5G сегодня: частоты и развитие технологий

Введение

Передатчики 5G используют радиоволны миллиметрового диапазона и антенные системы с множественным входом и множественным выходом (системы Multiple Input - Multiple Output, MIMO). Преимущество таких систем заключается в том, что вместо излучения энергии вокруг антенны, система MIMO может обеспечить множественную передачу и прием сигнала, а совместно с технологией beamforming направленно передавать и принимать энергию с разных направлений. Beamforming позволяет концентрировать энергию на отдельном оборудовании или в небольших географических районах. Таким образом с развитием "Интернета вещей" и "Умных устройств", совместная работа MIMO и Beamforming становится все более актуальной:



Антенны остаются ключевым элементом сетей 5G. Вместе с этим активно идут работы по освоению диапазонов сверхвысоких частот. В декабре 2019 года в официальном релизе возможностей нового стандарта систем пятого поколения, диапазон их работы добрался до отметки 100 ГГц.

На этот спектральный диапазон возлагают большие надежды. Например, GSA (Ассоциация поставщиков GSM) дала рекомендации, которые дополняются GSMA (Ассоциацией глобальной системы мобильной связи) о том, что количество смежных спектров, выделенных для 5G, должно составлять от 20 до 100 МГц на каждую лицензию спектра.

Поэтому, операторы должны будут полагаться на Carrier Aggregation и Massive MIMO для наиболее эффективного использования частотных ресурсов. Многие операторы делают разумные шаги в направлении 5G, используя 5G NSA (non-standalone).

NSA, он же неавтономный стандарт, является своего рода переходной инфраструктурой с использованием нового железа 5G на платформе 4G. Тот же подход применялся и раньше, когда провайдеры переходили с 2G на 3G, и далее на 4G.



По данным ABI Research мобильные сети уже генерируют сотни эксабайт данных в год. И объемы мобильного трафика продолжают расти. Ожидается, что полноценный запуск 5G наберет критическую массу к 2025 году и будет генерировать около 1,7 зеттабайт данных в год. Причины такого роста очевидны. По прогнозам, к 2025 году видео трафик, передаваемый по мобильным сетям будет составлять почти 80 процентов от всего объема передаваемых данных. К тому же большее количество устройств, включая смартфоны, начинают поддерживать 4K-разрешение.

C-B диапазоны

В настоящее время мы наблюдаем удивительную картину, когда почти в каждом мобильном устройстве находится целый спектр радио-технологий (LTE, Wi-Fi, GPS, Bluetooth, NFC и др.). Они могут как дополнять друг друга, так и решать совершенно разные задачи. Кроме того, одни и те же технологии могут работать в разных частотных диапазонах.

Например, на очень низких частотах сигнал может проникать в здания и обеспечивать широкий охват территории, на более высоких частотах - допускается использование большей мощности, но ограничивается дальность связи.

Большая часть используемого спектра в настоящее время работает на частотах до 3 ГГц. При увеличении рабочих частот до 10 ГГц, оборудование нужно располагать так, чтобы оно работало в пределах прямой видимости.

Ожидается, что корейские и японские операторы будут агрессивно использовать диапазон 3,5 ГГц для обеспечения своего национального радиопокрытия. Для этого может потребоваться в 4 раза больше сотовых базовых станций, но такие решения как UL/DL-развязка от компании Huawei, могли бы смягчить эти ограничения. Для достижения тех же целей возможно использовать микро- и пико-соты.

Что касается диапазонов миллиметровых волн, то здесь правила игры во многом определяют компании на североамериканском рынке, такие как AT&T и Verizon. Особенно важное значение будет иметь фиксированный беспроводной доступ, а также возможность охвата жилых районов и малых предприятий в городских и сельских населенных пунктах, обеспечивая пропускную способность, эквивалентную волоконно-оптическому.

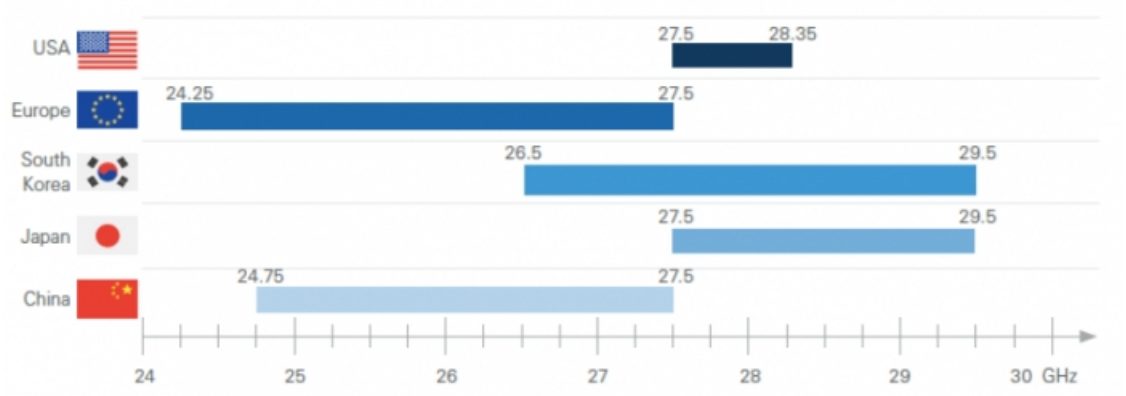
Также есть понимание потребности в спектре до 1 ГГц, который может обеспечить очень широкую зону покрытия. В ближайшие несколько лет мы также увидим потенциальный интерес к обновлению спектра 3G и 4G. Однако это, скорее всего, будет происходить в каждой стране в зависимости от установленной базы пользователей 3G и 4G. T-Mobile USA недавно объявили, что они рассматривают свой 600 МГц спектр в качестве дополнения к 5G, чтобы обеспечить повышенную мобильность некоторых IoT устройств.



Что касается диапазона десятков гигагерц, то США сосредоточены в основном на полосах частот 24 ГГц, 28 ГГц, 37 ГГц, 39 ГГц и 48 ГГц.

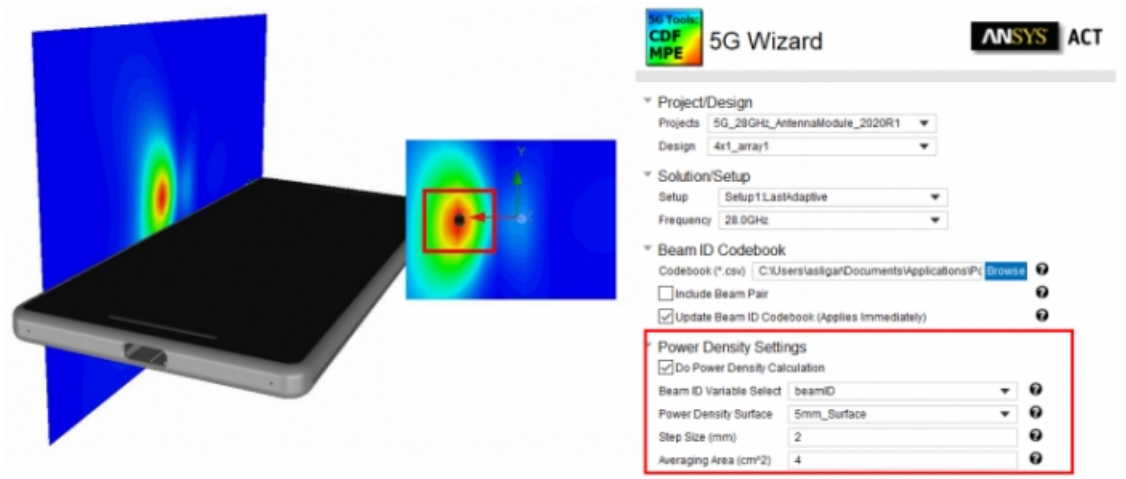
Диапазон ~28 ГГц

Отдельное внимание многих стран, принимающих активное участие в разработке 5G систем, уделено частотному диапазону 25-29 ГГц:

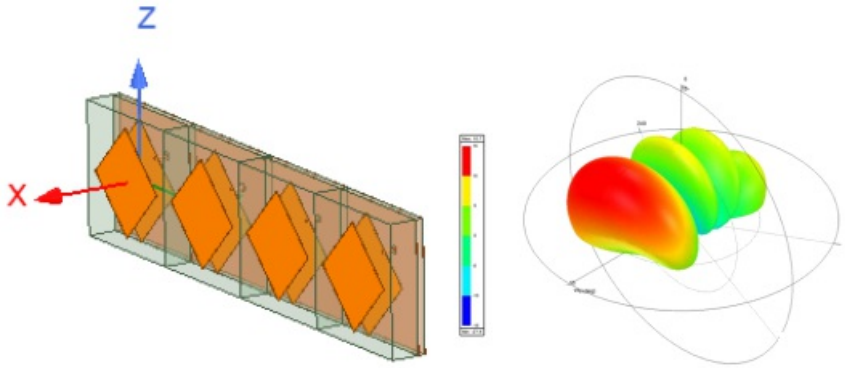


Со временем в этом диапазоне будет работать большинство смартфонов и других клиентских устройств. Сценарий применения тот же, что и сейчас в смартфонах Samsung и iPhone с антенными решетками из 4-х активных компонентов. Внимание экспертов уделено анализу эффективности использования данного диапазона и его влияния на человека.

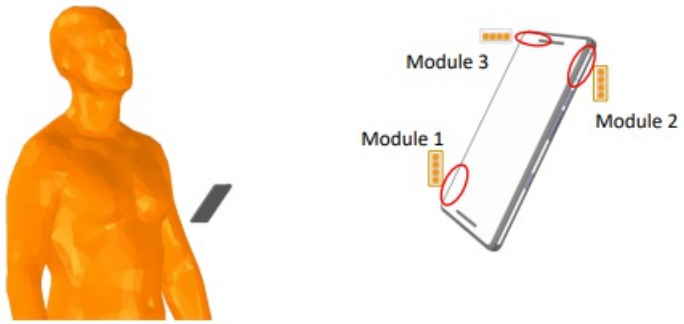
Сделать подобные заключения позволяют презентации флагманского программного обеспечения по разработке в том числе и радиоустройств - ANSYS HFSS, в последнем релизе которого была добавлена библиотека 5G компонентов, а в качестве демонстрационной тестовой задачи рассматривалась антенная решетка, работающая на частоте 28 ГГц:



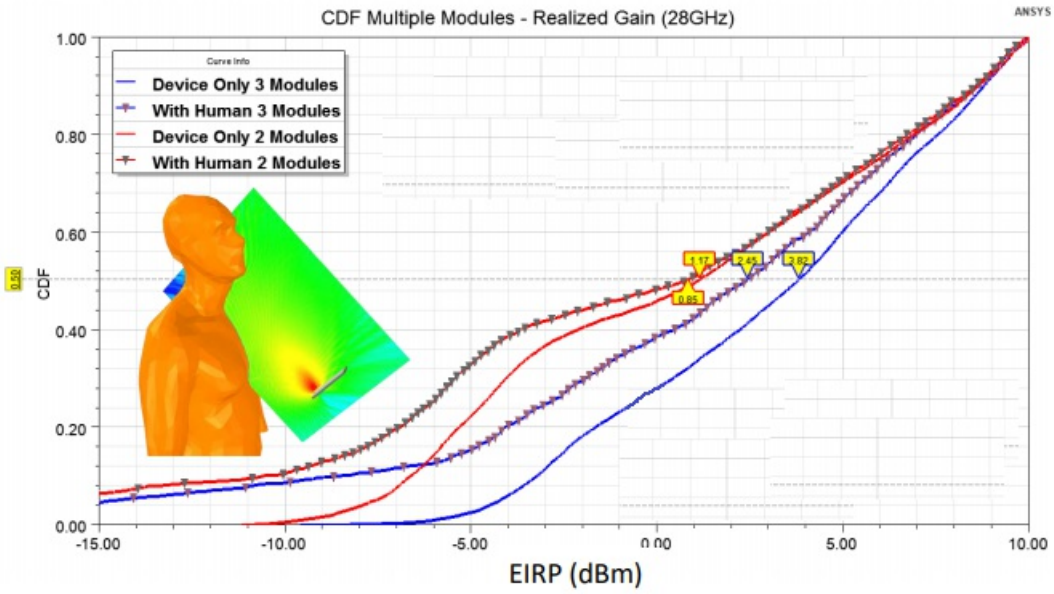
Вид решетки и формируемая диаграмма приведены на рисунке ниже:



В частности в демонстрационной задаче рассматривается влияние излучения на человека:



Антенные модули, работающие на частотах 26-28 ГГц рассматриваются в качестве основных активных элементов в беспроводных системах следующего поколения:



Развитие антенной части

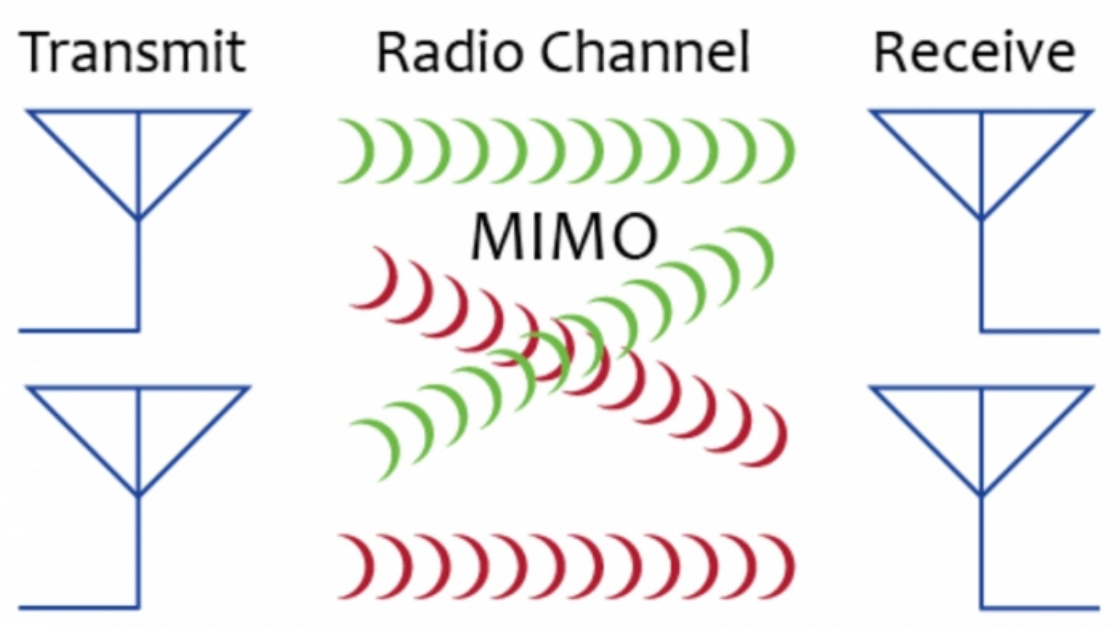
Что касается архитектуры и динамики развития сотовых узлов, производители оригинального оборудования (Ericsson, Huawei, Nokia и ZTE) в сотрудничестве с такими "антенными" компаниями, как Kathrein, разработали инновационные решения для дальнейшей модернизации систем радиодоступа. Существуют следующие взаимодополняющие решения в развитии антенной части:

- формирование абонентских сот, в которых антенный луч может быть использован как для равномерного покрытия, так и для узконаправленной передачи данных в сторону приемного оборудования;
- векторная секторизация, которая заключается в переходе от стандартной 3-секторной к 6-секторной конфигурации базовой станции. Би-секторные базовые станции можно было реализовывать и ранее на оборудовании 2G-4G, однако именно с переходом на 5G, в более высоко-гигагерцовый диапазон, секторизация становится особенно актуальной;
- Переход на антенны MIMO. Многие существующие антенны LTE имеют формат 2×2 MIMO, который обычно является стандартом для многих сетей LTE, но при этом наблюдается переход к

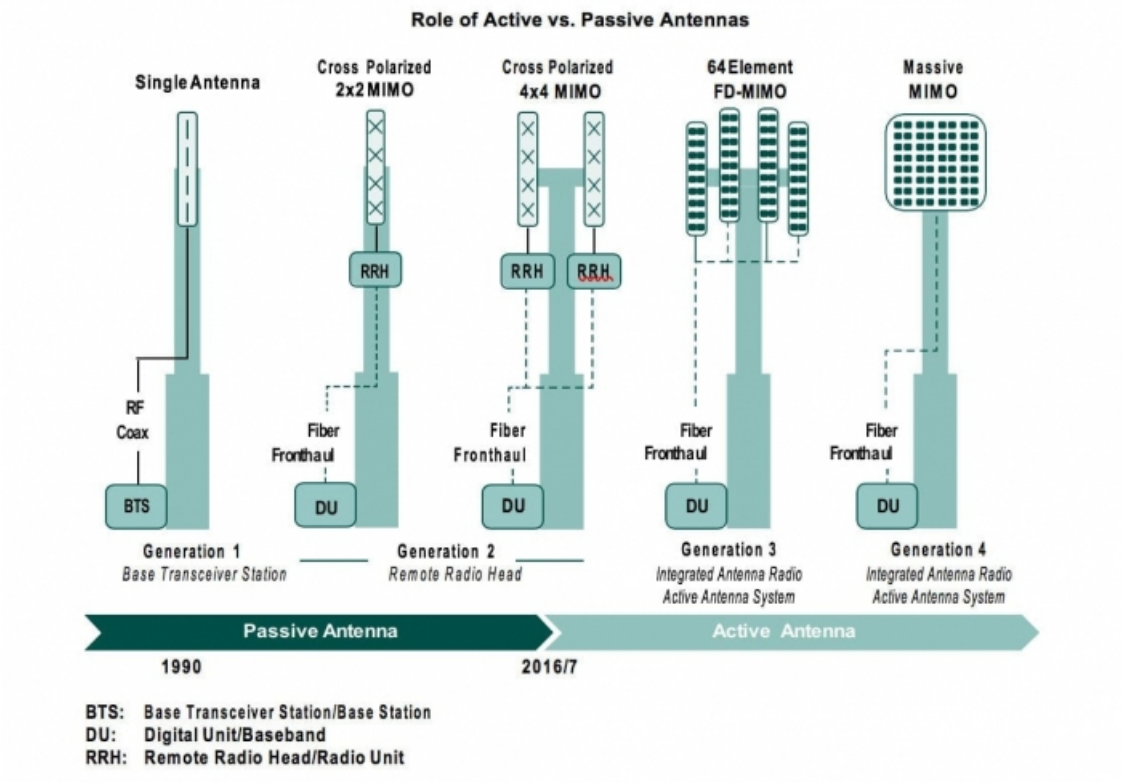
формату 4×4. Также проводятся испытания по использования в смартфонах систем 8×2 и даже 8×8 MIMO.

Решение Massive MIMO явно будет и дальше набирать обороты. Например, уже сейчас мы видим и потребность в схемах MIMO 16×16, ..., 64×64, а в долгосрочнойдолгосройной перспективе и более высокие комбинации. Для смартфонов принципиальными остаются ограничения по форм-фактору. Многие из флагманские продукты (Samsung S8 и S9, iPhone X) могут поддерживать конфигурацию 4×4, что обеспечивает более высокую пропускную способность.

Антенны с малым количеством портов уже никому не интересны. Поэтому нас ожидает увеличение количества антенн до 12-16, проектируемых такими поставщиками, как Kathrein. Кроме того, по мере перехода в 5G, появятся дополнительные возможности для ретрансляторов, которые могут обеспечить покрытие в небоскребах и жилых домах. В связи с новыми форм-факторами и новыми спектральными диапазонами необходимо будет модернизировать объекты связи.



Одним из наиболее интересных моментов является эволюция пассивных и активных компонентов антенн. Активная антенна как правило имеет электронные компоненты, а пассивная - состоит не простых металлических проводников. В категорию активных входят интеллектуальные антенны и системы для автоматического формирования луча (Beamforming). Со временем активные антенны будут играть все более важную роль в беспроводных сетях. Во многом этот рост будет обусловлен конфигурациями MIMO и Massive MIMO. На рисунке ниже возможные варианты исполнения Massive MIMO в привычном форм-факторе:



5G в России

Не так давно компания "Мотив" протестировала оборудование для 5G в Харитоновском парке города Екатеринбурга. Скорость передачи данных достигла 2,07 Гбит/сек. Некоторые страны уже используют 5G, но Россия еще только подключается к этому движению.



В целом ситуация в РФ с 5G такая же как и во всем мире. Сетей не так много, в тестовом режиме они были обкатаны на крупных спортивных событиях. Однако, для России традиционно сложным вопросом остается распределение частот.

С одной стороны бесплатно раздают диапазоны 24,25–24,65 ГГц для создания сетей 5G, в том числе технологических сетей связи. То есть Роскомнадзор самостоятельно решает, кому разрешать устанавливать радиоэлектронные средства связи в данном диапазоне.

С другой стороны, ГКРЧ отклоняет заявки операторов на частоты 3,4-3,8 ГГц для проведения исследований.

> "Пока по 3,4-3,8 Ггц мы воздерживаемся от каких-либо выделений и даже присвоений до окончательного решения вопроса о возможности или невозможности использования данного диапазона в интересах 5G. Прежде всего у нас - интересы национальной безопасности, и если есть хоть малейшая угроза этим вопросам есть, ГКРЧ решение в ущерб национальной безопасности не принимает", - (с) замглавы Минкомсвязи Олег Иванов.

Также в марте 2020 года стало известно о том, что российским сотовым операторам не разрешили использовать уже имеющиеся у них частоты для запуска 5G-сетей.

Все это говорит о том, что внедрение технологии в стране может замедлиться. Но следует отметить, что ведущие производители оборудования 5G всегда шли навстречу и оказывали помощь в недрении своих технологий, как это уже было показано на примере сетей четвертого поколения. Сколько времени продлится война технологий и административного аппарата на этот раз - время покажет.