

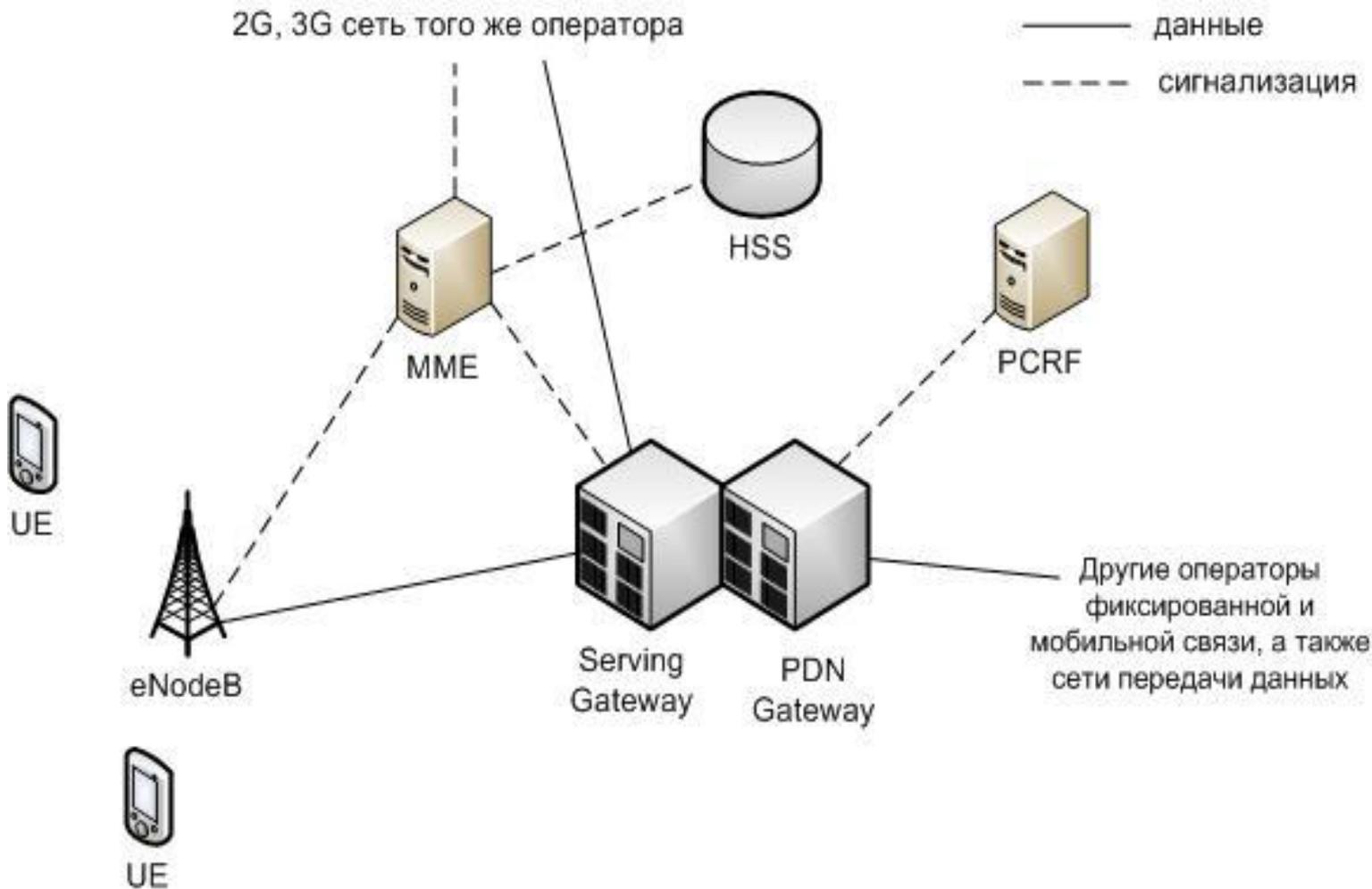
4G. LTE - Long Term Evolution

- Работа над первым стандартом четвертого поколения - LTE (Long Term Evolution) началась в 2004 году организацией [3GPP](#).
Главными требованиями, которые предъявлялись в процессе работы над стандартом были следующие:

- Скорость передачи данных выше 100 Мбит/сек. Высокий уровень безопасности системы Высокая энергоэффективность Низкие задержки в работе системы Совместимость со стандартами второго и третьего поколений

- 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.

Структура сети стандарта LTE

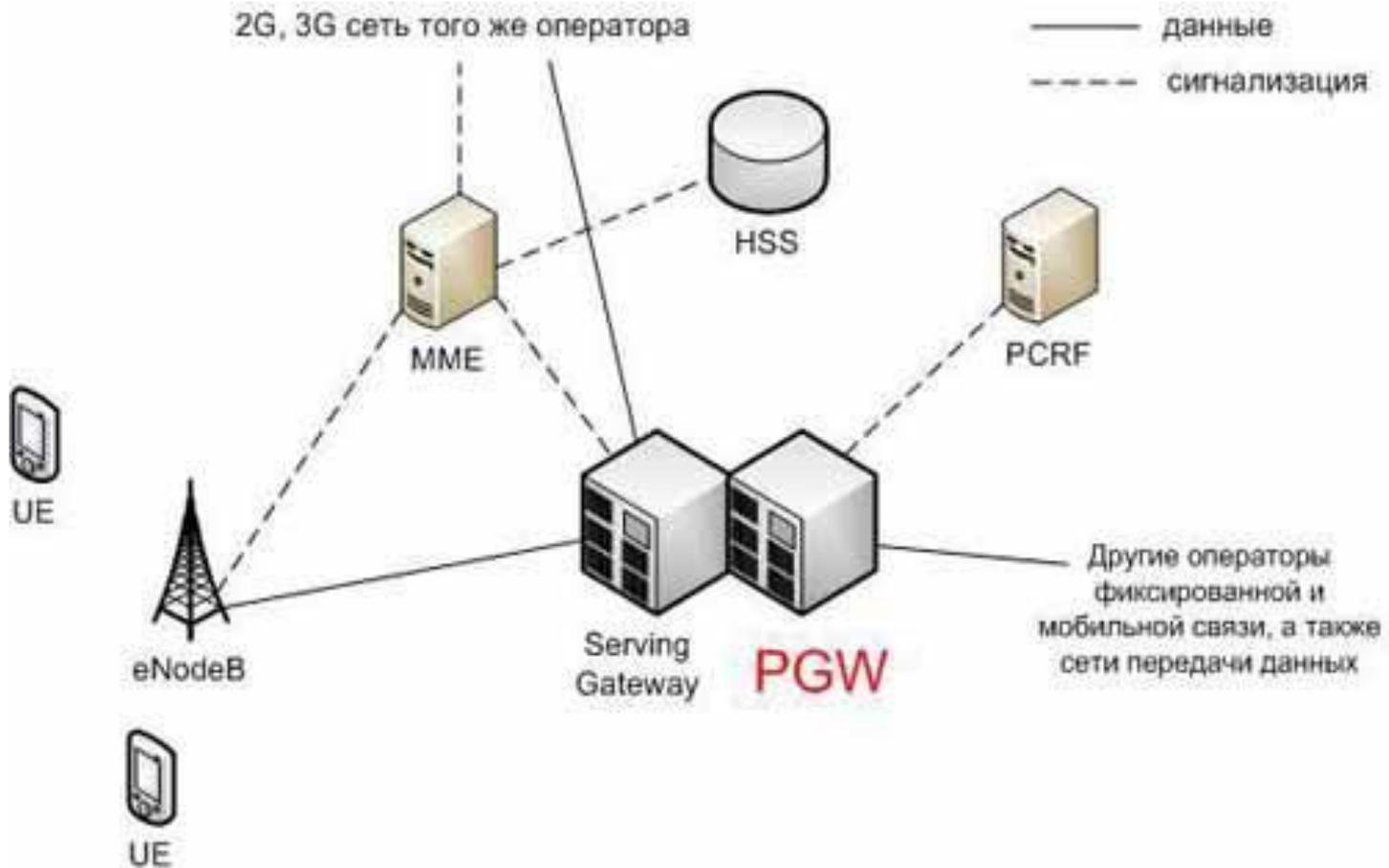


- Serving SAE Gateway или просто Serving Gateway (SGW) – обслуживающий шлюз сети LTE. Предназначен для обработки и маршрутизации пакетных данных поступающих из/в подсистему базовых станций. По сути, заменяет MSC, MGW и SGSN сети UMTS. SGW
- имеет прямое соединение с сетями второго и третьего поколений того же оператора, что упрощает передачу соединения в /из них по причинам ухудшения зоны покрытия, перегрузок и т.п.

- Public Data Network (PDN) SAE Gateway или просто PDN Gateway (PGW) – шлюз к/от сетей других операторов. Если информация (голос, данные) передаются из/в сети данного оператора, то они маршрутизируются именно через PGW.

- PDN GW (Public data network Gateway, PGW) – ШЛЮЗ к другим сетям передачи данных для сети LTE. Основная задача PGW заключается в маршрутизации трафика сети LTE к другим сетям передачи данных, таким как Интернет, а также сетям GSM, UMTS.

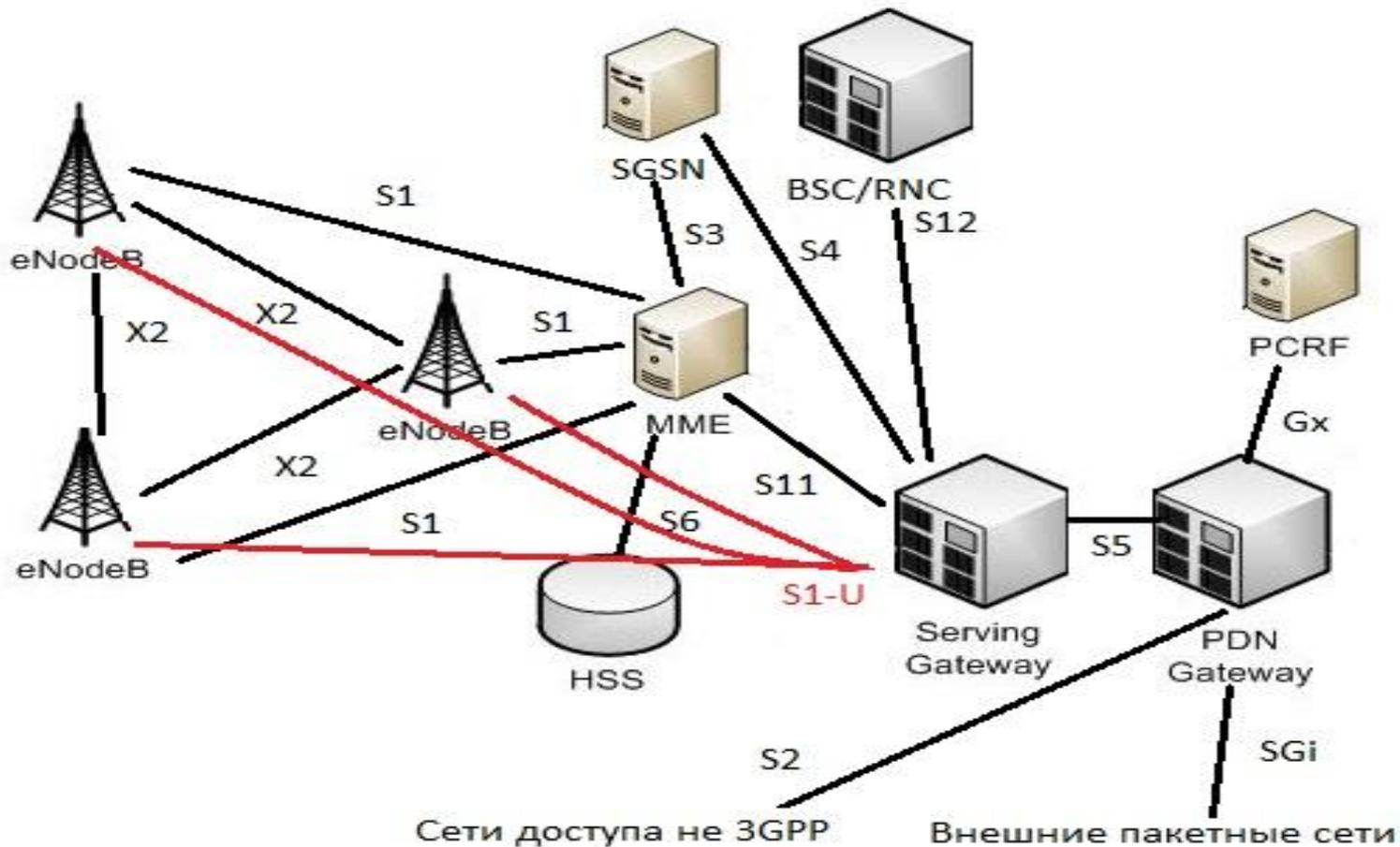
PGW в составе сети LTE



- Основные функции PGW:
- фильтрация пакетов по пользователям
- законный перехват трафика
- распределение [IP](#) адресов для [UE](#)gating control (см. [PCRF](#)), управление скоростью и обеспечение начисления платы за оказанные услуги связи PDN GW занимает место [MSC GW](#) в сетях сотовой связи [GSM](#). Однако в отличие от [MSC GW](#) осуществляет маршрутизацию только пакетного трафика, т.к. вся информация в сетях [LTE](#) передается в виде пакетов.

- Mobility Management Entity ([MME](#)) – узел управления мобильностью. Предназначен для управления мобильностью абонентов сети LTE.
- Home Subscriber Server ([HSS](#)) – сервер абонентских данных. [HSS](#) представляет собой объединение [VLR](#), [HLR](#), [AUC](#) выполненных в одном устройстве.
- Policy and Charging Rules Function ([PCRF](#)) – узел выставления счетов абонентам за оказанные услуги связи.

Интерфейсы между узловыми элементами в сетях стандарта LTE



Интерфейсы сети стандарта LTE

- X2- интерфейс между eNodeB. Базовые станции в сети [LTE](#) соединены по принципу «каждый с каждым»
- S1 – интерфейс связывающий подсистему базовых станций E-UTRAN и [MME](#). По данному интерфейсу передаются данные управления.
- S1-U – интерфейс между E-UTRAN и [SAE](#), по которому передаются пользовательские данные
- S2 – интерфейс для организации соединения между [PDN-Gateway](#) и сетями доступа, которые не разрабатывались [3GPP](#)

Интерфейсы сети стандарта LTE

- S3 – интерфейс, предоставляющий прямое соединение SGSN и [MME](#). Он служит для передачи данных управления для обеспечения мобильности между [LTE](#) и [2G/3G](#) сетями
- S4 – интерфейс, связывающий [SAE](#) и SGSN. Он служит для передачи пользовательских данных для обеспечения мобильности между [LTE](#) и [2G/3G](#) сетями
- S5 – интерфейс между [SAE](#) и [PDN-Gateway](#). S5 предназначен для передачи пользовательских данных между [SAE](#) и [PDN-Gateway](#)

Интерфейсы сети стандарта LTE

- S6 – интерфейс между [MME](#) и [HSS](#). Он используется для передачи данных абонентского профиля, а также осуществления процедур аутентификации в сети [LTE](#)
- Gx – интерфейс между [PDN-Gateway](#) и [PCRF](#). Gx предназначен для передачи правил тарификации от [PCRF](#) к [PDN-Gateway](#)
- SGi - интерфейс между [PDN-Gateway](#) и внешними IP-сетями

Принципы построения радиоинтерфейса LTE в downlink

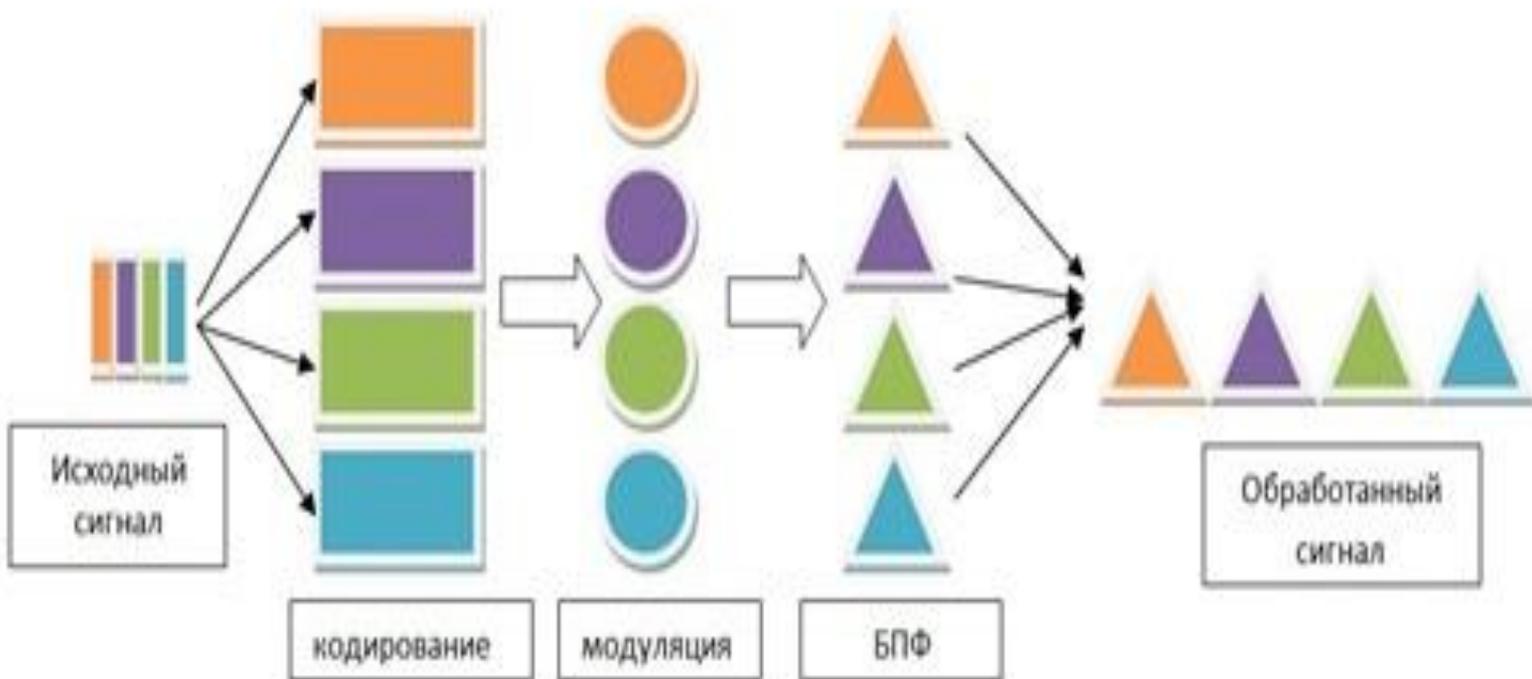
- Одной из главных отличительных особенностей стандарта [LTE](#), которая позволяет достигать высоких скоростей передачи данных является изменение принципов построения интерфейса от [eNodeB](#) до eUE на линии «ВНИЗ»

- Рассмотрим главные особенности этого интерфейса и выделим основные качественные отличия, которые отличают этот стандарт от других.

- В сетях связи стандарта [LTE](#) в downlink (DL) используется модуляция OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing – ортогональная частотная модуляция. Этот тип модуляции определяет и принцип доступа OFDMA - Orthogonal Frequency Division Multiple Access – 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.

OFDMA - модулятор



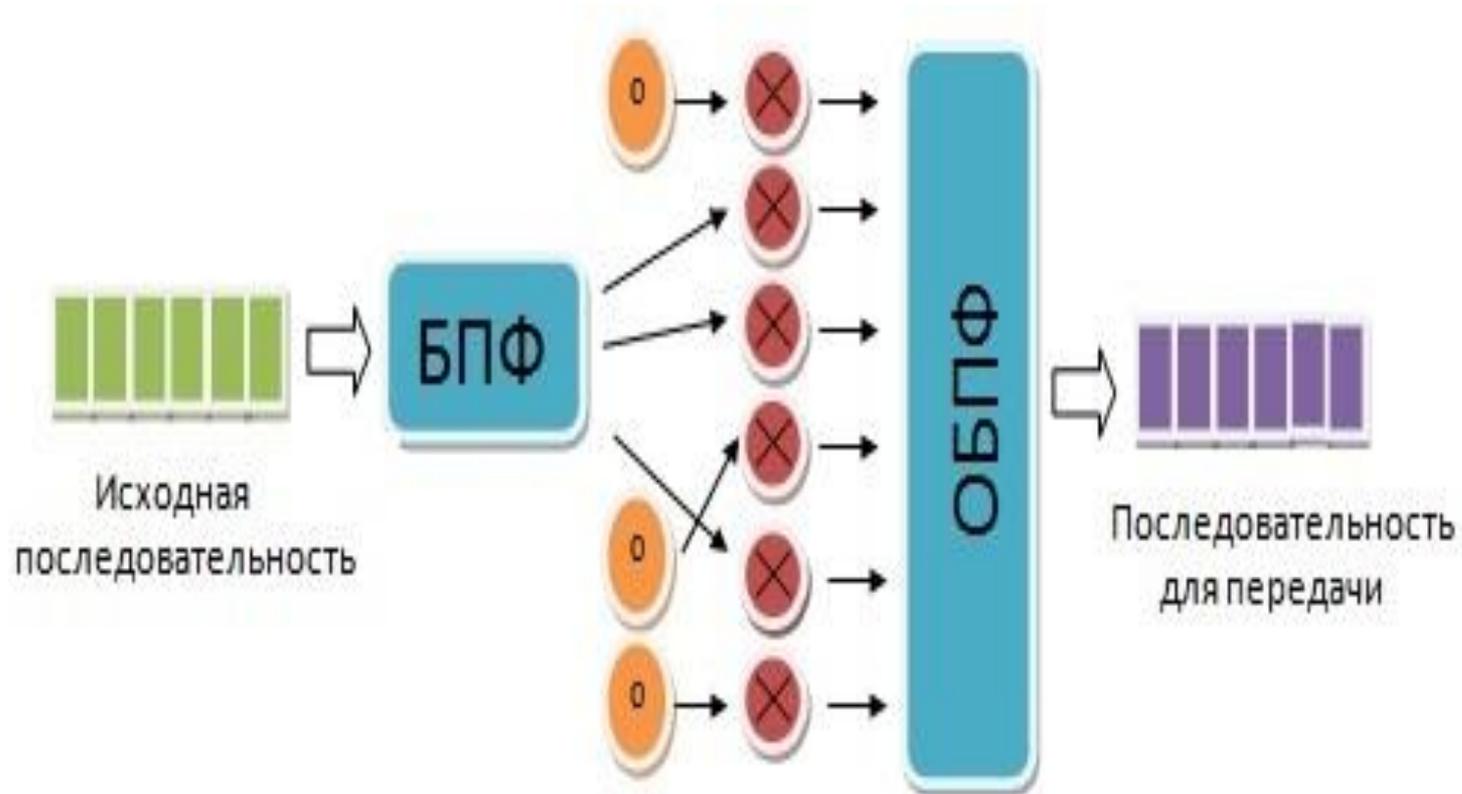
- Шаги преобразования сигнала в OFDM модуляторе.
- 1) Разделение исходного потока бит на параллельные потоки.
- 2) Кодирование помехоустойчивым кодом, в процессе которого значительно увеличивается число символов в отдельных потоках.
- 3) Манипуляция выбранным в данный конкретный момент способом модуляции: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

- Кроме использования OFDMA в [LTE](#) – есть еще одно важное новшество: обязательное (в отличие от UMTS) использование [MIMO - Multiple Input Multiple Output](#) – множественный вход множественный выход. При этом информационный поток направляется между сторонами обмена информации несколькими «путями», что обеспечивает более эффективное использование частотно-временного ресурса.

Принципы построения радиоинтерфейса LTE в uplink

- В сетях связи стандарта [LTE](#) скорость передачи данных в направлении от eUE к [eNodeB](#) может достигать 50 Мбит/сек, а задержки не превышают 10мс.
- Это обеспечивается благодаря использованию множественного доступа с частотным разделением с единственной несущей частотой SC-FDMA (Single Carrier Frequency Devision Multiple Access)

Принципы работы SC-FDMA – модулятора



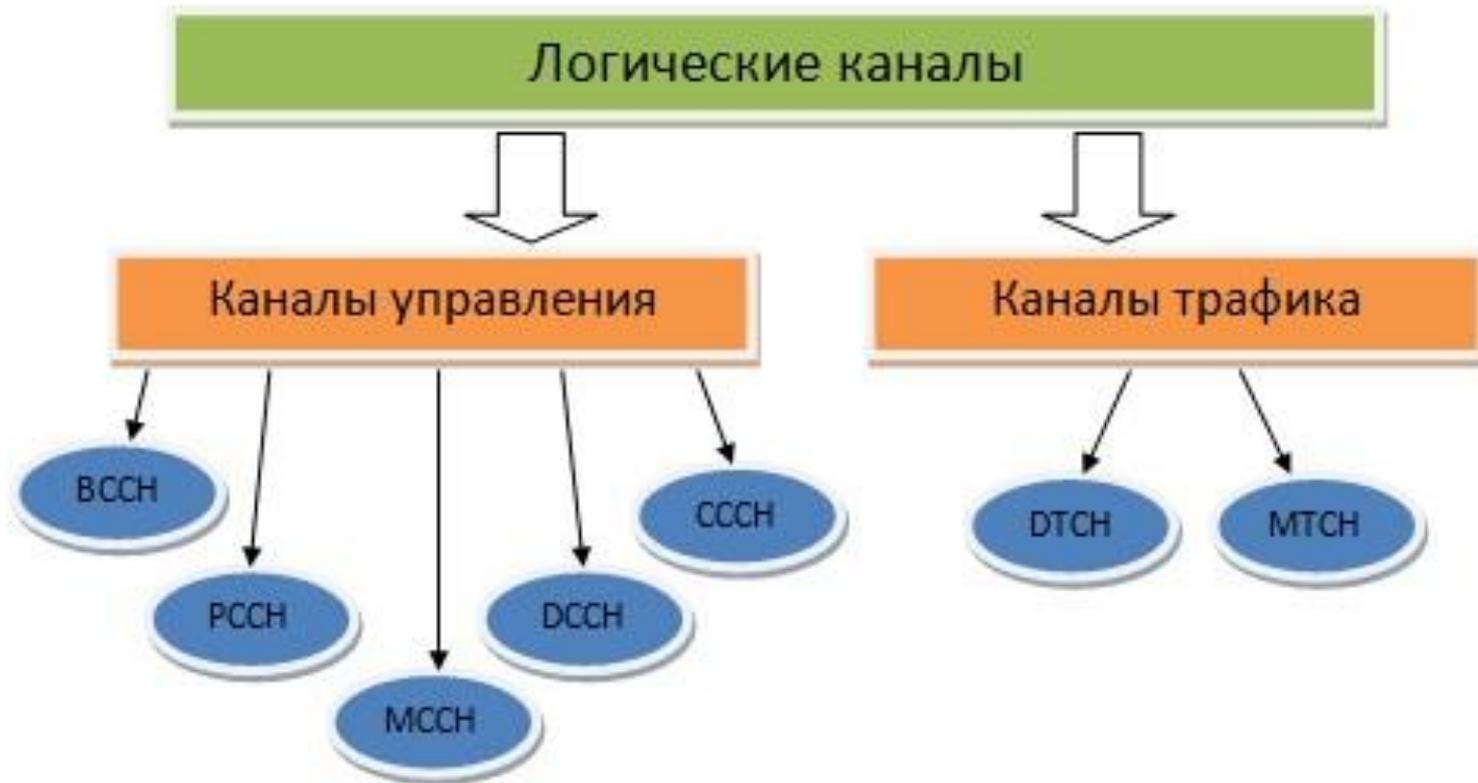
- Первым этапом исходная информационная последовательность, предназначенная для передачи от абонента, преобразуется в частное представление с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ)

- Далее, в зависимости от скорости потока от данного абонента, сеть выделяет eUE несколько поднесущих, среди которых распределяется преобразованный поток. Те поднесущие, которые используют другие пользователи не занимают в данном абонентском терминале, а соответствующие поднесущие перемножаются с «0»

- После обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) модулированные потоки объединяются и переводятся обратно во временную область. Не смотря на то, что данные передаются от разных устройств в сети в одно и то же время в одной и той же полосе частот, на приемной стороне после обратных описанным выше процедур, можно выделить информационные потоки от отдельных eUE

- Благодаря использованию SC-FDMA в системе [LTE](#) удалось достигнуть трехкратного увеличения спектральной эффективности на линии «вверх», по сравнению с сетями 3G.

Логические каналы на радиointерфейсе в LTE



- Логические каналы подразделяются по типам передаваемой информации на каналы управления и на трафиковые каналы

- К каналам управления относятся:
- BCCH (Broadcast Control Channel) – вещательный канал управления – служит для передачи системной служебной информации в downlink
- PCCH (Paging Control Channel) – пейджинговый канал управления – предназначен для передачи пейджинговых сообщений к eUE от [eNodeB](#)
- MCCH (Multicast Control Channel) – многопользовательский канал управления – необходим для передачи служебной информации одновременно к нескольким абонентским устройствам

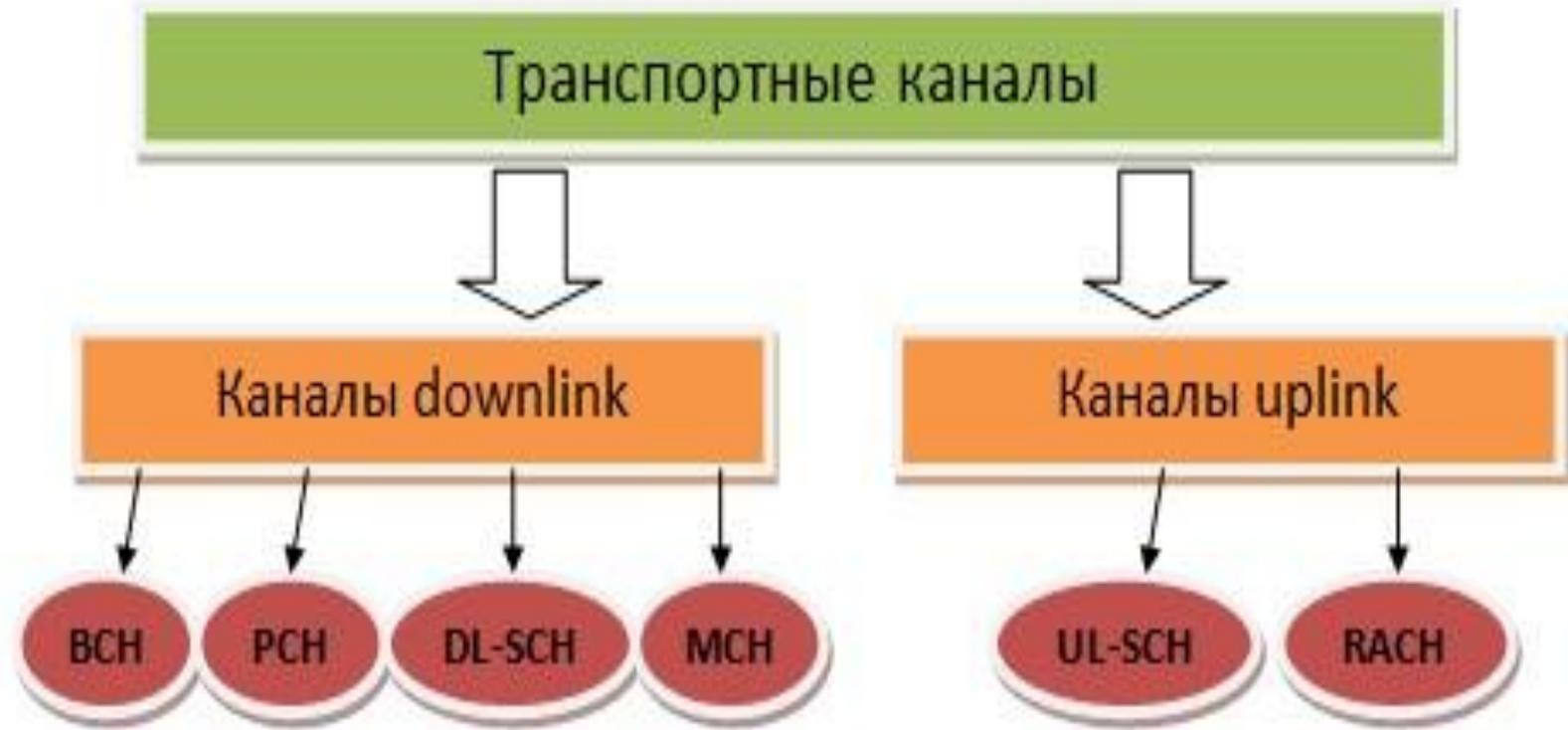
- DCCH (Dedicated Control Channel) – выделенный канал управления – служит для передачи служебной информации между конкретным абонентским устройством и сетью
- CCCH (Common Control Channel) – общий канал управления – предназначен для обмена служебной информацией между eUE и сетью в процедурах начального доступа eUE в сеть до организации выделенного канала

- К трафиковым каналам относятся:
- DTCH (Dedicated Traffic Channel) – выделенный трафиковый канал – основной канал для передачи пользовательских данных между одним конкретным eUE и сетью
- MTCH (Multicast Traffic Channel) – многопользовательский трафиковый канал – служит для передачи широковещательной трафиковой информации. Хорошим примером использования этого канала может служить трансляция радио или ТВ-программ

Транспортные каналы на радиоинтерфейсе в LTE

- На радиоинтерфейсе 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.

Транспортные каналы LTE

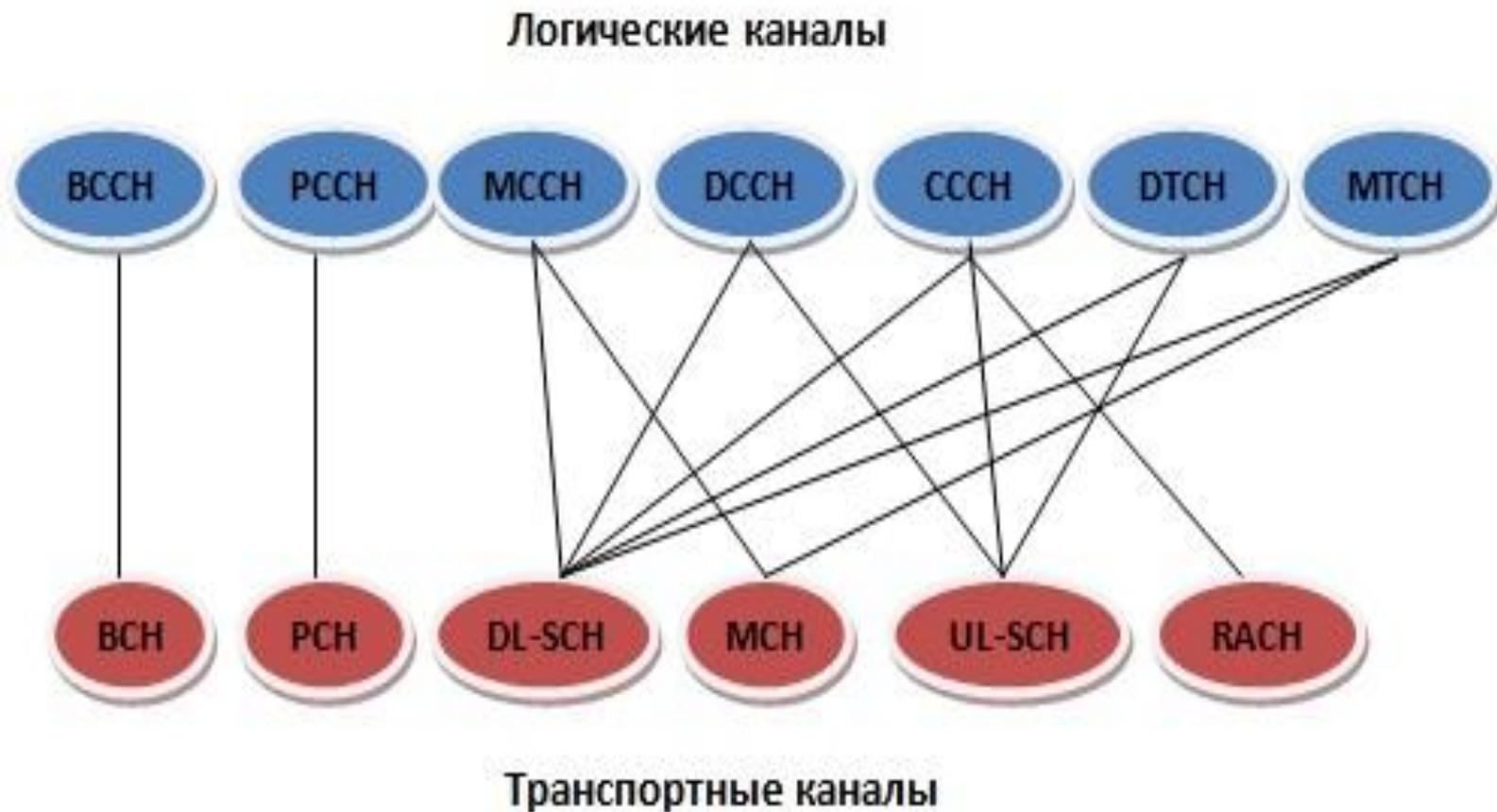


- Все транспортные каналы можно классифицировать по направлению передачи:
- uplink (от eUE к eNodeB) и downlink (от eNodeB к eUE).

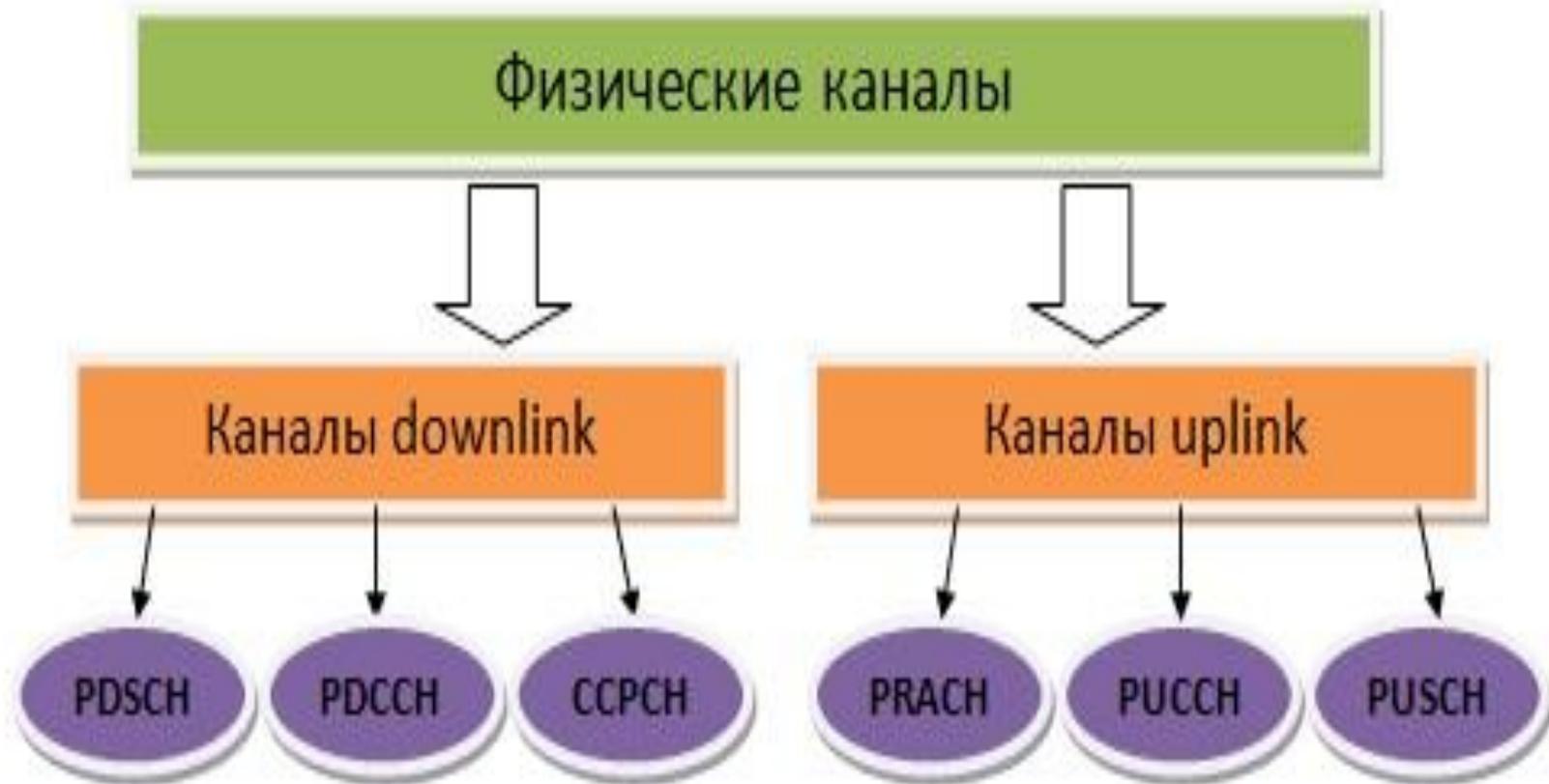
- К транспортным каналам в downlink относятся:
- BCH (Broadcast Channel) – широковещательный канал
- PCH (Paging Channel) – канал для пейджинга
- DL-SCH (Downlink Shared Channel) – общий канал для передачи данных вниз
- MCH (Multicast Channel) – многопользовательский канал

- К транспортным каналам в uplink относятся:
- RACH (Random Access Channel) – канал случайного доступа
- UL-SCH (Downlink Shared Channel) – общий канал для передачи данных вверх

Связь между логическими и транспортными каналами в LTE.



Физические каналы на радиointерфейсе в LTE



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 канал 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

