

ПЕРСПЕКТИВЫ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА для 5G в России

В.Тихвинский, заместитель генерального директора ООО "АйКомИнвест", д.э.н., проф.
Г.Бочечка, руководитель управления ООО "АйКомИнвест", к.т.н.

Постоянно растущий объем трафика данных, передаваемых по сетям мобильной связи, требует разработки нового поколения мобильной связи 5G. Ограниченность участков спектра, предназначенных для развития мобильной связи, требует освоения новых частотных диапазонов в области свыше 27,5 ГГц – миллиметрового диапазона волн. В статье оцениваются перспективы использования этих диапазонов в России для сетей 5G, текущая загрузка этих диапазонов различными службами, а также прогноз стоимости их конверсии и высвобождения.

ВВЕДЕНИЕ

Технологии мобильной связи 5G, появление которых на рынке ожидается к 2020 году, должны значительно улучшить качество обслуживания пользователей в условиях лавинообразно растущего объема передаваемых данных в мобильных сетях, а также роста количества беспроводных устройств и разнообразия предоставляемых услуг [1, 2].

Планируется, что оборудование на основе технологий 5G будет обеспечивать передачу данных со скоростью более 10 Гбит/с в сетях мобильного беспроводного доступа. Внедрение 5G предполагает повышение на порядок эффективности использования радиочастотного спектра по сравнению с сетями 4G (Long Term Evolution Advanced). Ввиду возникновения потребностей в частотном ресурсе, превосходящем 500 МГц для формирования одного канала 5G, единственным вариантом станет освоение для мобильной связи диапазонов существенно выше 6 ГГц, включая диапазон миллиметровых волн. Эти вопросы первостепенны для будущих всемирных конференций радиосвязи WCR-15 и WCR-18.

Учитывая особенности использования в России радиочастотного спектра в полосе частот 27,5–95 ГГц, для внедрения технологий 5G потребуются высвобождение и конверсия спектра, а также изменение регуляторной и нормативно-правовой базы отрасли.

КРИТЕРИИ ПОИСКА ЧАСТОТНОГО РЕСУРСА ДЛЯ 5G

Для того чтобы определить приемлемость и применимость диапазонов частот 5,925–40,5 и 40,5–95 ГГц для будущего развития 5G, были исследованы свойства и возможности этих диапазонов частот, а также критерии поиска новых частотных диапазонов на основе функциональных требований к 5G [3].

В рамках Европейской программы 5G (METIS) приняты следующие критерии выбора подходящих частотных диапазонов [4]:

- используются полосы, распределенные на первичной основе для радиослужб категорий "подвижная/фиксированная" или совместно используемые на первичной основе (в том числе полосы для транспортных сетей мобильного бэкхола);

- непрерывный спектр шириной не менее 500 МГц в полосе ниже 40,5 ГГц и не менее 1 ГГц в полосе выше 40,5 ГГц рассматривается как минимальное требование. На первом этапе развития 5G не предполагается агрегация несущих, т.е. полоса частот должна быть непрерывной. Однако, если поиск такой полосы не приведет к положительным результатам, то на втором этапе исследований будут рассматриваться сценарии простой агрегации, которые объединяют небольшое количество несмежных участков спектра. Диапазоны, в которых из-за их ширины может быть развернута только одна сеть, не должны быть исключены из рассмотрения на начальном этапе исследований, т.к. размещение нескольких параллельно работающих сетей 5G в одной полосе частот не является обязательным условием;
- рассмотрение полос для 5G должно проводиться как для парных, так и непарных участков спектра (т.е. сети TDD и FDD);
- наличие готовой нормативной базы для частотных полос, выбранных для развития 5G, рассматривается как дополнительное преимущество.

Рассмотрим распределение полос радиочастотного спектра для развития 5G и реальные возможности их использования. Перспективные диапазоны частот будут рассмотрены более подробно.

Полосы для внедрения технологий 5G

Исходя из принятых критериев, особое внимание необходимо уделить миллиметровому диапазону волн, т.к. сейчас в этом диапазоне можно найти полосы частот шириной от 500 МГц до 1 ГГц.

Результаты анализа диапазона частот 27,5–40,5 ГГц согласно Европейской таблице распределения полос частот и оценка приоритетов полос частот для будущего развития мобильных сетей 5G на основе критериев проекта METIS показаны в табл.1.

В полосе 27,5–40,5 ГГц четыре полосы частот закреплены за подвижной или фиксированной радиослужбами, наиболее близкими по сценариям использования к 5G. Оценка их загрузки радиоэлектронными средствами (РЭС) радиослужб показала, что две из них имеют высокую загрузку радиорелейными линиями или ширину полосы менее 500 МГц, что исключает их из дальнейшего рассмотрения. Высоким приоритетом для дальнейших исследований будет обладать полоса 31,8–33,4 ГГц. Из четырех полос частот нижней части миллиметрового диапазона

Таблица 1. Использование диапазона частот 27,5–40,5 ГГц

Диапазон, ГГц	Ширина доступного участка спектра, ГГц	Приоритет
27,5–29,5	2,0	Средний
31,0–31,3	0,3	Средний
31,8–33,4	1,6	Высокий
36,0–37,0	1,0	Низкий

волн две полосы получили средний приоритет и одна – высокий.

Второй участок миллиметрового диапазона волн, подлежащий анализу в интересах будущего развития 5G, был определен в границах 40,5–95,0 ГГц. Результаты оценки приоритетов дальнейших исследований полос частот показаны в табл.2.

Оценка текущей загрузки полос частот в границах 40,5–95,0 ГГц РЭС радиослужб на основе исследований СЕРТ показала, что две из них – 43,5–45,5 и 50,4–52,6 ГГц – имеют высокую загрузку радиорелейными линиями в Европе. Несмотря на их привлекательную ширину – более 2 ГГц, – они исключены из дальнейшего рассмотрения. Высоким приоритетом для дальнейших исследований будут обладать восемь полос частот, и лишь одна полоса нижней части этого

Таблица 2. Использование диапазона частот 40,5–95,0 ГГц

Диапазон, ГГц	Ширина доступного участка спектра, ГГц	Приоритет
40,5–42,5	2	Средний
42,5–43,5	1	Высокий
43,5–45,5	2	Низкий
45,5–47,0	1,5	Высокий
47,2–50,2	3	Высокий
50,4–52,6	2,2	Средний/низкий
55,78–57,0	1,22	Высокий
57–66	7	Высокий
66–71	5	Высокий
71–76	5	Высокий
81–86	5	Высокий

Таблица 3. Использование диапазонов, планируемых для развития 5G

№	Решение ГКРЧ	Диапазон частот, ГГц	Виды РЭС, использующие диапазон
1	От 25.06.2007 г. №07-21-01-001	27,5–29,5	РЭС фиксированного беспроводного доступа (27,8285–28,4445 ГГц и 28,8365–29,4525 ГГц)
2	От 28.04.2009 г. №09-03-04-2	27,5–29,5	РРЛ прямой видимости
3	От 28.11.2005 г. №05-10-01-001	40,5–43,5	РЭС фиксированного беспроводного доступа
4	От 02.2008 г. №08-23-04-001	40,5–43,5	РЭС фиксированного беспроводного доступа (42,5–43,5 ГГц – полоса совместного использования, требует согласования с МО)
5	От 20.12.2011 г. №11-13-06-1	58,25–63,25	РЭС фиксированного беспроводного доступа
6	От 19.02.2010 г. №10-06-03-2	63,0–64,0	РЭС интеллектуальных систем на транспорте (ITS)
7	От 15.07.2010 г. №10-07-04-1	71,0–76,0 81,0–86,0	РРЛ прямой видимости
8	От 15.07.2010 г. №10-07-04-2	92,0–94,0 94,1–95,0	РРЛ прямой видимости

диапазона – 40,5–42,5 ГГц – получила средний приоритет.

В России уже созданы возможности использования ряда участков миллиметрового диапазона волн для РЭС беспроводного доступа и фиксированной службы, что, безусловно, облегчает задачу их будущего использования для сетей 5G. Результаты оценки нормативной базы решений ГКРЧ, определяющей возможности использования миллиметрового диапазона для различных РЭС, приведены в табл.3. Ряд участков из этих полос используется для РЭС военного назначения, что потребует в будущем проведения их конверсии.

Анализ табл.3 показывает, что за исключением диапазона 31,8–33,4 ГГц, в России регламентировано использование полос высокого приоритета для развития сетей 5G. Необходимо решение ГКРЧ, расширяющее возможности использования диапазона 27,5–95 ГГц для подвижной радиослужбы.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫДЕЛЕНИЯ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ДЛЯ РАЗВИТИЯ 5G В РОССИИ

Анализ реального использования спектра различными радиослужбами в диапазонах, планируемых для развития 5G в полосе 27,5–95 ГГц, показывает, что развитие 5G потребует проведения двух процедур:

- перепланирования диапазона и вывода из него РЭС гражданского назначения;
- перевода полос частот, используемых для военных целей, в гражданскую сферу.

Проведенная оценка загрузки миллиметрового диапазона волн РЭС беспроводного доступа и фиксированной службы (табл.4) показала использование этих полос частот как операторами мобильных сетей связи 2G/3G/4G для транспортных сетей на основе радиорелейных линий (РРЛ), так и операторами сетей беспроводного доступа (СБД). Более 1000 РЭС работают в полосе 27,5–66,0 ГГц на основе индивидуальных лицензий; кроме того, несколько тысяч РРЛ работают в полосе 58,2–86 ГГц на безлицензионной основе.

При оценке экономических затрат на поиск и высвобождение спектра в миллиметровом диапазоне волн, необходимо учитывать следующие затраты на:

- проведение исследований по каждой рассматриваемой полосе частот;
- работы по демонтажу и замене пролетов РРЛ и базовых станций СБД;
- работы по проведению организационно-технических мероприятий в полосах частот, используемых для РЭС военного назначения;
- работы по конверсии, включая переход на новые виды военной техники и перевод РЭС

Таблица 4. Оценка загрузки миллиметрового диапазона волн РЭС беспроводного доступа и фиксированной службы

Полоса частот, ГГц	Количество РЭС фиксированной службы	Количество РЭС других служб
27,5–29,5	312 – СБД	25 – РЭС фиксированной спутниковой службы
31–31,3	20 – РРЛ	Не используется
40,5–42,5	262 – СБД	Не используется
42,5–43,5	84 – СБД	Не используется
57,2–58,2	558 – РРЛ	Не используется
58,2–63,25	Безлицензионный диапазон	Нет сведений
71–76	>10 000 – РРЛ	Нет сведений
81–86	>1000 – РРЛ	Нет сведений

военного назначения в другие диапазоны частот.

Анализ табл.4 показывает, что на высвобождение диапазона 27,5–29,5 ГГц от РЭС сетей беспроводного доступа LMDS (Local Multipoint Distribution Service) может потребоваться от 10 до 50 млн. долл. США, исходя из опыта затрат по выводу из эксплуатации РЭС сетей MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service) в полосе 2,5–2,7 ГГц. Аналогичный уровень затрат может потребоваться при высвобождении полос 40,5–42,5 и 42,5–43,5 ГГц.

При проведении организационно-технических мероприятий, связанных с перепланированием частотных назначений сетей РРЛ в полосе 57,0–66,0 ГГц, затраты составят от 1 до 5 тыс. долл. США на один РРЛ-пролет. С учетом количества работающих в России РРЛ этого диапазона, общие затраты составят 0,5–2,5 млн. долл. США. Такие расходы до проведения конкурса на частоты 5G и выдачи лицензий операторам связи может взять на себя только государственный бюджет. На рисунке показан объем ежегодного финансирования, который выделяется государственным бюджетом России на проведение работ по конверсии и высвобождению спектра для внедрения новых радиотехнологий. Сравнение этих значений с планируемыми затратами на высвобождение участков спектра миллиметрового диапазона показывает, что в ряде диапазонов



потребуется предоставление "чистых полос" на тендер по выдаче лицензий на полосы частот 5G. Возврат государственных инвестиций возможен только после проведения тендера. Конверсия полос частот миллиметрового диапазона от РЭС военного назначения представляет собой отдельную задачу и в этой статье не рассматривается.

Итоги

Будущее внедрение сетей мобильной связи 5G в России может потребовать высвобождения полос частот от РЭС сетей беспроводного доступа и фиксированной связи, в которых сейчас развернуто более 1000 РЭС СБД и более 11 000 РЭС РРЛ различного назначения.

Для проведения работ по высвобождению полос частот миллиметрового диапазона к 2020 году необходимо запланировать ассигнования в государственном бюджете, которые могут достигать 100 млн. долл. США ежегодно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихвинский В.О., Архипкин В.Я. LTE World Summit - 2013: На пути к 5G. – Электросвязь, 2013, №7, с.34–36.
2. Тихвинский В.О., Бочечка Г.С. Концептуальные аспекты создания 5G. – Электросвязь, 2013, №10, с.29–33.
3. Project METIS Deliverable D5.1 Intermediate description of the spectrum needs and usage principles, 31.08.2013.
4. Project METIS Deliverable D2.1 Requirements and general design principles for new air interface, 31.08.2013.