Технологии 5G-сетей

Введение

На заре быстрого и стремительного развития сферы телекоммуникаций уже сложно представить жизнь без мобильных систем. Не так давно в 2012 году на конференции в Женеве были представлены технологии LTE Advanced (LTE-A) и WiMAX 2 (WMAN-Advanced, IEEE 802.16m), которые были признаны технологиями четвертого поколения или как уже привыкли их называть – технологии четвертого поколения 4G. Было заявлено, что данные технологии позволяют осуществлять передачу данных со скоростью, превышающей 100 Мбит/с — подвижным абонентам и 1 Гбит/с — стационарным. И не успели операторы перевести дух, как уже в 2015 году появляются сообщения о разработке сетей следующего поколения 5G. Так что же такое 5G и настолько ли нам необходимы эти технологии?

На данный момент нет четкого стандарта для сетей пятого поколения, однако, телекоммуникационные компании, среди которых такие как: Huawei, Ericsson, Nokia, уже сейчас предлагают концепцию будущих 5G сетей. Предполагается, что 5G станет последним и обобщенным стандартом для беспроводных технологий.

Возвращаясь к разговору о сетях четвёртого поколения (4G) стоит сказать, что их ключевой особенностью для привлечения абонентов стала высокая скорость. Но, как показала практика, скорость не является ключевым фактором. Не стоит также забывать о таких параметрах как ёмкость сети, задержки при передаче пакетов и прочих факторов. И так как в сетях 5G планируется работа колоссального количества устройств, начиная от кофемашин, холодильников и заканчивая автомобилями, то необходимо серьезное улучшение основных параметров беспроводных сетей, а именно увеличение скорости передачи данных к множеству абонентов, увеличение ёмкости сетей и уменьшение задержек.

Добиться этого планируется следующим образом:

1. Увеличение пропускной способности сети более 10 Гбит/сек.;
2. Количество одновременных подключений до 100 миллионов устройств на 1 квадратный километр;
3. Обеспечение уменьшения задержки в сети до 1 мс;
4. Выделение каждому сервису определённой ёмкости ресурса.

Виртуализация в 5G-сетях

Одной из основных технологий в сетях пятого поколения станет "Интернет вещей". Интернет вещей - это не просто множество различных приборов и датчиков, объединенных между собой проводными и беспроводными каналами связи и подключенных к сети Интернет, это более тесная интеграция реального и виртуального миров, в которых общение производится между людьми и устройствами. Для реализации этого будут применяться такие технологии как беспроводные сенсорные сети и RFID (метод автоматической идентификации объектов). Таким образом, внедрение "Интернет вещей" в сети пятого поколения 5G позволит не только взаимодействовать в единой сети кругу бытовых гаджетов и устройств (смарт-часы, устройства VR, планшеты и смартфоны), но и позволит охватить все сферы деятельности человека (технология умный дом и умный город).



Рисунок 1 - Охват технологии 5G в жизни человека

Стоит также отметить, что технология 5G планирует стать по-настоящему конвергентной технологией. Конвергенция подразумевает под собой группировку отдельных компонентов сети, в единый оптимизированный вычислительный комплекс. Организация этого комплекса планируется с помощью виртуализации оборудования. То есть операторы за счёт набора серверов и DATA-центров будут организовывать виртуальное оборудование для обработки и хранения данных, в то время как физическое оборудование будет использоваться лишь для передачи пользовательского трафика. Таким образом будет уменьшение количества оборудования для одной базовой станции, а если учесть что всё это будет являться неким облаком, то оператор будет иметь доступ в любую точку сети для динамической настройки того или иного сегмента сети.

В основу всего этого будет положена технология SDN - сеть передачи данных, в которой уровень управления сетью отделен от устройств передачи данных и реализуется программно, и NVF - это концепция сетевой архитектуры, предлагающая использовать технологии виртуализации целых классов функций сетевых узлов в виде составных элементов, которые могут быть соединены вместе или связаны в цепочку для создания телекоммуникационных услуг (сервисов).



Рисунок 2 - Виртуализация сетей 5G

За счет виртуализации сети появляется возможность организации такой функции как "сети по запросу".

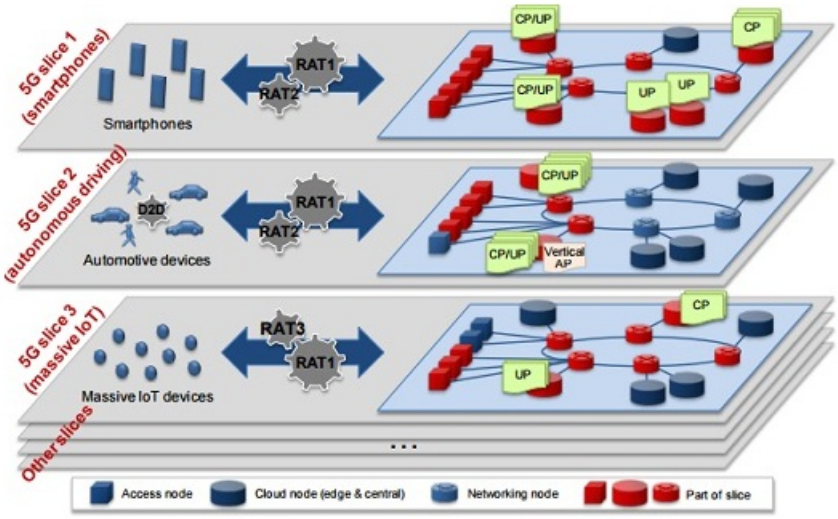

Рисунок 3 - Сети по запросу в 5G

Как известно, под организацию конкретной задачи сети (сеть смартфонов, умный дом и т.д.) существуют уже готовые решения с набором параметров и конкретным оборудованием. Сети 5G за счет виртуализации и технологии сети "по запросу" предлагают заранее организовать серверы и DATA-центры для операторов с учетом всех требований для сети. Этакое коробочное решение для оператора.

Архитектура сетей пятого поколения

Проблему с покрытием и доступностью к сети было решено изменить путем ориентирования на абонентов, то есть радиопокрытие сети будет подстраиваться под нужды абонентов в отличие от сетей прошлого поколения. Планируется применение автоматических фазированных антенных решёток, способных динамически изменять диаграммы направленности антенных систем. Также планируется использование всего доступного частотного диапазона, в частности использование миллиметрового диапазона на коротких расстояниях.

Что касаемо вопроса о сетевой архитектуре 5G, то тут стоит выделить три подсистемы (облака), да – облачные технологии, куда без них в современном мире:

1. Облако доступа (Access) - подразумевается включение как распределенных, так и централизованных технологий и систем доступа. Также планируется обратная совместимость с сетями 4G и 3G;
2. Облако управления (Control) - управление сессиями, мобильностью и качеством услуг;
3. Транспортное облако (Forward) - физическая передача данных в сеть с высокой надежностью, скоростью и балансировкой нагрузки.

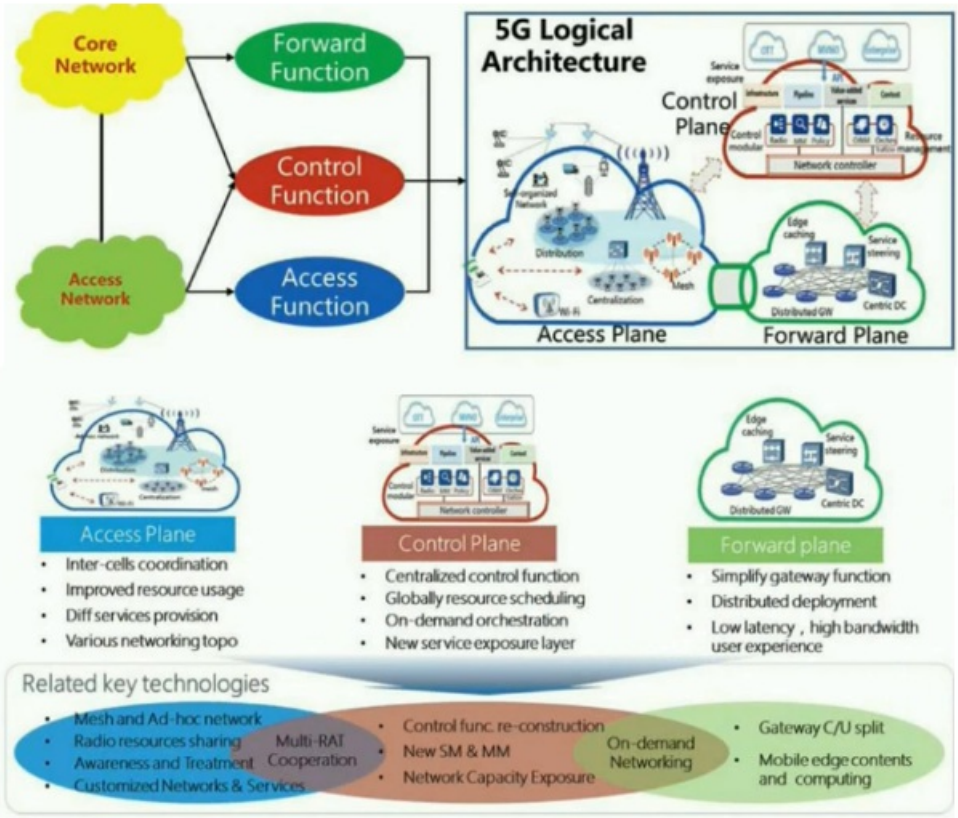

Рисунок 4 - Архитектура сети 5G.

Радиоинтерфейс

Что касается радиоинтерфейса 5G, то планируется увеличение спектральной эффективности в 3 раза по сравнению с сетями четвертого поколения (4G). Это способствует тому, что при одной и той же ширине полосы пропускания передается до 3 раз больше данных, то есть около 6 бит/сек на 1 Гц. Новый радиоинтерфейс планируется быть гибким, легко конфигурируемым и обратно совместимым с сетями 4G и 3G.



Рисунок 5 - Концепция нового радиоинтерфейса

Компанией Huawei было предложено следующее решение для нового интерфейса:

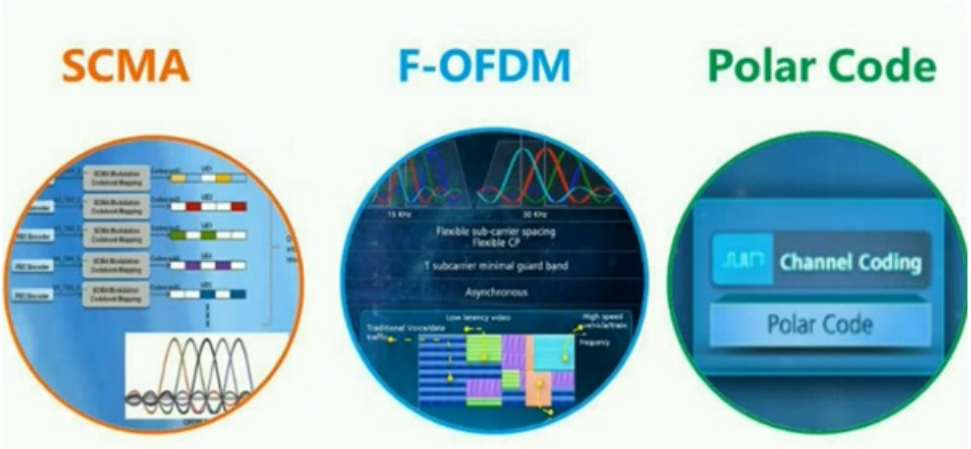

Рисунок 6 - Базовые технологии для радиоинтерфейса в 5G по мнению компании Huawei

Как видно из рисунка, предполагается применение следующих технологий:

- SCMA (Sparse Code Multiple Access) - разделение абонентов на базе разреженного кода, при этом нет необходимости в подтверждении о доставке. В этой технологии битовые потоки разных пользователей в одном частотном ресурсе, напрямую преобразуются в кодовое слово при помощи так называемой кодовой книги из определённого набора. Эти коды условно называются квазиортогональными и количество этих кодов довольно большое, и имеет двухмерную структуру. То есть исходный сигнал накладывается на кодовую книгу и уже преобразованный сигнал попадает на радиоинтерфейс. Восстановление сигнала на приемной стороне также производится по кодовой книге.

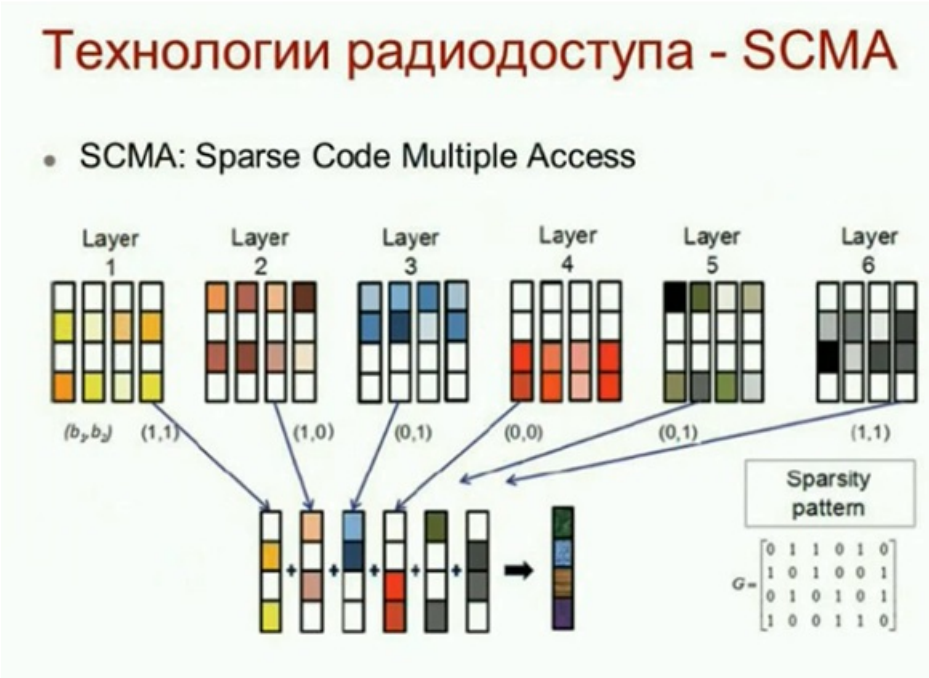

Рисунок 7 - Алгоритм технологии SCMA

- F-OFDM (Flexibel OFDM) - усовершенствованная технология OFDM позволяющая организовать гибкое разбиение на поднесущие, гибкое изменение длины символов и гибкое изменение циклического префикса. То есть под каждую задачу будет использоваться свой набор параметров.

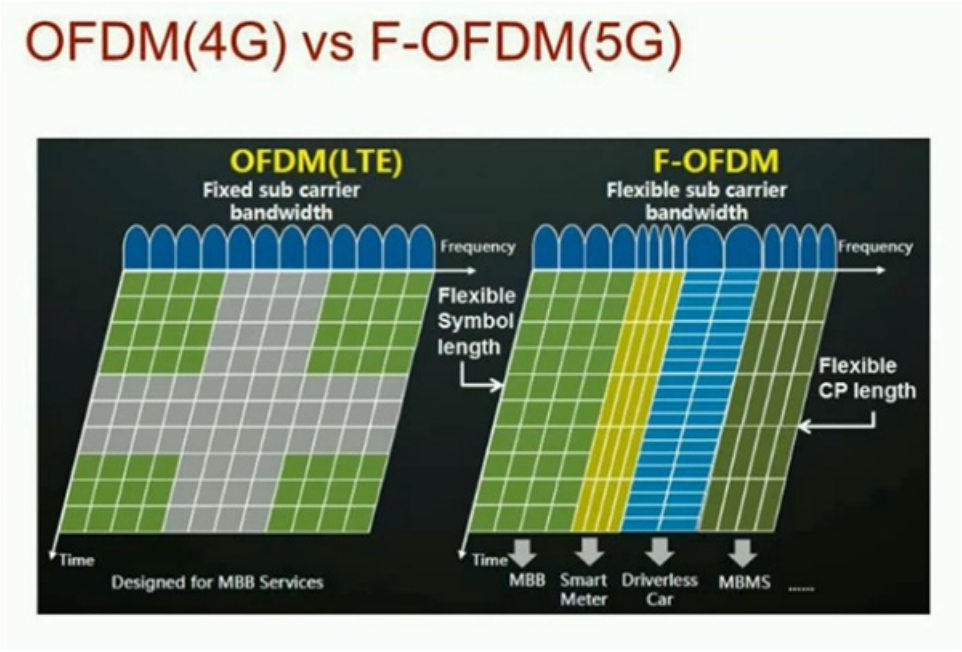

Рисунок 8 - Сравнение технологии OFDM и F-OFDM

- Polar Code - линейный корректирующий код, основанный на явлении поляризации канала.
- На иллюстрации ниже представлены также дополнительные, но, несомненно, важные технологии для сетей 5G.

Дополнительные технологии в сетях 5G

- Massive MIMO - передача к одному абоненту до 8 потоков данных. В Massive MIMO абонент может работать с большим количеством антенн одновременно, которые будут формировать очень острые диаграммы направленности. Использование пространственного мультиплексирования нескольких лучей позволит увеличить принимаемый уровень сигнала и подавить интерференцию от других пользователей, тем самым увеличить пропускную способность и спектральную эффективность;

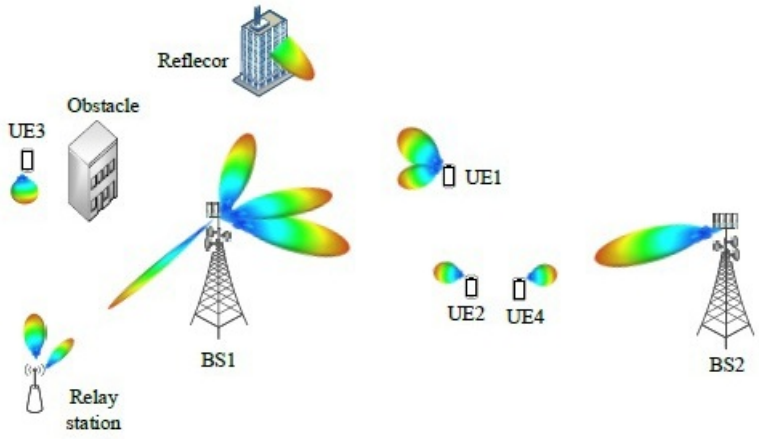

Рисунок 9 - Massive MIMO

- Novel Multiple Access - новые технологии доступа, например, SCMA;
- New Full Duplex - позволяет применять одну частоту в разных сотах для разных задач (UpLink и DownLink);

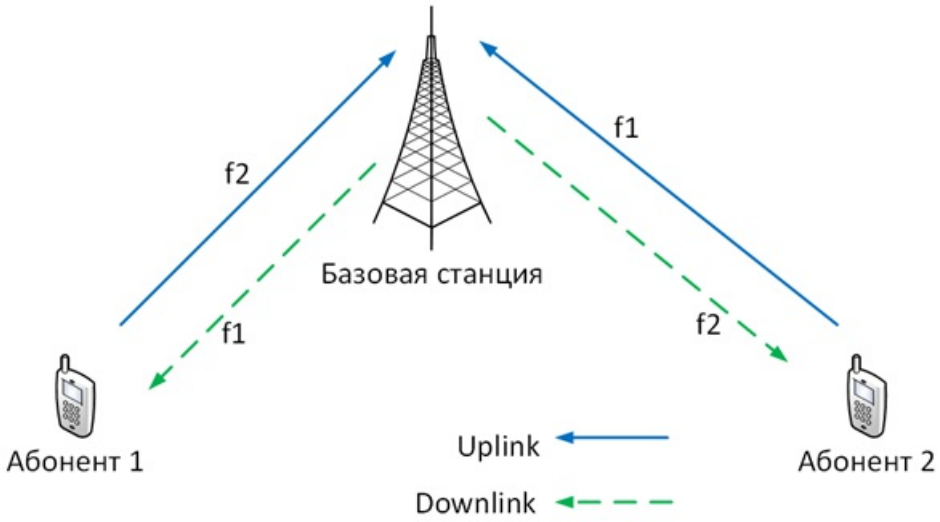

Рисунок 10 - Принцип работы New Full Duplex

- Flexibel Duplex - позволяет организовать гибкую передачу трафика. То есть, например, в UPLink передавать информацию для DownLink;

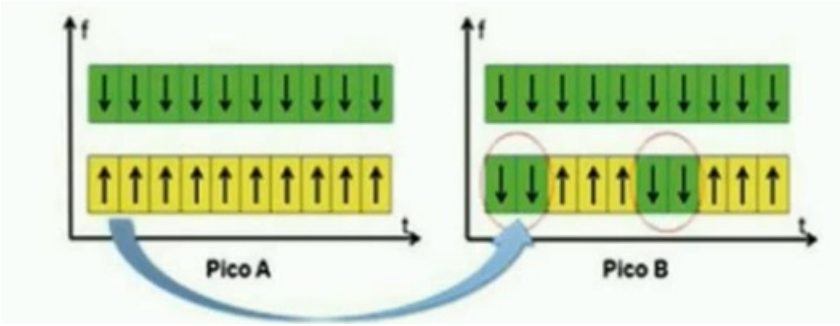

Рисунок 11 - Принцип работы Flexibel Duplex

- FBMC/UFMC (Filter Bank Multicarrier, Universal Filter Multi-Carrier) - увеличивает спектральную эффективность, улучшает канальную селективность, позволяет использование в "когнитивном радио";
- Adv. Coding and Modulation - применение совокупности технологий модуляций и кодирования, среди которых такие как Non-binary coding, Bit-mapping techniques, Joint coding & modulation;
- Ultra-dense networking - позволяет за счет виртуализации организовать сверхплотные сети, за счёт которых на n-ой площади можно будет обслуживать большое количество абонентов, что в свою очередь позволяет строить сложные иерархии сети. Также данная технология позволяет одновременное взаимодействие сот между собой;

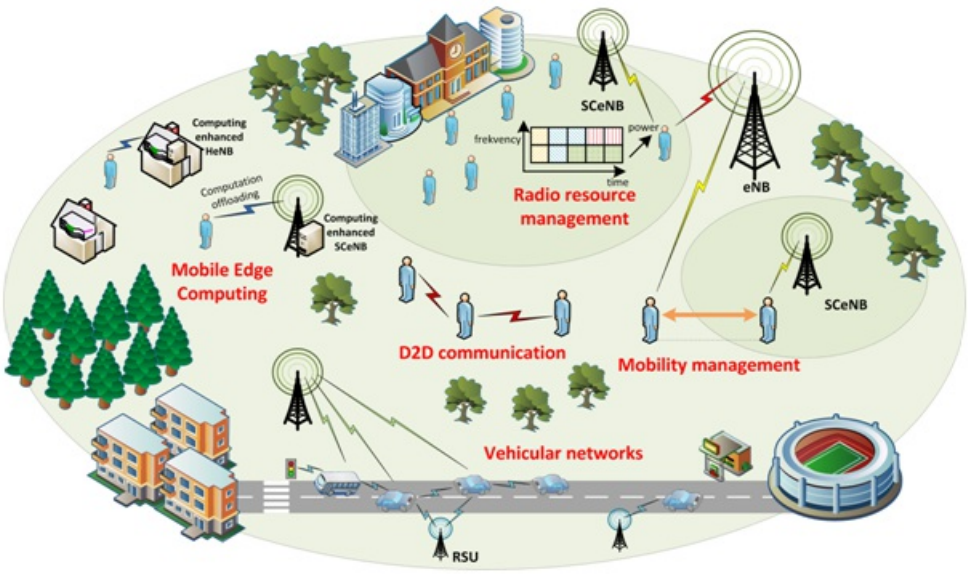

Рисунок 12 - Технология Ultra-dense

- Low latency & high reliability - снижение задержки и повышение надежности;
- M2M/D2D - передача информации напрямую между устройствами (машинами, девайсами) без участия человека. Расширение покрытия за счет устройств абонентов Построение децентрализованной сети;
- High frequency communication - частоты ниже 6 ГГц будут первичными диапазонами для сети 5G. Частоты выше 6ГГц для универсального доступа и магистральной связи. Как видно из рисунка ниже, планируется задействовать частотный диапазон вплоть до 100 ГГц;

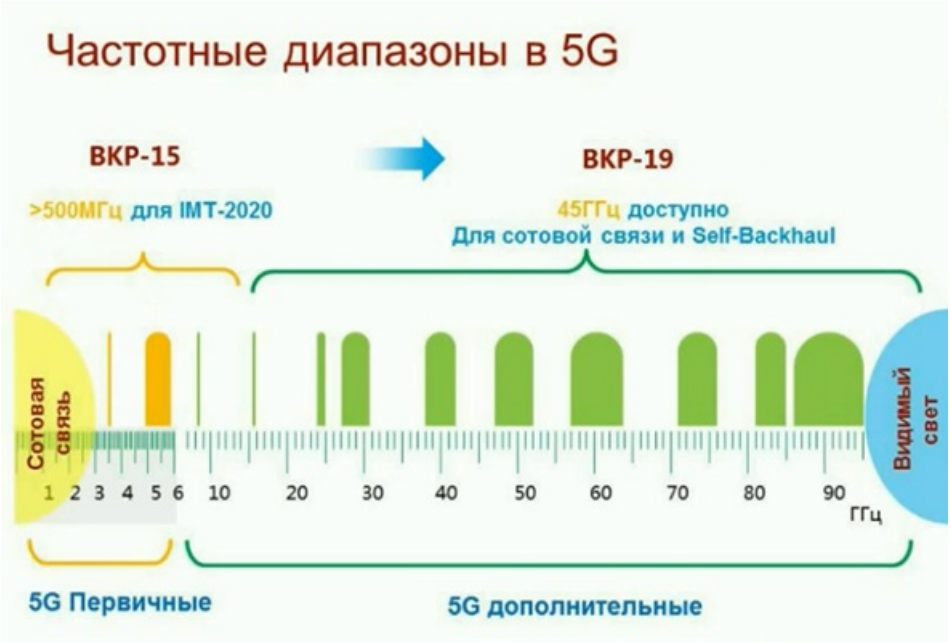

Рисунок 13 - Частотный план 5G

- Spectrum sharing - совместное использование спектра на разных уровнях разными технологиями доступа.

Управление сетями в 5G будет осуществляться за счет разрабатываемой TelecommunicationOS. То есть различные отрасли и категории пользователей будут использовать одну операционную платформу для доступа к инфраструктуре сети.



Рисунок 14 - Управление сетями 5G

Экспериментальные данные при тестировании технологии 5G

Те, кто следят за новостями развития беспроводных технологий, наверняка уже слышали о том, что не так давно, в июне 2016 года, МегаФон продемонстрировал передачу данных в 1 Гбит/сек на

Петербургском международном экономическом форуме. Преодоление порога в гигабит было долгожданным событием еще со времен выхода стандарта для 4G сетей. Но что же творится на мировом рынке?

Меньше месяца назад, на испытании оборудования 5G сетей в Швеции оператор связи Telia совместно с компанией Ericsson продемонстрировали передачу данных на скорости в 15 Гбит/сек на одного пользователя. Время отклика составляло менее 3 мс. Эти показатели более чем в сорок раз выше показателей функционирующей 4G сети. К слову сказать, для сетей пятого поколения разработанной дорожной картой предусмотрены пиковые скорости передачи данных в 20 Гбит/сек. По заявлению руководства оператора Telia, запуск коммерческих 5G сетей планируется уже в 2018 году в Стокгольме и столице Эстонии — Таллине.

Но неизменным лидером на рынке беспроводного оборудования по-прежнему остается компания Huawei. Почти все значимые рекорды в скорости мобильного интернета принадлежат ей и уже несколько лет подряд специалисты Huawei не отдают никому пальму первенства. В июле этого (2016) года на официальном сайте компании появилась информация о том, что совместно с Vodafone им удалось разогнать скорость в сети до 20 Гбит/сек в E-диапазоне. И что самое удивительное, компания Huawei объявила, что к 2018 году в России будет завершено строительство 5G сетей. Естественно сеть будет обслуживать города, в которых пройдет чемпионат мира по футболу. Скорее всего, демонстрация гигабитных скоростей в июне этого года компанией МегаФон является первым шагом на пути к реализации этого проекта.

Несмотря на то, что скорость в 20 Гбит/сек определена Международным союзом электросвязи в качестве базовой, Huawei собирается создать гораздо более скоростные сети, так как на форумах презентуются прототипы базовых станций и приемников, позволяющих поддерживать передачу данных на скорости 115 Гбит/с.

Также гигабитные скорости не являются исключением и для движущихся абонентов, ведь пару месяцев назад Huawei передал 10 Гбит/сек абоненту, движущемуся со скоростью 120 км/ч. Естественно главный успех эксперимента зависит от точности сопровождения абонента диаграммой направленности базовой станции, поддерживающей MIMO и Beamforming.

Заключение

Сейчас довольно сложно говорить о возможностях и сроках реализации коммерческих сетей 5G, при условии, что пока даже не введен стандарт, но производители взялись за сети нового поколения очень резко, и их разработки даже опережают выход стандарта. Если компаниям, участвующим в проекте, удастся добиться поставленных целей, то весь мир сможет получить единую, стабильную, конвергентную и высокодоступную сеть нового поколения, после введения которой уже долгое время не придется создавать и разрабатывать сети нового поколения. Во всяком случае представители Международного союза электросвязи заявляют свои надежды на то, что 5G станет точкой в развитии беспроводных сетей, существенной переделки архитектуры не будет, и нас ждет лишь минорная доработка радиочасти.