

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ спутникового сегмента 5G

В.Тихвинский, д.э.н., академик РАЕН,
заместитель генерального директора АО НИИТС
по инновационным технологиям,
профессор МТУСИ / vtiiir@mail.ru,

М.Стрелец, к.т.н.,
заместитель руководителя департамента МПО РЭС
ООО "Гейзер-Телеком"

УДК 621.391.82, DOI: 10.22184/2070-8963.2018.70.1.16.25

Бурное развитие и стандартизация наземной части сетей IMT-2020 (5G), а также ограничения для глобального покрытия беспроводными сотовыми сетями при использовании миллиметрового диапазона волн (ММДВ) заставляют разработчиков сетей космических телекоммуникаций обращать внимание и на этот возможный сегмент рынка мобильной спутниковой связи. Цель статьи – показать состояние и возможности создания спутникового сегмента сети 5G для его будущей стандартизации.

ВВЕДЕНИЕ

Летом 2017 года на авиасалоне Ле Бурже в Париже Европейское космическое агентство (ЕКА) инициировало новый проект Satellite for 5G, собрав в один консорциум 16 компаний спутниковой отрасли для исследований возможности создания космического сегмента сети пятого поколения [1]. Члены этого консорциума – EURESCOM, Fraunhofer Fokus, Fraunhofer IIS, NewTEC, SES, TU Berlin, Universität der Bundeswehr – начали работы над созданием испытательного комплекса SATis5, который будет помогать внедрять, развертывать и тестировать спутниковую сеть 5G, демонстрируя преимущества интеграции с наземной инфраструктурой в целях содействия внедрению новых технологий.

Кроме того, Рабочая группа FM44 комитета ECC СЕРТ приступила к подготовке отчета Satellite Solutions for 5G [2], в котором будет определена роль спутникового сегмента в концепции сети 5G в районах, которые не могут обслуживаться другими видами связи. СЕРТ предлагает оценить преимущества спутников для сегмента сети 5G с точки зрения эффективности, емкости и устойчивости. Поскольку администрации СЕРТ рассматривают вопросы реализации сети

5G в перспективе, то исследования ее спутникового сегмента должны помочь в принятии решений относительно будущей роли спутниковых абонентских линий в контексте экосистемы пятого поколения.

КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СПУТНИКОВОГО СЕГМЕНТА 5G

Основные вызовы, преодолеваемые с использованием спутникового сегмента для доступа к услугам сетей 5G "в любое время в любом месте", требуют обеспечения непрерывности и глобальности их предоставления. Использование диапазона ММДВ, ограничивающего зоны покрытия из-за условий распространения радиоволн в нем, создает трудности для непрерывного покрытия обслуживаемых территорий такими сетями. Отсутствие сетей в малонаселенных и ненаселенных регионах из-за экономической нецелесообразности обеспечения сплошного покрытия наземными сетями 5G в сочетании с условиями распространения волн миллиметрового диапазона приводит к необходимости исследований применения спутникового сегмента сети.

На этапе создания сетей 3G (IMT-2000) глобальность предоставления услуг была одним из главных

требований к их построению, которые предусматривали создание спутникового сегмента. Однако в ходе создания и развития сетей 4G идея глобального покрытия ими даже не рассматривалась в надежде на внедрение конвергентных решений спутниковой и наземной мобильной связи.

Концепция применения спутникового сегмента 5G, рассматриваемая сегодня, основана на следующих предпосылках [3]:

- спутниковый сегмент будет интегрироваться с другими сетями мобильной и фиксированной связи, а не будет автономной сетью, и 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 всей Европы, но и во всех регионах мира, все время и по доступной цене;
- спутниковый сегмент 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 сочетания ширококвещательной и широкополосной инфраструктур, управляемых таким образом, чтобы они обеспечивали бесперебойную и немедленную конвергенцию услуг 5G для всех конечных пользователей.

Требования к спутниковому сегменту сети пятого поколения будут определяться прежде всего совокупностью услуг, поддерживаемых сетями 5G, которые объединены тремя основными бизнес-моделями [4]: расширенный мобильный широкополосный доступ (Enhanced mobile broadband – eMBB), массовое соединение устройств машинного типа (Massive Machine-Type Communications – mMTC) и сверхнадежная связь с низким уровнем задержки (uRLLC – ultra-Reliable Low Latency Communications).

Возможности спутниковых сетей поддерживать ключевые сценарии использования 5G определяются из существующих характеристик современных сетей космической связи и тенденций развития спутниковых технологий в будущем:

- **сценарий eMBB.** В этом сценарии спутниковые сети могут поддерживать передачу данных со скоростью до нескольких гигабит в секунду, которая удовлетворяет потребности расширенных услуг

мобильной широкополосной связи. Спутниковые технологии сегодня способны транслировать тысячи каналов с контентом с высокими требованиями к скорости передачи (HD и UHD), и эти возможности по пропускной способности могут быть использованы для поддержки услуг мобильных сетей будущего поколения. Спутниковые каналы уже задействуются в качестве транспортных в сетях мобильной связи 2G/3G во многих регионах мира, а высокопроизводительные космические аппараты (КА) текущего и следующего поколений (HTS) на геостационарных и негеостационарных орбитах могут поддерживать транспортную инфраструктуру мобильных сетей 4G/LTE и 5G в будущем;

- **сценарий mMTC.** Спутниковые системы связи уже поддерживают технологию управления SCADA и другие глобальные приложения для отслеживания грузов и объектов при массовом применении устройств Интернета вещей (IoT). Они могут масштабироваться для поддержки устройств и услуг IoT в прямом канале управления или в качестве линий обратной связи с устройствами Интернета вещей и M2M из удаленных мест, с кораблей и других транспортных средств;
- **сценарий uRLLC.** Спутниковые системы связи известны своей надежностью и возможностью обеспечивать требования по задержкам сигналов в сети. Основные пользователи этих сетей – международные вещатели, операторы мобильной связи, правительственные органы и коммерческие потребители, нуждающиеся в критически важной и сверхнадежной связи. Задержка сигналов при использовании геостационарных КА будет приемлемой для многих приложений сетей 5G. Более чувствительные к задержкам приложения могут поддерживаться с помощью новых средне- и низкоорбитальных спутниковых сетей, которые будут развернуты в будущем.

Четыре главных сценария, рассматриваемые для интеграции спутникового сегмента для сетей 5G (IMT-2020), могут включать [5]:

- транкинговые и головные узловые фидерные линии (Trunking and Head-end Feed);
- транспортные каналы и фидерные линии для башен базовых станций сети (Backhauling and Tower Feed);
- линии связи для мобильных объектов (Communications on the Move);
- гибридные линии для мультисервисных услуг (Hybrid Multiplay).

Таблица 1

Линия связи вверх		Линия связи вниз		Межспутниковая линия связи	
Диапазон, ГГц	Ширина участка, ГГц	Диапазон, ГГц	Ширина участка, ГГц	Диапазон, ГГц	Ширина участка, ГГц
12,75-13,25	0,5	10,7-11,7	1,0	22,55-23,55	1,0
13,75-14,8	1,0	17,7-21,2	3,5	25,25-27,5	2,25
27,5-31,0	3,5	37,5-42,5	5,0	32,3-33,0	0,7
42,5-47,0	4,5	66,0-76,0	10,0	59,0-66,0	7,0
47,2-50,2	3,0	123,0-130,0	7,0	116,0-123,0	7,0
50,4-51,4	1,0	158,5-164,0	5,5	130,0-134,0	4,0
81,0-86,0	5,0	167,0-174,5	7,5	174,5-182,0	7,5
209,0-226,0	17,0	191,8-200,0	8,2	185,0-190,0	5,0
252,0-275,0	23,0	232,0-240,0	8,0		
Суммарная ширина полосы	58,5	Суммарная ширина полосы	55,7	Суммарная ширина полосы	39,5

Эти четыре сценария могут использовать для обеспечения и расширения возможностей наземного сегмента сетей 5G такие преимущества спутниковых сетей, как высокая пропускная способность и глобальный охват.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СПУТНИКОВОГО СЕГМЕНТА 5G

С учетом необходимости применения в наземных сетях 5G при оказании услуг eMBB полос ММДВ для обеспечения скоростей передачи данных до 20 Гбит/с, а также использования в этом случае частотных каналов с шириной полосы каждого от 200 до 1000 МГц, частоты ММДВ, уже использовавшиеся в спутниковых сетях, будут востребованы и в сетях 5G.

Пункт 1.13 повестки дня будущей радиоконференции ВКР-19 предлагает рассмотреть для развития сетей 5G (включая возможные дополнительные распределения подвижной службе на первичной основе) отдельные полосы радиочастот в диапазоне от 24,25 до 86 ГГц.

В таблице 1 показаны основные частотные диапазоны фиксированной и мобильной спутниковой службы в полосе от 10,7 до 275 ГГц, удовлетворяющие требованиям к ширине полосы каналов сетей 5G [6].

Анализ суммарной ширины участков спектра в полосе 12,75–86 ГГц, доступных спутниковым сетям для организации линии вверх, показывает доступность ресурса 18,5 ГГц, а для линии вниз в полосе 10,7–76 ГГц – 19,5 ГГц.

Для оказания услуг массового применения устройств IoT в спутниковом сегменте 5G предложено использовать S-диапазон с шириной частотного канала до 30 МГц [6]:

- линия вверх (от устройства IoT к спутнику): 1980–2010 МГц;
- линия вниз (от КА к устройству IoT): 2170–2200 МГц.

Соединение между спутниковой базовой станцией eNodeB и фидерной линией сети спутниковой связи может осуществляться в одном из диапазонов фиксированной спутниковой службы.

Анализ полос частот, относящихся к наиболее исследованным диапазонам Ka (28 ГГц) и Q/V (37–53 ГГц), показывает ряд их особенностей, которые следует учитывать в решениях для спутникового сегмента 5G.

При планировании использования для рассматриваемых целей Ka-диапазона необходимо учитывать, что:

- это традиционный диапазон, расширяющий возможности спутникового ШПД;

Таблица 2

Параметры	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
Используемые спутниковым сегментом диапазоны частот	Диапазон 1,5 или 2 ГГц для линий DL и UL	Диапазон 20 ГГц для линий DL Диапазон 30 ГГц для линий UL	Диапазон 40 ГГц или 50 ГГц
Метод разделения сигналов	FDD	FDD	FDD
Спутниковая архитектура	Bent-pipe	Bent-pipe, On-Board Processing	Bent-pipe, On-Board Processing
Типовое использование спутникового сегмента в сети 5G	Сеть доступа	Транспортная сеть	Транспортная сеть
Ширина канала (DL + UL)	До 2 x 10 МГц	До 2 x 250 МГц	До 2 x 1000 МГц
Спутниковые орбиты	GEO, LEO	LEO, MEO, GEO	LEO, MEO, GEO
Сценарий использования	100% вне помещений	100% вне помещений	100% вне помещений
Вид мобильности абонентского оборудования	Фиксированный, малоподвижный, мобильный	Фиксированный, малоподвижный, мобильный	Фиксированный, малоподвижный, мобильный

- он не включен в число диапазонов для развития сетей 5G, исследуемых в п. 1.13 повестки дня ВКР-19;
- некоторые национальные администрации связи рассматривают этот диапазон для использования в наземных сетях 5G.

При планировании использования для спутникового сегмента 5G диапазонов Q/V (37–53 ГГц) необходимо учитывать, что:

- V-диапазон пока не используется для спутниковых приложений, в особенности для фидерных линий;
- часть полос Q/V включена в число исследуемых в п. 1.13 повестки дня ВКР-19;
- существует необходимость проведения совместных исследований и рассмотрения потребностей спутникового и наземного сегментов сети 5G.

Таким образом, спутниковый сегмент сети пятого поколения может быть построен как многодиапазонный в формате наземного сегмента 5G с разделением на частотные диапазоны ниже 6 ГГц и выше 6 ГГц.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПАРТНЕРСКОГО ПРОЕКТА 3GPP и 5G PPP

Главный разработчик технических спецификаций на оборудование и инфраструктуру сетей 5G начал исследование возможностей использования

спутникового сегмента 5G при разработке Релиза 14 в рамках отчета 3GPP TR 38 913 [7].

Предложенные 3GPP сценарии развертывания спутникового сегмента 5G определены для предоставления услуг в тех районах, где услуги наземного сегмента сетей 5G недоступны, а также для тех сервисов, которые могут быть более эффективно поддержаны спутниковыми системами, такими, например, как служба вещания. Согласно [7], спутниковый сегмент должен дополнять услуги сетей 5G, особенно на автомобильных, железнодорожных и водных путях и в сельских районах, где наземный сегмент таких услуг недоступен.

Поддерживаемые через спутниковый сегмент услуги 5G не ограничиваются только передачей данных и голосовыми сервисами, а дополняются услугами соединения с устройствами IoT и M2M, вещания и рядом других, толерантных к задержкам сигнала.

К настоящему времени 3GPP предложены три сценария развертывания, представленные в таблице 2.

Указанные в таблице 2 спутниковые орбиты позволяют использовать:

- геостационарные спутники (GEO), расположенные на высоте 35 786 км и способные количеством

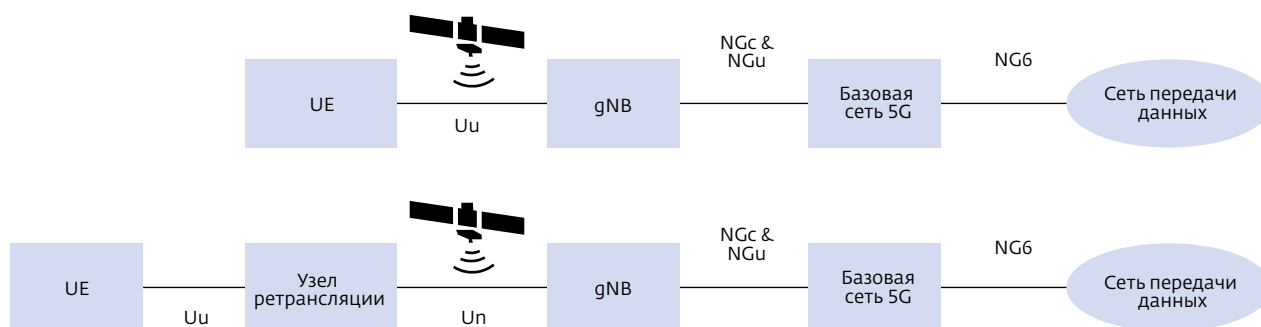


Рис.1. Архитектура спутникового сегмента 5G на основе технологии Bent-pipe

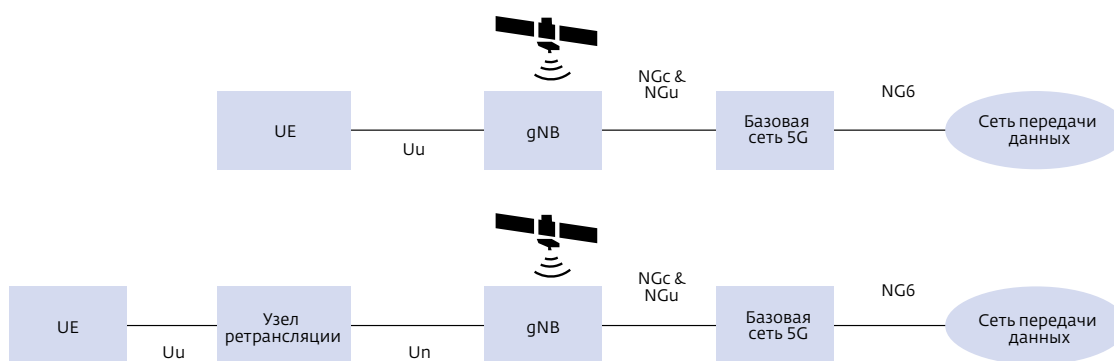


Рис.2. Архитектура спутникового сегмента 5G на основе технологии On-Board Processing

от одного до трех КА обеспечить охват связью поверхности Земли между 70° с. ш. и 70° ю. ш.;

- среднеорбитальные КА (МЕО), расположенные на высоте от 6 тыс. до 10 тыс. км над поверхностью Земли, которые могут обеспечить охват связью земной поверхности количеством от 10 до 12 спутников.
- низкоорбитальные спутники (LEO) с высотой 800–2000 км над поверхностью Земли, которые гарантируют непрерывность покрытия сетью количеством от 50 до 100 КА.

Частотные диапазоны, приведенные в таблице 2, охватывают лишь часть спутниковых диапазонов (таблица 1). Сегодня спутниковые сети развернуты

в более широком частотном спектре, включая диапазоны L (1–2 ГГц), S (2–4 ГГц), C (3,4–6,725 ГГц), Ku (10,7–14,8 ГГц), Ka (17,3–21,2 и 27,0–31,0 ГГц) и Q/V (37,5–43,5; 47,2–50,2; 50,4–51,4 ГГц и выше).

Мобильные устройства спутникового сегмента 5G будут представлены как носимыми терминалами, так и другими подвижными устройствами, устанавливаемыми на автомобилях, кораблях, самолетах и т. д. В настоящее время возможности носимых абонентских терминалов ограничены использованием полос L- и S-диапазонов, но продолжаются исследования для возможности поддержки терминалов в более высоких частотных диапазонах.

Таблица 3

Номер документа	Название документа	Дата представления
D1.1	Руководство проектом	июнь 2017
D1.4	Веб-сайт проекта и описание объединенной платформы	август 2017
D2.2	Бизнес-, эксплуатационные и технические требования для спутникового eMBB	июль 2019
D2.3	Бизнес-моделирование и технико-экономический анализ спутникового eMBB	ноябрь 2019
D3.1	Интегрированная общая сетевая архитектура SaT5G	ноябрь 2019
D3.2	Детальная сетевая архитектура SaT5G	июль 2018
D3.3	Интегральная архитектура услуг End-to-End	июль 2018
D3.4	Спутниковые и 3GPP NextGen эталонные интерфейсы	июль 2018
D4.1	Виртуализация спутниковых компонентов – анализ, дизайн и проверка концепций	август 2019
D4.2	Управление интегрированной сетью – анализ, дизайн и проверка концепций	август 2019
D4.3	Мультиканальная и гетерогенная транспортная сеть – анализ, дизайн и проверка концепций	август 2019
D4.4	Управление спутниковым сегментом 5G/гармонизация плоскости пользователя	август 2019
D4.5	Расширенный механизм безопасности 5G для спутниковых линий	август 2019
D4.6	Кэширование и широко вещание – анализ, дизайн и проверка концепций	август 2019
D5.3	Демонстрация сценариев фиксированной и домашней транспортной сети, включая кэширование и широко вещание	октябрь 2019
D5.4	Демонстрация сценариев мобильного транспорта, включая кэширование и широко вещание	октябрь 2019
D5.5	Оценка гармонизации плоскостей управления и пользователя для 5G	октябрь 2019
D5.6	Результаты и рекомендации от SaT5G: демонстрация и оценки	октябрь 2019
D6.1	Дорожная карта по спутникам в 5G	ноябрь 2019
D6.2	План деятельности по стандартизации	август 2017
D6.3	Отчет о деятельности по стандартизации	ноябрь 2019
D6.4	План распространения итогов проекта	август 2017
D6.5	Отчет о деятельности по распространению	ноябрь 2019
D6.6	Эксплуатационный план	май 2018
D6.7	Отчет об эксплуатационной деятельности	ноябрь 2019

В декабре 2017 года в рамках работ над Релизом 16 3GPP была опубликована первая версия отчета TR 22.822 [8]. В этом отчете предложены бизнес-кейсы спутникового сегмента сети 5G, главным из которых является Интернет вещей, 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.

Спутниковый сегмент сетей 5G включен в интегрированную сеть радиодоступа 5G, предоставляемого через спутниковую инфраструктуру и базовую сеть 5G (Core 5G). Базовая сеть 5G может быть подключена также к другим сетям радиодоступа 4G RAN, помимо спутникового сегмента 5G.

На рис.1 и 2 [8] показана системная архитектура спутникового сегмента 5G, которую планируется строить на основе технологии Bent-pipe (с прозрачными спутниковыми транспондерами-ретрансляторами без обработки информации на борту), где осуществляется только усиление и преобразование сигналов по частоте при сохранении вида модуляции. При использовании в спутниковых транспондерах технологии On-Board Processing на борту осуществляется регенерация, включая модулирование и кодирование сигналов.

Еще один проект частно-государственного партнерства 5G PPP, названный SaT5G (Satellite and Terrestrial Network for 5G), стартовал в рамках программы ЕС "Горизонт-2020" в июне 2017 года и находится в начальной стадии исследований. К его выполнению подключились 16 организаций-партнеров и университетов из 10 европейских стран, включая Израиль. В таблице 3 приведен перечень исследовательских отчетов и проектных документов, планируемых к разработке в ходе проекта SaT5G в течение 30 месяцев (2017–2019 гг.) [10].

Концепция SaT5G заключается в разработке экономичного решения "подключи и работай" с использованием спутникового сегмента 5G, которое позволит операторам телекоммуникационных сетей ускорить развертывание 5G во всех географических регионах и в то же время создать новые и растущие рыночные возможности для заинтересованных сторон отрасли космической связи.

Основные цели SaT5G состоят в следующем:

- привлечение внимания к исследовательской деятельности по спутниковому сегменту для оценки и определения решений, интегрирующих его в архитектуру сети 5G;

- разработка коммерческих предложений для сетевых решений спутникового сегмента 5G;
- определение и разработка ключевых технических направлений для решения выявленных в ходе исследований проблем по спутниковому сегменту;
- подтверждение ключевых технических характеристик спутникового сегмента 5G при испытаниях в лабораторных условиях;
- демонстрация выбранных функций и вариантов использования спутникового сегмента 5G;
- подготовка вкладов для стандартизации в ETSI и 3GPP функций, позволяющих интегрировать решения для спутникового сегмента в сети 5G.

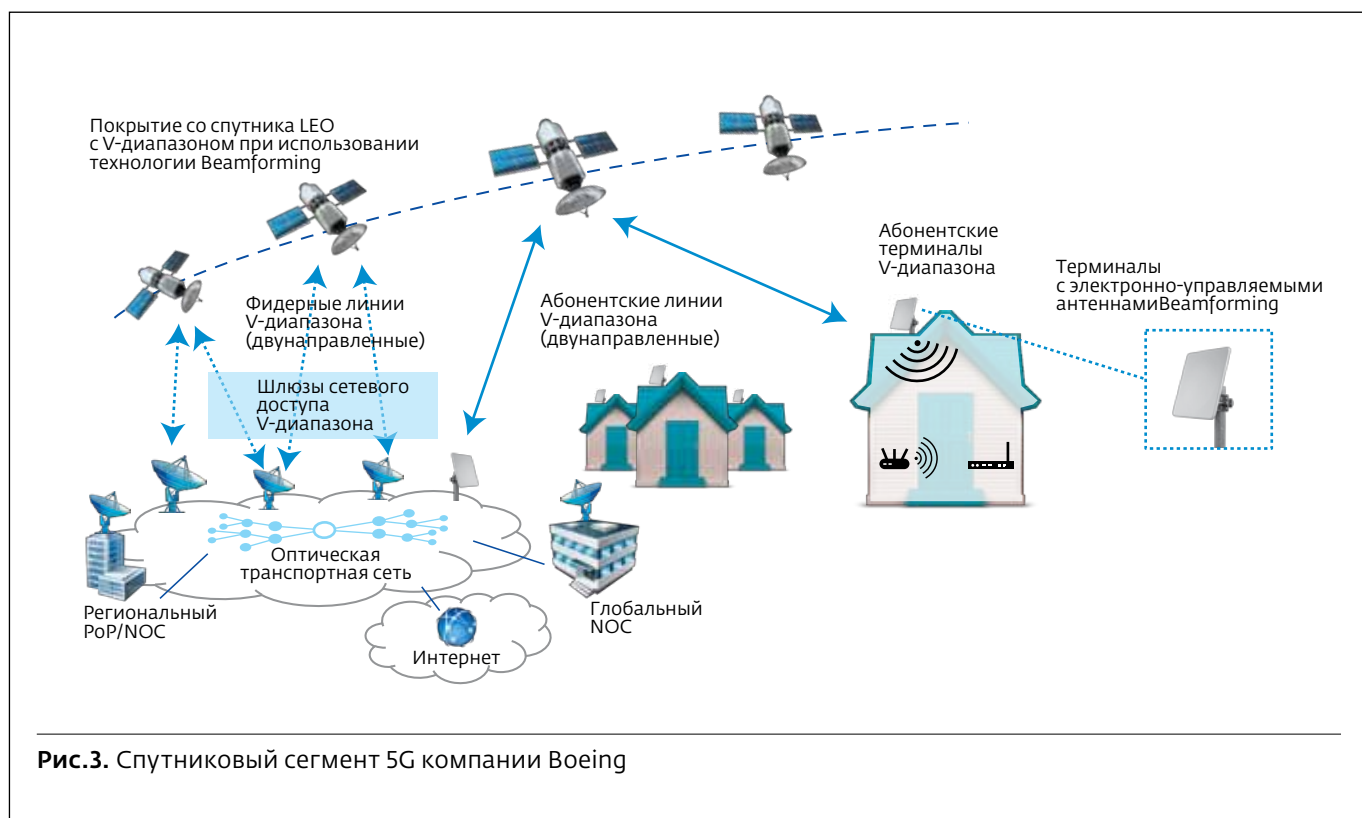
Таким образом, в ходе реализации проекта планируется достигнуть максимального охвата сети 5G и пропускной способности в зонах обслуживания, исходя из ключевых целей развертывания сетей 5G путем совместного использования наземной и спутниковой инфраструктур.

ПРОЕКТЫ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Анализ предложений и технологических проектов ведущих производителей по использованию спутниковых сетей для расширения возможностей сетей 5G показывает, что две компании – Boeing [3] и Samsung [6] – уже сделали попытки презентации своих проектов, пригодных для развертывания спутникового сегмента.

Компания Boeing запросила у Федеральной комиссии по связи США разрешение на реализацию проекта для запуска и работы на негеостационарной спутниковой орбите (NGSO) сети фиксированной спутниковой службы (ФСС), которая может работать на околоземной орбите (LEO) в диапазоне 37,5–42,5 ГГц (космос-Земля) и в полосах частот 47,2–50,2 и 50,4–52,4 ГГц (Земля-космос) в V-диапазоне как система NGSO и обеспечивать решение задач, включая задачи спутникового сегмента 5G.

Система NGSO компании Boeing, показанная на рис.3 и позиционируемая как спутниковый сегмент 5G, предназначена для предоставления широкого спектра современных услуг связи и интернет-услуг 5G для широкой линейки земных станций и абонентских терминалов V-диапазона. Абонентские терминалы данного диапазона включают современные антенные решетки, позволяющие генерировать и принимать широкополосные сигналы для частотных каналов различной ширины, причем более высокая пропускная способность поддерживается терминалами с многоканальными и мультиполяризационными режимами.



Система NGSO компании Boeing будет состоять из совокупности 2956 КА NGSS фиксированной спутниковой службы для обеспечения высокоскоростного доступа с низким уровнем задержки для абонентских терминалов, подключаемых через шлюзы

доступа к сети 5G ("шлюзы") и к связанной с нею наземной волоконно-оптической сети.

Системные шлюзы, как правило, будут расположены за пределами густонаселенных регионов в районах с относительно низким потребительским спросом на услуги 5G. Каждый спутник системы будет формировать лучи, соответствующие диаметрам сот от 8 до 11 км на поверхности Земли в пределах общей площади покрытия КА.

Системные шлюзы NGSO будут работать в том же V-диапазоне, что и земные терминалы. Эти шлюзы будут использовать как частотную, так и поляризационную селекцию сигналов (с режимами LHCP и RHCP). Кроме того, антенные сайты шлюзов доступа могут содержать более одной антенны, тем самым обеспечивая одновременный доступ к множеству спутников NGSO, видимых со шлюза.

На первом этапе развертывания система Boeing NGSO будет состоять из созвездия 1396 спутников LEO, работающих на высоте 1200 км. Первичное созвездие будет состоять из 35 круговых орбитальных плоскостей, работающих с наклоном 45 градусов, и шести дополнительных круговых орбитальных планов, которые работают при наклоне 55 градусов.

Полезная нагрузка системы NGSO будет использовать усовершенствованную пространственно-



временную обработку при формировании луча антенны (beamforming) и цифровую обработку на борту, чтобы генерировать тысячи узкополосных лучей для обеспечения спутникового сегмента сети связи 5G на поверхности Земли (рис.4).

Каждый спутниковый канал в линии вверх или вниз может иметь до пяти каналов связи шириной 1 ГГц при общей полосе пропускания до 5 ГГц в зависимости от мгновенной емкости, необходимой обслуживаемой лучом соте. Любой канал в линии вверх может быть подключен к любому каналу линии вниз в соответствии с используемым алгоритмом связанности.

Расчеты Boeing показывают, что задействование спутниковой сети для каналов фиксированной связи и использование ими спектра совместно с наземной сетью 5G в диапазоне 37,5–40,0 ГГц возможно при следующих условиях:

- применение диапазона 37,5–40,0 ГГц только для приема в линии вниз спутниковой сети ФСС;
- обеспечение совместного использования спектра возможно благодаря высоким углам визирования КА;
- использования методов пространственной селекции beamforming для антенн терминалов спутниковых сетей, так и для оборудования сети 5G для обеспечения высоких скоростей передачи.

Наземный сегмент сети 5G будет защищен от влияния помех со стороны линии вниз спутниковой сети ФСС с помощью ограничений МСЭ на уровне ППМ при обеспечении требований минимального снижения уровня сигнала от сети 5G до 0,2–0,6 дБВт.

Расчеты компании Boeing показывают, что при совместном использовании спектра с увеличением мощности базовой станции количество спутниковых терминалов, подверженных помехам, будет увеличиваться. Поэтому между спутниковыми приемниками земных станций ФСС и передающими устройствами мобильных и базовых станций наземного сегмента сетей 5G должен быть обеспечен уровень ослабления помех со стороны сетей 5G >50 дБ.

Статистическое моделирование и расчетная оценка уровней помех, проведенные Boeing, показали, что эффективная изотропно излучаемая мощность (EIRP) базовых станций в сети 5G должна быть ограничена величиной 62–65 дБм в полосе 100 МГц, чтобы облегчить совместное использование систем ФСС и 5G без ограничения в скорости передачи в сетях 5G.

Таким образом, спутниковый и наземный сегменты 5G могут быть развернуты при выполнении

определенных условий по совместному использованию спектра в V-диапазоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом необходимости обеспечения широкого территориального покрытия больших пространств развитых стран мира сетями 5G и роль этих сетей в будущей инфраструктуре цифровой экономики, спутниковый сегмент 5G становится одним из актуальных вопросов развития и стандартизации сетей пятого поколения на втором этапе развертывания – в период 2020–2025 гг.

Ведущие международные организации связи, консорциумы и производители включились в активные исследования возможности создания спутникового сегмента 5G в частотных диапазонах, которые выделены спутниковой радиослужбе или будут выделены для сетей 5G на предстоящей ВКР-19, прежде всего в диапазонах частот S, Ka и V.

Одной из важнейших проблем будущего развития спутникового сегмента 5G могут стать вопросы совместного использования радиочастотного спектра в полосах частот, выделяемых на первичной основе как спутниковому, так и наземному сегменту 5G, а также межсистемной электромагнитной совместимости бортового оборудования и земных станций с оборудованием базовых и абонентских станций наземного сегмента сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://mediasat.info/2017/06/23/esa-satellite-for-5g/>.
2. Draft report CEPT Satellite Solutions for 5G, 2017.
3. Jonas Eneberg. Satellite Role in 5G. Inmarsat, 2017.
4. Mah Daniel C.H. Role of Satellite in 5G. SAS, Satellite Connectivity Workshop, Nadi, Fiji, 24 April 2017.
5. Evans Barry, Onireti Oluwakayode, Spathopoulos Theodoros, Imran Muhammad Ali. The role of satellites in 5G. 23rd European Signal processing conference (EUSIPCO), 2015.
6. Farooq Khan. Mobile Internet from the Heavens. Samsung Electronics. Richardson, Texas, 2015.
7. 3GPP TR 38 913. Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies (Release 14).
8. 3GPP TR 22.822. Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on using Satellite Access in 5G; Stage 1 (Release 16).
9. Deliverable D5.1. 5G Satellite Communication analysis – intermediate version. Grant agreement No 723247. 2017.
10. <https://5g-ppp.eu/sat5g/>.