

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 654.165

Ячменев  
Александр Андреевич

Теоретико-числовое планирование зон покрытия  
базовых станций системы LTE

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра техники и технологии  
по специальности 1-45 81 01 Инфокоммуникационные системы и сети

---

Научный руководитель  
Давыдова Надежда Сергеевна  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры ИКТ

---

Минск 2018

## **КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ**

С развитием рынка телекоммуникаций появляется все большее количество пользователей, которым необходимо передавать и принимать высококачественное видеоизображение, поддерживать постоянное высокоскоростное соединение с сетью Интернет, пользоваться разнообразными приложениями, требующими высокие скорости передачи данных и большую пропускную способность. Повсеместное развитие и активное использование современных сетей подвижной радиосвязи четвертого поколения стандарта Long Term Evolution (LTE), пришедшего на смену стандартам третьего поколения, поможет справиться с проблемами, возникшими вследствие постоянно растущей нагрузки на сети операторов подвижной радиосвязи.

Мобильные сети должны пропускать трафик в прогнозируемых объемах и своевременно удовлетворять растущий потребительский спрос на высокоскоростную передачу данных. Важная роль в достижении этой цели является выбор эффективной методики планирования сетей мобильной связи и поиск технических решений по обеспечению необходимого качества радиопокрытия.

Вследствие стремительно возрастающей нагрузки на сеть и на каждую базовую станцию стоит проблема в увеличении пропускной способности при высоком качестве обслуживания пользователей. Беспроводные технологии – один из самых быстро растущих сегментов на телекоммуникационном рынке. Появление новых услуг и улучшение технических возможностей устройств означает, что объем трафика в мобильных сетях и потребительский спрос на высокоскоростную передачу данных будет расти с небывалой скоростью. Например, трафик данных мобильных широкополосных услуг демонстрирует почти экспоненциальный рост. Объем трафика мобильных данных превысил голосовой трафик, то есть передача данных стала преобладающим типом трафика в мобильных сетях. Для мобильных операторов появилась большая необходимость в развитии сети LTE.

Данная диссертация посвящена решению задачи планирования зон покрытия базовых станций системы LTE.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы**

Актуальность темы состоит в том, что на сегодняшний день мобильные операторы внедряют в свою сетевую инфраструктуру технологию LTE стремительными темпами, и поэтому возникает необходимость в повсеместном

обеспечении радиопокрытия сетью LTE, чтобы удовлетворять растущие потребности абонентов и обеспечивать высокое качество предоставляемых услуг. С этими задачами позволяет справиться исследование вопроса планирования зон покрытия базовых станций. Оптимальное размещение базовых станций (БС) позволяет уменьшить ресурсы, задействуемые мобильным оператором для предоставления требуемого качества абонентских услуг.

При планировании зон покрытия базовых станций сотовой радиосети необходимо учитывать множество аспектов, включающее исследование характера местности, выбор соответствующей эмпирической модели для планируемой радиосети, калибровка модели на основании практических измерений, формирование исходных данных для расчета уровня максимально допустимых потерь на линии радиосвязи, определение пространственных параметров и расчет бюджета потерь. Большинство этих аспектов являются сложными задачами планирования, зависящими от конкретных технологий связи и характера покрываемой местности.

### **Цель работы**

Целью диссертации является теоретическое и практическое исследование зон покрытия базовых станций системы LTE для двух различных рабочих диапазонов расчетным путем и с помощью картографического моделирования.

### **Задачи работы**

Задачами данной работы являются:

- изучить стандарт LTE;
- изучить методику планирования сетей мобильной связи;
- проанализировать технические решения по улучшению качества покрытия и увеличению пропускной способности сети LTE;
- произвести расчет бюджета потерь и оценку показателей эффективности технологии LTE;
- провести экспериментальную оценку зон покрытия базовых станций сети LTE.

### **Достоверность полученных результатов**

Исследование проводилось на существующем объекте мобильной сети сотового оператора связи ООО «Мобильные ТелеСистемы». Анализ зон радиопокрытия произведен с помощью специализированного программного

комплекса планирования беспроводных сетей связи Menum. При картографическом моделировании использовались параметры эмпирической модели Окамура-Хата с корректирующими коэффициентами, полученными путем практических измерений на драйв-тестах.

### **Практическая ценность результатов работы**

Ценность результатов работы заключается в том, что полученные данные позволяют детально оценить зоны покрытия сети LTE для двух основных рабочих диапазонов в условиях городской застройки разнородного типа, а также выбрать оптимальные точки размещения базовых станций для обеспечения наилучшего качества радиопокрытия сети LTE. Были получены картографические модели площади покрытия для базовых станций, работающих в диапазоне 1800 МГц и 2600 МГц. Проведенные мероприятия позволяют повысить качество предоставляемых услуг, при уменьшении задействования ресурсов мобильной сети.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во Введении дается краткая характеристика работы, обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы ее цель и задачи, практическая значимость и основные этапы исследования.

В разделе 1 представлен обзор технологии беспроводной связи LTE, изучены вопросы построения и функционирования сетей LTE, рассмотрены основные элементы сети и выполняемые ими функции, проанализированы интерфейсы сети LTE, определены основные этапы развития технологии на мировом рынке.

В разделе 2 описаны особенности и основных параметров технологии LTE, определены задачи планирования сетей мобильной связи и представлен обобщенный алгоритм планирования сети, рассмотрены технические решения по улучшению покрытия и увеличения пропускной способности сетей LTE.

В разделе 3 приведен расчет бюджета потерь сети LTE, определены основные его составляющие, сформированы исходные данные для расчета, произведена оценка зон покрытия и показателей эффективности технологии LTE.

В разделе 4 выполнено картографическое моделирование зон радиопокрытия базовых станций сети LTE с использованием программного средства, проведен сравнительный анализ характера зон покрытия для двух разных рабочих диапазонов.

В Заключении диссертации сформулированы основные результаты выполненной работы.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения работы были проанализированы вопросы использования сотовой сети LTE, рассмотрены принципы построения, архитектура и функции сети LTE, а также развитие технологии LTE на мировом рынке. Проведен детальный анализ основных параметров сети LTE и определены способы повышения эффективности работы сети, а также исследованы особенности работы сотовой сети LTE. На основании полученной в ходе анализа информации изучен вопрос планирования сетей LTE.

В работе была предложена методика, позволяющая оптимизировать процесс планирования зон покрытия базовых станций для обеспечения наилучшего качества передачи информации в сетях LTE, а также для оптимального размещения и функционирования базовых станций. Установлены зависимости параметров сети. Определены задачи и обобщенная методика планирования сетей мобильной связи, установлены отличительные особенности в планировании сети LTE. Выполнен расчет бюджета потерь, радиусов и площадей зон покрытия для типовых трехсекторных базовых станций для двух основных рабочих диапазонов 2600 МГц и 1800 МГц технологии LTE. Произведен сравнительный анализ зон покрытия для двух данных диапазонов в условиях городской застройки и выполнено картографическое моделирование. Также произведена оценка показателей эффективности технологии LTE для различных вариантов полосы канала и видов модуляций. Предложены технические решения по улучшению зон покрытия и функционирования сетей LTE.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1-А Ячменев, А.А. Управление ресурсами в сотовой сети 3GPP LTE// 53-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР – Минск, 2017 – С. 46;

2-А Ячменев, А.А. Планирование зон покрытия базовых станций системы сети 3GPP LTE// 54-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР – Минск, 2018 (принято к публикации).