

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРФЕЙСА LTE

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г.Минск, Республика Беларусь

Медведева М.В., Герад А.С.

Сацук С.М. – к.т.н, доцент

Наиболее перспективным вариантом обеспечения городского округа высокоскоростным доступом в сеть Интернет является построение сетей сотовой подвижной радиосвязи четвертого поколения (4G). Самым оправданным стандартом 4G для решения этой задачи является технология беспроводного доступа LTE. Разработка технологии LTE, как стандарта связи, официально началась в конце 2004 года в Канаде, г.Торонто.

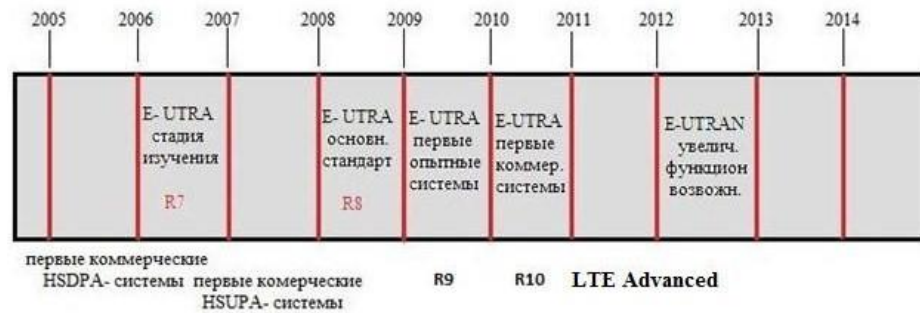


Рис.1 - Основные этапы развития технологии LTE

Главное отличие стандарта LTE от других технологий мобильной связи заключается в полном построении сети на базе IP-технологий. Радиointерфейс LTE дает возможность улучшить технические характеристики, включая максимальную скорость передачи данных около 326,4 Мбит/с, время задержки пересылки пакетов менее 5 мс, а также существенно более высокую спектральную эффективность по сравнению с существующими стандартами беспроводного мобильного доступа третьего поколения (3G).

Сеть LTE состоит из двух важных компонентов: сети радиодоступа E-UTRAN и базовой сети SAE. Вместе они составляют усовершенствованную пакетную систему EPS. На рисунке 2 изображена общая архитектура сети, включая сетевые элементы и стандартные интерфейсы.

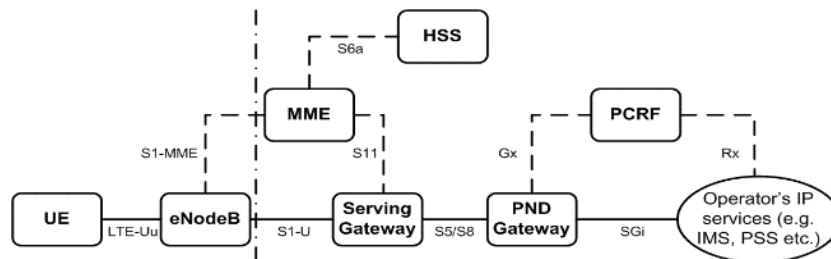


Рис.2 - общая архитектура сети

На радиointерфейсе в сети стандарта LTE применяется стек каналов для передачи данных между абонентским терминалом и сетью. Низший уровень в этом стеке образуют физические каналы. По ним передаются транспортные, которые в свою очередь несут логические каналы.



Рис.3 - Транспортные каналы на радиointерфейсе в LTE

К транспортным каналам в downlink относятся:

- BCH (Broadcast Channel) – широкоэвещательный канал
- PCH (Paging Channel) – канал для пейджинга
- DL-SCH (Downlink Shared Channel) – общий канал для передачи данных вниз
- MCH (Multicast Channel) – многопользовательский канал

К транспортным каналам в uplink относятся:

- RACH (Random Access Channel) – канал случайного доступа
- UL-SCH (Downlink Shared Channel) – общий канал для передачи данных вверх
На рисунке ниже представлена связь между логическими и транспортными каналами в LTE.

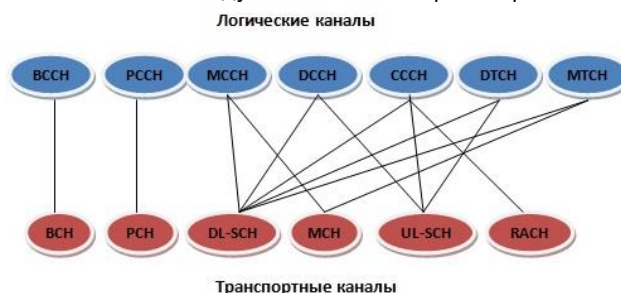


Рис.4 - Связь между логическими и транспортными каналами в LTE

Физические каналы на радиоинтерфейсе в LTE

Информация передается не произвольным образом, а через четко организованную структуру каналов. Физические каналы можно классифицировать по направлению передачи информации: downlink и uplink.

К физическим каналам в downlink относятся:

- PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) - физический распределенный канал в направлении «вниз» - служит для высокоскоростной передачи мультимедийной информации
- PDCCH (Physical Downlink Control Channel) – физический канал управления в направлении «вниз» - предназначен для передачи информации для управления конкретным eUE
- CCPCH (Common Control Physical Channel) – общий физический канал управления – необходим для передачи общей для всех информации

К физическим каналам в uplink относятся:

- PRACH (Physical Random Access Channel) – физический канала произвольного доступа – служит для первичного доступа в сеть
- PUCCH (Physical Uplink Control Channel) – физический канал управления в направлении «вверх» - необходим для передачи служебной информации от конкретной eUE к eNodeB
- PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) – физический распределенный канал в направлении «вверх» - предназначен для высокоскоростной передачи данных в uplink

Связь между транспортными и физическими каналами представлена на рисунке ниже.

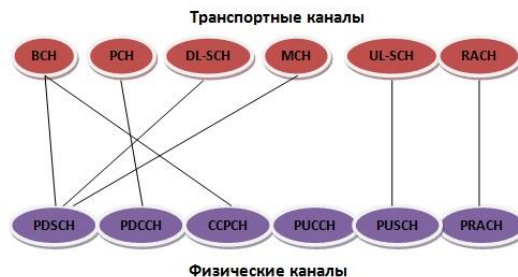


Рис.5 - Связь между транспортными и физическими каналами в LTE

Радиоинтерфейс LTE поддерживает оба метода дуплексного разделения каналов: частотный FDD и временной TDD.

FDD – тип передачи данных, использующий для разделения потоков частоту. Устройства принимают и передают данные на разных частотах. Наглядным примером сети FDD LTE может служить дорога с движением в обе стороны, состоящая из двух полос.

При FDD разделении входящие и исходящие данные передаются на разных частотах, поэтому их встречные потоки не мешают друг другу, не создают помех. Так как оба канала работают постоянно, сети FDD LTE отличаются малым пингом (задержкой сигнала) и обладают высокой пропускной способностью.

TDD – тип радиоканала, использующий для разделения входящих и исходящих потоков данных одну частоту. Для того, чтобы данные не смешивались, режимы приема и передачи разделены по времени. В конкретный момент устройство или базовая станция могут только передавать или только принимать сигнал. Наглядная модель TDD LTE – однополосная дорога, по которой утром можно ехать в одном направлении, а вечером – в обратном.

Из-за использования общего канала пропускная способность сетей TDD ниже, чем у FDD. Также в сетях этого типа наблюдается больший пинг. Так как объемы данных, принимаемые и передаваемые оператором, отличаются (передача преобладает), оператор может устанавливать асимметричные размеры временных отрезков. Это повышает реальную пропускную способность сети, но может приводить к задержкам в режиме симметричной связи (например, при видеообщении).

В сетях связи стандарта LTE в downlink (DL) используется ортогональная частотная модуляция. Этот тип модуляции определяет и принцип доступа – множественный доступ с ортогональным частотным разделением каналов. Суть его заключается в том, что все частотно-временное поле, выделенное для работы оператора, разделяется на небольшие блоки. Причем они небольшие как по частоте (15 кГц), так и по времени (0,5 мс).

Сеть распределяет эти блоки между абонентами в зависимости от их потребностей и возможностей сети. Таким образом, обеспечивается максимально эффективное использование ресурсов. Шаги преобразования сигнала в OFDM модуляторе.

- 1) Разделение исходного потока бит на параллельные потоки.
- 2) Кодирование помехоустойчивым кодом, в процессе которого значительно увеличивается число символов в отдельных потоках.
- 3) Манипуляция выбранным в данный конкретный момент способом модуляции: QPSK, 16QAM, 64QAM.
- 4) Перемножение полученной последовательности каждого потока на свою поднесущую.
- 5) Объединение сигналов и передача в эфир.

При формировании OFDM-сигнала поток последовательных информационных символов длительностью T_s/N разбивается на блоки, содержащие N символов. Далее блок последовательных информационных символов преобразуется в блок параллельных символов, в котором каждый информационный символ соответствует определенной поднесущей частоте многочастотного сигнала. При этом длительность символа увеличивается в N раз. Суммарная ширина спектра многочастотного сигнала соответствует ширине спектра исходного сигнала с последовательными символами. Цель такого преобразования – защита сигнала от узкополосных помех. Защита достигается благодаря тому, что параллельные символы многочастотного сигнала представляют собой кодовое слово помехоустойчивого кода, который позволяет восстановить символы в случае их ошибочного приема из-за искажений спектра.

Преобразование сигнала из временной области в частотную происходит с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ). Преимущество OFDM-сигнала заключается в уменьшении необходимого количества временных защитных интервалов. При сигнале с последовательными символами защитные интервалы добавляются между каждыми символами, а при сигнале с параллельными символами – между группами символов.

Перспективная модуляция OFDM/OQAM в линии «вниз». Данная Модуляция, не требует наличия защитных интервалов. Квадратурная амплитудная манипуляция со сдвигом Offset QAM (OQAM) значительно повышает эффективность использования спектра за счет уменьшения интерференционных межсимвольных помех, уплотнения сигнала по времени

Важным отличием OFDM/OQAM и классической OFDM является то, что скорость передачи сигнальных символов удваивается. А также является использование многофазной фильтрации после преобразования IFFT, исключающей использование циклических префиксов.

При формировании OFDM/QAM-сигнала в линии «вниз» в режиме временного дуплекса используются циклические префиксы для борьбы с межсимвольной интерференцией.

В схеме, приведенной на рис. модулятор генерирует N вещественных символов. Затем (до преобразования IFFT) они мультиплексируются с учетом составляющей i^{m+n} , которая при четном $m+n$ является вещественной, при не четном – мнимой (при этом могут быть как положительными, так и отрицательными).

Основными приоритетами разработки технологии LTE являются: скоростные характеристики передачи данных, экономическая составляющая, широта предоставления спектра услуг по выгодной цене, повышение гибкости сети и возможность использования на базе существующих систем мобильной связи. Главное отличие стандарта LTE от других технологий мобильной связи заключается в полном построении сети на базе IP-технологий. Радиointерфейс LTE дает возможность улучшить технические характеристики, включая максимальную скорость передачи данных около 326,4 Мбит/с, время задержки пересылки пакетов менее 5 мс, а также существенно более высокую спектральную эффективность по сравнению с существующими стандартами беспроводного мобильного доступа третьего поколения (3G).