

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора РФЯЦ-ВНИИЭФ
– директор филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИС
им. Ю.Е. Седакова», доктор технических наук,
профессор



А.Ю. Седаков

2023 г.

О Т З Ы В

ведущей организации

на диссертационную работу Адёркиной Анастасии Александровны, «Разработка и исследование алгоритмов радиопланирования беспроводных сетей в метрополитене», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникации»

Актуальность избранной темы диссертации

Современное развитие сетей беспроводной связи различных поколений и увеличение зон их покрытия делает актуальной проблему разработки алгоритмов для определения оптимальной расстановки базовых станций (БС) с точки зрения минимизации количества используемых базовых станций при сохранении непрерывного и высококачественного соединения мобильной станции (МС) с БС при перемещении МС. Важность разработки таких алгоритмов особенно проявляется в тоннелях метрополитена, что обусловлено сложной геометрией пространства распространения радиосигнала (тоннелей) между поездами, выступающими в роли МС, и БС, размещенными вдоль линий метрополитена, а также высокой плотностью движения поездов.

Реализация требований, предъявляемых к беспроводным сетям описанного типа в метрополитене, сталкивается с задачей минимизировать требуемое количество БС, что обусловлено снижением финансовых затрат на разворачивание сети, при этом необходимо обеспечить итоговое непрерывное радиопокрытие исследуемой линии метрополитена беспроводной сетью заданного качества. Поэтому становятся актуальными, как с теоретической, так и с практической точки зрения, задачи синтеза алгоритмов радиопланирования, требующих, при этом, учета сложной геометрии среды распространения и удовлетворяющих условиям на относительно небольшие временные затраты на вычисление.

Диссертационная работа Адёркиной А.А. посвящена разработке и исследованию алгоритмов радиопланирования, то есть определению оптимального (по заданным критериям) количества БС и их расположения вдоль линий метрополитена. В рамках решаемой проблемы диссертационная работа

направлена на разработку алгоритмов проектирования беспроводных сетей в метрополитене, что соответствует области исследования по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникации».

Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов

Научная новизна работы состоит, прежде всего, в разработке алгоритмов, позволяющих синтезировать расстановку БС на линиях метрополитена, с помощью которой возможна организация непрерывного радиопокрытия линии. В частности:

1. Впервые предложена и обоснована математическая модель затухания радиосигнала диапазона 5–6 ГГц в тоннелях метрополитена, основанная на методах геометрической оптики. В отличие от существующих моделей, предложенная модель учитывает сложную геометрию тоннелей метрополитена и включает параметры, полученные при экспериментальном исследовании характеристик сигнала указанного диапазона в тоннелях метрополитена.

2. Разработан комплекс алгоритмов для определения оптимальной расстановки БС на линиях метрополитена, обеспечивающий непрерывное покрытие линий радиосетью при использовании минимально необходимого количества БС. Разработанный комплекс состоит из итеративного алгоритма определения координат БС и симулятора беспроводного трафика для корректировки расположения БС и формирования итоговой расстановки.

3. Разработан автоматизированный алгоритм на основе машинного обучения, который предсказывает величину PL между произвольными точками БС и МС по геометрическим параметрам области распространения. Использование разработанного автоматизированного алгоритма позволяет существенно сократить время определения оптимальной расстановки БС.

Новизна предложенных в работе алгоритмов подтверждена государственной регистрацией программы ЭВМ.

Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и заключений, содержащихся в диссертации

Обоснованность теоретических положений диссертационного исследования основывается на использовании классических методов теории распространения радиоволн, методах радиофизических измерений, цифровой обработки сигналов. Также, проведенные в работе исследования базируются на методах математического моделирования и натурных экспериментах.

Достоверность результатов обеспечена экспериментальной проверкой с использованием высокотехнологичной аппаратуры и подтверждена сопоставлением результатов математического моделирования с натурными испытаниями.

Результаты согласуются с современными научными представлениями и данными, полученными при обзоре отечественных и зарубежных источников. Полученные в работе результаты подтверждаются публикациями в научных изданиях, входящих в перечень, рекомендуемый ВАК.

Основные положения диссертации неоднократно докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях, включая международные.

По теме диссертации автором опубликовано 12 работ: 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК; 2 статьи в материалах международных научных конференций; 6 статей в материалах всероссийских научных конференций и в сборниках трудов региональных научных конференций.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики

Работа обладает как научной, так и практической ценностью.

Теоретическая значимость работы.

Полученные автором результаты имеют значение для развития теории проектирования беспроводных сетей. В частности, диссертантом:

1. Разработана, обоснована и экспериментально исследована математическая модель затухания сигнала диапазона 5–6 ГГц в тоннелях метрополитена. Показано, что предложенная модель затухания сигнала рассчитывает величину потерь мощности сигнала (PL) при распространении между точками передатчика и приемника на участках метрополитена различного типа со средней погрешностью 5 дБ относительно величин, измеренных экспериментально.

2. Разработан алгоритм оптимальной расстановки БС вдоль линий метрополитена, обеспечивающий непрерывное покрытие беспроводной сетью требуемого участка с помощью минимального количества БС.

3. Разработан симулятор беспроводного трафика в канале «поезд – БС» для мониторинга и анализа качества работы организованной беспроводной сети. Показано, что разработанный симулятор позволяет анализировать беспроводную сеть на наличие участков недостаточного покрытия.

4. Разработан автоматизированный алгоритм предсказания PL на основе методов машинного обучения. Показано, что средняя погрешность предсказываемых значений PL составляет 2 дБ относительно значений, рассчитанных с помощью разработанной математической модели затухания.

Практическая значимость работы.

К результатам работы, имеющие практическое значение:

1. Разработанный комплекс алгоритмов для расстановки БС сократил минимально необходимое количество БС на величину до 30% (в среднем 12%) относительно количества БС в их расстановке, выполненной существующими методами, при сохранении непрерывного покрытия линий беспроводной сетью.

2. Разработанный автоматизированный алгоритм позволил в среднем в 7 раз снизить время расчета задачи радиопланирования.

Содержащиеся в диссертации результаты внедрены в производственную деятельность компании ООО «Радио Гигабит» и в научно-исследовательскую деятельность кафедры радиотехники радиофизического факультета ННГУ им.

Н.И. Лобачевского. Внедрение подтверждается актами, приложенными к диссертации.

Автореферат отражает содержание диссертации и соответствуют специальности 2.2.15 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Считаем целесообразным продолжить работу в направлении исследований по повышению эффективности радиопланирования беспроводных сетей типа «поезд – базовая станция» в различных метрополитенах. Необходимым условием при этом является обработка предоставляемых данных о планах, профилях и других геометрических параметрах исследуемых линий.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при выполнении радиопланирования беспроводных сетей компанией ООО «Радио Гигабит», компании АО «МаксимаТелеком», и других профильных организациях, с направлениями работы по проектированию и развертыванию беспроводных сетей.

Общие замечания по диссертационной работе

1. В работе не приведено численное сравнение точности разработанной модели затухания при использовании метода геометрической оптики по сравнению со случаями использования других подходов.
2. Слабо обоснован вывод об единых параметрах проводимости и толщины переходного слоя параметров, определенных по результатам экспериментальных измерений для всех типов тоннелей.
3. Из работы не ясен вывод об универсальности разработанной модели затухания для различных положений передатчика и приёмника в поперечном сечении тоннеля.

Заключение по работе

В работе содержится решение задачи радиопланирования беспроводных сетей типа «поезд-базовая станция» в метрополитене для обеспечения полного покрытия линий радиосетью без зон радиотени при использовании минимально возможного для каждой конкретной линии количества базовых станций, имеющей существенное значение при проектировании, анализе и усовершенствовании беспроводных сетей в метрополитене.

В диссертация на соискание ученой степени кандидата наук изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертационная работа Адёркиной Анастасии Александровны «Разработка и исследование алгоритмов радиопланирования беспроводных сетей в метрополитене» удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации

от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Адёркиной А.А., безусловно, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании научно-технического совета подразделения по разработке радиотехнических и измерительных систем (протокол №195-95/329-ПР от 30.01.23г.).



Кашин Александр Васильевич

д.т.н., профессор,
научный руководитель филиала - заместитель главного конструктора филиала - начальник научно-исследовательского отделения филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова»,
603951, Россия, г. Нижний Новгород,
Бокс № 486, тел. (831) 466-16-40,
e-mail: aKashin@niiis.nnov.ru



Кисленко Кирилл Игоревич

к.т.н., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела разработки высокочастотных радиотехнических систем филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова»,
603951, Россия, г. Нижний Новгород,
Бокс № 486, тел. (831) 469-57-08,
e-mail: xander89@mail.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», 607188, Нижегородская обл., г.Саров, проспект Мира, д.37, тел. 8(83130) 2-48-02, e-mail: staff@vniief.ru