

ПО ПУТИ ОТ 5G К 5G ADVANCED: Релизы 17 и 18

В.Тихвинский, д.э.н., академик РАЕН, проф. МГТУ им. Н.Э.Баумана,
гл. науч. сотр. ФГУП НИИР / vtiiir@mail.ru,

Е.Девяткин, к.э.н., директор НТЦ ФГУП НИИР / deugene@list.ru,

В.Белявский, заместитель генерального директора АО "ГИС" / belyavskiy@globinform.ru

УДК 621.391.82, DOI: 10.22184/2070-8963.2021.98.6.38.47

Статья посвящена анализу текущей деятельности Партнерского проекта 3GPP по формированию технических требований и характеристик мобильных сетей поколения 5G в Релизах 17 и 18. Эти требования и характеристики включают в себя около 50 инновационных технологий и 400 перспективных тем исследований по различным аспектам эволюционного развития сетей 5G в направлении 5G Advanced.

ВВЕДЕНИЕ

Сети мобильной связи пятого поколения в течение ближайших лет должны стать неотъемлемой частью цифровой экономики России. Достигнутые сегодня ключевые характеристики и параметры сетей 5G в Релизах (Release) 15 и 16 могут быть существенно улучшены в новых Релизах 3GPP, направленных на создание следующей фазы развития мобильной связи – 5G Advanced.

Стандартизация технических спецификаций мобильной сотовой связи играет решающую роль в обеспечении будущих инноваций, разрабатываемых 3GPP и другими организациями по стандартизации. Каждая волна инноваций 5G структурируется как очередной Релиз этого Партнерского проекта, в котором предоставлен набор функциональных возможностей и технологий мобильной беспроводной связи.

После успешного завершения Релиза 16 в декабре 2019 года в 3GPP была начата работа по формированию следующей волны инноваций, сгруппированных в Релизе 17. Был утвержден пакет из примерно 50 новых проектов, которые планируется завершить во второй половине 2022 года.

Релиз 17 представляет собой набор технических спецификаций (требований), направленных

на дальнейшее усовершенствование технологий сетей 5G в фазе 3, которые должны появиться уже в 2021 году и окончательно утвердиться в 2022 году.

На пленарном заседании 3GPP TSG# 87 было согласовано предложение руководств целевых (TSG) и рабочих (WG) групп о продлении работ по созданию Релиза 17 сначала на три месяца, а затем и переноса ряда сроков завершения работ над техническими спецификациями на 2022 год по причине использования в деятельности онлайн-собраний. Практика показала, что такой формат работы 3GPP не позволял оперативно согласовывать позиции для достижения взаимопонимания разработчиков технических спецификаций и приводил к длительной переписке с целью достижения консенсуса. Принятые в план работы 3GPP изменения подразумевают [1]:

- замораживание технических спецификаций Релиза 17 в части исследований рабочей подгруппы RAN1 (описание функций и процедур в общем виде, логический анализ, описание потоков сообщений и функциональных элементов) по состоянию на декабрь 2021 года;

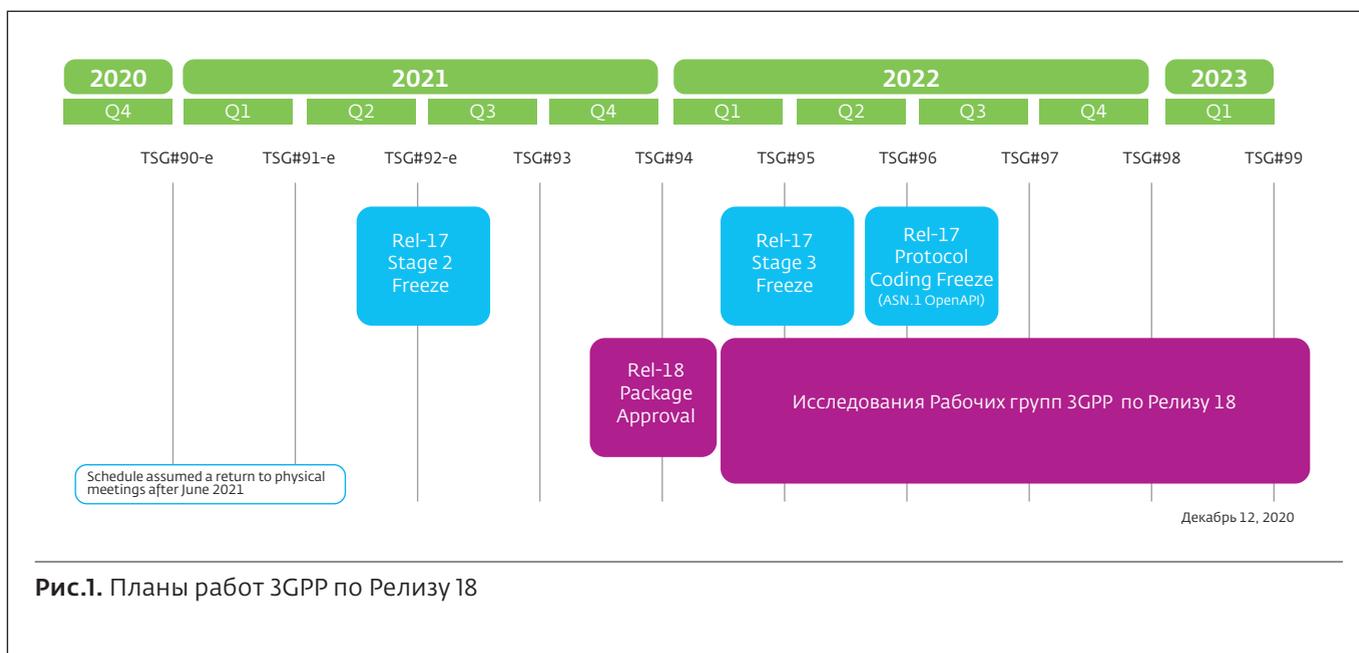


Рис.1. Планы работ 3GPP по Релизу 18

- замораживание технических спецификаций Релиза 17 фазы 3 (описание процедур, сообщений и информационных элементов (IE), определение поведения оборудования для обеспечения совместимости с различными поставщиками) по состоянию на март 2022 года;
- закрытие дополнений в технические спецификации Релиза 17 (описание нотаций кодирования ASN.1 и интерфейсов Open API) по состоянию на июнь 2022 года;
- замораживание изменения в сеть радиодоступа RAN по состоянию на сентябрь 2022 года.

В разрабатываемый в настоящее время Релиз 17 были включены следующие инновационные технологии, которые относятся к неназемным сетям связи (NTN) (спутниковым сетям и сетям на высокоподнятых на дирижаблях платформах), промышленным беспроводным сенсорным сетям (IWSN), транспортным средствам, присоединенным "ко всему" (V2X), промышленному Интернету вещей (IIoT), расширенному широкополосному мобильному и фиксированному беспроводному доступу (eMBB и FWA).

Следующим шагом в развитии мобильной связи пятого поколения станет Релиз 18 (рис.1), который сформирует облик эволюционного развития сетей 5G Advanced.

Семинар, проведенный 3GPP с 28 июня по 2 июля 2021 года определил направления

исследований Релиза 18, официальный логотип новой фазы развития – 5G Advanced – и рабочие планы специальных целевых групп проекта. Предварительные предложения 3GPP по тематике работ для Релиза 18 сосредоточены на следующих областях:

- функциональной эволюции на основе услуг eMBB;
- функциональной эволюции, не связанной с услугами eMBB (то есть ориентированной на uRLLC и mMTC);
- кросс-функциональности как для эволюции услуг eMBB, так и для сервисов не-eMBB.

В настоящее время начинает готовиться технический отчет TR 21.918 "Release description; Release 18" [2], в котором будут определены основные технологии, развиваемые в сетях 5G Advanced.

ОБЩАЯ СТРАТЕГИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ В РЕЛИЗЕ 17

Общую стратегию работ Партнерского проекта 3GPP можно структурировать по основным составляющим системы 5G. Необходимо пояснить, что отличие понятия "система 5G" от понятия "сеть 5G" состоит во включении в систему 5G (сокращенно: 5GS) также функциональности абонентского оборудования 5G UE согласно TS23.501 [3].

Исследования Релиза 17 сосредоточены в нескольких ключевых областях системы 5G и часть их уже находится в стадии внедрения в оборудование ведущими вендорами (рис.2).

Улучшения и вторая фаза развития NR

- Совершенствование massive MIMO NR
- Технология боковой линии связи SL
- Улучшения динамического частотного шеринга
- Улучшения промышленного IIoT/uRLLC
- Улучшения позиционирования (с точностью до сантиметров)
- Улучшение покрытия в сетях NR
- Совершенствование частных сетей NPN
- Улучшение multi-Radio DCCA
- Улучшения IAB и транспортной сети backhaul
- Улучшения передачи "малых данных"
- Улучшения SON до уровня SSN
- Совершенствование автоматизации сети 5G фаза 2
- Сетевые слои в сети радиодоступа 5G
- Улучшения технологии MEC в сети 5G Core



Технологии будущего развития

- Диапазоны 52,7–71 ГГц для NR
- NR поверх частных сетей NPN
- Широковещательные сети MCBC
- Применение нескольких SIM-карт MUSIM
- Боковые линии связи SideLink
- Позиционирование в 5G до сантиметров
- Качество восприятия услуг QoE 5G
- Спутниковые технологии в архитектуре 5G
- Прямое взаимодействие UE (Proximity Service)
- Функция ATSSS для конвергенции 5G и Wi-Fi
- Управление дронами UAS для 5G
- Расширенная реальность для NR
- IoT поверх NPN-сетей
- RedCap (Широкополосный IoT)
- NR Light

Рис.2. Основные улучшения и инновационные технологии Релиза 17

К ним относятся: улучшение покрытия и позиционирования (переход от метров к сантиметрам), совершенствование работы радиointерфейса NR и улучшение качества восприятия услуг QoE для различных сетевых слоев 5G, добавление новых частотных диапазонов в поддиапазоны FR1 (нижние и средние диапазоны радиоволн) и FR2 (миллиметровый диапазон волн, ММДВ), создание устройств с уменьшенной пропускной способностью в радиointерфейсе NR, расширение поддержки частных сетей (NPN), совершенствование поддержки беспилотных воздушных систем связи для дронов, поддержка мобильных граничных вычислений (MEC) в опорной сети 5G Core, оказание услуг на основе прямого взаимодействия 5G UE (proximity services) в 5GS, автоматизация сети 5G для фазы 2 и функций управления, улучшение технологии коммутации и разделения трафика доступа (ATSSS) для обеспечения бесперебойной совместной работы сетей 5G и Wi-Fi/Wi-Fi 6E.

Задачи Релиза 17, на которые также следует обратить внимание специалистам, включают следующие решения и инновации: услуги uRLLC промышленного Интернета вещей через радиointерфейс NR, поддержка радиointерфейса NR в неназемных сетях (спутниковых и NAPS – на высотных платформах), антенны и алгоритмы Massive MIMO, интегрированный доступ через

базовые станции gNB для транзитных соединений в сетях 5G (IAB), позиционирование MBS, многоадресные и широковещательные услуги NR, сетевые слои в сети радиодоступа RAN для радиointерфейса NR, боковой линии связи NR (Side Link), возможности двойного подключения (multi-RAT), поддержки абонентских услуг устройств с несколькими SIM-картами (MUSIM) для радиointерфейсов LTE/NR, передача "малых" данных в радиointерфейсе NR в неактивном состоянии и услуги приоритета мультимедиа. И это лишь некоторые из них.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ СЕТИ РАДИОДОСТУПА 5G RAN

С января 2020 года подгруппа RAN1 (Физический уровень сети радиодоступа) начала работы над несколькими функциями физического уровня, которые обеспечивают повышение общей эффективности и производительности технологий радиointерфейса 5G NR: усовершенствование технологии MIMO, улучшение совместного использования спектра, усовершенствование энергосбережения и улучшение покрытия UE. Подгруппа RAN1 также проводит необходимые исследования и спецификацию технических требований для улучшения физического уровня в полосах частот от 52,6 и до 71 ГГц.

Кроме того, будут усовершенствованы технологии позиционирования сети 5G для удовлетворения строгих требований к точности и задержке для промышленных помещений и внутри помещений. Добавлены дополнительные функциональные возможности для промышленного IoT, а также технологии NB-IoT. Будет добавлена поддержка спецификаций для комбинации устройств NR с более низкой пропускной способностью и расширение покрытия NR для поддержки сценария с малой мобильностью для больших сот (MLC), важного для внедрения 5G в развивающихся странах.

В рамках Релиза 17 подгруппа RAN1 продолжила работу над стандартизацией радиодоступа 5G NR для поддержки сетей неназемного доступа (NTN), а именно спутниковых сетей и сетей на высотных платформах (HAPS), прокладывая путь к внедрению поддержки технологий NB-IoT и eMTC для спутников с различными орбитами.

Стандартизация усовершенствованного интерфейса 5G NR

В апреле 2020 года подгруппа RAN2 ("Уровень протоколов сети радиодоступа") также начала работать над стандартизацией функций, которые направлены на улучшение эффективности и производительности 5G NR: совершенствования технологии Multi Radio в режиме двойного присоединения (DC) и агрегации спектра (CA), улучшения технологии интегрированного доступа и транспортной сети (IAB), использования интерфейса 5G NR для передачи небольших данных, повышения энергосбережения в абонентском устройстве (UE), улучшения решений самоорганизующихся сетей SON/технологии многоадресных передач MDT (Multicast Transmission).

Подгруппа RAN2 обеспечит стандартизацию технологии многоадресных передач MDT, уделяя особое внимание функциональности многоадресной рассылки для одной соты в направлении мультисотовой передачи. Важно отметить, что многоадресная рассылка будет полностью повторно использовать физический уровень одноадресной передачи протокола NR для повышения возможностей многоадресной рассылки, координации поискового вызова для UE с несколькими SIM-картами MU SIM.

Стандартизация усовершенствованной архитектуры сети радиодоступа 5G RAN

Подгруппа RAN3 ("Уровень архитектуры сети радиодоступа") работает в настоящее время над

стандартизацией новых требований к качеству восприятия QoE для сети радиодоступа 5G NG-RAN и протокола 5G NR, начав с исследования функции QoE в сети 5G и ее отличий от сетей LTE.

Надо отметить, что архитектура сети радиодоступа 5G NG-RAN более универсальна, чем сеть радиодоступа RAN LTE благодаря структурированию базовых станций gNB, которое включает: разделение функций в плоскости управления и плоскости пользователя, а также разделение на радиомодуль/радиоголовку (gNB-RU), центральный модуль (gNB-CU) и распределенный модуль (gNB-DU). Исходя из принятого структурирования подгруппа RAN3 добавит в технические спецификации 3GPP поддержку разделения плоскостей CP-UP в сетях 4G, чтобы сети LTE также могли воспользоваться некоторыми из новых функций сети радиодоступа 5G NG-RAN. Будут также стандартизованы функции виртуальной сети радиодоступа vNG-RAN на основе технологии RAN Slicing.

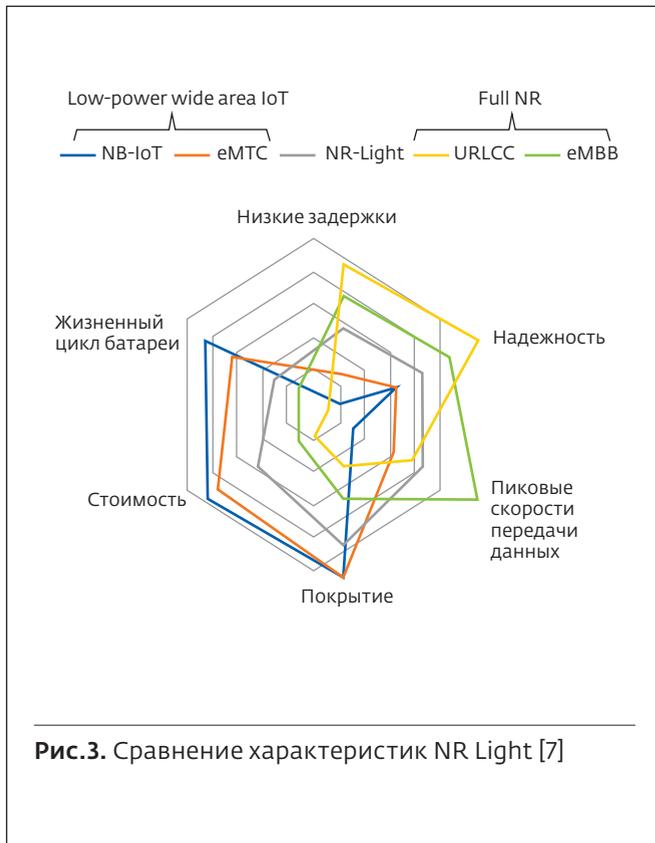
Новые технологии Релиза 17

Рассмотрим наиболее важные и интересные для будущего развития сетей 5G и создания новых приложений 5G инновационные технологии и решения, стандартизованные в Релизе 17 [5-8].

NR Light

Технология NR Light будет основываться на новом типе абонентских устройств, работающих с радиоинтерфейсом NR Light и сетью радиодоступа NG-RAN, которые специально разработаны для поддержки промышленных беспроводных сенсорных сетей. Целью данной технологии является разработка экономичных абонентских устройств с возможностями, которые находятся между полнофункциональными абонентскими устройствами для технологии Full NR и устройствами беспроводного доступа LPWAN с низким энергопотреблением (например, NB-IoT/eMTC). Она будет использовать стандартные радиоблоки NR, включая нумерологию и полосу пропускания SSB, которая будет дополнена усовершенствованиями для удовлетворения новых требований, таких как снижение сложности и уменьшение энергопотребления UE.

Сформулированные требования к технологии NR Light должны учитывать новые сценарии и варианты использования устройств IoT,



которые не могут быть выполнены технологиями eMTC и NB-IoT (рис.3):

- более высокие скорость передачи данных и надежность, меньшая задержка, чем у eMTC и NB-IoT;
- более низкая стоимость/сложность и большее время автономной работы, чем у NR eMBB;
- более широкий охват, чем у устройств для услуг URLLC.

Требования технологии NR Light в сети 5G также включают:

- скорость передачи данных до 100 Мбит/с для поддержки, например, прямой трансляции видео, визуального контроля производства, автоматизации производственных процессов;
- задержка около 10–30 мс для обеспечения, к примеру, дистанционного управления БПЛА, сельскохозяйственной техникой, дистанционного управления транспортным средством;
- стоимость модуля NR Light сопоставимая с модулями eMTC и NB-IoT для сетей LTE;
- улучшение покрытия на 10–15 дБ по сравнению с устройствами 5G с услугой URLLC;

- срок службы батареи в 2–4 раза дольше, чем у абонентских устройств 5G с режимом eMBB;
- создание выделенных сетей 5G для обслуживания различных видов использования в промышленной среде для услуг IIoT;
- поддержку услуг URLLC, MBB и позиционирования.

Абонентские терминалы NR Light как новый класс устройств будут иметь более широкие возможности, чем устройства eMTC/NB-IoT, но число поддерживаемых функций и их пропускная способность будут меньше, чем у устройств 5G NR для услуг eMBB/URLLC. Так, например, абонентские устройства NR-Light смогут при ширине полосы частотного канала 10 или 20 МГц будут обеспечивать пропускную способность в линии вниз (DL) до 100 Мбит/с, а в линии вверх (UL) до 50 Мбит/с, что делает эту технологию более удачно применимой для таких сценариев использования, как носимые устройства высокого класса, промышленные видекамеры и датчики IoT.

Технология NR Light вошла в число приоритетных рабочих вопросов Релиза 17. Благодаря ее внедрению не будет необходимости поддерживать в одном устройстве несколько RAT. Кроме того, технология NR Light будет использовать преимущества системной архитектуры 5G и такие функциональные возможности, как управление сетевыми слоями, классами QoS на основе потоков данных и др.

Совершенствование линии боковой связи радиодоступа NR

Технология линии боковой связи (Side Link, SL) относится к технологии прямой связи между различными узлами (блоками) радиодоступа V2X или абонентским оборудованием 5G UE без передачи данных через сеть 5G. В сети радиодоступа 5G, образуемой линиями SL на основе радиointерфейса NR, абонентскими устройствами V2X считаются транспортные средства с бортовыми блоками регистраторов (On Board Units, OBU) V2X, придорожные блоки связи (RSU) или мобильные устройства 5G UE, которые используются пешеходами. RSU передает данные блокам OBU или обменивается данными с бортовыми блоками V2X в своей зоне связи, как показано на рис.4 [8].

Работы по улучшению линии боковой связи в Релизе 17 включают следующие направления:

- улучшение распределения ресурсов (выделение ресурсов для снижения

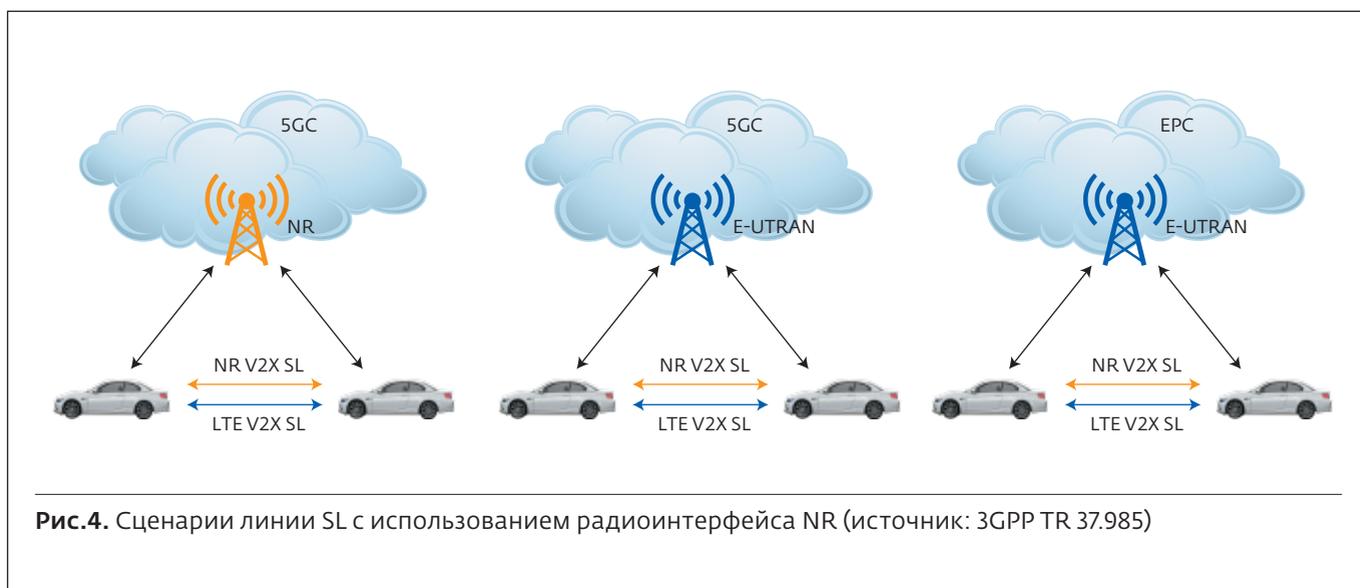


Рис.4. Сценарии линии SL с использованием радиоинтерфейса NR (источник: 3GPP TR 37.985)

энергопотребления, усовершенствования для автономного режима с целью повышения надежности и уменьшения задержки);

- совершенствование режима DRX для линии боковой связи при широкоэвещательной, групповой и одноадресной передаче;
- использование новых полос частот линии SL при работе на одной несущей;
- работа боковой линии связи в определенных географических областях для заданного диапазона частот.

Совершенствование радиодоступа NR для поддержки неназемных сетей

Работы по стандартизации этой технологии нацелены на расширение использования радиодоступа NR для сетей NTN, особенно спутниковых линий LEO (низкая околоземная орбита) и GEO (геостационарные орбиты), включая совместимость для поддержки базовых станций высоко поднятых платформ HAPS, а также сценариев применения радиодоступа NR в линии воздух-земля ATG (air-to-ground). Подробные цели включают:

- на физическом уровне PHY: временные соотношения, временная/частотная синхронизация UL, HARQ, дизайн канала PRACH, переключение фидерной линии, управление лучом и работа с использованием частей полосы пропускания канала (BWP);
- на уровне протоколов: усовершенствования MAC (произвольный доступ, планирование

линии UL, применение режима DRX, запрос планирования), а также усовершенствования протокола RLC (Radio Link Control), расположенного между уровнями PDCP и MAC, протокола PDCP (отчет о состоянии, порядковая нумерация), процедуры плоскости управления CP (режим ожидания и подключения, непрерывность обслуживания и мобильность);

- на уровне архитектур: усовершенствования архитектуры NG-RAN (поддержка коммутатора фидерной линии, сетевых идентификаторов, регистрации/пейджинга, взаимосвязи сот) и аспекты использования радиочастот/охват частотных диапазонов, требования к управлению радиоресурсами RRM, требования компенсации синхронизации UE и точности частоты.

Расширение использования спектра до 71 ГГц

Включает исследование использования как лицензируемых, так и нелицензированных полос спектра для доступа по радиоинтерфейсу NR при оказании услуг 5G в более высоких частотных диапазонах по следующим направлениям:

- использование новой нумерологии и оценки влияния на частичное использование полос (Bandwidth Parts, BWP);
- использование технологий Beamforming, HARQ и т.д.;
- поддержка до 64 антенных элементов;
- механизмы доступа к каналу, включая работу на основе технологии Beamforming;

- механизмы доступа к каналу для соответствия правилам нелицензированного использования спектра в данной части диапазона ММДВ;
- спецификация новых диапазонов в частотном интервале от 52,6 до 71 ГГц.

Расширение сетевых слоев RAN Slicing для радиоинтерфейса NR

Проводимая работа направлена на совершенствование поддержки RAN для разделения сети на сетевые слои, включая:

- обеспечение быстрого доступа абонентского устройства к соте, поддерживающей выбранный слой (например, повторный выбор соты на основе слоя, конфигурация канала случайного доступа RACH на основе слоя для запрета сот);
- поддержка непрерывности обслуживания для прерываний обслуживания передачи обслуживания внутри RAT (например, целевая сота, не поддерживающая текущий слой UE, требующий повторного отображения слоя, восстановления и процедур пересылки данных).

Улучшения самоорганизующихся сетей SON в сети 5G

Работы нацелены на определение вариантов использования, требований к сети, а также службам управления и процедурам для следующих функций SON:

- оптимизация покрытия и емкости (CCO);
- оптимизация балансировки нагрузки (LBO);
- оптимизация распределения ресурсов сети 5G;
- функция самовосстановления сети 5G (включая автоматическое управление программным обеспечением и автоматическую обработку данных конфигурации сети).

Следующим шагом развития сетей SON станет переход от классических SON, адаптирующих свои функции к конкретным состояниям среды, к самоподдерживающимся сетям SSN (Self-Sustaining Networks), которые могут постоянно сохранять свои ключевые показатели эффективности (KPI) в условиях высокой динамики изменения конфигурации и сценариев использования сетей 6G. Поэтому на сегодняшний момент SON рассматривается 3GPP как технология-драйвер для развития сетей 5G в направлении

применения искусственного интеллекта: алгоритмов машинного (ML) и глубокого обучения (DL).

Совершенствование управления частными сетями и расширенная поддержка непубличных сетей 5G

Исследования направлены на:

- спецификацию сценариев развертывания частных сетей (NPN):
 - ▶ а) вертикальная независимость управления сетями NPN, развернутыми автономно;
 - ▶ б) независимое управление сетью NPN оператором мобильной сети общего пользования (PLMN) для предоставления вертикальных услуг;
 - ▶ с) управление частной сетью оператором PLMN с предоставлением возможностей управления для вертикальных услуг как клиента NPN;
- определение обеспечения автономной NPN (SNPN) и общедоступной интегрированной сети NPN (PNI-NPN) с изоляцией и управлением на основе SLA для локального развертывания NPN на предприятиях и в зданиях для обеспечения покрытия в заданной географической локации;
- исследование обеспечения поддержки автономной сети SNPN с подпиской и учетными данными, принадлежащими объекту неавтономной сети SNPN;
- исследование возможностей адаптации и инициализации абонентских устройств для частных сетей.

Улучшение разделения сети 5G на сетевые слои (этап 2)

В этом направлении совершенствования системы 5G в Релизе 17 исследуются пробелы в текущих процедурах системы 5G для поддержки универсального шаблона слоя (Generic Slice Template, GST) в соответствии с определением Ассоциации GSMA [4] и изучаются решения для устранения существующих пробелов. К таким пробелам относятся: максимальное количество UE на один сетевой слой; максимальное количество сеансов PDU на одном сетевом слое; максимальные скорости передачи данных DL и UL на UE в сетевом слое.

Результаты этой работы должны привести к единому пониманию и практической реализации сетевых слоев в сети 5G.

Совершенствование подключения, идентификации и отслеживания БПЛА

Для удовлетворения потребностей нового и быстро развивающегося сектора беспилотных авиационных систем (БАС), включающего беспилотные летательные аппараты (БПЛА, дроны), в рабочих группах 3GPP была выполнена большая работа по стандартизации требований к сетям 5G, чтобы они отвечали потребностям в подключении к ним БАС и БПЛА, а также контроллеров БПЛА для тщательного управления воздушным трафиком беспилотников.

Работы по подготовке Релиза 17 направлены на исследование архитектуры и системных аспектов сети 5G для поддержки функций управления и контроля БПЛА. Рассматриваются такие вопросы, как:

- контроллер БПЛА, идентификация и отслеживание БПЛА;
- авторизация и аутентификация в сценариях связи (например, контроллер БПЛА с БПЛА, БПЛА с БПЛА, БПЛА с контроллером БПЛА);
- потенциальные улучшения связи, необходимые для обмена трафиком между контроллером БПЛА и БПЛА с учетом возможности соединения как LOS, так и NLOS.

Совершенствование граничных вычислений (MEC) в 5G Core

Данное направление обеспечивает решение ключевых проблем и поддержку пересылки трафика приложений UE и контента, в приложения, развернутые на пограничном сервере MEC, таких как:

- обнаружение IP-адреса развернутого на сервере приложений в периферийной вычислительной среде;
- улучшения в 5G Core для поддержки плавной смены сервера приложений, обслуживающего абонентские устройства;
- эффективное (то есть с малой задержкой) обеспечение локальных приложений информацией, например, о качестве услуг QoS, которая влияет на начисление платы и контроль политик.

Улучшение технологии расширенной реальности в сетях 5G

Технология 5G eXtended Reality (5G-XR) – это эволюционный путь перехода от дополненной реальности (AR), виртуальной реальности (VR), смешанной реальности (MR) к расширенной реальности (XR).

Сеть 5G обеспечивает высокоскоростные каналы связи с низкой задержкой между устройствами с XR

и приложениями XR. Кроме того, благодаря сетям 5G появляется возможность изменить архитектуру предоставления мобильных услуг XR.

Использование пограничных облачных серверов MEC для повышения эффективности обработки изображений на абонентском устройстве 5G и более реалистичного использования фотореалистичной графики и визуальных изображений с малыми задержками. Промышленный дизайн устройств XR может быть не зависящим от традиционных ограничений по тепловому режиму, мощности и форм-фактору. В рамках работ, проводимых для Релиза 17, исследуются требования к характеристикам производительности сетей 5G для различных случаев использования, относящихся к этой более широкой категории услуг виртуальной реальности (то есть: VR, AR, MR и XR).

СТРАТЕГИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ В РЕЛИЗЕ 18

Общая стратегия и направления работ в Релизе 18 будут сформулированы до конца 2021 года на намеченных семинарах рабочих групп по сетям радиодоступа RAN и CN. К настоящему времени сформулированы следующие направления развития сети радиодоступа RAN.

1. Развитие MIMO в линии "вниз" по следующим направлениям:

- дальнейшее совершенствование информационного референсного сигнала CSI (Channel Status Information), используемого абонентским терминалом для оценки состояния канала, которые UE передает узлу сети доступа RAN (gNB) в качестве обратной связи;
- совершенствование технологии обработки multi-TRP для облегчения ICI за счет динамической координации между множеством TRP (множества точек приема передачи, из которых UE будут иметь доступ к сети, то есть макро-, микро-, пико-, фемтосот, удаленных радиоголовок, релейных узлов и т. д.) и многолучевых антенн (multi-beam);
- использовании MIMO в оборудовании CPE в помещении.

2. Совершенствование сети радиодоступа 5G RAN в линии "вверх":

- работа более четырех передатчиков в линии "вверх";
- работа нескольких излучающих антенных панелей/нескольких точек приема-передачи TRP в линии "вверх";

- частотно-избирательное предварительное кодирование;
- дальнейшее улучшение покрытия в линии "вверх".

3. Совершенствование мобильности сети со следующими параметрами:

- межсотовая мобильность на основе системных уровней L1 и L2;
- совершенствование стека протоколов DAPS (Dual Active Protocol Stack) / CHO (Conditional HandOver);
- совершенствование технологий, специфичных для поддиапазона FR2 (миллиметровые волны).

4. Дополнительные топологические улучшения (технология IAB и интеллектуальные повторители):

- интегрированная мобильная транспортная сеть Mobile IAB (Integrated Access Backhaul) / релейная линия, устанавливаемая на транспортном средстве (VMR);
- умный ретранслятор с информацией бокового управления SL.

5. Совершенствование технологии расширенной реальности XR для следующих аспектов:

- ключевые параметры функционирования и качества услуг (KPI/QoS), работа с информацией о приложениях;
- аспекты, связанные с энергопотреблением, покрытием, емкостью и мобильностью, характерные для XR.

6. Улучшения боковой линии связи (за исключением позиционирования) в направлении:

- совершенствования самой технологии SL (использование нелицензированных диапазонов, улучшения энергосбережения, повышение эффективности и др.);
- совершенствования ретрансляции сигналов в линии SL;
- совместного использования технологий LTE V2X и NR V2X.

7. Эволюция технологии широкополосного Интернета вещей Red Cap (Reduced Capability) по следующим направлениям (за исключением позиционирования):

- новые варианты использования и новые полосы пропускания абонентских устройств (менее 5 МГц);
- улучшения энергосбережения.

8. Развитие наземных сетей:

- использование радиointерфейса NR в сетях NTN;
- использование сетей NTN для услуг Интернета вещей.

9. Развитие широкоэмитерных и многоадресных услуг:

- услуги вещания 5G на основе радиointерфейса LTE;
- услуги многоадресного вещания NR MBS в сетях 5G.

10. Расширенное и улучшенное позиционирование со следующими параметрами:

- позиционирование в боковой линии связи;
- повышенная точность, целостность и энергоэффективность;
- позиционирование для технологии Red Cap (широкополосного IoT).

11. Совершенствование дуплексного режима в части:

- сценариев развертывания сети для дуплексного режима FDD;
- управления помехами в дуплексном режиме.

12. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения в следующих областях:

- радиointерфейс NR (варианты использования для фокусировки, ключевые параметры функционирования и методология оценки, участие сети и UE и др.);
- новое поколение сети радиодоступа NG-RAN.

13. Энергосбережение по следующим направлениям:

- ключевые показатели эффективности экономики энергии и методология оценки;
- предложение основных направлений повышения энергоэффективности и возможные решения.

Кроме перечисленных выше, рабочими группами RAN1/2/3 предложены дополнительные темы-кандидаты, сгруппированные в три набора (перечня).

Набор 1 включает:

- энергосбережение в абонентских устройствах;
- расширение поддержки за пределами 52,6 ГГц;

- совершенствование агрегации несущих/двойного присоединения DC (Dual-Connectivity) (например, Multi-Radio – Multi-Connectivity и т. д.);
- гибкая интеграция радиочастотного спектра;
- реконфигурируемые интеллектуальные поверхности (RIS).

Набор 2 включает:

- беспилотные летательные аппараты;
- промышленный Интернет вещей / сверхнадежная связь с малой задержкой URLLC;
- использование частотных каналов менее 5 МГц в выделенном для 5G-спектре;
- совершенствование для различных типов устройств IoT;
- совершенствование системы на HAPS;
- совершенствование сетевого кодирования.

Набор 3 включает:

- координация технологии Inter-gNB в следующих областях;
- работа с несколькими несущими между gNB / gNB-DU;
- Inter-gNB / работа распределенного модуля (gNB-DU) с несколькими излучающими поверхностями TRP;
- повышение отказоустойчивости централизованного модуля (gNB-CU) базовых станций;
- совершенствование сетевых слоев сети радиодоступа 5G RAN;
- использование нескольких универсальных модулей идентификации (MUSIM) в абонентском устройстве;
- агрегирование спектра в абонентских устройствах;
- улучшение безопасности;
- совершенствование самоорганизующиеся сети SON / минимизация драйв-тестов.

Анализ приведенных выше направлений исследований и стандартизации технологии NR и сети радиодоступа 5G RAN показывает, что предлагаемые инновационные технологии сформируют облик нового этапа эволюции сетей поколения 5G в направлении 5G Advanced, который будет характеризоваться более совершенными функциональными возможностями, а также более высокими техническими характеристиками и параметрами.

До конца 2021 года в целевых рабочих группах CN 3GPP будут сформулированы направления развития опорной сети 5G Core, что позволит определить общие планы стандартизации Релиза 18.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация Партнерским проектом 3GPP начального этапа стандартизации поколения 5G в виде Релизов 15 и 16 позволила сформировать технические требования и облик сети радиодоступа 5G RAN и опорной сети 5G Core для их внедрения разработчиками в сетевое и абонентское коммерческое оборудование 5G. Сравнительные оценки технических требований Релизов 15 и 16 показали необходимость их совершенствования для достижения требований рекомендаций и отчетов МСЭ к сетям, относимым к пятому поколению (IMT-2020).

Несмотря на сложности, связанные с работой 3GPP в период ограничений, вызванных пандемией COVID-19 и переходом на дистанционное общение специалистов в целевых и рабочих группах, работы по стандартизации технологии 5G в Релизе 17 замедлились несущественно и будут окончательно завершены в 2022 году.

В Релизе 17 стандартизуется большое количество инноваций и рассматривается более 400 исследовательских вопросов, завершающих первую фазу развития 5G.

Релиз 18 открывает следующую фазу развития технологии: 5G Advanced, требования к которой будут сформированы в течение текущего года, а работы по ним планируется завершить в 2023 году.

Статья подготовлена в рамках реализации программы деятельности ЛИЦ "Глобальные беспроводные системы связи" при финансовой поддержке Минцифры РФ и АО "РВК". Договор № 015/20 от 18 мая 2020 года. Идентификатор соглашения о предоставлении субсидии – 0000000007119P19000.

ЛИТЕРАТУРА

1. 3GPP TR 21.917 Release description; Release 17.
2. 3GPP TR 21.918 Release description; Release 18.
3. 3GPP TS 23.501 System Architecture for the 5G System; Stage 2.
4. From Vertical Industry Requirements to Network Slice Characteristics: GSMA Report. GSMA, August 2018.
5. 5G Evolution: 3GPP Releases 16–17. 5G Americas, January 2020.
6. 3GPP Releases 16&17&Beyond: A 5G Americans White Paper. 5G Americas, January 2021.
7. Ghosh A., Maeder A., Baker M., Chandramouli D. 5G Evolution: A View on 5G Cellular Technology Beyond 3GPP Release 15. IEEE Access Journal. 2019. V. 7. DOI:0.1109/ACCESS.2019.2939938.
8. 3GPP TR 37.985 Overall description of Radio Access Network (RAN) aspects for Vehicle-to-Everything (V2X) based on LTE and NR.