

СПС

АКАДЕМИЯ

СОВРЕМЕННЫХ

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ

ТЕХНОЛОГИЙ

СПС
СПС.6

Сети подвижной связи
Перспективные подходы, развиваемые компаниями мобильной связи, для организации беспроводного абонентского доступа
(количество частей – 1, число страниц - 15)

СПС.6

Системы связи поколения 3G (Third Generation)

8.1.2. IMT-2000

Задача обеспечения пользователей мобильным широкополосным доступом в Интернет стала весьма актуальной для фирм, разрабатывающих оборудование для сетей мобильной связи. Отставание в этом вопросе означает, что доходы от мобильной связи будут уходить компаниям, которые разработали и предлагают оборудование WiFi и WiMAX. Операторы мобильной связи заинтересованы в победе в конкурентной борьбе за абонентов. При этом ставка делается на разработанное оборудование поколений 3G и 4G.

Официально мобильная сеть третьего поколения 3G – это набор систем и сервисов, построенных на базе любой из шести технологий, описанных в документе International Mobile Telecommunications Programme (IMT-2000), предложенном Международным союзом телекоммуникаций (International Telecommunication Union, ITU). Технологии следующие - W-CDMA, CDMA2000, CDMA2001, TD-CDMA/TD-SCDMA, UWC-136 (он же EDGE) и DECT. Реально в качестве сетей 3G могут быть использованы только следующие варианты:

W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access);

европейский вариант Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) вида CDMA2000 1X (450, 800, 850, 1700, 1900 МГц);

китайский вариант 3G – TD-CDMA/TD-SCDMA.

3G - операторы классифицируются по скорости передачи данных:

для абонентов с высокой мобильностью (до 120 км/ч) – не менее 144 кбит/с;

для абонентов с низкой мобильностью (до 3 км/ч) – 384 кбит/с;

для неподвижных объектов на коротких расстояниях – 2,048 Мбит/с.

Выбор пользователей ограничен телефонами для работы на частоте 900, 1800, 1900 МГц и 2100 МГц.

В Европе развитие 3G было заторможено высокими лицензионными отчислениями. Там лицензии на 3G подразумевали уверенное покрытие, а именно доля отказов по вызовам на 80% территории должна быть меньше 5%. Оказалось, что на частотах выше 2ГГц добиться такого качества нереально. Оказалось, что сетями 3G можно охватить 80% не территории, а населения, то только в крупных городах. Жесткие требования к покрытию в Европе сохранились только для сетей на частотах

ниже 1ГГц. В этих диапазонах территория покрытия одной базовой станции больше. Например, при использовании частного диапазона 800 МГц она в 5-7 раз больше, чем в диапазоне 2600 МГц.

Первая коммерческая 3G-сеть FOMA была запущена 1 октября 2001 года в Японии оператором NTT DoCoMo на базе стандарта W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Первая европейская сеть 3G была запущена 3 марта 2003 года в Великобритании оператором Hutchison. В регионах России уже имеется опыт внедрения оборудования стандарта EDGE.

Стандарт UMTS

Стандарт «Универсальная система мобильной связи» (Universal Mobile Telecommunications System, UMTS) продолжает в своем развитии достижения европейских разработчиков оборудования мобильной связи, ранее выраженные в оборудовании стандарта GSM. Стандарт UMTS нашел наибольшее распространение среди других стандартов этого поколения на территории Европы, в том числе и России. Скорость передачи данных в сетях UMTS может достигать 2Мбит/сек. Благодаря технологии High Speed Downlink Packet Access (HSPA) которая относится к поколению 3.5G и была внедрена в 2006 году, максимальная скорость возросла до 14 Мбит/сек.

Рассмотрим структуру системы UMTS, представленную на рис. 1. В поздних реализациях (R5, R6, R7,R8) функции центров коммутации подвижной связи MSC были разделены между двумя устройствами - MSC-Server и MGW (Media gateway). MSC-Server отвечает за установление соединений, тарификацию, выполняет некоторые функции аутентификации. MGW представляет собой коммутационное поле, подчиненное MSC-Server.

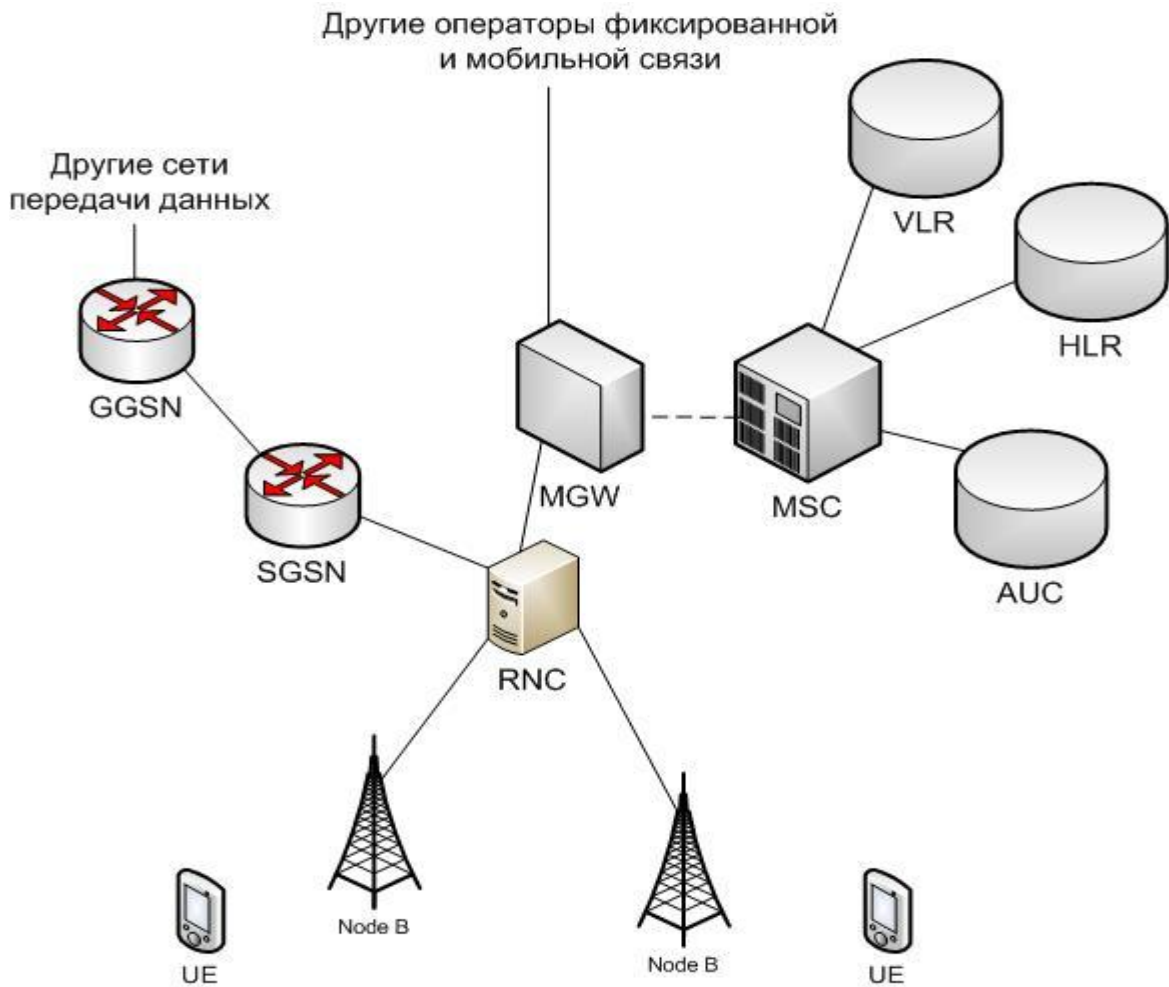


Рис. 1. Структура сети стандарта UMTS (данные сайта «Сотовая связь. История, стандарты, технологии»)

В подсистему базовых станций входят:

RNC (Radio Network Controller) – контроллер сети радиодоступа системы UMTS. Он является центральным элементом подсистемы базовых станций и выполняет большую часть функций - контроль радиоресурсов, шифрование, установление соединений через подсистему базовых станций, распределение ресурсов между абонентами;

NodeB – базовая станция системы сотовой связи стандарта UMTS. Основной функцией NodeB является преобразование сигнала, полученного от RNC в широкополосный радиосигнал, передаваемый к телефону. Базовая станция не принимает решений о выделении ресурсов, об изменении скорости к абоненту, а лишь служит мостом между контроллером и оборудованием абонента, и она полностью подчинена RNC.

Оборудование абонента получило название UE (User Equipment). Тем самым подчеркивается, что в отличие от предшествующих стандартов в UMTS может быть не только обычный телефон, но и смартфон, ноутбук, стационарный компьютер.

Пакетные данные в сети UMTS передаются от MGW к SGSN, после чего через GGSN поступают к другим внешним сетям передачи данных, например сетью Интернет.

Первая сеть UMTS была запущена в коммерческую эксплуатацию 1 декабря 2001 года в Норвегии. К маю 2010 года число абонентов превысило 540 миллионов по всему миру.

Таким образом, стандарты третьего поколения позволяют предоставить широкий перечень мультимедийных услуг, и поддерживать скорости передачи данных до 14Мбит/сек. Это вполне соответствует запросам абонентов в настоящее время. Однако, объемы передаваемой информации в телекоммуникационных сетях растут с каждым днем. Чтобы удовлетворить потребности пользователей по скорости передачи данных и набору услуг, хотя бы на 20 лет вперед необходим новый стандарт четвертого поколения.

Стандарт поколения 4G LTE

Работа над первым стандартом четвертого поколения LTE (Long Term Evolution) началась в 2004 году организацией 3GPP. В конце ноября 2010 года Международный союз электросвязи ITU официально признал LTE-Advanced стандартом беспроводной связи четвертого поколения (4G). Предполагается, что к 2015 г. рынок вырастет до уровня 400 млн. пользователей. В настоящее время более 20 ведущих операторов мира намереваются внедрить LTE в ближайшие 2 — 3 года. Это стремление обусловлено следующим. Первое — переход от поминутно оплачиваемых услуг к услугам на базе абонирования. Второе — образы новых бизнес-моделей. Третье — мобильная реклама и электронная коммерция. Четвертое — переход к контенту на базе IP и, последнее, рост потокового видео.

Технология LTE позволяет работать в режимах FDD (Frequency Division Duplex – Дуплексный режим с частотным разделением) и TDD (Time Division Duplex – Дуплексный режим с временным разделением), часто обозначаемых FD-LTE и TD-LTE. Радиус действия базовой станции LTE может быть различным в зависимости от мощности и используемых частот. При необходимости дальность действия может

составлять 30 км или даже 100 км (при достаточном поднятии антенны). Максимальное значение скорости передачи данных по нисходящему каналу (download) составляет 150 Мбит/с (ширина полосы канала до 20 МГц, 2x2 MIMO), а по восходящему (upload) – более 75 Мбит/с (ширина полосы канала до 20 МГц).

Реально внедрение мобильных сетей LTE дает операторам связи две новые функциональные возможности:

LTE примерно в 3,3 раза спектрально «более эффективна, и может поддерживать более высокие скорости передачи информации», чем сети HSPA;

она обеспечивает меньшие задержки при передаче информации на терминал пользователя (менее 50 мс, реально достижимы значения 10-15 мс), что создает условия для более быстрой загрузки «тяжелого» контента.

Сети LTE поддерживают скорости передачи данных до 326,4 Мбит/сек. К примеру, загрузка фильма в хорошем качестве займет менее одной минуты. Таким образом, верхняя планка по скорости передачи данных практически снимается.

На рис. 2 представлена структура сети стандарта LTE, которая сильно отличается от сетей стандартов 2G и 3G. Вся информация (голос, данные) передается в виде пакетов.

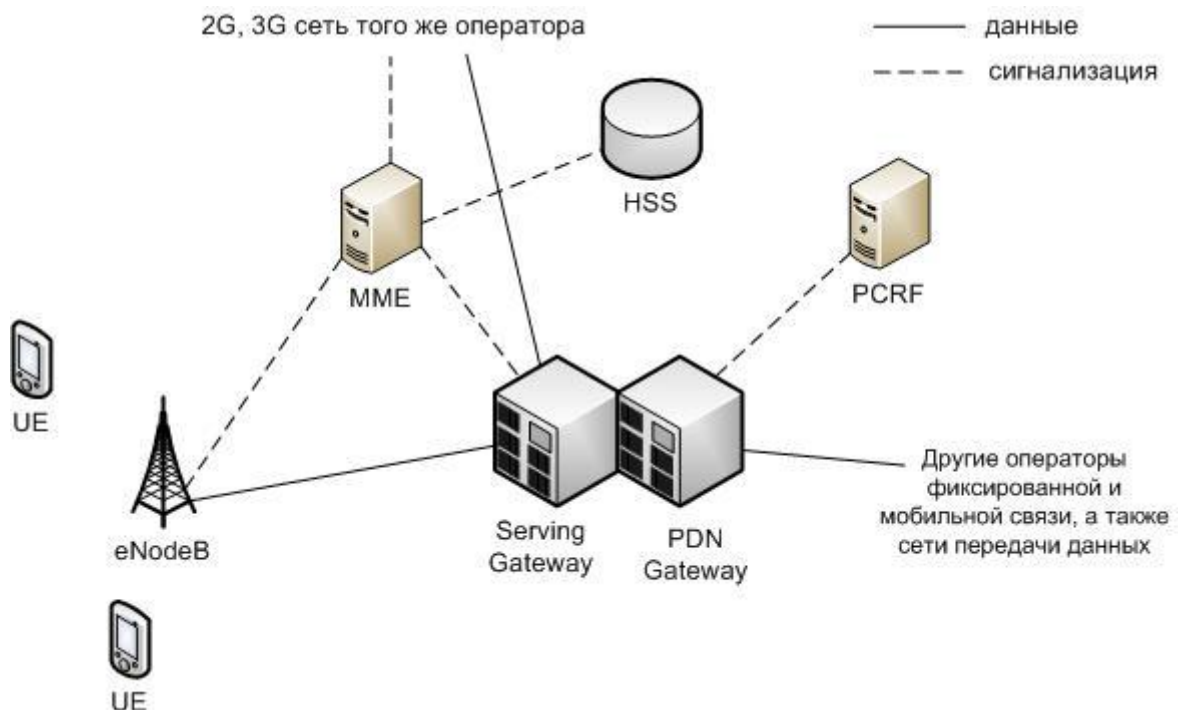


Рис. 2. Структура сети технологии LTE(данные сайта «Сотовая связь. История, стандарты, технологии»)

К системе коммутации сети LTE относятся:

Serving Gateway (SGW) – обслуживающий шлюз сети LTE, предназначенный для обработки и маршрутизации пакетных данных поступающих из/в подсистему базовых станций. Заменяет MSC, MGW и SGSN сети UMTS. Имеет прямое соединение с сетями второго и третьего поколений того же оператора, что упрощает передачу соединения в /из них по причинам ухудшения зоны покрытия, перегрузок;

Public Data Network Gateway или PDN Gateway (PGW) – шлюз к/от сетей других операторов;

Mobility Management Entity (MME) – узел управления мобильностью для управления мобильностью абонентов сети LTE;

Home Subscriber Server (HSS) – сервер абонентских данных, представляющий собой объединение VLR, HLR, AUC в одном устройстве;

Policy and Charging Rules Function (PCRF) – узел выставления счетов абонентам за оказанные услуги связи.

Базовая станция, которая получила название eNodeB, выполняет функции и базовой станции, и контроллера базовых станций сети LTE. За счет этого упрощается расширение сети, т.к. не требуется расширение емкости контроллеров или добавления новых.

В конце 2009 года в Швеции была запущена в коммерческую эксплуатацию первая сеть стандарта LTE.

Аналитическая компания Juniper Research выпустила доклад, в котором утверждает, что к 2015 году число абонентов мобильных сетей LTE превысит 300 млн. человек. Суммарно на Западную Европу, Китай и Северную Америку придется 90% всех LTE-абонентов. Быстрому разворачиванию сетей LTE в Западной Европе будет способствовать запланированный на 2015 год переход на цифровое телевидение, за счет чего будут высвобождаться диапазоны частот, ранее задействованные под аналоговое телевидение. Их планируется передать для развития сетей LTE. Всего в мире, как полагают аналитики, в 2015 году будет около 6 млрд. абонентов сотовой связи.

Вызов или сеанс передачи данных, инициированный в зоне покрытия LTE, технически может быть передан без разрыва в сеть 3G (W-CDMA, CDMA2000) или в сети GSM/GPRS/EDGE. Таким образом, развитие сетей LTE возможно на уже разви-

тых сетях как операторов GSM (в России — операторы «большой тройки») так и операторов CDMA (в России — Енисейтелеком, Скайлинк, БайкалВестКом), что заметно снижает стоимость развертывания сети (в отличие от WiMax сетей). Сдерживающим фактором развития сетей LTE в России являются проблемы с выделением частотного диапазона. Высокоскоростной беспроводной доступ дает новые возможности по использованию сети Интернет: облачные вычисления (например, Google дорабатывает сетевую операционную систему Chrome OS); мобильная связь с камерами видеонаблюдения; проведение бизнес-конференций с множеством участников за пределами стен офисов; просмотр качественного потокового видео.

Использование фемто- сот в условиях городской застройки

Современные здания строятся из бетона и металла, которые являются очень хорошим экраном для высокочастотных радиоволн. Передаваемый от обычных базовых станций сигнал просто отражается от стен зданий и единственным способом проникновения остаются окна, через которые радиоволны могут проникать внутрь лишь на несколько метров. Повышение мощности или более плотная установка базовых станций также не позволят решить эти проблемы, так как многие здания обладают сложной геометрической формой, а их толщина может достигать нескольких десятков метров. Для решения данной проблемы неизбежно необходима установка дополнительных источников радио покрытия.

Практически все стандарты сотовой связи, начиная с GSM, предусматривают установку сот с небольшим радиусом действия внутри помещений. Пико (фемто) сота – это небольшая по зоне покрытия и емкости сота системы сотовой связи, действующая в пределах одного помещения (см. рис. 3). Разработкой спецификаций и стандартов для пико (фемто) сот занимается специально созданный Femto Forum.



Рис. 3. Оборудование для фемто - сот различных производителей

Главным катализатором развития фемто-технологий стало внедрение сетей 3G. Большинство из них работают в высоких диапазонах частот, которые не способствуют хорошему проникновению сигнала внутрь зданий. Использование фемто-сот может позволить операторам, поздно пришедшим на рынок, привлечь к себе корпоративных пользователей. Например, шведский GSM-оператор Spring Mobile получил лицензию только в 2003 году. Благодаря установке фемто-сотовых базовых станций он сумел убедить свыше 500 корпоративных клиентов перейти с фиксированных на его сеть.

Фемто-сота представляет собой самостоятельную базовую станцию с одним сектором, выполненную в виде небольшого бокса, в который вмонтирован приемопередатчик, транспортный и управляющий модули, а также приемно-передающая антенна. Пико-соты могут быть смонтированы на стене, потолке, полу или в любом другом удобном месте. Из-за небольшого радиуса действия фемто-сота потребляет мало энергии и может быть подключена к офисной или домашней электросети. Доступ к Core Network/контроллеру от базовых станций организуется обычно по протоколу IP. Это связано с тем, что во многих офисах и домах уже существуют точки проводного доступа к сети Интернет по технологии Ethernet. Если такого доступа нет, то может быть задействован доступ через телефонную линию по технологии

xDSL. В общем случае может быть использован любой другой способ доступа к сети Интернет. Далее между фемто- сотой и сетью оператора организуется виртуальная частная сеть VPN и вся информация (служебная и пользовательский трафик) передается по защищенному соединению. Значительным преимуществом пико сот является возможность их самостоятельной интеграции в сеть. После включения питания и подключения к сети Интернет фемто - сота самостоятельно "ищет" свою сеть и проводит самонастройку и создает соседства с другими сотами сети. Из-за небольшой мощности излучателя и простоты установки весь монтаж может быть осуществлен самостоятельно, владельцами помещения.

Не следует исключать возможность использования фемто-сот в сетях 2G, которые далеко не везде обеспечивают хорошее внутреннее покрытие. Наибольшее преимущество фемто - сот перед другими беспроводными технологиями доступа - возможность использования одной и той же трубки на улице и в офисе (дома). Пользователь может пользоваться тем же набором услуг, с одинаковыми характеристиками дома, на работе, в магазине и по дороге между ними. Благодаря появлению стандартов 3G (UMTS), а особенно 4G (LTE) скорость доступа к сети Интернет не уступает проводному доступу.

Вариант планирования сети LTE

Существуют два основных варианта планирования сетей: с целью формирования максимальной площади покрытия или с целью обеспечения требуемой емкости. Эти задачи порой противоречат друг другу. Например, в городских условиях при высокой плотности абонентов зоны обслуживания базовых станций БС по площади гораздо меньше максимально возможной, но оптимизированы по пропускной способности. В сельской местности плотность абонентов невысокая, и базовые станции устанавливаются так, чтобы закрыть каждой БС максимальную территорию.

Планирование сетей LTE отличается типом многостанционного доступа на базе OFDM, и наличием двух типов дуплекса - частотного (FDD) и временного (TDD). Рассмотрим предложения компании Nokia Siemens Networks по развертыванию сети LTE в Московском регионе.

Компанией Nokia Siemens Networks разработаны и успешно эксплуатируются решения по поддержке сетей, совместно используемых несколькими операторами

(Network Sharing), с разделением ресурсов между операторами на нескольких уровнях:

на уровне транспорта;

на уровне подсистемы радиодоступа (для поддержки разных операторов, каждого в своей полосе частот);

на уровне ядра сети (при разделении ресурсов ядра между операторами).

Для сетей, совместно используемых несколькими операторами, с реализацией технологий GSM/WCDMA/ LTE FDD/ LTE TDD предлагается использовать базовую станцию Flexi Multiradio, представленную на рис. 4.

Системный модуль Flexi Multiradio обеспечивает поддержку до 6 радиомодулей, частотные каналы которых могут принадлежать разным операторам.

На рис. 5 показано использование частотных каналов в радиомодуле Flexi Multiradio. Радиомодуль с тремя приемопередатчиками может обслуживать три сектора с поддержкой в каждом секторе 6 несущих GSM, 4 несущих WCDMA, или нескольких каналов LTE с суммарной шириной 20 МГц. Радиомодуль может работать в смешанном режиме GSM/WCDMA/LTE.



Рис. 4. Базовая станция Flexi Multiradio

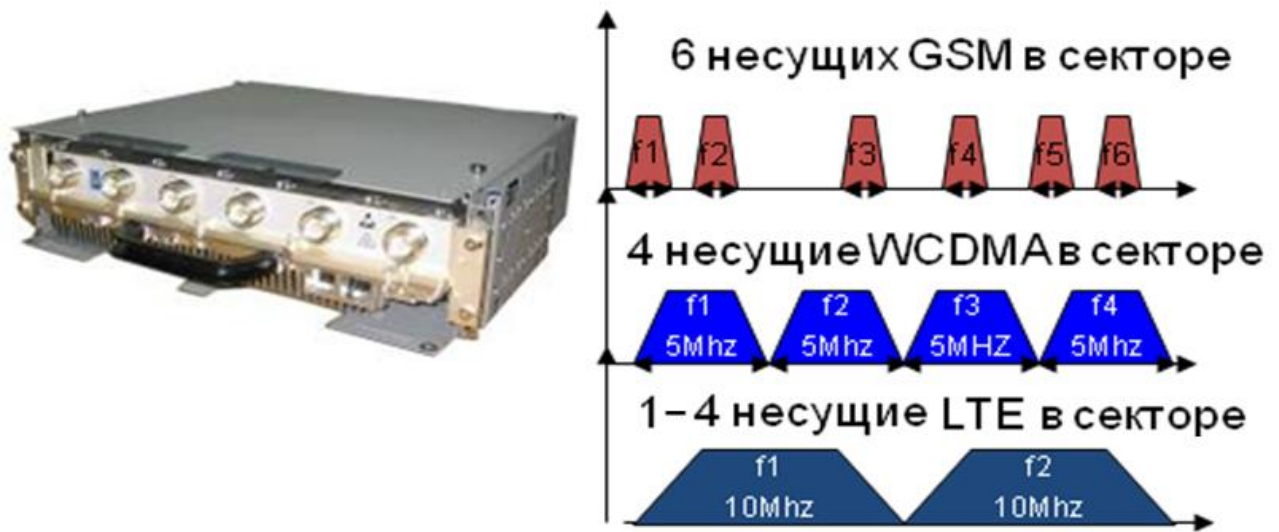


Рис. 5. Радиомодуль Flexi Multiradio

В таблице 1 в качестве примера представлены результаты расчета средней пропускной способности трехсекторной базовой станции для системы FDD, которая обеспечивает лучшее радиопокрытие при одной и той же гарантированной скорости передачи данных на линии вверх. Ограничивающей линией по дальности связи, как правило, является линия вверх. Данные расчета для линии вверх указаны как UL и для линии вниз – DL. В системе FDD конфигурация кадров одинакова для линий вверх и вниз: кадр включает в себя 10 субкадров по 1 мс. На линии вверх для пользователя на краю соты гарантируется скорость 128 кбит/с. Следует отметить, что в системе TDD можно гарантировать более высокую пропускную способность на линии вниз по сравнению с системой FDD, благодаря асимметрии кадров DL и UL.

Таблица 1

Средняя пропускная способность трехсекторной БС для конфигурации системы FDD 10+10 МГц

Линия	DL	UL
Соотношение длительности кадров	100%	100%
Спектральная эффективность, бит/с/Гц	1,69	0,735
Средняя пропускная способность соты, Мбит/с	16,9	7,35
Средняя пропускная способность БС, Мбит/с	50,7	22,05

В таблице 2. представлены данные расчета количества трехсекторных сайтов для обслуживания мегаполиса площадью 880 кв. км (данные Московского региона). Расчет проводился для сети LTE FDD диапазона 800МГц, который отличается от диапазона 2600 МГц меньшим коэффициентом усиления антенны БС и меньшими потерями на проникновение в здание. Это позволяет увеличивать площадь сайта примерно на порядок по сравнению с диапазоном 2600 МГц.

Таблица 2

**Результаты расчет числа БС диапазона 800 МГц для мегаполиса
(данные Nokia Siemens Networks)**

Класс местности	Плотная застройка	Средняя застройка	Редкая застройка	Открытая местность, парки	Итого
Площадь города по классам, кв. км	176	396	132	176	880
Радиус соты, км	0,93	1,56	3,91	11,87	
Число сайтов	106	84	5	1	196

При высокой плотности абонентов построение сети только в низкочастотном диапазоне, требуется очень плотная расстановка сайтов. Их зоны радио покрытия будут перекрываться. Для сети LTE - это очень критично. Увеличивается уровень внутрисистемных помех и ухудшается пропускная способность. И, наоборот, если работать только в высокочастотном диапазоне, то неизбежно возникают проблемы с радиопокрытием.

Для достижения баланса между покрытием и емкостью целесообразно использовать не менее двух иерархических уровней, работающих в высоком и низком диапазонах частот, причем на разных уровнях могут использоваться разные радио технологии.

Приведем данные по оценке емкости сети LTE FDD в мегаполисе при наличии пары полос 10+10 МГц и при использовании 1500 сотовых площадок. Суммарная пропускная способность такой сети в направлении к абоненту составит $50,7 \times 1500 = 76000$ Мбит/с. При расчете числа абонентов учитывались данные по сети LTE

Telia Sonera (Швеция), где был отмечен максимальный объем трафика абонента в месяц – 30 Гбайт.

В таблице 3 приведены данные по оценке емкости сети LTE в мегаполисе. Полученная расчетная емкость 726 тысяч абонентов не может считаться достаточной для такого мегаполиса как Москва. Один из перспективных подходов к организации сетей мобильного широкополосного абонентского доступа заключается в отказе от «коврового» покрытия сети в высокочастотном диапазоне. Возможным считается разворачивать LTE в более высоких диапазонах точно в зонах с высокой плотностью абонентов, используя микро- и пико – станции.

Таблица 3. Оценка емкости сети LTE в мегаполисе

Трафик абонента, Гбайт/месяц	30
Число часов наибольшей нагрузки (ЧНН) в день	17
Число дней в месяце	30
Усредненный трафик абонента в ЧНН, Мбит/с	0,131
Доля трафика на DL	80%
Усредненный трафик абонента на DL в ЧНН, Мбит/с	0,105
Общий трафик в сети, Гбит/с	76
Число абонентов, тысяч	726

Перспективы развития беспроводного широкополосного абонентского доступа

Анализ спроса на услуги мобильного широкополосного доступа, проведенный компанией Скартел показал следующее (см. табл. 4):

среднее потребление трафика абонентами его сетей мобильного WiMAX составляет 10-12 Гбайт в месяц, причем 96 % подписчиков потребляют не более 100 Гбайт в месяц;

доля сверх мобильных абонентов, которые меняют по 6 и более сайтов в день, составляет всего 18%, а остальные – это фиксированные и ограниченно мобильные абоненты (2 – 6 секторов);

большие скорости требуются только для скачивания HD и 3D фильмов меньше, чем за одну минуту.

Причем, по оценке Huawei Wireless, и через 10 лет голосовые услуги будут основным источником доходов мобильных сетей.

Общий прогноз, изложенный в «Вестнике связи» в №7 за 2011 состоит в том, что подавляющему большинству пользователей достаточно скоростей 10-20 Мбит/с, которые уже предоставляются пользователям в сетях с технологией HSPA+ поколения 3,5G.

Таблица 4. Структура абонентов по объему ежемесячно потребляемого трафика

Потребление трафика, Гбайт в месяц	Больше 100	25 - 100	5-25
Доля абонентов, %	4	18	29
Потребление трафика, Гбайт в месяц	1 - 5	0,5 - 1	0 – 0,5
Доля абонентов, %	23	7	20

Исследования рынка показывают, что за 2011 г. в мире будет произведено до 200 млн. ноутбуков. Ericsson считает, что около 50 % из них будут содержать встроенные модули HSPA. Ожидается, что сети поколения 3G и 3G+ будут долго составлять достойную конкуренцию LTE. Во многих случаях для повышения скоростей обмена операторам связи будет достаточно повышать плотность размещения базовых станций, а также использовать фемто-соты и технические решения WiFi.

Соответственно, проникновение сетей LTE, пойдет медленнее, чем развертывание сетей поколений 2G и 3G. По прогнозам J'son & Partners Consulting к концу 2015 года при благоприятном сценарии в российская аудитория LTE может достичь 9 млн. абонентов (4% пользователей сотовой связи), а при консервативном сценарии – 3,7 млн. абонентов.

При всем том, сети 4G представляются универсальной платформой для оказания любых услуг, дальнейшее повышение скорости обмена информацией (и развитие технологий доступа в этом направлении) практически остановится, а все абоненты рано или поздно перейдут на обслуживание в эти сети.

Автор: Степанова И.В., к.т.н., доцент