

УДК 621.396

DOI: 10.25206/2310-4597-2023-1-21-24

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОЙ СЕТИ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ

SIMULATION OF THE FOURTH GENERATION MOBILE NETWORK

Т. М. Баязитов, И. В. Никонов

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

T. M. Bayazitov, I. V. Nikonov

Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Аннотация. В работе рассмотрены основные принципы реализации существующих технологий мобильных беспроводных сетей. Проведено моделирование мобильных сетей четвертого поколения с применением пакетов прикладных программ. Рассмотрены современные программные комплексы, применяемые для моделирования реальных сетей.

Ключевые слова: стандарты связи, мобильная сеть, мобильная станция, базовая станция, программный комплекс.

Abstract. The paper discusses the basic principles of the implementation of existing technologies of mobile wireless networks. Modeling of mobile networks of the fourth generation using application software packages is carried out. Modern software complexes used for modeling real networks are considered.

Keywords: communication standards, mobile network, mobile station, base station, software package.

I. ВВЕДЕНИЕ

Разработанные в последние десятилетия стандарты сетей беспроводной мобильной связи и передачи информации – это стандарт аналоговой связи (1G) и стандарты цифровых видов мобильной связи (2G, 3G, 4G, 5G). Для сетей 6G пока сформулированы лишь общие положения и рекомендации.

Основные положения существующих стандартов следующие [1]:

- в аналоговых сетях стандарта 1G предусмотрена возможность только для голосовой связи. Недостатки сетей 1G: низкая емкость, отсутствие шифрования, отсутствие эффективных методов борьбы с замиранием сигнала при передвижении абонента;

- в цифровых сетях стандарта 2G (GSM, GPRS, EDGE) предусмотрена возможность передачи цифровых данных, шифрование и высокая емкость сети, а также лучшая помехоустойчивость. В стандарте GPRS появилась возможность передавать данные другому устройству в сети интернет и при организации спутниковой связи, а в стандарте EDGE была применена новая система кодирования, позволившая получить большую пиковую скорость передачи данных;

- в цифровых сетях стандарта 3G (CDMA2000, UMTS (или W-CDMA), HSPA, HSPA+) предусмотрена пакетная передача данных. Сеть 3G позволяет устраивать видеоконференции, просматривать кино, видео и другой контент. В сети третьего поколения есть одно весьма важное преимущество – это улучшенная защита от обрывов мобильной связи при движении абонента. В последней версии HSPA+ присутствуют сложные модуляции 16QAM и 64QAM, а также появилась технология MIMO, которая там использовалась только для скачивания при пиковой скорости до 42 Мбит/с;

- стандарты для цифровых сетей 4G (технологии LTE, LTE-Advanced (LTE Release 10), WirelessMAN-Advanced (WiMAX Release 2, т.е. IEEE 802.16m)) были утверждены МСЭ в 2010 году. Из перечисленных стандартов, технология LTE-Advanced теоретически обеспечивает скорость передачи до 1 Гбит/с у неподвижных абонентов и 300 Мбит/с у подвижных объектов. А технология улучшенной версии LTE-Advanced Pro могут быть применены для разработки сетей следующего, пятого поколения мобильной связи.

– мобильные сети 5G в большинстве стран пока развернуты только на сравнительно низких частотах 3-4 гигагерц, но уже и обеспечивают уверенную скорость передачи данных примерно до 1-2 Гбит/с благодаря применению новых технологий (в частности, новых типов антенн). В некоторых странах появились первые тестовые площадки для исследования применения сетей 5G на частотах выше 20 ГГц.

– по применению мобильных сетей 6G, в которых будут использоваться еще более высокие частоты, чем в сетях пятого поколения, в ряде стран проводятся первые исследовательские работы.

В материалах данной работы исследуются задачи, относящиеся только к моделированию (планированию) сети четвертого поколения (объект – поселок городского типа). Проведенные исследования планируется использовать при модернизации существующей сети 4G объекта.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Современные мобильные сети должны использоваться не только для организации сотовой телефонной связи, но и для передачи видео, телевидения, для работы с интернетом. Это возможно осуществить в сетях четвертого поколения. Современная сеть 4G может быть спроектирована на основе стандарта LTE-Advanced, или на основе WirelessMAN-Advanced (т.е. IEEE 802.16m).

Сравнивая характеристики сетей, которые можно обеспечить при применении этих стандартов, выбираем стандарт LTE-Advanced по следующим критериям [2]:

– для «линии вверх» – в восходящем канале, в LTE предложена технология SC-FDMA (Single-Carrier Frequency-Division Multiple Access) – мультиплексирование на одной несущей, т.е. символы передаются параллельно, а не последовательно. Это заметно снижает пик-фактор формируемых на передачу сигналов, а также смягчает требования к динамическому диапазону и степени линейности выходной характеристики усилителя мощности. В результате, усилитель может работать в более эффективном режиме и с более высоким КПД;

– в пределах одного ресурсного блока, 180 кГц, поднесущие коррелированы, что позволяет сократить количество пилот-поднесущих для оценивания канала на приемной стороне;

– реализована более оптимальная техника борьбы с частотно-селективными замираниями: частотно-селективная диспетчеризация ресурсов;

– в архитектуре LTE отсутствует контроллер базовых станций, поэтому резко сократилось время на обработку пакетов (до 10 мс, против 30 мс в IEEE 802.16m);

– в LTE доступны 29 схем помехоустойчивого кодирования MCS для квадратурной амплитудной модуляции и выбирается та, которая в данных условиях распространения радиоволн обеспечивает максимальную пропускную способность;

– в LTE применяется частичное управление мощностью – пороговое отношение сигнал/шум меняется для пользователей в зависимости от их положения внутри соты;

– работа сети LTE осуществляется с коэффициентом переиспользования частот 1 (у стандарта IEEE 802.16m такой коэффициент 3), т.е. все базовые станции работают на одной несущей, но при этом внутрисистемные помехи минимизируются благодаря гибкому частотному плану);

– средняя пропускная способность соты (11,8 Мбит/с – UL (вверх, к базовой станции) и 4,8 Мбит/с – DL (вниз, от базовой станции), примерно в 3 раза больше, чем у IEEE 802.16m;

– возможно применение систем MIMO.

Учитывая проведенное сравнение двух стандартов, выбираем для моделирования (сетевого планирования) технологию стандарта LTE, а не IEEE 802.16m.

Для проведения сетевого планирования необходимо получить или сформулировать исходные данные, отражающие общие характеристики и требования к мобильной сети: число и частоты разрешенных радиоканалов; план сети с указанием желательных пунктов размещения базовых станций; отвечающих требованиям по наличию необходимых линий связи. А при реальном проектировании необходимы также требования по электропитанию, по возможности размещения оборудования, по установке антенн и др. С учетом требований сетевое планирование принято разделять на следующие этапы:

- планирования радиопокрытия;
- планирование емкости;
- частотное планирование;
- оптимизация и оценка работы.

Такое поэтапное деление несколько условно, но полезно для понимания общих принципов сетевого планирования.

Оперативное моделирование сети LTE может быть проведено в программной среде Matlab/Simulink с использованием пакета LTE System Toolbox. Либо же, в программных средах программ-аналогов, например, SimInTech, **Scilab**, Xcos, GNU Octave и других. Общие недостатки подобных пакетов прикладных программ: малый объем программных библиотек, малые вычислительные мощности, а также существенная зависимость результатов от корректной постановки задачи исследования (от корректного учета различных факторов).

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЕРАТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Оперативное моделирование пропускной способности сети LTE проведено в среде Matlab при различном количестве абонентов в населенном пункте (общее количество жителей 65000 человек, площадь населенного пункта 50 км²). Примененный программный пакет предоставляет функции и инструменты для проектирования, симуляции и верификации систем связи, соответствующих стандартам LTE и LTE-Advanced. Пакет программ позволяет настраивать, моделировать, измерять и анализировать полностью законченные линии связи.

Моделирование проводилось при изменении количества абонентов (до 200 абонентов) и при изменении их территориального расположения. Параметры сети следующие:

- частота – 2.14 ГГц;
- полоса – 20 МГц (максимальная);
- количество приемных антенн для технологии MIMO – 2 (4);
- количество передающих антенн для технологии MIMO – 2 (4);
- скорость передвижения абонентов – 5 км/ч;
- городская среда (возможные потери сигнала – до минус 70 дБ).

Определялось территориальное расположение базовых станций и другие параметры сети, в частности – пропускная способность сети. На рисунке 1, для примера приведен скриншот среды Simulink, где показана имитационная структурная схема канала.

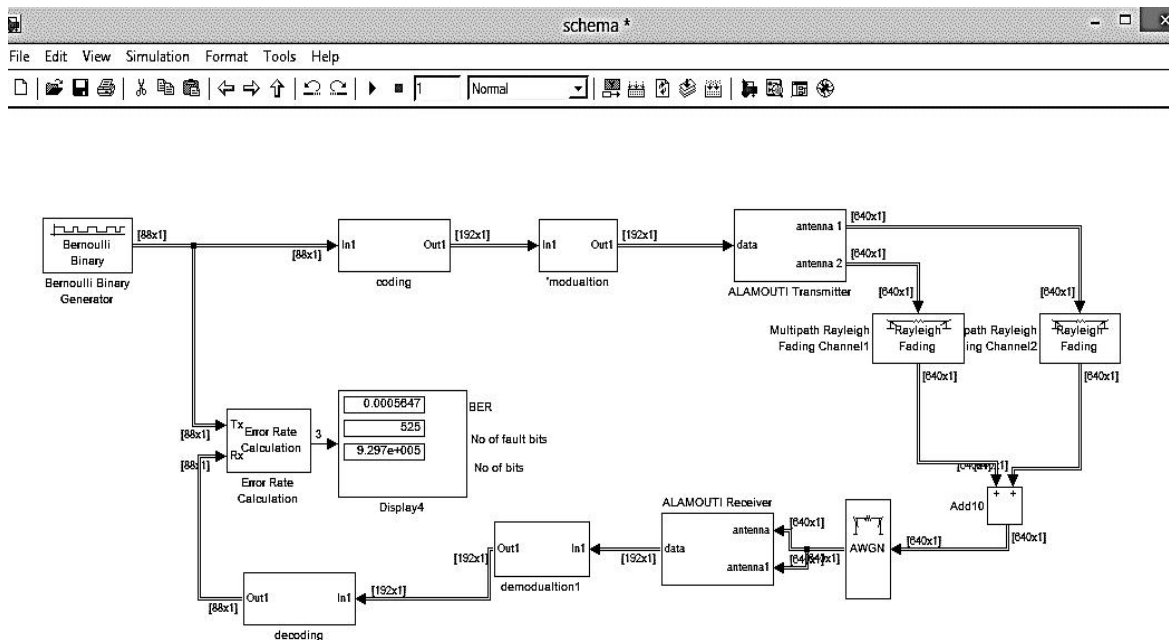


Рис. 1. Скриншот программной среды

Проведенное моделирование для технологии LTE показало, что при изменении количества абонентов на базовую станцию, средняя пропускная способность на одного абонента уменьшается, но средняя пропускная способность соты остается в пределах 60 Мбит/с. Типичный радиус покрытия соты 1-3 км, в зависимости от требуемого соотношения сигнал/шум на входе абонентского терминала. При моделировании отмечено, что

применение технологии ММО увеличивает скорость передачи информации в нисходящем канале в кратное число раз (ММО 2x2 – в 2 раза, ММО 4x4 – в 4 раза). Увеличивает и спектральную эффективность сети.

Моделирование было приближенное, так как не учитывало различные условия реального распространения электромагнитных волн в среде населенного пункта, но, однако оперативное и позволило сформулировать общие выводы по проведенному планированию.

IV. ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАДИОСЕТЕЙ

Задачи моделирования и проектирования беспроводных сетей могут различными. На данный момент не существует универсальных пакетов прикладных программ или программных комплексов, которые позволяли бы решать все возникающие проблемы сетевого планирования и проектирования. Поэтому, в различных странах разработаны и успешно применяются большое количество различных видов программных систем планирования радиосетей [3]:

- программные комплексы частотно-территориального планирования беспроводных сетей;
- программные комплексы, обеспечивающие решение задач электромагнитной совместимости;
- программные комплексы мониторинга качества работы уже существующих сетей;
- системы, предназначенные для оптимизации принципов передачи информации и параметров оборудования разрабатываемых сетей.

В российских центрах сотовых операторов применяются следующие программные комплексы:

- Балтика СПС;
- ONEPLAN RPLS;
- Atoll.

Балтика СПС решает следующие задачи:

- разработка частотно-территориальных планов вновь вводимых сетей радиосвязи и модернизации действующих сетей.
- Комплекс ONEPLAN RPLS позволяет осуществлять планирование новых, а также проводить модернизацию и оптимизацию эксплуатируемых сетей сотовой связи 2-4 поколений.

Atoll содержит современный набор функций для планирования сетей GSM/GPRS/EDGE.

Некоторые задачи планирования сети 4G были выполнены с использованием программного комплекса ONEPLAN RPLS.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом моделирование в среде Matlab (или в других аналогичных пакетах прикладных программ) показало возможность оперативного планирования мобильных сотовых сетей четвертого поколения. Общие недостатки подобных пакетов прикладных программ: малый объем программных библиотек, малые вычислительные мощности, а также существенная зависимость результатов от корректной постановки задачи исследования (от корректного учета различных реальных факторов).

Сетевое планирование с учетом различных реальных факторов выполняется на программных комплексах планирования радиосетей. Возможно, что появится и первый российский программный комплекс планирования сетей на основе дальнейшего развития программы SimInTech,

Научный руководитель Никонов Игорь Валентинович, Омский государственный технический университет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишневский В., Красилов А., Шахнович И. Технология сотовой связи LTE – почти 4G // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2009. № 1. С. 62–72.
2. Тихвинский В.О., Терентьев С. В., Минаев И. В. Сравнительный анализ спектральной эффективности систем UMTS и LTE // Мобильные Телекоммуникации. 2008. № 2. С. 12–19.
3. Корнилов А., Архипкин А., Кириленко А. Система планирования радиосвязи на базе цифровых карт местности // Беспроводные технологии. 2007. № 2. С. 48–51.