347900; e-mail: leonova@sfedu.ru.

Шпаковская Оксана Юрьевна – аспирант, кафедра встраиваемых и радиоприемных систем Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Россия, г. Таганрог, ул. Энгельса, 1; 347900; e-mail: oshpakovskaya@sfedu.ru;

Reznikov Denis Alexandrovich – undergraduate student, Department of Embedded and Radio Receiving Systems Federal State Educational Institution of Higher Education "Southern Federal University", Russia, Taganrog, Engels str., 1; 347900; e-mail: dreznikov@sfedu.ru .

Leonova Antonina Valeryevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Embedded and Radio Receiving Systems Federal State Educational Institution of Denis Alexandrovich Higher Education "Southern Federal University", Russia, Taganrog, Engels str., 1; 347900; e-mail: leonova@sfedu.ru .

Shpakovskaya Oksana Yuryevna – postgraduate student, Department of Embedded and Radio Receiving Systems Federal State Educational Institution of Higher Education "Southern Federal University", 1 Engels str., Taganrog, Russia; 347900; e-mail: oshpakovskaya@sfedu.ru.