

Спутниковая связь в будущей инфраструктуре 5G



Александр БАБИН,
заместитель генерального директора
АО «Национальный исследовательский
институт технологий и связи»
по работе с государственными
органами, к. т. н., профессор РАН

Европейские проекты

Европейское космическое агентство (ЕКА) инициировало новый проект «Satellite for 5G», собрав в один консорциум компании спутниковой отрасли для исследований возможности создания спутникового сегмента сети 5G. Члены консорциума (EURESCOM, Fraunhofer Fokus, Fraunhofer IIS, NewTEC, SES, TU Berlin, Universität der Bundeswehr и др.) уже приступили к работам по созданию испытательного комплекса SATis5, который будет помогать внедрять, развертывать и оценивать интегрированную спутниковую сеть стандарта 5G, демонстрируя преимущества спутниковой интеграции с наземной инфраструктурой в целях содействия внедрению новых технологий.

Кроме того, рабочая группа FM44 европейского комитета ECC CEPT приступила к подготовке отчета CEPT «Satellite Solutions for 5G», в котором будет определена роль спутникового сегмента



Валерий ТИХВИНСКИЙ,
заместитель генерального директора
АО «Национальный исследовательский
институт технологий и связи»
по инновационным технологиям, д. э. н.,
академик РАН, профессор МТУСИ

в концепции сети 5G в тех районах, где абоненты не могут обслуживаться без использования спутников.

Новый проект государственно-частного партнерства 5G PPP, названный «SaT5G» («Satellite and Terrestrial Network for 5G»), стартовал в рамках программы ЕС «Горизонт-2020» и находится сейчас на начальной стадии исследований. Концепция SaT5G заключается в разработке экономического решения «подключи и работай» с использованием спутникового сегмента сетей 5G, которое позволит операторам телекоммуникационных сетей ускорить развертывание 5G во всех географических регионах и в то же время создать новые рыночные возможности для заинтересованных сторон отрасли космической связи. В ходе реализации проекта планируется достигнуть максимальных охвата сети 5G и пропускной способности в зонах обслуживания исходя из ключевых целей развертывания сетей 5G путем совместного

Бурное развитие и стандартизация наземной части сетей пятого поколения IMT-2020 (5G), а также ограничения глобального покрытия беспроводными сотовыми сетями при использовании миллиметрового диапазона волн (ММДВ) заставляют разработчиков сетей космических телекоммуникаций обращать внимание на этот потенциальный сегмент рынка мобильной спутниковой связи. Цель настоящей статьи – показать состояние, роль, место и возможности развития спутникового сегмента в будущей инфраструктуре сетей 5G.

использования наземной и спутниковой инфраструктур.

Место и роль спутникового сегмента 5G

Следствием технологических прорывов являются новые потребительские свойства спутниковой связи: значительное снижение стоимости трафика, упрощение терминальных устройств. При этом гарантированная скорость абонентского доступа к информационным интернет-ресурсам сопоставима с возможностями иных наземных систем (волоконно-оптических, беспроводных). В результате формируется значительный спрос на персональные услуги спутниковой связи. Пользователь сможет в будущем без проблем

получать все наиболее востребованные услуги: высокоскоростной доступ в Интернет, IP-телефонию, IP-телевидение и пр.

Мобильные устройства спутникового сегмента 5G будут представлены как носимыми абонентскими терминалами, так и подвижными устройствами, включая блоки станций VSAT, устанавливаемыми на автомобилях, кораблях, самолетах и т. д. В настоящее время возможности носимых абонентских терминалов ограничены использованием полос L- и S-диапазонов, однако научные исследования в целях поддержки абонентских терминалов в более высоких частотных диапазонах ММДВ продолжаются.

Спутниковые сети связи сейчас способны поддерживать передачу данных со скоростью до нескольких гигабит в секунду, которая отвечает требованиям расширенных услуг мобильной широкополосной связи eMBB. Сегодня можно транслировать тысячи каналов с контентом высокой пропускной способности (HD и UHD), и все эти возможности могут быть реализованы для поддержки услуг мобильных сетей будущего поколения 5G.

Спутниковые сети уже используются в качестве транспортных в мобильной связи 2G/3G во многих регионах мира, а высокопроизводительные спутники современного и следующего поколений (HTS) на геостационарных и негеостационарных орбитах смогут поддерживать транспортную инфраструктуру мобильных сетей 4G/LTE и 5G.

Спутниковые системы связи поддерживают технологию управления SCADA и другие глобальные приложения для отслеживания грузов и объектов при массовом применении устройств Интернета вещей. Они могут масштабироваться для поддержки устройств и услуг Интернета вещей в прямом канале управления или в качестве линий обратной связи с устройствами Интернета вещей и M2M (Machine-to-Machine) из удаленных мест, с кораблей и других транспортных средств.

Спутниковые системы связи известны своей надежностью и возможностью обеспечивать требования по задержкам сигналов в сети. Основные пользователи такого рода сетей – международные вещатели, операторы мобильной связи, правительственные органы и коммерческие пользователи, ко-

Концепция применения спутникового сегмента 5G

Концепция применения спутникового сегмента 5G, рассматриваемая сегодня, основана на следующих предположениях:

Спутниковые системы связи известны своей надежностью и возможностью обеспечивать требования по задержкам сигналов в сети.

торым необходимо обеспечивать критически важную и сверхнадежную связь.

Более чувствительные к задержкам приложения могут поддерживаться с помощью новых средне- и низкоорбитальных спутниковых сетей. Использование спутникового сегмента для доступа к услугам сетей стандарта 5G «в любое время и в любом месте» позволяет обеспечить непрерывность и глобальность их предоставления.

Как правило, зоны радиопокрытия наземных сетей радиодоступа имеют фрагментарный характер и соответствуют местам сосредоточения населения с учетом экономической целесообразности строительства базовых станций. В ряде случаев малонаселенные территории остаются не охваченными современными сетями связи. Поэтому на этапе создания сетей 3G (IMT-2000) глобальность предоставления услуг была одним из главных требований к построению сетей 3G, которые предусматривали создание спутникового сегмента 3G. Однако в ходе создания и развития сетей 4G идея глобального покрытия этими сетями даже не рассматривалась – в надежде на развитие конвергентных решений спутниковой и наземной мобильной связи.

- спутниковый сегмент будет интегрироваться с другими сетями мобильной и фиксированной связи – интеграция спутникового и наземного сегмента 5G является ядром этого видения;
- системы космической связи являются фундаментальными компонентами для надежного предоставления услуг 5G не только на территории Европы, но и во всех остальных регионах мира, все время и по доступной цене;
- спутниковый сегмент 5G будет способствовать характеристикам глобальности, увеличению возможностей услуг 5G и решению проблем, связанных с поддержкой роста мультимедийного трафика, повсеместного покрытия, межмашинной связи и критически важных телекоммуникационных миссий при оптимизации стоимости для конечных пользователей;
- космический сегмент может стать частью гибридной сетевой конфигурации, состоящей из широковещательной и широкополосной инфраструктур, управляемых таким образом, чтобы они обеспечивали бесперебойную и немедленную конвергенцию услуг 5G для всех конечных пользователей.

Требования к спутниковому сегменту сети 5G будут определяться прежде всего

совокупностью услуг, поддерживаемых сетями 5G, которые объединены следующими основными бизнес-моделями:

- расширенный мобильный широкополосный доступ (Enhanced mobile broadband – eMBB);
- массовое соединение устройств машинного типа (Massive Machine-Type Communications – mMTC);
- сверхнадежная связь с низким уровнем задержки (uRLLC – ultra-Reliable Low Latency Communications).

сети 5G организует предоставление услуг передачи данных на глобальной территории. Оператор наземной сети заключает роуминговое соглашение с оператором спутниковой сети 5G и с другими операторами наземных сетей. Абонентский терминал использует спутниковую сеть 5G только в случае отсутствия радиопокрытия наземных сетей.

Вариант 2. Глобальная спутниковая сеть вещания 5G. Оператор спутниковой сети 5G организует предоставление услуг

для предоставления ограниченного набора услуг абонентам поврежденных наземных сетей 5G.

Вариант 5. Глобальная совместная спутниковая и наземная сеть 5G. Оператор строит совместную спутниковую и наземную сеть. На территориях совместного радиопокрытия (спутниковой и наземной сетей) организуется оптимальная маршрутизация трафика – в зависимости от требований показателя качества 5G QI и уровня текущей загрузки сетей.

Вариант 6. Глобальная трансграничная спутниковая сеть 5G. Глобальная спутниковая сеть 5G строится на территории различных стран. В соответствии с нормативным регулированием в области связи этих стран абонентский трафик должен терминироваться в той стране, где находится абонент, и на той сети, которая имеет требуемые лицензионные разрешения. Исходя из этого спутниковая сеть стандарта 5G на территории различных стран строится как сеть доступа к соответствующей наземной сети – на нейтральной территории она может использоваться как самостоятельная.

Вариант 7. Глобальная наложенная спутниковая сеть 5G. Глобальная низкоорбитальная сеть спутниковой связи является наложенной сетью наземной сети передачи данных. Топология каналов определяется исходя из минимизации времени доставки пакетов данных. Основная идея заключается в том, что задержка распространения сигнала в воздушном пространстве равна скорости света (299 792 458 м/с), а в оптическом волокне – 2/3 скорости света. Таким образом, длительность времени в 1 мс соответствует: дальности распространения 300 км – в воздушном пространстве; 200 км – в оптическом волокне (без учета кривизны линии связи). При большом расстоянии между источником и получателем сообщения (в несколько тысяч километров) разница во времени доставки может быть существенна и актуальна для ряда приложений в банковской,

Под спутниковыми сетями 5G понимаются сети, в которых сеть радиодоступа NG-RAN построена с использованием спутниковой сети.

Техническими спецификациями 3GPP определено несколько вариантов использования спутниковых сетей 5G. При этом под спутниковыми сетями 5G понимаются сети, в которых сеть радиодоступа NG-RAN (Next Generation Radio Access Network) построена с использованием спутниковой сети.

Основным негативным фактором, вносимым спутниковым сегментом, является увеличение задержки передачи пакетов данных из-за большого расстояния между абонентским устройством и базовой станцией gNB (next-generation base transceiver station или gNodeB).

Варианты использования спутниковых сетей 5G

Техническими спецификациями 3GPP определено несколько вариантов использования спутниковых сетей 5G.

Вариант 1. Глобальная спутниковая сеть 5G и роуминг с операторами наземных мобильных сетей. Оператор спутниковой

широковещательной передачи видео либо другого контента на глобальной территории. Существующие наземные сети мобильной сотовой связи, предоставляющие услуги широко вещания, могут использовать спутниковую сеть 5G для расширения радиоресурса и контента вещания, обеспечения глобальности доступа к контенту.

Вариант 3. Глобальная спутниковая сеть Интернета вещей 5G. Оператор спутниковой сети 5G организует предоставление услуг Интернета вещей на глобальной территории. Космический сегмент спутниковой сети 5G использует низкоорбитальные спутники, чтобы обеспечивать радиовидимость для абонентских устройств с низким энергопотреблением.

Вариант 4. Глобальная спутниковая сеть 5G в кризисных ситуациях. Спутниковая сеть 5G организует предоставление услуг передачи данных на глобальной территории и в кризисных ситуациях (например, в случае стихийного бедствия, войны), когда наземные сети доступа полностью или в большей степени повреждены. Этот вариант используется

биржевой и корпоративной сферах.

Вариант 8. Глобальная спутниковая сеть 5G для абонентских устройств без поддержки спутникового интерфейса. Массовые абонентские устройства не будут поддерживать спутниковый интерфейс. Взаимодействие таких абонентских устройств со спутниковой сетью связи предполагается через промежуточные (релейные) абонентские устройства (Relay UE), поддерживающие спутниковый интерфейс. Эти релейные абонентские устройства могут быть отдельными либо встроенными в корпуса спасательной техники, самолетов, вагонов. При реализации такого сценария должны быть решены вопросы безопасности, тарификации и др.

Вариант 9. Глобальная фиксированная транспортная сеть 5G. Спутниковая сеть используется для организации транспортных каналов Midhaul, Backhaul между стационарными базовыми станциями gNB и опорной сетью 5GC.

Вариант 10. Глобальная мобильная транспортная сеть 5G. Спутниковая сеть используется для организации транспортных каналов Midhaul, Backhaul между подвижными базовыми станциями gNB и опорной сетью 5GC. Подвижные базовые станции могут находиться на судах, поездах и др.

Вариант 11. Глобальная спутниковая сеть 5G с технологией доступа не-3GPP. Спутниковая сеть 5G поддерживает технологии доступа не-3GPP (например, IEEE 802.11 и IEEE 802.16).

Роль спутниковой связи в развитии Интернета вещей

Интернет вещей (IoT) как парадигма развития цифровой экономики – это наше будущее. Собственно говоря, уже сейчас существенную часть трафика занимает межмашинное взаимодействие, и оно продолжает интенсивно расти.

В обозримом будущем Интернет вещей глубоко проникнет во все области жизни, и,

несомненно, в некоторых регионах для обмена машинным трафиком можно будет использовать спутниковую связь. Именно спутниковая связь благодаря географическому охвату и гарантируемой передаче данных станет одной из основных технологий для IoT в таких сферах, как нефте- и газодобыча, авиация, морское судоходство. Компании смогут использовать спутниковую связь для работы широкого спектра IoT-приложений.

Именно спутниковая связь станет одной из основных технологий для IoT в таких сферах, как нефте- и газодобыча, авиация, морское судоходство.

Технологии спутниковой связи позволят дополнить существующие наземные сети, став технологией, более полно обеспечивающей работу IoT-сервисов.

В рамках работ над релизом 16 была опубликована первая версия отчета TR 22.822, в котором предложены бизнес-кейсы спутникового сегмента сети 5G (главным из них является Интернет вещей). Там определены требования к обеспечению трансграничных сценариев соединения, а также основные характеристики спутникового сегмента сети 5G: классы орбит, геометрия зон покрытия и задержки сигнала при распространении, сетевая архитектура спутникового сегмента сети 5G.

Заключение

Спутниковый сегмент сетей 5G становится одним из актуальных направлений развития и стандартизации сетей 5G в период 2020–2025 гг. Ведущие международные организации связи, консорциумы и крупные производители включились в активные исследования возможностей создания спутникового сегмента 5G в частотных диапазонах, которые выделены

спутниковой радиослужбе или будут выделены для сетей 5G на предстоящей ВКР-19, прежде всего в S-, Ka- и V-диапазонах частот.

Ключевыми проблемами развития спутникового сегмента стандарта 5G могут стать совместное использование радиочастотного спектра в полосах частот, выделяемых на первичной основе спутниковому и наземному сегментам 5G, а также межсистемная

электромагнитная совместимость бортового оборудования и земных станций с оборудованием базовых и абонентских станций наземного сегмента 5G. ■

Литература

1. Тихвинский В.О., Коваль В.А., Бочечка Г.С., Бабин А.И. *Сети IoT/M2M: технологии, архитектура и приложения // Медиа Паблишер, 2017.*
2. Тихвинский В.О., Минов А.В., Бочечка Г.С., Бабин А.И. *Развитие архитектуры сетей 5G // Connect. 2017. № 1–2.*
3. Тихвинский В.О., Минов А.В., Бочечка Г.С., Бабин А.И. *Сети 5G: международная стандартизация // Connect. 2017. № 1–2.*
4. Минов А.В., Бабин А.И. *Спутниковая связь для Интернета вещей // Connect. 2017. № 5–6.*
5. Тихвинский В.О. *Сети 5G и IoT – инновационная среда для цифровой экономики России // Электросвязь. 2017. № 8.*
6. Тихвинский В.О., Стрелец М.В. *Перспективы создания спутникового сегмента 5G // Первая мила. 2018. № 1.*