

Технологии 5G становятся ближе

В любой научно-технической дискуссии о перспективах развития технологий беспроводной связи вопрос о 5G, так или иначе, становится центральным. Судя по последним заявлениям на конгрессе Mobile World, технологии 5G — это уже реальность. Однако, по мнению автора статьи, ситуация несколько иная, и мы только начинаем приближаться к технологиям 5G.

Сара Йост (Sarah Yost)

**Перевод: Виктор Алексеев,
к. ф.-м. н.**

В настоящее время гонка за стандарты 5G, возможно, уже потеряла свою первоначальную остроту — по крайней мере, существует некоторое понимание этой технологии, но в разработках, проектировании оборудования и внедрении мы находимся в самом начале процесса.

В мире беспроводной связи за последний год произошло много значимых событий — начиная от стандартизации и важнейших обновлений, полученных от регулирующих органов, до понимания канала миллиметрового диапазона (mmWave) и технологий, которые позволят коммерциализировать 5G. Давайте разберемся, что означают последние достижения в рамках этой технологии.

Частотный диапазон 5G: от mmWave до 6 ГГц

Существует множество проблем и спорных вопросов, которые необходимо решить в технологиях, объединенных под общим названием 5G. Однако можно с уверенностью говорить

о том, что, во-первых, крайне важен диапазон частот в нижнем пограничном районе 6 ГГц. Во-вторых, в технологиях 5G mmWave будет дополнять основной интервал 6 ГГц.

Основные требования, предъявляемые к 5G, иллюстрирует рис. 1. Прежде всего, это исключительно надежная и устойчивая широкополосная связь, обеспечивающая работу приложений расширенного мобильного широкополосного доступа (eMBB). Такая связь должна удовлетворять требованиям как медленных, но крайне надежных M2M-приложений, так и высокоскоростных приложений IoT/IIoT, работающих в режиме реального времени. Понятно, что при использовании только одного частотного диапазона очень трудно, если это вообще возможно, удовлетворить перечисленным базовым требованиям. Однако комбинация двух отмеченных выше диапазонов позволяет надеяться на успешное решение этой проблемы. С одной стороны, диапазон ниже 6 ГГц сможет обеспечить лучшее распространение и обратную совместимость для узкополосных приложений. С другой — смеж-

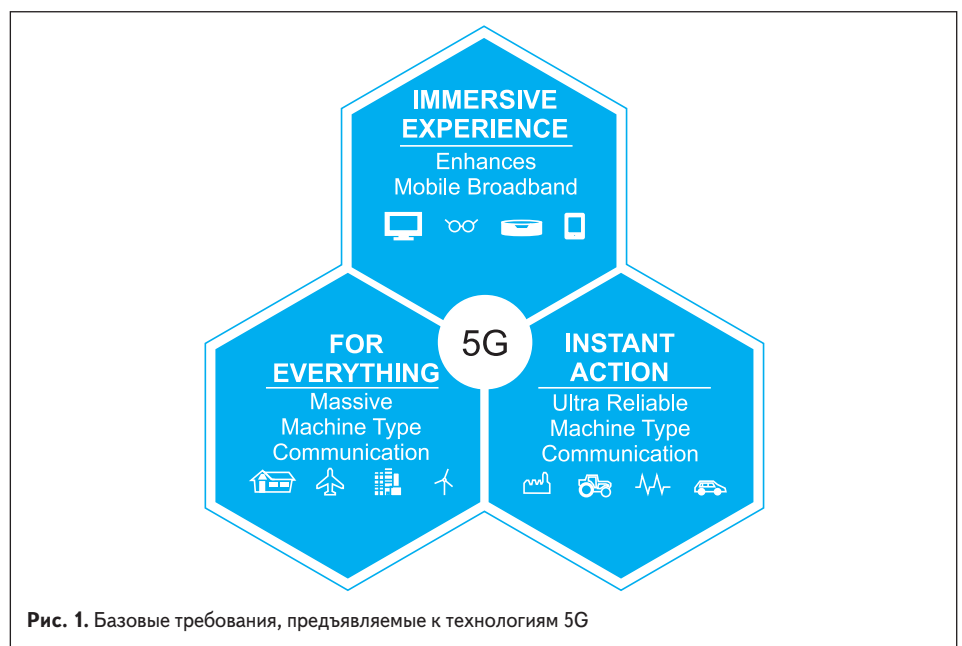


Рис. 1. Базовые требования, предъявляемые к технологиям 5G

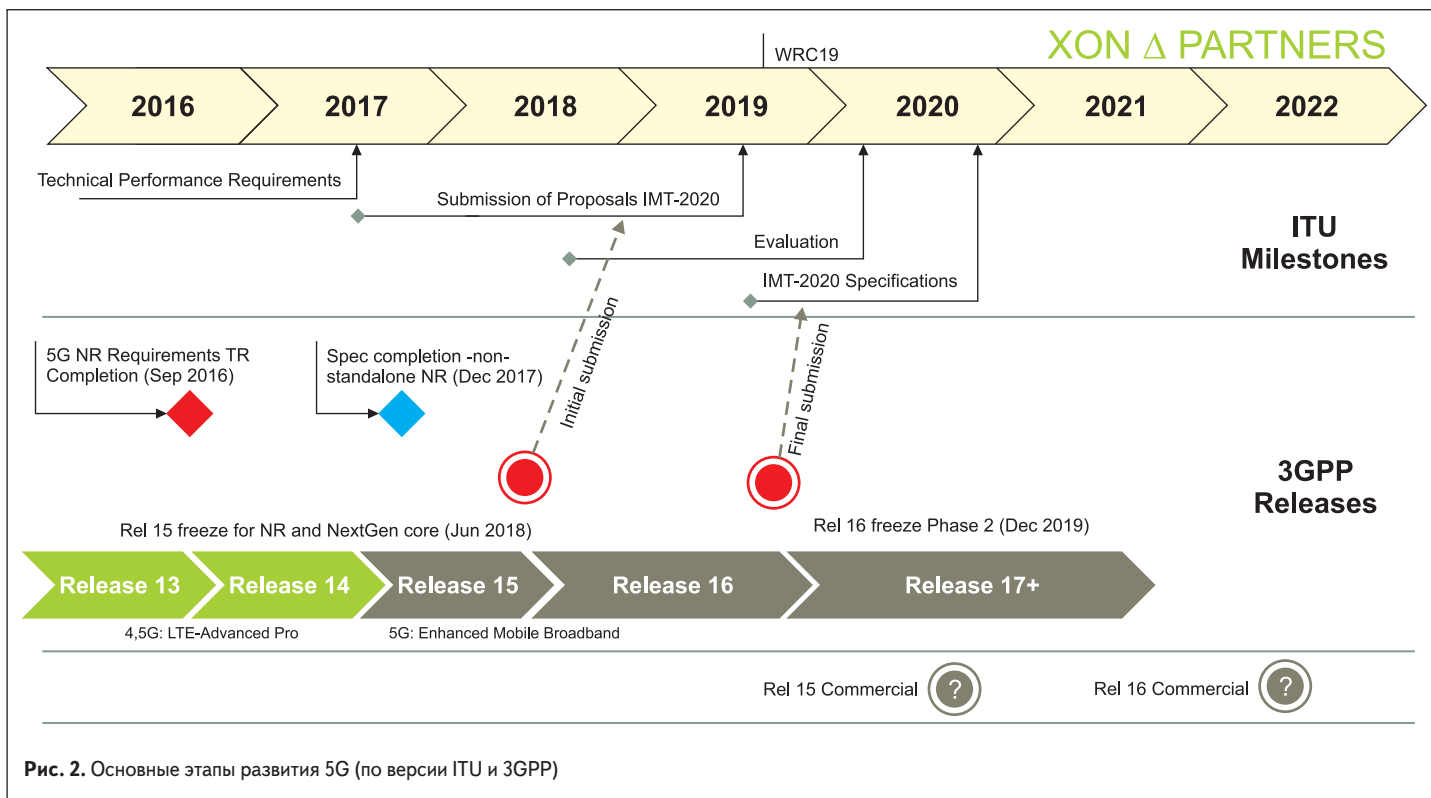


Рис. 2. Основные этапы развития 5G (по версии ITU и 3GPP)

ная полоса пропускания в mmWave позволит поддерживать широкополосные приложения eMBB в технологиях 5G.

Этапы развития 5G

Международный союз по электросвязи (The International Telecommunications Union, ITU) и консорциум 3rd Generation Partnership Project (3GPP) выделяют две фазы развития 5G (рис. 2): первая для частот ниже 40 ГГц, вторая — для частот выше 100 ГГц. Первый этап должен завершиться выпуском релиза 3GPP LTE-Rel 15, который планируется опубликовать в июне 2018 г. Второй планируется завершить в декабре 2019 г., когда ожидается выпуск официальной документации по LTE 16 [1].

Рекомендации ITU, к сожалению, не содержат конкретной технической информации, кроме общих положений о частотах и форматах данных технологий 5G. В марте 2017 г. состоялось пленарное заседание 3GPP RAN, на котором был представлен перспективный план ускоренного развития, названный в документах Way Forward (WF) и подразумевающий новые радиотехнологии, объединенные под общим названием 5G New Radio (NR). Основные этапы этого плана показаны на рис. 3.

Ведущий японский провайдер мобильной связи NTT DOCOMO на заседании RAN4 представил свои соображения по поводу WF — какие полосы частот следует использовать в перспективном решении [3]. В таблице 1 показаны диапазоны частот, выделяемые для ведущих операторов мобильной связи в различных регионах мира.

28 ГГц и сети Verizon

Теоретические и практические разработки для диапазона 28 ГГц наиболее интенсивно и успешно проводит один из мировых лидеров

мобильной связи американская корпорация Verizon.

В марте 2016 г. состоялось совещание рабочей группы по новым частотным диапазонам США, в котором приняли участие ведущие американские законодательные организации, входящие

в Федеральную комиссию по вопросам регулирования связи США (Federal Communications Commission, FCC), — Office of Engineering and Technology (OET), Wireless Telecommunications Bureau (WTB) и др. Итоговым документом стало извещение о предполагаемом пересмо-

Таблица 1. Диапазоны частот, выделяемые для ведущих операторов мобильной связи в различных регионах мира в соответствии с решениями RAN4

Частотный диапазон/полоса LTE	Операторы связи, предполагающие работу в указанном диапазоне частот
3,3–4,2 ГГц	DOCOMO, KDDI, SBM, CMCC, China Unicom, China Telecom, KT, SK Telecom, LG Uplus, Etisalat, Orange, Telecom Italia, British Telecom, Deutsche Telekom
4,4–4,99 ГГц	DOCOMO, KDDI, SBM, CMCC, China Unicom, China Telecom
25,25–29,5 ГГц	DOCOMO, KDDI, SBM, CMCC, KT, SK Telecom, LG Uplus, Etisalat, Orange, Telecom Italia, British Telecom, Deutsche Telekom
31,8–33,4 ГГц	Orange, Telecom Italia, British Telecom
37–40 ГГц	AT&T, Verizon, T-mobile
1710–1785 МГц/1805–1880 МГц (полоса 3)	CMCC, China Telecom
2500–2570 МГц/2620–2690 МГц (полоса 7)	CHTTL, British Telecom
880–915 МГц/925–960 МГц (полоса 8)	CMCC
832–862 МГц/791–821 МГц (полоса 20)	Orange
703–748 МГц/758–821 МГц (полоса 28)	Orange
2496–2690 МГц (полоса 41)	Sprint, China Telecom, C-Spire, China Unicom
1710–1780 МГц/2110–2200 МГц (полоса 66)	T-mobile
1920–1980 МГц/2110–2170 МГц (полоса 1)	China Unicom, China Telecom

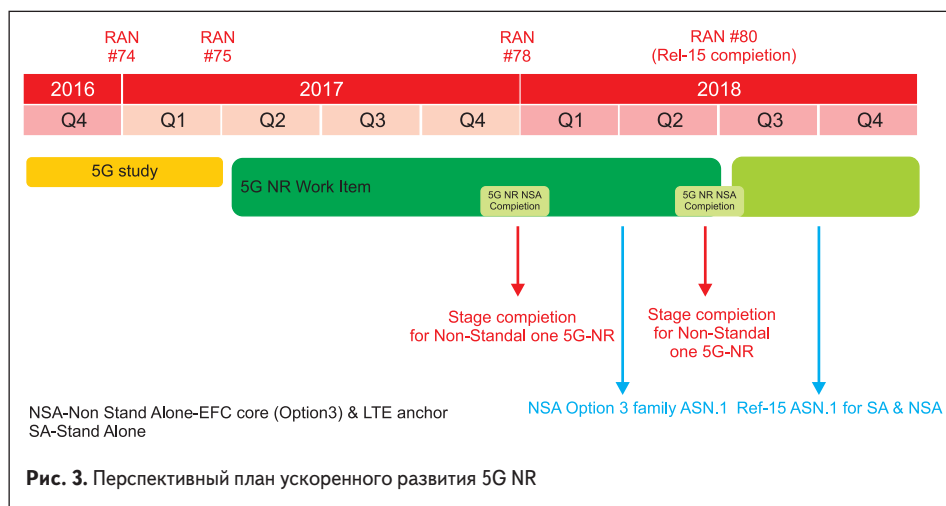


Рис. 3. Перспективный план ускоренного развития 5G NR

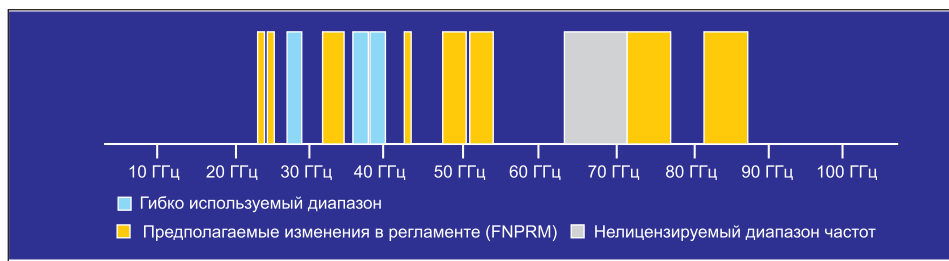


Рис. 4. Частотные диапазоны mmWave, разрешенные FCC для использования в США

тре правил (NPRM) Commission's Spectrum Frontiers [4], в котором регламентировалось использование частот mmW. Этот документ был одобрен FCC. Таким образом, было узаконено использование полосы 28 ГГц, которая является одной из трех, доступных сегодня для лицензионного использования в США [5]. На рис. 4 показано распределение полос.

В прошлом году Verizon получила от XO Communications [6] лицензию на использование полосы 28 ГГц и анонсировала намерение использовать эту частоту для развертывания в своих сетях. Несмотря на то, что в настоящее время не существует единого стандарта на протоколы и оборудование для частотного диапазона 28 ГГц, Verizon оснащает свои тестовые сети оборудованием, которое может быть адаптировано под любую спецификацию благодаря мощной и гибкой программной платформе [7]. Другие американские операторы, например AT & T и T-Mobile, также подтвердили свои планы использования диапазона 28 ГГц и сотрудничества с ведущими производителями оборудования с целью тестирования новых моделей.

Основная проблема, связанная с развертыванием оборудования именно сейчас, при отсутствии единых стандартов, заключается в том, насколько оборудование, используемое Verizon, будет соответствовать разрабатываемым стандартам 3GPP 5G. Если оборудование можно будет адаптировать через несколько лет под стандарты 3GPP 5G, то Verizon окажется лидером в 5G. В противном случае фирма будет вынуждена заменять оборудование на разворачиваемых в настоящее время сетях. Поэтому Verizon делает все возможное для проведения предварительной стандартизации технологий mmWave.

В 2015 г. Verizon совместно с Cisco, Ericsson, Intel, LG, Nokia, Qualcomm и Samsung основали Технический форум 5G (5GTF) [8]. Основной целью рабочей группы этого форума стала разработка на базе диапазона mmWave беспроводной альтернативы проекту Fiber to the Home (FTTH), получившей название Fixed Wireless Access (FWA). В большинстве проектов 5GTF, базирующихся на стандарте LTE, используются новые концепции, разрабатываемые в рамках программы 5G 3GPP.

В проектах 5GTF используются поднесущие 75 кГц вместо стандартного значения 15 кГц, что позволяет увеличить полосу пропускания до 100 МГц для каждой несущей частотной составляющей. Кроме того, с целью согласования со стандартным вариантом LTE, используется обратная пропорциональная зависимость, уменьшающая размер подкадра. Также следует отметить технологию формирования направ-

ленного сигнала, предварительное кодирование и расширенный набор фреймов управления.

На прошедшей в марте 2017 г. в Сан-Франциско конференции IEEE по беспроводным сетям и связи (Wireless Communications and Networking Conference, WCNC) фирма National Instruments (NI) продемонстрировала работу оборудования 5GTF в режиме реального времени [9]. Следует особо подчеркнуть, что это была первая демонстрация полностью рабочего проекта.

Основываясь на планах развития диапазонов частот (WF), предложенных на совещании RAN4 Meeting #82WF, ведущие европейские сотовые операторы, в том числе Orange, British Telecom и Telecom Italia, пришли к общему соглашению о возможности использования диапазона 24–28 ГГц. Преимущества этого частотного диапазона победили господствующее в прошлом мнение о том, что в Европе невозможно использование частот в районе 28 ГГц. Следует отметить, что европейские провайдеры внесли также предложение об использовании диапазона 32 ГГц.

Модернизация радиочастотного блока оборудования 5G

Как уже говорилось, общие характеристики и перспективный план разработки радиочастотной части устройств 5G (5G New Radio, NR) были сформулированы на пленарном заседании 3GPP RAN plenary meeting (#75) в марте 2017 г.

Из основных требований, предъявляемых к NR, можно выделить следующие:

- поддержка всех мобильных приложений во всех частотных диапазонах в полном соответствии с рекомендациями ITU;
- расширенная мобильная широкополосная связь (Enhanced mobile broadband, eMBB);
- ультранадежная связь с минимальными значениями задержки (Ultra Reliable Low Latency Communications, URLLC);
- поддержка массивированной беспроводной связи между различными машинами и механизмами (Massive Machine Type Communications, MMTС).

Перечисленные требования предполагают существенные изменения физического уровня (PHY) оборудования 5G, которое должно обеспечивать высокоскоростную широкополосную связь для сотен тысяч устройств Narrow Band IoT (NB-IoT). Кроме того, для некоторых приложений, таких, например, как роботизированные транспортные средства (без водителей), необходимо, чтобы PHY 5NR обеспечивал максимально высокую степень надежности при минимальных временах обработки данных.

Необходимо отметить, что требования, предъявляемые 3GPP к 5G NR, значительно жестче и разнообразнее, чем параметры PHY устройств Verizon 5G (V5G). Так, например, в отличие от V5G, в котором используется единый механизм формирования направленного сигнала, в требованиях 3GPP к 5G NR рассматриваются две схемы этой технологии — быстрая и медленная. Кроме того, в идеологии 5G NR предполагается максимально возможная адаптация существующих стандартов LTE к новым сетям при использовании разных скоростей передачи данных и поднесущих частот.

Несмотря на искусственный перегрев темы NR и попытки стимулировать предварительную стандартизацию оборудования, имеется очень мало публикаций о реальных испытаниях технологии 5G NR и полученных экспериментально параметрах. Немногочисленные отчеты о тестовых испытаниях оборудования на частотах 28 ГГц были, в основном, направлены на зондирование каналов передачи данных, а не на всестороннюю демонстрацию всех возможных в настоящее время параметров и функций 5G NR.

NI разработала свой вариант оборудования для 5G NR, поддерживающий MIMO-связь с мультимедиа. Основу этого оборудования составляют комплексный радиочастотный блок NI mmWave Transceiver System (MTS) и протокол физического уровня, разработанный на базе LabVIEW [10].

Промежуточный финиш 5G

Вероятнее всего, в 2018 г. мы сможем ответить на вопрос, что такое 5G. Согласно планам ускоренного развития (3GPP RAN #75), в конце 2017 г. будут стандартизованы PHY- и MAC-уровни для 5G NR. По вопросам окончательного выбора частных диапазонов 5G нет точных сроков. Тем не менее проведенные в течение 2017 г. полевые испытания говорят о том, что реальное внедрение технологии 5G операторы начнут на частотах 28 ГГц. Во всяком случае, ведущий оператор Южной Кореи (KT) объявил о том, что запустит сети 5G в Пхёнчхане к открытию Зимних Олимпийских игр 2018 г.

Первый этап развития 5G должен завершиться в 2018 г. с появлением официальных стандартов 3GPP. Этот этап будет служить промежуточным финишем, после которого должны стартовать реальные технологические процессы 5G. ■

Литература

1. <http://frankroyal.com/2016/08/08/will-5g-be-the-last-g/>
2. www.nttdocomo.co.jp
3. www.3gpp.org
4. https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-15-138A1.pdf
5. Use of Spectrum Bands Above 24 GHz for Mobile Radio Services, GN Docket No. 14-177, Notice of Proposed Rulemaking, 15 FCC Record 138A1 (rel. Oct. 23, 2015).
6. www.xo.com
7. www.fiercewireless.com/tech/verizon-files-to-conduct-28-ghz-market-trials-4-states.
8. www.5gtf.org/
9. <http://wcnc2017.ieee-wcnc.org/>
10. www.ni.com/sdr/mmwave/