

“Radio” is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. С. ЖУРАВЛЁВ, А. Н. КОРОТОНОШКО,

К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора),

Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающие редакторы: С. Н. ГЛИБИН, А. С. ДОЛГИЙ

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13

E-mail: ref@radio.ru

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — ЗАО “Журнал “Радио”, ИНН 7708023424,

р/сч. 40702810438090103159

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 19.11.2018 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

по каталогу «Роспечати» — 70772;

по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;

по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала, CD или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2018. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М»,

143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.

Зак. 18-11-00152 от 16.11.18 г.

Dr.WEB



Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»



Internet Service Provider

Телефон: (495) 981-4571

Факс: (495) 783-9181

E-mail: info@rinet.ru

Сайт: <http://www.rinet.net>



5G:

первые шаги

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

“В жизни случается всякое — дождись нужного”.

(из не вошедшего в Библию)

Минули годы теоретического развития мобильных сетей пятого поколения (5G). И прошёл год, как 3GPP был сертифицирован как начальный вариант стандарта сетей мобильной связи очередного поколения 5G NR (New Radio), о котором уже рассказывалось на страницах журнала. Теперь настала пора не только спросить, а что же дальше, но и предъяснить что-нибудь публике.

А дальше американский оператор Verizon, как и обещал, 1 октября запустил в Хьюстоне, Индианаполисе, Лос-Анджелесе и Сакраменто первую в мире коммерческую сеть пятого поколения. Сервис Verizon называется 5G Home и предназначен для фиксированного доступа к Интернету с помощью беспроводного роутера. Сеть обеспечивает среднюю скорость передачи информации до 300 Мбит/с и пиковую (то есть когда пользователей в ней практически нет) — 1 Гбит/с. 5G Home не только не имеет отношения к мобильной связи (к тому же смартфоны 5G ещё никто не умеет серийно производить), но, по большому счёту, и к международным стандартам. Сервис базируется на проприетарном стандарте 5G TF, разработанном в Verizon (на самом деле это решение Samsung), тогда как оборудование на базе международного стандарта 5G NR (New Radio) ещё только готовится к выходу на рынок.

Почему так? Чтобы быстрее выйти на рынок и “застолбить” своё первенство в головах потребителей. Особенно, если не у всех в указанных выше городах есть доступ в Интернет по кабелю или же им можно предложить более дешёвые тарифы. Для захвата рынка к столь высококонкурентной мобильной индустрии никаких денег не жалко. К тому же Verizon обещает модернизировать оборудование, включая абонентское, когда новый стандарт и оборудование на его основе станут коммерчески доступными.

Клиентам сети 5G Verizon также предложена услуга YouTube TV free: бесплатно три первых месяца, а затем по 40 долл. в месяц в комплексе с бесплатным Apple TV 4K или Google Chromecast Ultra. Подключение и настройку оборудования оператор также готов провести бесплатно. Также клиентам обещано, что они смогут в числе первых получить мобильные терминалы 5G, как только они станут доступны на рынке. Основные различия между LTE, 5G TF и 5G NR приведены в **табл. 1**.

Собственно, каждые 8—10 лет в телекоммуникационной отрасли появляется новый стандарт мобильной связи. Каждый стандарт всё лучше и быстрее по скорости передачи данных и технология 5G в этом плане не исключение. Скорости теперь гигабитные, число подключений на 1 км² исчисляется миллионами, задержка запрошенной информации минимальная. Всё это важно для таких приложений, как телемедицина, для подключённых автомобилей и, тем более, для подключённых летательных аппаратов. Другое дело, что сеть 5G предоставляет лишь некий технический ресурс, а всё остальное должны придумать инженеры для телемедиков, беспилотных автолюбителей и лётчиков.

Стандарт 4G/LTE (как, впрочем, и 5G) на физическом уровне использует технологию Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), которая решает проблему устранения межсимвольной интерференции, возникающей при высокоскоростной передаче данных из-за многолучевого распространения сигнала. В LTE весь каналный ресурс раз-

бивается на ресурсные блоки (Resource Block, RB). Один блок состоит из 12 расположенных рядом поднесущих, занимающих полосу 180 кГц, и одного временного слота (6 или 7 OFDM символов общей длительностью 0,5 мс).

В целом 5G отличается от 4G/LTE тремя основными вещами. Использование технологии mMIMO (massive MIMO), архитектурой сети сквозного мобильного пакетного бэжхоло (транс-

те, а путём развития и модернизации действующих сетей 4G/LTE, как минимум используя их инфраструктуру. В частности, в середине октября корейский оператор мобильной связи SK Telecom сообщил об официальном утверждении в 3GPP технологии так называемой "двойной подключённости" (dual connectivity). С помощью внедрённого на сети SK Telecom технологического решения можно одновре-

Корее. Вначале сети 5G будут покрывать Сеул и близлежащие территории. На первом этапе внедрения скорость передачи данных должна достигать 1 Гбит/с.

Минувшим летом в РФ по тестовой сети 5G оператора Мегафон впервые была проведена трансляция футбольного матча в формате VR. Для демонстрации возможностей 5G была выбрана товарищеская игра Россия—Турция, которая проходила на стадионе ВЭБ Арена в Москве. Разумеется, это ещё не коммерческая сеть.

Оператор Билайн совместно с компанией Huawei провёл в Москве демонстрацию возможностей мобильной связи пятого поколения. В ходе демонстрации впервые в России был совершён "голографический" звонок. Для этого использовали очки смешанной реальности (Mixed Reality), а также не тестовое, а серийное оборудование — коммерчески доступные базовая станция Huawei и абонентский терминал. При демонстрации скорость передачи данных на одно абонентское устройство превысила 2 Гбит/с.

Год назад Мегафон уже демонстрировал вместе с Huawei рекордную скорость в сети 5G 35 Гбит/с, и хотя это были не полевые, а лабораторные условия, достигнутые результаты заслуживают внимания, поскольку раскрывают потенциал технологии. А что с отечественным запуском 5G? Правительство пока решило перенести сроки внедрения поколения 5G в РФ, и теперь массовое строительство сетей планируется начать не раньше, чем в конце 2021 г. В первом квартале 2019 г. должны утвердить концепцию создания и развития сетей 5G в России. К концу года определяются диапазоны частот. К концу 2020 г. будут реализованы пилотные проекты по внедрению нового стандарта в пяти ключевых отраслях и на территории одного города-миллионника. И только к концу 2021 г. появятся условия для запуска коммерческих сетей 5G в России. В массовом порядке эти сети заработают только в 2023—2025 гг., т. е. где-то через 5—7 лет. Говорят, что перенос сроков связан с тем, что на 5G ещё должен "созреть коммерческий запрос внутри экономики", что, в сущности, так и есть. Как говорил Томас Джефферсон, иногда промедление лучше ошибки. Да и учиться лучше на чужом опыте. Особенно, если отечественного оборудования мобильной связи на рынке нет.

29 апреля T-Mobile и Sprint, третий и четвёртый по размеру абонентской базы сотовые операторы в США, объявили о слиянии. Новая компания будет работать под брендом T-Mobile. Цель — создать крупного игрока, который станет лидером по внедрению 5G. Причём они ведут речь о всей стране в целом. T-Mobile приводит в пример стандарт 4G, ранее внедрение которого в США создало рабочие места и дало толчок технологическому предпринимательству. Со стандартом 5G ставки ещё выше, как утверждает руководство компаний, переход от 4G к 5G сравним с переходом от чёрно-белого телевидения к цветному.

Таблица 1

Технические характеристики	LTE	5G TF	5G NR
Полное название технологии	Long Term Evolution	Verizon's 5G Technical Forum	3GPP 5G New Radio
Длительность кадра радиосигнала	10 мс	10 мс	10 мс
Количество подкадров в кадре	10	50	10
Количество слотов в кадре	20 (каждый длительностью 1 мс)	100 (каждый длительностью 0,1 мс)	20 (каждый длительностью до 1 мс)
Количество ресурсных блоков (RB)	100 (максимум)	100 (максимум)	100 или более
Максимальное число объединяемых несущих (Carrier Aggregation)	5 (Rel. 10), 32 (Rel. 12)	8	16
Интервалы между поднесущими	15 кГц	75 кГц	15, 30, 60, 120, 240 и 48 кГц
Ширина полосы сигнала на каждой поднесущей	1,4/3/5/10/15/20 МГц (для 20 МГц, используя carrier aggregation, можно работать с полосой до 100 МГц)	100 МГц	Изменяется, максимально до 400 МГц (от 100 до 200 МГц для диапазона менее 6 ГГц и от 100 МГц до 1 ГГц для частоты более 6 ГГц)
Диапазон радиочастот	Менее 6 ГГц	28 ГГц	До 100 ГГц
Beamforming (технология формирования адаптивной диаграммы направленности)	Применимо к определённым режимам передачи	Взаимодействие DL/UL (канала "вниз" и канала "вверх")	Как с взаимодействием DL/UL, так и без него
Модуляция	До 256-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM и 256-QAM
MIMO (количество одновременных сигналов на приём и передачу)	До 8×8	Только 2×2	До 8×8
Схема кодирования канала	Турбокодирование для передачи данных	LDPC (Low-density parity check) код для передачи данных	NR Polar codes (управление); NR LDPC (передача данных)

портной сети), обеспечивающей время задержки сигнала в сети до 1 мс, и абсолютной всеядностью по части радиочастот, от 500 МГц и до 100 ГГц. Есть, правда, ещё поддержка переключения между базовыми станциями при скоростях движения абонентских устройств до 500 км/ч, необходимость которого трудно понять даже современному горожанину.

А ещё у 5G должно быть 12-кратное преимущество в пиковых скоростях по сравнению с LTE-Advanced Pro и почти 500-кратное по сравнению с 3G/UMTS, а также спектральная эффективность в 1,5 раза и в 7 раз выше, чем у LTE-Advanced Pro и 3G соответственно (для линии "вниз").

Не секрет, что сети 5G операторы собираются строить не на пустом мес-

менно передавать поток данных через сети LTE и 5G, разделяя пакеты данных между сетью 5G (3,5 и 28 ГГц) и сетью LTE (800 МГц, 1,8, 2,1, 2,6 ГГц). Это позволяет операторам "выжать" больше из имеющихся в их распоряжении сетей.

В Китае на совмещённых сетях 5G/LTE используют для обслуживания абонентов приём, который называют "двойной канал". В направлении к абоненту ("вниз") данные передаются по сети 5G, в направлении от абонента к базовой станции ("вверх") — по сети 4G/LTE. Чтобы реализовать такую модель работы, требуется соединить и синхронизировать оборудование сетей 5G и 4G.

С 1 декабря коммерческое использование сетей 5G началось в Южной



Недавно оператор Telefonica Deutschland и компания Samsung договорились о запуске 20 тестов FWA (Fixed Wireless Access — фиксированный беспроводный доступ) в Германии. Samsung предоставит для теста в 20 домохозяйствах комплексное решение для диапазона 26 ГГц, которое будет играть роль "последней мили" в предоставлении клиентам доступа к Интернету. В составе решения виртуальное ядро и блок радиодоступа 5G, которые будут стоять на стороне оператора, и абонентские роутеры.

Как известно, для внедрения 5G был предложен пошаговый план, который состоит из двух версий: автономной и встроенной. На первых порах сеть 5G будет, по сути, надстройкой над существующей сетью 4G/LTE. Встроенная версия 5G NR даст возможность воспользоваться существующей инфраструктурой для начального внедрения технологии 5G, работая с совмещёнными базовыми станциями двух стандартов. Автономная версия разработана для того, чтобы быть совместимой "снизу вверх" с

диапазоне 3,7 ГГц и 200 МГц — в диапазоне 26 ГГц, а также 2x5 МГц — в диапазоне 700 МГц; Wind Tre — 20 МГц (3,7 ГГц), 200 МГц (26 ГГц); Fastweb — 200 МГц (26 ГГц). Правда, не все радиочастоты сейчас свободны. И если радиочастоты в диапазоне 3,7 ГГц можно будет использовать уже с нового года, то радиочастоты в диапазоне 700 МГц вряд ли освободятся ранее 2022 г.

Однако решиться работать в субмиллиметровых и миллиметровых диапазонах это только полдела. Огромная проблема — измерение того, а что, собственно, у вас получилось. Большая часть существующего измерительного оборудования не предназначена для работы с комбинацией более высоких несущих частот, более широких полос и т. п. На самом деле даже такую простейшую задачу, как измерение мощности, в случае 5G придётся дополнительно решать.

Что касается мобильных абонентских устройств 5G, то активная работа над ними идёт. В сентябре в лаборатории Ericsson в Швеции был совершён звонок с тестового мобильного устройства 5G в виде смартфона с интегрированным модемом Qualcomm Snapdragon X50 и радиочастотным модулем. Для звонка использовался диапазон 39 ГГц в режиме 5G NSA. Samsung намеревается представить смартфон 5G до марта 2019 г. Готовят свои 5G-модели Huawei и Motorola, а также ряд других производителей.

На MWC 2018 в Барселоне компания Huawei представила первый в мире коммерческий абонентский терминал 5G. Его основой служит чипсет Balong 5G01 собственной разработки Huawei. Чипсет поддерживает 5G во всех частотных диапазонах, включая диапазоны до 6 ГГц и выше, в том числе и миллиметровые волны. Соответственно, производитель предлагал две разновидности терминала: низкочастотную и высокочастотную. Первая отличается меньшими размерами и массой. Она совместима с сетями 4G и 5G и обеспечивает скорость передачи до 2 Гбит/с, достаточную для потокового видео, сетевых игр и приложений виртуальной реальности. Высокочастотная разновидность выпускается в вариантах, рассчитанных на установку как внутри помещения, так и снаружи.

В марте администрация Дональда Трампа заблокировала попытку сингапурской Broadcom поглотить американского производителя чипов Qualcomm. Вашингтон опасался, что Broadcom сократит инвестиции в инновации, и это поможет китайским компаниям лидировать в разработке 5G. В свою очередь, китайские регуляторы в июле не одобрили сделку Qualcomm по покупке нидерландского конкурента NXP Semiconductors.

Согласно прогнозам, первые коммерческие чипсеты для мобильных устройств с поддержкой сети пятого поколения появятся на рынке только в

2019 г., и они будут обладать узким диапазоном поддерживаемых частот. Иначе говоря, они будут нацелены на определённые регионы. Так, например, если Samsung Galaxy S10 сможет работать в сетях 5G в США, то он не сможет работать в этой сети в Европе, и наоборот. Собственно, так было и при развитии сетей LTE. Специалисты Digitimes Research утверждают, что массовые поставки устройств, оснащённых модулями 5G, начнутся лишь через два года после появления на рынке первых смартфонов, которые смогут работать в сетях 5G. Смартфоны будут доминировать на рынке 5G, и к 2022 г. уже около 18 % смартфонов смогут работать в сетях пятого поколения.

Американский оператор Sprint обещает первым представить на рынке США мобильный терминал со встроенной поддержкой 5G. Как ожидается, это будет смартфон производства LG премиального класса с поддержкой диапазона 2,5 ГГц. Также аппарат будет поддерживать 4G/LTE, чтобы обеспечить доступ к услугам вне зон покрытия 5G, которые на первых порах будут носить очаговый характер. Кроме того, будет обеспечена поддержка тех диапазонов, в которых работает сеть T-Mobile. В компании не ответили на вопрос, будет ли смартфон поддерживать работу в диапазонах миллиметровых волн. Как ожидается, появление аппарата 5G производства LG совпадёт по времени с запуском поддержки технологии 5G на сети Sprint в США, запланированным на первую половину 2019 г. Хотя модель смартфона, о которой идёт речь, разрабатывается специально под Sprint, не исключено, что LG позднее начнёт поставку этой модели и другим операторам.

Есть некоторые подозрения, что первые смартфоны 5G будут похожи на "кирпич" и/или получат ограниченную функциональность. Ну а конечной инстанцией по их оценке будет, как всегда, потребитель. И здесь следует добавить, что это — избалованный потребитель. Так что всем операторам и производителям придётся приложить немало усилий, чтобы не только запихнуть в "кирпич" всё обещанное ранее, но и заставить полюбить его не меньше, чем терминалы предыдущих поколений. Удастся ли сделать в смартфоне 5G все возможные рабочие диапазоны радиочастот, вообще отдельная проблема. Ведь теоретически он должен будет работать на частотах от 600 МГц до 80 ГГц (ну хотя бы до 39 ГГц), обеспечивая связь и с предыдущими поколениями мобильной связи 2G/3G/4G. Неплохая задачка для радиоинженеров-электронщиков.

В общем, если рассматривать гонку за первенство в выводе на рынок смартфонов 5G как дискотеку, то здесь "танцуют все"!

Таблица 2

Диапазон радиочастот, ГГц	Компании-операторы
3,3...4,2	China Unicom, China Telecom, CMCC, Etisalat, LG Uplus, Orange, NTT DOCOMO, KDDI, KT, SMB, SR Telecom
4,4...4,99	China Unicom, China Telecom, CMCC, NTT DOCOMO, KDDI, SMB,
24,25...29,5	British Telecom, CMCC, KT, Telecom Italia, T-Mobile, Verizon
31,8...33,4	British Telecom, Orange, Telecom Italia
37...40	AT&T, T-Mobile, Verizon

будущими версиями беспроводных стандартов. Автономные сети могут сосуществовать с совмещёнными и работать одновременно. Правда, точная дата представления автономной технологии пока ещё не определена.

Что касается рабочих диапазонов радиочастот, то, разумеется, наибольший интерес представляют те, что расположены "пониже" и где полосы "пошире", однако для работы в местах массового скопления потенциальных абонентов подойдут и диапазоны с частотой более 6 ГГц, где именно "пошире". В табл. 2 представлены некоторые полосы радиочастот (на самом деле их гораздо больше) в наиболее "ходовых" диапазонах, которые наметены к использованию различными операторами.

На самом деле это не последний список, потому что количество желающих присоединиться к 5G растёт по мере проведения в разных странах радиочастотных аукционов. К примеру, в конце сентября в Италии завершился тендер по распределению частот 5G, по итогам которого операторы заплатят 6,55 млрд евро. Компания TIM приобрела полосу 80 МГц в диапазоне 3,7 ГГц и 200 МГц в диапазоне 26 ГГц, а также 2x5 МГц в диапазоне 700 МГц; Vodafone Italia — 80 МГц в

По материалам ixbt.ru, mforum.ru, huawei.com, telecompaper.com, vedomosti.ru, cnews.ru, habr.com, nag.ru, rbc.ru