

Хамидов Х., Нуритдинова А.

Частотное планирование для систем ИМТ-2020

Аннотация. Доступность достаточного спектра для применений транзитной передачи мобильного трафика будет иметь решающее значение для передовых и инновационных операций подвижного доступа по мере развития систем 4G, 5G, 6G и последующих систем и роста интенсивности трафика, в то время как емкость традиционных полос фиксированной службы для транзитной передачи будет исчерпываться.

В статье отмечается важность пункта 1.13 повестки дня ВКР-19, касающегося определения спектра для ИМТ-2020/5G. Пункт 1.13 повестки дня ВКР-19 предлагает рассмотреть определение полос частот для будущего развития Международной подвижной электросвязи (ИМТ), включая возможные дополнительные распределения подвижной службе на первичной основе, в отдельных полосах радиочастот в диапазоне от 24,25 GHz до 86 GHz.

Ключевые слова: Международный союз электросвязи, Международная подвижная электросвязь (ИМТ-2020 (5G)), сети ИМТ, частотный ресурс, пункт 1.13 повестки дня ВКР-19.

На протяжении почти трех десятилетий Международный союз электросвязи (МСЭ) ведет работу в области международной подвижной электросвязи (ИМТ). Эта работа представляет собой открытый процесс, в котором принимают участие государства — члены МСЭ (в том числе Республика Узбекистан), национальные и региональные организации по разработке стандартов, производители оборудования, операторы сетей, а также участники научных и отраслевых форумов.

В наши дни системы подвижной широкополосной связи 3G и 4G основаны на стандартах ИМТ, разработанных МСЭ.

Следующим этапом является разработка полных спецификаций для систем 5G под принятым в МСЭ названием ИМТ-2020, предназначенных для поддержки последующих поколений широкополосных соединений и интернета вещей (IoT).

Технологии подвижной связи пятого поколения - ИМТ-2020 способны улучшить инфраструктуру соединений, которая обеспечивает конечным пользователям доступ к высокоскоростным сетям, передает поток информации от миллиардов пользователей и устройств IoT, а также в целом открывает возможности для предоставления множества услуг в различных отраслевых вертикалях [1].

МСЭ-R определил ключевые показатели эксплуатационных характеристик сети, достижение которых позволяет отнести ее к сети пятого поколения:

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

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

- увеличение количества подключаемых абонентских устройств в соте в 10-100 раз - до 300 000 на узел и до 1 миллиона устройств на 1 км²;

- уменьшение стоимости эксплуатации и энергопотребления сетей с 10 до 1 ms;

- 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/ИМТ-2020 до 10 раз по сравнению с сетью 4G.

Для развертывания сетей 5G ввиду повышенных требований к их пропускной способности потребуются более широкая (чем для 4G) полоса спектра и, следовательно, возникнет необходимость в дополнительном спектре. В связи с этим отрасль прилагает усилия к согласованию спектра 5G.

МСЭ-R осуществляет координацию согласования дополнительного спектра на международном уровне для развития систем подвижной связи 5G. Сектор стандартизации МСЭ (МСЭ-T) играет ключевую роль в разработке стандартов технологии и архитектуры проводных элементов систем 5G.

Сегодня уже известны основные диапазоны частот, в которых планируется развитие сетей 5G и которые являются оптимальными для реализации той или иной группы услуг:

- диапазон частот ниже 1 GHz имеет наилучшие характеристики распространения в условиях пригородной и сельской местности, обеспечивает эффективное радиопокрытие больших территорий, а также покрытие в помещениях, но предоставляет лишь минимальный набор услуг 5G;

- диапазон частот 1–6 GHz имеет как хорошие характеристики распространения, так и достаточную ширину диапазонов для организации высокоскоростных каналов с шириной до 100 MHz. Так называемый базовый диапазон для развития сетей 5G, который представляет преимущество в скорости по сравнению с LTE;

- диапазон частот выше 6 GHz предназначен для организации сверхвысокоскоростных каналов связи на небольших расстояниях от базовой станции (около 200 м) за счет использования каналов с шириной спектра до 400 МГц и обеспечения сверхмалых задержек. Но частоты свыше 6 GHz имеют значительное ослабление при распространении.

Эффективное распределение спектра, особенно в полосах миллиметрового диапазона (выше 24 GHz), имеет решающее значение для применений, где требуются высокая скорость, высокая пропускная способность и низкая задержка.

Именно с этой целью и рассматривались полосы радиочастот в диапазоне 24,25–86 GHz в рамках пункта 1.13 повестки дня ВКР-19. Основной целью данного пункта повестки дня ВКР-19 является определение таких полос частот, которые могли бы быть использованы для развертывания сетей стандарта ИМТ-2020. При этом преследуется задача поиска таких полос частот, использование которых может быть гармонизировано среди большого числа государств на региональном или глобальном уровне.

Для выполнения требований по скорости передачи данных, обеспечиваемой (на большей части зоны обслуживания) скорости передачи данных пользователя и удельной пропускной способности (по географическому признаку) считается необходимым применение очень широких каналов, которые наиболее просто реализуются в более высоких диапазонах радиочастот. При переходе к диапазонам выше 24,25 GHz потери на распространение радиоволн необхо-

димом компенсировать увеличением коэффициента усиления антенн на абонентских и базовых станциях, для чего требуется использование адаптивных антенных решеток и оптимизированного под их использование радиоинтерфейса. При этом в диапазоне выше 24,25 GHz длина радиоволны позволяет создавать миниатюрные антенные решетки даже для абонентских терминалов. Важной особенностью диапазона от около 24,25 GHz до около 40 GHz является все еще относительно невысокий уровень потерь на распространение радиоволн со стороны улиц внутрь помещений, т.к. более 80 % трафика уже формируется внутри помещений. Данный фактор особенно заметен в современных солнцезащитных стеклах, используемых в современных домах и зданиях. Потери в таких стеклах резко возрастают с частотой и могут превзойти даже потери в обычных стенах. Именно поэтому нахождение полос частот в данном диапазоне отмечается как очень важное. В диапазоне даже до около 40 GHz уже существуют наработки по антенным решеткам и радиотехнике, которые позволяют реализовать коммерческое оборудование в более короткие сроки. Выше около 40 GHz и особенно выше 50 GHz отмечается существенное увеличение потерь на проникновение внутрь помещений, что делает полосы частот в столь высоких диапазонах частот более пригодными для связи вне помещений или только внутри помещений. Данный эффект слабо компенсируется даже применением адаптивных направленных антенн.

Если говорить об объеме радиочастотного ресурса на одного оператора, то рассматривается постепенное увеличение ширины канала с ростом частоты. Так на радиочастотах ниже 24,25 GHz (фактически ниже 6 GHz) ожидается наличие у оператора каналов порядка 100 MHz, выше 24,25 GHz речь идет уже о 500 MHz или даже 1000 MHz каналах для одного оператора, а в диапазонах частот выше 40 GHz уже желательно искать достаточно широкие полосы частот, обеспечивающие не меньше 1 GHz на одного оператора [2], причем отмечается, что возможно использование разных полос частот разными операторами, но желательно все-таки выделять широкие полосы сразу для нескольких операторов для упрощения и удешевления оборудования. Обобщая вышесказанное можно схематично описать существующие потребности в спектре в виде рисунка 1.

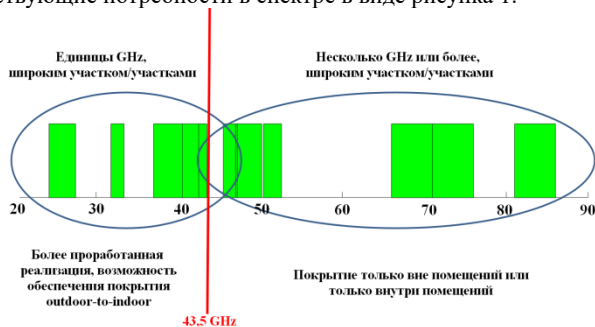


Рис. 1. Прогноз общих потребностей в спектре для систем IMT-2020

При этом следует отметить, что уже сейчас заметен наибольший интерес к диапазонам ниже 43,5 GHz. Тем не менее, пункт 1.13 повестки дня ВКР-19 рассматривает потребности систем IMT-2020 в комплексе. По этой причине рассматривается и перспективное использование диапазонов частот выше 43,5 GHz, в частности для создания систем широкополосной связи внутри помещений с очень высокой пропускной способностью [3].

В ходе исследований по пункту 1.13 повестки дня ВКР-19 была произведена оценка потребностей в спектре для наземного сегмента IMT в диапазоне частот между

24,25 GHz и 86 GHz, в соответствии с Резолюцией 238 (ВКР-15). Наземные системы IMT-2020 будут включать новые технологии, использующие преимущества физических характеристик частот в диапазоне частот от 24,25 до 86 GHz и потенциально доступных полос большой ширины, которые обеспечивают более высокую скорость передачи данных и меньшую задержку. Был рассмотрен ряд подходов; краткий обзор результатов, полученных с помощью подхода, основанного на применении, и подхода, основанного на технических характеристиках, приводится в Таблице 1.

Таблица 1
Потребности в спектре для диапазонов частот между 24,25 и 86 GHz [4]

Используемый подход	Примеры	Соответствующие условия для разных примеров	Общие потребности в спектре (GHz) ¹	Потребности в спектре для каждого диапазона (GHz)
Подход, основанный на применении	1	Перенаселенные зоны, городские зоны с плотной застройкой и обычные городские зоны	18,7	3,3 (диапазон частот 24,25–33,4 GHz) 6,1 (диапазон частот 37–52,6 GHz) 9,3 (диапазон частот 66–86 GHz)
		Городские зоны с плотной застройкой и обычные городские зоны	11,4	2,0 (диапазон частот 24,25–33,4 GHz) 3,7 (диапазон частот 37–52,6 GHz) 5,7 (диапазон частот 66–86 GHz)
	2	Зоны с чрезвычайно большим скоплением людей	3,7	0,67 (диапазон частот 24,25–33,4 GHz) 1,2 (диапазон частот 37–52,6 GHz) 1,9 (диапазон частот 66–86 GHz)
		Зоны с большим скоплением людей	1,8	0,33 (диапазон частот 24,25–33,4 GHz) 0,61 (диапазон частот 37–52,6 GHz) 0,93 (диапазон частот 66–86 GHz)
Подход, основанный на технических характеристиках	1	Скорость передачи данных через интерфейс пользователя составляет 1 Gbit/s при N одновременно обслуживаемых пользователей/устройств на краю соты, например, в помещении	3,33 (N=1), 6,67 (N=2), 13,33 (N=4)	Нет данных
		Скорость передачи данных через интерфейс пользователя составляет 100 Mbit/c при N одновременно обслуживаемых пользователей/устройств	0,67 (N=1), 1,32 (N=2), 2,64 (N=4)	Нет данных

Используемый подход	Примеры	Соответствующие условия для разных примеров	Общие потребности в спектре (GHz) ¹	Потребности в спектре для каждого диапазона (GHz)
	2	устройств на краю соты, для широкой зоны покрытия	0,83–4,17	Нет данных
		eMBB в городской зоне с плотной застройкой		
Подход, основанный на технических характеристиках	3	Передача файла объемом 10 Mbit одним пользователем на краю соты за 1 ms	33,33 GHz (в одном направлении)	Нет данных
		Передача файла объемом 1 Mbit одним пользователем на краю соты за 1 ms	3,33 GHz (в одном направлении)	
		Передача файла объемом 0,1 Mbit одним пользователем на краю соты за 1 ms	333 MHz (в одном направлении)	
Подход, основанный на технических характеристиках	–	Микросота городской зоны плотной застройки	14,8–19,7	5,8–7,7 (диапазон частот 24,25–43,5 GHz)
		Точка доступа в помещении		9–12 (диапазоны частот 24,25–43,5 GHz и 45,5–86 GHz)
Информация от некоторых стран, подготовленная с учетом их национальных потребностей	–	–	7–16	2–6 (диапазон частот 24,25–43,5 GHz) 5–10 (диапазон частот 43,5–86 GHz)

Позиция отрасли как показали проведенные МСЭ-R исследования совместимости пассивных и активных служб, в зависимости от конкретной полосы в диапазоне частот 27,5–45,0 GHz и совместного использования применений активных и пассивных служб может быть достигнуто их сосуществование либо без необходимости соблюдения каких бы то ни было особых условий, либо с использованием методов ослабления помех, таких как минимальные расстояния разноса и углы уклонения. Не исключено также использование адекватного экранирования в качестве эффективного метода ослабления помех для защиты ССИЗ. Ожидается, что со временем Рекомендации и Отчеты МСЭ-R, касающиеся сосуществования применений активных и пассивных служб, будут изменяться, отражая развитие технологий. Таким образом следует считать полезным и жизненно важным обеспечение доступа к диапазону частот 27,5–45,0 GHz для его использования применениями наземной фиксированной и сухопутной подвижной служб при гарантированной защите ССИЗ (пассивной) и необходимых наземных радиоастрономических применений с использованием развивающихся руководящих указаний в виде Рекомендаций и Отчетов МСЭ-R. Это позволит использовать весь диапазон частот, причем некоторые части

без всяких условий, а другие – с соблюдением условий, которые будут определены. Требуется проведение в МСЭ-R дальнейших исследований для анализа возможности использования всех частот выше 27,5 GHz, в том числе соответствующих необходимых условий.

Позиция Администрации связи Республики Узбекистан по пунктам повестки дня Всемирной конференции радиосвязи 2019 года.

АС Узбекистана поддерживает результаты исследований МСЭ-R потребностей в спектре для ИМТ в диапазоне 24,25–86 GHz.

По полосе частот 24,25–27,5 GHz: с учетом результатов исследований МСЭ-R, АС Узбекистана не возражает против распределения полосы частот 24,25–27,5 GHz подвижной, за исключением воздушной подвижной, службы на первичной глобальной основе и идентификации полосы частот 24,25–27,5 GHz для ИМТ в рамках сухопутной подвижной службы при включении в Регламент радиосвязи условий для станций ИМТ, обеспечивающих защиту станций ССИЗ (пассивная) в полосах частот 23,6–24 GHz, 50,2–50,4 GHz и 52,6–54,25 GHz от нежелательных излучений станций ИМТ.

Заключение

МСЭ давно признал ИМТ как заслуженно требующую определения спектра для ее использования. Задача состоит в определении спектра для ИМТ таким образом, чтобы использование ею выделенных полос частот не наносило ущерба росту и развитию других служб радиосвязи.

ВКР - необходимая основа для предоставления услуг 5G. Ключевую роль в успешном развитии 5G играет определение подходящих частот для этого поколения, деятельность, направленная на выполнение Резолюции 238 (ВКР-15) о полосах спектра в диапазоне миллиметровых волн (между 24,25 и 86 GHz) для ИМТ-2020, в рамках подготовки и дальнейшего принятия на ВКР-19 решений по пункту 1.13 повестки дня.

Определение дополнительного спектра для ИМТ между частотами 24,25 и 86 GHz для поддержки сетей 5G и дальнейшего развития широкополосной и подвижной связи в целом - это один из основных пунктов повестки дня, поскольку он направлен на определение спектра 5G в глобальном масштабе для поддержки столь необходимой экономики за счет масштаба и функциональной совместимости систем, что обеспечит возможность глобального роуминга устройств 5G.

Новая технология в миллиметровом диапазоне способна обеспечивать сверхвысокие скорости, большую пропускную способность и низкие задержки. Потенциально применять ее можно на производствах, в транспортной отрасли, здравоохранении, сельском хозяйстве и в других отраслях экономики.

Достижение действенных результатов на ВКР станет необходимой основой для успешного предоставления услуг 5G в будущем и повлияет на развитие 5G во всем мире.

Использованная литература

- [1] Рекомендация МСЭ-R М.2083-0 (09/2015) Концепция ИМТ – Основы и общие задачи будущего развития ИМТ на период до 2020 года и далее
- [2] Управление использованием спектра в интересах развивающихся технологий ITU News No. 5, 2019.
- [3] Стоянов В.Е. Технологии мобильной связи пятого поколения (5G) / В.Е. Стоянов //Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения–9: Новый вектор развития высшего образования и

науки» посвященная дню Первого Президента Республики Казахстан. –2013. –Т.2, ч.2 –С. 50-52.

[4] 2-я сессия Подготовительного собрания к конференции для ВКР-19. «Отчет ПСК по техническим, эксплуатационным и регламентарно-процедурным вопросам, подлежащим рассмотрению Всемирной конференцией радиосвязи 2019 года».

Хамидов Хасан Абдумуталович

Ведущий инженер службы анализа электромагнитной совместимости ГУП «UNICON.UZ»

Тел: +998935973500, Email: harry@mail.ru

Нуритдинова Арофат Боситовна

Ведущий инженер службы анализа электромагнитной совместимости ГУП «UNICON.UZ»

Тел: +998901887047, Email: nuritdinova@unicon.uz

Khamidov H. A, Nuritdinova A. B.

Frequency response for IMT-2020 systems

The availability of sufficient spectrum for mobile traffic transit applications will be critical for advanced and innovative mobile access operations as 4G, 5G, 6G and subsequent systems develop and traffic intensity increases, while the capacity of traditional fixed service bands for transit transmission will be exhausted.

The article notes the importance of WRC-19 agenda item 1.13 on spectrum definition for IMT-2020/5G. WRC-19 agenda Item 1.13 proposes to consider the definition of frequency bands for the future development of International mobile telecommunications (IMT), including possible additional allocations to the mobile service on a primary basis, in selected radio frequency bands in the range from 24.25 GHz to 86 GHz.

Keywords: International Telecommunication Union, International Mobile Telecommunication (IMT-2020 (5G)), IMT Networks, Frequency Resource, Agenda Item 1.13.