

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, Тулякова Юрия Михайловича 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 телекоммуникаций»

Актуальность темы.

Настоящее время характеризуется бурным развитием и внедрением систем радиодоступа в различных сферах жизнедеятельности и условиях их эксплуатации. Кроме применения для радиодоступа систем сотовой радиосвязи, особенно с их развитием от 3G до 4G, а в перспективе и 5G поколений, широкое применение находят системы и сети Wi-Fi технологий.

Сочетание сотовых систем с Wi-Fi сетями в ряде случаев можно считать наилучшим способом для рационального решения повышения скорости передачи данных в условиях, сочетающих в себе мобильную, квазистационарную и стационарную (неподвижную) связи. Исследования в области реализации Wi-Fi сетей в таких условиях можно считать весьма практически важными.

Одним из примеров создания таких сетей в условиях, указанных выше, является реализация Wi-Fi связи в метрополитене. Поэтому научно - исследовательскую диссертационную работу Адёркиной А.А. по разработке и исследованию алгоритмов радиопланирования беспроводных сетей типа «поезд-земля» в метрополитене для реализации Wi-Fi сетей внутри подвижных вагонов можно считать актуальной.

Структура и основные результаты диссертации.

Во введении диссертационной работы указываются существующие методы радиопланирования беспроводных сетей диапазона 5–6 ГГц их особенности и проблемы в условиях метрополитена.

Определяются цели, задачи и подходы исследований по совершенствованию радиопланирования таких сетей за счет разработки математической модели затухания радиосигналов, алгоритмов для определения минимально требуемых базовых станций (БС) и для автоматизации радиопланирования беспроводных сетей метрополитена на основе машинного обучения, ориентированного на снижение времени расчетов такого планирования.

Введено понятие оптимальной расстановки БС.

В первой главе рассматривается разработка и верификация модели затухания сигнала диапазона 5 ГГц в тоннелях метрополитена. На основании анализа существующих подходов радиопланирования обосновывается необходимость разработки модели затухания сигнала диапазона 5–6 ГГц при

распространении вдоль линий метрополитена. Результатом анализа также является выбор метода для построения модели затухания с использованием подходов геометрической оптики (ГО).

Также в главе приведены результаты экспериментальных исследований характеристик для верификации разработанной модели. Экспериментальные исследования затуханий радиоволн в туннелях, на открытых участках и станциях метро в сопоставлении с результатами, предсказанными моделью, в достаточной для решаемой задачи степени совпадают и могут отличаться на единицы децибел.

Во второй главе определяется алгоритм расстановки базовых станций и анализа трафика организованной беспроводной сети для получения расстановки БС, обеспечивающей непрерывное и равномерное покрытие путей метрополитена радиосетью с использованием минимально возможного количества БС.

С помощью этого разработанного алгоритма планируется размещение базовых станций из условия, чтобы сигнал от одной БС с максимальным затуханием в месте переключения (хендовера) на следующую БС не был меньше порогового, определяемого требуемой помехоустойчивостью.

Для учета и коррекции скорости передачи данных за счет влияния подключения к БС нескольких поездов указывается, что был разработан симулятор движения поездов в метро, в функции которого входит также оценка беспроводного трафика для определения качества работы сети БС и сформирование рекомендаций по ее улучшению-установке дополнительных БС или перегруппировки БС.

Третья глава посвящена разработке автоматизированного алгоритма радиопланирования на основе машинного обучения. Одной из целей этого алгоритма – снижение времени вычисления разработанной модели расчета затухания уровня радиосигнала и как следствие, снижения времени исполнения алгоритма расстановки БС и симулятора трафика.

Для достижения этой цели предложено напрямую использовать метод машинного обучения для предсказания затухания по значениям геометрических параметров области распространения радиосигнала между точками передатчика и приемника. Для машинного обучения дано обоснование выбору метода «Случайный лес».

Сопоставление расчетов по алгоритму модели затуханий и методом «Случайного леса» в тоннельном и наземном сценариях показало, что разница в этих расчетах составила доли и единицы децибел, а разница в определении координат БС – десятки и чуть более 100 метров.

В главе 4 рассматриваются примеры использования разработанного комплекса алгоритмов при радиопланировании беспроводных сетей на линиях

метро. Применение этого комплекса испытывалось на реально функционирующих линиях метро и в частности на участках линий московского метрополитена.

Результаты этих испытаний показали эффективность применения разработанного комплекса алгоритмов для решения задачи радиопланирования по сравнению с существующими подходами определения положений БС вдоль тоннелей. Эффективность выражается в снижении плотности БС максимум на 30%, в среднем на 12%.

В заключение в сжатой форме перечисляются результаты диссертационной работы.

Достоверность, обоснованность и апробация научных положений, выводов сформулированных в диссертации, подтверждается использованием методов теории распространения радиоволн, электродинамики, численного (компьютерного) моделирования физических процессов, цифровой обработки сигналов, машинного обучения, методов радиофизических измерений.

Основные положения диссертации отражены в 12-ти публикациях автора, а также прошли апробацию на 8-ми научно-технических конференциях.

Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации и позволяет оценить результаты работы.

Научная новизна результатов. Отмеченные выше в разделе «Структура и основные результаты диссертации» показывают научную новизну исследований и разработанных алгоритмов. Особенно следует выделить *новые подходы* в проведении исследований *за счет использования в разработанных алгоритмах принципов геометрической оптики и методов машинного обучения.*

Практическая ценность работы, позволяющая при создании беспроводных сетей уменьшить количество БС и время расчета их расстановки, подтверждена тем, что разработанные методики, модели и алгоритмы были внедрены компанией ООО «Радио Гигабит» и применены при радиопланировании беспроводных сетей в метрополитенах ряда городов: России, Чили и Индия.

Замечания по диссертационной работе.

1. Несмотря на отличие диапазонов частот радиосигналов Wi-Fi связи и используемых в репитерах сотовой связи в метрополитенах, не дана аналитически - критическая оценка способам использования таких репитеров, с позиции возможной организации беспроводных сетей связи в метрополитенах.

2. Желательно было бы сделать выводы и возможные рекомендации о возможности применения разработанных алгоритмов и методов беспроводных сетей связи в метрополитенах для радиосигналов с частотами, отличными от исследованных 5-6 ГГц.

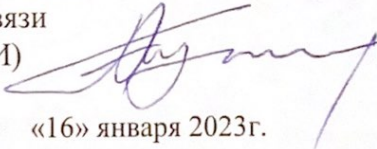
3. Также есть ряд косметических неточностей. Например, на стр.73 диссертации в названии главы 2 написано «Алгоритмы...», а рассматривается «Алгоритм...», на стр.17 в 7-ой строке неточность в формулировке предложения. В автореферате, на стр.14 нет пояснений к рис. 3 - какой из двух его видов относится к первому этапу, а какой - ко второму этапу оптимизации отклонения величины затухания - PL.

Отмеченные недостатки не являются определяющими и не сказываются на научной и практической значимости полученных в диссертации результатов. Скорее, отмеченное, можно рассматривать как вопросы, на которые следует дать ответ при дальнейшей перспективе исследовательской работы.

Общий вывод.

Диссертация «Разработка и исследование алгоритмов радиопланирования беспроводных сетей в метрополитене» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача по созданию и совершенствованию методов планирования беспроводных сетей в метрополитенах, **соответствует требованиям** «Положения о порядке присуждения учёных степеней и присвоения учёных званий» (соответствует пунктам 1, 2, 4 и 19 паспорта специальности 2.2.15) ВАК РФ, **предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Адёркина Анастасия Александровна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 –«Системы, сети связи и устройства телекоммуникаций».**

Доктор технических наук, доцент
кафедры «Инфокоммуникационных
и общепрофессиональных дисциплин»
Волго-Вятского филиала Московского
технического университета связи
и информатики (ВВФ МТУСИ)

 Туляков Ю. М.
«16» января 2023г.

603011, Нижний Новгород, ул. Менделеева, д. 15,
тел. +7 910790 1111, E-mail: yu.m.tulyakov@rambler.ru

Подпись Тулякова Юрия Михайловича заверяю,
специалист по персоналу Волго-Вятского
филиала Московского технического университета
связи и информатики



 Е.В. Митрофанова