

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВОГО СЕГМЕНТА В ИНФРАСТРУКТУРЕ 5G

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7868923>

Шоюсупова Х.Х.

Старший преподаватель ТУИТ имени Мухаммада ал-Харазми

Аннотация.

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 (миллиметровые длины волн) заставляют разработчиков сетей космических телекоммуникаций обращать внимание на этот потенциальный сегмент рынка мобильной спутниковой связи. Статья посвящена состоянию, роли, месту и возможности развития спутникового сегмента в будущей инфраструктуре сетей 5G.

Ключевые слова.

телекоммуникация, 5G, пропускная способность, радиointерфейс, Спектральные аспекты, спутниковая связь, сегменты 5G, Wi-Fi, диапазон частот, радио, сигналы, электросвязь, спектр сигнала, наземные сети, сотовая связь.

Цифровая экономика открывает новые мощные возможности для государства, общества и граждан. Рост покрытия с широкополосным доступом на 10% увеличивает внутренний валовый продукт на 3%, а это новые рабочие места, новые профессии, новые сервисы. 5G это «умные города» с постоянной связью между всеми сферами городской жизни, дистанционные хирургические операции, беспилотные автомобили, IoT и PoT, тактильный интернет [3].

Международный союз электросвязи МСЭ-R определил показатели главных эксплуатационных характеристик мобильной сети, достижение которых позволяет отнести ее к сети 5-го поколения [1]:

- увеличение пропускной способности сети (рост скорости передачи данных в 10-100 раз в расчете на абонента - до 10 Гбит/с (DL) и до 5 Гбит/с (UL);

- обеспечение роста потребляемого трафика в расчете на 1 абонента (рост в 1000 раз) – до 500 Гб на пользователя в месяц;

- увеличение количества подключаемых абонентских устройств в сети в 10-100 раз - до 300 000 на узел и до 1 миллиона устройств на 1 км²;
- уменьшение сквозной задержки передачи данных в сети с 10 мс до 1 мс;
- рост спектральной эффективности радиointерфейса до 3 раз;
- многократное увеличение времени автономной работы абонентских устройств с небольшим энергопотреблением, таких как сенсоры IoT/M2M/D2D – до 10 лет;
- снижение стоимости эксплуатации и энергопотребления сетей 5G/IMT-2020 до 10 раз по сравнению с сетью 4G.

Спектральные аспекты спутникового сегмента 5G

По состоянию на 2019 год 5G предполагается использовать в различных спектрах радиочастот. Однако, в диапазоне до 6 ГГц, в том числе выделенного под Wi-Fi диапазона 5 ГГц, пока существуют серьезные проблемы с наличием свободных частот. Выделение частот для 5G в спектре до 6 ГГц уже согласовано на Всемирной конференции радиосвязи ВКР (WRC-15, World radiocommunication conference) в 2015 году.

Нижний диапазон частот для Европы – это 700 МГц. Благодаря тому, что этот диапазон используется LTE в ряде европейских стран, она может предоставить важные преимущества при запуске сетей 5G.

Средний диапазон частот 5G планируется использовать в разных странах следующим образом:

- Европа 3,4–3,8 ГГц.
- Южная Корея, Австралия 3,4–3,7 ГГц.
- Япония – 3,6–4,2 ГГц, а также 4,4–4,9 ГГц.
- Китай – 3,3–3,6 ГГц и 4,8–5 ГГц.

Высокочастотный миллиметровый диапазон:

- В Европе начато использование 5G в полосе частот 24,25–27,5 ГГц. (31,8–33,4 ГГц и 40,5–43,5 ГГц).
- В Китае проводят тесты совместимости для диапазонов 26 ГГц и 40 ГГц.
- Япония исследует перспективность диапазона 28 ГГц.
- Корея для тестов 5G выделила диапазон 26,5–29,5 ГГц.

С учетом необходимости применения в наземных сетях 5G при оказании услуг eMBB полос миллиметровые длины волн 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,

уже использовавшиеся в спутниковых сетях, будут востребованными и в сетях 5G.

Пункт 1.13 повестки дня 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 [5]:

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

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

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;
- 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 проведение 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.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Концепция создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации (Проект). <https://digital.gov.ru/uploaded/files/proekt-kontseptsii-sozdaniya-i-razvitiya-setej-5g-imt-2020-v-rossijskoj-federatsii.pdf>
2. <http://mediasat.info/2017/06/23/esa-satellite-for-5g/>.
3. Draft report CEPT Satellite Solutions for 5G, 2017.
4. Р.Р. Ибраимов, Д.А. Давронбеков, Ш.У. Пулатов, А.П. Хатамов. Спутниковые системы связи и приложения. Т.: «Alokachi», 2018. 365 с.
5. Jonas Eneberg. Satellite Role in 5G. Inmarsat, 2017.

6. Pulatov Sh.U., Fayzullaev N.X., “Connecting base stations of cellular communication via satellite”, International scientific-practical conference “Actual problems of space technologies and satellite communications”, November 2021, Tashkent, Uzbekistan, pp. 273-277.