

УДК 004.021

doi 10.54708/22259309_2025_23392

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ЗОНЫ ПОКРЫТИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ТОЧКИ ДОСТУПА С УЧЕТОМ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОБЪЕКТОВ ВНУТРЕННЕЙ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ

Д. И. Мухаметов¹, Д. М. Вахитов²

¹seems clever@mail.ru, ²zehiro@yousoro.ru

^{1,2}ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНиТ)

Аннотация. В рамках исследования рассматривается разработка алгоритма для построения зоны покрытия беспроводной точки доступа с учетом пропускной способности объектов внутренней конструкции здания. В статье описан процесс расчета радиуса покрытия и создания буферных зон для каждого маршрутизатора, что позволяет улучшить качество беспроводной связи и снизить количество «слепых зон». Основой для расчетов служат методы вычисления потерь сигнала в свободном пространстве, обеспечивающие равномерное покрытие и оптимизацию инфраструктуры Сети. Также рассмотрены перспективы внедрения более сложных моделей, учитывающих влияние препятствий на распространение сигнала, для дальнейшего повышения точности алгоритма.

Ключевые слова: беспроводная сеть; зона покрытия; алгоритм; пропускная способность; модель распространения сигнала; оптимизация инфраструктуры; локальная сеть.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире беспроводные сети играют важную роль в обеспечении доступа к Интернету и передаче данных. Одним из ключевых аспектов при развертывании беспроводной сети является оценка зоны покрытия точки доступа. Зона покрытия определяет область, в пределах которой пользователи могут получить доступ к Сети. Разработка алгоритма для построения зоны покрытия беспроводной точки доступа имеет большое значение для эффективного планирования беспроводных сетей.

Проектирование структуры локальной сети становится более актуальным в связи с постоянным ростом сетевых технологий и увеличением количества устройств, взаимодействующих в локальных сетях. Сетевым администраторам часто приходится иметь дело с уже спроектированными сетями. Моделирование сети с учетом пространственного расположения сетевых устройств может облегчить работу по оптимизации и улучшению производительности Сети.

ПЛАНИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЗОНЫ ПОКРЫТИЯ WI-FI В ПОМЕЩЕНИЯХ

В настоящее время технология Wi-Fi является одним из наиболее популярных способов обеспечения беспроводной связи между сетевыми устройствами. Основанный на стандартах IEEE 802.11, Wi-Fi обеспечивает передачу данных через радиоволновой канал, что позволяет устройствам связываться друг с другом без необходимости использования проводных соединений.

Одним из ключевых элементов беспроводной сети Wi-Fi являются точки доступа, которые обеспечивают интерфейс между беспроводными устройствами и проводной сетью. Мощность

сигнала, передаваемого точкой доступа, зависит от различных факторов, таких как частота передачи, наличие препятствий и другие аспекты, влияющие на распространение сигнала внутри помещения.

При планировании организации Сети внутри здания возникает необходимость в построении эффективной зоны покрытия для точек доступа. Эта задача становится критически важной для обеспечения стабильного и высококачественного беспроводного соединения внутри помещений. Распределение точек доступа и оптимальное построение их зон покрытия становятся ключевыми моментами для обеспечения равномерного покрытия территории и предотвращения возможных «слепых зон» с плохим качеством связи.

РАСЧЕТ ЗОНЫ ПОКРЫТИЯ WI-FI С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОРМУЛЫ ПОТЕРЬ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В качестве основы для расчета зоны покрытия используется формула расчета потерь в свободном пространстве (FSL), которая позволяет определить уровень мощности сигнала, принимаемого антенной в линии прямой видимости. Данная формула учитывает такие факторы, как частота передачи, расстояние между передатчиком и приемником, коэффициенты усиления передающей и принимающей антенн, чувствительность приемника. Формула имеет следующий вид:

$$FSL = 33 + 20 (\log_{10} F + \log_{10} D),$$

где

F – частота передачи, МГц;

D – расстояние между антennами, км.

FSL определяется по формуле:

$$FSL = P_t + G_t + G_r - P_{min} - SOM,$$

где

G_t – коэффициент усиления передающей антенны, дБ;

G_r – коэффициент усиления приёмной антенны, дБ;

P_t – мощность передающей антенны, Вт;

P_{min} – чувствительность приемника, дБ/мВт;

SOM – запас в энергетике, дБ.

Используя формулу для расчета потерь в свободном пространстве, выразили расстояние D . После проведения преобразований уравнения, получили следующее:

$$D = 10^{\left(\frac{P_t + G_t + G_r - P_{min} - SOM}{20} - \frac{33}{20} - \log_{10} F\right)}.$$

Данная формула позволяет определить максимальное расстояние, на котором возможно обеспечить заданный уровень мощности принимаемого сигнала, учитывая характеристики беспроводной точки доступа.

ПРИНЦИП И СТРУКТУРА РАБОТЫ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ЗОНЫ ПОКРЫТИЯ

В качестве платформы для реализации алгоритма были выбраны Quantum GIS (QGIS) и язык программирования Python. Данный выбор обусловлен несколькими ключевыми факторами, например, широкими возможностями QGIS для работы с географическими данными и мощной интеграцией с Python. Python имеет модуль для работы со слоями QGIS, что значительно облегчает реализацию алгоритма.

В рамках исследования в качестве исходных данных были собраны характеристики беспроводных маршрутизаторов. Эти данные включают в себя параметры, такие как мощность передатчика, коэффициенты усиления, частота работы и другие ключевые характеристики, которые влияют на радиус покрытия.

Поскольку некоторые характеристики не указываются в стандартной документации, использовались усредненные значения коэффициентов усиления передающей и принимающей

антенн, чувствительности приемника и запаса в энергетике. Для управления размерами зоны покрытия рассчитывался радиус зоны покрытия с последующей записью значений в таблицу атрибутов. Информационная модель необходимой для работы алгоритма базы данных представлена на рис. 1.

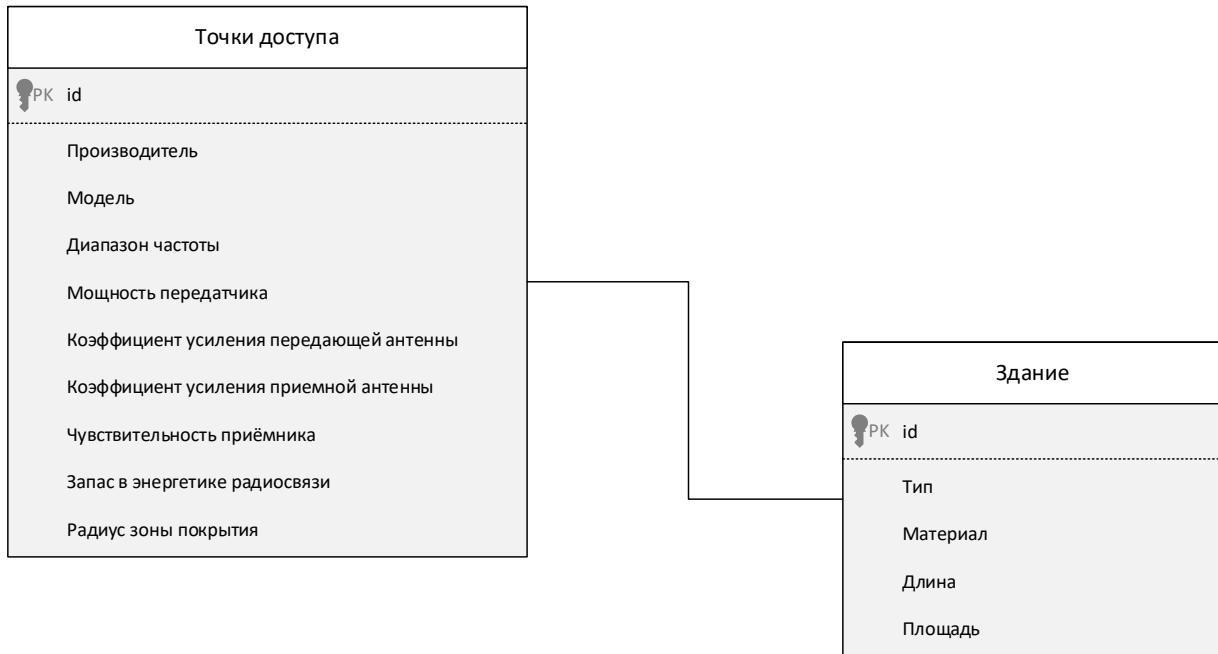


Рис. 1. Информационная модель базы данных

Разработанный алгоритм имеет следующую структуру:

1. Получение характеристик маршрутизатора: алгоритм извлекает из атрибутивной таблицы характеристики маршрутизатора, такие как частота, мощность передатчика, коэффициенты антенны и приемника, чувствительность приемника и запас мощности в энергии.
2. Расчет радиуса покрытия: на основе полученных характеристик производится расчет максимальной дальности покрытия маршрутизатора с помощью формулы (3).
3. Создание буфера зоны покрытия: для каждого маршрутизатора создается буферная зона покрытия на основе рассчитанного радиуса. Этот буфер представляет собой полигон, который описывает область, в пределах которой сигнал маршрутизатора считается приемлемым.

Блок-схема алгоритма представлена на рис. 2.

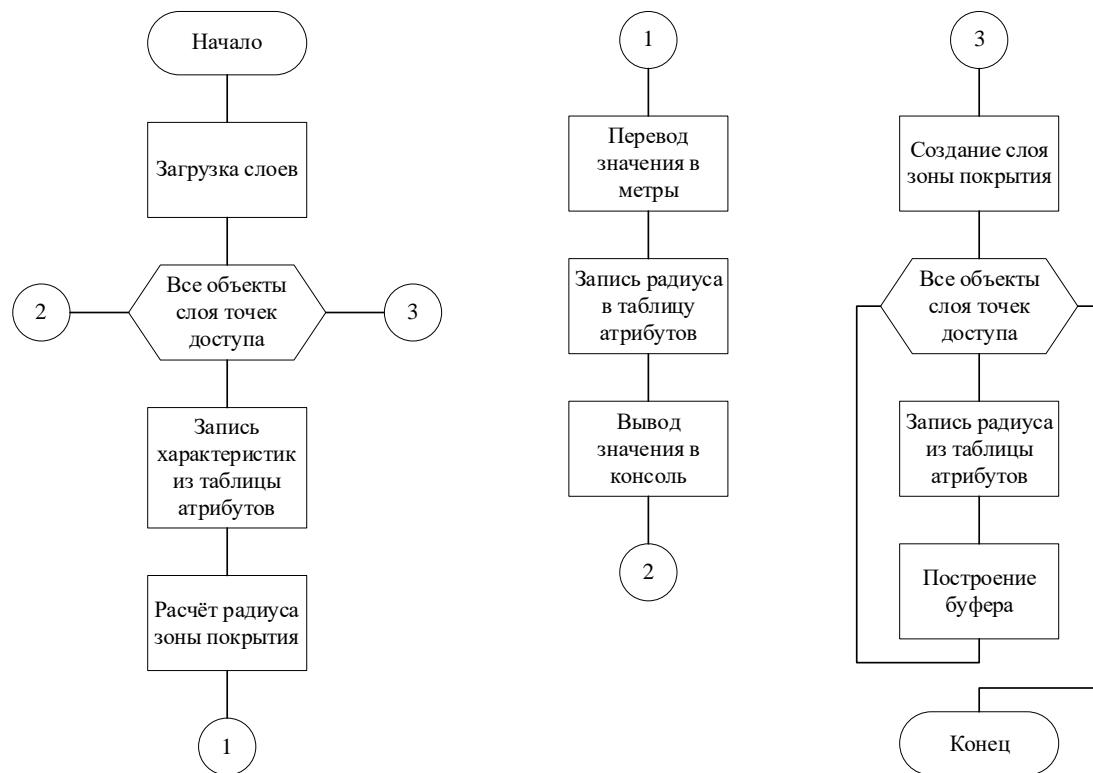


Рис. 2. Блок-схема алгоритма

Применив данный алгоритм к проекту QGIS, получили результат, представленный на рис. 3. В рамках исследования радиус зоны покрытия распространения сигнала в свободном пространстве составляет 20,46 метра. Представленные маршрутизаторы имеют характеристики: частота работы – 2450 МГц; мощность передатчика – 20 Вт; коэффициент усиления передающей антенны – 5 дБ; коэффициент усиления принимающей антенны – 3 дБ; чувствительность приемника – -55 дБ/мВт; запас в энергетике – 16 дБ.

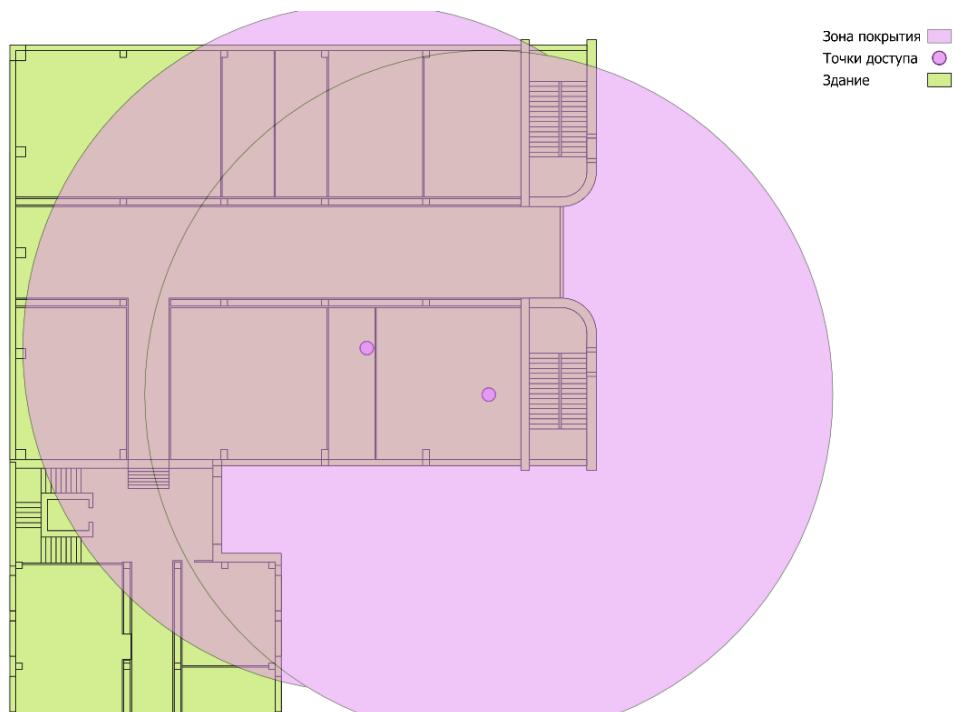


Рис. 3. Результат выполнения алгоритма

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ

В перспективе развития алгоритма для учета пропускной способности объектов внутренней конструкции здания, встречающихся на пути сигнала, следует внедрить в алгоритм более сложные модели распространения сигнала. Это может включать в себя использование теории электромагнитных полей и проведение более тщательных анализов воздействия препятствий на качество связи. Для реализации алгоритма построения зоны покрытия беспроводной точки доступа с учетом пропускной способности объектов, встречающихся на пути сигнала, возможно использовать иной подход, основанный на концепции построения лучей вместо буфера. В данном контексте предполагается создание модели, где радиусы действия точек доступа не рассматриваются непосредственно, а вместо этого формируются лучи, представляющие потенциальные направления распространения сигнала.

Основной идеей данного подхода является возможность определения взаимодействия лучей с объектами, находящимися на их пути, например, стенами. Для математической формализации учета препятствий, таких как стены, в процессе определения зоны покрытия беспроводной сети можем воспользоваться теорией множеств и математической операцией, такой как пересечение. Тогда, при наличии бинарного отношения «Перекрывается с», мы можем использовать операции над множествами для определения, находится ли объект на пути сигнала, и расчета длины распространения сигнала с учетом препятствий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье предложен алгоритм для построения зоны покрытия беспроводной точки доступа с учетом пропускной способности объектов внутренней конструкции здания. Представленные методики и результаты расчетов подтверждают важность учета пространственного расположения сетевых устройств для оптимизации работы локальной сети. В перспективе развития алгоритма предполагается внедрение более сложных моделей распространения сигнала, учитывающих препятствия на пути сигнала, что позволит существенно улучшить качество и стабильность беспроводной связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO/IEC 7498-4:1989. Information Processing Systems. Open Systems Interconnection. Basic References Model Part 4. OSI Management Framework.
2. Understanding Wireless Range Calculations. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.electronicdesign.com/technologies/communications/article/21796484/understanding-wireless-range-calculations> (дата обращения 13.05.2024).
3. Математическая логика и теория алгоритмов. [Электронный ресурс]. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/1601/4/1334887_schoolbook.pdf (дата обращения 13.05.2024).
4. Миронов В. В., Юсупова Н. И., Шакирова Г. Р. Ситуационно-ориентированные базы данных: концепция, архитектура, XML-реализация // Вестник УГАТУ. 2011. Т. 14. № 2 (37). С. 233–244.
5. Сердюк В. Применение средств мониторинга событий ИБ в качестве инструмента для эффективной защиты от интернет-угроз. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Power Point. URL: http://www.gosbook.ru/system/files/documents/2011/01/31/3_Serdiuk.ppt (дата обращения: 05.10.2012).
6. Ковалев Д. О. Выявление нарушений информационной безопасности по данным мониторинга информационно-телекоммуникационных сетей. М.: МИФИ, 2011. 170 с.
7. Mironov V. V., Shakirova G. R. Personalization technology of Open Office XML format documents on the basis of XSL Transformation // Proc. 12th Workshop on Computer Science and Information Technologies CSIT'2009, (Ufa-Krasnousolsk, Sep. 18–23 2009). Ufa: UGATU, 2009. Vol. 1. P. 177–181.
8. Комплексная защита крупных корпоративных сетей передачи данных / С. Д. Белов [и др.] // Системный анализ и информационные технологии САИТ-2009: 3-я Междунар. конф. (Звенигород, 14–18 сент. 2009). М.: МЭИУ, 2009. С. 20–29.

ОБ АВТОРАХ

МУХАМЕТОВ Данил Илгизович, студент кафедры ГИС, УУНиТ.

ВАХИТОВ Данил Маратович, студент кафедры ГИС, УУНиТ.

METADATA

Title: Development of an algorithm for constructing the coverage area wireless access point taking into account the throughput capacity of objects in the internal structure of the building.

Authors: D. I. Mukhametov¹, D. M. Vakhitov²

Affiliation:

^{1, 2} Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

Email: ¹seems clever@mail.ru, ²zehiro@yousoro.ru.

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 2 (33), pp. 92-97, 2025. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The research deals with the development of an algorithm for building the coverage area of a wireless access point taking into account the capacity of objects in the internal structure of a building. The paper describes the process of calculating the coverage radius and creating buffer zones for each router, which allows to improve the quality of wireless communication and reduce the number of "blind spots". The basis for calculations are methods of signal loss calculation in free space, providing uniform coverage and optimization of network infrastructure. We also consider the prospects of introducing more complex models that take into account the impact of obstacles on signal propagation to further improve the accuracy of the algorithm.

Key words: Wireless network; coverage area; algorithm; throughput; signal propagation model; infrastructure optimization; local network.

About authors:

MUKHAMEDOV, Danil Ilgizovich, GIS Department Student (UUST).

VAKHITOV, Danil Maratovich, GIS Department Student (UUST).