

Сети LTE: структура и принцип работы

(http://www.mobile-networks.ru/articles/seti_lte_struktura_i_princip_raboty.html)

Сотовые сети стандарта GSM по своей структуре изначально не были предназначены для мобильного интернета. Соответственно, в наши дни операторы сотовой связи вынуждены с целью удовлетворения потребностей населения вкладывать огромные деньги в модернизацию своих сетей до 3G (UMTS), а теперь уже и до 4G (LTE). Сейчас, в России развернуты сети 4G или LTE и операторы уже приступили к работе над сетями 5G.

На фото первая базовая станция LTE от Yota в Сочи:



Сам термин LTE расшифровывается как Long Term Evolution и в переводе на русский означает «долгосрочная эволюция». Длительное время на роль связи 4G претендовал стандарт WiMAX, однако впоследствии был отодвинут на задний план как менее востребованный вариант быстрого беспроводного Интернета.

LTE является следующим после 3G поколением мобильной связи и работает на базе IP-технологий. Основное отличие LTE от предшественников – высокая скорость передачи данных. Теоретически она составляет до 326,4 Мбит/с на прием (download) и 172,8 Мбит/с на передачу (upload) информации. При этом в международном стандарте указаны цифры в 173 и 58 Мбит/с, соответственно. Данный стандарт связи четвертого поколения разработало и утвердило Международное партнерское объединение 3GPP.

Система кодирования последнего поколения - OFDM

Напомним в чем состоит главная особенность стандарта LTE. Так же, как и в сетях 3G, главным звеном в LTE можно назвать технологию кодирования и передачи данных OFDM+ MIMO.

OFDM расшифровывается как Orthogonal Frequency-division Multiplexing и по-русски означает ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием. Это цифровая схема модуляции, использующая близко расположенные друг от друга ортогональные поднесущие в большом количестве. Все поднесущие моделируются по стандартной схеме модуляции, такой как квадратурная амплитудная модуляция на небольшой символьной скорости с соблюдением общей скорости передачи данных, как и в простых схемах модуляции одной несущей в этой же самой полосе пропускания. В действительности сигналы OFDM генерируются благодаря применению "Быстрого преобразования Фурье".

Данная технология используется для направления сигнала от базовой станции (БС) к вашему мобильному телефону. Что же касается обратного пути сигнала, т.е. от телефонного аппарата к базовой станции, техническим разработчикам пришлось отказаться от системы OFDM и воспользоваться другой технологией под названием SC-FDMA. В расшифровке она читается как Single-carrier FDMA и в переводе означает мультиплексирование на одной несущей. Смысл ее в том, что при сложении большого количества ортогональных поднесущих образуется сигнал с большим пик-фактором (отношением амплитуды сигнала к своему среднеквадратичному значению). Для того чтобы такой сигнал мог передаваться без помех необходим высококлассный и довольно дорогой передатчик.

MIMO - Multiple Input Multiple Output – представляет собой технологию передачи данных с помощью N-антенн и приема информации M-антеннами. При этом принимающие и передающие сигнал антенны разнесены между собой на такое

расстояние, чтобы получить слабую степень корреляции между соседними антеннами.

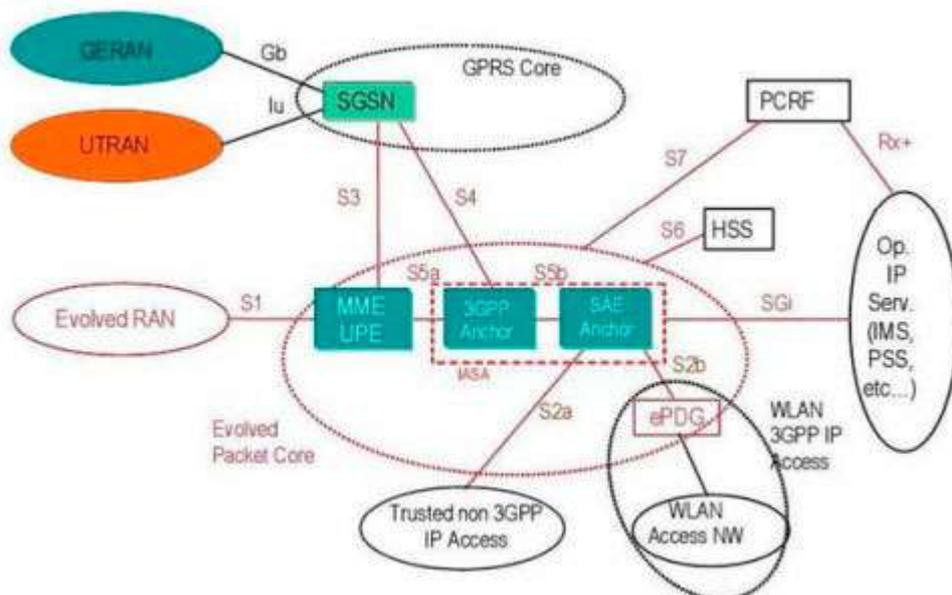


Зона обслуживания базовой станции сети LTE может быть разной. Обычно она составляет около 5 км, но в ряде случаев она может быть увеличена до 30 и даже 100 км, в случае высокого расположения антенн (секторов) базовой станции.

Другое позитивное отличие LTE – большой выбор терминалов. Помимо сотовых телефонов, в сетях LTE будут использоваться многие другие устройства, такие как ноутбуки, планшетные компьютеры, игровые устройства и видеокамеры, снабженные встроенным модулем поддержки сетей LTE. А так как технология LTE обладает поддержкой хендовера (переключения между базовыми станциями) и роуминга с сотовыми сетями предыдущих поколений, все данные устройства смогут работать и в сетях 2G/3G.

Структура сетей четвертого поколения

Схема сетей 4G (LTE) выглядит следующим образом:

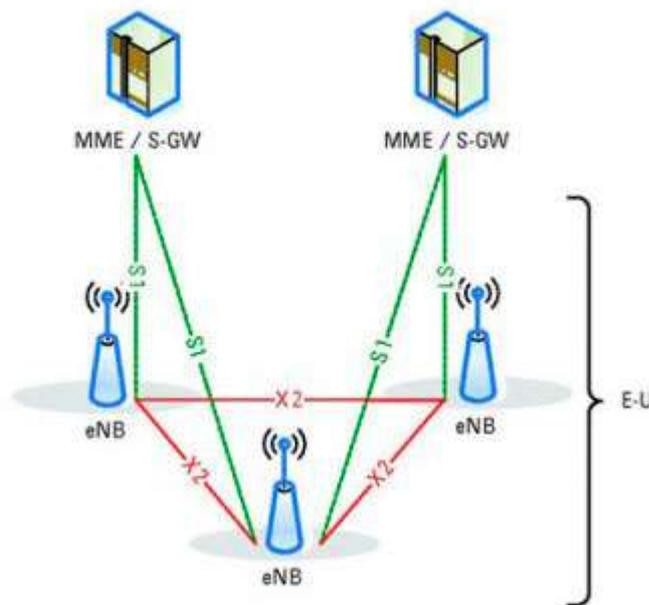


Как видно из данной схемы, сети LTE включают в себя модули сетей 2,75G (EDGE) и 3G (UMTS). Из-за данной особенности строительство сетей четвертого поколения будет достаточно специфичным и походит скорее на следующую ступень развития современных технологий, нежели на что-то принципиально новое.

К примеру, в соответствии с такой структурой, звонок или интернет-сессия в зоне действия сети LTE может быть без разрыва соединения передана в сеть 3G (UMTS) или 2G (GSM). Кроме того, сети LTE довольно легко интегрируются с сетями WI-FI (обозначение WLAN Access NW на вышеприведенной схеме) и Интернет.

Остановимся на подсистеме радиодоступа более подробно. По своей структуре сеть радиодоступа RAN - Radio Access Network – выглядит аналогично сети UTRAN UMTS, или eUTRAN, но имеет одно дополнение: приемно-передающие антенны базовых станций взаимосвязаны по определенному протоколу X2, который объединяет их в сотовую сеть - Mesh Network – и дает возможность базовым станциям обмениваться данными между собой напрямую, не задействуя для этого контроллер RNC - Radio Network Controller.

К тому же взаимосвязь базовых станций с системой управления мобильными устройствами MME - Mobility Management Entity - и сервисными шлюзами S-GW - Serving Gateway – осуществляется путем «многих со многими», что позволяет получить большую скорость связи с небольшими задержками.



Технология LTE против WiMAX

В действительности стандарты LTE и WiMAX достаточно близки между собой. Они оба используют технологию кодирования OFDM и систему передачи данных MIMO. И в том, и в другом стандарте применяются FDD и TDD-дуплекирование при пропускной способности канала до 20 МГц. И обе из систем связи используют в роли своего протокола IP. Соответственно, обе технологии в реальности одинаково хорошо применяют свой частотный диапазон и обеспечивают сравнимую скорость передачи данных интернет-доступа. Но, конечно, есть у них и кое-какие отличия.

Одним из таких отличий является гораздо более простая инфраструктура сети WiMAX, а, следовательно, и более надежная технически. Данная простота стандарта обеспечивается его предназначением исключительно для передачи данных. С другой стороны, «сложности» LTE нужны для обеспечения ее совместимости со стандартами предыдущих поколений – GSM и 3G. И данная совместимость нам с вами, безусловно, потребуется.

Существуют и другие детали в различии между LTE и WiMAX. Например, диспетчеризация радиочастотных ресурсов. В WiMAX она производится по технологии Frequency Diversity Scheduling, согласно которой поднесущие, предоставляемые абоненту, распределяются по всему спектру канала. Это необходимо для рандомизации и усреднения влияния частотно-селективных замираний на широкополосный канал.

В сетях LTE применена другая технология устранения частотно-селективных замираний. Она называется частотно-селективной диспетчеризацией ресурсов - Frequency Selective Scheduling. При этом для каждой абонентской станции и каждого частотного блока несущей создаются индикаторы качества канала CQI - Channel Quality Indicator.

Еще одним очень важным моментом, связанным с планированием сетей связи массового использования – коэффициент переиспользования частот. Он показывает эффективность использования доступной полосы радиочастот для каждой базовой станции в отдельности.

Базовая структура переиспользования частотного диапазона WiMAX состоит из 3-х частотных каналов. При использовании трехсекторной конфигурации базовых станций определенного частотного диапазона в каждой из точек пространства используется лишь треть радиочастотного диапазона.

Работа сотовой сети LTE (4G) производится с коэффициентом переиспользования частот равном 1. То есть, получается, что все базовые станции LTE работают на одной несущей. Внутрисистемные помехи в подобной системе сводятся к минимуму благодаря частотно-селективной диспетчеризации, гибкому частотному плану и координации помех между отдельными сотами. Абонентам в центре каждой соты могут даваться ресурсы из всей полосы свободного канала, а пользователям на краях сот предоставляются частоты только из определенных поддиапазонов.

Перечисленные выше особенности сетей LTE и WiMAX оказывают большое влияние на одну из их главных характеристик – степень радиопокрытия. Отталкиваясь от данного параметра определяется необходимое количество базовых станций для качественного покрытия конкретной территории. Соответственно, он напрямую влияет и на конечную стоимость строительства сетей LTE.

Согласно расчетам, сеть LTE способна обеспечить лучшую зону покрытия при одинаковом числе базовых станций, что является несомненным плюсом для всех операторов сотовой связи.