

УДК 621.38.001:006.354

Л.А. Токарь

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ LTE НА ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКТРА

Обоснована необходимость внедрения беспроводной технологии широкополосного доступа LTE, как технологии следующего поколения. Рассмотрены преимущества, а также вопросы взаимодействия и совместимости LTE с действующими технологиями. Проанализированы сетевая архитектура LTE/SAE, физический уровень LTE с использованием технологии OFDM, а также перспективы внедрения LTE в контексте повышения эффективности использования ресурса радиочастотного спектра.

Ключевые слова: радиосеть, радиочастотный ресурс, беспроводная технология, спектральная эффективность.

Введение

Постановка проблемы. В эпоху бурного развития и конвергенции информационных и телекоммуникационных технологий, призванных ускорять развитие мировой экономики и общества, особое внимание уделено беспроводной связи. С помощью технологий беспроводной связи уже сегодня может быть реализовано одно из требований глобального информационного общества – предоставление пользователю возможности доступа к информации в любой точке мира в нужный момент времени.

Разнообразие стандартов со множеством приложений, смешанных беспроводных сетей, а также применение современными сетями различных протоколов взаимодействия, управления и обслуживания создают необходимость в формировании мобильных универсальных мультимедийных технологий передачи информации, направленных на оказание универсальных услуг связи, то есть на организацию мобильного широкополосного доступа, стимулом для внедрения которого является повышение эффективности использования радиочастотного спектра.

Анализ публикаций. Основные тенденции, определяющие перспективы развития телекоммуникаций, сосредоточены на развитии беспроводных сетей четвертого поколения.

Совершенствование GSM направлено на увеличение производительности, особенно в вопросах передачи данных, что отражено в [1]. Как наиболее оптимальные рассмотрены технологии передачи данных GPRS и EDGE [2], называемые технологиями второго с половиной поколения. Стандарт WCDMA, положенный в основу сетей UMTS проанализирован в [3]. Расширение возможностей UMTS-сетей за счет использования HSDPA-решений предложено в [4]. В работе [5] отражена специфика внедрения технологии LTE за счет перераспределения и конверсии спектра.

Постановка задачи. Основными предпосылками для внедрения мобильного широкополосного доступа являются рост спроса на новые услуги передачи данных, ограниченность ресурсов существующих сетей, а также необходимость в повышении экономической, функциональной и спектральной эффективности использования радиочастотного спектра.

Сегодня существует множество технологий беспроводной связи и беспроводного широкополосного доступа, имеющих различные сферы применения.

Переход к более совершенным модификациям семейства технологий высокоскоростной пакетной передачи данных в сетях мобильной связи третьего поколения (3G) – HSDPA, HSUPA, HSPA+ (I-HSPA) позволил в несколько раз повысить скорость передачи данных. С развертыванием сетей связи HSDPA/HSUPA открылись широкие возможности для предоставления новых услуг и сервисов, происходит бурный рост трафика передачи данных, формируется система широкополосной мобильной связи. Значительно повысить скорость пакетной передачи данных (до 10 Мбит/с) позволяет технология высокоскоростной передачи данных HSPA+. Скорости передачи данных в сетях связи HSDPA/HSUPA, HSPA+ уже сравнимы со скоростями, характерными для проводных систем высокоскоростной передачи данных.

Рост числа пользователей высокоскоростными услугами передачи данных в настоящее время составил 1800 млн. чел. [6], в первую очередь – за счет мобильного Интернета. Из них 70 % составляют пользователи HSPA. На рис. 1 показано увеличение числа пользователей за последние годы в сетях мобильного и фиксированного доступа.

Однако, недостаточная спектральная эффективность технологий семейства HSPA, необходимость обеспечения наилучшими широкополосными каналами, необходимость увеличения скоростей и снижения задержек сигнала требует нового радио-

интерфейса для значительного сокращения стоимости передачи в расчете за 1 Мбайт. Для существенного снижения издержек операторов необходимо ускоренное внедрение более эффективных технологий следующего поколения высокой производительности с плоской одноуровневой архитектурой.

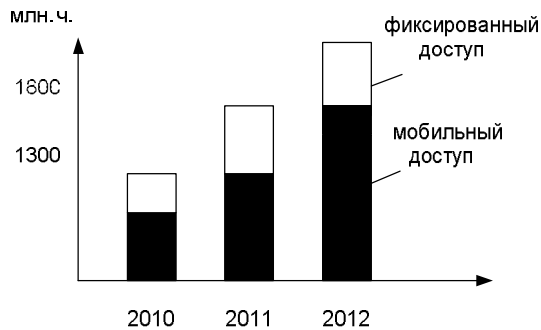


Рис. 1. Увеличение числа пользователей в сетях мобильного и фиксированного доступа

Основная часть

Семейство технологий HSPA является одним из переходных этапов миграции к технологиям мобильной связи четвертого поколения (4G). Принятие версии Rel 8 спецификации 3GPP открыло возможность перехода с технологий HSPA на новую ступень эволюционного развития – технологию, именуемую «эволюция в долгосрочной перспективе / эволюция системной архитектуры» (Long Term Evolution/System Architecture Evolution, LTE/SAE), направленной на широкополосный мобильный доступ.

Применение технологии LTE позволяет обеспечить максимальную теоретическую скорость передачи данных до 14,4 Мбит/с с возможностью дискретного расширения рабочей полосы радиочастот от 1,4 до 20 МГц. Технология LTE/SAE, являющаяся эволюционным продолжением стандарта UMTS, обладает существенными преимуществами, и является первой единственной признанной ведущими мировыми операторами для применения в сетях связи следующего поколения NGMN (Next Generation Mobile Networks). Последовательное развитие рассмотренных технологий передачи данных показано на рис. 2.

Операторы сетей 3G, которые внедрили I-HSPA, располагают одноуровневой сетевой архитектурой, аналогичной LTE/SAE, поэтому их затраты на переход к технологии LTE/SAE будут минимальными. Кроме того, одноуровневая сетевая архитектура на основе IP поддерживает терминалы WCDMA/HSPA, что является преимуществом для операторов сетей 3G, располагающими функционирующей сетью WCDMA/HSPA. Операторы сетей 2G могут перейти на технологию LTE/SAE непосредственно с последовательным внедрением услуг

широкополосного мобильного доступа и путем рефарминга спектра частот. Вопросы улучшения регулирования использования радиочастотного спектра были рассмотрены на Всемирной конференции радиосвязи (ВКР-2012) [7].

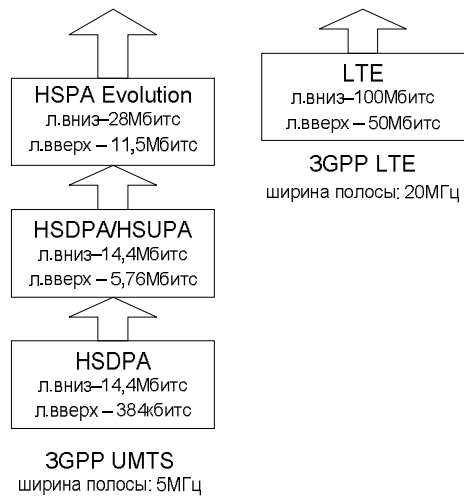


Рис. 2. Последовательное развитие технологий передачи данных

Таким образом, вопрос плавного, последовательного пути развития действующих технологий в направлении технологий следующего поколения напрямую связан с вопросами повышения эффективности использования радиочастотного спектра и, как следствие, гибких возможностей выделения ресурсов пропускной способности, рефарминга частотных диапазонов, таких как GSM, снижения задержки при передаче пользовательских данных через радиointерфейс, улучшения общей производительности на прикладном уровне, поддержки быстрого доступа к услугам для минимизации загрузки системы и увеличения количества одновременно обслуживаемых пользователей.

Упрощенный вариант сети LTE/SAE на уровне управления показан на рис. 3.

Сетевая архитектура LTE/SAE имеет плоскую структуру на базе IP-протокола для простоты и дешевизны развертывания и обеспечения поддержки гарантированного качества обслуживания (QoS). LTE/SAE включает обслуживающий узел поддержки SGSN, сетевой элемент управления мобильностью MME для управления протоколами сигнализации, шлюз SAE, шлюз общедоступной сети передачи данных PDN, а также базовую станцию с расширенными возможностями eNodeB, управляющую протоколами радиointерфейса радиосети. Шлюз SAE состоит из двух логических объектов уровня пользователя: обслуживающего шлюза SGW, выполняющего роль точки привязки пользовательского уровня для обеспечения мобильности между системами доступа GSM и WCDMA, и шлюза пакетной сети PDN, являющегося интерфейсом между

набором базовых станций и различными внешними сетями, а также выполняет некоторые функции IP-

сетей. Интерфейс между SGW и PDN стандартизирован для поддержания роуминга [8].

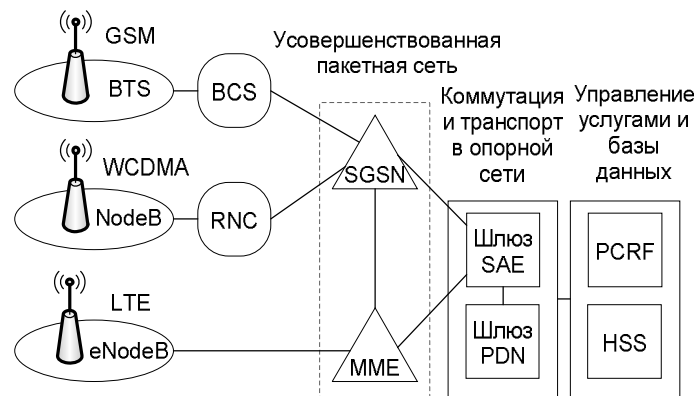


Рис. 3. Упрощенный вариант сети LTE/SAE

Сеть доступа технологии LTE функционирует без центральных контроллеров BSC и RNC. Взаимодействие базовой сети с элементами и подсистемами сети LTE осуществляется при помощи S-интерфейсов, которые непосредственно подключены к опорной сети.

Физический уровень сетей LTE реализован на базе двух технологий: в канале от абонента до базовой станции (линия «вверх») используется технология мультиплексирования с частотным разнесением с передачей на одной несущей SC-FDMA для предотвращения больших различий между пиковой и средней потребляемой мощностью, а в канале от базовой станции к абоненту (линия «вниз») – технология мультиплексирования с ортогональным частотным разнесением OFDM для уменьшения эффекта влияния многолучевого распространения.

Технология OFDM является наиболее перспективной технологией, используемой в современных системах широкополосной беспроводной связи, в которой единственный канал использует набор поднесущих на смежных частотах, что позволяет увеличить спектральную эффективность, не вызывая интерференции в соседних каналах. Спектр такого сигнала показан на рис. 4 [9].

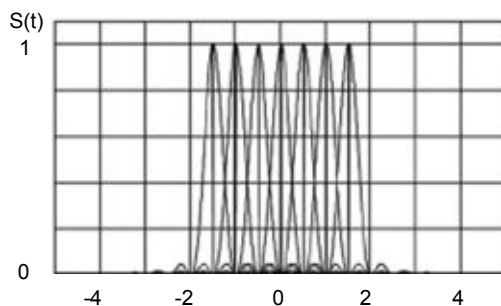


Рис. 4. Энергетический спектр сигнала OFDM

Спектр сигнала OFDM представляет собой сумму энергетических спектров сигналов, передаваемых на разных поднесущих. Из рисунка видно, что спектры сигналов разных поднесущих существенно перекрываются.

Известно, что ширина спектра информационного сигнала длительностью T равна

$$\Delta F = \frac{1}{T},$$

а ширина спектра многочастотного сигнала, как видно из рисунка, равна

$$\Delta F_{\text{шпс}} = \frac{B}{T}.$$

Таким образом, спектр такого широкополосного сигнала превышает спектр информационного сигнала в B раз, где $B = NM$ – база сигнала (N – число поднесущих; M – число псевдослучайных чисел) [10].

Применение в системе OFDM N поднесущих для передачи одного и того же сообщения означает, что в ней используются широкополосные сигналы. Увеличение кратности частотного разнесения сигналов снижает спектральную эффективность данной системы. Однако имеющийся частотный ресурс

$$\Delta F_{\text{шпс}} = \frac{NM}{T}$$

можно использовать гораздо более эффективно, формируя на каждой поднесущей M временных позиций. На этих позициях для независимой передачи M разных информационных символов передается M ортогональных сигналов.

Заключение

Развитие широкополосного мобильного доступа требует создания высокопроизводительных сетей с конвергенцией услуг вокруг различных технологий доступа.

Показано, що технологія LTE/SAE забезпечить більш високий рівень продуктивності мережі і дозволить створити платформу для низької вартості передачі в розрахунок на 1 Мбайт завдяки одноуровневої архітектурі мережі, повністю ґрунтованої на IP і високій ефективності використання частотної спектру.

Розглянуті питання гнучкого підходу при переході на технологію LTE/SAE: можливість експлуатації мережі LTE паралельно з мережами GSM/EDGE, WCDMA/HSPA або іншими системами радіодоступу, а також використання технології I-HSPA в якості проміжного кроку для переходу на одноуровневу мережну архітектуру.

Проаналізовані можливі шляхи збільшення доступного радіоресурсу – перехід до спектрально ефективних технологій.

Показано, технологія OFDM характеризується використанням піднесених, що робить оптимальним використання частотної спектру, при цьому досягається велика пропускання здатність.

Крім того, використання OFDM дозволяє зменшити міжсимвольну інтерференцію, зникаючу за рахунок багаточисливості.

Список литературы

1. Артюхов, Ю.В. *Некоторые технологии шифрования, применяемые в сотовых сетях третьего и четвертого поколения* [Текст] / Ю.В. Артюхов // *Технические науки: проблемы и перспективы: материалы междунар. заоч. науч. конф. – Санкт-Петербург, март. – 2011. – С. 8-11.*
2. Блайч Т. *Эволюция радиосети доступа в мобильных системах третьей генерации* [Текст] / Т. Блайч // *Ericsson Nikola Tesla Revija. – 2006. – № 2. – С. 54-68.*

3. *HSDPA vs. и WiMAX: сравнение характеристик и перспектив технологий передачи данных* [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://mkt.kiev.ua/hsdpa_vs_wimax_sravnitelnie_harakteristiki.html. 01.09. 2012 г. – Загл. с экрана.

4. Гольшико А.В. *На пути к LTE* [Текст] / А. В. Гольшико / А.В. Гольшико // *Электросвязь. – 2009. – № 7. – С. 6-12.*

5. Тихвинский В.О. *Особенности и эволюция архитектуры базовой сети LTE* [Текст] / В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев // *Технологии. – 2008. – № 1. – С. 60-64.*

6. Крупнов А.Е. *Радиочастотный спектр: повышение эффективности использования и новые подходы к регулированию* [Текст] / А.Е. Крупнов // *Экономика и финансы. – 2009. – № 3. – С. 173-184.*

7. *Всемирная конференция радиосвязи 2012 года. Повестка дня и справочные документы (резолюции и рекомендации)* [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.itu.int/ru/Pages/default.aspx>. 01.09. 2012 г. – Загл. с экрана.

8. *3GPP TR 25.913 Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved (E-UTRAN)* [Text] / Release 7. – 2006. – V 7.3.0. – 45 P.

9. Быховский М.А. *Многочастотные широкополосные сигналы открывают путь к 4G* [Текст] / М.А. Быховский // *Мобильные системы. – 2007. – № 3. – С. 12-15.*

10. Ильченко М.Е. *Функциональные особенности широкополосных сетей мобильной связи* [Текст] / М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, С.Э. Волков // *17th Int. Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo, 2007), 10-17 September, Sevastopol, Crimea, Ukraine. – 2007. – С. 218-220.*

Поступила в редколлегию 20.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.Ю. Коляденко, Харьковский университет радиоелектроники, Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ LTE НА ШЛЯХУ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СПЕКТРУ

Л.А. Токар

Обґрунтована необхідність впровадження безпроводної технології широкосмугового доступу LTE, як технології наступного покоління. Розглянуті переваги, а також питання взаємодії і сумісності LTE з технологіями, що діють. Проаналізовані мережева архітектура LTE/SAE, фізичний рівень LTE з використанням технології OFDM, а також перспективи впровадження LTE в контексті підвищення ефективності використання ресурсу радіочастотного спектру.

Ключові слова: радіомережа, радіочастотний ресурс, безпроводна технологія, спектральна ефективність.

FEATURES OF INTRODUCTION OF TECHNOLOGY OF LTE ON WAY OF INCREASE OF EFFICIENCY OF THE USE OF SPECTRUM

L.A. Tokar

The necessity of introduction of off-wire technology of широкополосного доступу LTE, as technologies of next generation, is grounded. Advantages, and also questions of co-operation and compatibility of LTE, are considered with operating technologies. Network architecture of LTE/SAE, physical level of LTE, is analysed with the use of technology of OFDM, and also prospect of introduction of LTE in the context of increase of efficiency of the use of resource of radio frequency spectrum.

Keywords: radio network, radio frequency resource, off-wire technology, spectral efficiency.