

СТАНДАРТИЗАЦИЯ 5G: ЧТО НОВОГО В 3GPP Release 15

А.Фелижанко, ведущий консультант Cisco
по технологиям /afelizha@cisco.com

DOI: 10.22184/2070-8963.2017.66.5.48.56

В статье представлен краткий обзор состояния стандартизации сетей связи 5G в 3GPP Release 15.

Мы живем в удивительное время. Только недавно стали обыденным явлением мобильные сети четвертого поколения, а уже полным ходом идет работа над спецификациями систем пятого поколения. Для чего? Прежде всего, для удовлетворения потребностей рынка в еще более скоростной передаче мобильных данных, массовом Интернете вещей и сверхнадежной связи со сверхнизкими задержками.

Движущей силой стандартизации систем 5G является партнерский проект 3GPP. Он был основан в декабре 1998 года с целью разработки технических спецификаций для мобильных систем третьего поколения на основе развития технологий, реализованных в опорной сети и сети радиодоступа GSM. Сегодня 3GPP объединяет семь организаций из Европы, Северной Америки и Азии, разрабатывающих телекоммуникационные стандарты для своих стран и регионов, в том числе ETSI (Европа), ATIS (США), ARIB и TTC (Япония), CCSA (Китай), TTA (Корея) и TSDSI (Индия). Это так называемые организационные партнеры проекта. Для участия в разработках они также приглашают партнеров, представляющих интересы телекоммуникационного рынка, таких как GSM Association, Global mobile Suppliers Association (GSA), IMS Forum, Small Cell Forum, NGMN и др.

Сфера стандартизации 3GPP охватывает сеть радиодоступа, сервисные возможности и общую архитектуру сети, а также опорную сеть и возможности терминалов. Именно так называются соответствующие группы разработки технических спецификаций: Radio Access Network (RAN), Services&Systems Aspects (SA) и Core Network&Terminals (CT). В составе каждой из них трудятся несколько рабочих групп. Например, рабочая группа RAN1 разрабатывает спецификации физического уровня сети радиодоступа, группа SA2 занимается архитектурой сети 3GPP, группа SA3 – безопасностью систем 3GPP и т.д.

При разработке спецификаций 3GPP следует методологии МСЭ-Т. Спецификации первой стадии формулируют требования к тому или иному сервису с точки зрения конечного пользователя. Спецификации второй стадии описывают архитектуру, с помощью которой удовлетворяются сформулированные требования. И, наконец, спецификации третьей стадии детализируют протоколы, с помощью которых реализуется описанная архитектура. Для каждой стадии устанавливаются даты, позже которых не разрешается внесение изменений в спецификации. Набор зафиксированных спецификаций всех стадий представляет собой очередной релиз 3GPP, а дату фиксации третьей стадии называют датой выхода релиза. Так, текущий Release 14 "вышел" в июне 2017 года, предыдущий Release 13 – в марте 2016 (за исключением раздела NB-IoT) и т.д. Концепция стадий и релизов дает возможность рабочим группам 3GPP разрабатывать очередные спецификации, опираясь на неизменное содержание спецификаций предыдущей стадии, а производителям – начинать разработку и выпуск стандартизованного оборудования, отвечающего спецификациям.

В настоящее время в 3GPP ведется работа над спецификациями Release 15, которая началась в июне прошлого года. Завершение запланировано на сентябрь 2018 года. Лейтмотивом этого релиза, безусловно, являются системы связи 5G.

Сервисные требования к системам 5G зафиксированы в спецификации первой стадии TS 22.261 V15.0.0 в марте этого года. Остановимся на наиболее существенных:

- **Network Slicing.** Система 5G должна давать возможность оператору создавать на своей сети индивидуальные сети, удовлетворяющие разноплановые требования клиентов. То есть буквально нарезать свою сеть на части, или слайсы, каждый из которых

может предоставлять функциональность всей сети, включая функции сети радиодоступа и опорной, и при этом удовлетворять индивидуальным требованиям к функциональности, производительности и специфике пользователей слайса. У клиентов оператора могут быть собственные требования к функциональности слайса (то есть к поддержке в нем мобильности, обеспечению безопасности, управлению правилами обслуживания и тарификации и т.д.), к его производительности (то есть к сетевым задержкам, степени доступности и надежности, полосе пропускания и т.д.) и к специфике его пользователей (например, могут быть слайсы для приоритетных или корпоративных пользователей, для роумеров, для пользователей MVNO или систем общественной безопасности и т.д.);

- **разнообразие подходов к управлению мобильностью.** Система 5G должна давать возможность оператору оптимизировать поведение сети с точки зрения управления абонентскими устройствами и группами устройств с разной степенью мобильности: стационарными на протяжении всего жизненного цикла типа датчиков, вмонтированных в инженерные сооружения, или стационарными только в периоды активности, но меняющими местоположение в промежутках между активизациями, в частности, устройствами фиксированного беспроводного доступа, мобильными в ограниченном пространстве, например, на территории предприятия, или полностью мобильными устройствами типа смартфонов;

- **поддержка нескольких технологий доступа.** В системе 5G должны поддерживаться технологии доступа 3GPP, такие как новое радио 5G-NR и все поколения существующего радио LTE, а также технологии доступа не-3GPP, например Wi-Fi или фиксированный ШПД, с обязательным межсетевым взаимодействием между ними. Для оптимизации и повышения эффективности использования ресурсов система 5G должна выбирать наиболее

подходящую для предоставления услуги технологию доступа, в том числе давать возможность одновременной передачи данных через несколько сетей доступа для одного или более сервисов на абонентском устройстве;

- **эффективное использование сетевых ресурсов.** Система 5G должна давать возможность оптимизировать и по возможности минимизировать использование ресурсов плоскостей управления и передачи данных при обслуживании разных типов оконечных устройств. Например, при односторонней передаче данных только с передающих устройств; при передаче данных со стационарных устройств, для которых можно повысить эффективность передачи за счет уменьшения объема сигнальных сообщений; при нерегулярной и редкой передаче небольших объемов данных от устройств Интернета вещей; при потоковой передаче данных на высокой скорости с минимальной сетевой задержкой от устройств удаленного мониторинга; при обслуживании высокоплотных присоединений типа "миллион присоединений на квадратный километр" и т.д.;
- **эффективный путь передачи данных.** Система 5G предназначена для предоставления разнообразных услуг с различными характеристиками производительности, например, со сверхвысокой пропускной способностью и сверхнизкой сетевой задержкой или без таковых, но со сверхвысокой плотностью подключения, а также характеристиками профиля трафика: трафик может быть на основе IP или не на основе IP, иметь лишь кратковременные всплески или требовать постоянно высокую полосу пропускания. Для удовлетворения этих разнородных требований в системе 5G должен поддерживаться выбор наиболее эффективного пути передачи данных между абонентскими устройствами, присоединенными к одной и той же сети, а также между устройствами и серверами сервисной инфраструктуры. При смене положения пользователя или

- сервисного приложения в течение сессии путь передачи данных может меняться, оставаясь при этом оптимальным. Услуга же может предоставляться как изнутри сети оператора связи в модели хостинга услуг, так и извне – внешним сервис-провайдером;
- **эффективная доставка контента.** Услуги видеокоммуникаций, такие как потоковое вещание и виртуальная реальность, а также приложения для облачного хранения пользовательских данных, стали одной из главных причин массового роста мобильного трафика. Кэширование контента в сети оператора связи, выполняемое самим оператором или же сторонним контент-провайдером, может значительно улучшить степень удовлетворенности пользователей, сократить использование ресурсов транспортной сети и эффективно использовать радиоресурсы. В связи с этим система 5G должна обеспечивать эффективную доставку контента из кэша, расположенного в сети оператора как можно ближе к его абонентам, контролируемое оператором кэширование контента на сетевом или даже на абонентском оборудовании, механизмы управления распределением контента между приложениями кэширования, а также методы широковещательной и многоадресной рассылки при доставке контента;
 - **приоритизация трафика и обеспечение качества обслуживания.** В системе 5G должно обеспечиваться приоритетное обслуживание неотложных коммерческих услуг, например, медицинских, а также услуг, предоставляемых в соответствии с нормами местного законодательства. К последним относятся мультимедийные сервисы в чрезвычайных ситуациях, доступ к экстренным службам, оповещения в целях обеспечения общественной безопасности и т.п. Приоритет обслуживания вышеперечисленных сервисов может меняться в масштабе реального времени по мере развития кризиса или стихийного бедствия, поэтому система 5G должна иметь гибкие средства для приоритезации одних услуг по отношению к другим, а также одних потребителей этих услуг над другими. Приоритизация трафика может быть обеспечена путем корректировки использования системных ресурсов и вытеснения трафика с более низким приоритетом. Сеть также должна иметь гибкие средства для обеспечения качества обслуживания, необходимого для той или иной услуги, например, надежной связи с заданной задержкой и пропускной способностью;
 - **различные модели соединения терминалов с сетью.** Система 5G должна поддерживать прямое соединение терминалов с сетью, а также соединение терминалов типа умные часы, датчики

в одежде, умные принтеры и т.д. через ретранслирующий терминал, расположенный поблизости. Между ретранслирующим терминалом и сетью может использоваться доступ 3GPP или не-3GPP (Wi-Fi, ШПД). Между терминалом и ретранслирующим терминалом – радиодоступ 3GPP или также доступ не-3GPP;

- **экспонирование новых сетевых возможностей третьим сторонам через прикладные программные интерфейсы.** Стандартизованная в 3GPP на данный момент функциональность дает возможность операторам экспонировать внешним интернет- или сервис-провайдерам сетевые возможности, например, в части поддерживаемого качества обслуживания. С появлением систем 5G будут доступны новые сетевые возможности, в частности, сетевой слайсинг. Поэтому система 5G должна предоставлять подходящие прикладные программные интерфейсы для того, чтобы доверенная третья сторона могла создавать, модифицировать и удалять "свои" слайсы в сети оператора, осуществлять их мониторинг, а также устанавливать правила выбора слайса терминалами на основе подписки абонентов, возможностей терминалов и сервисов;
- **глубокая осведомленность об условиях (Context Aware Network).** Система 5G должна оптимизировать использование сетевых ресурсов с учетом системной информации, то есть таких факторов, как уровень нагрузки на сеть, тип доступа терминала к сети, тип обслуживающей сотовой (макросотовой или базовой станции малой мощности), текущая скорость передачи данных терминалом, местоположение терминала, характеристики приложений – фоновых и переднего плана, а также ожидаемый объем передачи данных приложениями, информация с датчиков на терминале о направлении и скорости движения, уровне заряда батареи, состоянии дисплея;
- **гибкие услуги широковещательной и многоадресной рассылки.** В системе 5G должна поддерживаться эффективная доставка широковещательного и многоадресного трафика терминалам в ограниченной области (сектор, сотовая группа сотов), а также стационарным и мобильным терминалам в обширной географической области с максимальной спектральной эффективностью и возможностью резервирования от 0 до 100% радиоресурсов одной или нескольких несущих для доставки широковещательного и многоадресного трафика;
- **эффективность энергопотребления.** Энергоэффективность критична для систем 5G, поэтому в сети необходима поддержка механизмов увеличения срока службы батареи и функций энергосбережения

БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ

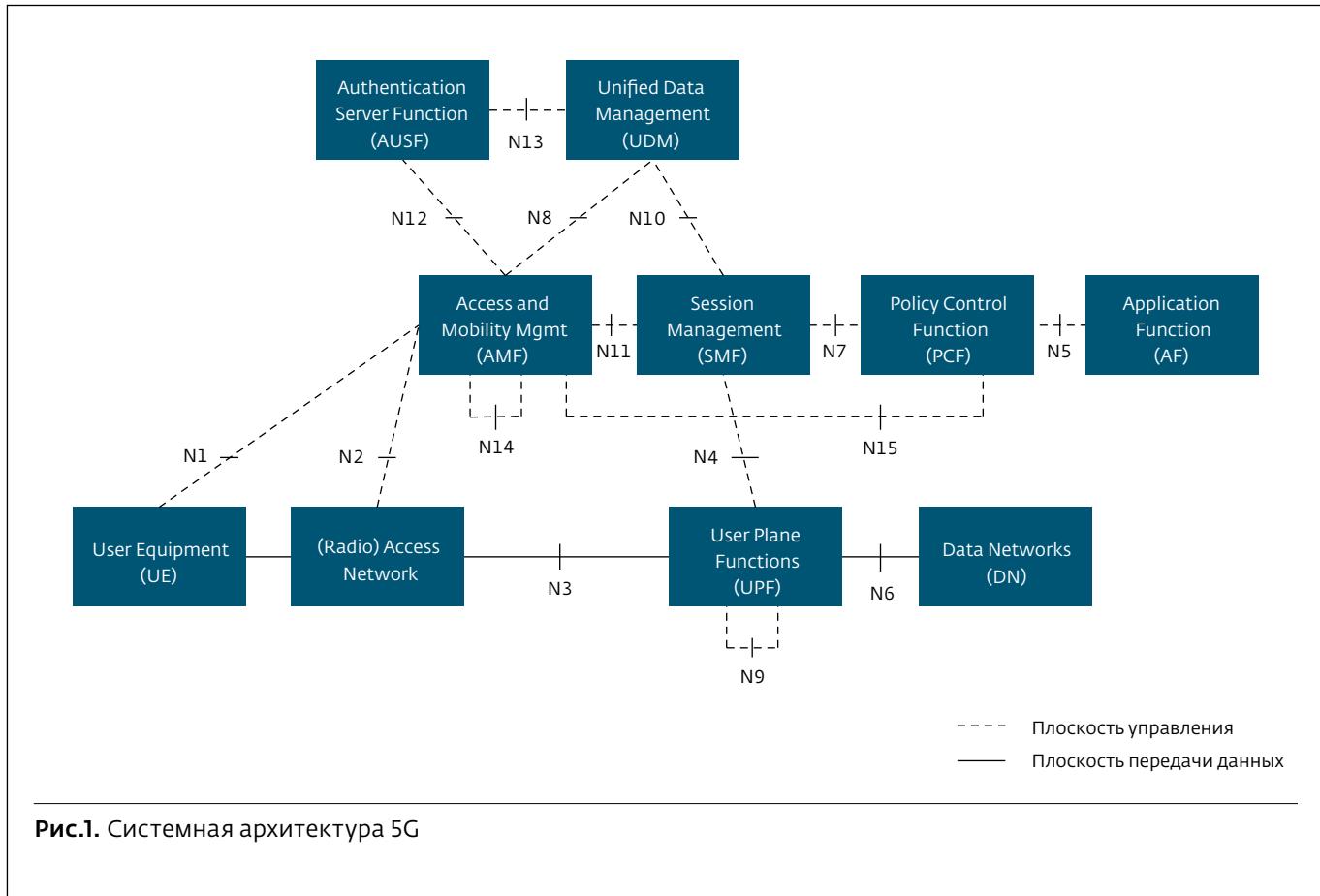


Рис.1. Системная архитектура 5G

с ручной или автоматической активацией и деактивацией этих функций для всех или только для определенной группы терминалов;

- **сверхглубокое радиопокрытие в малонаселенных районах.** Ожидается, что в ближайшем будущем общество будет полностью связанным информационными каналами. Для этого необходима поддержка повсеместного доступа к сети людей и машин через большие расстояния, например, в крайне редко населенных районах или на море. В сети 5G должно обеспечиваться радиопокрытие до 100 км в районах с плотностью населения до двух пользователей на квадратный километр со скоростью передачи 1 Мбит/с и 100 кбит/с в нисходящем и восходящем направлениях соответственно, при этом максимальная сквозная задержка на границе зоны покрытия не должна превышать 400 мс;
- **аспекты eV2X (enhanced Vehicle-to-Everything).** Ожидается, что система 5G будет поддерживать различные сценарии коммуникации транспортных средств друг с другом, с элементами дорожной инфраструктуры, с сетью (серверами приложений) и с пешеходами. В частности, сценарий движения в караване с динамическим формированием

группы автомобилей, путешествующих вместе, и поддержанием минимальной дистанции между ними. Или сценарии полуавтоматического и полностью автоматического вождения, когда требуется более длинная дистанция между автомобилями;

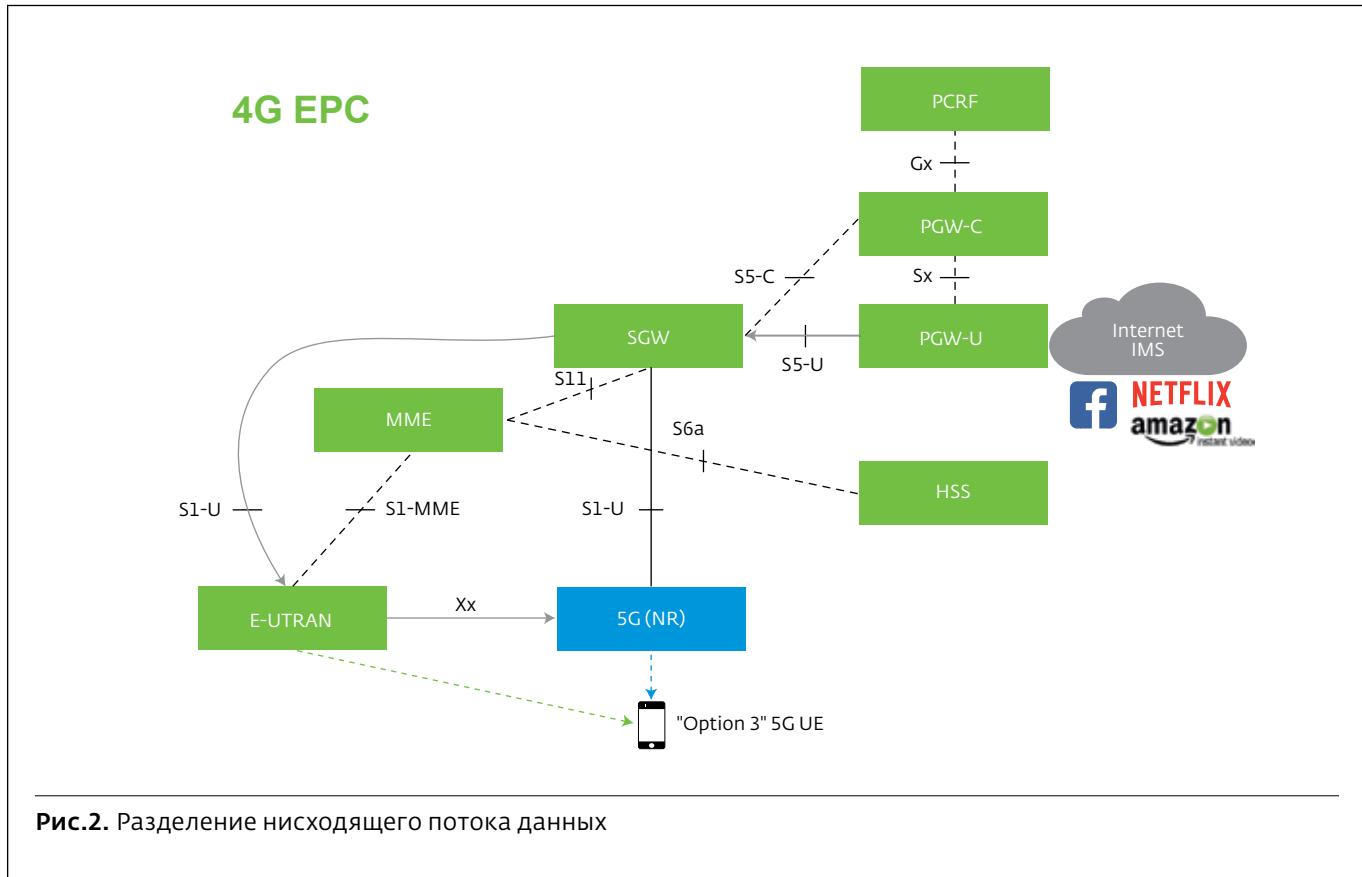
- **присоединение терминалов к нескольким сетям и предоставление сервиса через сети разных операторов.** Системы 5G должны обеспечивать возможность одновременного присоединения терминалов к нескольким сетям и получения услуги от разных операторов. При этом для абонента с подпиской у единственного оператора использование нескольких обслуживающих сетей должно контролироваться его домашним оператором.

Системная архитектура 5G описана в спецификации второй стадии TS 23.501 V1.0.0, которая была принята в июне 2017 года. Она представлена на рис.1.

В системную архитектуру 5G изначально заложен принцип разделения плоскостей управления и передачи данных. В ней больше нет привычных элементов архитектуры 4G EPC, таких MME, SGW, PGW, TDF и др. Отметим ключевые элементы новой архитектуры:

- **Access and Mobility Management Function (AMF).** Выполняет функции регистрации терминалов,

БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ



контроля доступа и управления мобильностью для всех типов доступа, включая Wi-Fi. В отличие от 4G MME, AMF не занимается управлением сессиями – эта функция передана специальному элементу SMF. Узел AMF терминирует сигнализацию от абонентских устройств, присоединенных не только через сети доступа 3GPP, но и через сети не-3GPP, в частности, через Wi-Fi. Он получает правила, связанные с ограничением мобильности, со стороны PCF и транслирует их в сторону терминалов;

- **Session Management Function (SMF).** Управляет сессиями для всех типов доступа, включая Wi-Fi, обрабатывает сообщения сигнализации по управлению сессиями со стороны терминалов, которые транслируются через AMF, а также контролирует узлы UPF – динамически активирует и конфигурирует один или несколько UPF для обслуживания трафика, требуемого для каждой сессии. У абонентского устройства может быть несколько SMF, один для каждого сетевого подключения, например, свой SMF при подключении к каждому сетевому слайсу. Если проводить аналогию с 4G EPC, узел SMF комбинирует функции сетевых элементов плоскости управления

шлюзов SCW-C и PGW-C и функции управления сессиями MME;

- **User Plane Function (UPF).** Это единственный тип сетевого узла плоскости передачи пользовательских данных, он представляет собой обобщенную версию SCW-U, PGW-U и TDF-U архитектуры 4G EPC. Узел UPF выполняет коммутацию пакетов, их инкапсуляцию и декапсуляцию, распознавание трафика приложений, ограничение скорости передачи данных и т.д. – все под управлением SMF. С помощью UPF можно гибко организовывать сервисные цепочки и комбинировать требуемые функции плоскости передачи данных, например, выполнять местную выгрузку трафика к кэшам OTT-видео (Amazon, Netflix, Hulu, HBO и т.д.), установленным в сети оператора;
- **Policy Control Function (PCF).** Предоставляет для SMF правила обслуживания (QoS) и тарификации, а для AMF – правила, связанные с ограничением мобильности, например, для стационарных устройств. Взаимодействует с внешними AF, в частности, с IMS. Имеет практически ту же функциональность, что и 4G PCRF.

Как мы видим, архитектура системы 5G существенно отличается от архитектуры 4G EPC. Что же

БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ

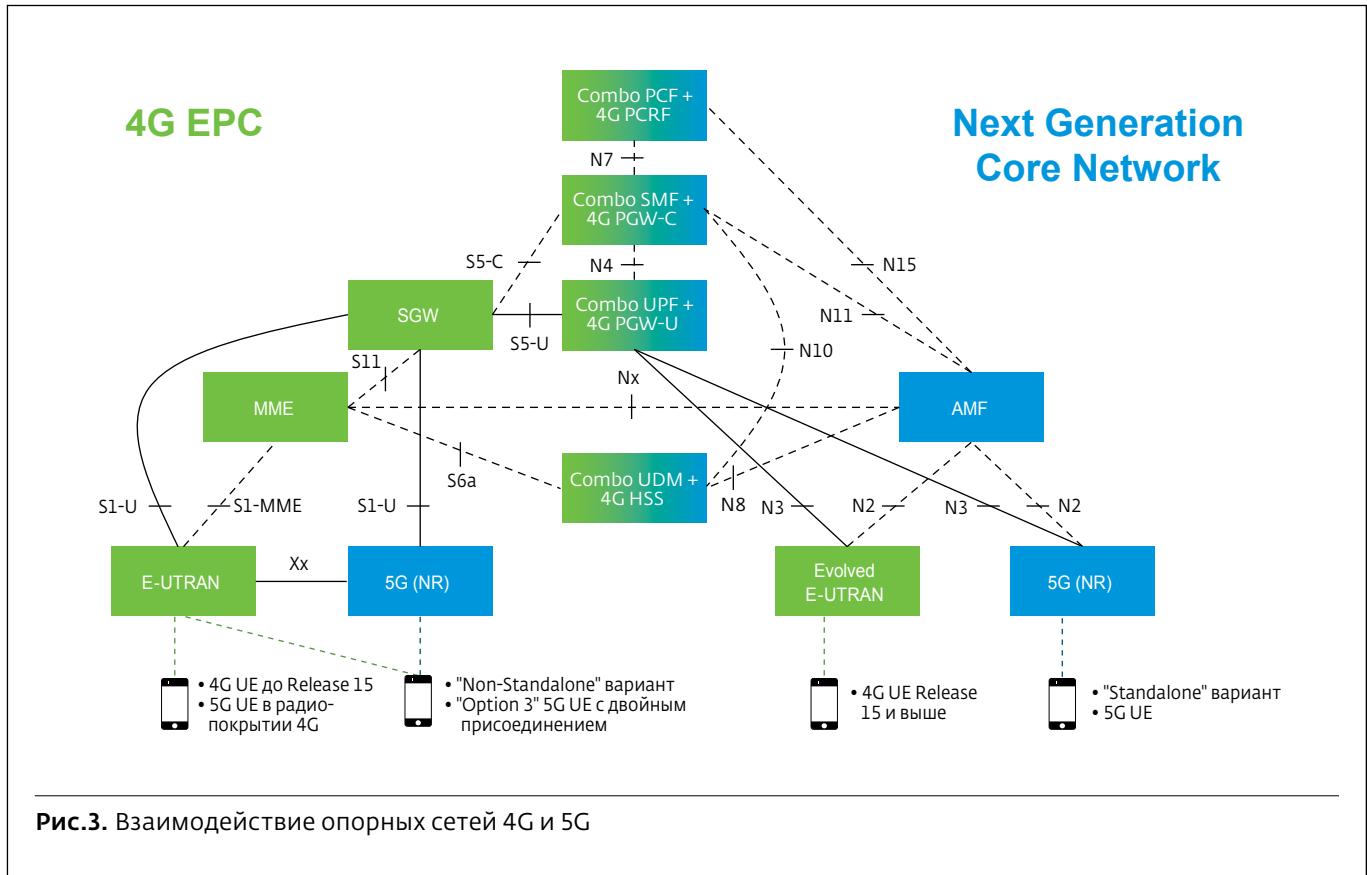


Рис.3. Взаимодействие опорных сетей 4G и 5G

делать операторам? Неужели придется перестраивать свои пакетные опорные сети 4G и полностью заменять оборудование? Нет, опорные сети 4G будут востребованы еще долгие годы, по мнению многих экспертов – не менее десяти лет. Это связано с необходимостью поддержки традиционных, в том числе устаревших, абонентских устройств 2G, 3G и 4G, различных роуминговых сценариев, а также первых реализаций нового радио 5G-NR. В марте 2017 года 3GPP утвердил рабочий план ускорения разработки спецификаций 5G-NR. В соответствии с ним спецификации 5G-NR будут зафиксированы в конце текущего вместо середины 2018 года, как изначально планировалось. Это даст возможность поставщикам начать разработку стандартизованного оборудования 5G на шесть месяцев раньше запланированного срока. Это также означает, что так называемый Non-Standalone вариант реализации 5G-NR совместно с 4G EPC может появиться на рынке уже в 2019 году.

Вариант Non-Standalone означает, что терминалы с его поддержкой будут присоединены к обеим сетям радиодоступа – 4G и 5G-NR – одновременно. Разделение нисходящего потока данных на два может выполняться на базовой станции 4G, как

показано на рис.2 (это так называемая Option 3), на БС 5G-NR (Option 3x) или непосредственно на SGW (Option 3a). В любом случае терминал будет принимать данные через оба радиоинтерфейса.

Даже после того как операторы построят пакетные опорные сети нового поколения на основе системной архитектуры 5G, потребность в опорных сетях 4G не исчезнет по уже упомянутым причинам: поддержка терминалов 2G/3G/4G и роуминговых сценариев. В связи с этим встает вопрос о взаимодействии опорных сетей 4G и 5G и поддержке хэндовера терминалов из одной сети в другую. Ответ на этот вопрос дан в спецификации 3GPP TS 23.501 и представлен на рис.3.

Взаимодействие двух опорных сетей, а именно 4G MME и 5G AMF, и передача контента абонентской сессии при хэндовере осуществляется через интерфейс Nx.

В заключение надо отметить, что 3GPP активно работает над технологиями радиодоступа нового поколения, которые поддерживают более широкий спектр миллиметровых частотных диапазонов от менее 6 до 100 ГГц. Эта работа еще не завершена, поэтому ее результаты не включены в данный обзор.