



НАЦИОНАЛЬНАЯ РАДИОАССОЦИАЦИЯ

НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НОВЕЙШИХ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ НА ПЕРИОД ДО 2025 ГОДА

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ ЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ

НАЦИОНАЛЬНАЯ РАДИОАССОЦИАЦИЯ



АССОЦИАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НАЦИОНАЛЬНЫМ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ

Россия, 105064, г. Москва,
ул. Казакова, д. 16

тел./факс: +7 (495) 647 – 17 – 57
<http://www.nra.ru>
apnrr-nra@mail.ru

Ассоциация пользователей национальным радиочастотным ресурсом (Национальная радиоассоциация) – некоммерческая общественная организация, создана в 1997 году при поддержке Государственной комиссии по радиочастотам.

Ассоциация объединяет усилия операторов телекоммуникационных систем и производителей радиоэлектронного оборудования для совместного решения проблем использования радиочастотного спектра и внедрения перспективных радиотехнологий.

Основные направления деятельности:

1. Представление интересов членов Ассоциации в федеральных органах законодательной и исполнительной власти, а также в международных частотных органах (Международном союзе электросвязи, Европейской конференции администраций почт и электросвязи и пр.).
2. Участие в разработках проектов нормативно-правовых документов, регламентирующих порядок и процедуры доступа к национальному частотному ресурсу.
3. Организация и проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ, направленных на решение задач совершенствования использования радиочастотного спектра, участие на этой основе в формировании национальной технической политики в области использования радиочастотного спектра.

Ассоциация
пользователей национальным радиочастотным ресурсом
(НАЦИОНАЛЬНАЯ РАДИОАССОЦИАЦИЯ)

**Направления и тенденции развития
новейших радиотехнологий
на период до 2025 года**

**Возможные пути обеспечения
радиотехнологий частотным ресурсом**

Москва
2015

Авторский коллектив: *д.т.н. Бутенко В.В., д.т.н. Веерпалу В.Э., Харитонов Н.И., Дотолев В.Г.,
Поскакухин В.Н., Лашкевич А.В., Береговский В.Г., Мельгунов Д.А.,
к.т.н. Ермилов В.Т., Иванов А.В., к.т.н. Труфанов С.В.,
к.т.н. Ерошов М.Ю., Чижикова А.В.*

В работе проанализированы мировые направления и тенденции развития радиотехнологий на ближайшие десять лет. Определен перечень новых технологий для возможного применения в системах радиосвязи гражданского назначения и профессиональной радиосвязи России, обозначены их потребности в радиочастотном ресурсе.

По результатам исследований предлагаются возможные пути решения прогнозируемых проблем обеспечения технологий радиочастотным ресурсом.

Работа предназначена для специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией телекоммуникационных систем, при решении ими практических задач в области перспективного планирования и использования радиочастотного спектра.

Национальная радиоассоциация

Репродуцирование (воспроизведение) данного издания любым способом без договора с Национальной радиоассоциацией не допускается.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПРОГНОЗ И АНАЛИЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ 4-ГО И 5-ГО ПОКОЛЕНИЙ (СИСТЕМ IMT) И СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА (Wi-Fi, WiGig)

1.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ И СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА	13
1.1.1 Предпосылки роста рынка услуг и появление новых типов услуг	13
1.1.2 Прогноз роста числа терминалов и потребляемого трафика в сетях IMT-2020	17
1.2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ И БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА	18
1.2.1 Технические возможности существующих и перспективных стандартов	18
1.2.2 Развитие стандартов для сетей 5G	21
1.2.3 Технические решения для реализации в стандартах 5G	23
1.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ	23
1.3.1 Вопросы оценки потребностей в спектре ниже 6 ГГц	23
1.3.2 Вопросы оценки потребностей в спектре выше 6 ГГц	28
1.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ СЕТЕЙ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ И СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА	31
1.4.1 Рассмотрение вопросов обеспечения частотным ресурсом ниже 6 ГГц	31
1.4.2 Рассмотрение вопросов обеспечения частотным ресурсом выше 6 ГГц	32

2. ПРОГНОЗ И АНАЛИЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТВ-ВЕЩАНИЯ, ВКЛЮЧАЯ ВОПРОСЫ КОНВЕРГЕНЦИИ С СЕТЯМИ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ IMT

2.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТВ-ВЕЩАНИЯ	33
2.1.1 Цели и задачи развития услуг цифрового телерадиовещания	35
2.1.2 Анализ основных направлений развития цифрового телевизионного вещания	35
2.1.3 Развитие услуг телевизионного вещания в различных средах доставки телевизионных программ	37
2.1.4 Перспективы конвергенции с сетями передачи данных	39
2.2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТВ-ВЕЩАНИЯ	40
2.2.1 Развитие традиционных стандартов линейного эфирного вещания	40
2.2.2 Развитие конвергентных платформ цифрового эфирного вещания	43
2.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ	48
2.3.1 Международные оценки потребности в частотном ресурсе для ТВ-вещания	48
2.3.2 Национальные оценки потребности в частотном ресурсе для ТВ-вещания	54
2.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТВ-ВЕЩАНИЯ	58
2.4.1 Сохранение доступности радиочастотного спектра для текущего и будущего развития систем наземного ТВ-вещания	58
2.4.2 Разработка и обеспечение соблюдения условий совместного использования подвижной службы и наземного телевизионного вещания	59

3.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ	62
3.2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ	70
3.2.1 Анализ узкополосных цифровых стандартов для систем профессиональной радиосвязи	70
3.2.2 Анализ перспективных широкополосных стандартов для систем профессиональной радиосвязи	72
3.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ	76
3.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ	78
3.4.1 Вопросы обеспечения выделенным радиочастотным ресурсом	78
3.4.2 Вопросы использования радиочастотного ресурса в рамках коммерческих сетей LTE	80

3. ПРОГНОЗ И АНАЛИЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ, ВКЛЮЧАЯ ВОПРОСЫ КОНВЕРГЕНЦИИ С СЕТЯМИ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ IMT

4.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ И РЫНКА УСЛУГ M2M	83
4.2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В M2M	85
4.2.1 Анализ использования устройств малого радиуса действия для M2M	85
4.2.2 Анализ использования технологий IMT для M2M (с большой площадью покрытия)	90
4.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ	92
4.3.1 Потребности в частотном ресурсе для устройств малого радиуса действия	92
4.3.2 Потребности в частотном ресурсе для технологий IMT	94
4.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ ТЕХНОЛОГИЙ M2M	95
4.4.1 Обеспечение радиочастотным ресурсом устройств малого радиуса действия	95
4.4.2 Обеспечение радиочастотным ресурсом технологий IMT	96

4. АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ В ИНТЕРЕСАХ M2M, ВКЛЮЧАЯ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ И СИСТЕМ IMT

5.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ	97
5.1.1 Сети радиорелейной связи прямой видимости	98
5.1.2 Сети фиксированного беспроводного радиодоступа	98
5.1.3 Временные сети фиксированной радиосвязи для PPDR и ENG	99
5.1.4 Транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи	99
5.2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ	102
5.2.1 Анализ развития стандартов и технологий в рамках фиксированной службы	102
5.2.2 Возможности по развитию фиксированной радиосвязи в рамках систем IMT	105
5.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ	108
5.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ	111

5. ПРОГНОЗ И АНАЛИЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ СЕТЕЙ ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ИХ ИНТЕГРАЦИЯ С СЕТЯМИ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ 5-ГО ПОКОЛЕНИЯ

6.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ И ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ РАДИОСВЯЗИ (ФСС И ПСС)	114
6.2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ И ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ РАДИОСВЯЗИ	116
6.2.1 Особенности технологии VSAT	116
6.2.2 Нормативные документы систем ФСС	117
6.2.3 Основные направления стандартизации и частотного обеспечения перспективных систем фиксированной и подвижной спутниковой радиосвязи	118
6.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ	119
6.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ СИСТЕМ ФСС И ПСС	121

7.1 СОПОСТАВЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ	124
7.2 КОМПЛЕКСНЫЕ МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОТРЕБНОСТИ В РАДИОЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ	129

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

3GPP	3rd Generation Partnership Project (Проект партнерства в области 3G)
APCO	Association of Public safety Communications Officials-international (Ассоциация официальных представителей служб связи органов общественной безопасности – стандарт транкинговой связи)
BER	Bit Error Rate (частота появления ошибочных битов)
CA	Carrier Aggregation (агрегация частот)
CTCSS	Continuous Tone-Coded Squelch System (система шумоподавления с кодированием длительным тоном или система идентификации сигнала «свой/чужой», предназначенная разделять пользователей)
DMR	Digital Mobile Radio (единый общеевропейский стандарт цифровой радиосвязи, разработанный ETSI)
dPMR	digital Private Mobile Radio (цифровая частная мобильная радиосвязь)
DTMF	Dual Tone Multi Frequency (тоновый набор)
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial – европейский стандарт эфирного наземного цифрового телевидения
DVB-T2	Второе поколение стандарта DVB-T
DVB-T2 Lite	Подмножество стандарта DVB-T2, ориентированное на мобильный приём телевидения
3D TV	Трехмерное (объемное) телевидение
FDD	Frequency Division Duplex (двухчастотный симплекс с дуплексным разнесом)
FDMA	Frequency Division Multiple Access (множественный доступ с разделением по частотам)
FM	Frequency Modulation (частотная модуляция)
FXO	Foreign exchange office (телефонный сигнальный интерфейс в традиционных аналоговых телефонных сетях)
GPS	Global Positioning System (глобальная система определения координат)
GSM	Global System for Mobile Communications (глобальная система подвижной связи – стандарт цифровой сотовой связи)
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway (глобальная система подвижной связи для железных дорог – стандарт цифровой профессиональной связи)
ID	Identifier (уникальный идентификатор)
IDAS	Icom Digital Advanced System (цифровая радиосистема сухопутной подвижной службы производства Icom (Япония))
IMT	International Mobile Telecommunications (международная программа, проводимая под эгидой ITU. В ее основе лежит концепция создания семейства стандартов, которое охватывает сотовую связь, беспроводной доступ и спутниковую связь)
IPTV	Internet Protocol Television (технология цифрового телевидения в сетях передачи данных по протоколу IP)
ISSI	Inter-RF SubSystem Interface (межсистемный интерфейс)
ITU	International Telecommunication Union (Международный союз электросвязи)
LEWP	Law Enforcement Work Party (Рабочая группа по соблюдению законодательства ЕС)
LTE	Long Term Evolution (мобильная технология связи четвертого поколения (4G))
LTE-A	LTE-Advanced (мобильная технология связи четвертого поколения (4G))
LTE Broadcast	Технология, поддержка которой возможна за счет использования технологии eMBMS (Evolved Multimedia Broadcast and Multicast Service)
M2M	Machine-to-Machine (технология объединения удаленных объектов и систем)
MOS	Mean Opinion Score (усредненная оценка разборчивости речи)
PSTC	National Public-Safety Telecommunications Council (Национальный совет по электросвязи для общественной безопасности США)
PMR	Private Mobile Radio (ведомственная система мобильной радиосвязи)
PPDR	Broadband Public Protection and Disaster Relief (радиосвязь для обеспечения общественной безопасности и оказания помощи при бедствиях)
PTT	Push-to-Talk (технология «нажми и говори»)
SINAD	Signal-to-noise and distortion ratio (отношение суммы мощностей сигнала, шума и искажений к сумме мощностей шума и искажений)
TDMA	Time Division Multiple Access (множественный доступ с временным разделением)

АМ	Амплитудная модуляция
АМС	Антенно-мачтовое сооружение
АС	Абонентская станция
АС	Администрация связи (какого-либо государства)
АФУ	Антенно-фидерные устройства
БО	Базовое оборудование
БС	Базовая станция
ВОЛС	Волоконно-оптическая линия связи
ВРНС	Воздушная радионавигационная служба
ВЧ	Диапазон 3–30 МГц
ГГц	Гигагерц
ГКРЧ	Государственная комиссия по радиочастотам
ГРЧЦ	Главный радиочастотный центр
ГТС	Городская телефонная станция
ДМВ	Дециметровые волны
ДНА	Диаграмма направленности антенны
ЕСЭ	Единая сеть электросвязи РФ
КАМ	Квадратурно-амплитудная модуляция
КВ	Короткие волны
МВ	Метровые волны
МВД	Министерство внутренних дел Российской Федерации
МДВР	Множественный доступ с временным разделением каналов
МДЧР	Множественный доступ с частотным разделением каналов
МГц	Мегагерц
МС	Мобильная станция
МСД	Многостанционный доступ
МСЭ	Международный союз электросвязи
МЧС	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
НЦТВ	Наземное цифровое телевизионное вещание
НИР	Научно-исследовательская работа
ОВД	Органы внутренних дел
ОВЧ	Диапазон 30–300 МГц
ОКР	Опытно-конструкторская работа
ОСШ	Отношение сигнал/шум
ОФМ	Относительно-фазовая модуляция
ПД	Передача данных
ПМР	Профессиональная мобильная радиосвязь
ПО	Программное обеспечение
РвС	Радиовещательная служба
РР	Регламент радиосвязи
РРЛ	Радиорелейная линия
РТРС	Российская телевизионная и радиовещательная сеть
РС	Радиостанция
РСС	Региональное содружество в области связи
РЧС	Радиочастотный спектр
РЧЦ	Радиочастотный центр
РЭС	Радиоэлектронное средство
СВЧ	Сверхвысокочастотный
СПР	Сеть подвижной радиосвязи
СПР-ОП	Система подвижной радиосвязи общего пользования

СПС	Сеть подвижной связи
ТВВЧ	Телевидение высокой четкости
ТВУВЧ	Телевидение ультравысокой четкости
ТФОП	Телефонная сеть общего пользования
УАТС	Учрежденческая автоматическая телефонная станция
УВЧ	Диапазон 300 МГц – 3 ГГц
УКВ	Ультракороткие волны
УПР	Устройство преобразования речи
ФАИС	Федеральная автоматизированная информационно-аналитическая система в области использования радиочастотного спектра и средств массовой информации
ФГУП	Федеральное государственное унитарное предприятие
ФЗ	Федеральный закон
ФСО	Федеральная служба охраны России
ЧМ	Частотная модуляция
ЧР	Частотный разнос
ЧС	Чрезвычайная ситуация
ЧТР	Частотно-территориальный разнос
ШБД	Широкополосный беспроводной доступ
ЭИИМ	Эквивалентная изотропно излучаемая мощность
ЭМС	Электромагнитная совместимость

Необходимость целенаправленного исследования тенденций развития новейших радиотехнологий на долгосрочный период определяется многими факторами, наиболее важными среди которых являются выработка соответствующей национальной стратегии развития инфокоммуникаций и ресурсное обеспечение данного процесса. В настоящее время наиболее перспективными для развития инфокоммуникаций являются технологии, использующие радиочастотный ресурс и предоставляющие возможность беспроводного доступа к инфокоммуникационным услугам. Развитие радиотехнологий в последние десять лет проходило ускоренными темпами, что во многом было обеспечено использованием цифровых способов обработки информации, миниатюризацией и удешевлением производства радиооборудования. Все это привело к появлению массовых рынков: рынок сотовой связи стал всеобъемлющим, обеспечивающим потребности подавляющей части общества; высочайшими темпами растет применение устройств, обеспечивающих межмашинное взаимодействие (M2M) и устройств малого радиуса действия, используемых практически во всех технологических процессах; стремительно осуществляется переход на цифровое эфирное и спутниковое телевидение; возросла роль систем радиосвязи в деле обеспечения общественной безопасности, в навигационных и логистических применениях на транспорте, в робототехнике и многих других областях человеческой деятельности.

Миниатюризация и удешевление производства радиооборудования, конвергенция радиотехнологий и информационных технологий способствуют бурному росту совершенно новых применений. В частности, уже демонстрируется радиооборудование, произведенное с использованием стандартного КМОП-техпроцесса

на одном кристалле с вычислительными ядрами. Вместе с увеличением производительности маломощных процессоров это открывает возможности по самому широкому применению радиотехнологий не только для радиосвязи, но даже в целях радиолокации и радионавигации в быту, а также во всевозможных бытовых сенсорах. Помимо этого, появился новый мощный фактор для дальнейшего взрывного роста использования радиотехнологий, связанный с отраслью информационных технологий. В частности, широкое применение облачных технологий требует постоянного подключения многих устройств к Сети. При этом использование проводных технологий для конечных устройств является значительно более дорогим и менее удобным, чем использование радиотехнологий.

Таким образом, развитие радиотехнологий в предстоящее десятилетие пойдет еще более быстрыми темпами, чем ранее. При этом очень важную роль в их развитии будет играть интеграция с информационными технологиями. В частности, развитие сетей подвижной связи и мобильного широкополосного доступа помимо совершенствования радиоинтерфейсов в долгосрочной перспективе видится как интеграция разнородных сетей, объединенных единой системой управления и контроля, которая в свою очередь будет связана с предоставляемыми интернет-сервисами. Вследствие этого, более четко начнут проявляться и процессы конвергенции радиослужб. Причем сети сотовой связи и мобильного широкополосного доступа станут занимать все более широкие ниши использования в силу своего массового и универсального характера.

Однако, несмотря на ускорение темпов развития радиотехнологий, отрасль телекоммуникаций является инфраструктурной отраслью, и изменения в ней не могут проходить

одномоментно, так как требуется разработка, массовый выпуск и массовое развертывание нового оборудования, прежде чем новое поколение радиотехнологий полностью заменит предыдущие. По этой причине в данном аналитическом обзоре рассматривается как дальнейшее развитие уже сложившихся отдельных служб радиосвязи и радиотехнологий, так и перспективы их конвергенции.

В частности, в данном обзоре проанализированы перспективы и тенденции развития таких новейших радиотехнологий, как:

- сети сухопутной подвижной связи 4-го и 5-го поколений (систем IMT) в совокупности с современными системами беспроводного доступа;
- системы цифрового ТВ-вещания;
- системы профессиональной радиосвязи;
- системы радиосвязи в интересах M2M на базе, в том числе, устройств малого радиуса действия;
- системы фиксированной радиосвязи;
- системы фиксированной и подвижной спутниковой радиосвязи.

Для наземных систем радиосвязи рассматривается общая тенденция конвергенции и взаимного проникновения данных применений на базе нового поколения подвижной связи IMT-2020 или 5G, которое должно появиться после 2020 года и дополнить самостоятельно развивающиеся применения наземной радиосвязи. При этом выделено направление радиотехнологий M2M, объединяющее в себе как сети мобильного широкополосного доступа, так и устройства малого радиуса действия, с целью подчеркнуть усиливающуюся важность данных радиотехнологий. Ожидается, что M2M-соединения после 2020 года будут доминировать на сетях электро-связи, в том числе с использованием Интернета, образуя так называемый

«Интернет вещей», причем их число только в России будет измеряться многими миллионами.

Развитие систем наземного телевизионного вещания связано с использованием преимуществ, предоставляемых переходом на цифровые системы вещания. Для 2020 года и позднее будет характерно как повышение качества услуг цифрового телевизионного вещания (передача программ высокой и сверхвысокой четкости, трехмерного телевидения), так и внедрение новых услуг, к которым относятся отложенный просмотр, гибридные сети, нелинейные форматы и мультимедийное вещание. Широковещательная передача «один – многим» позволяет предоставить высокое качество контента при низких затратах на строительство и эксплуатацию, поэтому можно использовать модель неограниченного бесплатного доступа и тем самым обеспечить формирование единого информационного пространства страны.

В России принят перспективный стандарт DVB-T2, обеспечивающий высокие показатели эффективности использования радиоканала. Стабильное развитие сетей этого стандарта в условиях постоянного совершенствования элементной базы

и снижения стоимости оборудования в перспективе до 2025 года позволит создать условия для развития доступных и высокоэффективных систем доставки цифрового контента для домохозяйств и пользователей, не подключенных к проводной сверхширокополосной сети передачи данных. Конвергенция сетей ТВ-вещания с беспроводными системами радиосвязи позволит существенно повысить эффективность использования каналов сетей радиосвязи за счет снижения нагрузки на передачу телевизионных программ и массово распространяемого мультимедийного контента каждому абоненту по отдельности.

Для спутниковых применений также рассматриваются вопросы взаимного дополнения и конвергенции между различными службами спутниковой радиосвязи. При этом в обзоре не рассматриваются не связанные службы радиосвязи, такие как радиолокация, метеорология, научные службы. Несмотря на технологический прогресс в радиотехнологиях для таких применений, спрос на дополнительный частотный ресурс для них невелик и удовлетворяется, в основном, в рамках уже выделенных ранее полос радиочастот за счет обновления оборудования.

В последующих разделах обзора в рамках каждого из вышеназванных применений радиотехнологий в долгосрочной перспективе анализируется заинтересованность и спрос со стороны потенциальных пользователей, проводится анализ развития стандартов, потребностей в радиочастотном ресурсе и даются рекомендации по их удовлетворению в тех или иных полосах частот.

В заключительном разделе проведено обобщение данных потребностей для получения полной картины спроса на радиочастотный ресурс и путей обеспечения данного спроса соответствующими предложениями.

В ходе исследований проводился соответствующий анализ информации, опубликованной секторами радиосвязи и стандартизации МСЭ, Комитетом по электронным средствам связи (ЕСС) СЕРТ (по частотным аспектам), Европейским институтом стандартизации в области связи (ETSI), российскими и иностранными научно-техническими журналами и другими источниками информации (включая Интернет), а также использовались материалы ранее проведенных во ФГУП НИИР научно-исследовательских работ, касающихся вопросов перспектив развития радиотехнологий и их обеспечения радиочастотным ресурсом.

1. ПРОГНОЗ И АНАЛИЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ 4-ГО И 5-ГО ПОКОЛЕНИЙ (СИСТЕМ IMT) И СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА (WI-FI, WIGIG)

1.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ И СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

1.1.1 Предпосылки роста рынка услуг и появление новых типов услуг

Развитие услуг с использованием сетей сухопутной подвижной связи и систем беспроводного доступа в период после 2020 года ассоциируется с переходом к сетям 5G или, в терминах МСЭ-Р, к сетям IMT-2020¹, которые, в свою очередь, помимо новых радиоинтерфейсов объединят в себе и эволюцию сетей 4-го поколения, и ставшие не менее важными для абонентов сети Wi-Fi, а также только зарождающиеся сети WiGig (они же сети Wi-Fi в 60 ГГц). В конечном итоге сети 5G станут не только и не столько новым радиоинтерфейсом, а ознаменуют собой создание единой беспроводной инфраструктуры, которая, используя все возможные радиоинтерфейсы, будет предоставлять самый широкий набор услуг ИКТ. Совокупность существующих и новых услуг приведет к значительному увеличению трафика в сетях сухопутной подвижной связи.

Существует много факторов, которые могли бы оказывать влияние на будущий спрос мобильного трафика, особенно с учетом перспективы появления следующего поколения мобильных систем IMT-2020 и устройств передачи данных с увеличенной скоростью передачи данных. Аналогичное наблюдалось при появлении систем IMT-Advanced, превосходивших теку-

щее поколение IMT-2000. Основными определяющими факторами роста ожидаемого трафика являются:

- Использование видеослужб: использование видеослужб по запросу продолжит свой рост, и значение разрешения в этих видеослужбах тоже будет расти. К 2020 году люди будут иметь возможность смотреть аудиовизуальный контент с ультравысокой четкостью (UHD), независимо от способа передачи контента на устройство. В исследовании Bell Labs, завершеном в 2012 году, оценивается, что к 2016 году на потоковое видео и связь будет приходиться почти 66 процентов всего мобильного трафика.
- Распространенность устройств: прогнозируется, что в 2016 году, примерно один из каждых семи человек (или около 1 млрд) приобретет новые смартфоны. К 2017 году будет отгружено более 1,4 млрд смартфонов и планшетов – они станут наиболее быстро растущей категорией потребительской электроники².
- Использование приложений: темп потребления приложений ускорится. Ежегодный глобальный объем загрузки приложений составлял 102 млрд в 2013 году и вырастет до 270 млрд в 2017 году (139, 180 и 225 млрд в 2014, 2015 и 2016 годах соответственно). Отметим, что большинство приложений используются не более одного раза после загрузки. Приобретение мобильных

приложений и их использование будут способствовать повышению мобильного трафика, и, кроме того, количество регулярных обновлений/модернизаций этих сотен миллиардов приложений также увеличит мобильный трафик.

Вышеупомянутые тенденции будут основополагающими для роста существующего рынка услуг. Однако сети 5G, которые, как ожидается, будут иметь на порядок более высокие возможности по сравнению даже с наиболее передовыми на данный момент сетями LTE-Advanced, откроют возможность появления новых услуг. Данные услуги станут не только продолжением развития сетей связи, но и продолжением развития самой сети Интернет, существующих в ней облачных сервисов и причиной появления новых носимых устройств. Далее приведен лишь небольшой перечень обсуждаемых экспертами³ потенциальных новых услуг, которые могут стать массовыми через 10-15 лет.

Услуги на основе голограмм и мультимедиа с полным эффектом присутствия

В настоящее время в 4G широко используются услуги видеовызова с высоким разрешением (HD) и более высоким качеством звука (VoLTE). Тем не менее у видеозвонков и VoLTE еще есть потенциал для улучшения качества с точки зрения абонента, чтобы приблизиться к эффекту персонального разговора между людьми. Будущие системы 5G достигнут больших успехов в активизации всех чувств

¹ Название IMT-2020 является временным, решение о его сохранении или выборе нового будет приниматься на Ассамблее радиосвязи МСЭ-Р 2015 года

² Global Smartphone Market Analysis and Outlook: Disruption in a Changing Market, www.ccsinsight.com, June 2014.

³ SK Telecom 5G White Paper. SK Telecom, 2014.

человека, особенно зрения, что обеспечит эффект присутствия при общении удаленных пользователей, и это даст полное ощущение того, что собеседник находится рядом.

Таким образом, в сети 5G, где возможна связь со сверхвысокой пропускной способностью, станут общепринятыми изображения ультра-высокой четкости. Так, сигналы 4k-UHD обеспечивают четкость в четыре раза выше, чем у Full HD, а сигналы 8k-UHD обеспечивают 16-кратное увеличение четкости. Со временем ожидается расширение возможностей до 3D-визуализации и предоставления голографических услуг. Для передачи голограмм требуется ширина полосы терабитного уровня, что не под силу даже для пропускной способности сетей 5G. Поэтому вместо голограмм предполагаются голографически подобные услуги, такие как супермногопроекционное стереоскопическое изображение и генерируемые компьютером голограммы.

В случае потоковых услуг высокой четкости получают массовое распространение потоковые услуги передачи многопроекционного UHD-контента в режиме реального времени, отвечающие потребностям просмотра концертов и спортивных мероприятий, когда пользователь сам может выбирать, с какой из множества камер получать изображение, и получать изображение с разных точек зрения.

Полномасштабные услуги виртуальной и дополненной реальности (VR/AR)

Логичным развитием передачи видео с полным эффектом присутствия станут услуги виртуальной и дополненной реальности. Действующие в настоящее время системы реальности, дополненные мобильностью на базе смартфонов, сосредоточились на предоставлении различного контента с дополненным интерфейсом на основе информации, полученной и обработанной видеокамерой высокой четкости, GPS и другими датчиками. Однако сегодняшние услуги во многом ограничены пропускной способностью и задержкой в существующих сетях.



Рис. 1.1. Существующий пример дополненной реальности

Сеть 5G создаст технологическую основу для различных услуг дополненной реальности для применения в повседневной жизни пользователем без ограничений по пропускной способности и в режиме реального времени. Обычные пользователи смогут воспользоваться услугами дополненной реальности, предоставляемыми в любое время, с помощью не только смартфонов, но и различных устройств, включая очки и монтируемые на шлеме дисплеи (HMD). При этом за счет выполнения распознавания ситуации и расположения на мобильном устройстве пользователь будет автоматически получать изображение дополненной реальности, не затрачивая усилий на поиск информации, связанной с реальностью. В случае автомобилей дополненная реальность, проецируемая на лобовое стекло, позволяет водителям получать всестороннюю полезную информацию в зависимости от различных дорожных условий, с помощью камеры и датчиков автомобиля. В области медицины дополненная реальность будет использоваться для выполнения диагностики и хирургического вмешательства на расстоянии с помощью хирургического робота с передачей и расширением информации, необходимой для проведения операции в режиме реального времени, путем анализа изображений, полученных с помощью

камеры и оборудования МРТ с удаленного местоположения.

Уже существующий пример дополненной реальности на базе очков Microsoft HoloLens приведен на рис. 1.1, на котором со стороны показано изображение объемного интерфейса (например смартфона), проецируемое на очки дополненной реальности.

Услуги со сверхнизкой задержкой по времени

Сеть мобильной связи начинает во многих отношениях превосходить проводную сеть на уровне конечного абонента, чему способствует быстрое развитие технологий мобильной связи, включая LTE-Advanced. Ожидается, что с внедрением 5G возникнут услуги, требующие реакции с низкой задержкой по времени, и, следовательно, общая структура сети должна измениться, чтобы свести к минимуму сквозную задержку в сети. Например, различные компоненты будущих сетей, такие как облачные технологии в транспортной сети и радиотехнологии последующего поколения, будут динамично и гибко развертываться и совмещаться в одной сети на основе интеллектуального сквозного анализа и оптимизации сети. Как следствие, сквозная задержка на уровне конечного пользователя будет снижена с существующих нескольких секунд до нескольких миллисекунд.



Рис. 1.2. Пример спасательного робота с дистанционным управлением.

Таким образом, с внедрением 5G можно будет развернуть сетевые услуги, до сих пор реализуемые только в проводной сети, обеспечивающей высокую скорость и надежность. Кроме того, услуги, которые невозможно было реализовать в проводной сети из-за пространственных и ценовых ограничений, появятся вновь, на основе инфраструктуры 5G. Например, станет возможна услуга дистанционного управления спасательным роботом (рис. 1.2), когда роботы будут разворачиваться на опасных строительных площадках, позволяя обеспечить беспроводное дистанционное управление, а также оперативное реагирование на изменения в окружающей среде на основе получения в реальном времени информации и изображений с высоким разрешением. Здесь, как ожидается, станет также возможной связь между устройствами (Device-to-Device, D2D), в которой терминалы, находящиеся поблизости друг от друга (робот и дистанционный контроллер

в данном сценарии), смогут непосредственно общаться между собой, но с организацией связи и аутентификацией под управлением/контролем сети. При этом различные технологии, включая связь D2D, позволят свести к минимуму ненужные промежуточные взаимодействия с сетью или оборудованием с целью сокращения сквозной задержки и обеспечения эффективного использования радиочастотных ресурсов.

Похожим будет сценарий лечения пациентов с помощью роботов в отдаленных местах, куда врачи не могут легко добраться. Станут активно использоваться многие услуги дистанционного управления с низкой задержкой по времени, в том числе услуги телемедицины. Кроме того, замечательно проявит себя связь между устройствами, например, сверхточные заводские системы автоматизации, которые требуют одновременно и высокой надежности, и работы в реальном времени, а также самоуправляемые

автомобили, требующие взаимодействия между датчиками, системами трансмиссии, рулевого управления и торможения.

Услуга «Подключенный автомобиль» является классическим примером услуги, которая сможет воспользоваться низкой задержкой по времени в 5G, для обеспечения автономного вождения автомобиля на основе распознавания образов и связи V2V (автомобиль – автомобиль) / V2I (автомобиль – инфраструктура). Можно также посылать сигналы оповещения о несчастном случае и информацию о состоянии дороги, а также строить интеллектуальную инфраструктуру безопасности перевозок, которая поддерживает связь на небольшом расстоянии между терминалами в случае отказа в сети. Наконец, будут усовершенствованы автомобильные информационно-развлекательные услуги, такие как игры в виртуальной реальности и 3D-игры с использованием облачных технологий.

Услуги «Интернета вещей» (IoT) на основе массового подключения устройств

С развитием 5G, по мере широкого распространения нынешних услуг «Интернета вещей» в масштабах всего общества, появятся услуги IoT, основанные на массовых подключениях, где уже практически все объекты будут связаны. В настоящее время IoT едва ли может распознавать состояния объектов и, таким образом, его использование ограничивается услугами управления логистикой с применением микросхем



Рис. 1.3. Услуги «подключенного автомобиля»

радиочастотной идентификации (RFID) или услугами управления парком автомобилей на основе определения местоположения (автобусы, такси, грузовики и т. д.). В будущей сети 5G, в которой связь с огромным количеством устройств станет реальностью, будут реализованы новые технологии, в том числе: дистанционный мониторинг состояния объектов или окружающей среды в широких масштабах; дистанционное управление объектами или оборудованием; дистанционное слежение за местоположением подвижных объектов; обмен информацией в распределенных системах через беспроводную сеть. Благодаря данным технологическим возможностям ожидается появление новых услуг IoT:

- услуга «подключенного автомобиля», которая обеспечит возможность его автономного вождения и обслуживания, включая автоматическую привязку параметров вождения автомобиля к условиям автострахования и получение дополнительной информации о дорожной ситуации;
- система управления заводом/зданием/объектом, которая позволит автоматизировать процессы экономии электроэнергии, сокращения выбросов углерода и предотвращения утечки опасных материалов;
- услуги «умного» дома, которые позволят людям управлять бытовой техникой или автоматизировать работу по дому с помощью связи между домашними устройствами;
- услуги по контролю окружающей среды и в тех областях, которые связаны с качеством жизни, например, контроль качества воды/воздуха или уровня шума в реальном времени.

С использованием технологии IoT возможно более точное обнаружение и оперативная сигнализация о наступлении события. Это достигается благодаря возможности быстрого сохранения и анализа изображений высокой четкости, основанных на от-

клике в реальном времени через сеть 5G, а также благодаря возможности управления качеством обслуживания (QoS) в отношении трафика видео-контента. Кроме того, если сеть 5G для IoT создается с использованием передовых технологий, в том числе технологий Wi-Fi, то это позволит совместить медиапередачу с большой пропускной способностью и массовое подключение устройств. В результате становится возможным, например, удаленный мониторинг и управление работой десятков и сотен интеллектуальных устройств в доме (телевизор, холодильник, кондиционер и т. д.), а также эффективное обеспечение взаимного соединения сотен или даже тысяч интеллектуальных устройств в перспективе в каждом доме.

Вопрос развития Machine-to-Machine (M2M) сетей (технологической основы IoT) как на базе сетей 5G, так и на базе устройств малого радиуса действия рассмотрен более детально в разделе 4.

Интеллектуальная услуга на основе больших объемов данных

В эпоху 5G на первый план выйдет продвижение технологии обработки больших объемов данных, основанной на широком разнообразии собранной информации, и это приведет к возникновению различных новых интеллектуальных услуг. Предыдущие интеллектуальные услуги в основном использовались в целях предоставления отчетов путем получения небольшого объема структурированных статистических данных малой размерности. Однако технология больших объемов данных, в отношении которой в последние годы наблюдается быстрый рост, развивается таким образом, чтобы анализ прошлой и настоящей информации или прогнозирование будущей информации осуществлялись путем сравнения, анализа и подготовки выводов с использованием неструктурированных данных большой размерности в многомерном пространстве. В настоящее время технология больших объемов данных используется в основном для

повышения эффективности бизнеса, а также эксплуатации и управления сетью, и эта технология под названием «корпоративный интеллект» (business intelligence, BI) и «сетевой интеллект» (network intelligence, NI) быстро развивается.

Технологии BI/NI, подкрепленные техникой анализа больших объемов данных, будут сочетаться в 5G с расширением использования «Интернета вещей» (IoT) и эволюционировать в технологию «сервисного интеллекта» (service intelligence, SI). В эпоху 5G технология SI будет большим подспорьем в открытии таких новых услуг, о которых даже существующие операторы мобильной связи или пользователи еще не знают. Предполагается, что SI может служить в качестве платформы образа жизни, ориентированного на будущее, в котором будет работать принцип «услуга/приложение знает меня лучше, чем я сам». Например, существующие интеллектуальные услуги просто предоставляют информацию о погоде, магазинах, ресторанах и т. д., определяя местоположение пользователя с помощью простой технологии ситуационной осведомленности и GPS в терминале. Технологии SI, основанные на обработке больших объемов данных, будут развиваться таким образом, что не только индивидуальное знание пользователем трехмерной ситуации, но также его общие пристрастия, общественное мнение из социальной сети (SNS) и окружающая информация пользователя из Интернета, и т. д. будут всесторонне анализироваться в режиме реального времени в формате, настроенном в соответствии с конкретными потребностями пользователя и обстоятельствами, с целью обеспечения оптимального обслуживания. Примитивными прообразами таких услуг являются электронные помощники в современных мобильных операционных системах (Siri, Cortana и т. д.).

Сочетание 5G и технологии обработки больших объемов данных выйдет за рамки простого предоставления информации, такого как

навигационные услуги, рекомендации по продуктам и услугам и т. д., делающей повседневную жизнь более удобной и комфортной. Все услуги будут трансформироваться с целью персонализированного обслуживания интеллектуальной деятельности, экономящего время и деньги.

1.1.2 Прогноз роста числа терминалов и потребляемого трафика в сетях IMT-2020

Прогнозирование роста рынка услуг в денежном эквиваленте или в виде роста рынка отдельных услуг для столь долгосрочной перспективы является сложно реализуемой задачей. По этой причине прогнозирование рынка услуг IMT-2020 рассматривается в более простых показателях, а именно в виде числа подключенных устройств и в виде предполагаемых объемов передаваемого трафика.

Соответствующий прогноз на долгосрочную перспективу в настоящее время разрабатывается в МСЭ-R⁴. Помимо роста самого числа устройств, подключаемых к сети Интернет через сети сухопутной подвижной связи, также отмечается важность количественного состава таких устройств. На текущий момент в глобальном масштабе, а также в Российской Федерации, все еще сохраняется большое количество терминалов, не обладающих мультимедийными возможностями, что видно из представленных в таблице 1.1 данных статистики.

Одно из допущений для прогноза трафика в сетях мобильного широкополосного доступа – что число подписок на обычные телефонные

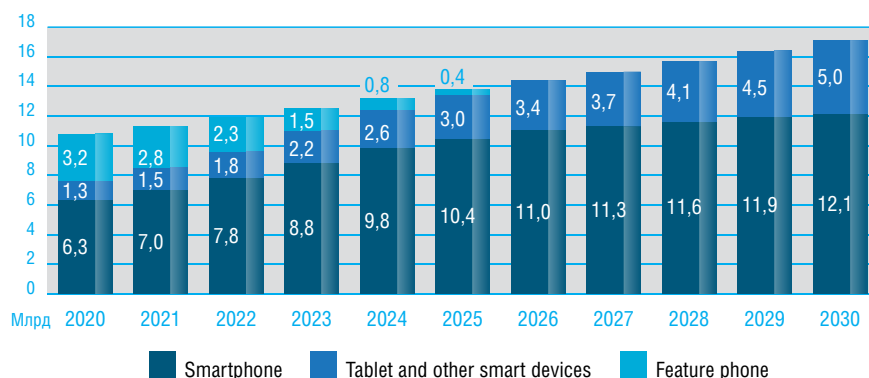


Рис. 1.4. Глобальная оценка подписок на мобильную связь по различным категориям

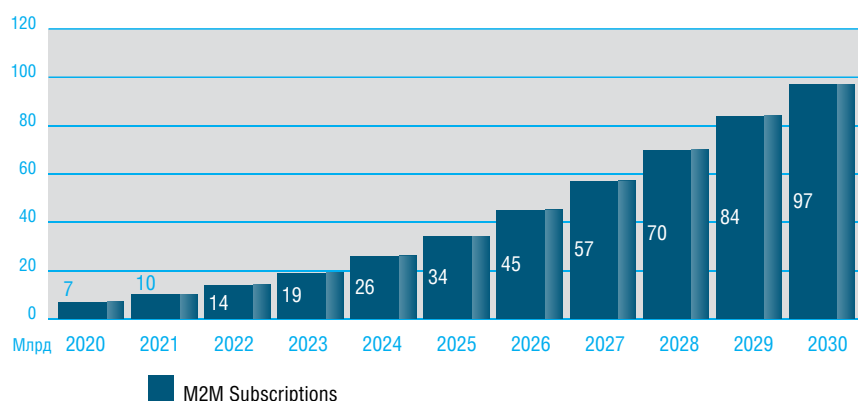


Рис. 1.5. Оценка глобальных подписок на устройства M2M

аппараты будет постепенно снижаться и приблизительно к 2025 году они будут полностью заменены другими видами терминалов. На рис. 1.4 показана глобальная оценка подписок на мобильную связь по различным категориям с 2020 года и далее.

С развитием мобильной связи и технологий производства электронных элементов, лучший пользовательский опыт и более низкая цена устройств ускорят темпы роста проникновения смартфонов и планшетов после 2020 года. Считается, что число глобальных подписок на смартфоны может составить 10 млрд в 2025 году и 12 млрд в 2030 году, и количество глобальных подписок на планшеты и другие

«умные» устройства может составить 3 млрд в 2025 году и 5 млрд в 2030 году, однако после 2020 года число подписок на обычные телефонные аппараты будет быстро уменьшаться.

Рис. 1.4 не показывает рост числа устройств M2M, которые, как правило, имеют другие потребности в трафике по сравнению с терминалами, используемыми абонентами. Тем не менее, ожидается еще более значительный рост числа данных устройств. Один из существующих прогнозов показан на рис. 1.5.

Исходя из рис. 1.5, рынок M2M в период между 2020 и 2030 годом будет расти быстрыми темпами. По приведенным оценкам, количество мобильных подключенных устройств M2M в 2020 году составит 7 млрд, что почти эквивалентно нынешнему количеству населения. К 2030 году это число может достичь 97 млрд, что более чем в десять раз превысит население на то время. Более детально вопросы развития направления M2M описаны в разделе 4.

Табл. 1.1. Данные статистики по типам терминалов в предыдущие годы

Количество подключений подвижной связи по типам терминалов (в млн шт.)	2010	2011	2012	2013
Обычные телефонные аппараты	5 365	5 276	5 350	5 528
Смартфоны	645	698	1 177	1 507
Планшеты и другие «интеллектуальные» устройства	144	241	267	348

⁴ Документ 5D/929, Приложение 3.13: Preliminary Draft New REPORT ITU-R M.[IMT.BEYOND2020.TRAFFIC] «IMT Traffic estimates beyond year 2020».

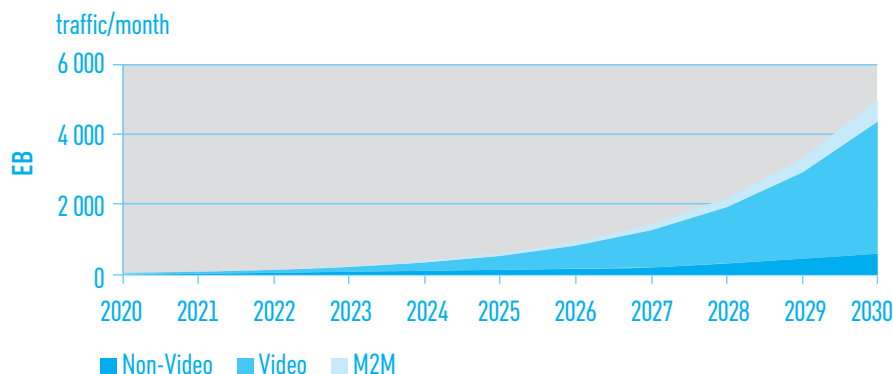


Рис. 1.6. Глобальная оценка мобильного трафика по различным видам услуг

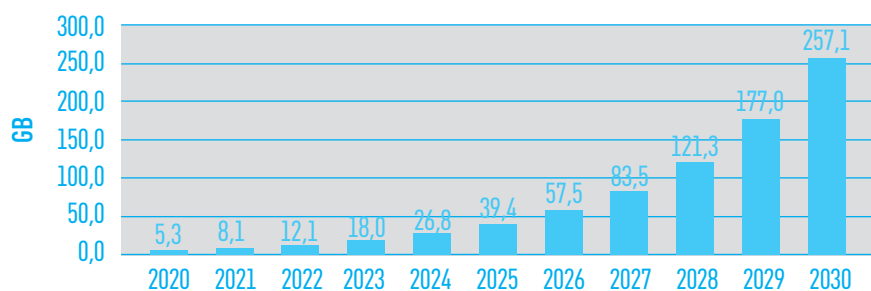


Рис. 1.7. Оценка месячного глобального мобильного трафика, приходящегося на одного абонента после 2020 года (трафик M2M не включен)

На основе вышеописанных данных в МСЭ-R был подготовлен прогноз трафика, передаваемого в сетях мобильного широкополосного доступа в период 2020–2030 годов. Рассмотрены видеослужбы, M2M и другие виды услуг. Поведение абонентов, как и характер услуг, особенно будущих новых услуг, являются очень важными факторами, влияющими на оценку объема трафика. Принималась во внимание также и другая информация, например, бизнес-модель, модель эксплуатации и правила учета услуг. Результат оценки глобального мобильного трафика по одному из представленных в МСЭ-R прогнозов показан на рис. 1.6.

Согласно представленной выше оценке, трафик мобильного Интернета и трафик M2M после 2020 года резко возрастут. Объем видеотрафика к 2025 году вырастет в 4,2 раза, а к 2030 году – в 6 раз по сравнению с 2020 годом. Доля трафика, потребляемого услугами M2M, составит 7% от общего объема в 2020 году и 12% в 2030 году.

В дополнение к общему объему трафика также интересен прогноз потребления трафика одним абонентом. На рис. 1.7 показана оценка средне-месячного глобального мобильного трафика, приходящегося на одну подписку после 2020 года. Данный прогноз рассчитан только на потреблении трафика абонентами и не включает в себя оценку трафика для M2M-устройств.

Популярность интеллектуальных устройств с высокой четкостью и большим экраном все еще остается ключевым фактором роста трафика мобильных данных. Поскольку в дополнение к росту абонентов мобильной связи во всем мире широко используются удобные и высокопроизводительные устройства, такие как смартфон и планшет, объем мобильного трафика, приходящегося на каждого пользователя, будет непрерывно увеличиваться. Считается, что каждый абонент будет средне-месячно потреблять 39,4 Гбайт трафика данных в 2025 году, а в 2030 году этот объем составит около 257 Гбайт.

1.2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ И БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

1.2.1 Технические возможности существующих и перспективных стандартов

Развитие стандартов в направлении перехода к сетям 5G описывается в рамках концепции МСЭ-R по развитию стандартов IMT-2020. Ожидается, что IMT-2020 обеспечит гораздо более широкие возможности, чем IMT-Advanced, охватывая в то же время все возможности системы IMT-Advanced. Возможности будущей системы IMT описаны в этом разделе на основе текущих исследований МСЭ-R⁵. При этом отличительной особенностью сетей 5G будет способность удовлетворения потребностей совершенно различных сценариев использования за счет адаптации возможностей сети к требованиям данных сценариев.

Ключевые возможности IMT-2020 характеризуются следующими 8 параметрами:

Пиковая скорость передачи данных: максимальная достижимая скорость передачи данных в идеальных условиях на одного пользователя/устройство (в Гбит/с).

Практическая скорость передачи данных у пользователя: достижимая скорость передачи данных, которая повсеместно по всей зоне покрытия доступна мобильному пользователю/устройству (в Мбит/с или Гбит/с).

Задержка по времени: вклад радиосети в интервал времени от момента отправки пакета данных источником до момента его приема получателем (в мс).

Мобильность: максимальная скорость (в км/ч), которая может быть достигнута при заданном качестве QoS и непрерывности передачи управления между радиопузлами, которые могут принадлежать к разным уровням и/или технологиям радиодоступа (TRD).

Плотность подключения: общее число подключенных или доступных устройств на единицу площади (на км²).

⁵ Документ 5D/929, Приложение 3.11: Preliminary Draft New Recommendation ITU-R M.[IMT.VISION] «IMT Vision – “Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond».

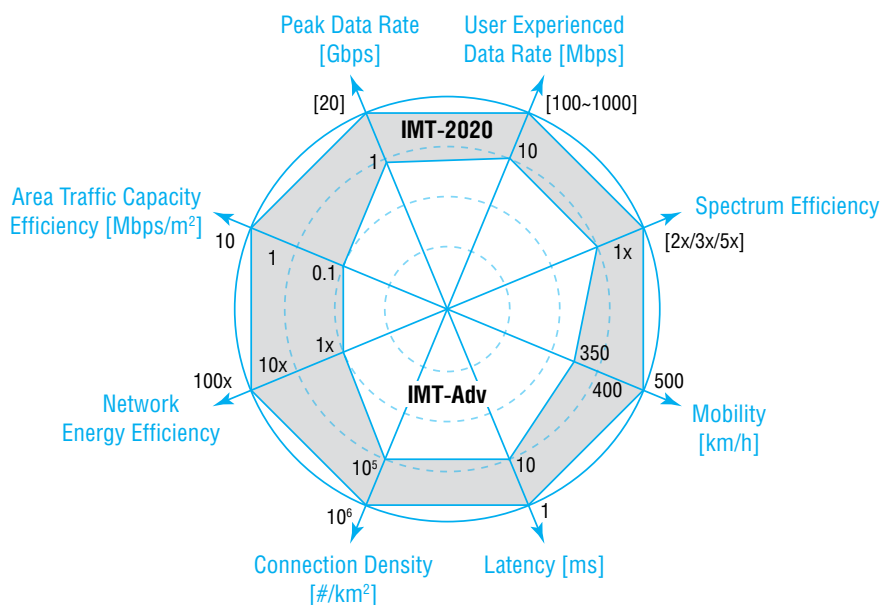


Рис. 1.8. Расширение ключевых возможностей от IMT-Advanced до IMT-2020

Энергоэффективность: определяется двумя аспектами:

- На стороне сети энергоэффективность определяется количеством информационных битов, передаваемых пользователем/получаемых от пользователей, на единицу потребления энергии в сети радиодоступа (RAN) (в бит/Дж).
- На стороне устройства энергоэффективность определяется количеством информационных битов на единицу потребления энергии модулем связи (в бит/Дж).

Эффективность использования спектра: средняя пропускная способность данных на единицу ресурса спектра и на соту (бит/с/Гц).

Плотность трафика: общая скорость трафика, обслуживаемого на единице географической площади (в Мбит/с/м²).

Ожидается, что сети IMT-2020 обеспечат потребности пользователей в большей степени, чем проводные сети. Это будет достигнуто путем повышения пиковой и практической скорости передачи данных пользователя, сокращения времени задержки и поддержки расширенной мобильности. Система IMT-2020 должна быть

в состоянии поддерживать практическую скорость передачи данных пользователя 100 Мбит/с – 1 Гбит/с, чтобы обеспечить равномерное восприятие качества обслуживания во всей зоне обслуживания. При этом максимальная скорость передачи данных порядка 20 Гбит/с будет доступна только при малой мобильности в ограниченной зоне обслуживания. Для поддержки услуг с очень малыми задержками система IMT-2020 должна обеспечивать эфирную задержку связи не более 1 мс.

В дополнение к обычной связи «человек – человек» или «человек – машина» система IMT-2020 реализует «Интернет вещей» путем подключения широкого спектра интеллектуальных приборов, машин и других объектов без вмешательства человека. Поэтому система IMT-2020 должна быть в состоянии поддерживать плотность подключений до 106/км².

Чтобы сделать будущие системы IMT экономически устойчивыми и доступными по цене, заявленные возможности должны быть обеспечены, без чрезмерных затрат на потребление энергии, приемлемой стоимостью сетевого оборудования и стоимостью развертывания сети.

На рис. 1.8 показаны ключевые возможности IMT-2020 в сравнении с возможностями IMT-Advanced. Цифры на рисунке и указанные выше являются целевыми показателями для исследования и изучения и могут быть пересмотрены по результатам будущих исследований. Значения параметров пиковой скорости передачи данных, мобильности, задержки и эффективности использования спектра для IMT-Advanced взяты из Отчета МСЭ-R М.2134 «Требования к техническим характеристикам радиointерфейса (-ов) систем IMT-Advanced». Данный Отчет был опубликован в 2008 году и использован для оценки кандидатных радиointерфейсов IMT-Advanced, описанных в Рекомендации МСЭ-R М.2012.

Относительно рис. 1.8 стоит отметить, что потребление энергии в сети радиодоступа будущей IMT не должно быть больше, чем у сетей IMT сегодня, обеспечивая, тем не менее, расширенные возможности. Таким образом, энергетическая эффективность должна быть повышена с коэффициентом, по меньшей мере таким, как предполагаемый рост пропускной способности будущих систем IMT по отношению к IMT-Advanced. Останется не менее важной и эффективность использования спектра. Предполагается, что средняя в соте эффективность использования спектра возрастет в 2-5 раз по сравнению с достигнутым показателем в сетях IMT-Advanced. С учетом того, что сейчас уже достигнуты почти предельные показатели спектральной эффективности для пиковых скоростей в IMT-Advanced, данный показатель планируется наращивать в основном за счет обеспечения более равномерной высокой спектральной эффективности на всей зоне обслуживания. Ключевые возможности IMT в различной степени влияют на возможности по реализации будущих сценариев использования сети. Важность каждой из ключевых возможностей IMT для сценариев использования «Расширенного мобильного широкополосного

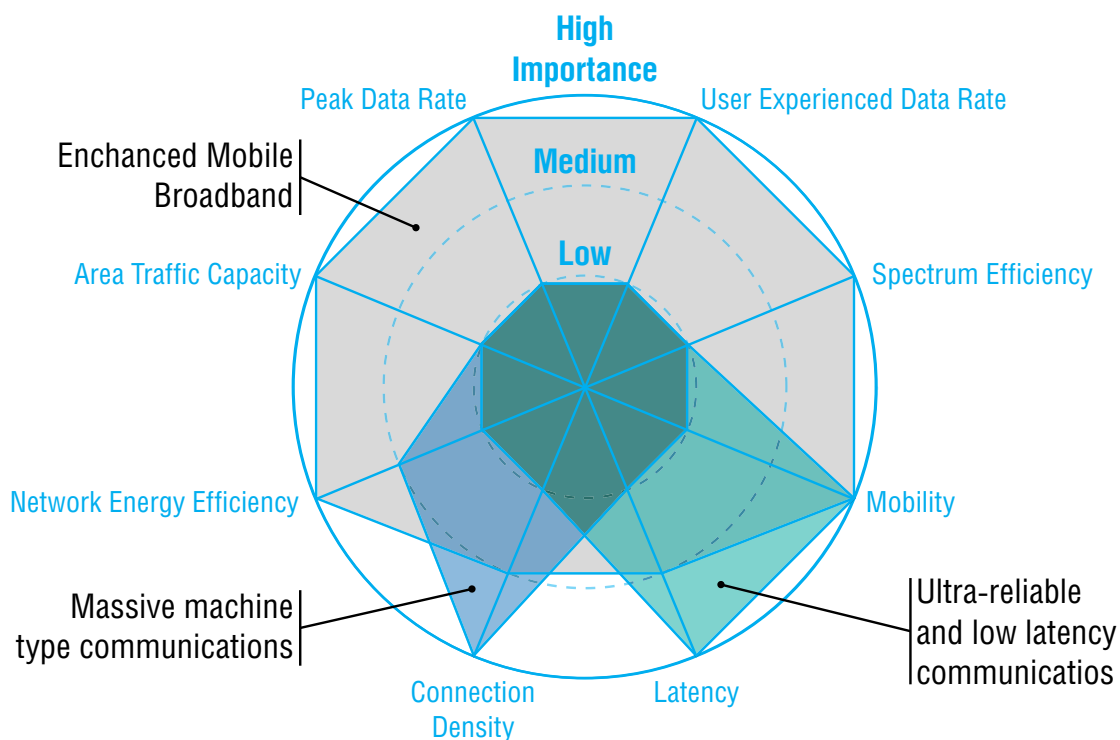


Рис. 1.9. Важность ключевых возможностей при различных сценариях использования

доступа (MBB)», «Сверхнадежной связи с малой задержкой» и «Массовой межмашинной связи» показана на рис. 1.9. Важность оценивается тремя приблизительными показателями «высокая», «средняя» и «низкая».

В сценарии расширенной MBB практическая пользовательская скорость передачи данных, трафик на единицу площади, пиковая скорость передачи данных, мобильность, энергоэффективность и эффективность использования спектра – все очень важны, но мобильность и практическая пользовательская скорость передачи данных не будут иметь одновременно одинаковую важность во всех случаях применения. Например, в точках беспроводного доступа потребуется более высокая практическая пользовательская скорость, но более низкая мобильность, чем в случае широкой области охвата.

В некоторых сценариях сверхнадежной связи с низкой задержкой последняя имеет первостепенное значение для того, чтобы обеспечить работу критически важных служб безопасности. Такая возможность

может потребоваться и в случаях высокой мобильности, например, в сфере услуг безопасности перевозок.

В сценарии массовой межмашинной связи необходима высокая плотность соединений для поддержки огромного числа устройств в сети. Для данного сценария использования жизненно важны низкая стоимость устройства и длительный срок эксплуатации.

Для IMT-2020 нужны также и некоторые другие возможности, которые сделают будущую IMT более гибкой, надежной и защищенной при предоставлении различных услуг в сценариях предполагаемого использования:

Гибкость использования спектра и ширины полосы: гибкость использования спектра и ширины полосы относятся к гибкости проектирования системы связи по отношению к различным спектральным сценариям, и, в частности, к способности работать в разных частотных диапазонах, в том числе на более высоких частотах и с более широкими полосами каналов, чем сегодня.

Надежность: надежность относится к способности обеспечить работу данной услуги с очень высоким коэффициентом готовности.

Устойчивость: устойчивость – это способность сети продолжать правильно работать во время и после стихийного или техногенного возмущения, например, потери напряжения в энергосети.

Безопасность и конфиденциальность: безопасность и конфиденциальность относятся к таким областям, как шифрование, защита целостности пользовательских данных, конфиденциальность, предотвращение несанкционированного доступа, защита сети от взлома, мошенничества и т. д.

Срок эксплуатации: срок эксплуатации относится ко времени работы, обеспечиваемому накопленной энергетической емкостью. Это особенно важно для машинных устройств, которым требуется очень долгий срок службы аккумулятора (например, более 10 лет), поскольку их регулярное техническое обслуживание затруднено физическими или экономическими причинами.

1.2.2 Развитие стандартов для сетей 5G

Есть два основных пути развития систем 5G или IMT-2020:

1) эволюционный, пошаговый путь, основанный на дальнейшем усовершенствовании LTE;

2) революционный путь, использующий совершенно новую технологию радиодоступа, что может привести к потере обратной совместимости с радиointерфейсом LTE/LTE-Advanced.

Очевидно, что стандарты LTE/LTE-Advanced, хорошо оптимизированные для низких полос частот, продолжат совершенствоваться и в будущем. LTE/LTE-Advanced даже могут быть усовершенствованы, с тем чтобы реализовать некоторые из ожидаемых возможностей системы 5G, такие как массовое подключение и сокращение времени задержки. Тем не менее

существенное увеличение пропускной способности и практической пользовательской скорости передачи данных потребует значительного повышения эффективности использования и объема спектра, а также плотности подключений, что не достижимо для стандартов LTE/LTE-Advanced даже при их усовершенствовании.

Частоты ниже 3 ГГц, в основном, уже используются в рамках существующих систем 4G. Поэтому для обеспечения устойчивого развития будущих систем крайне важно расширить использование спектра в полосах частот выше 3 ГГц. Использование более широких полос на канал в высокочастотном диапазоне позволит достичь более высоких скоростей передачи данных и меньших задержек. Однако, в более высоких диапазонах частот, например, выше 10 ГГц, существующая

система 4G (радиointерфейс LTE/LTE-Advanced) не будет оптимальным решением, поскольку она была оптимизирована для диапазонов сотовой связи, – около 2 ГГц. Таким образом, использование более высокочастотных диапазонов потребует применение новой технологии радиодоступа. Поэтому экспертное сообщество рассматривает радиодоступ 5G как комбинацию новой технологии радиодоступа (ТРД), разработанной специально для более высоких диапазонов, и усовершенствований LTE/LTE-Advanced. Примерный вид такой концепции показан на рис.

1.10. Новая технология радиодоступа должна быть наделена возможностью тесного взаимодействия с LTE/LTE-Advanced так, чтобы ее можно было развернуть вместе с усовершенствованиями LTE/LTE-Advanced в рамках радиодоступа 5G.



Рис. 1.10. Пути эволюции к сетям 5G

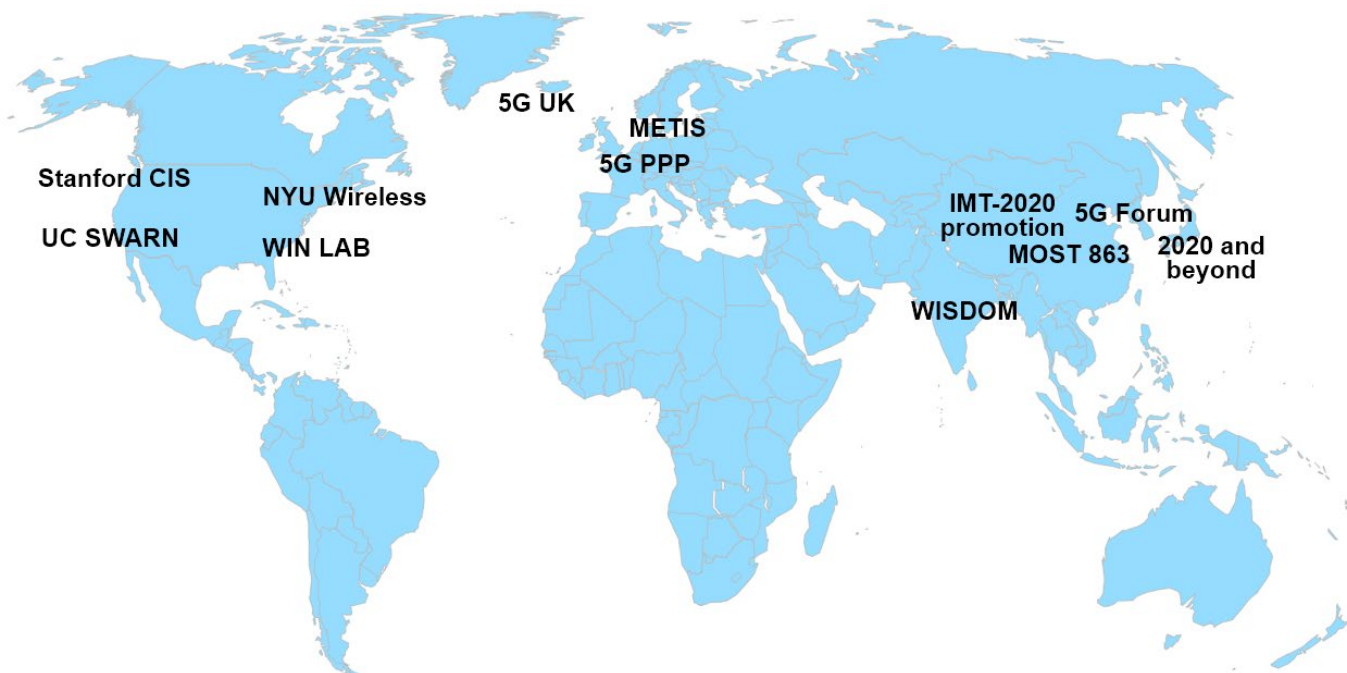


Рис. 1.11. Национальные и региональные проекты по разработке стандартов 5G

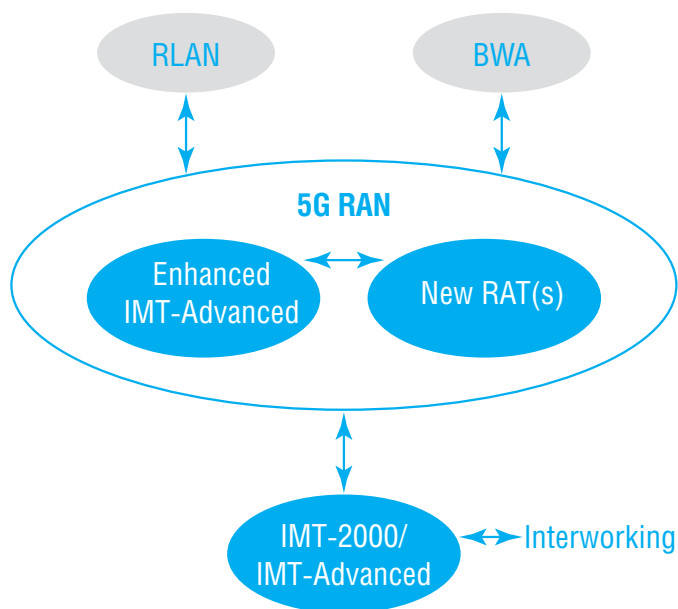


Рис. 1.12. Взаимодействие различных радиотехнологий в сетях 5G

Как видно из рис. 1.10, развитие в части эволюции LTE-Advanced проходит в рамках 3GPP. При этом создание новых радиointерфейсов, в особенности в более высоких диапазонах частот, в настоящее время не регламентировано. Фактически разработка ведется в рамках национальных и региональных исследовательских проектов, которые взаимодействуют между собой. Ожидается, что выработка единого радиointерфейса или некоторого набора радиointерфейсов будет происходить в рамках МСЭ-R.

На рис. 1.11 показаны наиболее активные исследовательские проекты и их принадлежность к странам или регионам.

Как уже отмечалось выше, концепция внедрения сетей 5G подразумевает возможность глубокой интеграции с уже существующими сетями IMT-2000/IMT-Advanced и с сетями беспроводного доступа, такими как сети Wi-Fi (также называемые RLAN). Уже сейчас сети LTE/LTE-Advanced поддерживают возможность управляемого хендвера с сетями Wi-Fi при

реализации в терминале наиболее современных версий стандартов. Более того, уже реализована функция голосовых звонков на сотовый номер через радиointерфейс Wi-Fi, называемая VoWi-Fi. Данная важная особенность сетей 5G проиллюстрирована на рис. 1.12.

Помимо интеграции с существующими стандартами Wi-Fi стандарты IMT также развиваются в направлении создания радиointерфейсов для работы в безлицензионных полосах частот. Уже в настоящее время стандарт LTE-Advanced включает в себя расширение радиointерфейса Licensed-Assisted Access (LAA) для работы в диапазоне 5 ГГц. Данный функционал позволяет агрегировать несущие в диапазонах, идентифицированных для IMT, с несущими LTE-Advanced, работающими в безлицензионных полосах частот в диапазоне 5 ГГц. Для совместной работы с сетями Wi-Fi в одних и тех же полосах частот разработаны специальные алгоритмы по уменьшению взаимного помехового влияния.

Таким образом, развитие сетей 5G сопряжено сразу с несколькими направлениями технологического развития радиointерфейсов и сетевой инфраструктуры.

1.2.3 Технические решения для реализации в стандартах 5G

Как уже отмечалось выше, развитие радиоинтерфейсов в сетях 5G будет предположительно идти сразу по нескольким направлениям. На рис. 1.13 показано прогнозируемое развитие радиоинтерфейсов в зависимости от используемых новых полос частот.

Ожидается, что LTE-Advanced за счет внедрения новой функциональности сможет выполнить требования к сетям 5G для некоторых сценариев развертывания таких сетей и соответствующих типов услуг. При этом данные усовершенствования не приведут к потере обратной совместимости с абонентским оборудованием LTE-Advanced, выпускаемым для существующих полос частот IMT. В качестве наиболее важных необходимо отметить следующие направления развития сетей LTE-Advanced:

- развитие поддержки малых сот;
- развитие активных антенн и формирование ДНА в трехмерном пространстве (3D Beamforming);
- развитие CoMP/MIMO для распределенных БС;
- прямая связь между терминалами (под контролем БС и без);
- развитие подавления соканальных помех в терминалах;
- развитие агрегации несущих, в том числе FDD/TDD.

В части технологических особенностей сетей IMT-2020 или 5G следует разделять новые радиоинтерфейсы в потенциальных полосах частот в пределах до порядка 20 ГГц и существенно другие радиоинтерфейсы в потенциальных полосах выше порядка 20 ГГц. Так, в нижней части спектра новые радиоинтерфейсы IMT-2020 будут во многом повторять путь развития IMT-Advanced, но с рядом важных дополнений, которые приведут к потере обратной совместимости с радиоинтерфейсом LTE/LTE-Advanced:

- не ортогональная схема доступа (возможно не на базе OFDM);
- развитие eICIC, вплоть

до одновременного приема и передачи информации на одной частоте;

- создание малых сот без контрольного трафика.

В полосах же выше порядка 20 ГГц потребуются более простой интерфейс, но с использованием адаптивных антенн, обеспечивающих создание высоконаправленных лучей в направлении абонентских терминалов. Таким образом, рассматриваются технические решения:

- возвращение к более простым схемам модуляции, кодирования и схемам мультиплексирования (TDMA/FDMA), но с шириной канала значительно более 100 МГц;
- новый короткий (субмиллисекундный) фрейм;
- применение адаптивных антенных решеток больших порядков (Massive MIMO Beamforming).

Дополнительно к развитию радиоинтерфейсов переход к сетям 5G сопряжен с существенным пересмотром ядра сети, которое предполагается полностью описать на основе принципов NFV и SDN. Данный вопрос не относится напрямую к вопросам использования РЧС, но такой подход во многом обеспечит возможность создания очень гибкой структуры сетей радиодоступа и возможность агрегации спектра не только в рамках одной технологии, но между различными радиоинтерфейсами.

1.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ

При оценке потребностей в РЧС следует разделять потребности в спектре в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Так, МСЭ-Р в рамках п. 1.1 повестки дня ВКР-15 оценивались потребности в спектре для систем IMT до 6 ГГц, в то время как на ВКР-19 планируется рассмотреть потребности в спектре для систем IMT выше 6 ГГц. При этом сети 5G или IMT-2020 будут использовать весь диапазон частот от самых низких частот до самых высоких вплоть до 100 ГГц. Тем не менее целесообразно рассматривать вопросы

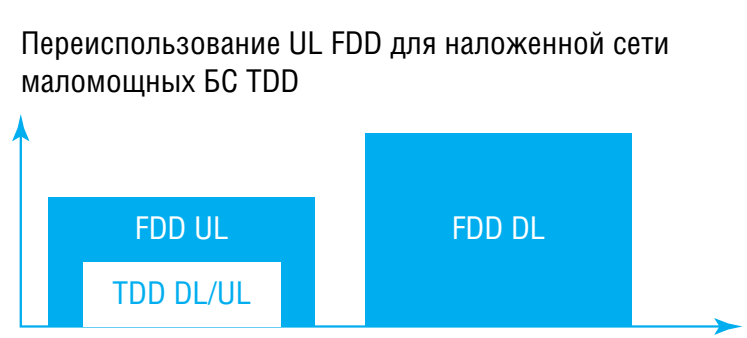
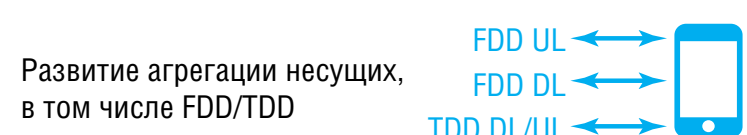
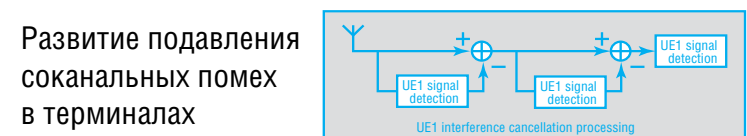
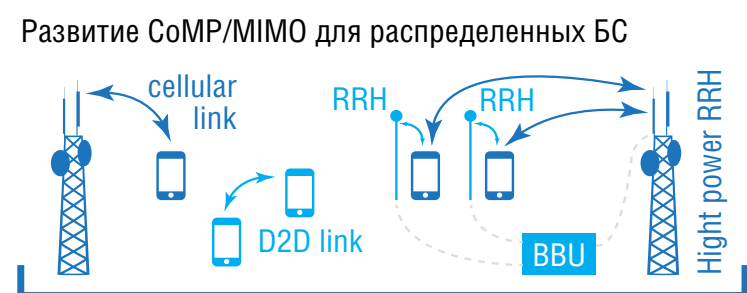
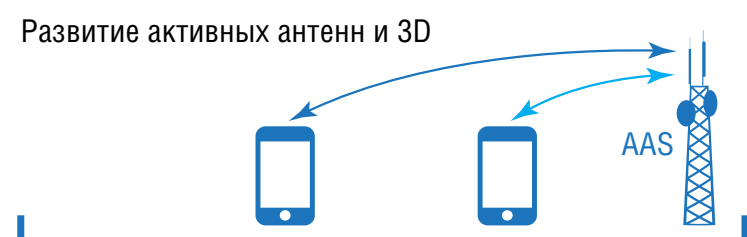
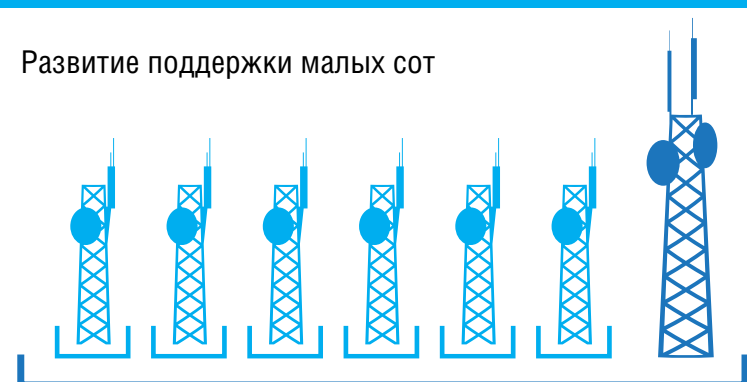
потребностей в спектре в привязке к различным ВКР.

1.3.1 Вопросы оценки потребностей в спектре ниже 6 ГГц

Потребности в спектре для систем IMT в диапазонах ниже 6 ГГц к 2020 году оценивались в МСЭ-Р и закреплены в Отчете МСЭ-Р М.2290. Данный прогноз вызвал впоследствии нарекания со стороны экспертов, так как, с одной стороны, в его основе лежат существенно завышенные показатели трафика, а с другой стороны, плотность размещения базовых станций и спектральная эффективность радиоинтерфейсов также были взяты существенно более высокими, чем реально достижимые к 2020 году. Таким образом, проведенная оценка потребностей в спектре от 1340 МГц до 1960 МГц, скорее является некоторой оценкой отраслевых экспертов, нежели точным прогнозом, основанным на реалистичных данных. Тем не менее, Отчет МСЭ-Р М.2290 содержит ряд национальных оценок и оценок других международных организаций, выполненных по различным методикам. Эти оценки показаны в таблице 1.2 ниже и лишь подтверждают общую экспертную оценку МСЭ-Р.

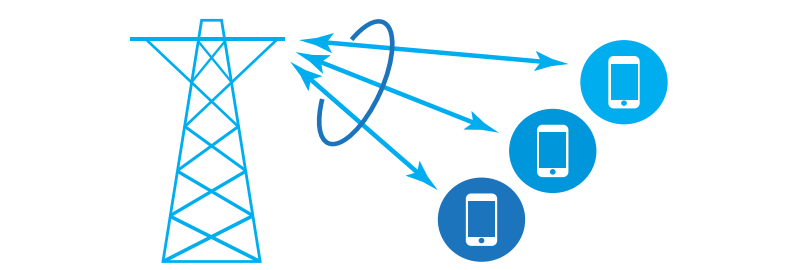
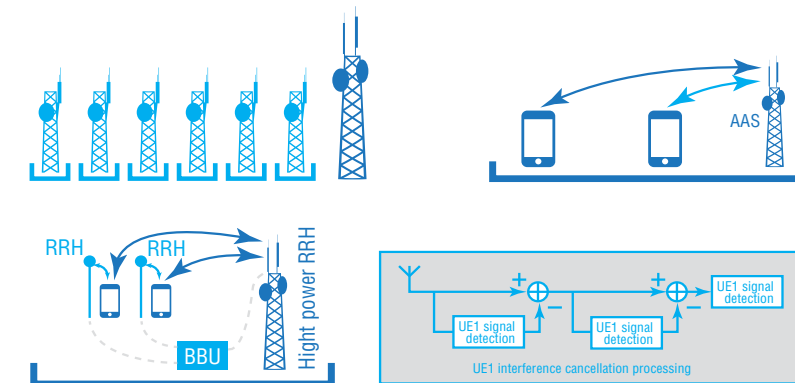
Из нижеприведенных оценок следует отметить оценку GSMA, которая проведена на базе экономической модели и привязана к показателю увеличения плотности размещения базовых станций. Данный прогноз интересен тем, что, помимо глобальной оценки, GSMA подготовила и ряд национальных оценок, в том числе и для Российской Федерации. В своем исследовании GSMA предположила 296-кратное увеличение трафика в России в период 2010–2020 годов и вывела зависимость среднего числа базовых станций от объема радиочастотного ресурса для удовлетворения таких потребностей. Предполагаемый GSMA объем трафика в России приведен в таблице 1.3, а результирующая зависимость потребностей в спектре от числа базовых станций показана на рис. 1.14.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ И ПЛАНИРУЕМЫЕ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ НИЖЕ 6 ГГц

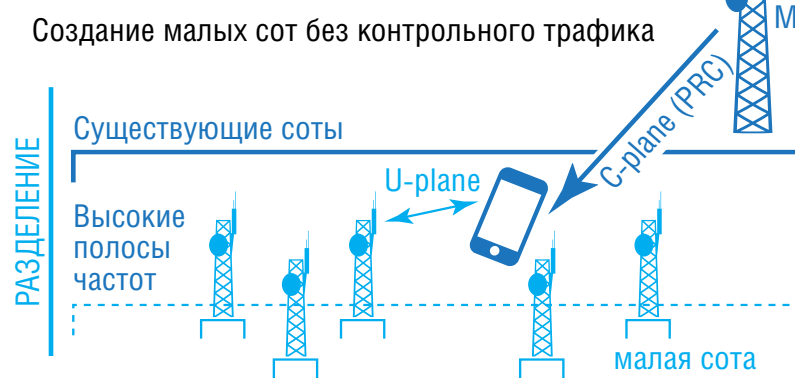
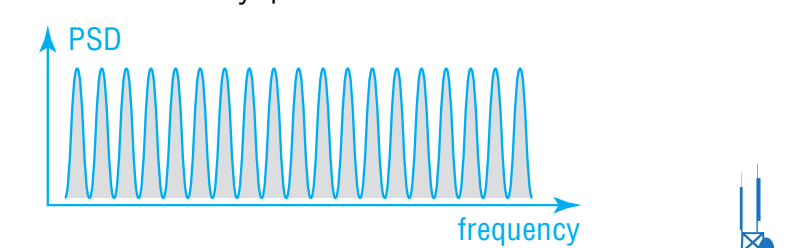


НОВЫЕ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ НИЖЕ 6 ГГц И НОВЫЕ ПОЛОСЫ ДО ПОРЯДКА 20 ГГц

Не ортогональная схема доступа.
Развитие eICIC, в том числе для одновременного приема и передачи информации на одной частоте

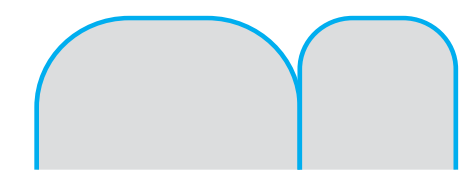


Переход к новой структуре многочастотного сигнала отличной от текущей схемы OFDMA

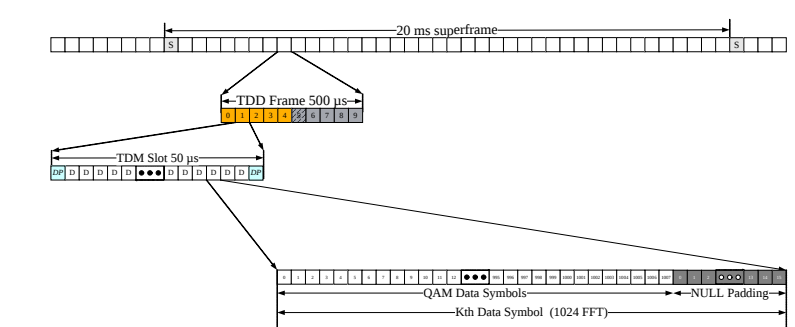


НОВЫЕ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ ВЫШЕ ПОРЯДКА 20 ГГц

Возвращение к более простым схемам модуляции кодирования и схемам мультиплексирования (TDMA/FDMA), но с шириной канала значительно более 100 МГц



Новый короткий (субмиллисекундный) фрейм



Применение больших адаптивных антенных решеток (Massive MIMO Beamforming)

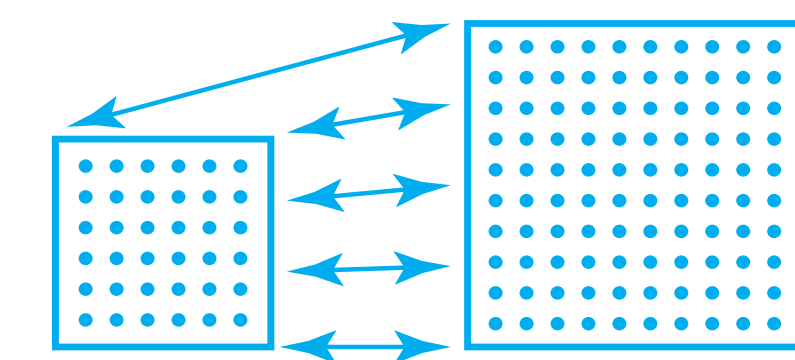


Табл. 1.2. Оценки потребности в спектре для систем IMT для отдельных стран

Источник	США	Австралия	Россия	Китай	GSMA	Индия	Великобритания
Год, для которого дана оценка	До 2014	До 2020	2020	2015, 2020	2020	2017, 2020	2020
Потребности в спектре	Дополнительно 275 МГц к концу 2014 года	Общие потребности 1081 МГц (дополнительно к 2020 году требуется 300 МГц)	Общие потребности 1081 МГц (дополнительно к 2020 году требуется 385 МГц)	Общие потребности 579–690 МГц к 2015 году. Общие потребности 1490–1810 МГц к 2020 году.	Общие потребности 1600–1800 МГц для различных стран	Дополнительные потребности 300 МГц к 2017 году. Дополнительные потребности еще 200 МГц к 2020 году	Общие потребности 775–1080 МГц для низкого спроса. Общие потребности 2230–2770 МГц для низкого спроса
Методология	Собственная методология	Собственная методология	Собственная методология	Методология в Рек. МСЭ-R М.1768-1	Собственная методология	Собственная методология	Методология в Рек. МСЭ-R М.1768-1

Табл. 1.3. Ежемесячный трафик в России (петабайты) по оценке GSMA

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3,8	11,4	22,5	44,4	84,0	145,8	234,6	400,1	590,6	849,0	1127

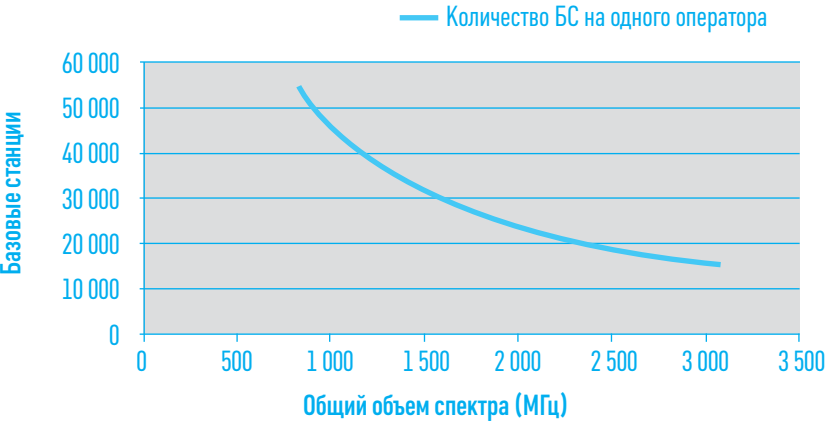


Рис. 1.14. Влияние объемов спектра на объемы строительства базовых станций IMT

И хотя 296-кратный рост трафика является довольно большим показателем, а ряд предположений GSMA можно подвергнуть сомнению, но относительно 2010 года рост трафика в России уже сейчас измеряется двухзначными цифрами. Помимо этого, реальный объем трафика в мобильных сетях уже обогнал оценки GSMA. Так, уже к концу 2014 года общий объем трафика всех операторов сотовой связи составил порядка 1 тысячи петабайт в месяц. Однако при рассмотрении фактического нового распределения для подвижной службы и/или идентификации полос частот для систем IMT вопросы точного прогноза потребностей в спектре играют вторичную роль. В первую очередь вопросы выделения новых полос частот зависят от возможностей административных связей по гармонизированному использованию будущих полос

частот в большинстве стран мира или хотя бы региона. Именно отсутствие гармонизации привело к неполному использованию уже идентифицированных для IMT полос частот. По этой причине целесообразно рассмотреть все 19 потенциальных новых полос частот для мобильного широкополосного доступа, определенных МСЭ-R в рамках подготовки к ВКР-15, с точки зрения их предварительной поддержки странами и региональными организациями.

В нижеследующей таблице 1.4 приведены позиции региональных организаций и отдельных стран в данных организациях по полосам частот, рассматриваемым в проекте текста ПСК-15. Таблица подготовлена на основе вкладов региональных организаций на II Межрегиональный семинар МСЭ-R по подготовке ВКР-15, прошедший в декабре 2014 года. При

этом данная таблица не отражает окончательные позиции, так как ряд региональных организаций давно не обновляли официальную позицию, а АРТ не представило на семинар детальные данные. Для получения полноты информации для АРТ использованы данные документа APG15-3/OUT-20. Также позиция РСС и СЕРТ уточнены по результатам собрания РГ ВКР/АР и собрания СРГ РТД соответственно в апреле 2015 года.

В таблице заливка цветом всей ячейки обозначает единую позицию региональной организации по какой-то полосе частот. В случае отсутствия единой позиции и наличия только мнений отдельных стран (или общих предложений только на базе части стран) вписаны названия данных стран, а их позиция отмечена цветовым подчеркиванием. Подчеркиванием также отмечены страны с особым мнением, в тех полосах, где существует общее мнение региональной организации. Для АТУ помимо стран используются и аббревиатуры субафриканских организаций.

Как видно из таблицы, наибольшее внимание многих стран в настоящее время сфокусировано на полосах частот 1427–1518 МГц и 3400–3800 МГц. Однако также стоит и отметить полосы частот 4400–4500 МГц и 4800–4990 МГц, которые сейчас рассматриваются рядом крупных азиатских стран и странами РСС.

Табл. 1.4. Предварительная позиция стран и региональных организаций по полосам частот по п. 1.1 повестки дня ВКР-15

№	Полоса частот, МГц						
1	470–694, 698	THA, IRN, AUS, NZL, VTN, J			EGY	ARG, B, CHL, DOM, EQA, GTM, NCG, PRG, PER, PNR, SLV, URG, CAN, MEX, USA	
2	1350–1400	AUS, INS, VTN, NZL			ARS, KWT, SDN, ALG	B	
3	1427–1452	AUS, J, INS, NZL	EACO		ARS, KWT, SDN, ALG	B, CLM, CTR, DOM, GTM, MEX, PRU, URG, CAN, CHL USA	
4	1452–1492	AUS, J, INS, NZL, VTN, KOR			ALG	B, CLM, CTR, DOM, GTM, MEX, PRU, URG, CAN, CHL USA	
5	1492–1518	AUS, INS, NZL			ALG, UAE	B, CLM, CTR, DOM, GTM, MEX, PRU, URG USA	
6	1518–1525	AUS, INS, NZL			ALG, UAE	USA	
7	1695–1710	CHN	ALG				
8	2700–2900	INS, CHN, NZL, IRN	NIG, ALG		ARS, UAE, SDN, ALG		
9	3300–3400	AUS, VTN, CHN	ALG		BHR, ARS, ALG	CLM	
10	3400–3600	J, AUS, NZL, INS, VTN, THA, MLA, IRN, PNG, SAM, TON, TUV, NRU, FJI, SLM	NIG, ALG		UAE, EGY, ALG, SDN	B, CLM, EQA, CAN, BOL, MEX, NCG, PNR, SLV, GTM(3.5-3.6)	
11	3600–3700	AUS, J, KOR, PNG, SAM, TON, TUV, NRU, FJI, SLM, INS, CHN, VTN, THA, MLA, NZL, IRN	ALG, NIG, EACO		UAE, QAT, BHR, SDN, ALG	CAN, BOL, MEX, NCG, PNR, SLV, GTM, B, EQA, VEN	
12	3700–3800	J, KOR, PNG, SAM, TON, TUV, NRU, FJI, SLM, INS, CHN, VTN, THA, MLA, NZL, IRN	ALG, NIG, EACO		UAE, QAT, BHR, SDN, ALG	BOL, MEX, NCG, PNR, SLV, GTM, B, EQA, VEN	
13	3800–4200	J, KOR, PNG, SAM, TON, TUV, NRU, FJI, SLM, INS, CHN, VTN, THA, MLA, NZL, IRN	ALG, NIG, SDN, EACO		UAE, QAT, KWT, EGY, SDN, ALG	BOL, MEX, NCG, PNR, SLV, GTM, B, EQA, VEN	
14	4400–4500	J, CHN, NZL, AUS, CHN	ALG				
15	4500–4800	J, INS, CHN, VTN, NZL, AUS, IRN	ALG			ARG, B, BOL, GTM, NCG, MEX, PNR, SLV, URG, VEN	
16	4800–4990	J, CHN, KOR, AUS, NZL	ALG				
17	5350–5470	AUS, NZL, INS				CAN	
18	5725–5850	AUS			UAE, ALG		
19	5925–6425	IRN, INS, AUS, NZL, CHN	NIG, ALG			B, MEX, NCG, PNR, SLV	

■ – не поддерживается; ■ – поддерживается; ■ – предлагается изучить возможности; □ – единая позиция не выработана

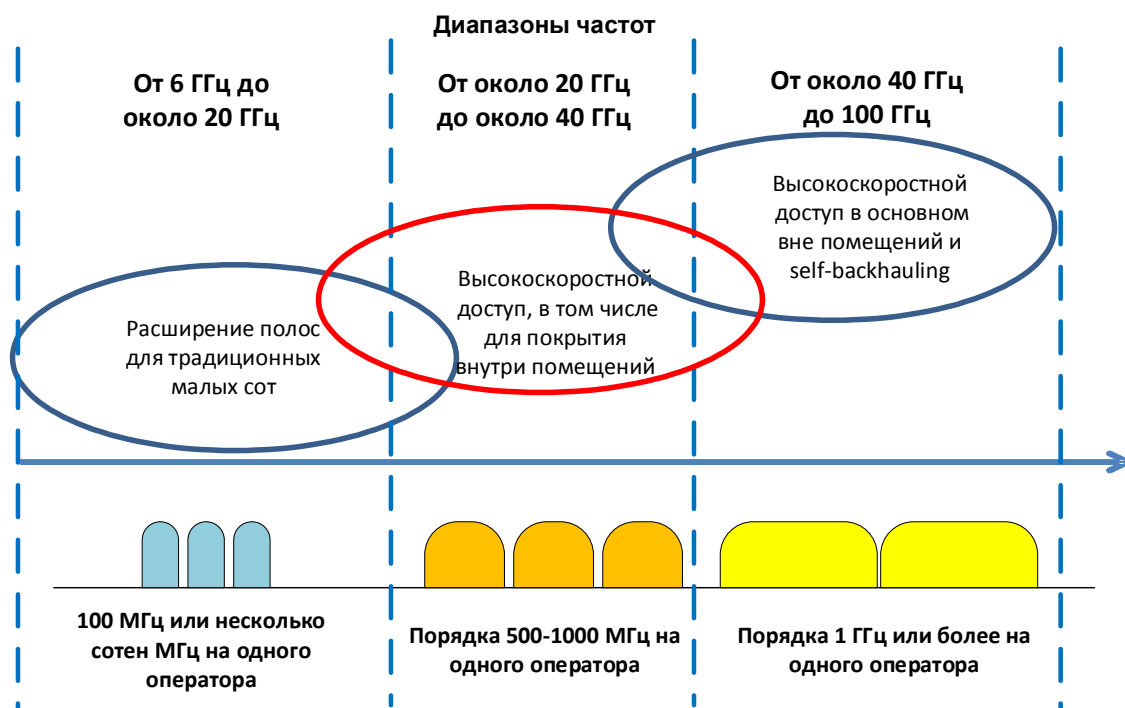


Рис. 1.15. Особенности использования полос частот для IMT-2020 в диапазоне 6–100 ГГц

Особо также стоит выделить полосы частот 470–694 МГц, 5150–5350 МГц и 5470–5850 МГц, которые имеют очень малую поддержку на этапе ВКР-15, но уже ведется дискуссия о продолжении исследований по данным полосам частот для принятия положительного решения на ВКР-19. В части полосы частот 470–694 МГц стоит отметить исследования Евросоюза, которые, хотя и содержат вывод о преждевременности распределения данной полосы частот для подвижной службы, не исключают пересмотр данной позиции в будущем. Полосы частот 5150–5350 МГц и 5470–5850 МГц, предлагаемые для расширения полос Wi-Fi и широкого внедрения каналов шириной 160 МГц, на ВКР-15 уже не будут рассматриваться для распределения подвижной службе из-за проблем ЭМС с другими службами. Тем не менее ведутся активные исследования по разработке мер по снижению помехового влияния, чтобы попробовать рассмотреть данный вопрос на ВКР-19.

1.3.2 Вопросы оценки потребностей в спектре выше 6 ГГц

Для развития внедрения сетей 5G или IMT-2020 всеми производителями и операторами подчеркивается

необходимость дополнительного частотного ресурса ниже 6 ГГц и даже ниже 1 ГГц. Однако, как уже было отмечено выше, этот вопрос будет решаться в рамках ВКР-15. Исключением могут быть некоторые полосы частот, такие как 470–694 МГц, 5150–5350 МГц и 5470–5850 МГц, обсуждение которых может перенестись на ВКР-19. Тем не менее, основной задачей ВКР-19, скорее всего, станет отыскание и гармонизация для систем IMT-2020 новых полос частот в диапазоне 6–100 ГГц.

В настоящий момент идет активное обсуждение способов по уточнению полос частот, которые планируется исследовать. Помимо национальных исследовательских проектов, регуляторы в США и Великобритании провели открытые публичные обсуждения с целью определить наиболее приоритетные полосы частот. Однако до настоящего времени нет однозначного понимания, какие именно полосы частот следует рассматривать в приоритетном порядке, а какие стоит не рассматривать в принципе. Исключением являются полосы частот, используемые для пассивных служб на первичной основе.

Тем не менее уже можно выделить несколько базовых принципов, по которым будут рассматриваться потребности в спектре для систем IMT-2020, а именно:

- желательно рассматривать полосы частот с распределением ПС на первичной основе, но не исключая возможность дополнительного распределения;
- существует несколько различных потребностей в спектре для систем IMT-2020 выше 6 ГГц для различных применений (см. рис. 1.15), каждую из которых хотелось бы удовлетворить;
- есть потребность в очень широких каналах на одного оператора, изменяющаяся в зависимости от поддиапазона внутри участка 6–100 ГГц (см. рис. 1.15);
- существуют технические ограничения на ширину диапазонов частот и технические решения для реализации систем IMT-2020 в зависимости от поддиапазона внутри участка 6–100 ГГц.

Рассмотрим более подробно некоторые из данных принципов, в частности, различные потребности в спектре внутри широкого диапазона 6–100 ГГц, проиллюстрированные на рис. 1.15.

Так, полосы частот непосредственно выше 6 ГГц и даже в какой-то степени выше 10 ГГц возможно использовать для создания фемто-, пико- и микросот по аналогии с существующими диапазонами частот. И хотя при этом может использоваться новый радиоинтерфейс, данное использование будет близко к сложившемуся ниже 6 ГГц использованию в плане применяемых типов антенн и методов управления радиочастотными ресурсами. Предполагается, что, если не удастся найти достаточно спектра в полосах ниже 6 ГГц, полосы из данного диапазона смогут стать дополнительной альтернативой.

Ближе к 20 ГГц потери на распространение радиоволн необходимо компенсировать увеличением коэффициента усиления антенн на абонентских и базовых станциях, для чего требуется использование адаптивных антенных решеток и оптимизированного под их использование радиоинтерфейса. Помимо этого, только выше 20 ГГц длина радиоволны позволяет создавать миниатюрные антенные решетки, что исключает их использование на более низких частотах. Важной особенностью диапазона от около 20 ГГц до около 40 ГГц является все еще относительно невысокий уровень потерь на распространение радиоволн со стороны улиц внутрь помещений, так как более 80% трафика уже формируется внутри помещений. Данный фактор особенно заметен на 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.

Выше около 40 ГГц и особенно выше 50 ГГц отмечается существенное увеличение потерь на проникновение внутрь помещений, что делает полосы частот в столь высоких диапазонах частот более пригодными для связи вне помещений. Данный эффект слабо компенсируется даже применением

адаптивных направленных антенн. Тем не менее существует целый ряд применений сетей IMT-2020, где столь высокие частоты могут быть востребованы, например, связь с движущимися объектами, такими как автомобили, поезда и БПЛА, имеющие внешние антенны или просто связь с абонентами вне помещений. Однако самым ожидаемым использованием столь высоких диапазонов является обеспечение транспортными каналами базовых станций в более низких диапазонах частот, так называемый self-backhauling. Такое использование может существенно удешевить уплотненное развертывание малых базовых станций за счет развертывания гибкой и адаптивной транспортной сети. Более подробно такая возможность рассмотрена в разделе 5, где представлены возможные пути развития фиксированной связи в направлении конвергенции с сетями 5G в более высоких диапазонах частот.

Если говорить об объеме радиочастотного ресурса на одного оператора, то рассматривается постепенное увеличение ширины канала с ростом частоты. Так, на радиочастотах ниже 20 ГГц ожидается наличие у оператора порядка 100 МГц или нескольких сотен МГц, выше 20 ГГц речь уже идет о 500 МГц или даже 1000 МГц каналов для одного оператора, а в диапазонах частот выше 40 ГГц желательно искать достаточно широкие полосы частот, обеспечивающие не меньше 1 ГГц на одного оператора. Причем отмечается, что возможно использование разных полос частот разными операторами, но желательно все-таки выделять широкие полосы сразу для нескольких операторов.

Существует несколько причин таких потребностей. Во-первых, наиболее широкие каналы требуются для сверхскоростных приложений и приложений с минимальной задержкой (связана с пропускной способностью), таких как, например, услуги виртуальной и дополненной реальности. Помимо этого, в полосах частот ниже 20 ГГц признается большая занятость

спектра и сложность отыскания очень широких полос частот для IMT. В диапазонах выше 20 ГГц ширина канала и предпочтительность использования единой полосы для всех операторов связана с техническими ограничениями. Несмотря на то, что практически все современные радиокомпоненты являются широкополосными и могут поддерживать рабочий диапазон в пределах $\pm 30\%$ от несущей, линейные антенные решетки очень сильно зависят от рабочей частоты и поддерживают разброс только порядка $\pm 3,5\%$. То есть слишком большой разброс полос или блоков частот потребует разных антенных решеток в терминале и на базовой станции, что может привести к фрагментации экосистемы и замедлению темпов развития IMT-2020 в целом. В диапазоне 30 ГГц антенная решетка может быть спроектирована для работы в полосе шириной порядка 2 ГГц, в диапазоне 75 ГГц уже возможно обеспечить работу антенной решетки в полосе шириной порядка 5 ГГц. Также следует отметить, что полосы выше 90 ГГц в настоящее время не имеют под собой проработанной элементной базы даже для фиксированной службы.

Используя вышеописанные критерии, ряд исследовательских проектов, частных компаний и администраций связи начали более детальный анализ полос частот в диапазоне 6–100 ГГц для выявления наиболее подходящих. Данные исследования носят предварительный характер, и, скорее всего, процесс поиска полос частот будет проводиться уже между ВКР-15 и ВКР-19. Тем не менее для понимания проблем поиска новых полос частот для систем IMT-2020 целесообразно рассмотреть результаты таких исследований.

Так, оценка, в основном на базе только данных о текущем распределении полос частот, была проведена в европейском проекте METIS. При этом выделяются полосы частот различного приоритета для распределения. В настоящее время стоит задача пересмотра данной оценки,

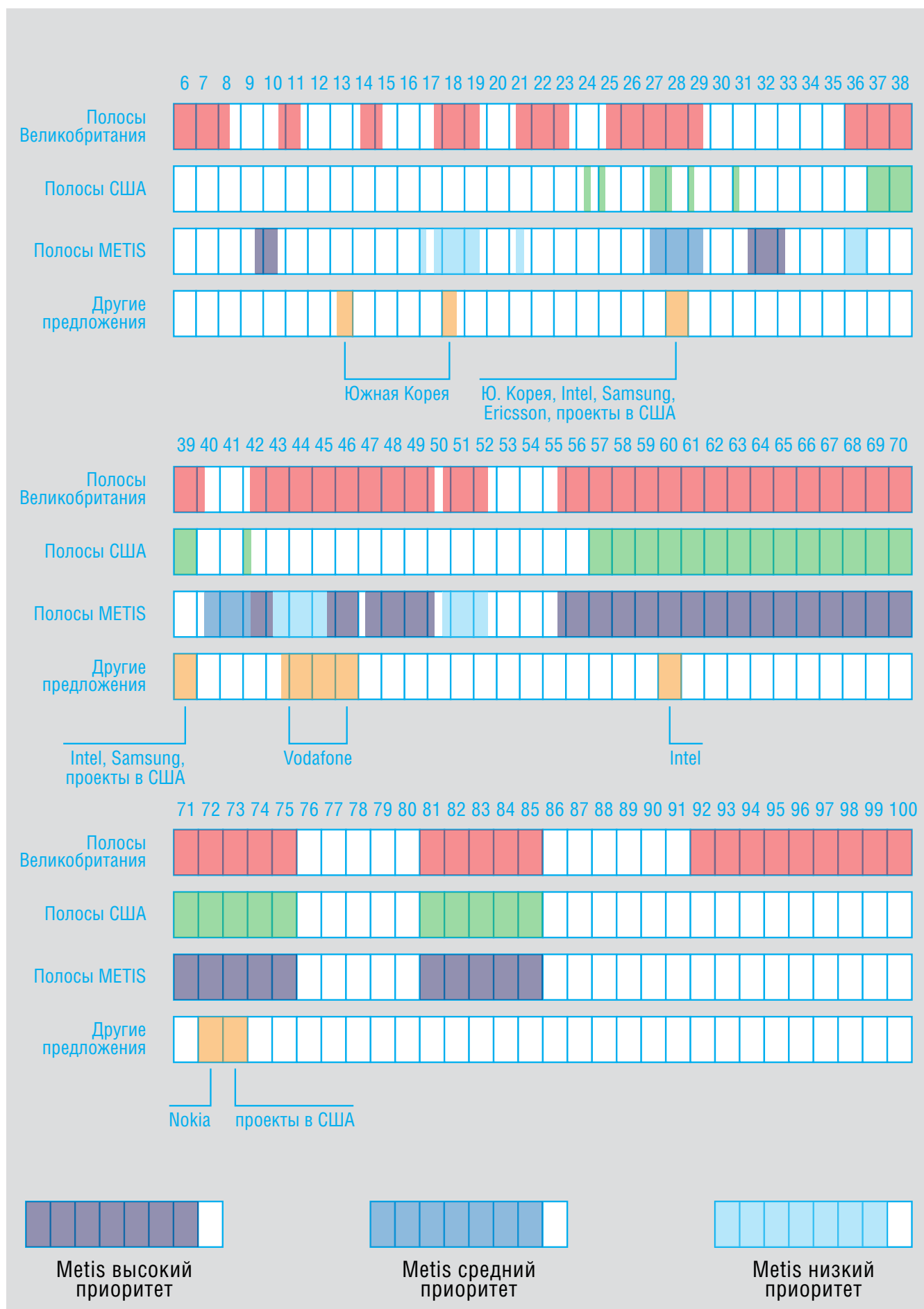


Рис. 1.16. Существующие предложения по рассмотрению конкретных полос частот в диапазоне 6–100 ГГц

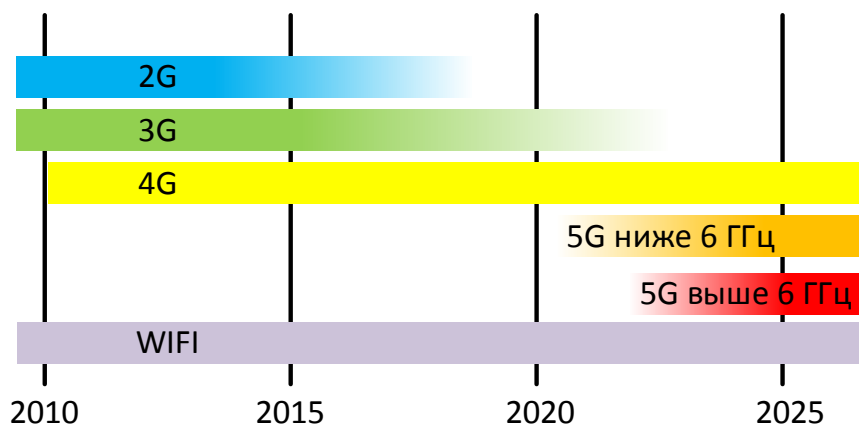


Рис. 1.17. Предполагаемые временные рамки развития сетей подвижной связи

так как помимо данных о распределении различных радиослужбам требуется более точный учет реального использования полос частот другими РЭС. Такую оценку, в частности, провела администрация связи Великобритании, и она во многом отражает ситуацию в Западной Европе в целом. Данный анализ воспроизведен на рис. 1.16. В дополнение к оценкам METIS и Великобритании на рисунке отображены предварительные приоритеты по полосам частот в США, а также различные предложения индустриальных групп. В полосах проекта METIS также показан приоритет в рассмотрении полос частот.

Несмотря на показанную на рисунке конкретику, уже сейчас становится очевидной малая вероятность ограничения или очень явного указания полос частот в рамках нового пункта повестки дня ВКР-15. В настоящее время ведутся обсуждения того, как сформулировать соответствующую Резолюцию ВКР-15, чтобы, с одной стороны, все-таки указать ориентиры для быстрой активизации исследований совместимости, а с другой стороны, не закрыть возможность рассмотрения тех полос частот, которые по какой-то причине были сначала ошибочно отнесены к неприоритетным.

По данному вопросу ожидается активная работа на ВКР-15 в рамках п. 10 повестки дня (повестка дня следующей ВКР). В частности,

администрация связи Великобритании после многофакторного анализа предложила в рамках СЕРТ сфокусироваться на пяти диапазонах частот 10,125–10,225/10,475–10,575 ГГц, 31,8–33,4 ГГц, 40,5–43,5 ГГц, 45,5–48,9 ГГц и 66–71 ГГц. Однако уже поступают предложения по расширению данного перечня.

1.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ СЕТЕЙ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ И СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

Обеспечение частотным ресурсом систем ИМТ стоит рассматривать, как и в предыдущем разделе, в полосах частот ниже 6 ГГц и выше 6 ГГц. Так, в некоторые новые полосы частот ниже 6 ГГц будут внедряться сети на основе эволюции стандарта LTE-Advanced еще до 2020 года, в другие новые полосы частот ниже 6 ГГц могут быть внедрены уже новые радиointерфейсы ИМТ-2020, что может произойти сразу после 2020 года. При этом системы ИМТ-2020 выше 6 ГГц, скорее всего, появятся ближе к 2025 году. Ситуация с временем существования сетей подвижной связи различных стандартов показана на рис. 1.17.

1.4.1 Рассмотрение вопросов обеспечения частотным ресурсом ниже 6 ГГц

Для оценки возможности получения доступа к радиочастотному ресурсу ниже 6 ГГц следует вернуться к анализу ситуации по п. 1.1 повестки дня ВКР-15. Как показывает анализ предварительной позиции стран РСС по данному пункту, большинство из полос частот, поддерживаемых другими региональными организациями, являются затруднительными для использования в странах РСС и в России в частности в силу проблем ЭМС с действующими радиослужбами.

Основное внимание в позиции стран АС РСС и России, в частности в рамках п. 1.1 повестки дня ВКР-15, уделено поиску полос частот в диапазоне выше 3 ГГц для удовлетворения потребностей в емкости, то есть для развертывания малых сот. Так, долгое время единственной полосой в диапазоне выше 3 ГГц, которая рассматривалась в Российской Федерации, была полоса частот 5925–6425 МГц. Однако с учетом малой поддержки со стороны других стран и региональных организаций в настоящее время также рассматриваются полосы частот 4400–4500 МГц и 4800–4990 МГц. В силу интенсивного использования других кандидатных полос радиочастот выше 3 ГГц, в частности полос 3400–3600 МГц, 3600–3700 МГц и 3700–3800 МГц земными станциями ФСС, в России полосы радиочастот 4400–4500 МГц и 4800–4990 МГц рассматриваются в качестве полос частот для обеспечения емкости в сетях ИМТ в плотной городской застройке.

В зависимости от результатов ВКР-15 для России может быть целесообразным рассмотрение возможности внедрения сетей ИМТ в полосе частот 3400–3600 МГц для внедрения малых сот LTE-Advanced. При этом целесообразна сегментация полосы частот для защиты работы ЗС ФСС. Подобная практика уже действует в Российской Федерации для фиксированного беспроводного доступа в полосе частот 3400–3600 МГц согласно решению ГКРЧ № 11-11-05 от 10 марта 2011 года.

Полосы частот, обеспечивающие покрытие (ниже 1 ГГц), могут быть идентифицированы в соответствии с п. 1.2 повестки дня ВКР-15 в полосе частот 694–790 МГц. Еще одной полосой частот для обеспечения покрытия является полоса 470–694 МГц. Эта полоса в настоящее время не поддерживается администрацией связи России, но в долгосрочной перспективе может быть рассмотрена для внедрения систем IMT. Дело в том, что в настоящее время в целях доставки телевизионного контента для большей части населения России не существует альтернативы эфирному телевизионному вещанию, что делает затруднительным распределение указанной полосы частот для ПС на ВКР-15. Тем не менее продолжение рассмотрения данной полосы частот и на ВКР-19 является весьма вероятным. Так, к 2019 году необходимо будет уточнить потребности по количеству мультиплексов ЦТВ в России и объем высвободившегося частотного ресурса после отключения аналогового вещания. К 2019 году также ожидается дальнейший рост альтернативных платформ доставки телевизионного сигнала, таких как кабельное, спутниковое и IPTV-вещание. Но самое важное, что к 2019 году будут более точно обрисованы возможности сетей IMT-2020 по доставке как нелинейного, так и линейного ТВ-контента. С учетом этого после 2019 года станет возможным планирование перехода телевизионного эфирного вещания от стандартов DVB-T к стандартам IMT-2020. Это, возможно, позволит к 2025 году уже инициировать такой переход.

Еще одним вопросом, который не относится к международным, а связан с национальным использованием радиочастотного ресурса, является вопрос использования безлицензионных полос частот. Как отмечалось выше, в рамках сетей 5G планируется активно использовать и безлицензионные полосы частот, в особенности полосы частот в диапазоне 5 ГГц. Уже сейчас современные смартфоны могут незаметно переключаться

между Wi-Fi и сетями сотовой связи под управлением оператора сотовой связи. Уже реализована техническая возможность принимать и отправлять обычные сотовые звонки через сети Wi-Fi, будучи неподключенным к сотовой сети. Как уже отмечалось ранее, разрабатывается специальная версия LTE-Advanced для работы в безлицензионных полосах частот. Все это указывает на возможность активного использования полос частот в диапазоне 5 ГГц сотовыми операторами с использованием технологий как Wi-Fi, так и LTE-Advanced, чтобы разгрузить собственные сети мобильного широкополосного доступа в традиционных лицензируемых полосах частот. Однако в Российской Федерации полосы частот 5470–5725 МГц и 5725–5850 МГц не разрешены для безлицензионного использования, и это не позволяет сотовым операторам в полной мере воспользоваться данным эффективным и недорогим методом разгрузки сетей сотовой связи.

1.4.2 Рассмотрение вопросов обеспечения частотным ресурсом выше 6 ГГц

Обеспечение радиочастотным ресурсом будущих сетей IMT-2020 необходимо рассматривать как комплексную задачу. В первую очередь стоит отметить, что для дальнейшего развития сетей IMT и сетей IMT-2020 ключевой останется роль спектра ниже 6 ГГц. Обеспечение высокой скорости, малой задержки и высокой надежности на значительной территории невозможно достичь без полос частот в нижней части спектра. Полосы частот выше 6 ГГц также будут играть важную роль, но они лишь станут инструментом повышения емкости в районах с интенсивной нагрузкой.

На данном этапе достаточно сложно спрогнозировать конкретные полосы частот, которые будут востребованы для систем IMT-2020. По этой причине стоит еще раз обратить внимание на обозначенные диапазоны частот в разделе 1.3:

- от 6 ГГц до около 20 ГГц;
- от около 20 ГГц до около 40 ГГц;
- от около 40 ГГц до 100 ГГц.

Приведенная в разделе 1.3.2 аргументация относительно условий и приоритетов, определяющих будущее использование системами IMT-2020 указанных диапазонов частот, в одинаковой степени применима как к международному, так и национальному использованию. Ключевым моментом при выборе полос частот на национальном уровне (включая использование в РФ) является обеспечение гармонизированного с международным использованием систем IMT-2020, а для этого, соответственно, требуется нахождение на международном уровне таких полос частот, которые были бы в малой степени загруженными на национальном уровне.

Целесообразно уже на самом раннем этапе активизировать работу администрации связи России как на ВКР-15, так и на ВКР-19 для поиска и гармонизации новых полос частот ниже 6 ГГц и выше 6 ГГц. При этом необходимо оперировать не реалиями сегодняшнего или даже завтрашнего дня, а вырабатывать стратегию использования спектра на десятилетие вперед, чтобы иметь возможность плавного и недорогого высвобождения спектра для наиболее современных и востребованных технологий. Ниже перечислены возможные подходы для поиска частотного ресурса выше 6 ГГц.

С учетом разных физических свойств распространения радиоволн каждый из диапазонов найдет различное применение в сетях IMT-2020. Однако, принимая во внимание загруженность диапазона от 6 ГГц до около 20 ГГц, а также предполагаемую схожесть систем IMT в этом диапазоне с системами ниже 6 ГГц, стоит максимально изыскать ресурсы ниже 6 ГГц и сконцентрироваться на поиске широких полос частот в верхних диапазонах частот. Аналогично наиболее высокий диапазон частот от около 40 ГГц до 100 ГГц

будет использоваться для систем IMT-2020 не только для доступа, но и в качестве транспорта, что делает его близким к уже существующим сетям фиксированной службы. Таким образом, в качестве задачи-минимум стоит обозначить поиск и гармонизацию широкой полосы частот в диапазоне от около 20 ГГц до около 40 ГГц. Широкая полоса частот в этом диапазоне позволит предоставить революционные услуги с высокими требованиями по пропускной способности и обеспечить емкость для массового рынка услуг передачи данных. При этом именно в этом диапазоне частот все еще сохраняется возможность эффективного обслуживания абонентов внутри помещений внешними базовыми станциями, так как в будущем до 90% трафика

может быть внутри помещений. Установка необходимого (и очень большого) числа базовых станций внутри помещений все еще является сложной задачей как с технической, так и с экономической точки зрения. При необходимости данный диапазон может быть расширен до промежутка от 20 ГГц до 50 ГГц, но желательно найти полосу частот в нижней части этого промежутка.

С точки зрения гармонизации при выборе полос частот выше 6 ГГц предпочтительна гармонизация на глобальном уровне. Первоначальное развертывание в диапазонах выше 6 ГГц будет проходить только в наиболее густонаселенных районах городов. При существенной фрагментации спектра по странам и регионам будет очень сложно ускорить процесс

становления массового производства, что затормозит развитие IMT-2020 выше 6 ГГц. Но в полосах выше 20 ГГц есть еще более веская причина для гармонизации, а именно привязка физических параметров антенных решеток к рабочему диапазону частот. Наличие нескольких диапазонов частот в верхних полосах частот потребует нескольких антенных решеток, а возможно, и нескольких отдельных широкополосных усилителей, которые невозможно разместить в смартфоне и затруднительно для размещения даже в планшете. Таким образом, может быть сформирована фрагментация рынка терминалов, которая в еще большей степени сократит потенциал массового производства и приведет к удорожанию создания сетей 5G.

2. ПРОГНОЗ И АНАЛИЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТВ-ВЕЩАНИЯ, ВКЛЮЧАЯ ВОПРОСЫ КОНВЕРГЕНЦИИ С СЕТЯМИ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ IMT

2.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТВ-ВЕЩАНИЯ

Телевизионное вещание является одним из важнейших источников получения информации. Основная роль телевизионного вещания в национальной экономике, общественной и политической жизни определяется его возможностью создавать и поддерживать единое информационное пространство, создавать у людей ощущение общности, взаимосвязи, единства. Это важнейшая общественная и государственная функция телевизионного вещания, которую будет сложно осуществить при помощи других технологий. При этом наземное эфирное ТВ-вещание в России являлось и все еще является, несмотря на развитие использования других сред передачи, основным средством

доставки телевизионных программ именно в силу своей доступности. В цифровых системах вещания доступность сочетается с высоким качеством передаваемых программ, достижимым при современных методах обработки изображения.

Традиционное телевизионное вещание не предусматривает интерактивности, и поэтому его принято называть линейным.

Главным отличием эфирного вещания от всех имеющихся сегодня других видов доставки линейного видеоконтента является качество, общедоступность и бесплатность эфирного вещания. Низкие затраты на строительство сетей, охватывающих большие территории, по сравнению с другими наземными технологиями, и отсутствие необходимости какой-либо модернизации сети при сколь угодно большом увеличении

числа абонентов в пределах зоны обслуживания позволяют наземному телевизионному вещанию работать по модели бесплатного неограниченного доступа Free View, гарантируя доставку информации для всех слоев населения.

Рассматривая перспективы развития телевизионного вещания, важно ответить на вопрос – при всей доступности, охватывает ли модель линейного вещания интересы сегодняшнего и будущего потребителя, формирующиеся с учетом опыта использования интерактивных услуг и сетей передачи данных, и в какой степени телевизионное вещание готово выходить за пределы традиционной для него линейной модели.

Современный период характеризуется уже не внедрением цифровых технологий передачи и обработки информации, а постепенным распро-

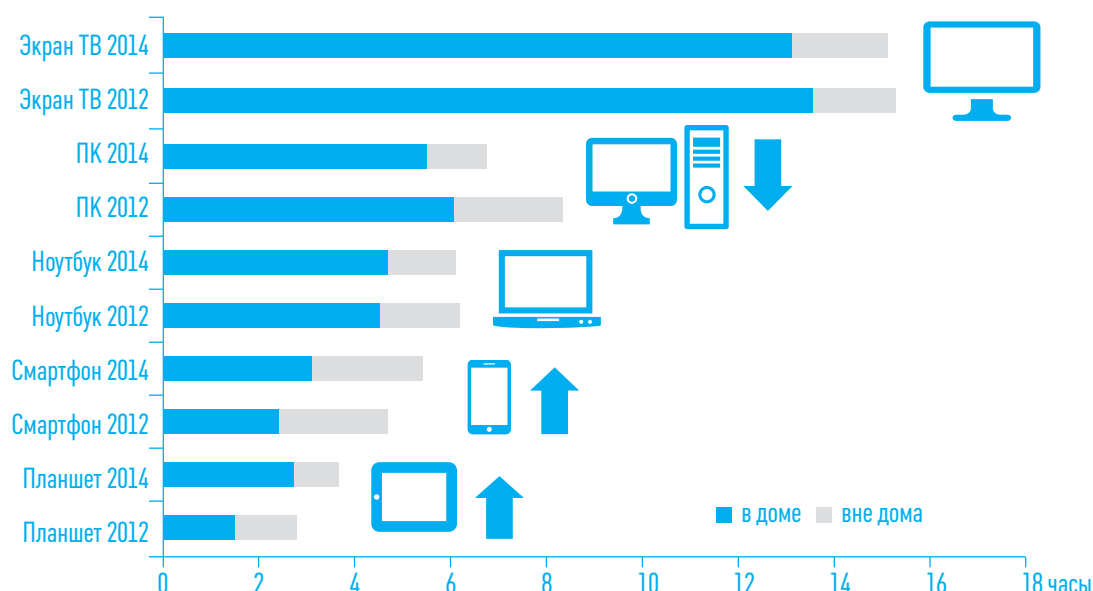


Рис. 2.1. Среднее количество часов просмотра видео на каждом устройстве в неделю

странением этих технологий среди все более и более широких слоев населения, охватом все большего числа сфер человеческой деятельности. Это в значительной мере касается технологий связи, однако еще в большей степени актуально для передачи аудиовизуального контента и оконечных устройств. «Умные» телевизоры, портативные компьютеры и планшеты получают все большее распространение, открывая все большему числу конечных потребителей информационных услуг принципиально новые возможности для взаимодействия с информационной средой. Сама информационная среда также претерпевает определенные трансформации, связанные с адаптацией к этим новым возможностям. Среднее время, которое пользователи тратят на просмотр видео через разные устройства, показано на рис. 2.1⁶.

Весь современный рынок услуг в области предоставления аудиовизуального контента формируется в первую очередь на основе звуковых и видеопрограмм, созданных в рамках модели линейного вещания. Даже ориентированные исключительно на интернет-услуги сервисы, такие как Netflix, используют модели линейного контента при производстве собствен-

ных программ, и только затем нелинейные модели применяются при их распространении, причем сам контент остается линейным. Другой характерный пример – даже известный сервис YouTube не идет дальше упорядочивания показа и отбора линейных видеороликов. На сегодняшний день общепринятых стандартов нелинейных форм аудиовизуального контента все еще не создано, а немногочисленные проекты в этой области носят нишевый характер. Тем не менее просмотр линейного контента по запросу принято относить к нелинейному вещанию с целью его дифференциации относительно классического телевидения.

Необходимо отметить, что сети и технологии передачи данных, основанные на протоколах IP, развиваются быстрыми темпами. Они ориентированы на оказание универсальных услуг, включающих как услуги связи, так и услуги передачи контента. Однако, несмотря на быстрое развитие технологий, основанных на использовании широкополосного доступа к глобальной сети передачи данных, этим технологиям по некоторым параметрам еще не удалось достичь характеристик и возможностей, присущих ТВ-вещанию, прежде всего в отношении

простоты использования, доступности и масштабов охвата.

Ключевым вопросом, важным при разработке концептуальных документов в области электросвязи, является оценка роли различных технологий связи и видов информационных услуг и их взаимосвязи на среднесрочную и долгосрочную перспективу. В частности, важен вопрос о том, вытеснят ли технологии передачи данных и широкополосного доступа (универсальные сети) более традиционные виды связи, возможна ли их конвергенция – на низких/средних уровнях модели ИСО или в виде решений ОТТ, каковы условия, определяющие применение и распространение различных технологий передачи информации в настоящее время и как они изменятся в будущем.

Только при определении ответов на эти вопросы становится возможным рассматривать условия, определяющие перспективы развития тех или иных технологий в том случае, если идет речь об имеющих общественную значимость технологиях массового применения, таких как ТВ-вещание.

В данном разделе, с учетом необходимости долгосрочного прогнозирования использования радио-

⁶ Исследование Ericsson ConsumerLab TV & Media, 2014.

частотного спектра перспективными радиотехнологиями, более детально рассматриваются именно возможности использования эфирных технологий для обеспечения цифрового ТВ-вещания и соответственно развития услуг на базе данных технологий.

2.1.1 Цели и задачи развития услуг цифрового телерадиовещания

В соответствии с Концепцией ФЦП по развитию телерадиовещания до 2015 года сети эфирного телевидения должны обеспечить охват вещанием 98,8% процента населения Российской Федерации. Стратегия развития телерадиовещания в Российской Федерации на более долгосрочный период определена в проекте новой Концепции цифрового телевизионного, радио- и мультимедийного вещания в Российской Федерации на период до 2025 года, разработанной во ФГУП НИИР. В Концепции нашли отражение вопросы развития перспективных технологий формирования и доставки контента:

- развитие перспективных видов телевидения, включая телевидение высокой и ультравысокой четкости, трехмерное телевидение, мобильное телевидение, IP-телевидение, Интернет;
- телевидение, системы гибридного телевидения, телевидение с элементами интерактивности;
- обеспечение потребностей доставки телерадиоканалов методами спутникового непосредственного телевизионного вещания и кабельного телевидения;
- развитие перспективных телевизионных технологий, включая видеоинформационные системы, нелинейные и файловые методы телевизионного вещания, системы широкополосного доступа, всемирный вещательный роуминг;
- развитие конвергентных систем и способов доставки телевизионного контента, в основе которых лежит объединение традиционных систем цифрового телевизионного вещания с системами подвижной

сотовой связи и системами передачи по сети Интернет.

Однако для достижения этих целей необходимо решить сложные задачи, а именно:

- определить техническую политику телерадиовещания на долгосрочную перспективу;
- модернизировать нормативную правовую базу отрасли телерадиовещания;
- предпринять необходимые меры по определению потребностей в радиочастотном ресурсе и повышению эффективности его использования на основе перспективных цифровых технологий и стандартов;
- определить этапы и сроки перехода на перспективные телевизионные технологии.

При рассмотрении существующего и будущего применения технологий и сетей радиосвязи в Российской Федерации, необходимо учитывать неоднородность социально-экономических условий проживания различных категорий населения и различия в развитии инфраструктуры в разных регионах, в городской и сельской местности. Для дальнейшего анализа целесообразно выделить следующие основные категории:

- крупные города, промышленные и финансовые центры с высокой плотностью населения, высокими доходами населения и развитой инфраструктурой сетей связи;
- сельская местность и пригородные районы с низкой плотностью населения, обычно имеющего низкий уровень доходов, неразвитой инфраструктурой сетей связи;
- удаленные районы с низкой и очень низкой плотностью населения, обычно имеющего низкий уровень доходов, неразвитой или полностью отсутствующей инфраструктурой опорных сетей связи.

Основными социальными целями в сфере цифрового телерадиовещания до 2025 года являются развитие информационного пространства, обеспечение населения много-

канальным вещанием с гарантированным предоставлением обязательных телерадиоканалов заданного качества, повышение качества передаваемых программ, удобства пользования и информационной эффективности функционирования системы телерадиовещания с учетом новых технологических реалий:

- перспективных видов телевидения, включая телевидение высокой и ультравысокой четкости, трехмерное телевидение, мобильное телевидение, IP-телевидение, интернет-телевидение, системы гибридного телевидения, телевидение с элементами интерактивности;
- перспективных телевизионных технологий, включая видеоинформационные системы, нелинейные и файловые методы телевизионного вещания, системы широкополосного доступа;
- перспективных технологий в области цифрового звукового вещания;
- потребностей в радиочастотном спектре и распределения телерадиоканалов с помощью перспективных методов эфирного наземного, спутникового непосредственного и кабельного телевидения.

2.1.2 Анализ основных направлений развития цифрового телевизионного вещания

Основные направления развития телевизионного вещания на период 2015–2025 годов определяются результатами внедрения наземного цифрового телевизионного вещания, результатами перехода от аналогового к цифровому вещанию, а также результатами выполнения государственных программ по развитию телерадиовещания.

Внедрение цифрового ТВ-вещания на новом этапе развития должно базироваться на обеспечении многопрограммности, предложении интерактивных мультимедийных услуг, развитии вещания в IP-сетях и сети Интернет, развитии и широком

внедрении цифрового телевидения в форматах высокой четкости и сверхвысокой четкости. При этом переход на форматы высокой четкости и сверхвысокой четкости должен сопровождаться развитием и внедрением систем трехмерного (3D) телевизионного вещания, а также телевизионных многофункциональных 2D/3D видеоинформационных систем (ВИС) различного назначения.

Исходя из мировых трендов развития технологии и рынка потребительской электроники, в качестве ближайшей перспективы внедрения новых технологий цифрового телевизионного вещания следует рассматривать телевидение высокой четкости. В дальнейшем с учетом появления технических возможностей и доступного спектра возможен переход к еще более емким форматам вещания, таким как 3D-телевещание и вещание сверхвысокой четкости.

Телевидение высокой четкости (ТВВЧ) – это цифровая технология, представляющая набор стандартов телевизионного вещания высокого качества с пространственным разрешением 1920x1080 пикселей. Телевидение высокой четкости уже является реальностью. Большинство телерадиовещательных организаций запускают вещание телеканалов в формате высокой четкости. В спутниковых и кабельных сетях уже ведется вещание телеканалов в формате высокой четкости. Внедрение стандарта DVB-T2 создает условия для начала вещания телеканалов в формате высокой четкости в наземной сети эфирного цифрового телевизионного вещания. Доступная на сегодняшний день скорость передачи данных в стандарте DVB-T2 составляет порядка 33 Мбит/с, что дает возможность организовать вещание четырех телеканалов в формате высокой четкости. В случае развертывания местных сетей скорость передачи информации может быть увеличена.

ТВВЧ – быстро распространяющийся телевизионный стандарт, использующий преимущества циф-

ровой технологии для существенного улучшения качества изображения, что позволяет использовать экраны больших диагоналей без значительных потерь качества картинки. Важным фактором для развития систем ТВВЧ является обеспечение повышенной пропускной способности каналов доставки, необходимой для передачи сигналов высокого пространственного разрешения. Однако именно внедрение ТВВЧ позволяет раскрыть потенциал цифровых стандартов вещания, и обеспечить пользователя действительно новым (отличающимся в лучшую сторону от аналогового ТВ-вещания) и поэтому привлекательным набором услуг. Дело в том, что стандартная четкость досталась телевидению в наследство от аналоговых систем ТВ-вещания и телевизоров на электронно-лучевых трубках с чересстрочной разверткой и соотношением сторон изображения 4:3. Она плохо приспособлена к возможностям современных ТВ-приемников, для которых оптимальным является использование построчной развертки и соотношения сторон 16:9.

Ожидается, что населением будет сформирован спрос на получение основных (для среднесрочного периода) и всех (для долгосрочной перспективы) ТВ-программ в стандарте ТВВЧ. Тем не менее может потребоваться переходный период, во время которого большинство программ в стандарте ТВВЧ будет также транслироваться в версии стандартной четкости, чтобы обеспечить возможность их приема для всей аудитории. Необходимость параллельного вещания зависит от характеристик приемной аппаратуры, установленной у пользователей. Воспроизведение программ ТВВЧ в стандарте MPEG4 поддерживается большинством приемников DVB-T2, и поэтому, если в стране (как в России) с самого начала использовалась система DVB-T2, фазу параллельного вещания можно полностью исключить или сократить до минимума.

Развитию ТВВЧ-вещания способствуют следующие факторы:

- быстрый рост парка телевизоров, способных принимать сигналы ТВВЧ, число которых в настоящее время уже достаточно велико;
- недостатки форматов представления программ стандартной четкости в цифровых системах вещания, прежде всего сложность обеспечения качественного отображения сигналов стандартной четкости форм-фактора 4:3 с чересстрочной разверткой современными телевизионными дисплеями на основе плазменных и ЖК-экранов в сценах с движением;
- постепенное увеличение размеров экрана телевизионных приемников и видеоэкранов, требующее повышения качества передачи изображения, поскольку происходит уменьшение дистанции просмотра относительно диагонали экрана;
- массовое распространение и снижение стоимости аппаратуры производства ТВВЧ-программ;
- увеличение числа производителей контента ТВВЧ с соответствующим увеличением числа каналов ТВВЧ в сетке вещания операторов спутниковых и кабельных систем телевизионного вещания;
- новизна и привлекательность данного сервиса заметно способствует росту популярности услуг как платных операторов ТВ-вещания, так и телеканалов, работающих по модели свободного доступа.

ТВВЧ уже стал де-факто стандартом вещания и производства программ в большинстве стран мира, поэтому полный переход на ТВВЧ в сетях наземного телевизионного вещания является лишь вопросом времени. Современные тенденции развития ТВВЧ свидетельствуют о том, что на данный формат со временем может быть переведено все вещание, в том числе программы уже развернутых стартовых мультиплексов. В Российской Федерации принято решение о переводе программ первого и второго мультиплексов цифрового вещания в формат высокой четкости.

Телевидение ультравысокой четкости (ТВУВЧ) обеспечивает дальнейшее улучшение качества изображения, которое становится востребованным по мере распространения ТВ-приемников и дисплеев с большими экранами. Важной особенностью ТВУВЧ является появление эффекта присутствия, поскольку изображение на экране благодаря улучшенному качеству становится неотличимым от живого изображения. За счет высокого разрешения также достигается эффект объемности изображения, получаемый при правильной обработке света и тени.

ТВУВЧ предусматривает использование двух основных стандартизованных форматов с соотношением сторон 16:9 и предложенного производителями не стандартизированного ТВ-формата с соотношением сторон 21:9:

- формат 4k – 3840 x 2160 пикселей (соотношение сторон 16:9);
- формат 5k – 5120 x 2160 пикселей (соотношение сторон 21:9);
- формат 8k – 7680 x 4320 пикселей (соотношение сторон 16:9).

Система наземного цифрового вещания DVB-T2 уже в настоящее время позволяет организовать передачу сигнала сверхвысокой четкости формата 4k со скоростью цифрового потока до 40–50 Мбит/с в стандартном наземном канале шириной 8 МГц. Все что необходимо для внедрения такой системы – распространение телевизоров и ТВ-приставок с поддержкой воспроизведения видеосигналов сверхвысокой четкости и телевизоров соответствующего разрешения. Во многих странах ведутся опытные работы по организации передач ТВУВЧ в наземном телевизионном вещании. Среди этих стран Япония, Корея, Франция, Испания, Швеция, Великобритания. В Японии ведется разработка стандарта передачи изображений сверхвысокой четкости 8k в стандартном наземном радиоканале ТВ-вещания шириной 8 МГц.

Телевизоры, поддерживающие стандарт ТВУВЧ 4k (4k Ultra-HD), вышли на рынок в 2013 году.

Ожидается, что более 12% от всех проданных телевизоров по всему миру в 2015 году составят модели ТВУВЧ 4K. Производители обещают существенное снижение цен на приемное оборудование ТВУВЧ для массового рынка. Анализ развития технологий производства ТВ-экранов показывает, что большие и сверхбольшие экраны выйдут на массовый рынок к концу текущего десятилетия. Ожидается, что распространение ультрабольших экранов и видеостен, обеспечивающих эффект присутствия, будет одним из важных факторов, формирующих лицо СМИ и всего телевидения в ближайшие десятилетия.

Еще одним направлением развития является вещание в формате 3D. Многофункциональные трехмерные (3D) телевизионные системы являются важными будущими применениями цифрового ТВ-вещания и по праву могут считаться одним из ключевых направлений развития цифрового телевидения. Несмотря на большую сложность создания контента и несовершенство технических средств воспроизведения, доступных на рынке в настоящее время, исключающие возможность быстрого перевода всего вещания на 3D-формат, трехмерное вещание уже занимает определенную нишу.

Ожидается, что технические характеристики 3D-дисплеев будут постепенно улучшаться, вызывая в свою очередь увеличение спроса на соответствующий контент. В перспективе (после 2025 года) видеоконтент в форматах ТВУВЧ и ТВУВЧ 3D будет наиболее востребованным и распространенным.

2.1.3 Развитие услуг телевизионного вещания в различных средах доставки телевизионных программ

На современном этапе среди множества систем доставки телевизионного контента четко выделяются стандартные системы цифрового телевизионного вещания, которые в европейской зоне вещания представлены семейством стандартов

DVB различного назначения, системы доставки, использующие IP-протоколы, а также системы широкополосного доступа (ШПД), использующие различные проводные и беспроводные сети.

Наземное ТВ-вещание

Технология наземного цифрового телевизионного вещания позволяет предоставлять населению бесплатно общедоступные обязательные теле- и радиоканалы на всей территории страны.

Большое значение для перспектив развития наземного телевизионного вещания имеет использование данной платформы в качестве базовой для государственного и общественно-государственного вещания, в том числе для предоставления населению большого объема государственных услуг и создания систем оповещения о чрезвычайных ситуациях. Обеспечение альтернативной возможности приема программ наземного эфирного вещания будет являться сдерживающим фактором для роста тарифов операторов других способов доставки контента.

Как показывает опыт стран Западной Европы, платформа наземного цифрового вещания имеет высокую конкурентноспособность и успешно развивается даже в странах, где проникновение кабельного и спутникового вещания является достаточно высоким. При этом при внедрении цифрового вещания в Германии был отмечен даже некоторый отток абонентов платных кабельных и спутниковых сетей из-за перехода на наземную платформу вещания. Это вызвано тем, что наземное вещание способно обеспечить хоть и меньший, чем в спутниковом и кабельном ТВ, но все же достаточно большой набор программ и высокое качество, при этом не требуя абонентской платы.

Во многих странах (особенно это характерно для стран с большой территорией) инфраструктура наземного вещания остается основным механизмом доставки населению общедоступных сервисов, например, программ телевидения и звукового вещания.

К достоинствам платформы наземного вещания можно отнести:

- практически повсеместный охват территории;
- возможность трансляции на стационарные и мобильные устройства;
- возможность эффективного разграничения основного и местного (регионального) контента;
- обширная база приемных устройств у населения;
- традиционное предоставление бесплатного обслуживания;
- поддержка со стороны вещателей, операторов сетей, регулирующих органов и производителей;
- общедоступность для населения;
- потенциал для будущего развития.

В настоящее время дальнейшее развитие наземного цифрового телевизионного вещания оказалось фактически заблокировано по причине отсутствия свободных частот. Лишь после начала отключения аналоговых станций появится частотный ресурс для дальнейшего развития наземного вещания, в частности, для перехода к телевидению высокой четкости и другим перспективным форматам вещания.

Кабельное и спутниковое ТВ-вещание

Сети кабельного телевизионного вещания для передачи программ используют коаксиальный кабель и те же частоты, что и наземное вещание, только количество передаваемых в канале программ существенно больше, чем в сетях эфирного вещания. Операторы кабельного вещания не только задействуют все эфирные диапазоны, но и начинают активно использовать расширенный кабельный диапазон (ниже 470 МГц). По сравнению с наземным ТВ-вещанием кабельные ТВ-сети имеют значительно меньший охват, в основном ограничиваясь населением крупных и средних городов. При уменьшении плотности проживания населения (например, в малых городах, в пригородной и сельской местности) стоимость строительства сетей КТВ

на одного абонента многократно возрастает.

Преимущество спутниковых сетей в том, что они способны обеспечить значительные скорости передачи данных и охват огромной территории. Однако для приема непосредственного спутникового вещания появляется необходимость в комплексе приемного оборудования: параболические приемные антенны с усилителем-конвертором, фидерная линия и спутниковые приемники, которые можно установить не во всех условиях местности и не во всех домохозяйствах. По сравнению с наземным ТВ-вещанием для спутникового ТВ характерна высокая стоимость организации и поддержания вещания (стоимость радиоканала), делающая невозможной модель Free View. При непосредственном спутниковом вещании достаточно сложно и дорого организовать региональное и тем более местное вещание, для этого потребовалось бы задействовать слишком большое количество частотного ресурса.

В России начало 21 века ознаменовалось бурным ростом абонентской базы сетей кабельного и спутникового вещания, в Западной Европе и США этот процесс начался еще раньше. Тем не менее, в Европе свыше 50% абонентов все еще смотрят наземное ТВ-вещание. Очевидно, что рыночная ниша наземного ТВ-вещания не совпадает (хотя частично перекрывается) с нишами кабельного и спутникового телевидения. Спутниковое и кабельное ТВ предоставляют высокую емкость и большой спектр услуг за плату, а наземное ТВ-вещание – общедоступность и низкую стоимость оборудования.

IPTV и интернет-вещание

В будущем на модель и общую стратегию ТВ-вещания в первую очередь будет влиять интеграция ТВ-вещания и информационных технологий. В результате при интеграции различного рода игроков телекоммуникационного рынка на фоне традиционных моделей вещания будут развиваться альтернативные модели:

IPTV, интернет-телевидение и мобильное телевидение.

IPTV позволяет обеспечить простой для пользователя интерактивный доступ к огромным базам видеопрограмм, что является важным конкурентным преимуществом. Рассматривая положительные перспективы развития IP-телевидения, необходимо учитывать достаточно жесткую конкуренцию со стороны интернет-телевидения, обеспечивающего непосредственный доступ к телевизионному контенту с помощью интернет-технологии типа ОТТ (Over The Top). Телевидение с помощью сети Интернет – одна из немногих телекоммуникационных услуг, в рамках которой средняя выручка на одного пользователя уверенно растет. Экспертные оценки показывают перспективы неуклонного роста распространения телевизионного контента с помощью данной технологии. Этой тенденции будет способствовать также широкое распространение различного рода гибридных цифровых телевизионных приемников (в том числе телевизоров типа Smart TV).

Для развития интерактивного IP-телевидения необходим ряд важных условий:

- наличие у абонентов необходимого оборудования и минимального уровня компетенции для его правильной эксплуатации, а также готовности оплачивать услуги IPTV и сопутствующие расходы (например, оплату ШПД-подключения – отдельно в случае ОТТ или в составе цены);
- наличие широкополосного канала связи от оператора IP-телевидения до абонента, не подверженного критичному ухудшению пропускной способности в периоды пиковой загрузки;
- наличие у оператора IPTV мощного аппаратного комплекса, способного обслужить всех активных пользователей без падения уровня качества в периоды пиковой нагрузки.

Развитие сетей по технологии IPTV в перспективе должно вытеснить сети кабельного вещания, однако развитие сетей с большим охватом населения и обеспечение технической возможности реализации качественных услуг для большого числа абонентов требуют высоких затрат, что сдерживает проникновение IPTV на рынках с низкой покупательной способностью населения, например, в малых городах и сельской местности.

Передача файлов в сетях ШПД

В традиционных сетях передачи данных, основанных на протоколах семейства IP (интернет-протокол) и сопутствующих стандартах, наиболее очевидным способом передачи телевизионных и мультимедийных программ является передача файлов. Файл является понятием, относящимся к более высоким уровням модели ИСО, чем каналный или сетевой уровень. Поэтому рассмотрение возможных реализаций вещания или его эквивалентов в сетях передачи данных необходимо проводить с привлечением элементов уровня представлений и прикладного уровня, которые в общем случае выходят за рамки базовой стандартизации IP-сетей и существуют в почти полностью нерегулируемой среде.

Файлы в сетях передачи данных могут доставляться намного проще и дешевле, чем при передаче в реальном времени. В сети Интернет и в локальных сетях фактически уже сформировалась целая инфраструктура предоставления пользователю новых привлекательных и недоступных ранее индивидуальных мультимедийных услуг. Однако для совместного просмотра программ и передач в реальном времени эта технология не применима. Кроме того, для пользователя она предполагает более высокую трудоемкость и большую компетентность в области ИКТ по сравнению с другими технологиями доставки контента, так как доставкой и хранением файлов он должен управлять вручную.

Без сомнения, передача файлов в сети Интернет имеет большое буду-

щее, поскольку является максимально гибким механизмом, позволяющим наиболее эффективно использовать слабо развитую инфраструктуру сетей связи, характерную для развивающихся стран и удаленных районов. Однако, в отличие от линейного ТВ-вещания, для достаточно быстрой передачи файлов телевизионных и мультимедийных программ все же необходимы двунаправленные высокоскоростные каналы передачи данных – на сегодняшний день такие каналы может предоставить только опорная сеть проводного ШПД, к которой могут подсоединяться оконечные беспроводные средства для малых зон охвата (например, в пределах домохозяйства) либо только для ограниченного количества пользователей. Также необходима компетентность пользователей в области ИКТ, желание и возможности пользователей заниматься фактически ручным администрированием доставки (организуемой заблаговременно, до просмотра), хранения и воспроизведения контента и наличие соответствующего оборудования (компьютеров, устройств хранения и воспроизведения контента). Важно также отметить, что в России создаются правовые и технические ограничения для распространения контента в сети Интернет с целью защиты интересов обладателей исключительных прав на распространение контента. Перечисленные выше факторы будут существенно ограничивать распространение ТВ-смотрения данного типа.

2.1.4 Перспективы конвергенции с сетями передачи данных

Все современные системы вещания и связи являются цифровыми и предусматривают возможность передачи пакетов данных и интеграцию с протоколами семейства IP. Таким образом, внедрение цифровых систем в телевидении, мобильной и фиксированной широкополосной связи открывает беспрецедентные возможности для построения единой инфокоммуникационной среды, объединяющей различные типы доставки

и технологии радиосвязи для обеспечения наиболее эффективной и удобной доставки цифрового контента конечным потребителям.

Понятие конвергенции означает взаимопроникновение, объединение услуг и сервисов на самых различных уровнях модели ИСО (OSI). В перспективности и востребованности подобной работы нет никаких сомнений, однако более интересным является вопрос о том, как именно и на каких конкретно уровнях модели ИСО должна проходить такая конвергенция для получения наиболее эффективного результата.

Существуют два основных подхода: интеграция сервисов на верхних уровнях модели ИСО (прежде всего, прикладном) и интеграция сервисов за счет перехода на новые стандарты.

При интеграции на верхних уровнях модели ИСО вся необходимая функциональность реализуется в абонентских устройствах или домашних сетях с использованием стандартных средств приема вещания и/или работы в сетях ШПД. Такое взаимодействие рассмотрено в разделе 2.2 на примере наземного телевизионного вещания в гибридных системах вещания и связи. При интеграции за счет перехода на новые стандарты будет необходима разработка универсальных стандартов связи, обеспечивающих как услуги вещания, так и услуги связи и ШПД. Данный подход также рассмотрен в разделе 2.2 на примере реализации технологии LTE Broadcast.

В рассматриваемый период будет происходить постепенная эволюция работы вещательных систем – трансформация традиционного многопрограммного линейного телевизионного вещания в мультимедийное вещание, характерной чертой которого является доставка потребителю кроме линейных телевизионных каналов целого ряда дополнительных услуг, в том числе услуг, позволяющих сделать выборочный просмотр линейных программ более удобным за счет определенных средств автоматизации отбора и воспроизведения контента.

Основные направления разработки таких систем следующие:

- для вещательных служб общего применения – отложенный просмотр телевизионных программ, интеллектуальный программный гид и виртуальная персонализация вещания, сопутствующие информационные услуги (интернет-вещание, например – прогноз погоды, курсы валют, календарь, обстановка на дорогах, текстовые новости, медицинские информационные услуги; специализированные применения, например – общеобразовательное и профессиональное дистанционное обучение и т. д.);
- для гибридных и интерактивных систем – персональные вещательные сервисы: видео по запросу (Video on Demand – VoD), аудио по запросу (Audio on Demand – AoD), почти видео по запросу (Near Video on Demand – NVoD), телевидение вслед за эфиром (Catch Up TV), телевидение в любое время (TV Anytime) и т. д.;
- потребительские сервисы – телеинформатор, телегид, телемагазин и т. д.

Внедрение интегрированных информационно-телекоммуникационных систем, объединяющих возможности вещания, связи и компьютерной техники, требует создания нового поколения телевизоров, наделенных рядом интеллектуальных возможностей, совмещающих технологии ТВ-вещания и компьютерных систем. Данная тенденция уже обозначалась с внедрением так называемых телевизоров Smart TV.

Традиционный линейный просмотр телевизионных передач будет уступать место формированию персональной сетки передач, как на стороне провайдера услуг в случае интерактивного ТВ, так и непосредственно в абонентском приемнике при линейном ТВ-вещании.

2.2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТВ-ВЕЩАНИЯ

2.2.1 Развитие традиционных стандартов линейного эфирного вещания

2.2.1.1 Существующие системы эфирного цифрового ТВ-вещания

На начальном этапе внедрения эфирного цифрового ТВ-вещания распространение получили так называемые стандарты первого поколения ATSC, DVB-T, ISDB-T и DTMB. Однако к 2025 году данные стандарты будут менее актуальными, и поэтому целесообразно рассматривать только стандарты второго поколения. В Российской Федерации уже в настоящее время используется такой стандарт DVB-T2.

DVB-T2 – второе поколение стандарта DVB-T, европейского стандарта эфирного цифрового телевизионного вещания, который допускает и предполагает дальнейшие модификации. Стандарт DVB-T2 призван увеличить емкость сетей ЦТВ по сравнению с DVB-T, при той же инфраструктуре сети и частотных ресурсах. При разработке системы DVB-T2 были подвергнуты существенной переработке методы модуляции, алгоритмы помехозащитного кодирования, структура организации цифрового потока⁷. Изменения также коснулись спектральной маски цифрового сигнала: с учетом предполагаемого улучшения характеристик модулятора по подавлению боковых полос, введены режимы с расширенной спектральной маской, изменились позиции и количество пилотных несущих, усовершенствованы алгоритмы формирования пилотных несущих. Введены компенсационные механизмы, позволяющие снизить выбросы мощности цифровой модуляции посредством введения в канал дополнительных специально сформированных несущих частот. Следствием совокупности нововведений является существенное изменение технических

характеристик передаваемого сигнала, степени его помехоустойчивости, влияния на другие РЭС.

Система DVB-T2, как и система DVB-T, позволяет создавать синхронные одночастотные передающие сети большой протяженности (сотни километров). Спектральная эффективность в сетях DVB-T2 составляет до 6,25 бит/с/Гц.

Наличие большого количества режимов модуляции позволяет выбирать параметры передачи в зависимости от задач, разменивая пропускную способность радиоканала и помехозащищенность. Таким образом, в рамках единой системы вещания могут реализовываться как обычное ТВ-вещание, так и ТВ-вещание для портативного и мобильного приема. Для передачи информации на мобильные устройства разработано специальное расширение – DVB-T2 Lite, являющееся дополнительным профилем к основной системе вещания. Использование профиля DVB-T2 Lite позволяет упростить конструкцию приемного оборудования с целью его удешевления и снижения энергозатрат. Система DVB-T2 также поддерживает передачу пакетных данных и семейство протоколов IP. Эта особенность может применяться при разработке гибридных систем вещания и связи. В системе предусмотрено наличие специальных временных блоков будущих расширений (Future Extension Frame), которые могут использоваться для работы будущих систем передачи различных услуг и типов контента. Таким образом, одна передающая сеть DVB-T2 по сути может являться мультисервисной сетью, обеспечивая ряд совершенно разных услуг различных систем связи с временным чередованием блоков данных для каждой услуги с различной модуляцией, что позволяет обеспечить для определенных услуг большую пропускную способность, в то время как для других – больший размер зоны обслуживания.

⁷ BT.2254 «Частота и аспекты сетевого планирования DVB-T2».

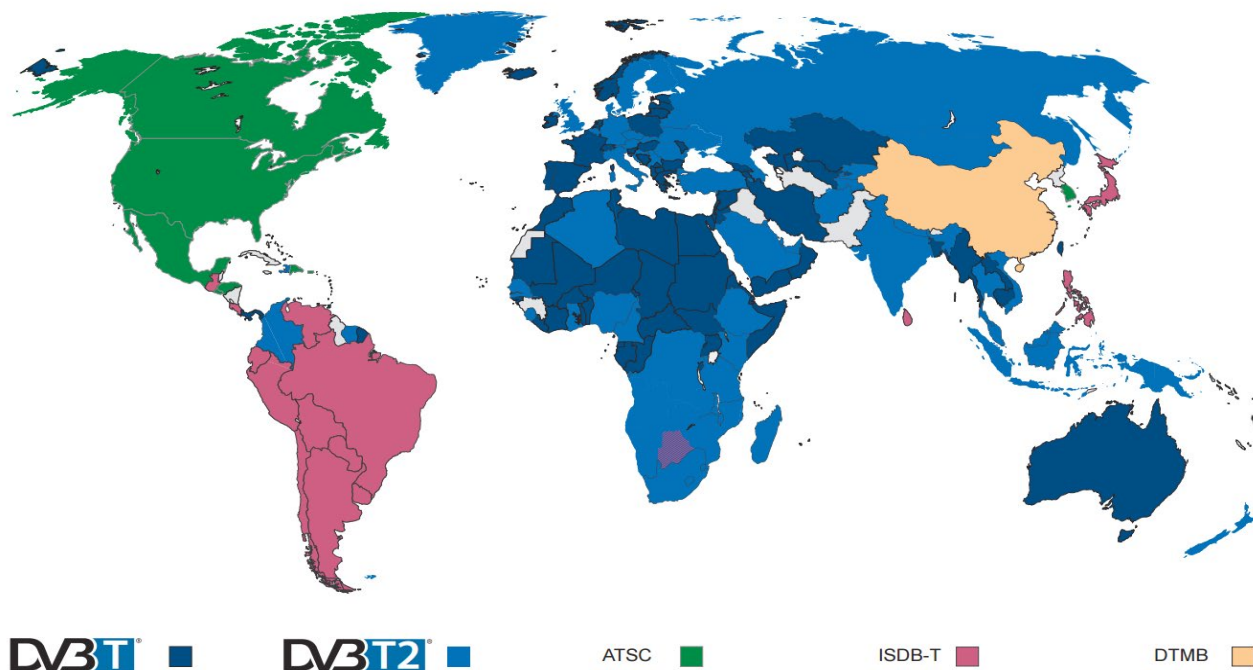


Рис. 2.2. Внедрение стандарта DVB-T2 в мире⁹

Детальные параметры для второго поколения НЦТВ стандарта DVB-T2 могут быть найдены в Рекомендации МСЭ-R BT.1877-1. Для DVB-T2 были разработаны следующие характеристики⁸:

- Модуляция OFDM с группами QPSK, 16-QAM, 64-QAM или 256-QAM.
- OFDM-режимы 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k и «32k ext». Длина символа для режима 32k составляет около 4 мс.
- Относительные длины защитных интервалов: 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128 и 1/4. (для режима 32k максимум 1/8);
- FEC с каскадным применением корректирующих кодов LDPC и BCH.
- DVB-T2 поддерживает частотные полосы пропускания канала: 1,7, 5, 6, 7, 8 и 10 МГц. Причем 1,7 МГц предназначена для мобильного телевидения.
- Передача в режиме MISO с использованием схемы Аламути.
- Скорость передачи в канале 8 МГц до 50,4 Мбит/с.

На рис. 2.2 представлены страны, в которых внедряется стандарт второго поколения DVB-T2 (данные за апрель 2015 года). Как видно из рисунка, данный стандарт имеет широкое распространение в мире.

Для Российской Федерации наиболее интересен опыт Европы. Развертывание сетей цифрового телевидения и отключение аналогового проходило в большинстве стран Европы в период с 2007 по 2013 год. В настоящее время практически все страны покрываются 7-9 мультиплексами НЦТВ. Есть и «чемпионы» – Италия с 19 МП. Однако в ряде стран сохраняется вещание в стандарте DVB-T.

Широкое внедрение телевизоров с большими экранами вызвало появление новых стандартов телевизионного изображения – телевидение высокой, сверхвысокой четкости и объемного изображения (ТВВЧ, ТВУВЧ, 3D ТВ). Трансляция передач этих стандартов как раз и требовала повышенной пропускной способности канала. Таким образом, перевод сетей DVB-T в DVB-T2 обеспечивает эфирную доставку потребителю

телевизионного контента в высоком качестве. Нужно отметить, что Россия в этом случае оказалась в передовых, поскольку свои сети цифрового вещания она строит сразу для стандарта DVB-T2.

2.2.1.2 Перспективы развития стандартов линейного вещания

В среднесрочной перспективе ожидается начало внедрения стандартов ультравысокой четкости в ряде регионов, возможен запуск отдельных пилотных проектов. В целом перспективы внедрения ТВУВЧ будут определяться распространением приемного оборудования соответствующих стандартов и наличием радиочастотного ресурса (и его конечной стоимостью) для запуска дополнительных мультиплексов. Массовое внедрение ТВУВЧ будет происходить позднее (ориентировочно после 2025 года) с применением следующего поколения стандартов передачи.

В то же время запустить вещание в формате ТВУВЧ можно с использованием существующих технических решений и серийно выпускаемого оборудования.

⁸ BT.2036 «Характеристики эталонной приемной системы для частотного планирования систем цифрового наземного телевидения».

⁹ <https://www.dvb.org/news/worldwid>.

В таблице 2.1 приведены технические параметры передачи опытной станции ТВУВЧ в стандартном радиоканале шириной 8 МГц, созданной в Испании.

Для передачи сигнала ТВУВЧ используется система DVB-T2 с кодеком HEVC/H.265. В данном примере показано, что пропускной способности

стандартного наземного телевизионного радиочастотного канала шириной 8 МГц достаточно для передачи программы ультравысокой четкости. В долгосрочной перспективе за счет улучшения алгоритмов сжатия будет возможно довести количество программ ТВУВЧ до двух программ в мультиплексе с пропускной способностью 40–50 Мбит/с. Для приема программ данной станции могут использоваться выпускаемые в настоящее время ТВ-приемники ТВУВЧ, поддерживающие кодек H.265.

Для передачи программ ультравысокой четкости с разрешением 7680 x 4320 пикселей (8к) в наземных радиоканалах разрабатывается новый стандарт вещания с применением методов модуляции, предусматривающих значительное повышение пропускной способности на 1 Гц за счет использования MIMO с двойной поляризации и многоуровневой позиционной модуляции 4096 QAM. Опытные работы проводятся в Японии, в г. Хитойоши. Перед разработчиками системы стоит ряд задач, но по результатам предварительных испытаний сделан вывод о возможности повышения скорости передачи до 92 Мбит/с в канале шириной 6 МГц. В таблице 2.2 приведены технические параметры передачи опытной станции ТВУВЧ 8к в стандартном радиоканале шириной 6 МГц, созданной в Японии.

В этом эксперименте установлены технические параметры для достижения максимальной пропускной способности, при которых удалось получить уверенный прием сигнала от передатчика мощностью 10 Вт на расстоянии 27 км. Тем не менее разработчики отмечают, что в общем случае эти параметры должны выбираться с учетом бюджета линии связи, сети передачи, принимающей среды и других факторов.

Результаты испытаний в Японии показывают, что для вещательных систем в стандартном наземном телевизионном радиочастотном канале шириной 8 МГц может быть достигнута скорость 120 Мбит/с, что позволит передавать две или три программы ультравысокой четкости 4к или одну или две программы ТВУВЧ 8к, в зависимости от степени сжатия изображения.

Табл. 2.1. Технические параметры передачи ТВУВЧ 4к

Стандарт передачи	DVB-T2
Ширина полосы частот	8 МГц
Частота	754 МГц (канал 56 в регионе радиосвязи 1; центральная частота)
Мощность	ЭИМ: 125 Вт (Н)
Модуляция несущих	64 QAM
Размер FFT	32k расширенный
Длительность защитного интервала	1/128 длительности полезного символа
DVB-T2 FEC	5/6
Шаблон пилот-несущих	PP7
Пропускная способность канала	36,72 Мбит/с
Кодирование видео	HEVC/H.265
Кодирование аудио	E-AC-3 5.1
Общая используемая пропускная способность	35 Мбит/с
Передающая станция	ETSI de Telecomunicación (UPM)

Табл. 2.2. Технические параметры передачи ТВУВЧ 8к

Метод модуляции	OFDM
Ширина используемой полосы частот	5,57 МГц
Частота передачи	671,142857 МГц (канал 46 диапазон УВЧ)
Мощность передачи	Горизонтальная поляризация: 10 Вт, ЭИМ: 140 Вт Вертикальная поляризация: 10 Вт, ЭИМ: 135 Вт
Модуляция несущей	QAM 4096
Размер FFT (количество поднесущих)	32k (22,465)
Длительность защитного интервала	1/32 (126 мкс)
Помехозащитное кодирование	Внутреннее: LDPC, соотношение 3/4 Внешнее: BCH
Пропускная способность канала	91,8 Мбит/с
Кодирование видео	MPEG-4 AVC/H.264 (должен быть заменен на HEVC)
Кодирование аудио	MPEG-4 AAC
Передающая станция	Установлена на релейной ТВ-станции компании NHK в г. Хитойоши
Высота подвеса антенны передающей станции	632 м над уровнем моря (21 м над уровнем земли)
Приемная станция	Город Юномаэ, Префектура Кумамото, примерно 27 км от испытательной передающей станции
Высота подвеса антенны приемной станции	211 м над уровнем моря (10 м над уровнем земли)

2.2.2 Развитие конвергентных платформ цифрового эфирного вещания

Все современные системы вещания и связи являются цифровыми и предусматривают возможность передачи пакетов данных и интеграцию с протоколами семейства IP. Таким образом, внедрение цифровых систем в телевидении, мобильной и фиксированной широкополосной связи открывает беспрецедентные возможности для построения единой инфокоммуникационной среды, объединяющей различные типы доставки и технологии радиосвязи для обеспечения наиболее эффективной и удобной доставки цифрового контента конечным потребителям.

Как отмечалось в разделе 1, в сфере распространения цифрового вещательного контента очевидна возможность конвергенции ТВ-вещания и сетей передачи данных. Понятие конвергенции означает взаимопроникновение, объединение услуг и сервисов на самых различных уровнях модели ИСО (OSI). В перспективности и востребованности подобной работы нет никаких сомнений, однако более интересным является вопрос о том, как именно и на каких конкретно уровнях модели ИСО должна проходить такая конвергенция для получения наиболее эффективного результата.

В случае, если будет разработан стандарт, позволяющий организовать гибридную систему связи на основе сочетания различных технологий доставки цифрового контента конечному потребителю, и превосходящий по эффективности современные специализированные системы ТВ-вещания для фиксированного приема или для приема на портативные устройства, в долгосрочной перспективе будет возможно внедрить такой стандарт на сетях вещания или даже постепенно перевести сети ТВ-вещания на такой стандарт. Однако возможен и альтернативный вариант конвергенции услуг, не требующий

замены стандартов вещания и связи на новые, при котором конвергенция осуществляется на прикладном уровне программным обеспечением пользовательских терминалов и ТВ-приемников.

В настоящее время сеть телевизионного вещания строится на основе стандарта DVB-T2 и он находится в начале жизненного цикла, что делает его замену неэффективной. Кроме того, большинство разрабатываемых перспективных стандартов находится на предварительной стадии и не готово к внедрению. По этой причине в среднесрочной перспективе рассматриваются варианты построения гибридных сетей на основе существующих стандартов ТВ-вещания.

При этом работа по принятию полностью конвергентных стандартов в ТВ вещании может вестись по двум основным направлениям вероятной конвергенции:

- Построение эффективных систем доставки цифрового контента, использующих как индивидуальную доставку, так и широковещательную передачу в проводных, наземных эфирных и спутниковых каналах связи.
- Разработка систем вещания для приема на мобильные устройства, обеспечивающих интеграцию с системами мобильной связи в единую систему связи.

В настоящее время в мире рядом организаций ведется разработка новых стандартов или новых поколений существующих стандартов для расширения возможностей ТВ-вещания и обеспечения интеграции ТВ-вещания с системами широкополосного доступа, как фиксированными, так и беспроводными наземными или спутниковыми.

В последующих подразделах дано описание как имеющихся вариантов гибридных систем на основе существующих стандартов ТВ-вещания, так и потенциальных новых стандартов для конвергенции различных сред доставки в единую платформу.

2.2.2.1 Наземное телевизионное вещание в гибридных системах доставки

Перспективным сценарием развития сетей доставки телевизионного контента в будущем может быть создание гибридных сетей, которые сочетали бы в себе функциональность и широкополосных, и широковещательных сетей. Первой «пробой пера» в вопросе конвергенции является стандарт HBB TV. При гибридном распределении по технологии HBB (Hybrid Broadcast/Broadband) контент доставляется на приемник сразу по двум сетям – вещательной (Broadcast) и широкополосной (Broadband). Широковещательные и широкополосные технологии могут использоваться в дополнении друг к другу, совмещая, таким образом, преимущества обеих платформ, чтобы обеспечить пользователей возможностью доступа ко всему разнообразию сервисов. Широковещательные сети оптимизированы для доставки широкой аудитории вещательного контента (например, линейных ТВ-каналов), тогда как широкополосные сети лучше всего подходят для интерактивных услуг, услуг по требованию и нишевых мультимедийных служб.

Будущая среда доставки цифрового контента предполагает использование различных радиотехнологий для достижения наибольшей эффективности доставки «тяжелого» широкополосного контента посредством радиосвязи. При этом сети подвижной связи и спутниковой передачи данных не загружаются массовой доставкой мультимедийного содержания большому количеству абонентов. Для этого используются нисходящие широковещательные каналы. Это становится возможным с появлением домашнего мультимедийного сервера, как элемента системы, обслуживающего домашние и персональные фиксированные и портативные терминалы пользователей (телевизионные дисплеи, компьютеры, планшетные устройства и т. д.), то есть наиболее эффективно осуществляющего конвергенцию сетей и услуг

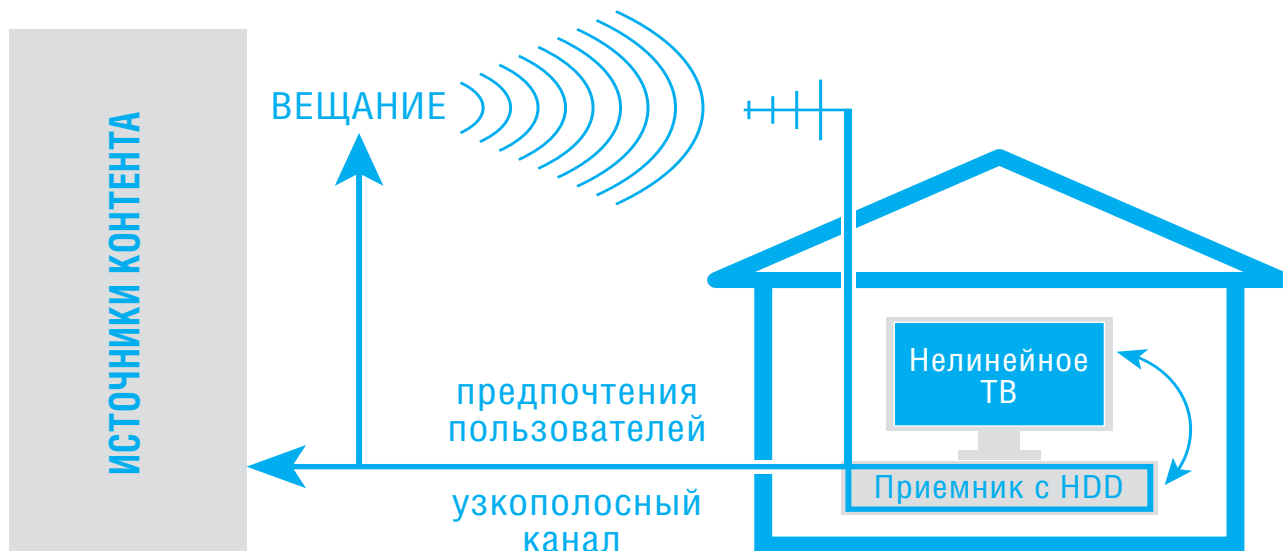


Рис. 2.3. Сеть интерактивного ТВ-вещания при отсутствии или ограниченном ШПД

на верхнем (прикладном) уровне модели ИСО. Интеграция на прикладном уровне (на уровне программного обеспечения приемника/домашнего мультимедийного сервера) позволяет в наибольшей степени использовать имеющиеся готовые решения и не требует дорогостоящей и длительной разработки и стандартизации новых систем радиосвязи/вещания.

При такой модели сервер интерактивного ТВ, обычно установленный у провайдера и обеспечивающий интерактивность просмотра ТВ-программ за счет наличия скоростного канала связи с абонентом, переносится непосредственно в дом к абоненту, и необходимость в скоростном двустороннем канале связи отпадает. Схемы построения такой сети при отсутствии канала широкополосного доступа приведена на рис. 2.3. Возможна реализация такой схемы и при наличии широкополосного подключения.

В случае отсутствия фиксированного или беспроводного канала широкополосного доступа такая схема позволяет реализовать услуги интерактивного вещания при малых затратах на оборудование и полном отсутствии дополнительных затрат на инфраструктуру, а также без усложнения инфраструктуры или падения качества при увеличении количества пользователей.

При отборе программ для сохранения из широковещательных потоков домашний мультимедийный сервер, располагающий статистикой просмотров, может учитывать предпочтения своих пользователей. Это позволит обеспечить максимальное количество «попаданий» даже при ограниченном объеме (а значит, и небольшой стоимости) устройства хранения данных. Таким образом, домашний мультимедийный сервер будет являться аналогом прокси-серверов, используемых в сетях передачи данных, с той лишь разницей, что такой индивидуальный «прокси» стоит у каждого абонента и нет необходимости организовывать или сильно нагружать широкополосные каналы «последней мили».

Пополнение и актуализация содержания домашнего мультимедийного центра с функцией приема вещательных программ происходит в приоритетном порядке за счет каналов широковещательной доставки, в любое время дня и ночи, что позволяет использовать ресурсы как вещательных сетей, так и сетей связи максимально эффективным образом. В самом деле, пользователю уже не нужно будет загружать мультимедийные программы и другие данные через сеть передачи данных, если эти программы уже будут иметься в хранилище домашнего мультимедий-

ного центра. Более того, для достижения максимальной эффективности использования гибридной системы информация о предпочтениях пользователей может учитываться при формировании программных потоков вещания.

Гибридная система доставки имеет значительные преимущества в пригородной и сельской местности, где позволяет значительно снизить общую стоимость решения и добиться того, что затраты абонентов не превысят приемлемого для массового использования уровня.

Преимуществами гибридной системы являются:

- обеспечение интерактивности при меньшей загрузке радиоканала или даже полном отсутствии ШПД;
- снижение общей стоимости решения, что очень важно для абонентов в сельских регионах и регионах с менее развитой экономикой;
- снижение зависимости от одного оператора, загруженности его сети связи;
- возможность гарантировать одновременную доставку определенных программ всем абонентам, в том числе в чрезвычайных ситуациях;
- интеграция услуг осуществляется на прикладном уровне у абонента

ПОСТАВЩИКИ КОНТЕНТА

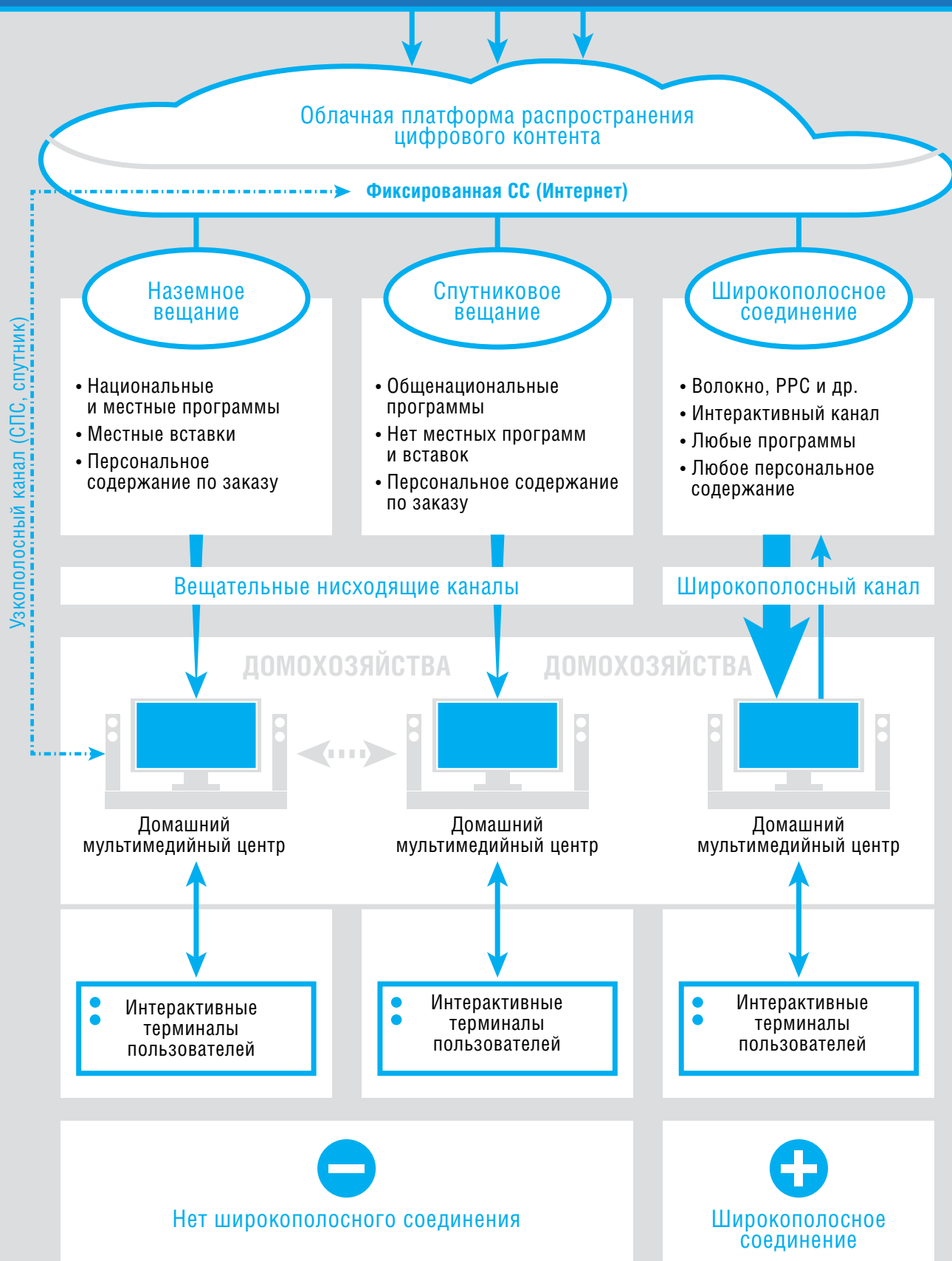


Рис. 2.4. Структурная диаграмма построения гибридной сети доставки широкополосного контента

- не требуется изменения существующих стандартов или стандартизации новых систем радиосвязи/вещания.

В качестве прообраза гибридных приемников/терминалов на рынке уже присутствуют мультимедийные медиа-плееры с поддержкой внешних накопителей, приема цифрового ТВ и выхода в сеть Интернет. Эти устройства оснащены необходимой аппаратной частью и имеют возможность работы с дополнительным программным обеспечением. Структурная диаграмма построения гибридной сети доставки широкополосного контента абонентам различных категорий и районов проживания представлена на рис. 2.4.

2.2.2.2 Стандарт вещания 3-го поколения – FOBTV

Один из проектов по разработке конвергентных стандартов носит название FOBTV (Future Of Broadcasting Television). В рамках данного проекта предполагается создать единый глобальный стандарт ТВ-вещания, приемники которого будет проще интегрировать в портативные и мобильные устройства. Проект или, точнее, инициатива была основана мировыми лидерами вещания для реализации общих стратегий будущего наземного вещания, а также обмена техническими и эксплуатационными достижениями в быстро сходящихся областях наземного вещания, широкополосных технологий и бытовой электроники.

Основная задача проекта – обеспечить максимальное удешевление производства оборудования за счет использования единого стандарта по всему миру и предусмотреть возможности интеграции в системы радиосвязи, использующие другие технологии. Отмечается значение оказания как фиксированных, так и мобильных услуг в ближайшей перспективе и то, что карманные, портативные и мобильные устройства должны работать, невзирая на государственные и иные границы.

В качестве общих интерфейсов между уровнями приложений, транспортного потока и гибридным

(вещание + ШПД) физическим уровнем выбраны:

- для уровня приложений и представления контента: MPEG HEVC (H.265), HTML5, ECMA/Java Script;
- для уровня гибридного транспорта и управления: использование файловой системы IP, многоканальность доставки больших потоков данных, интерактивность, адаптивность и адресность (персонализация контента);
- для гибридного физического уровня: общий набор средств модуляции сигнала и коррекции ошибок.

К числу преимуществ систем ЦЭТВ последующих поколений отнесены возможность динамически изменять параметры распространения в зависимости от сервиса мультимплексирования и условий каналов, интеллектуальная адаптируемость к изменениям параметров трансляции, масштабируемость качества контента и пропускной способности сети.

Наиболее сложной задачей представляется обеспечить единство лагеря вещателей, поскольку разные страны являются приверженными различным стандартам вещания. В настоящее время работа по данному проекту находится на стадии предварительных исследований.

2.2.2.3 Вещание в стандарте LTE Broadcast (eMBMS)

Помимо сохраняющихся объемов телесмотрения линейного вещания, все большее количество телевизионного контента потребляется на мобильных устройствах. Линейный контент воспроизводится на мобильных устройствах посредством загрузки на карты памяти, а также получения через сети мобильного широкополосного доступа или сети Wi-Fi. При этом в обычных сетях мобильной связи 4G для организации телевизионного вещания существуют технические ограничения. При увеличении нагрузки на сеть скорость доступа каждого абонента будет уменьшаться пропорционально

числу подключившихся пользователей, что неизбежно скажется на качестве получаемых данных в целях трансляции телевизионного сигнала (джиттер, задержки, потери пакетов). Ухудшение качества может выражаться в замедленном воспроизведении, рывках изображения, потере фрагментов видеоряда.

Использование технологии eMBMS (техническая реализация) или LTE Broadcast (коммерческое наименование) рассматривается в телекоммуникационной среде с двух точек зрения. В краткосрочной перспективе технология LTE Broadcast рассматривается в виде надстройки к существующим сетям мобильного широкополосного доступа, которая могла бы при работе в тех же полосах частот решать локальные перегрузки в сети, когда многие абоненты на локальных территориях запрашивают аналогичный видео-контент (спортивные мероприятия, концерты и т. д.). Помимо этого, технология LTE Broadcast может рассматриваться в долгосрочной перспективе как потенциальная техническая платформа для конвергенции телевизионного вещания и сетей мобильного широкополосного доступа. Для последнего сценария в настоящее время ведется существенная переработка режима LTE Broadcast (eMBMS), что может привести к созданию нового режима, ориентированного на развертывание сетей вещания, которые могут быть отделены от традиционных сетей LTE-Advanced и полос частот сотовой связи.

Из отличительных особенностей существующей версии LTE Broadcast или eMBMS при использовании традиционных сетей сотовой связи (организация обратного канала) можно отметить возможность восстановления потерь пакетов в условиях замираний или хендовера, что невозможно в исключительно вещательных стандартах DVB-T. Еще одной ключевой особенностью системы eMBMS является возмож-

ность подсчета пользователей для активации данного режима на сети LTE. Плотность аудитории может либо быть предсказана исходя из плотности просмотра похожего контента в прошлом (например, более ранние эпизоды того же самого телесериала) или может основываться на подсчете пользователей в реальном масштабе времени. Процедура подсчета пользователей позволяет автономно активировать/деактивировать услуги MBMS в предопределенной зоне в зависимости от интереса пользователей. Если порог заинтересованных пользователей не превышен, будет проводиться доставка услуги в одноадресном режиме только в соты с заинтересованными пользователями. Оставшаяся емкость системы может использоваться для передачи другого контента. Именно данные особенности представляют интерес при разработке полноценного конвергентного стандарта вещания на базе существующей спецификации LTE Broadcast при условии его тесной интеграции в части организации обратного канала с использованием традиционных сетей подвижной связи.

По состоянию разработки стандарта на настоящее время даже при использовании увеличенного разнесения между БС до 10 км стандарт LTE Broadcast (eMBMS) все еще не дает высокой спектральной эффективности, что не позволяет однозначно превзойти эффективность сетей DVB-T2 на текущем уровне развития стандарта LTE Broadcast. Все это накладывает повышенные требования к плотности БС. Соответственно остро встает проблема нехватки числа БС даже у крупных операторов сотовой связи для решения задач регионального или национального покрытия.

По этой причине в настоящее время идет активная доработка технологии LTE Broadcast по следующим направлениям:

- более длительный циклический префикс для поддержки больших расстояний между БС;

- выделенная несущая под многоадресную передачу без сохранения емкости для одноадресной передачи (в режиме агрегации с обычным каналом LTE DL/UL);
- независимая выделенная несущая под многоадресную передачу, которая не требует наличия других каналов LTE DL/UL и соответственно дополнительной сигнализации между несущими;
- усовершенствование механизмов синхронизации в сетях LTE Broadcast, развернутых на базе нескольких операторов;
- дополнительные усовершенствования для оптимизации в случае различных типов приема (фиксированный или мобильный);
- внедрение режима MIMO для пространственного мультиплексирования;
- усовершенствование методов подавления внутрисистемных помех в приемниках LTE Broadcast;
- увеличение временного окна при интерливинге для повышения помехоустойчивости при мобильном приеме.

Наиболее значимые изменения как раз направлены на повышение эффективности системы LTE Broadcast для создания региональных и национальных сетей. Так, увеличение циклического префикса до 33 мкс и уплотнение несущих до 7,5 кГц между ними обеспечивает возможность синхронного приема от всех передатчиков в радиусе 10 км. Однако даже это значение считается малым по сравнению с сетями DVB-T и тем более DVB-T2. Так, в рамках LTE Rel.13 предлагается рассмотреть циклический префикс до 200 мкс. Данный префикс позволяет существенно уменьшить влияние отдаленных БС. При этом ожидается возможным увеличение расстояния между БС до 15 км при сохранении высокой спектральной эффективности за счет сложения большого числа полезных сигналов LTE Broadcast. Дальнейшее увеличе-

ние расстояния между БС уже ограничивается не циклическим префиксом, а энергетикой и достигаемой спектральной эффективностью.

Использование MIMO и методов подавления помех в приемнике LTE Broadcast также должно существенно повысить спектральную эффективность при сохранении той же энергетики. Однако данные методы в меньшей степени эффективны при малых SNR, их внедрение не позволит существенно повысить расстояния между БС. Тем не менее данные методы позволят даже при разнесах БС 10-15 км сохранить высокую спектральную эффективность. В то же время высокая по сравнению с сетями ТВ-вещания требуемая плотность базовых станций неизбежно потребует установки дополнительных базовых станций в малых населенных пунктах для достижения проникновения данного типа услуг в сельской местности.

Стоит отдельно отметить, что применительно к задачам телевизионного вещания рассматриваются прежде всего предложения по созданию выделенной несущей eMBMS, которая могла бы работать 100% времени в отличие от текущей реализации по совмещению с обычными ресурсами DL/UL. Так, рассматривается два варианта такой несущей:

- работа в режиме SDL, агрегированном с обычными несущими LTE, по которым передается информация о программах и другая контрольная информация;
- полностью самостоятельная несущая eMBMS, которая может использоваться операторами, не обладающими сотовой сетью и ресурсами UL, например вещательными компаниями.

Выделенная несущая eMBMS, работающая только на линии вниз (SDL), с точки зрения регулирования использования спектра может считаться разновидностью вещательной станции, а значит, использоваться в рамках полос частот ТВ-вещания

без каких-либо дополнительных решений по перераспределению радиочастотного спектра от других служб. Это могло бы обеспечить внедрение услуг мобильного вещания на сетях подвижной связи без необходимости жертвовать пропускной способностью сети LTE в рамках основных лицензированных диапазонов, при условии наличия свободного радиочастотного спектра в полосах радиочастот наземного вещания. Тем не менее, даже в виде вещательного режима LTE Broadcast предполагает иные принципы частотного планирования (использование каналов шире 8 МГц), что может потребовать перегруппировки каналов в рамках традиционных частотных планов ТВ-вещания.

Технология LTE Broadcast, или eMBMS, уже получила значительные усовершенствования в LTE Rel.10 и Rel.11, которые уже утверждены в виде стандартов. Однако ключевые изменения по увеличению дальности и спектральной эффективности режима eMBMS заложены в LTE Rel.12 и Rel.13, которые запланированы к завершению в марте 2015 и марте 2016 года соответственно. Массовый же рынок такого оборудования сформируется примерно к 2020 году.

В случае если к совершенствованию системы eMBMS для выделенной несущей будут приложены усилия разработчиков и она обеспечит технические параметры, сопоставимые или превосходящие имеющиеся системы наземного ТВ-вещания (прежде всего в отношении скорости передачи и размеров зон охвата на существующей инфраструктуре сотовой связи или с использованием сетей с низкой плотностью базовых станций, а также возможностей построения синхронных сетей), ее можно будет рассматривать как кандидата на стандарт наземного вещания следующего поколения. Для этого потребуются обеспечить дешевизну и общедоступность соответствующей приемной аппаратуры

и возможность приема данных вне зависимости от наличия контракта с оператором сотовой связи или каким-либо другим оператором на предоставление услуг ШПД. Работа приемной аппаратуры для выделения потока каналов может потребовать наличия SIM-карты для получения листинга ТВ-программ, но такие урезанные по функционалу SIM-карты могут распространяться бесплатно без контракта.

При наличии свободных радиочастотных каналов в полосах частот ТВ-вещания, для создания национальных и региональных сетей LTE Broadcast на основе выделенной линии вниз (SDL) в перспективе можно будет использовать участки спектра в полосе радиочастот 470–790 МГц. При этом для внедрения сетей LTE Broadcast в национальном и региональном масштабе предлагается использовать тот же принцип, что и для внедрения маломощных одночастотных сетей ТВ-вещания. Однако в своем нынешнем виде система eMBMS требует слишком большого числа базовых станций, чтобы обеспечить национальное или региональное покрытие и имеет меньшую спектральную эффективность по сравнению с синхронными сетями наземного ТВ-вещания систем DVB-T и DVB-T2. Различия топологии сетей eMBMS и DVB-T2, работающих в близких полосах частот, будут приводить к проблемам электромагнитной совместимости и потерям в покрытии. Результирующая эффективность использования систем LTE Broadcast будет сильно зависеть от проработки вопросов, связанных с оказанием помех в соседних полосах частот в пределах диапазона УВЧ, и будет тем выше, чем лучше топология сетей LTE Broadcast будет совпадать с топологией сетей ТВ-вещания. Для этого желательно усовершенствовать стандарт eMBMS с целью увеличения длительности циклического расширения и увеличения максимального разнеса между станциями сети до расстояний

превышающих 10 км, достижимых в настоящее время. Ожидается, что доработка стандарта LTE Broadcast в будущем позволит в существенной степени нивелировать перечисленные проблемы.

Судить о результатах развития системы eMBMS для предоставления услуг телевизионного вещания будет возможно не ранее чем через несколько лет, поскольку в настоящее время данная система как полноценный стандарт вещания еще находится на стадии разработки и совершенствования.

2.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ

2.3.1 Международные оценки потребности в частотном ресурсе для ТВ-вещания

В настоящее время в связи с внедрением цифровых технологий в радиосвязи и появлением новых видов услуг возникают новые требования к доступности радиочастотного спектра для обеспечения их реализации. Для конкретизации этих требований в МСЭ-R проводятся исследования по определению необходимого частотного ресурса для разных технологий связи и вещания. Для определения требований к спектру для радиовещательной службы в Исследовательской комиссии 6 МСЭ-R создана специальная группа, готовящая отчет, рассматривающий существующее состояние, перспективы развития и потребности в частотном спектре для телевизионного и звукового вещания в различных регионах. В таблице 2.3 приведены некоторые данные из этого отчета, касающиеся развития цифрового телевизионного вещания в европейских странах.

Основные выводы по ситуации в европейских странах следующие.

1. В таблице отражены ответы 18 европейских стран. Все упомянутые страны планируют переход с DVB-T на DVB-T2 с вещанием всех программ в ТВ высокой четкости (ТВВЧ).

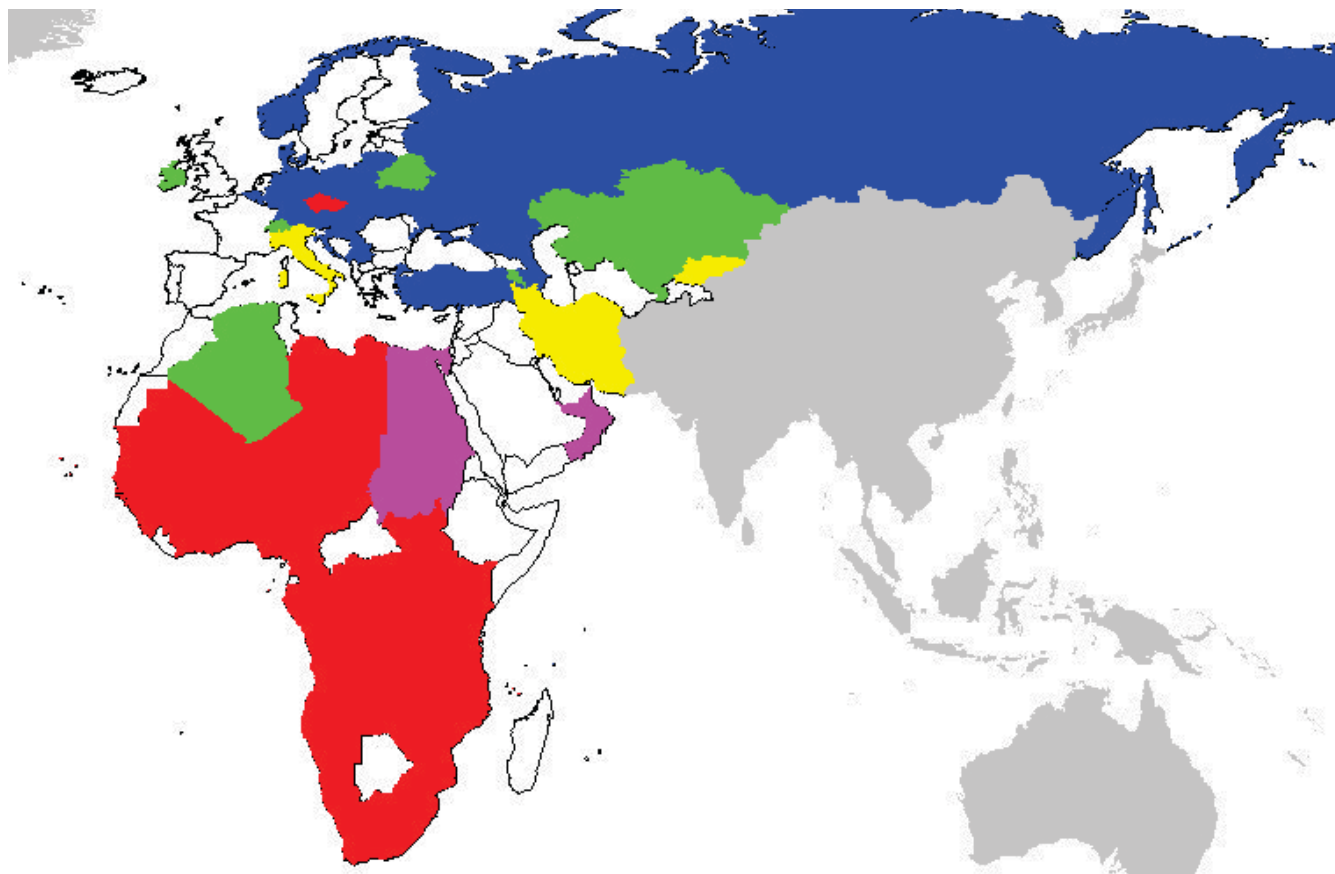


Рис. 2.5. Необходимый объем спектра в полосе 470–862 МГц для цифрового ТВ (по оценке АС Района 1)

	<224 МГц	= 224 МГц	>224 МГц и <320 МГц	= 320 МГц	>320 МГц	Не ответили
Цвет карты						

Некоторые мультиплексы планируются для ультравысокой четкости (ТВУВЧ) и 3D ТВ.

- Практически все страны используют для НЦТВ частоты второго дивиденда (694–790 МГц). Пять стран предполагает использовать его полностью или частично и в дальнейшем. Пять других стран предполагают освободить его от НЦТВ. В остальных странах дальнейшее использование этой полосы, как правило, «должно быть определено».
- В ряде стран проводится опытное вещание ТВУВЧ.

Помимо разрабатываемого отчета в рамках подготовки по п. 1.2 повестки дня Всемирной конференции радиосвязи – 2015 МСЭ-R также проводил исследования для определения потребностей наземного ТВ-ве-

щания в радиочастотном спектре. В ходе исследований МСЭ-R рабочей группой 6А 6-й Исследовательской комиссии был создан вопросник и проведен обзор ответов от 57 администраций 1 Района на вопросник МСЭ-R по потребностям в радиочастотном спектре для развития ТВ-вещания (статистический анализ ответов на циркулярное письмо 6/LCCE/78). Полученные от администраций данные о потребностях телевизионного вещания в радиочастотном спектре в полосе 470–862 МГц для цифрового ТВ в будущем представлены на рис. 2.11.

Как видно на рис. 2.11, наблюдается значительный разброс оценок потребностей со стороны различных стран. В африканских и арабских странах инфраструктура наземного вещания развита крайне слабо.

В рамках подготовки ответа на вопросник МСЭ по будущим потребностям наземного ТВ-вещания в полосе частот 694–790 МГц администрациями связи, входящими в Региональное содружество связи (РСС), была проведена оценка минимального количества мультиплексов наземного цифрового вещания, которые необходимы для развития ТВ-вещания и требуемого для него частотного ресурса в полосе 694–790 МГц.

По результатам рассмотрения на заседаниях Рабочей группы по телерадиовещанию национальных Планов использования радиослужбами АС РСС полосы частот 470–862 МГц решено, что при определении позиции АС РСС по вопросу потребностей радиовещательной службы в радиочастотном спектре в диапазоне УВЧ следует исходить из следующих положений:

Табл. 2.3. Развитие цифрового телевизионного вещания в европейских странах

Член МСЭ	Использование эфирного телевидения (%)	Пользователи, получающие телевидение прежде всего от наземного ТВ (%)	Количество мультимплексов в использовании (планируемое количество)/ общее использование спектра	Охват площади или населения (ожидаемый охват) (%)	Частоты/каналы, используемые (планируемые для использования) для НЦТВ	Количество работающих НЦТВ-передатчиков (планируемое) и диапазоны	Новые и усовершенствованные услуги и ориентировочные сроки введения	Дополнительные запланированные мультимплексы и сроки	Спектр, требуемый для НЦТВ, режим передачи и сроки
Австрия	11	5	7 в 1 слое 2 в 1 слое 16 в 1 слое 3 в 3 слоях/ 320 МГц	7 @ 96 2 @ 88 16 @ 32 (70) 3 @ 85 (88)	470–790 МГц	554 в УВЧ IV/V	Все в DVB-T2 с 2018, 9 HD в настоящее время, все HD после 2017, UHD не предусмотрено до 2019	Более желательно, но недостаточно спектра	320 МГц
Бельгия (Фламандская община)	5,1	95	4 /120 МГц	> 95	470–790 МГц (174–216 МГц 470–790 МГц)	(20) в ОБЧ III 48 (26) в УВЧ IV/V	Перевод в HD и, возможно, UHD (срок должен быть определен)	2 планируется (срок должен быть определен)	144 МГц фламандского сообщества
Бельгия (Французская община)	5		2/56 МГц	96.7 (98)	470–790 МГц	13 в УВЧ IV/V	Перевод в HD и, возможно, UHD	Нет в настоящее время	64–224 МГц для DVB-T & DVB-T2 в УВЧ
Бельгия (Немецкая община)	33		1 (3)/32 МГц	80 (95)	470–694 МГц	1 (10) в УВЧ IV	Перевод существующих в HD/UHD	3 планируется в ближайшие 3 года	32 МГц в DVB T2 в УВЧ
Чехия	52		4 национальных 14 региональных/	4 @ > 95 14 @ 1-70	470-790 МГц	355 в УВЧ IV/V	НО	НО	НО
Финляндия	47		9/ -	2 @ 99,9 90.4 95 80 60 3 @ 85	174–230 МГц 470–790 МГц до 2017 (174–230 МГц 470–694 МГц) с 2017	34 в ОБЧ III 193 в УВЧ IV/V	Только DVB-T2 к 2026	Нет в текущий лицензионный период	56 МГц в ОБЧ 320 МГц в УВЧ до 2017 224 МГц в УВЧ с 2017 Ожидается уменьшение спектра для ТВ по мере перехода аудиовизуальных СМИ на широкополосные технологии
Франция	57,9	-	8 национальных (материк) 1 региональный (материк)/ 320 МГц 1 заморские территории/ 320 МГц	97,3% материк 95% заморские территории	470–790 МГц сейчас (470–694 МГц) в будущем	1 940 радиостанций УВЧ IV/V	Перевод всех SD в HD Hbb TV (2011) 2 опытные станции UHD работают в Париже с 5.2014. Опытное мобильное вещание в Бретани.	Распределение 700 МГц для мобильных устройств может привести к сокращению текущих 8 мультимплексов до 6 в будущем	Минимальное требование 224 МГц
Германия	10		9/320 МГц	90–100 (95–100); 55–66 (75–80); 14 (15–20); 6 (10–15)	470–790 МГц (470–694 МГц после перехода на DVB-T2)	~610 в УВЧ IV/V	HD ожидается с 2016	нет	Сейчас 320 МГц 224 МГц после 2016 года после перехода на DVB-T2/HEVC
Италия	99	91	19 (3) национальных и региональных >15 в 30 местных областях/ >320 МГц	2 @ > 99 4 @ > 90 1 опытный (> 80) 4 @ 94 3 @ 95 2 @ 92 1 @ 91 2 @ > 80 450 местных > 80	174–223 МГц 470–790 МГц	1 285 в ОБЧ III 19 402 в УВЧ IV/V	Нет национального плана, но предусматривается переход всех SD в HD и некоторых в 3D & UHD	3 (1 выделен, 2 планируется)	Должно быть определено после ВКР-15
Rai Way	99	91	19 (3) национальных и региональных >15 в 30 местных областях/ >320 МГц	2 @ > 99 4 @ > 90 1 опытный (> 80) 4 @ 94 3 @ 95 2 @ 92 1 @ 91 2 @ > 80 450 местных > 80	174–223 МГц 470–790 МГц	1 285 в ОБЧ III 19 402 в УВЧ IV/V	Переход на новый стандарт HbbTV 2.0, перевод в конечном счете всех программ по крайней мере в HD и внедрение UHD	3 (1 выделен, 2 планируется)	Требуется более 370 МГц несмотря на улучшение кодирования в связи с новыми более высокими требованиями к передаче данных. Также необходим спектр для перехода между технологиями

Член МСЭ	Использование эфирного телевидения (%)	Пользователи, получающие телевидение прежде всего от наземного ТВ (%)	Количество мультимплексов в использовании (планируемое количество) /общее использование спектра	Охват площади или населения (ожидаемый охват) (%)	Частоты/каналы, используемые (планируемые для использования) для НЦТВ	Количество работающих НЦТВ передатчиков (планируемое) и диапазоны	Новые и усовершенствованные услуги и ориентировочные сроки введения	Дополнительные запланированные мультимплексы и сроки	Спектр, требуемый для НЦТВ, режим передачи и сроки
Латвия	25		7 национальных (1 местный)/320 УВЧ (1 национальный) /56 ОБЧ	99,9 (100) 5 @ 98 (99) 55 (99) (90) (98)	470–862 МГц (174–216 МГц 470–790 МГц)	0 (10) в ОБЧ II 66 (113) в УВЧ IV/V	Более HD и возможен перевод всех SD в HD	1 в ОБЧ III 2 (1 платный TV и 1 местный мультимплекс) УВЧ IV/V	56 МГц в ОБЧ (общий) 320 МГц в УВЧ
Норвегия	14	30	5 (1 национальный 1 местный 1 спутниковый)/320 МГц	98	470–790 МГц	2753 (170) в УВЧ IV/V		В настоящее время нет	320 МГц сейчас После 2021 должно быть исследовано
Португалия	21,8	-	1 (7)/56 МГц (320 МГц) SD	92,5 (87,3)	470–790 МГц	261 в УВЧ IV/V сейчас (должно быть определено преобразование SFN в MFN)	Рассматривается HD	7 запланировано в GE06 из которых 1 находится на рассмотрении для реализации	320 МГц сейчас. Использование 2-го дивиденда 694–790 МГц обсуждается
Словакия	55,7		4 (3) национальных (62 местных)/320 МГц	90,4 99,2 99,2 94,9	470–790 МГц	216 (18) в УВЧ IV/V	Больше HD сDVB-T2	2 или 3 национальных	Сейчас 320 МГц, если существующие услуги, покрытие и новые услуги, будут сохраняться, принимая во внимание и PMSE, будущее зависит от технологии сжатия
Словения	19		9 / 240 МГц	98 96 5	470–790 МГц	264 (>100) в УВЧ IV/V	Не в настоящее время	1 после 2015	Каналы для по крайней мере 3 национальных и до 10 локальных/региональных сетей
Испания	98	89	7 (1) 1 местный/320 МГц	1 @ 99 1 @ 98 6 @ 96 1 @ 50(80)	470–862 МГц сейчас (470–790 МГц) после 1.2015	22 726 в УВЧ IV/V	HD	нет	После изучения
Швеция	21,8	27,8	7/388.5 МГц	1 @ 99,8 6 @ 98	174–230 МГц 470–790 МГц до 3.2017 (174–230 МГц 470–694 МГц) с 4.2017	65 в ОБЧ III 1 490 470–790 МГц	Еще 7 национальных HD от 4.2015 до 4.2017	нет	56 МГц в ОБЧ 320 МГц в УВЧ до 3.2017 224 МГц в УВЧ после 4.2017
Щвейцария	< 5		1 национальный 2 региональных/местных/ 128 МГц	1 @ 80–90,8 2 @ 70	470-790 МГц	332 в 470–790 МГц	нет	нет	Обсуждается
Великобритания	75	36 DTT only	7 национальных 1 региональный 1 местный/304 МГц	3 @ 98,5 3 @ 90 1 @ 70 1 @ 40(50) 1 (Per)	470–574 МГц 614–790 МГц (470–590 МН 598–606 МГц 614–790 МГц)	375 (50) в УВЧ IV/V	Будущий спрос неясен. Проведены испытания UHD	2 мультимплекса DVB-T2 лицензированы (1 нет даты запуска)	304 МГц до 2018 в УВЧ После 2018 необходимо исследовать
Ватикан	99	100	2 ОБЧ III / 14 МГц 3 УВЧ IV/V 24 МГц	2 @ 40 (> 99) 3 @ 50 (> 99)	174–223 МГц 470–694 МГц 1 452–1 492 МГц	2 в ОБЧ III 3 УВЧ IV/V 2 в L-диапазоне	Переход на HD, внедрение UHD & 3D. В будущем все программы будут в HD, некоторые в 3D & UHD	Изучается	110 МГц сейчас 200 МГц для перехода к T2 180 МГц для будущего (с учетом возможных улучшений в кодировании)

- потребности в спектре для радиовещательной службы (РВС) (с учетом развития новых технологий телерадиовещания, включая телевидение высокой четкости (ТВВЧ)), составляют 4–8 МП цифрового вещания в полосе 470–790 МГц, эти потребности могут быть удовлетворены при условии продолжения использования радиовещательной службой (РВС) полосы частот 694–790 МГц;
- использование подвижной службы (стандарта LTE) в полосе 694–790 МГц будет определяться АС на национальном уровне (в зависимости от потребностей в спектре для РВС);
- потребности в частотном ресурсе для развития НЦТВ в диапазоне УВЧ (включая ТВВЧ), составляют 224–320 МГц;
- в полосе частот 694–790 МГц одна АС – Узбекистана не запланировала цифровое вещание, АС МДА – еще не определила свою позицию;
- АС Узбекистана планирует использование полосы частот 694–790 МГц для систем подвижной службы (стандарта LTE);
- АС Азербайджана рассматривает планы по использованию верхней части полосы радиочастот 694–790 для систем подвижной службы (стандарта LTE), а нижней части – для ТВ-вещания;
- остальные АС РСС планируют использовать полосу частот 694–790 МГц или ее часть для цифрового телевидения;
- АС Украины использует часть полосы 790–862 МГц для цифрового вещания;
- для развития подвижной службы в Районе 1 в полосе 694–790 МГц требуется «перепланирование» (модификация) Плана «Женева-06» с обеспечением работы не менее 5-8 МП цифрового вещания в полосе частот ниже 790 МГц. При этом необходимо учитывать возможности перепланирования ТВ-вещания

и модификации Плана «Женева-06» в диапазоне частот 470–790 МГц с учетом позиций АС РСС и стран – членов Соглашения «Женева-06». Для принятия окончательного решения по данному вопросу необходимо учитывать возможности перепланирования телевизионного вещания и модификации Плана «Женева-06» в диапазоне 470–790 МГц с учетом позиций АС РСС и стран – членов Соглашения «Женева-06»;

- считать, что минимальные потребности в частотном ресурсе для развития наземного ТВ-вещания в диапазоне УВЧ составляют 320 МГц.

2.3.2 Национальные оценки потребности в частотном ресурсе для ТВ-вещания

В соответствии с решением ГКРЧ от 16 марта 2012 года № 12-14-07 для наземного цифрового телевизионного вещания в стандарте DVB-T2 выделены полосы радиочастот 174–230 МГц и 470–790 МГц. В настоящее время в этих полосах частот работает значительное количество передающих станций аналогового ТВ-вещания, ведется строительство и осуществляется вещание сетей стартовых мультиплексов цифрового вещания в соответствии с Федеральной целевой программой по развитию телерадиовещания.

На момент развертывания федеральных мультиплексов ЦТВ, в соответствии с ФЦП по развитию телерадиовещания до 2015 года, из-за значительной загруженности участка спектра 21–41 ТВК при формировании частотно-территориального плана первого мультиплекса было выдано значительное число радиочастотных назначений в полосе частот 694–790 МГц.

Таким образом, можно констатировать, что до отключения аналогового вещания потребность ТВ-вещания в радиочастотном ресурсе включает в себя полосы частот 174–230 МГц и 470–790 МГц в полном объеме.

В будущем до 2025 года предполагается отключение станций аналогового телевизионного вещания и замена их цифровыми, а также строительство новых объектов связи для достижения требуемого уровня охвата населения цифровым вещанием.

После отключения аналогового вещания актуальной задачей станет перевод мультиплексов цифрового вещания на стандарт изображения высокой четкости, что потребует запуска дополнительных мультиплексов в полосе частот 470–790 МГц, таким образом, вместо перевода действующих мультиплексов в нижние полосы частот может быть признано целесообразным использовать их для запуска мультиплексов высокой четкости. Другой возможной альтернативой является перевод стартовых мультиплексов в более низкие полосы частот и использование высвобожденных каналов для работы мультиплексов высокой четкости.

Таким образом, потребности телевизионного вещания в радиочастотном спектре в среднесрочной перспективе во многом определяются предполагаемыми объемами вещания ТВ-программ в стандартной и высокой четкости, входящих в настоящее время в 1-й и 2-й федеральные мультиплексы, а также ТВ-программ, которые войдут в 3-й региональный мультиплекс. На рис. 2.6 проиллюстрированы различные схемы перехода на ТВВЧ с одновременным перепланированием телевизионных каналов в нижнюю часть полос частот телевизионного вещания. В таблице 2.4 приведен детальный расчет потребностей в радиочастотном спектре для варианта полного перевода всех каналов в формат ТВВЧ и развертывания одного дополнительного местного мультиплекса с не сплошным покрытием (5 федеральных, 2 региональных и 1 местный мультиплекс). В частности, данный вариант основывается на указе Президента Российской Федерации от 11.08.2014 № 561 «О гарантиях распространения

телеканалов и радиоканалов на территории Российской Федерации», в соответствии с которым планируются мероприятия по поэтапному переводу эфирного цифрового наземного вещания на стандарт телевидения высокой четкости (HDTV) в пределах полос радиочастот, выделенных для осуществления эфирной наземной трансляции телеканалов и радиоканалов.

Для определения частотного ресурса, необходимого для осуществления передач программ наземного цифрового вещания, необходимо также оценить количество программ, которое можно передать в одном радиочастотном канале стандартной шириной 8 МГц. В показанных вариантах предполагается, что для передачи одного канала в TBBЧ требуется порядка 8-12 Мбит/с, то есть один канал 8 МГц в стандарте DVB-T2 может включать три-четыре канала TBBЧ.

Предполагается, что региональный мультиплекс будет содержать либо программы стандартного качества, либо смесь каналов различного разрешения, но в любом случае планируется один такой мультиплекс.

При этом планирование одного мультиплекса на федеральном уровне требует в среднем шесть ТВ-каналов для обеспечения переиспользования спектра между отдельными зонами выделений, в каждой из которых действует сеть SFN на одном из каналов. Региональный мультиплекс в среднем потребует порядка девяти каналов 8 МГц для своей реализации, так как ожидается его реализация в виде многочастотной сети ТВ-вещания (MFN). Дополнительный местный мультиплекс, как ожидается, потребует в среднем три канала 8 МГц для частотно-территориального планирования сети MFN.

Следует отметить, что приве-

денные оценки по среднему числу каналов ТВ-вещания, необходимых для планирования федеральных, региональных и местных мультиплексов являются усредненными оценками. В отдельных районах из-за сложной ЭМО может потребовать большее, чем в среднем, число каналов на один мультиплекс цифрового вещания. В каждом конкретном районе страны требуется отдельная оценка числа каналов для планирования, которая должна принимать во внимание ограничение на использование спектра в приграничных районах, топологию сетей, особые условия распространения радиоволн вблизи больших водоемов и т. д. Таким образом, показанная оценка дает лишь среднее значение потребностей, которое может варьироваться по территории страны.

Результаты даже минимальной

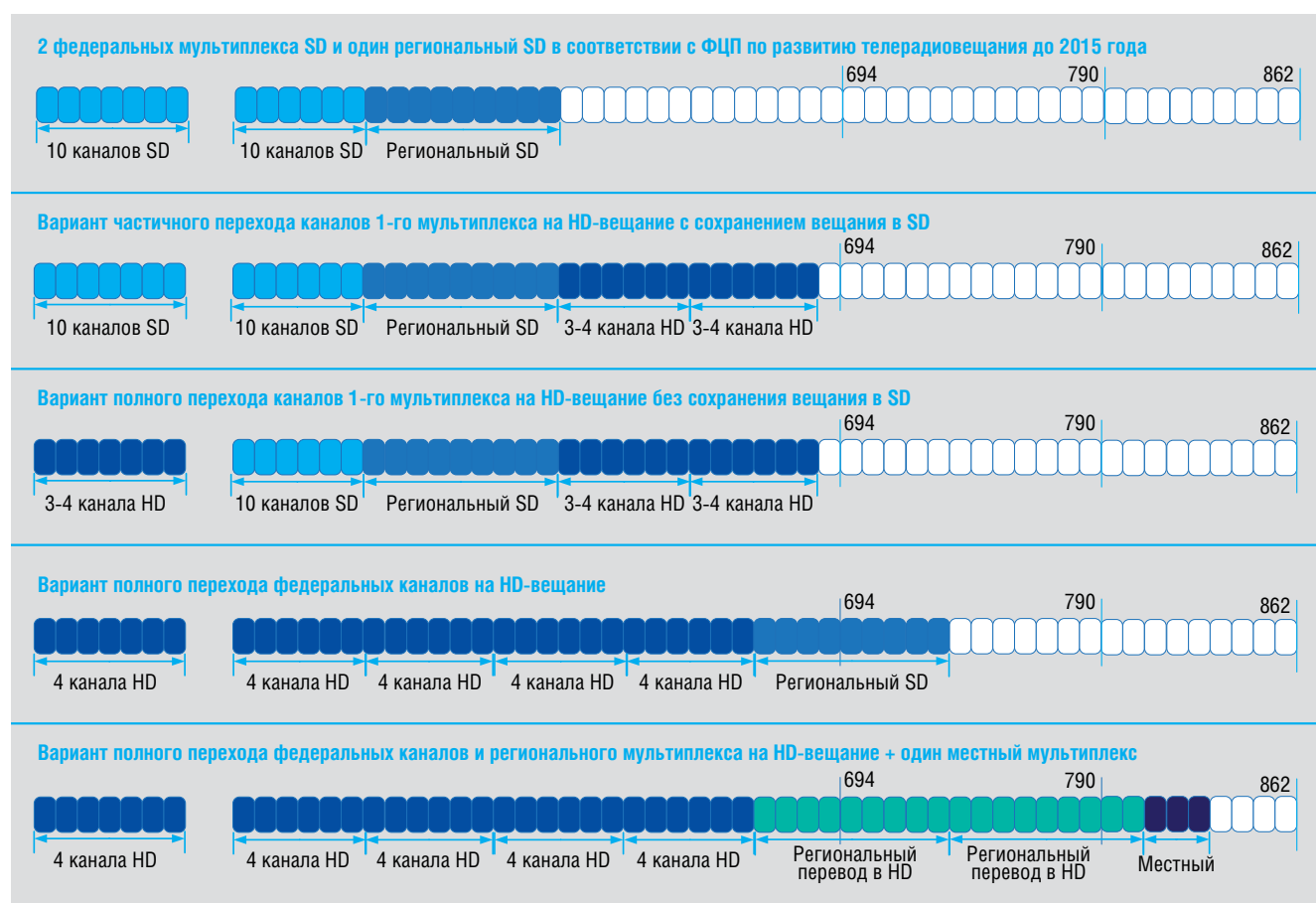


Рис. 2.6. Минимальные оценки потребности в спектре для ЦТВ без учета возможных ограничений со стороны других РЭС

Табл. 2.4. Пример расчета потребностей в спектре¹⁰ (вариант полного перехода на HD + 1 местный мультиплекс)

Количество мультиплексов наземного ЦТВ после отключения аналогового вещания (2015–2025 годы)

	Количество мультиплексов стандартной точности	Пропускная способность мультиплекса (Мбит/с)	Битовая скорость на одну программу ТВСЧ (Мбит/с)	Количество программ стандартной четкости в мультиплексе (2015)	Битовая скорость на одну программу ТВВЧ/3D (Мбит/с)	Количество программ высокой четкости/3D в мультиплексе (2025)	Количество мультиплексов (2025)
Федеральные мультиплексы	2	33,2	2,9	10	8	4	5
Региональные/местные мультиплексы	1	33,2	2,9	10	8	4	2
Вещание для портативного приема	1	18,8	2,0	9	–	–	1

Общие потребности в радиочастотном спектре для развития наземного цифрового ТВ-вещания на 2015–2025 годы

Страна	Количество мультиплексов	Система и модуляция	Тип приема	Пропускная способность мультиплекса (Мбит/с)	Предполагаемый процент покрытия населения	Содержание мультиплекса	Формирование мультиплекса	Тип передающих сетей	Среднее количество РЧ-каналов на мультиплекс	Средняя требуемая ширина полосы частот, МГц	Максимальное количество РЧ каналов на мультиплекс	Максимальная требуемая ширина полосы частот, МГц
RUS	5	DVB-T2, 64-QAM	Фикс.	33,2	95%	4 HD H.264	федеральный	одночастотные	6	240	8.2	328
	2	DVB-T2, 64-QAM	Фикс.	33,2	95%	4 HD H.264	региональный/местный	многочастотные	9	144	12	192
	1	DVB-T2, 16-QAM	Порт.	18,8	55%	9 SD H.264	местный	одночастотные	3	24	5	40
Общая потребность в РЧС, МГц										408		560

* Например, фиксированный, портативный вне помещений/мобильный, портативный внутри помещений

Потребности в радиочастотном спектре для развития наземного цифрового ТВ-вещания в полосе 694–862 МГц (49–69 ТВ-канал)

	Средняя оценка, РЧ-каналов	Средняя оценка, МГц	Максимальная оценка, РЧ-каналов	Максимальная оценка, МГц
Необходимо	51	408	70	560
Используется в диапазоне ОВЧ (174–230 МГц)	7	56	7	56
Не может использоваться по условиям ЭМС с РЭС других первичных служб (МГц)	4	32	5	40
Требуется в диапазоне УВЧ	44	352	63	504
Верхняя граница в диапазоне УВЧ (МГц)	48	854	68	1014
Требуется в полосе выше 694 МГц	20	160	40	320

оценки показывают, что потребности ТВ-вещания в использовании полос частот 174–230 МГц и 470–790 МГц требуют практически всего объема радиочастотного ресурса. Более того, вышеприведенные оценки не учитывают возможные ограничения со стороны других РЭС в ряде каналов и возможность появления дополнительных мультиплексов,

например местных мультиплексов, развитие которых сейчас заблокировано на регуляторном уровне. При учете данных факторов даже промежуточные маловероятные варианты перехода к ТВВЧ на рис. 2.10 могут потребовать задействования каналов выше 694 МГц. Единственный фактор, который может снизить потребности в спектре – это снижение инте-

реса к развертыванию региональных и местных мультиплексов. Изменение данного спроса в настоящее время очень сложно спрогнозировать с учетом регуляторных ограничений на развитие данных мультиплексов, а также с учетом возможности развития распространения таких каналов в неэфирных средах.

Вышеприведенные оценки

¹⁰ Отчет МСЭ-Р ВТ.2302 «Потребности в спектре для наземного телевизионного вещания в полосе частот УВЧ в Районе 1 и Исламской республике Иран», МСЭ-Р, 2014.

справедливы для развертывания сетей стандарта DVB-T2, который и после 2020 года будет продолжать играть роль основного стандарта для распространения общедоступного ТВ-вещания на всей территории страны. Стоит отметить, что вышеприведенные оценки не включают возможность внедрения ТВУВЧ в эфирном наземном цифровом вещании. К 2025 году прогнозируется внедрение ТВУВЧ на всех платформах доставки ТВ-вещания, в том числе рассматриваются технические решения для организации эффективной доставки программ ТВУВЧ в наземных каналах ТВ-вещания, что более детально рассмотрено в разделе 2.2.1.2. Так, существующие решения уже позволяют передать один канал ТВУВЧ 4к в одном стандартном радиочастотном канале шириной 8 МГц. При этом уже существуют технические решения, которые позволяют в канале шириной 8 МГц обеспечить передачу двух или трех программ ультравысокой четкости 4к, или одной или двух программ ТВУВЧ 8к.

Также целесообразно дать отдельную оценку потенциала использования и потребностей в спектре для построения отдельной сети вещания на базе технологии LTE Broadcast, которая к 2020 году может быть доработана для обеспечения сопоставимых с DVB-T2 характеристик покрытия и пропускной способности.

На начальном периоде сети LTE Broadcast могут быть запущены только в качестве дополнения к сетям DVB-T2 в силу низкого проникновения терминалов, способных вести прием таких сигналов, так как встанет вопрос замещения телевизионных приемников DVB-T2 на приемники eMBMS. И хотя к периоду 2020-2025 годов ожидается более широкое распространение телевизоров с поддержкой трансляции видеосигнала со смартфонов по технологии Wi-Fi Direct и другим подобным радиointерфейсам, на данный момент сложно утверждать, что такой подход позволит избежать встраивания приемников eMBMS в традиционные телевизоры.

Таким образом, потребности в спектре для сетей LTE Broadcast следует рассматривать только как до-

полнительные потребности к потребностям в спектре для сетей DVB-T2. При этом стоит отметить, что полоса частот 694–790 МГц во многих странах мира предполагается для развития традиционных сетей LTE в диапазоне 700 МГц, по этой причине не ожидается разработка профиля оборудования 3GPP для данной полосы частот с поддержкой режима работы eMBMS в виде полноценной вещательной технологии. Следовательно, для внедрения LTE Broadcast нужно рассматривать только частотный ресурс, который по каким-то причинам может остаться недоиспользованным. При этом очень важно понимать, что сети LTE Broadcast требуют в отличие от сетей DVB-T2 единого широкого блока частот и их реализация на основе разрозненных каналов по 8 МГц в настоящее время не предполагается.

Существуют различные варианты комбинации пакетов каналов и выбора спектральной эффективности сетей LTE Broadcast в зависимости от плотности инфраструктуры БС в рассматриваемом регионе. Например, при использовании наиболее эффективных кодеков HEVC можно при 40 МГц спектра со спектральной эффективностью 2 бит/с/Гц получить 80 Мбит/с или 8 каналам HD и 16 каналам SD. Альтернативно может быть развернуто порядка 13 каналов HD. При этом предполагается, что для канала HD требуется порядка 6 Мбит/с и для SD порядка 2 Мбит/с при применении кодека HEVC. Данная спектральная эффективность предполагается при размещении передатчиков на расстояниях порядка 10 км друг от друга.

Однако стоит отметить, что вышеприведенная оценка в спектре для систем LTE Broadcast не учитывает того факта, что при организации сплошного регионального или национального покрытия, потребуется использовать несколько сетей eMBMS с разными частотными ресурсами. И хотя коэффициент для координации нескольких сетей eMBMS намного ниже, чем в традиционных сетях телевизионного вещания с мощными

передатчиками, все-таки будет невозможно построить сеть eMBMS только на одном ресурсе, например на блоке частот 40 МГц. Для исключения помех на границах различных зон национального и регионального вещания потребуется два-три объема частотного ресурса, то есть порядка 80–120 МГц (в предположении сети eMBMS 40 МГц), чтобы решить все проблемы планирования национальных и региональных уровней покрытия.

Важно отметить, что двойной частотный ресурс 80 МГц будет использоваться для LTE Broadcast только на границе, в то время как внутри зоны обслуживания дополнительные 40 МГц могут быть использованы для передачи данных и мультимедийного контента. При тройном резервировании частотного ресурса в объеме 120 МГц объем частотного ресурса доступный оператором для передачи данных внутри сети составит уже 80 МГц. Однако такое выделение сплошного частотного ресурса требует перепланирование действующих радиослужб в соответствующих полосах частот.

Подводя итоги оценки потребностей в спектре для ТВ-вещания, стоит констатировать, что до отключения аналогового вещания потребности в спектре превышают частотный ресурс полос частот 174–230 МГц и 470–790 МГц. После отключения аналогового вещания, потребности в спектре для сетей DVB-T2 будут определяться объемами перехода ТВ-вещания к формату ТВВЧ и спросом на реализацию региональных и местных мультиплексов. При полном переходе к ТВВЧ и наличии региональных или местных мультиплексов потребности в спектре потребуют использования всего частотного ресурса в полосах частот 174–230 МГц и 470–790 МГц.

Только в случае частичного перехода на ТВВЧ и отсутствия потребности в региональных и местных мультиплексах возможно снижение потребностей в спектре для сетей DVB-T2 и высвобождение частотного ресурса для других технологий, в том числе для сетей вещания на базе стандарта LTE Broadcast.

При этом ожидается, что сети DVB-T2 по крайней мере до 2025 года сохранят роль основной платформы для обеспечения социального значимого общедоступного ТВ-вещания (с учетом отключения аналогового вещания), так как проникновение приемников ТВ-вещания на других технических платформах вряд ли сможет достигнуть столь широкого охвата и доступности. Только ближе к 2025 году будет возможным оценить изменение привычек телезрителей на различных технических платформах и проникновение приемников данных платформ.

2.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТВ-ВЕЩАНИЯ

Для успешной работы цифровые системы передачи требуют наличия достаточного количества радиочастотного ресурса для обеспечения нужной емкости передачи и обеспечения гарантированного качества приема на всей территории зоны обслуживания. При недостатке радиочастотного ресурса платформа наземного ТВ-вещания утратит конкурентоспособность, поскольку строительство сетей вещания с привлекательным набором программ будет невозможно или окажется чрезмерно дорогостоящим.

Вторым важным элементом обеспечения работы систем наземного ТВ-вещания является обеспечение готовности радиочастотного спектра, то есть отсутствие нежелательных излучений – помех. В тех частях зоны охвата, где необходимое качество сигнала не обеспечено, связь будет прерываться на длительное время или полностью отсутствовать.

Следует отметить, что данные факторы являются связанными. Так, осуществление планирования ТВ-вещания с использованием меньшего частотного ресурса неизбежно приведет к уменьшению среднего коэффи-

циента переиспользования, что в свою очередь приведет к увеличению внутрисистемных помех и ухудшению качества обслуживания.

2.4.1 Сохранение доступности радиочастотного спектра для текущего и будущего развития систем наземного ТВ-вещания

Выше было показано, что потребности службы наземного телевизионного и мультимедийного вещания существенно возрастают при переходе к вещанию в формате высокой четкости, и могут еще возрасти при внедрении перспективных форм вещания. Радиовещательная технология сохранит свою важность в будущем, что в условиях ограниченного радиочастотного ресурса создает объективные сложности для использования полосы частот 470–790 МГц для других технологий. Более того, перед индустрией телерадиовещания стоит задача по обеспечению технологического развития и высокоэффективному использованию имеющегося радиочастотного ресурса даже для сохранения прежних объемов вещания после доведения передаваемых программ до интересного телезрителю уровня качества ТВВЧ.

Как показала оценка потребностей в спектре в разделе 2.3.2, до отключения аналогового вещания в полосах частот 174–230 МГц и 470–862 МГц в принципе наблюдается нехватка радиочастотного ресурса для развития вещания в ЦТВ. Более того, даже после отключения аналогового вещания переход к ТВВЧ, внедрение региональных и местных мультимплексов потребует практически всего частотного ресурса в данных полосах частот. Существующие ограничения на использование данных полос частот со стороны РЭС различного назначения в еще большей степени ограничивают доступный частотный ресурс.

На практике это может выражаться в ограничении количества передаваемых программ и доступных услуг ниже минимального уровня, при

котором наземное вещание сможет в будущем сохранить привлекательность для телезрителей, снижении качества изображения, превышении допустимого уровня взаимных помех и сопутствующем многократном удорожании передающих сетей на всей территории страны из-за вынужденного частотного уплотнения.

И если в настоящее время дефицит свободных каналов (из-за продолжающейся работы станций аналогового ТВ-вещания) снижает возможности быстрого развития цифрового ТВ-вещания, после завершения переходного периода ожидается развитие новых услуг. Попытки сократить и без того ограниченный частотный спектр ТВ-вещания, в будущем крайне пагубно скажутся на развитии отрасли телевизионного вещания и возможности получать высококачественное содержание теми телезрителями, для которых получение телевизионного вещания через альтернативные технические платформы ТВ-вещания будет невозможным в силу социальных или технических причин еще длительное время. В частности, исследования показали, что на данном уровне развития различных технических платформ эфирное вещание остается наиболее экономически выгодным инструментом доведения вещания до подавляющего большинства населения¹¹. В частности, отмечается, что проблемы с переводом цифрового наземного вещания на другие платформы перевешивают выгоды от использования полосы частот 470–694 МГц сетями мобильного широкополосного доступа

Наиболее остро вопрос уменьшения частотного ресурса ТВ-вещания стоит в полосе частот 694–790 МГц, которая решением ГКРЧ №11-12-08 от 8 сентября 2011 года. В настоящее время в полосе частот 694–790 МГц работают станции радиовещательной службы (аналоговое и цифровое телевидение), а также РЭС воздушной радионавигационной службы. Поэтому развитие сетей подвиж-

¹¹ Отчет «Будущее использования диапазона 470–694 МГц в Евросоюзе», Aetha Consulting Limited (Aetha), 2014.

ной связи в этой полосе возможно только на условиях вывода из нее РЭС этих служб или разработки условий совместной работы их работы с РЭС подвижной связи.

Указ Президента Российской Федерации от 11.08.2014 № 561 «О гарантиях распространения телеканалов и радиоканалов на территории Российской Федерации» поручает Правительству Российской Федерации обеспечить к 2021 году предоставление полос радиочастот для осуществления эфирного наземного телевизионного вещания с использованием позиций в мультиплексах, в том числе частотное планирование и проведение иных необходимых мероприятий по поэтапному переводу эфирного цифрового наземного вещания на стандарт телевидения высокой четкости (HDTV) в пределах полос радиочастот, выделенных для осуществления эфирной наземной трансляции телеканалов и радиоканалов.

Таким образом, с учетом потребностей ТВ-вещания в радиочастотном спектре, для обеспечения возможности дальнейшего развития наземного ТВ-вещания необходимо обеспечить сохранение необходимого радиочастотного ресурса в полосах радиочастот 174–230 МГц и 470–790 МГц для развития ТВ-вещания, а также защиту от помех со стороны других радиослужб, прежде всего – внедряемых РЭС подвижной связи в полосах частот 790–862 МГц и, в некоторых странах, – 694–790 МГц.

2.4.2 Разработка и обеспечение соблюдения условий совместного использования подвижной службы и наземного телевизионного вещания

Как уже отмечалось в разделе 1, в настоящее время в рамках МСЭ-R рассматривается вопрос распределения ПС и идентификации для IMT полосы частот в рамках п. 1.1 ВКР-15, а также не исключено продолжение рассмотрения данного вопроса вплоть до ВКР-19. Помимо этого, полоса частот 694–790 МГц уже распределена ПС и в рамках п. 1.2 повестки дня ВКР-15 вырабаты-

ваются условия использования данной полосы частот между ПС и РвС.

В связи с этим необходимо предпринять меры по защите радиочастотного ресурса 470–790 МГц от помех вещания со стороны соседних иностранных государств, в случае развития сетей ПС на их территории.

Помимо этого, в случае если национальные потребности в спектре для ЦТВ окажутся не столь высокими, например вследствие малого интереса к региональным или местным мультиплексам, возможно внедрение сетей ПС в полосе частот 694–790 МГц в Российской Федерации, что потребует обеспечения совместимости сетей ПС и РвС в соседних полосах частот. Также могут потребоваться и меры дополнительной защиты ТВ-приема от уже разворачиваемых сетей ПС в полосе частот 790–862 МГц.

В последующих подразделах более подробно рассмотрены проблемы защиты от помех сетей РвС как для случая приграничной координации (в совмещенном канале), так и на национальном уровне (в соседних полосах частот).

При этом стоит отметить, что внедрение подвижных служб в полосе радиочастот 470–694 МГц является нецелесообразным, поскольку данная полоса радиочастот интенсивно используется как эфирным, так и кабельным ТВ-вещанием, и результаты исследований совместимости показывают, что обеспечить ЭМС между подвижной связью и вещанием в общей полосе радиочастот практически невозможно.

Возможным исключением может быть использование дополнительной линии вниз для вещательных расширений сетей на основе технологии LTE Broadcast в случае наличия незадействованных каналов ТВ-вещания в соответствующих районах местности, для чего не требуется никаких специальных распределений радиочастотного спектра подвижной службе. При этом будет необходимо обеспечить приоритет для станций ТВ-вещания в получении радиочастотных каналов, в противном случае развитие ТВ-веща-

ния окажется под угрозой.

2.4.2.1 Обеспечение защиты сетей РвС от помех со стороны иностранных государств

Как уже отмечалось выше, в случае внедрения ПС в полосе частот 470–790 МГц в соседних государствах, существует риск создания помех сетям ТВ-вещания в РФ. При этом на данный момент существует возможность защиты отечественных сетей ТВ-вещания только в рамках Соглашения «Женева-2006».

При оценке мешающего влияния от сетей ПС на другие первичные службы часто необходимо оценить напряженность поля помех от ПС в контрольных точках на территории другого государства. Соглашением «Женева-2006» предусмотрено рассмотрение одиночного присвоения подвижной службы, к которому применяется пороговое значение в любой контрольной точке на территории затронутого государства. Однако при разработке Соглашения «Женева-2006» не были известны рассматриваемые в настоящее время частотные планы, предполагающие использование одной и той же частоты на всей территории (коэффициент повторного использования = 1), включая территории, не принадлежащие к зонам частотных выделений или присвоений, имеющимся в плане «Женева-2006» на данной частоте.

По этой причине требуется принятие дополнительных мер по обеспечению защиты сетей ТВ-вещания с учетом суммарных помех от сетей ПС. Как показали исследования МСЭ-R в рамках п. 1.1 и п. 1.2 повестки дня ВКР-15, эффект суммарных помех может быть значительным. В рамках данных исследований, определялось расстояние, на котором напряженность мешающего поля одиночной базовой станции равна пороговой величине. Создавалась сеть базовых станций, с типовыми параметрами и выполнялся расчет приращения суммарной помехи от сети ПС по отношению к одиночному присвоению. Примеры полученных результатов приведены в табл. 2.5.

Табл. 2.5. Пример расчета суммарной помехи

Частота	Пороговая величина напряженности поля	Тип трассы	Расстояние разноса для одиночной БС	Суммарная напряженность поля	Прирост по отношению к пороговой напряженности поля	Требуемое расстояние разноса для сети БС
[МГц]	[дБ(мкВ/м)]		[км]	[дБ(мкВ/м)]	[Дб]	[км]
700	25	сухопутная	60	42,4	17,4	212
700	25	теплое море	704	52,8	27,8	>1000

Результаты исследований показывают, что превышение суммарной помехи над одиночной помехой может составлять до 21 дБ (при использовании направленных приемных антенн). Данное исследование показывает, что при проведении исследований совместимости суммарное мешающее влияние сигналов базовых станций сетей ПС должно учитываться. В то же время критерии определения затронутых администраций, используемые в Соглашении «Женева-2006», рассчитаны на реализацию одиночных станций ПС, а не сетей, и разрабатывались без учета суммирования помех.

Помимо мешающего влияния от сетей подвижной связи на сети ТВ-вещания, будет наблюдаться также помеха от сетей ТВ-вещания на сети подвижной связи. Как показали теоретические расчеты, в ряде случаев базовые станции LTE при внедрении их в непосредственной близости к сетям мощного ТВ-вещания с целью снижения помех должны будут располагаться на расстояниях до 250 км от государственной границы. Столь существенные расстояния разнесения могут послужить причиной желая соседних государств ограничить развитие ТВ-вещания в Российской Федерации в приграничных районах.

Таким образом, для защиты отечественных сетей ТВ-вещания требуется проводить координацию сетей ПС соседних государств с учетом возможности влияния суммарных помех, а также проводить заблаговременное резервирование частотного ресурса для будущего

развития сетей ЦТВ в дополнение к плану Соглашения «Женева-2006» (если это необходимо).

2.4.2.2 Обеспечение условий совместного использования сетей ПС и РвС в соседнем канале

Как уже отмечалось, при выполнении будущих потребностей ЦТВ-вещания преимущественно в полосах частот ниже 694 МГц, в Российской Федерации могут быть внедрены сети ПС в полос частот 694–790 МГц. Однако такое внедрение само по себе сопряжено с необходимостью решения ряда задач по обеспечению нормальной работы отечественных сетей ЦТВ. В частности, потребуется:

- Провести работы по компенсации потерь радиовещательной службы в плане «Женева-2006» в полосе радиочастот 694–790 МГц для обеспечения достаточного количества каналов плана в полосе радиочастот 470–694 МГц на всей территории страны.
- Обеспечить электромагнитную совместимость систем подвижной связи, работающих в полосе радиочастот 694–790 МГц, с системами наземного телевизионного вещания в полосе радиочастот 470–694 МГц.

Различия топологии сетей, архитектур и особенностей применения требуют дополнительных мер по обеспечению совместного использования подвижной и вещательной радиослужб (подвижной связи и ТВ-вещания) в соседних полосах частот. Ниже приведены результаты исследований совмести-

мости и совместного использования подвижной и радиовещательной служб, проведенные для полосы радиочастот 694–790 МГц в рамках п. 1.2 повестки. В частности, данные исследования были сфокусированы на определении уровня внеполосных излучений терминалов мобильного широкополосного доступа, которые могут создать помеху приему ТВ-вещания при нахождении в непосредственной близости от антенны приемника.

Следует отметить, что значение внеполосных излучений так же, как и частотный план, определяет возможности гармонизации использования полосы частот 694–790 МГц между странами Районов 1, 2 и 3 МСЭ-R. В частности, во многих странах Района 2 и 3 уже принято решение об использовании частотного плана А5. В Европе предполагается использовать часть данного частотного плана, а именно полосы частот 703–733/758–788 МГц для UL и DL соответственно. Результаты исследований на основе расчета методом минимальных общих потерь (MCL) показывают необходимость ограничений уровня внеполосных излучений абонентских терминалов, в диапазоне от -40 до -56 дБм/8 МГц.

В результате данных исследований для повышения защиты ТВ-приемников страны СЕРТ настояли на установке более жесткого уровня внеполосных излучений -42 дБм/8 МГц в рамках уже существующего класса оборудования 3GPP 28. Однако данный уровень требуется для выполнения только

Табл. 2.6. Доли подверженных помехе домохозяйств с учетом проведения мероприятий по снижению уровня помех

OOBE, dBm/8MHz	% приемников от всего парка	Pai(X) 1 сеть IMT, %	Pai(X) 2 сети IMT, %	Pai(X) 3 сети IMT, %
-42	50, 90	12,24	13,73	13,97
-46	50, 90	6,81	7,91	8,12
-52	50, 90	1,20	1,54	1,64
-56	90	0,24	0,33	0,37
-56	50	0,14	0,20	0,22

каналом шириной 10 МГц. При этом предполагается на национальном уровне запрещать использование более широких каналов с использованием блока частот 703–713 МГц.

Однако ряд исследований, основанных на других методах расчета, показали, что для сохранения доли затронутых помехой домохозяйств на низком уровне, предел внеполосных излучений терминала ПС не должен превышать -56 дБм/8 МГц на частотах 694 МГц и ниже, а при сохранении доли затронутых помехой домохозяйств на приемлемом уровне предел внеполосных излучений терминала ПС не должен превышать -52 дБм/8 МГц на частотах 694 МГц и ниже. При этом необходимым условием является обязательная установка на входе ТВ-приемников дополнительных фильтров подавления излучений в полосе выше 694 МГц с ослаблением не менее 30 дБ. См. таблицу 2.6.

С учетом того, что в рамках МСЭ-R так и не удалось прийти к однозначному выводу по уровню внеполосных излучений и степени влияния абонентских терминалов ПС на прием ТВ-вещания, целесообразным является изучение опыта европейских стран, где сети в диапазоне 700 МГц начнут внедряться после 2015 года. Ожидается, что к тому моменту, когда в Российской Федерации можно будет принять решение о возможности внедрения сетей ПС в полосе частот 694–790 МГц, развернутые сети в диапазоне 700 МГц уже получат широкое распространение и будет возможным оценить уро-

вень помехового влияния в реальных условиях. В зависимости от полученного опыта в Российской Федерации может потребоваться принятие дополнительных мер. В частности, в Европе прорабатывается вопрос установления более жестких требований к селективности приемников ТВ-вещания, чтобы минимизировать потенциальное влияние от ПС в полосе частот 694–790 МГц.

Помимо проблем совместимости между ПС и РвС в полосах телевизионного вещания также имеются сведения о создании помех приему программ аналоговых и цифровых систем кабельного телевизионного вещания (СКТВ). Необходимо отметить, что операторы систем кабельного телевизионного вещания, согласно решениям ГКРЧ, не относятся к пользователям радиочастотного спектра.

Важно отметить, что в силу ограниченных возможностей экранировки коаксиальных фидеров, кабельной разводки и самих шасси ТВ-приемников, при работе РЭС LTE в полосе 694–790 МГц в самих домах, будут возникать помехи в перекрывающихся полосах частот. Из-за высокой загрузки стандартизованных диапазонов кабельного вещания в сетях операторов СКТВ, возможность избежать помех переводом программ из полосы частот 694–790 МГц на другие частоты (перевод на другие частоты применяется и в случае помех от эфирного ТВ) может отсутствовать, что приведет к вынужденному снижению объема или качества предоставляемых услуг.

Альтернативно кабельные операторы должны будут использовать более качественное усилительное оборудование и более качественные кабельные системы.

Несмотря на то, что кабельные сети не относятся к использованию радиочастотного спектра, в случае массового возникновения помех кабельным сетям это может привести к необходимости пересмотра вопросов внедрения сетей LTE в полосе частот 694–790 МГц. По этой причине до момента внедрения сетей LTE в СЕРТ проводятся отдельные исследования данной проблемы. С учетом возможной разницы в использовании кабельных сетей в странах Европы и в РФ также могут потребоваться отдельные исследования данного вопроса и выработка мер по их устранению.

Таким образом, потенциальное внедрение сетей ПС в полосе частот 694–790 МГц должно принимать во внимание возможность создания помех ТВ-вещания в полосах частот ниже 694 МГц и нарушения работы кабельных сетей. С учетом возможности внедрения сетей ПС в России не ранее отключения аналогового вещания и перепланирования сетей ЦТВ (в том числе с учетом перехода к ТВВЧ), фактическое развертывание сетей ПС должно ориентироваться на накопленный опыт эксплуатации сетей ПС в диапазоне 700 МГц и защиты ЦТВ от помех при внедрении сетей ПС в диапазоне 700 МГц. При этом потребуется нормативно-правовое закрепление мер по защите сетей ЦТВ от потенциальных помех.

3. ПРОГНОЗ И АНАЛИЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ, ВКЛЮЧАЯ ВОПРОСЫ КОНВЕРГЕНЦИИ С СЕТЯМИ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ IMT

3.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Развитие профессиональной подвижной связи в первую очередь связано с удовлетворением потребностей органов общественной безопасности и помощи при бедствиях. Органы общественной безопасности и помощи при бедствиях играют важнейшую роль в жизни общества. К организациям общественной безопасности (или службам экстренной помощи) относятся полиция, служба пожарной охраны, служба здравоохранения, скорая помощь и служба гражданской обороны.

Существующее законодательство требует от организаций общественной безопасности высокий уровень надежности и качества оказываемых услуг. Поскольку организации общественной безопасности выполняют критически важные операции, то для успешной работы им нужны решения для голосовой и широкополосной связи, обеспечивающие передачу и обработку информации в критических ситуациях. В международной практике к узкополосным и широкополосным сетям такого назначения применяется термин PPDR (Public Protection and Disaster Relief – обеспечение безопасности и оказание помощи при бедствиях). И хотя профессиональная подвижная связь имеет

более широкий смысл, именно системы PPDR определяют технологический прогресс, и, именно развитие данных систем во многом определяет перспективу развития профессиональной подвижной радиосвязи до 2025 года.

Проведенные в США¹² и Европе¹³ исследования, а также исследования в Российской Федерации по узкополосной¹⁴ и широкополосной радиосвязи¹⁵ выявили два основных направления развития профессиональной подвижной радиосвязи на ближайшее десятилетие:

- сохранение и полная цифровизация сетей узкополосной радиосвязи;
- параллельное развитие сетей мобильного широкополосного доступа в интересах PPDR.

Ожидается, что до момента полномасштабного развертывания сетей мобильного широкополосного доступа в интересах органов общественной безопасности и помощи при бедствиях в том или ином виде, сети узкополосной радиосвязи будут оставаться базовым элементом телекоммуникационной инфраструктуры, обеспечивающим бесперебойность и надежность радиосвязи. В этой связи следует оценивать развитие услуг с использованием систем профессиональной радиосвязи как в узкополосных, так и в широкополосных сетях профессиональной подвижной связи.

Система голосовой связи, которой пользуются профессионалы, должна поддерживать такие функции, как¹⁶:

- осуществление оперативной связи (от 0,2 до 0,5 с) внутри группы абонентов, которая может быть задана заранее;
- возможность перераспределения участников групп во время сеанса связи;
- сохранение связи даже при выходе из строя базовой станции;
- передача широкополосного сигнала абонентам сети;
- возможность быстро переконфигурировать сеть.

Однако с развитием сетей и услуг общего пользования встала необходимость обеспечить пользователей профессиональной подвижной связи аналогичными функциями, но с учетом всей специфики работы органов общественной безопасности и помощи при бедствиях. Для этой цели уже в цифровые стандарты узкополосной радиосвязи были введены базовые функции для обеспечения минимального доступа к банкам данных и пересылки небольших файлов, которые получили название высокоскоростных применений. Однако внедрение полноценных широкополосных услуг по передаче данных, как и массовое использование высокоскоростных сервисов, потребует перехода к сетям мобильного широкополосного доступа.

¹² Public Safety Communications Assessment 2012–2022 Technology, Operations, & Spectrum Roadmap Final Report, June 5, 2012.

¹³ Is Commercial Cellular Suitable for Mission Critical Broadband? Study on use of commercial mobile networks and equipment for «mission-critical» high-speed broadband communications in specific sectors. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2014.

¹⁴ Отчет по НИР «Выработка научно-технического и финансового обоснования для принятия решений по созданию системы радиосвязи в интересах органов внутренних дел», шифр «Радиосвязь». Сводный аналитический отчет: ФГУП НИИР, 2014.

¹⁵ Отчет по НИР «Выработка научно-технического и финансового обоснования для принятия решений по созданию Выработка научно-технического и финансового обоснования для принятия решений по созданию (модернизации) системы беспроводного широкополосного доступа», шифр «Мобильный ШПД». Сводный аналитический отчет: ФГУП НИИР, 2014.

¹⁶ Морозов Е. Транкинговая связь: разумная замена сотовой связи, http://www.mobi.ru/Articles/2584/Trankingovaya_svyaz_razumnaya_zamena_sotovoivoi_svyazi.htm.

В отчете МСЭ-R¹⁷ приведены примеры приложений для будущих широкополосных сетей PPDR и пользовательские требования к будущим сетям PPDR. В табл. 3.1 и 3.2 представлены примеры приложений для сетей PPDR, которые могут быть использованы в качестве основы при разработке общих требований к сетям профессиональной подвижной радиосвязи. В таблице указана важность услуг и приложений применительно к различным сценариям: высокая (В), средняя (С) или низкая (Н).

Анализ приведенных таблиц из Отчета МСЭ-R М.2291 показал, что будущие системы широкополосной связи для PPDR, как и узкополосные сети радиосвязи, должны обеспечивать решение следующих

важных технических и эксплуатационных задач:

- обеспечение быстрой установки соединения, радиовещательного вызова при помощи одного нажатия кнопки и возможности группового вызова;
- обеспечение безопасности связи, включая сквозное шифрование, аутентификацию терминала/сети;
- предоставление ведомствам и организациям PPDR таких возможностей управления связью, как мгновенное/динамическое изменение конфигурации, создание разговорных групп, получение гарантированного доступа, включая приоритетные вызовы и вызовы, требующие предварительного освобождения канала

- связи, групповые и всеобщие вызовы, обеспечение доступности спектра для нескольких агентств и организаций PPDR, координация и перенаправление вызовов;
- обеспечение связи в системе/сети и/или независимо от сети, например в режиме прямой связи (DMO – Direct Mode Operation), симплексном режиме и в режиме вызова нажатием одной кнопки;
- предоставление высококачественных услуг, включая мгновенное установление соединения и мгновенную возможность говорить после нажатия кнопки вызова, выживаемость при больших перегрузках, очень высокой степени успешного установления соединений и т. п.

Табл. 3.1. Приложения и примеры PPDR

Тип услуги	Приложение	Краткое описание приложения	Важность		
			Ежеднев-ная работа	Чрезвычайные ситуации	Бедствия
1. Узкополосные системы					
Передача речи	Между двумя абонентами	Селективный вызов и адресация	В	В	В
	Один-ко-многим	Диспетчерская и групповая связь	В	В	В
	Режим прямой связи	Каналы для абонентских станций (подвижный–подвижный), находящихся поблизости, без инфраструктуры	В	В	В
	Push-to-Talk, мгновенное установление связи	Мгновенный доступ к каналу передачи речи	В	В	В
		Приоритетный селективный доступ	В	В	В
	Безопасность	Шифрование речи/скремблирование	В	В	С
Факсимильная передача	Между двумя абонентами	Статусные, короткие сообщения	Н	Н	В
	Один-ко-многим (радио-вещательная передача)	Аварийный вызов диспетчера (например адрес, состояние дел в районе бедствия)	Н	Н	В
	Режим прямой связи	Статусные, короткие сообщения, корот-кие электронные сообщения	В	В	В
Передача сообщений	Один-ко-многим (радио-вещательная передача)	Аварийный вызов диспетчера (например адрес, состояние дел в районе бедствия)	В	В	В
Телеметрия	Определение местонахож-дения	Данные GPS о широте и долготе	В	С	В
	Данные от сенсоров	Телеметрические данные состояния автомобиля	В	В	С
		ЭКГ (электрокардиография)	В	В	С
Доступ к базам данных (минимальный объем данных)	Записи в виде стандарт-ных форм	Доступ к данным о водительских правах	В	В	С
		Доступ к данным о преступлениях/про-павших людях	В	В	С
	Отчет о происшествии в виде стандартного бланка	Заполнение отчета с места работ	В	В	В

¹⁷ Отчет МСЭ-R М.2291-0. The use of International Mobile Telecommunications for broadband public protection and disaster relief applications. МСЭ-R, 12/2013.

2. Среднескоростные системы					
Сообщения	Электронная почта	Обычное сообщение электронной почты	С	С	Н
Передача дан-ных в режиме прямой связи	Прямая связь между командами без дополни-тельной инфраструктуры	Прямая связь между телефонными трубками, средствами связи на месте события	В	В	В
Доступ к базам данных (средний раз-мер данных)	Запрос форм и записей, учетов	Доступ к медицинским записям	В	В	С
		Списки установленных личностей/пропавших	В	В	В
		GIS (географические информационные системы)	В	В	В
Передача текстовых файлов	Передача данных	Заполнение отчетов с места происше-ствия	С	С	С
		Информация из системы управления записями по нарушителям	В	С	Н
		Загрузка информации о законодатель-стве	С	С	Н
Передача изо-бражений	Выгрузка/загрузка/сжатых изображений	Биометрические данные (отпечатки пальцев)	В	В	С
		Идентифицирующее изображение	В	В	С
		Создание карт компоновки	В	В	В
Телеметрия	Статус транспортного средства	Передача данных о местоположении и данных с датчиков	В	В	В
Видео	Загрузка/выгрузка сжато-го видео	Видеоклипы	С	Н	Н
		Наблюдение за пациентами (может понадобиться выделенная линия)	С	С	С
		Видеосъемка происшествия по мере развития	В	В	С
Интерактивная связь	Определение местопо-ложения	Двусторонняя система связи	В	В	С
		Интерактивные данные о местопо-ложении	В	В	В
3. Широкополосные системы					
Доступ к базе данных	Доступ к сетям Intranet/Internet	Доступ к архитектурным планам зданий, местоположению опасных материалов	В	В	В
	Веб-поиск	Поиск номера телефона в справочниках различных организации	С	С	Н
Управление роботами	Дистанционное управле-ние робототехническими устройствами	Роботы для извлечения бомб, роботы для воспроизведения изображения/ видеосигнала	В	В	С
Видео	Формирование видеопото-ка, передача видеопото-ка в реальном времени	Видеосвязь от беспроводных присте-гивающихся камер, используемых при спасательных операциях в зданиях во время пожара	В	В	В
		Изображение или видео при оказании медицинской помощи на расстоянии	В	В	В
		Наблюдение за местом происшествия при помощи стационарных робототехни-ческих устройств или с дистанционным управлением	В	В	С
		Оценка очагов пожаров/наводнений с воздушных платформ	С	В	С
Изображения	Изображение высокой четкости	Выгрузка изображений со спутников исследования Земли	Н	Н	С
		Передача медицинских изображений в реальном времени	С	С	С

Табл. 3.2. Пользовательские требования

Требования	Краткое описание	Важность		
		Ежедневная работа	Чрезвычайные ситуации	Бедствия
1. Системные				
Одновременное использование нескольких приложений	Интеграция нескольких применений (например, голосовая связь и низко/среднескоростная передача данных)	B	B	C
	Интеграция местной голосовой связи, высокоскоростных данных и видеоданных на высокоскоростных сетях для обслуживания локализованных территорий с интенсивной деятельностью на местах	B	B	C
Приоритетный доступ	Управление высокоприоритетной и низкоприоритетной сегментацией сети во время высокой нагрузки	B	B	B
	Обеспечение работы при увеличенной загрузке трафика во время важных операций и чрезвычайных ситуаций	B	B	B
	Эксклюзивное пользование частотным ресурсом или эквивалентный высокоприоритетный доступ к сети	B	B	B
Качество обслуживания	Надлежащая зона обслуживания	B	B	B
	Надлежащее качество оказываемых услуг	B	B	B
	Уменьшенное время отклика при доступе к сети и информации непосредственно на месте происшествия, включая быструю авторизацию абонента/сети	B	B	B
Зона покрытия	Система PPDR должна предоставлять полное покрытие в рамках соответствующей юрисдикции и/или операции	B	B	C
	Покрытие сети согласно соответствующей зоны ответственности ведомства	B	B	C
	Системы, предназначенные для пиковых нагрузок и больших флуктуаций использования	B	B	C
	Увеличение пропускной способности системы при чрезвычайных ситуациях категорий, используя такие методы, как реконфигурация сетей с интенсивным использованием для работы в прямом режиме	B	B	B
	Ретрансляторы на ТС (узкополосные, широкополосные, широкополосные высокоскоростные) для покрытия локализованных территорий	B	B	B
	Надежное покрытие сети внутри помещения	B	B	B
	Покрытие сети для отдаленных территорий, под землей и в труднодоступных районах	B	B	B
	Необходимое резервирование для продолжения работы при сбое оборудования/части инфраструктуры	B	B	B
Дополнительн. требования	Быстрое динамическое изменение конфигурации систем	B	B	B
	Управление связью, включая центральную диспетчерскую (центр управления и контроля), регулирование доступа, диспетчерская конфигурация (разговорных групп), уровни приоритета и преимущественное освобождение каналов.	B	B	B
	Надежное администрирование и техническая поддержка для смены статуса и динамической переконфигурации	B	B	B
	Совместимость с интернет-протоколом (всей системы или в части интерфейса с IP)	C	C	C
	Надежное оборудование (аппаратное обеспечение, программное обеспечение, аспекты эксплуатации и технического обслуживания).	B	B	B
	Портативное оборудование (оборудование, которое может передавать сигнал во время движения)	B	B	B
	Оборудование, требующее наличия специальных возможностей (например, громкоговорителя, особых аксессуаров, (специальных микрофонов, с которыми можно работать в перчатках и т. п.), возможность работы в сложных условиях и продолжительное время работы от батареи)	B	B	B
	Быстрое установление соединения и мгновенная работа типа «нажмите и говорите»	B	B	B
	Связь с оборудованием, установленном на воздушном и морском судах, управление робототехническими устройствами	C	B	H
	Вещание/групповой вызов в одно касание	B	B	B
	Связь между терминалами без инфраструктуры (например, работа в режиме прямой связи/разговора), транспортные ретрансляторы	B	B	B
	Подходящие уровни взаимосвязи с сетью (сетями) электросвязи общего пользования	C	C	C

2. Безопасность	Сквозное шифрование для связи между подвижными терминалами, диспетчером или для групповых вызовов	B	B	H
3. Связанные с затратами	Открытые стандарты	B	B	B
	Экономически выгодные решения и применения	B	B	B
	Конкурентоспособный рынок	B	B	B
	Уменьшение стоимости развертывания постоянной инфраструктуры сетей благодаря общедоступности оборудования	B	B	H
4. ЭМС	Эксплуатация систем связи PPDR в соответствии с национальными правилами по ЭМС	B	B	B
5. Эксплуатация	Поддержка систем связи PPDR в любой эксплуатационной среде	B	B	B
	Реализация государственным и/или частным оператором	B	B	C
	Надежное администрирование и техническая поддержка для смены статуса и динамической переконфигурации	B	B	B
	Быстрое развертывание систем и оборудования при крупных чрезвычайных ситуациях, общественных мероприятиях и бедствиях (например, крупные пожары, Олимпийские игры, миротворческие операции)	B	B	B
	Передача данных к подразделениям/от подразделений, расположенных на местах событий, в центр оперативного управления и специализированные информационные центры	B	B	B
	Повышенная безопасность сотрудников за счет использования улучшенной связи	B	B	B
	Внутри сети: использование общих каналов сети и/или разговорных групп	B	B	B
	Между сетями: упрощение использования инфраструктуры, которая является общей для различных сетей	B	B	B
	Координация тактической связи между руководителями многочисленных ведомств, находящихся на месте события или происшествия	B	B	B
6. Использование и управление использованием спектра	Совместное использование спектра с другими пользователями наземной мобильной связи	H	H	C
	Доступность подходящего участка спектра (узкополосные, широкополосные, широкополосные высокоскоростные каналы)	B	B	B
	Минимизация помех системам PPDR	B	B	B
	Эффективное использование спектра	C	C	C
	Надлежащий разнос каналов между частотами подвижной и базовой станции	C	C	C
7. Соответствие нормативным документам	Соответствие определенным национальным регламентным документам	B	B	B
	Координация частот в приграничных районах	B	B	C
	Предоставление возможностей системы PPDR для поддержания расширенного покрытия сети, охватывающего соседнюю страну (на основе соглашений)	C	C	C
	Обеспечение гибкости при использовании разных типов систем в других службах (например, В службы, спутники, любительская служба) на месте крупного чрезвычайного происшествия	C	B	B
8. Планирование	Снижение зависимости от таких меняющихся факторов, как, например, подача электроэнергии, аккумуляторы, топливо, антенны и т. д.	B	B	B
	Иметь, при необходимости, легкодоступное оборудование	B	B	B
	Предусмотреть наличие сетей на национальном, федеральном и местном (например, муниципальном) уровне	B	B	C
	Предварительная деятельность по координации и планированию (например, определение конкретных каналов для использования во время операций по оказанию помощи при бедствиях, не на постоянной, эксклюзивной основе, а на приоритетной основе, в периоды необходимости)	B	B	B
	Обеспечение информированности, чтобы пользователи PPDR сетей могли получить к ней доступ на месте происшествия	C	C	C

При этом стоит отметить, что требования по услугам и пользовательские требования в первую очередь сформированы в предположении использования в качестве широкополосной радиотехнологии для профессиональной подвижной радиосвязи стандартов мобильного широкополосного доступа, а именно LTE/LTE-Advanced, но с рядом усовершенствований для удовлетворения специфических требований PPDR. В последующем разделе дано описание современных стандартов узкополосной радиосвязи и описание использования стандарта LTE/LTE-Advanced для профессиональной подвижной радиосвязи.

Концептуальный подход в использовании широкополосных мобильных систем передачи данных, применяемых при проведении спецопераций, например, при обезвреживании и задержании забаррикадированных в здании преступников или террористической группы, а также локализации какой-либо чрезвычайной ситуации, представила компания Motorola Solutions. На рис. 3.1 приведена концепция организации сети передачи данных при проведении спецоперации по локализации и обезвреживанию группы преступников. Дополнительно проведены оценки по необходимому объему переданных и полученных данных в зависимости от этапа проведения такой спецоперации.

При возникновении чрезвычайной ситуации на первом этапе осуществляется оцепление полицией внешнего периметра. Каждый автомобиль оборудован абонентским устройством сети широкополосной передачи данных. На данном этапе осуществляется передача сравнительно небольшого объема информации: получение/передача оперативных текстовых сводок, передача данных о месте положения автомобиля, данные контроля о выполнении этапа операции и пр. При этом требования по скорости передачи к абонентскому оборудованию и сети в целом незна-

чительна. Дополнительно, на первом этапе организуется видеоконтроль ситуации с воздуха, что увеличивает требования к скорости передачи данных. Видеоконтроль с воздуха может осуществляться с камер, установленных как на вертолетах, в таком случае видеоизображение может поступать на командный центр с высоким разрешением HD и Full HD, так и на беспилотных летательных аппаратах с невысокой четкостью. Четкость и разрешение видеоматериала в основном обусловлены габаритами и энергопотреблением видеооборудования, поэтому в перспективе будет существовать возможность установки оборудования высокой четкости и на малогабаритные БПЛА.

В то же самое время обеспечиваются процедуры перераспределения емкости мобильной широкополосной сети исключительно для целей и нужд сотрудников служб обеспечения общественной безопасности. Устанавливаются приоритеты для различных категорий спецпользователей, распределение прав доступа к тем или иным информационным ресурсам и различным приложениям.

В течение первых 15 минут в зоне чрезвычайной ситуации появляются вспомогательные службы, такие как скорая медицинская помощь, пожарные, спасатели. Все прибывшие на место экипажи полиции, медиков и пожарных включаются в единую сеть внешнего периметра для получения оперативной информации.

В течение первого часа на место прибывают оперативные группы специального назначения и руководство операций. Все прибывшие также автоматически включаются в сеть внешнего периметра.

Устанавливается контроль над внутренним периметром с помощью снайперов отряда специального назначения. Для контроля зоны чрезвычайной ситуации снайперы на позициях устанавливают оборудование видеонаблюдения, которое в режиме реального времени передает видеоин-

формацию абонентам сети внешнего периметра. К этому моменту требования к скорости передачи данных могут составить до 10 Мбит/с.

В течение следующего получаса группы специального назначения разворачивают дополнительные технические средства, такие как: разведывательные роботы, большие штурмовые роботы и другие. Обеспечивается возможность передачи данных от видеооборудования, установленного на роботах, на командную машину группы специального назначения. Прибывают дополнительные специальные группы федеральных служб безопасности для проведения последующих переговоров.

Далее начинается следующая фаза урегулирования чрезвычайной ситуации – проведение переговоров с преступниками. С момента начала проведения операции все гражданские пользователи мобильных сетей в данном районе должны быть отключены. Это делается для предотвращения возможности коммуникации преступников с внешним миром. По этой причине для проведения переговоров преступникам предоставляется сотовый телефон, работающий в сети PPDR, задействованной в данном районе. Данный телефон также осуществляет постоянную фоновую передачу данных: передача звуковой информации с микрофона и/или видеoinформации с камеры устройства. Таким образом, данный телефон является дополнительным разведывательным устройством, работающим в сети передачи данных в интересах спецслужб. Параллельно с началом переговоров разворачивается единый центр командования спецоперацией. Обеспечивается передача любой видеoinформации в потоковом режиме с каждого развернутого ранее источника: вертолеты, снайперы, роботы, автомобили и пр. Во время проведения переговоров разрабатываются детальные планы возможного проведения штурма здания. Для этого по запросам от городских служб и иных организаций всем участникам

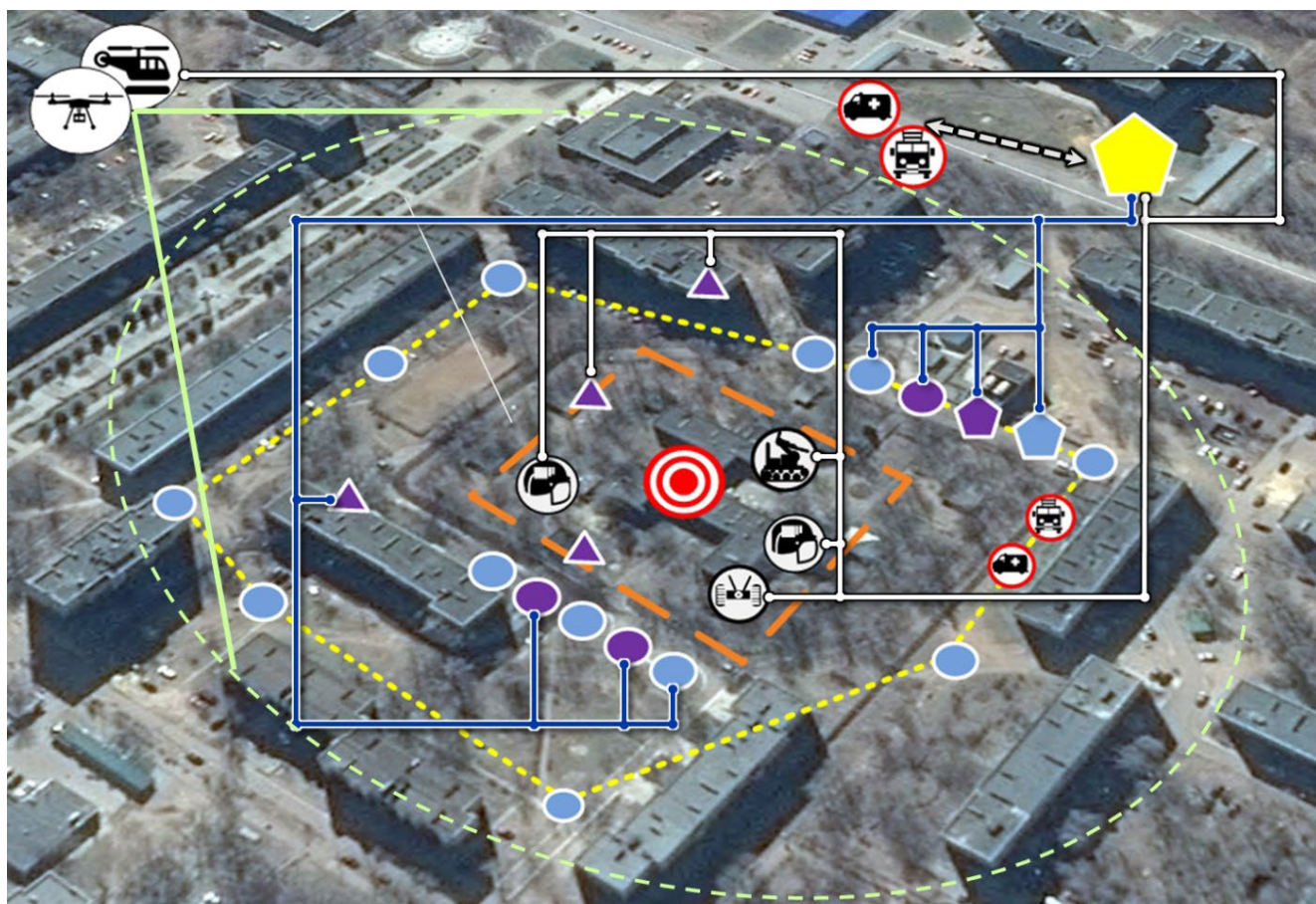


Рис. 3.1. Концепция проведения спецоперации по локализации и обезвреживанию группы преступников

штурма рассылаются детальные планы зданий, собирается информация о возможных заложниках, рассылается информация по преступникам (фото и видеоматериалы). Бригадам пожарной и медицинской скорой помощи также идет рассылка вспомогательной информации: схемы зданий и наиболее вероятные очаги возгораний для пожарных, личные дела сотрудников спецопераций с указанием каких-либо медицинских противопоказаний на случай оказания экстренной помощи для медиков, при наличии заложников – аналогичная информация по ним. В то же самое время в здание направляется миниатюрный разведывательный робот с установленной видеокамерой. Информация в режиме реального времени поступает на единый командный пункт, что позволяет скорректировать дальнейшие планы по штурму здания. Следует также отметить, что дополнительной информацией обеспечивается и переговорщик: личные дела преступников,

снятые с разведывательных устройств переговоры и др.

В случае если переговоры не приводят к должному результату, осуществляется штурм здания и захват преступников. По заранее подготовленному плану штурмовые группы проникают внутрь здания. В шлеме каждого из сотрудников, непосредственно участвующих в проникновении в здание, установлены видеокамеры, которые передают информацию в режиме реального времени в командный центр, также передается информация о местоположении сотрудника, состоянии его здоровья и прочее. Это позволяет осуществлять четкую координацию действий различных групп и принятие правильных решений в случае незапланированного развития событий. В штурме здания также принимает участие так называемый большой робот. Установленная на его борту видеокамера позволяет осуществлять управление роботом в отсутствие видимости между оператором и маши-

ной. Следует отметить, что голосовая связь осуществляется также в рамках сети передачи данных, при этом организуется возможность прослушивания всех переговоров в командном центре. После удачного штурма здания и захвата преступников осуществляется «зачистка» здания, то есть по полученным графическим данным плана здания проводится проверка всего здания в целом на предмет наличия неустановленных лиц и прочее.

Наиболее требовательным к обеспечению достаточной скорости передачи данных является именно проведение захвата здания, однако данный период должен длиться порядка 5-10 минут. Наибольший же объем данных передается в период переговоров/подготовки к штурму. На рис. 3.2 представлены оценочные параметры по суммарному объему данных переданных за время проведения операции. Общее количество данных, переданных за время проведения операции, может составлять до 26 Гб.

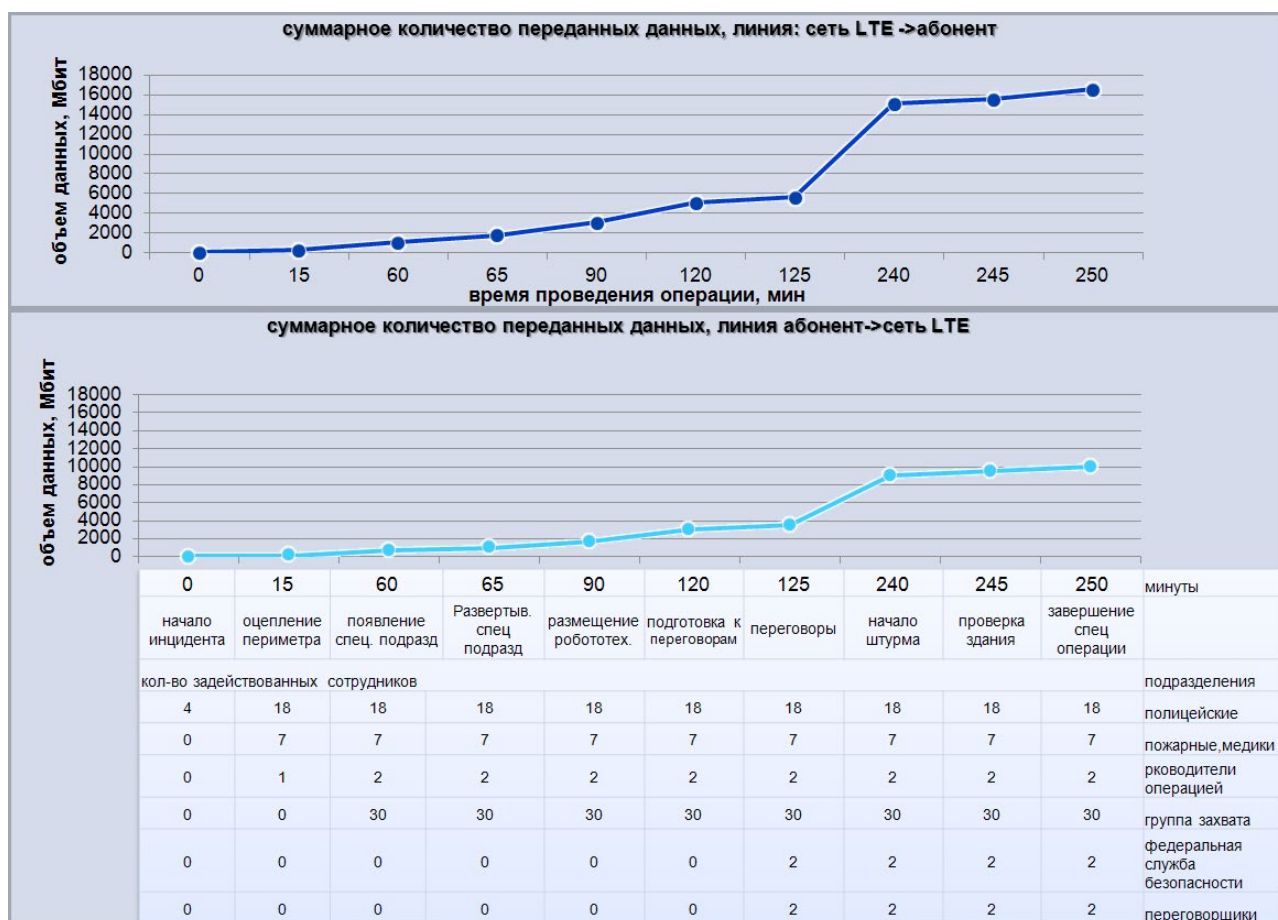


Рис. 3.2. Объем переданной и полученной информации в за время проведения спецоперации

3.2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАР-ТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

3.2.1 Анализ узкополосных цифровых стандартов для систем профессиональной радиосвязи

Как уже отмечалось выше, несмотря на стремительное развитие технологий широкополосного доступа, говорить в ближайшие годы о вытеснении ими узкополосных систем профессиональных стандартов радиосвязи, преждевременно. Пока не будут развернуты сети широкополосной связи для обеспечения общественной безопасности в общенациональном масштабе, существующие узкополосные стандарты профессиональной радиосвязи смогут обеспечить надежное, работоспособное и безопасное соединение для критически важной голосовой связи, включая приложения РТТ (Push-to-Talk) и групповые вызовы.

Значительно уступая в скорости передачи данных, системы узкополосной профессиональной радиосвязи удовлетворяют самым жестким требованиям, предъявляемым к надежности, безопасности и способности работать в неблагоприятных или критических условиях, например, при проведении специальных мероприятий или при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, когда происходит принудительное или аварийное блокирование работы операторов мобильной связи. По этой причине даже к 2025 году их роль для профессиональной подвижной радиосвязи останется весомой.

К наиболее известным стандартам цифровой радиосвязи, на основе которых во многих странах развернуты системы профессиональной связи, относятся:

- TETRA, разработанный Европейским институтом стандартов связи;
- APCO 25, разработанный Ассоциацией официальных представителей служб связи органов общественной безопасности;

- Tetrapol, разработанный фирмой Matra Communication (Франция);
- GSM-R, стандартизацией которого занимается в рамках Международного союза железных дорог проектная группа EIRENE (European Integrated Railway Radio Enhanced Network);
- GoTa, разработанный Китайской ассоциацией стандартов связи;
- CDMA-PAMR, разработанный Ассоциацией телекоммуникационной индустрии, США.

Активно внедряются в деятельность правоохранительных органов относительно недавно появившиеся перспективные узкополосные технологии:

- DMR и dPMR, разработанные Европейским институтом стандартов связи;
- IDAS NXDN, разработанный фирмой Icom Inc., Япония, на основе стандарта dPMR.

Обобщенные технические характеристики существующих систем профессиональной радиосвязи стандартов TETRA, APCO 25, Tetrapol, DMR, IDAS, GSM-R, CDMA-PAMR представлены в таблице 3.3.

Все стандарты позволяют строить различные конфигурации сетей связи, обеспечивают разнообразные режимы передачи речи и данных, связь с телефонными сетями общего пользования и фиксированными сетями. Информация о наличии некоторых специфических услуг связи, ориентированных на использование представителями служб общественной безопасности, представлена в таблице 3.4. Очевидно, что стандарты TETRA, APCO 25, Tetrapol, DMR, IDAS также обеспечивают сравнимый уровень специальных услуг.

В Европейском регионе в наибольшей степени получил распространение стандарт TETRA. Данный стандарт в первую очередь предназначен для строительства больших сетей профессиональной подвижной радиосвязи с большим числом абонентов. Так как данный стандарт развивается уже достаточно давно, он является наи-

более проработанным с точки зрения обеспечения всей номенклатуры функциональных возможностей в предлагаемом на рынке оборудовании.

Однако с учетом общих функциональных возможностей на первое место в конкуренции стандартов выходят показатели стоимости и возможности миграции от существующих аналоговых сетей профессиональной подвижной связи. В этом отношении стоит выделить стандарт DMR, являющийся одним из решений для успешной миграции от аналоговых систем к цифровым. Стандарты используют радиосигнал с видом модуляции, который имеет форму огибающей аналогичную случаю аналогового сигнала (постоянная огибающая, частотная модуляция, шаг сетки частот 12,5 КГц). Таким образом, терминалы DMR легко реализуются с учетом обеспечения работы в двух режимах: аналоговом/цифровом. Масштаб этих систем – от одного репитера до нескольких связанных БС. Такая конфигурация практически повторяет конфигурации существующих традиционных систем связи, в том числе транкинговых. При замене одной системы на другую не требуется перепроектирования расположения БС и частотного плана, поскольку оборудование DMR работает на тех же частотах, что и аналоговые станции. Стандарт предлагает конструктор из ретрансляторов для сборки простой и надежной системы с достаточно высоким уровнем функционала. Возможность строить небольшие сети также обеспечивает высокую экономию затрачиваемых средств.

В Российской Федерации в период до 2025 года ожидается развитие сетей узкополосной радиосвязи в той или иной степени нескольких стандартов, однако с учетом необходимости миграции от сетей аналоговой радиосвязи, скорее всего, именно стандарт DMR получит наибольшее распространение в силу наблюдаемых уже сейчас темпов внедрения данного стандарта в различных странах, особенно в азиатском регионе.

Табл. 3.3. Технические характеристики цифровых стандартов ПМР

Характеристика стандарта (системы) связи	TETRA	APCO25	Tetrapol	DMR	IDAS	GSM-R	CDMA-PAMR
1	2	3	4	5	6	7	8
Разработчик стандарта	ETSI	APCO	Matra Communications, Франция	ETSI	Icom, Япония	EIRENE	TIA
Статус стандарта	Открытый	Открытый	Корпоративный	Открытый	Корпоративный	Открытый	Открытый
Основные производители радиосредств	Motorola Nokia OTE	Motorola E.F. Johnson Tait, ADI	Matra, Nortel, CS Telecom	Motorola Icom Kenwood, Tait Vertex	Icom	Nokia Siemens Networks, Nortel, Huawei	Huawei, Sagem
Возможный диапазон рабочих частот, МГц	138–174 403–423 450–470 806–870	138м174 406–512 746–869	70–520	от 50 до 999	136–174, 403–470	876–880, 921–925	410–430, 450–470, 870/921
Разнос между частотными каналами, кГц	25	12,5	12,5; 10	12,5	6,25	200	1250
Эффективная полоса частот на один речевой канал, кГц	6,25	12,5; 6,25 (фаза 2)	12,5; 10	6,25	6,25	25	50, 100, 150
Вид модуляции	p/4-DQPSK	C4FM 2,5 кГц CQPSK 6,25 кГц	GMSK BT=0,25	4FSK	4FSK	GMSK	$\pi/8$ -D8PSK, 4-QAM, 16-QAM, 64-QAM
Метод речевого кодирования и скорость речепреобразования	ACELP (4,8 кбит/с)	IMBE (4,4 кбит/с)	RPCELP (6 кбит/с)	AMBE ++ (-)	AMBE ++ (3,6 кбит/с)	VSELP (13 кбит/с)	QCELP, (13 кбит/с)
Скорость передачи информации в канале (бит/с)	7200 (28800 – при передаче 4 инф. каналов на одной частоте)	9600	8000	9600	4800	до 171,2 в режиме GPRS	9600
Время установления канала связи	0,2 с – при индив. вызове (min); 0,17 с – при групповом вызове (min)	0,25 – в режиме прямой связи; 0,35 – в режиме ретрансляции; 0,5 – в радиоподсистеме	не более 0,5	не более 0,5	не более 0,5	от 0,5 до 8	н/д
Метод разделения каналов связи	МДВР (с использованием частотного разделения в многоканальных системах)	МДЧР	МДЧР	МДВР	МДВР	МДВР	МДКР
Вид канала управления	Выделенный или распределенный (в зависимости от конфигурации сети)	Выделенный	Выделенный	Распределенный	Распределенный	Выделенный	н/д
Возможности шифрования информации	1) Стандартные алгоритмы; 2) Сквозное шифрование	4 уровня защиты информации	1) Стандартные алгоритмы 2) Сквозное шифрование	1) Стандартные алгоритмы 2) Сквозное шифрование	Стандартные алгоритмы	Стандартные алгоритмы	Стандартные алгоритмы

Табл. 3.4. Специальные услуги связи стандартов ПМР

Специальные услуги связи	TETRA	APCO 25	Tetrapol	DMR	IDAS	GSM-R	CDMA-PAMR
Приоритет доступа	+	+	+	+	+	+	+
Система приоритетных вызовов	+	+	+	+	+	+	+
Динамическая перегруппировка	+	+	+	+	+	+	+
Избирательное прослушивание	+	+	+	+	+	-	+
Дистанционное прослушивание	+	+	+	+	+	-	+
Идентификация вызывающей стороны	+	+	+	+	+	+	+
Вызов, санкционированный диспетчером	+	+	+	+	+	-	+
Передача ключей по радиоканалу	+	+	+	+	+	-	+
Имитация активности абонентов	-	-	+	-	-	-	-
Дистанционное отключение абонента	+	+	+	+	+	-	+
Аутентификация абонентов	+	+	+	+	+	+	+

3.2.2 Анализ перспективных широкополосных стандартов для систем профессиональной радиосвязи

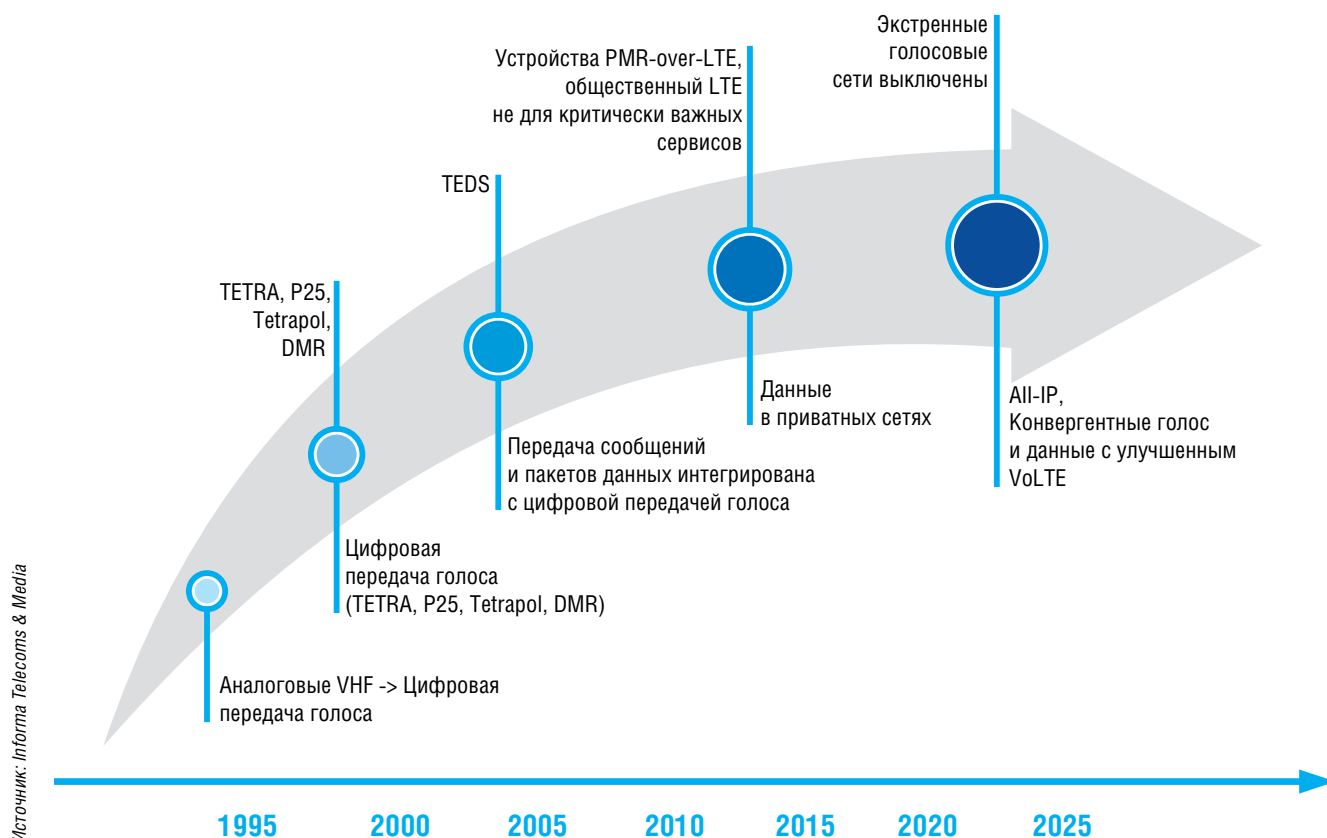
Выше было показано, что в настоящее время стандарты цифровой профессиональной мобильной радиосвязи – TETRA, ARCO 25, DMR и др. пользуются большой популярностью у государственных и частных специальных служб как во многих странах

мира, так и в России. В краткосрочной и среднесрочной перспективе (до 2020 года) решение задач, стоящих перед радиосвязью, будет осуществляться узкополосными системами радиосвязи. Однако внедрение даже наиболее современных узкополосных цифровых систем радиосвязи является лишь переходным периодом, так как они не отвечают современным требовани-

ям по обмену «тяжелым» контентом, таким как передача видео в реальном времени, быстрая передача файлов большого объема и пр.

Проведенный анализ показал, что эволюция профессиональной мобильной радиосвязи прошла несколько этапов своего развития (переход от аналоговых к цифровым системам, расширение возможностей стандар-

Рис. 3.3. Эволюция ПМР и широкополосных сервисов, 1995–2025 годы



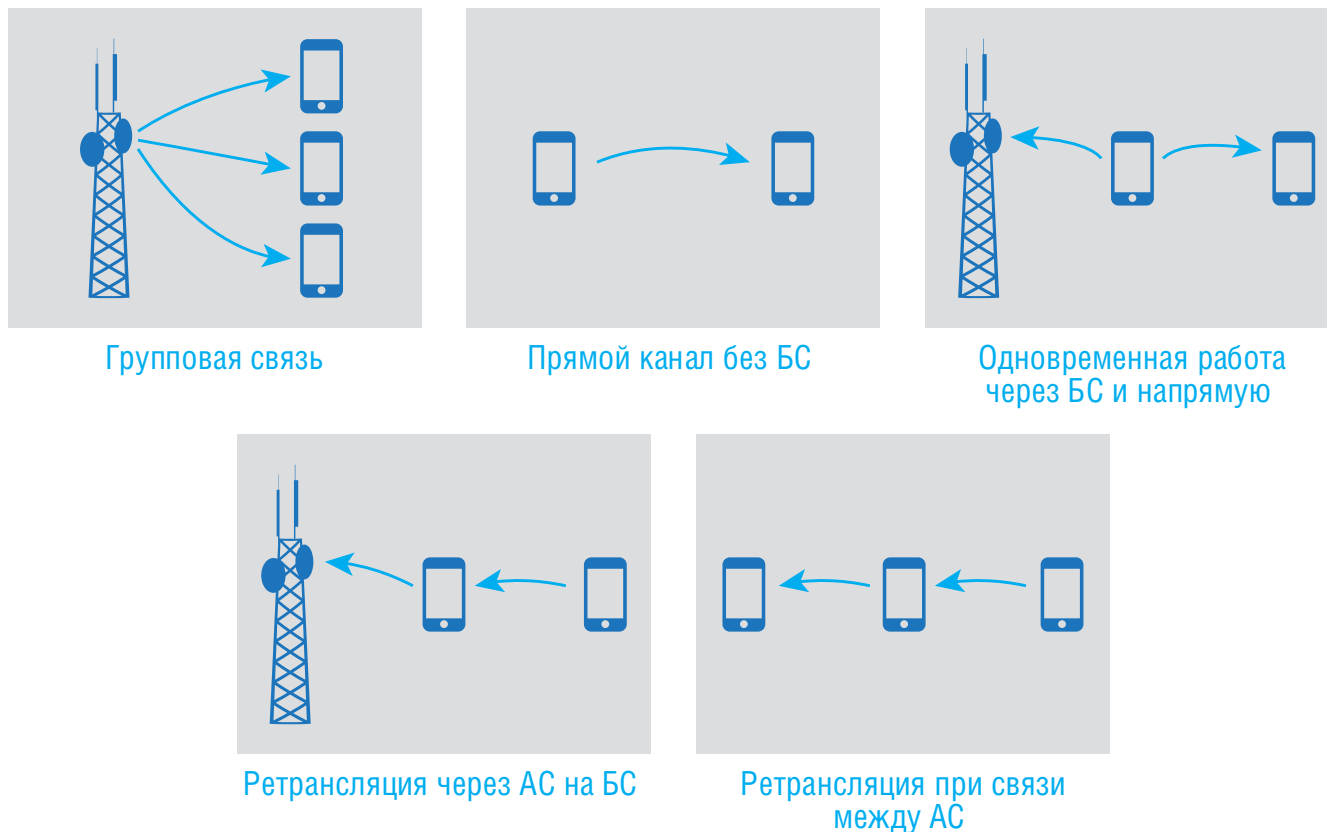


Рис. 3.4. Новые возможности организации связи в стандарте LTE для PPDR

тов, таких как TETRA, по передаче данных и пр.). Дальнейшая эволюция сетей ПМР будет связана с повышением их быстродействия и внедрением новых сервисов передачи данных. Такие сети в перспективе должны обеспечивать новый уровень обслуживания пользователей и в сфере безопасности, и в корпоративной среде; они должны связать широкополосными каналами сотрудников с базами данных компаний и организаций, с интегрированными системами контроля и видеонаблюдения. Это станет возможным как за счет развития традиционных стандартов ПМР, так и за счет привлечения для нужд профессиональной радиосвязи технологий, изначально ориентированных на предоставление мобильных услуг для массового рынка.

В среднесрочной и долгосрочной перспективе ближе к 2025 году в системах профессиональной радиосвязи ожидается переход к системам All-IP, которые обеспечат передачу голоса и данных с гарантированным качеством, и потребность в отдель-

ных сетях цифровой радиосвязи, ориентированных на передачу голоса и не обеспечивающих достаточную скорость передачи данных, отпадет (рис. 3.3). В качестве наиболее вероятного кандидата на возможную замену стандартов ПМР в средне- и долгосрочной перспективе рассматривается технология LTE.

Подробное описание функциональных возможностей и технических характеристик стандарта LTE приведено в разделе 1. Однако в нынешнем стандарте 4G для использования ПМР экстренными службами пока не хватает расширенных функций телефонии, таких как:

- быстрый вызов;
- Push-to-Talk;
- высококачественный голосовой канал;
- подавление фоновых шумов;
- шифрование на уровне радиоинтерфейса;
- расстановка приоритетов;
- возможность осуществления экстренной связи даже в случае занятости всех ресурсов сети;

- групповой звонок и широкое вещание;
- звонки с терминала на терминал.

И хотя данный функционал возможно обеспечить в виде OTT-сервисов поверх протокола IP в уже существующем стандарте LTE, например, на коммерческих сетях, надежность и эффективность таких решений оказывается ниже жестких требований PPDR. По этой причине стандартизирующая организация 3GPP инициировала доработку спецификаций стандарт LTE в целях поддержки на сетях 4G приложений общественной безопасности. Ожидается, что 12-й релиз сохранит все преимущества LTE, добавив к ним все специальные функции, требуемые системами связи для чрезвычайных ситуаций. Отдельно оговорена необходимость в максимальной степени обеспечить техническую общность между коммерческими и специальными системами, что создаст условия, способствующие выработке для обеих систем наиболее технически продвинутых и экономически эффективных решений.

На сегодняшний день в рамках 3GPP согласовано два основных направления по расширению функционала LTE в интересах систем общественной безопасности:

1. Услуги в ближайшем окружении.

Непосредственная связь означает, что радиосоединение между мобильными станциями устанавливается без транзита сигнала через сеть. Это не только экономит сетевые ресурсы, но и позволяет обеспечить экстренную связь между сотрудниками служб безопасности в радиотени или в случае выхода из строя базовых станций. Услуги в ближайшем окружении помогают установить связь даже между абонентами, находящимися вне зоны доступа к сети.

2. Групповое общение.

На рис. 3.4 показаны сценарии взаимодействия между терминалами и базовыми станциями LTE/LTE-Advanced, которые станут воз-

можными для пользователей профессиональной подвижной связи после проведения данной доработки стандарта. При этом ожидается, что в коммерческих сетях такой функционал внедряться не будет или будет внедряться лишь частично при сохранении полного контроля за работой терминалов со стороны базовых станций. Окончание стандартизации данных новых возможностей ожидается в LTE Rel.13 в конце 2015 года.

Помимо этого, для диапазонов частот, выделяемых специально для сетей LTE в интересах PPDR, в 3GPP также рассматривается создание специальных классов абонентских терминалов с повышенной мощностью для увеличения дальности и надежности связи, в том числе в режиме ретрансляции.

Существенная работа ведется также вне 3GPP для создания облачных сервисов по диспетчеризации и управлению группами пользователей

с использованием IP-сетей, которые предусматривают работу программного приложения PPDR на терминале конечного пользователя, как это показано на рис. 3.5. Однако для реализации такого подхода с сохранением всего функционала радиосвязи PPDR в 3GPP стандартизован специальный стек протоколов, обеспечивающий полный контроль над работой PPDR в виде клиентского приложения. Данный стек протоколов в архитектуре сетевого ядра LTE показан на рис. 3.6.

Реализация такого подхода в совокупности с интеграцией диспетчеризации в виде клиент-сервис приложения позволяет обеспечивать управление пользователями сетей профессиональной подвижной связи LTE, даже когда данные пользователи выходят за рамки зоны обслуживания специализированной сети LTE и обслуживаются в сетях LTE коммерческих операторов.



Рис. 3.5. Новый принцип организации диспетчеризации в IP-сети PPDR

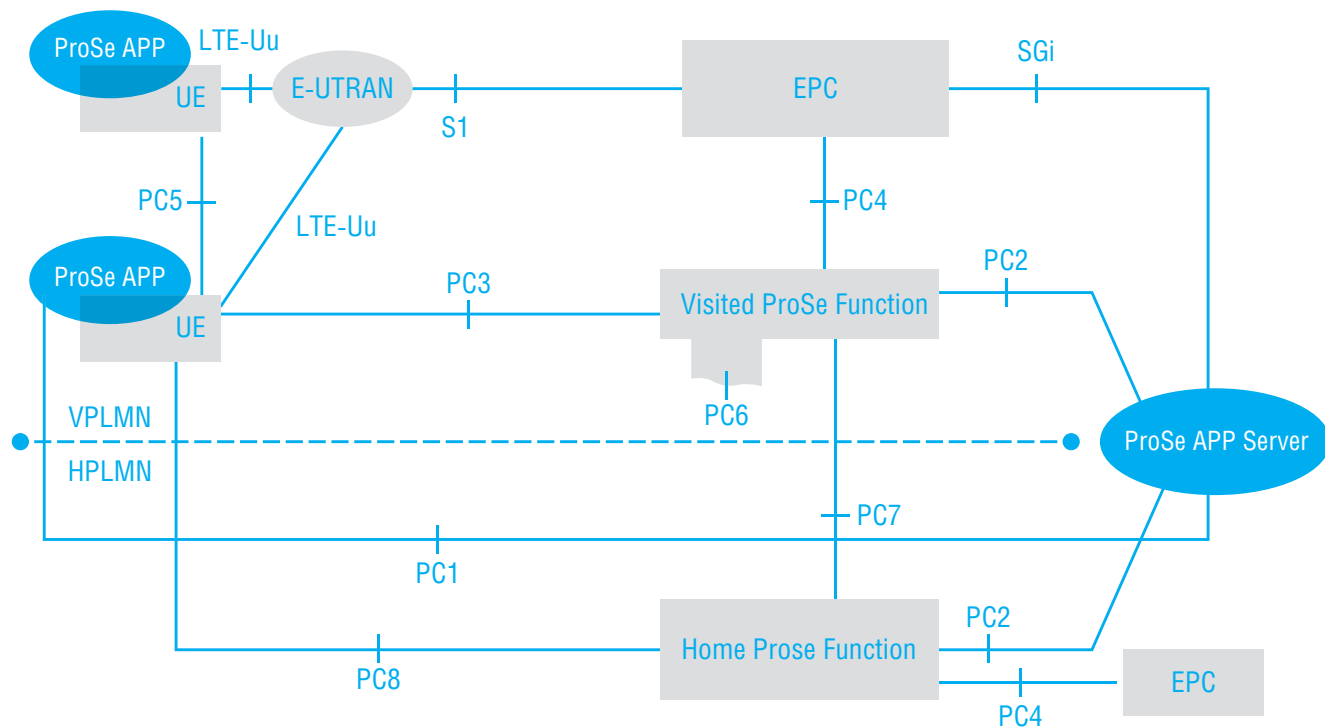


Рис. 3.6. Прозрачный транспортный канал для сервера приложений и клиентской части специальных пользователей в сети LTE¹⁸

VPLMN – Visited Public Land Mobile Network, гостевая сеть СПС

HPLMN – Home Public Land Mobile Network, домашняя сеть СПС

UE – абонентское устройство

ProSe App – приложение для специализированных пользователей, Home/Visited – домашняя сеть/сеть гостевого пользователя

ProSe App Server – сервер для приложений специализированных пользователей

EPC – Evolved Packet Core, усовершенствованное пакетное ядро

S1 – протокол для связи с усовершенствованным пакетным ядром EPC

ProSe Function – блок логической обработки интерфейсов ProSe

PC1 – специализированный протокол между приложением ProSe на абонентском устройстве и сервером приложений ProSe

PC2 – специализированный протокол между сервером приложений ProSe и логическим блоком ProSe Function

PC3 – специализированный протокол между абонентским устройством и логическим блоком ProSe Function

PC4 – специализированный протокол между логическим блоком ProSe и ядром сети СПС

PC5 – специализированный протокол между спец. пользователями

PC6 – специализированный протокол между различными логическими блоками ProSe одной сети

PC6 – специализированный протокол между различными логическими блоками ProSe различных сетей и/или между опорной и виртуальной сетями

PC8 – специализированный протокол между абонентским устройством и логическим блоком ProSe Function

¹⁸ 3GPP TS 23.303 version 12.2.0 Release 12.

3.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ

В рамках долгосрочного прогнозирования считается, что существующий спектр для узкополосных применений профессиональной подвижной связи является достаточным. Это связано как с довольно стабильными потребностями в передаче голосовой информации, так и с двукратным увеличением голосовой емкости при переходе от аналоговой радиосвязи к современным цифровым стандартам. Также считается, что спектр узкополосной радиосвязи в ближайшее время не может быть высвобожден для создания широкополосных сетей профессиональной подвижной радиосвязи. Таким образом, требуется оценить потребности в дополнительном радиочастотном ресурсе для широкополосных сетей профессиональной подвижной радиосвязи.

Подробный анализ потребностей в частотном ресурсе, требуемом для развития сетей сухопутной подвижной связи 4-го и 5-го поколений, в том числе стандарта LTE, приведен выше в разделе 1. В данном разделе определена величина частотного ресурса, требуемого для организации предоставления на сетях LTE услуг профессиональной радиосвязи. Наиболее подробно потребности для широкополосных сетей профессиональной подвижной связи исследовались в рамках СЕРТ, где был проведен анализ общих потребностей в частотном ресурсе для будущих систем широкополосной связи PPDR ряда европейских стран.

Для определения общего количества спектра, необходимого для создания сети PPDR, удовлетворяющей современным требованиям органов обеспечения общественной безопасности, была использована методика, основанная на рассмотрении возникновения происшествий. Методика позволяет оценить необходимый трафик, который складывается из требований по нескольким

инцидентам, с добавлением необходимого фоновый трафика.

В общем виде методика по определению необходимого спектра для PPDR-сетей включает в себя несколько этапов. На начальном этапе исследований была определена так называемая «матрица приложений», необходимая для дальнейшего вычисления спектральных потребностей для широкополосных сетей обеспечения общественной безопасности. «Матрица приложений» основана на требованиях европейских организаций по обеспечению общественной безопасности под эгидой Рабочей группы по соблюдению законодательства ЕС (Law Enforcement Work Party – LEWP).

Для снижения риска того, что будущие пользователи просто составят «список пожеланий» относительно своих потребностей, в ходе исследований проводились направленные опросы, подтверждающие, что все потребности в спектре были тщательно продуманы организациями по обеспечению общественной безопасности. С этой целью каждое приложение было описано в терминах предсказания трафика с использованием более 20 параметров: транзакции в ЧНН, коэффициент снижения приоритета в чрезвычайной ситуации, количество пользователей на одну соту в ЧНН, количество пользователей на одну соту в чрезвычайной ситуации, объем данных за одну транзакцию и т. д.

Отдельно рассматривались два режима работы сети: PP1 (повседневное использование сети связи) и PP2 (использование сети связи при крупных чрезвычайных ситуациях и/или публичных мероприятиях). В соответствии с международной терминологией, используемой в рамках Международного союза электросвязи:

- PP1 – Ежедневная работа – это работа, выполняемая в нормальном режиме и которую различные ведомства по обеспечению общественной безопасности

выполняют в рамках своей сферы полномочий;

- PP2 – Крупномасштабные чрезвычайные ситуации и/или массовые мероприятия – это ситуации, в которых ведомства общественной безопасности действуют в конкретной области в рамках своей сферы полномочий. Масштаб и природа события могут потребовать дополнительных ресурсов сетей от смежных ведомств, иностранных ведомств или международных организаций.

Методика для категории PP1 (повседневное использование связи) предусматривает пять основных шагов:

- **Этап 1:** Определение показательных сценариев использования.
- **Этап 2:** Оценка общей потребности в трафике для каждого происшествия, включая фоновый трафик.
- **Этап 3:** Расчет бюджета радиолinii и размер сот. В частности, анализировались размеры сот в диапазоне 400 МГц и 700 МГц.
- **Этап 4:** Оценка количества происшествий, которые необходимо учитывать одновременно для каждой соты.
- **Этап 5:** Оценка общей потребности в спектре на основании предположений о количестве происшествий на одну соту, местоположения происшествий относительно центра соты и спектральной эффективности для каждого применения.

Результаты расчетов показали, что в зависимости от диапазона частот и допущений конкретных сценариев, потребность в спектре категории PP1 для территориально-распределенных сетей оценивалась в промежутке от 7,1 МГц до 12,5 МГц. При этом было согласовано, что объем спектра шириной в 10 МГц для линии вверх, а также 10 МГц для линии вниз, удовлетворит большинство потребностей сценариев PP1. Итоговые расчеты для сценария PP1 приведены в таблице 3.5.

Табл. 3.5. Результаты оценки необходимого спектра для сценария PP1 (ежедневное использование)

Диапазон частот	Сценарий использования	Низкий показатель	Средний показатель
Канал UPLINK			
420 МГц	1 происшествие «на границе соты» 3 происшествия вблизи центра соты и «фоновая» связь	8,0 МГц	12,5 МГц
750 МГц	1 происшествие «на границе соты» 2 происшествия вблизи центра соты и «фоновая» связь	7,1 МГц	10,7 МГц
Канал DOWNLINK			
420 МГц	1 происшествие «на границе соты» 3 происшествия вблизи центра соты и «фоновая» связь	7,6 МГц	10,5 МГц
750 МГц	1 происшествие «на границе соты» 2 происшествия вблизи центра соты и «фоновая» связь	6,9 МГц	9,0 МГц

Методика для категории PP2 (использование сети связи при крупных чрезвычайных ситуациях и/или публичных мероприятиях) предусматривает три основных шага:

- **Этап 1:** Определение сценариев PP2.
- **Этап 2:** Оценка трафика по сценариям категории PP2.
- **Этап 3:** Оценка общей потребности в спектре на основании предположений о местоположении

пользователей внутри соты и спектральной эффективности.

Для наиболее сложного в отношении трафика сценария PP2 (предварительно запланированное событие), потребность в спектре оценивалась в промежутке от 10,3 МГц до 14,3 МГц. При этом полагается независимость от частотного диапазона, поскольку предполагается, что все средства связи расположены в узком географическом районе,

который полностью располагается в пределах соты. Принимая во внимание, что в некоторых случаях, таких как предварительно планируемые события, можно обеспечить некоторое количество дополнительной временной пропускной способности, считается, что та же полоса шириной 2×10 МГц для сети удовлетворит большинство потребностей сценариев PP2. Итоговые расчеты для сценария PP2 приведены в таблице 3.6.

Табл. 3.6. Результаты оценки необходимого спектра для сценария PP2 (общественные мероприятия)

Сценарий использования	Трафик (кбит/с)	Спектральная эффективность (бит/с/Гц)	Ширина полосы
Наихудший случай			
5 видеокамер на границе соты	5×768	0,31	12,5 МГц
Снимки с вертолета (и другие данные, например, данные GPS)	1000	1,49	0,7 МГц
«Фоновый» трафик			1,1 МГц
Итого:			10,3 МГц
Менее жесткие допущения			
3 видеокамеры на границе соты	3×768	0,31	7,5 МГц
2 видеокамеры достаточно близко к середине соты	2×768	1,49	1,0 МГц
Снимки с вертолета (и другие данные, например, данные GPS)	1000	1,49	0,7 МГц
«Фоновый» трафик			1,1 МГц
Итого:			14,3 МГц

Таким образом, в Европе была установлена потребность в радиочастотном спектре для систем широкополосной профессиональной подвижной связи в размере 2×10

МГц. Следует отметить, что в рамках исследований использовались требования наиболее развитых стран для наиболее крупных городов и происшествий. Также рассчитан-

ные потребности не исключают их частичного удовлетворения за счет использования сетей мобильного широкополосного доступа коммерческих операторов.

3.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

3.4.1 Вопросы обеспечения выделенным радиочастотным ресурсом

Для удовлетворения потребностей в отдельном радиочастотном ресурсе в настоящее время разработка оборудования LTE PPDR в первую очередь ориентирована на диапазон 700 МГц, который рассматривается для использования сетями PPDR в США. Для этого в 3GPP разработан отдельный частотный класс, который ориентирован исключительно на использование сетей LTE в диапазоне 700 МГц в США и Канаде. В Европе и Азии также рассматривают возможность использования диапазона 700 МГц, но в рамках частотного плана 3GPP 28, который планируется использовать и для коммерческих сетей LTE. Помимо этого, также предлагается расширить частотный план дополнительным блоком специально для применений профессиональной подвижной радиосвязи. Наиболее перспективные опции, рассматриваемые для Европы, и также применимые для Российской Федерации, показаны на рис. 3.7. Однако стоит отметить, что для реализации данного частотного плана надо внести некоторые изменения в действующее Решение ГКРЧ № 11-12-02 от 8 сентября 2011 года, касающиеся выделения

частотного ресурса для сетей LTE в диапазоне 700 МГц.

На частотных планах показан коммерческий частотный план, который является частью азиатского частотного плана, но в Европе урезан до 2×30 МГц для совместимости с сетями LTE в диапазоне 800 МГц. Стоит отметить, что частотный план 2×3 МГц также является частью азиатского частотного плана. Частотный план 2×3 МГц также рассматривается в Европе в качестве выделенной полосы частот для M2M-применений.

Тем не менее в странах Европы, где пока не решены проблемы вывода ТВ-вещания из полосы частот 694–790 МГц и проблемы совместимости оборудования LTE PPDR с ТВ-приемниками в полосах ниже 694 МГц также рассматривается и полоса частот 380–470 МГц для внедрения сетей LTE PPDR. Полоса частот 380–470 МГц исторически определена в Европе для сетей профессиональной подвижной связи, к которым относятся и сети PPDR (узкополосные и широкополосные), но лишь отдельные участки этой полосы частот используются для построения сетей профессиональной подвижной связи. В частности, для внедрения сетей LTE PPDR предлагается рассмотреть полосы частот 410–430 МГц и 450–470 МГц. Причем для сетей PPDR в Европе предлагается рассматривать частотный план, отличный от существующего частотного плана 3GPP 31, который предполагается для построения коммерческих сетей LTE 450 в ряде стран мира.

Предлагаемые для рассмотрения частотные планы LTE PPDR показаны на рис. 3.8. Стоит отметить, что эти планы являются предварительными, и даже при их согласовании следует ожидать появления такого оборудования не ранее, чем через три-пять лет. На рис. 3.9 также показан и частотный план LTE 450, который уже используется или планируется к использованию в сетях профессиональной подвижной связи в ряде стран мира.

В Российской Федерации частотный диапазон 700 МГц в настоящее время занят для использования РЭС ВРНС (воздушная радионавигационная служба) и для развертывания сетей цифрового телевизионного вещания, что делает затруднительным их использование для сетей LTE как общего пользования, так и для профессиональной подвижной радиосвязи. Более того, для обширной территории Российской Федерации использование более низкого диапазона 400 МГц является более предпочтительным для обеспечения экономического выгодного покрытия. Причем использование оборудования в полосах частот для сетей LTE общего пользования может дать наибольший эффект по удешевлению стоимости сетей профессиональной подвижной радиосвязи. По этой причине в Российской Федерации в качестве возможной меры по удовлетворению потребностей профессиональной радиосвязи в радиочастотном ресурсе может служить переход к сетям LTE 450. На рис. 3.9 показан частотный план 3GPP 31 и текущее использование полос частот в Российской Федерации.

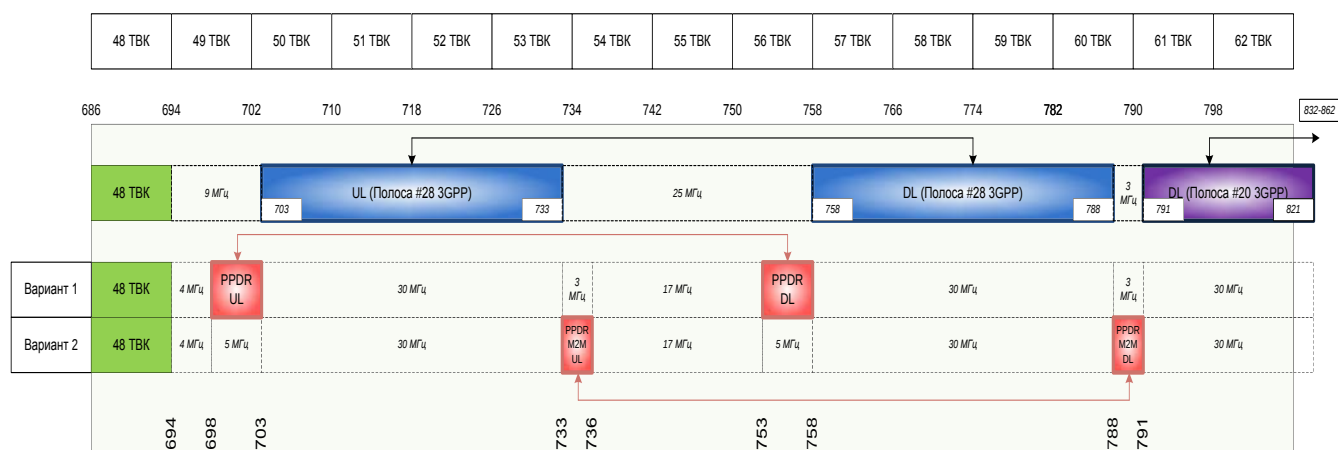


Рис. 3.7. Рассматриваемые частотные планы в диапазоне 700 МГц

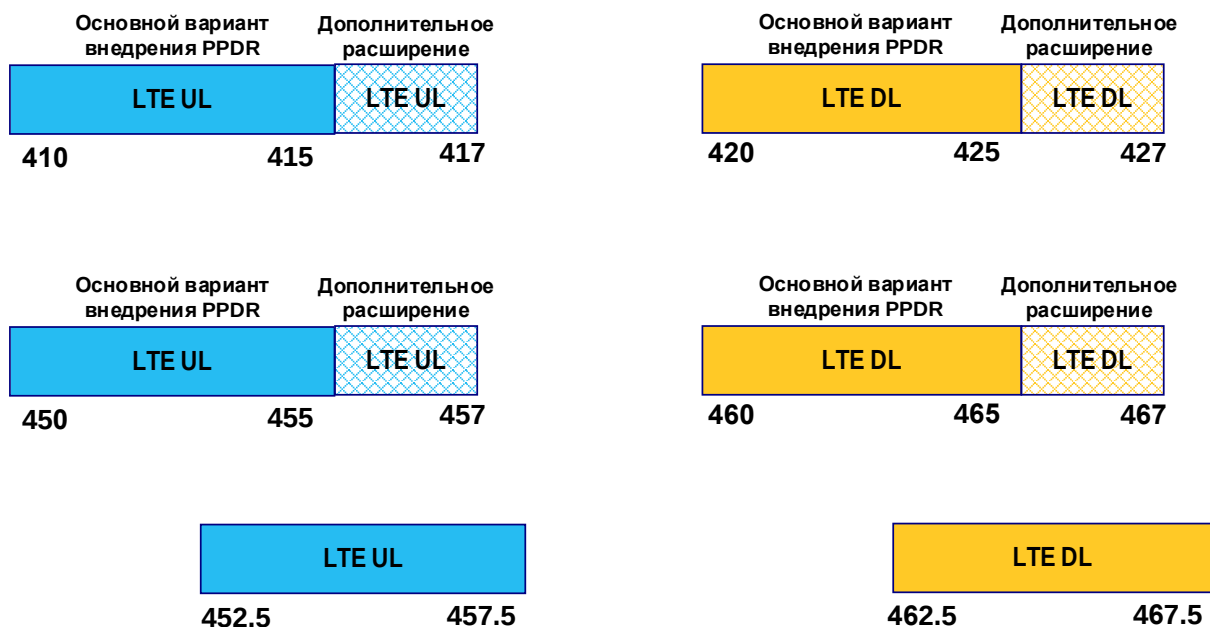


Рис. 3.8. Частотные планы в диапазоне 700 МГц

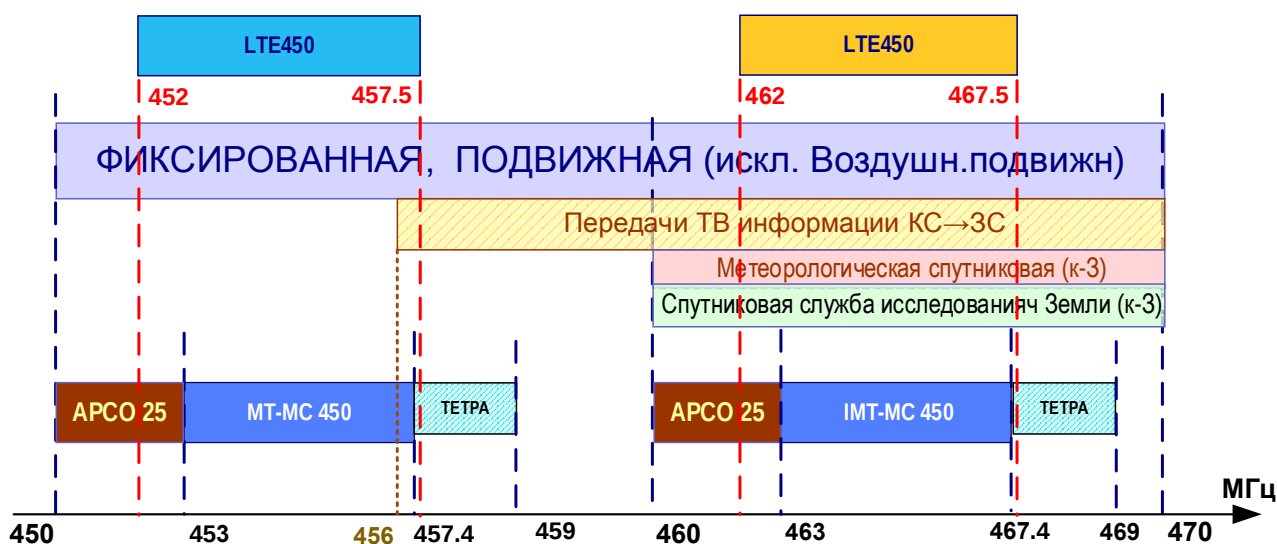


Рис. 3.9. Возможности использования LTE 450 для профессиональной радиосвязи в Российской Федерации

Сложность реализации такого подхода в целях частотного обеспечения перспективных потребностей PPDR следует из занятости большей части полос частотного плана LTE 450 действующим коммерческим оператором, а также частичного пересечения с полосами частот узкополосной радиосвязи МВД России. Однако использование диапазона 450 МГц для сетей общего пользования на данный момент является малоперспективным из-за отсутствия поддержки

со стороны производителей массовых абонентских терминалов LTE, в результате чего данный спектр может быть переориентирован для использования в сетях профессиональной подвижной радиосвязи. При этом может использоваться только часть частотного плана 3GPP 31, например 2×3 МГц. Проблема пересечения с полосами частот МВД России может быть решена путем перехода, в том числе, и данного ведомства на сети LTE 450, если будет принято соответствующее решение.

Альтернативным решением по удовлетворению потребностей в радиочастотном ресурсе широкополосных сетей профессиональной подвижной радиосвязи является использование коммерческих сетей LTE. Именно данное направление привлекает все большее внимание в силу возможности существенной экономии при развертывании, а главное, при эксплуатации сетей профессиональной широкополосной радиосвязи. Данному вопросу посвящен следующий подраздел.

3.4.2 Вопросы использования радиочастотного ресурса в рамках коммерческих сетей LTE

Основным сдерживающим фактором для внедрения широкополосных сетей профессиональной подвижной связи, помимо отсутствия свободного радиочастотного ресурса, является стоимость их строительства и эксплуатации. При этом базовый функционал широкополосных сетей профессиональной подвижной радиосвязи присутствует в сетях LTE общего пользования, что делает привлекательной идею переиспользования коммерческих сетей LTE для предоставления услуг не только обычным абонентам, но и специальным пользователям. При этом помимо непосредственного использования коммерческих сетей в США и странах Европы рассматривают различные модели частно-государственного партнерства для развертывания национальной сети широкополосной профессиональной подвижной радиосвязи в интересах органов общественной безопасности и помощи при бедствиях. Возможные варианты взаимодействия перечислены на рис. 3.10.

Однако, именно последние варианты, в которых коммерческий оператор владеет и эксплуатирует инфраструктуру сети радиосвязи, вызывают наибольший интерес. Для изучения такой возможности в Европе было проведено отдельное исследование¹⁹. В данном исследовании признается долгосрочный выигрыш в развитии услуг PPDR на сетях только коммерческих операторов, но при этом отмечается необходимость выполнения ряда мер:

1. В первую очередь должен быть разработан механизм, предусматривающий ограничение работы коммерческих операторов по обслуживанию своих абонентов в пользу обеспечения сервисами и услугами критически важных пользователей сети по обеспечению общественной безопасности. В то же время такие механизмы не должны использоваться самими операторами для экспансии коммерческого рынка или получения какого-либо конкурентного преимущества перед другими операторами под предлогом социальной ответственности. С одной стороны, сети оператора должны быть советующим образом

доработаны для удовлетворения жестких требований по устойчивости сети, с другой – оператор должен взять на себя обязательства по гарантии неувеличения стоимости обслуживания для пользователей и непересмотра контрактных условий обслуживания, включающих целевые показатели качества сервиса для приоритетных пользователей и критически важного трафика. Не менее важным для долгосрочных отношений оператора и государства является само определение и понятие критически важных услуг. Для этого потребуется разработка перечня критериев, выходящих за рамки соглашений по уровням обслуживания. В то же время, новые правила в отношении коммерческих операторов должны выполняться и национальным регулирующим органом государства.

2. С целью обеспечения более жестких требований должны быть подвергнуты доработке все уровни коммерческой сети: от сети радиодоступа до опорной сети, для обеспечения 99% готовности с точностью «пять девяток».

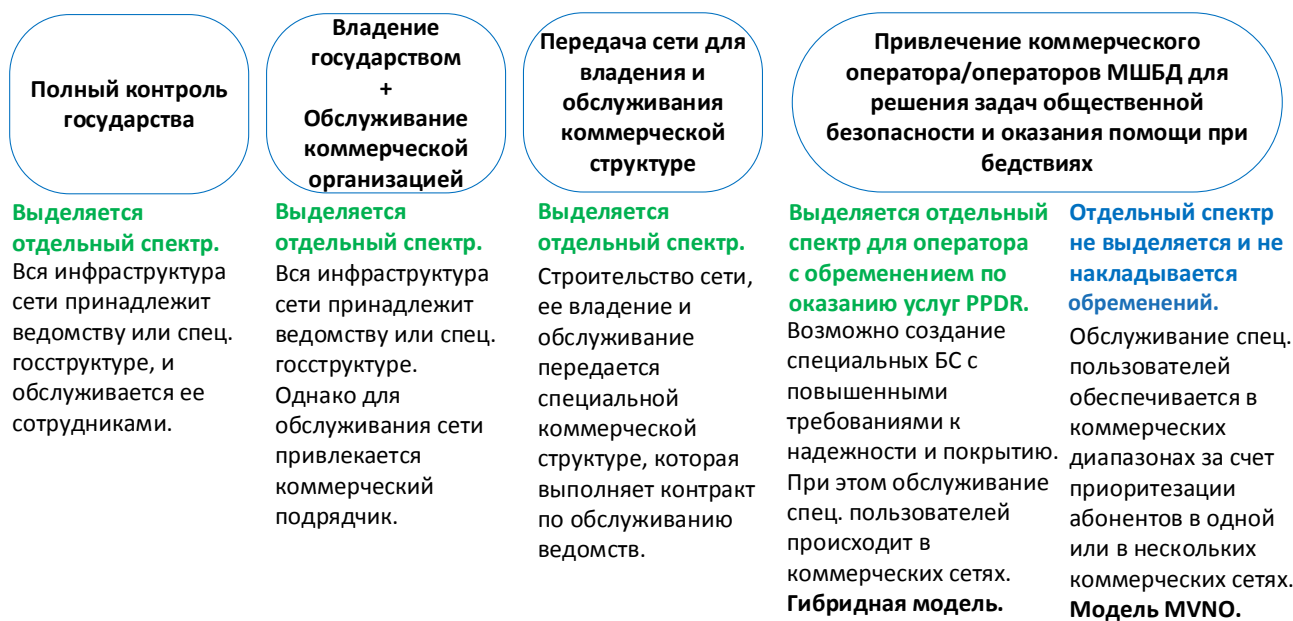


Рис. 3.10. Различные модели развертывания широкополосных сетей общественной безопасности и помощи при бедствиях

¹⁹ Is Commercial Cellular Suitable for Mission Critical Broadband? Study on use of commercial mobile networks and equipment for «mission-critical» high-speed broadband communications in specific sectors. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2014.

Для целей и задач критически важных услуг необходимо расширение покрытия сети, как площадное, так и покрытие внутри зданий на согласованной территории.

3. Любые такие доработки и расширения покрытия, наравне с внедрением дополнительных критически важных сервисов, функций и увеличением показателей устойчивости, должны быть реализованы по разумной цене. На модернизацию и улучшение покрытия существующих сетей не должно быть потрачено больше, чем на создание особых выделенных национальных сетей LTE.
4. Модернизированные сети LTE должны быть в состоянии предоставить различные виды услуг, в каждом отдельном секторе или зоне обслуживания. При этом каждый сектор должен использовать широкополосный канал по-разному, в зависимости от потребности конкретной ситуации. То есть должна быть обеспечена возможность, не только для передачи потокового видео, изображений и доступ к базам данных, как

в PPDR, но для передачи низко-скоростной телеметрии и контроля в режиме реального времени за транспортом и/или другой инфраструктурой.

5. Следует преодолеть существующее серьезное психологическое препятствие в использовании коммерческих сетей для целей PPDR. Серьезным вопросом на сегодняшний день является: смогут ли коммерческие сети побороть врожденное желание государственных органов иметь полный контроль над сетями, обеспечивающими общественную безопасность, или сетями, косвенно имеющими отношение к различным приложениям и сервисам по обеспечению общественной безопасности. Это не просто правовой, нормативно-правовой или экономический вопрос. Некоторые страны имеют особую историю государственного управления в рамках их культуры, традиций и политики, не говоря уже об инвестициях в современные технологии с долгосрочной перспективой. Многие государства высказывают

намерения продолжить использование выделенных сетей в краткосрочной и среднесрочной перспективе, даже если затраты на строительство таких сетей значительно выше. Примерами таких стран являются Германия, Италия и Франция. Впрочем, нельзя сказать, что данные страны всегда будут игнорировать более дешевые альтернативы. Вполне возможно, что от коммерческих операторов потребуется быть более убедительными в продвижении своих преимуществ. В то же время право выбора должно всегда оставаться за государственными органами.

Тем не менее существующий спрос на сети широкополосной профессиональной радиосвязи во многих странах мира, в том числе и в России, а также существенная экономия от использования сетей коммерческих операторов уже подталкивают многие ведомства и крупные корпорации к использованию услуг мобильных операторов, не дожидаясь вышеописанной трансформации. Возможно несколько вариантов использования сетей ком-

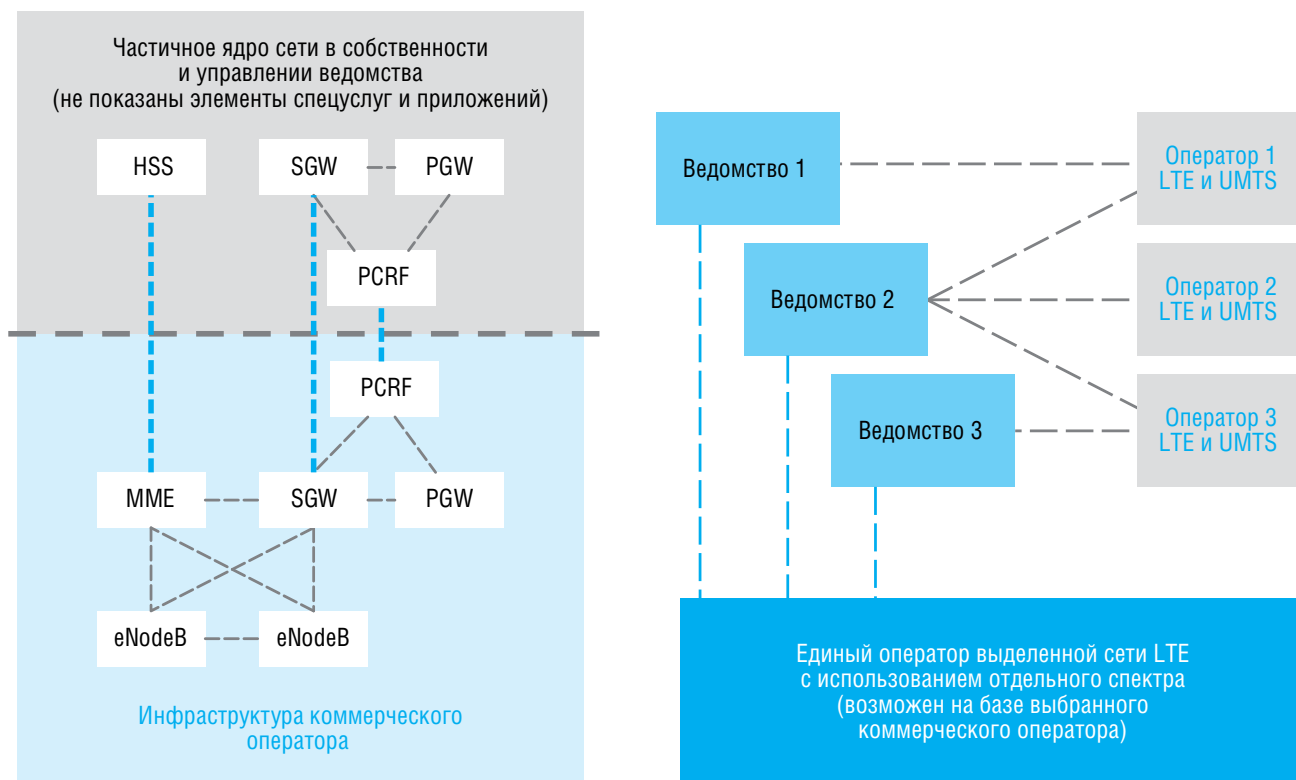


Рис. 3.11. Использование сетей LTE общего пользования для профессиональной радиосвязи по модели MVNO

НЕДОСТАТКИ

- Отсутствие полного контроля над сетью.
- Ограниченные возможности по определению требований к охвату сети и ее надежности.
- Типовая надежность базовых станций.
- Отсутствие функционала прямого канала и ретрансляции в коммерческих полосах частот (вне зоны обслуживания БС).
- Необходимость в заключении договоров с операторами.

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Существенное удешевление строительства.
- Удешевление и упрощение эксплуатации сети.
- Наличие значительного покрытия с самого начала эксплуатации даже в 2600 МГц, а также за счет UMTS.
- Надежность ведомственных сетей в России сопоставима с коммерческими сетями.
- Покрытие коммерческих сетей LTE в России в целом будет лучше, чем ведомственных сетей:
 - * обременения в нас. пун. от 1 т. ч.
 - * развитие ШПД в нас. пун. до 500 ч.
 - * требования по покрытию фед. трасс.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- Создание мобильных ведомственных базовых станций в коммерческом спектре, подключаемых к инфраструктуре операторов.
- Разработка специального режима работы сетей с отключением всех гражданских пользователей (для обеспечения подавления нежелательного радиообмена).
- Необходимость сохранять узкополосную связь для обеспечения прямого канала вне покрытия сетей.

Рис. 3.12. Преимущества, недостатки и дополнительные возможности использования коммерческих сетей для широкополосной профессиональной радиосвязи

мерческих операторов, от использования обычных контрактов для крупных корпоративных клиентов до формирования MVNO-операторов для ведомств на сетях обычных операторов. Именно модель MVNO, а точнее Full-MVNO, позволяет обеспечить максимальную автономность и гибкость ведомств в управлении сетями широкополосной профессиональной радиосвязи. Данный вариант проиллюстрирован на примере сети LTE на рис. 3.11.

Фактически модель Full-MVNO подразумевает создание полной инфраструктуры ядра сети для контроля абонентов и управления их трафиком, а сети коммерческих операторов играют только роль инфраструктуры для обеспечения радиопокрытия. Причем

ведомство может решить использовать сети всех операторов для расширения покрытия и увеличения надежности. Такая же схема позволяет в будущем интегрировать и выделенные сети LTE, построенные специально для пользователей профессиональной радиосвязи. Данная схема также позволяет предоставлять услуги профессиональной подвижной связи и на сетях UMTS. У данного подхода есть как свои недостатки, так и преимущества, которые перечислены ниже. Помимо этого, на рис. 3.12 перечислены те элементы, которые позволят существенно расширить возможности использования коммерческих сетей LTE.

Таким образом, при обеспечении радиочастотным ресурсом сетей

профессиональной подвижной связи возникают проблемы, аналогичные проблемам частотного обеспечения коммерческих сетей мобильного широкополосного доступа. В частности, в Российской Федерации существует большое количество проблем по развитию сетей мобильного широкополосного доступа в диапазонах 700 МГц, 800 МГц и 900 МГц. По этой причине и емкость, и покрытие коммерческих сетей вне крупных населенных городов не являются полномасштабными. Для достижения большей емкости, необходимой как коммерческим так и профессиональным пользователям, потребуется высвобождение дополнительных диапазонов частот ниже 1 ГГц.

4. АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ В ИНТЕРЕСАХ M2M, ВКЛЮЧАЯ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ И СИСТЕМ IMT

4.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ И РЫНКА УСЛУГ M2M

В последние годы в области телекоммуникаций образовалось новое направление развития технологий, получившее название систем M2M (Machine-to-Machine). Данный термин часто употребляется вместе с такими терминами, как «Интернет вещей» и «Интернет всего», которые часто используются взаимозаменяемо. Однако M2M относится в первую очередь к технической или телекоммуникационной основе более общих терминов и в меньшей степени затрагивает информационные технологии, подразумеваемые в терминах «Интернет вещей» и «Интернет всего». Сравнение данных терминов показано ниже на рис. 4.1.

В последующих разделах под M2M, в основном, будет пониматься телекоммуникационная составляющая сбора информации без затрагивания более общих и глобальных технологий по обработке собираемых данных. Однако в данном разделе для прогнозирования спроса термин M2M трактуется в более широком понимании и включает элементы «Интернета вещей».

Системы M2M состоят из аппаратных и программных составляющих. К аппаратным составляющим могут относиться самые разные устройства: от простых датчиков/сенсоров до multifunctional смартфонов и любых других устройств, связь между которыми осуществляется посредством любых сетей, таких как LTE 4G,

Wi-Fi, Bluetooth и др. Программные составляющие систем M2M включают в себя платформы хранения данных и аналитические программы, которые доводят информацию до конечного пользователя. Именно в таком случае объединения аппаратных и программных составляющих создаются системы, нацеленные на успешное оказание услуг M2M для любых предприятий, потребителей и ведомств.

По прогнозу MIRI²⁰ системы M2M разделят общий рынок M2M на пять основных сфер их применения, таких как: автомобильная, городская, здравоохранение, промышленность, а также для работы и быта. Одновременно прогнозируется появление отдельной шестой сферы применения M2M – сферы ПК,

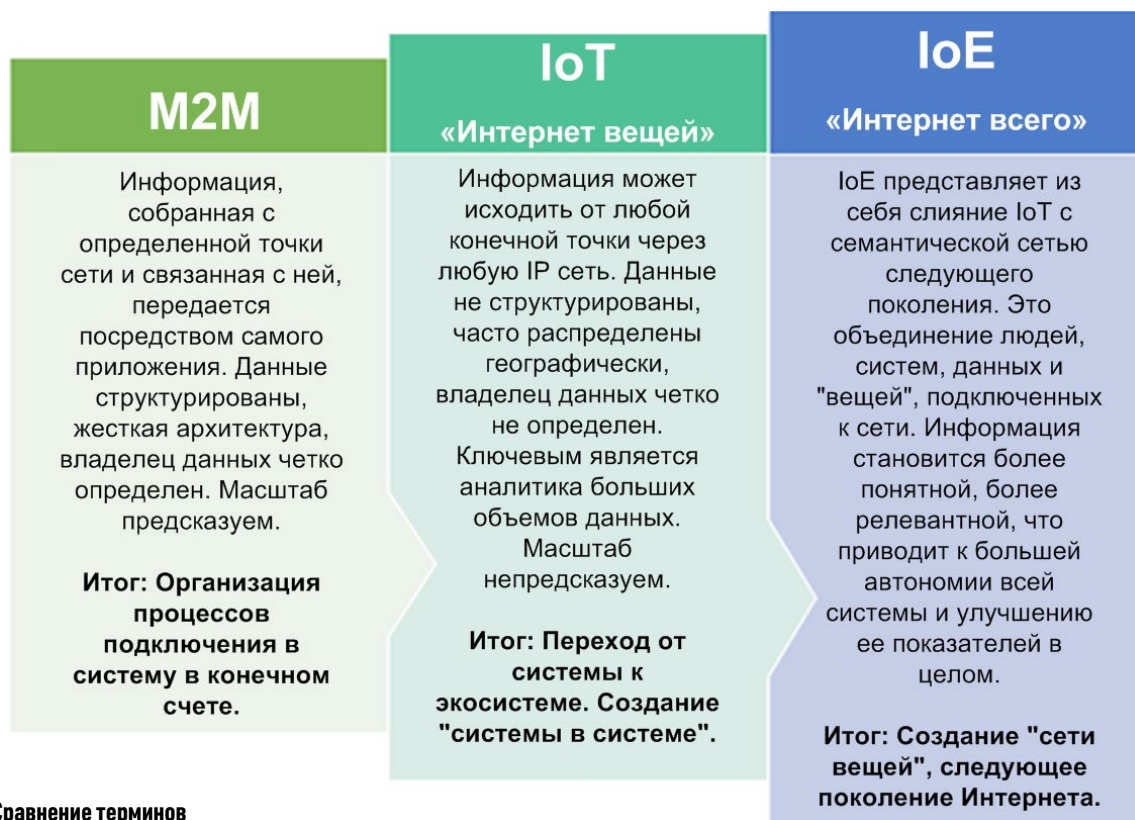


Рис. 4.1. Сравнение терминов

²⁰ Machine Intelligence Research Institute (MIRI).

планшетов и телефонов. В каждой из представленных сфер применения M2M будет фигурировать разнотипный набор устройств, приложений и, соответственно, услуг. Сферы применения M2M и услуги, предоставляемые ими, можно объединить в группы, как показано на рис. 4.2.

К 2020 году даются различные оценки по числу устройств, подсоединенных к Сети. На рис. 4.3 показано сравнение различных оценок, сделанных разными организациями в последние годы. Данные оценки включают в себя как устройства M2M, так и пользовательские терминалы. Даже по самым низким оценкам к 2020 году число подсоединенных устройств составит более 20 млрд.

Компания Strategy Analytics подготовила более детальную оценку, которая учитывает только устройства M2M. Рынок «Интернета вещей» разделен компанией Strategy Analytics на три категории: сотовые M2M, локальные сети малой мощности (LPWA), обширные сети малой мощ-

ности (LPWA). Прогноз числа подключений устройств M2M по каждой из представленных категорий показан на рис. 4.4.

В данном прогнозе:

- Cellular M2M (сотовые M2M) – доминирующие в настоящее время модули сотовой связи на основе GSM/EDGE и других стандартов сотовой связи поколения 2G.
- LPWA (Low Power Local-Area Networks) – устройства, которые периодически подключаются к обширным сетям. В качестве примера можно упомянуть устройства малого радиуса стандартов ZigBee и Bluetooth, которые встроены в мобильные телефоны. M2M данной категории не имеют постоянного подключения к обширным сетям, но могут использовать различные шлюзы для расширения своего охвата. Гибридные решения типа mesh-сетей (сети с ячеистой топологией) с сотовым шлюзом в данном прогнозе тоже относятся к рассматриваемой категории

локальных сетей малой мощности (LPWA). В данной категории не учитывается случай локальных сетей малой мощности (LPWA), не имеющих непосредственного подключения к глобальным сетям (например RFID-карты, банковские карты).

- LPWA (Low Power Wide Area Networks) – устройства мобильного широкополосного доступа и новые специализированные интерфейсы для сетей M2M широкого охвата. В данную категорию также входят применения, реализуемые в нелицензируемых полосах частот, т.е. относящиеся к устройствам малого радиуса действия, но спроектированные для широкого охвата территории. К таким стандартам относятся пока достаточно экзотические стандарты Weightless и Sigfox.

Для класса LPWA на рис. 4.5 приведены оценки количества соединений по различным географическим регионам.

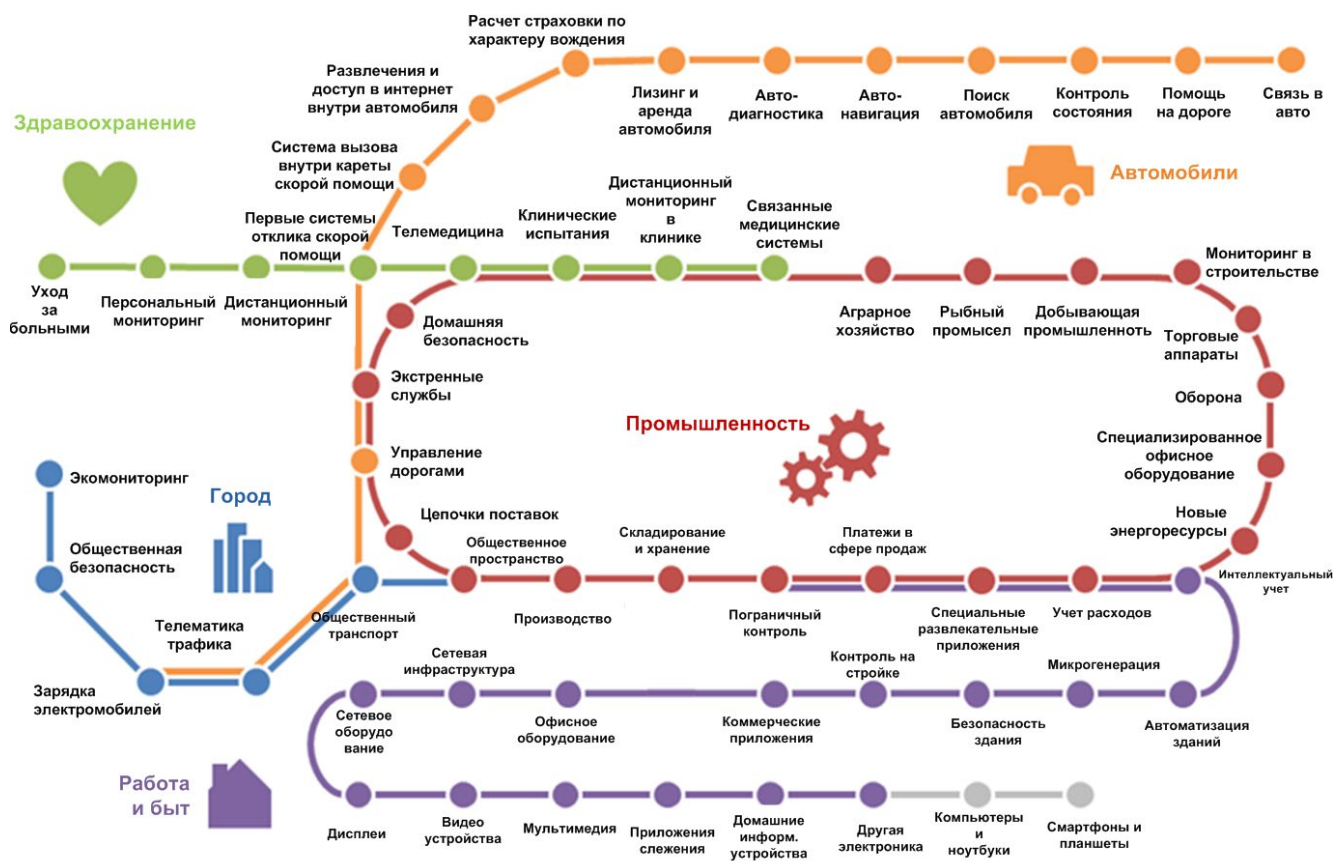


Рис. 4.2. Сегментирование рынка M2M

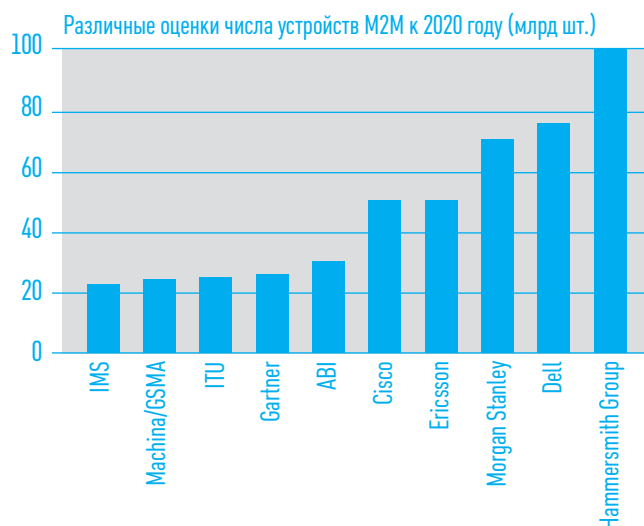


Рис. 4.3. Оценки по прогнозируемому числу устройств M2M к 2020 году

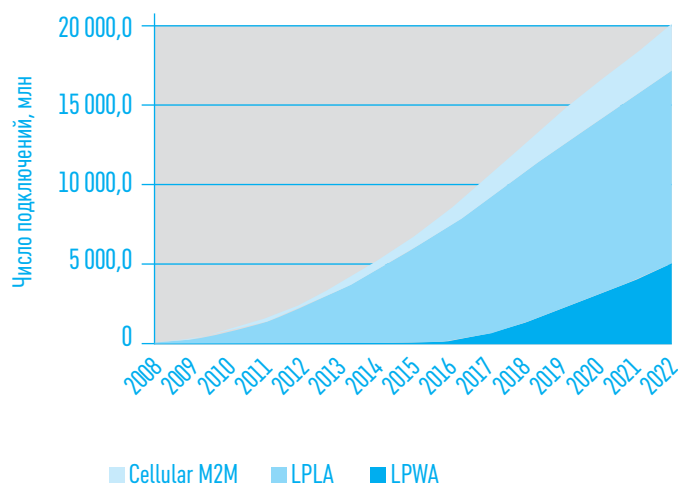


Рис. 4.4. Прогноз числа подключений устройств M2M по категориям



Рис. 4.5. Прогноз числа подключений устройств M2M по регионам

Таким образом, M2M-соединения после 2020 года будут доминировать на сетях электросвязи. Причем их число только в России будет измеряться многими миллионами, как в части устройств, подключаемых в рамках сетей мобильного широкополосного доступа, так и в части устройств, работающих в рамках устройств малого радиуса действия. Ожидается, что для удовлетворения такого спроса, как в сетях мобильного широкополосного доступа, так и в рамках устройств малого радиуса действия, будут использоваться специализированные радиоинтерфейсы и радиотехнологии, оптимизированные для маломощных устройств, способных работать годами от одного заряда батареи.

4.2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ, ИСПОЛЗУЕМЫХ В M2M

4.2.1 Анализ использования устройств малого радиуса действия для M2M

В настоящее время в интересах M2M-коммуникаций может быть использован широкий спектр технологий и соответствующих им полос частот. В зависимости от характера M2M-приложений и пользовательских предпочтений эти технологии и полосы частот могут существенно различаться. Технологии могут варьироваться от унифицированных на международном уровне устройств малого радиуса действия (SRD) до стандартов сотовой

связи, нацеленных на более специфические задачи M2M-коммуникаций. В последние годы все больше проявляется инициатива по разработке стандартов, которые, в частности, направлены на узкополосное межмашинное взаимодействие (M2M) с упором на низкое энергопотребление. Радиочастотный спектр используется M2M-приложениями (сейчас либо потенциально в будущем) от области НЧ (для некоторых типов RFID-меток) до области СВЧ (для некоторых типов широкополосных и автомобильных применений). В следующих разделах будет рассмотрено текущее состояние M2M технологий и их полос частот с анализом того, как они могут развиваться в течение следующего десятилетия. В части устройств малого радиуса действия в отчете представлена информация по их использованию в рамках СЕРТ. В Российской Федерации, хотя и не в полной мере, реализуются именно частотные планы сформированные в рамках СЕРТ.

Системы M2M делятся на две категории, а именно, на системы ограниченного охвата (как правило, это системы, работающие в безлицензионных полосах частот) и на системы с большой площадью покрытия (в настоящее время в основном это существующие сотовые сети, но недавно появился ряд новых специфических технологий для большой площади

покрытия). Многие решения могут включать в себя более одной технологии, например, системы малого радиуса действия могут использоваться для сбора данных, а передача этих данных на центральный сервер осуществляется посредством систем с большой площадью покрытия. Две эти категории в рамках устройств малого радиуса действия будут рассмотрены далее по отдельности. Технологии с широким охватом на базе систем мобильного широкополосного доступа IMT при этом рассмотрены отдельно в разделе 4.2.2.

4.2.1.1 Технологии для M2M с ограниченным охватом

На сегодняшний день существует ряд устоявшихся технологий малой мощности, которые могут быть использованы для целей M2M-коммуникаций, такие как Bluetooth, RFID, Wi-Fi, ZigBee, беспроводные сигнализации и др. Ниже приведено их краткое описание и предполагаемая роль в общей инфраструктуре M2M.

Оборудование стандарта Bluetooth

Стандарт Bluetooth был разработан в 1990-х годах для подключения к мобильным телефонам периферийных радиоустройств, таких как беспроводные гарнитуры и др. Данный стандарт претерпел значительные изменения и к настоящему времени одна из последних его версий (версия 4.0) включает в себя режим пониженного энергопотребления. Значительное снижение энергопотребления достигается за счет уменьшения времени, которое оборудование затрачивает на передачу (рабочий цикл). Эти особенности позволяют использовать современные чипы Bluetooth в интересах M2M-коммуникаций, где длительное время автономной работы устройства является очень важным. В качестве сравнения приводятся сведения о том, что оборудование Bluetooth с низким энергопотреблением способно передавать данные в 50 раз быстрее оригинального оборудования Bluetooth,

и при этом потреблять в 10-20 раз меньше электроэнергии. M2M-приложения на основе технологии Bluetooth могут быть использованы в качестве различных беспроводных датчиков, в автоматизации производства, в сфере спорта, фитнеса, медицины и здравоохранения. На данный момент уже была представлена спецификация следующей версии стандарта Bluetooth (версия 4.1), которая может похвастаться рядом улучшений, касающихся совместной работы оборудования Bluetooth и мобильной связи четвертого поколения стандарта LTE.

Bluetooth работает в нелицензируемом диапазоне 2400–2483,5 МГц, определенном для использования промышленными, медицинскими и научными высокочастотными устройствами. В данном стандарте используется метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой несущей частоты (FHSS). В версии Bluetooth с низким энергопотреблением ширина канала составляет 2 МГц по сравнению с оригинальным Bluetooth, в котором ширина канала составляет 1 МГц. Нашедший за последние годы широкое распространение стандарт Bluetooth становится идеальным для различных потребительских приложений за счет реализованных в его последних версиях методов снижения интерференции с сосуществующим оборудованием Wi-Fi, работающим в том же частотном диапазоне. Эти методы снижения интерференции включают в себя временное разделение сигналов Bluetooth и Wi-Fi, которые могут излучаться одним и тем же устройством (например, смартфоном), и режим адаптивного скачкообразного перестроения несущей частоты (AFH), при котором радиомодуль Bluetooth заранее сканирует частотный диапазон своей работы и в соответствии с занятостью его участков адаптирует алгоритм скачкообразного перестроения несущей частоты. Тем не менее, нельзя забывать о том, что высокий уровень занятости диапазона 2,4 ГГц

в некоторых общественных местах (где все Wi-Fi-каналы активно используются) может стать проблемой для работы важных приложений M2M, требующих высокой надежности своего подключения.

Устройства малого радиуса действия общего применения

Устройства малого радиуса действия могут быть использованы для различных некритичных приложений M2M в различных потребительских устройствах, таких как фитнес-мониторы или домашние метеостанции. Частотный ресурс для таких SRD-устройств определился исторически достаточно давно и располагается в диапазонах 434 МГц и 868 МГц, хотя в последнее время в рамках СЕРТ²¹ были определены новые полосы частот 870–875,6 МГц и 915–921 МГц. Диапазон частот 434 МГц давно является гармонизированным на международном уровне и не подпадает под ограничения рабочего цикла, которые действуют для диапазона частот 868 МГц и новых полос частот, предложенных в рамках СЕРТ. Этим объясняется значительная загруженность диапазона 434 МГц, которая проявляется в последнее время.

Медицинские устройства

Медицинские системы связи имплантатов (MICS) работают в полосе частот 402–405 МГц и используются для целей мониторинга сердечной деятельности пациентов. Излучения от других устройств в данной полосе частот лицензируются на национальном уровне, что позволяет медицинским устройствам работать на очень низких уровнях мощности. Как правило, медицинские устройства постоянно пребывают в спящем режиме и активируются нажатием сигнала пробуждения, только после появления которого медицинские имплантаты начинают передавать информацию о состоянии пациента. За счет такого принципа обеспечивается бесперебойная работа MICS в течение пяти-десяти лет.

²¹ Европейская конференция почт и электросвязи (СЕРТ).

Оборудование радиочастотной идентификации (RFID)

Технология радиочастотной идентификации (RFID) широко используется в таких отраслях, как транспорт и промышленность. Например, технология RFID может быть использована для отслеживания и определения местоположения морских контейнеров, авиационных грузов, транспортных средств, для отслеживания различных товаров в рамках предприятий или для инвентаризации складов. Также она может быть использована в автомобильной промышленности для отслеживания готовых позиций в цепочке поставок запчастей и для отслеживания конкретных деталей по отдельности в процессе производства. Задачи, решаемые системами RFID, могут существенно различаться. Поэтому модули RFID варьируются по мощности передатчика и, соответственно, по используемому частотному диапазону. RFID-устройства работают более чем в четырех принципиально разных частотных диапазонах, а именно:

- **Диапазон НЧ.** Обычно это полоса частот 125–134 кГц. Данный тип RFID-устройств функционирует на очень малом расстоянии (несколько см) и с низкой скоростью передачи данных, что в основном удобно для автомобильных иммобилайзеров и идентификации животных, и реже для контактных карт контроля прохода на контрольно-пропускных пунктах (пропуска для персонала).
- **Диапазон ВЧ.** RFID-устройства, работающие с центральной частотой 13,56 МГц, с дальностью действия до 1,5 м, обладающие средней и высокой скоростью передачи данных. Данный тип RFID широко используется для смарт-меток и смарт-карт в радиосвязи ближнего поля (технология NFC).
- **Диапазон УВЧ.** Обычно это полоса частот 865–868 МГц, которая обеспечивает оборудованию RFID данной категории дальность связи до нескольких метров и более,

а также высокую скорость передачи данных. На бытовом уровне это позволяет считывать сотни радиочастотных RFID-меток одновременно. В настоящее время это самый динамично развивающийся тип RFID.

- **Диапазон СВЧ.** Диапазоны частот 2,4 ГГц и 5 ГГц, которые на международном уровне определены для нелицензируемого использования промышленными, медицинскими и научными высокочастотными устройствами. Данный вид RFID в основном предназначен для обмена информацией между активными радиочастотными метками в реальном времени (например, определение местоположения или сбор оплаты проезда по платной автомагистрали).

Следует отметить, что в диапазонах НЧ и ВЧ используются только пассивные радиочастотные метки, в то время как в диапазонах УВЧ и СВЧ возможно использование как активных, так и пассивных меток.

Устройства для слежения и сбора данных

Эта категория SRD устройств охватывает широкий спектр технологий, используемых для отслеживания имущества или персонала, либо для мониторинга оборудования и различных процессов. Специально для данной категории в Европе недавно была выделена полоса частот 870–875,6 МГц с мощностью излучения не более 500 мВт, шириной канала не более 200 кГц и рабочим циклом устройства до 2,5%. Устройства данной категории должны быть оснащены механизмом адаптации выходной мощности до уровня 5 мВт и, если потребуется, ниже.

Устройства для целей телематики транспорта и дорожного движения (RTTT)

Этой категории устройств соответствуют как интерфейсы связи между различными видами транспорта (корабли, автомобили и т. д.) так и интерфейсы связи между транспортными средствами и фиксированными объектами (например,

связь автомобиль–инфраструктура). Частотное распределение для таких применений сложилось уже достаточно давно в полосе частот 5795–5815 МГц, но не нашло глобального внедрения. В последнее время в Европе для систем RTTT определили новую полосу частот 870–875,8 МГц. Мощность в ней ограничена до 500 мВт для связи непосредственно между транспортными средствами и до 100 мВт для связи внутри транспортного средства. Рабочий цикл и ширина канала ограничены величинами 0,1% и 500 кГц соответственно. Устройства данной категории должны быть оснащены механизмом адаптации выходной мощности до уровня 5 мВт и, если потребуется, ниже. В диапазоне частот 5,8 ГГц возможно использовать оборудование с выходной мощностью до 8 Вт, хотя польза от такого высокого уровня мощности нивелируется за счет особенностей распространения радиоволн на этих частотах.

Беспроводные сигнализации

Оборудование беспроводных сигнализаций насчитывает множество различных стандартов, в основном работающих в полосе частот 868–870 МГц. Существует три основных типа сигнализаций, а именно: пожарные, охранные и сигнализации экстренного оповещения. Большинство из типов сигнализаций основаны на гармонизированном стандарте ETSI EN 300 220. Конкретные поддиапазоны функционирования сигнализаций внутри полосы частот 868–870 МГц и основные технические характеристики, такие как мощность и рабочий цикл, определены в Рекомендации ERC Rec 70-03. Выжимка из данной Рекомендации представлена ниже в таблице 4.1.

С учетом прогнозируемого роста числа беспроводных сигнализаций в последнее время была выявлена потребность в спектре для них на будущее. Предлагаемые дополнительные полосы частот были определены как 875,6–876 МГц и 915–915,2 МГц. Технические и нормативные параметры для этих полос частот в настоящее время определяются в СЕРТ.

Табл. 4.1. Данные из Рекомендации 70-03

Полоса частот (МГц)	Макс. мощность (мВт)	Величина рабоч. цикла, не более, %	Тип сигнализаций
868,6–868,7	10	1	Любой
869,25–869,3	10	0,1	Любой
869,65–869,7	25	10	Любой
869,2–869,25	10	0,1	Только сигнализации экстренного оповещения
869,3–869,4	10	1	Любой

Оборудование Wi-Fi

Wi-Fi является технологией беспроводной широкополосной передачи данных на основе стандартов группы IEEE 802.11. Основные и самые популярные M2M-решения, связанные с передачей видео или другого мультимедийного контента, в настоящее время функционируют при помощи Wi-Fi в диапазонах частот 2,4 ГГц и 5 ГГц. Особый интерес для M2M-коммуникаций представляет недавно инициированный стандарт 802.11ah, который нацелен на то, чтобы предложить эффективность и масштабируемость для новых решений M2M, не требующих высокой пропускной способности. Новый стандарт предназначен для работы в диапазоне частот ниже 1 ГГц и будет поддерживать более узкие величины ширины канала (1 и 2 МГц), что положительно скажется на энергоэффективности оборудования, а в конечном счете и на его стоимости. Стандарт также оптимизирован для возможности масштабирования его оборудования. На данный момент ожидается, что стандарт 802.11ah будет стандартизован в IEEE и станет работать в полосе частот 863–868 МГц, включающей в себя либо пять каналов по 1 МГц шириной, либо два канала по 2 МГц шириной.

Оборудование стандарта ZigBee

Стандарт ZigBee был разработан более десяти лет назад для удовлетворения потребности в коммуникации между недорогими и маломощными беспроводными датчиками и сетями управления в различных секторах рынка. Стандарт был утвержден Альянсом ZigBee, который на данный момент насчитывает более 400 членов. Стандарт ZigBee имеет ряд определенных отраслевых разновидностей, в том числе для автома-

тизации зданий, для медицинского обслуживания, для домашней автоматизации и розничных услуг. Стандарт ZigBee Pro оптимизирован для низкого энергопотребления и поддержки крупных сетей с тысячами устройств. Оборудование ZigBee является совместимым со стандартом IEEE 802.15.4, который определяет протоколы для обмена данными между устройствами с использованием низкой скорости передачи данных и низким энергопотреблением. В настоящее время существует более 600 сертифицированных ZigBee продуктов. В Европе оборудование ZigBee может работать в диапазонах 2,4 ГГц и 868 МГц. Диапазон 2,4 ГГц обеспечивает высокую скорость передачи данных (до 250 Кбит/с), но страдает от высокого уровня его загруженности во многих местах вследствие его интенсивного использования оборудованием семейства Wi-Fi. В диапазоне 868 МГц дальность связи заметно больше, чем в диапазоне 2,4 ГГц, но скорость передачи данных ограничена 20 Кбит/с, и при этом доступен только один канал. Большинство оборудования стандарта ZigBee в Европе работает в диапазоне 2,4 ГГц, тем не менее диапазон 868 МГц используется для M2M-решений с очень узкой полосой частот и малым рабочим циклом, таких как управление уличным освещением.

4.2.1.2 Технологии для M2M с большой площадью покрытия

Приложения M2M, которым необходима большая дальность связи или обширная зона покрытия, широко используют сотовые сети. Наиболее предпочтительной сотовой технологией в настоящее время является GPRS, частично по причине ее низкой стоимости, а также потому, что это

единственная технология передачи данных, которая в настоящее время обеспечивает покрытие на национальном уровне. Однако в последнее время разрабатывается много технологий для работы в безлицензионных полосах частот, которые нацелены на данный сегмент применений M2M. В частности, интерес проявляется к конкретным технологиям M2M, которые оптимизированы для выполнения большого числа соединений, но при относительно небольших объемах передаваемых данных.

В первую очередь данные технологии предполагается использовать в различных системах интеллектуального учета. Интеллектуальные счетчики все чаще применяются в системах по оптимизации использования электроэнергии. В качестве дополнения к сотовой GPRS-сети для передачи данных от интеллектуальных счетчиков до сетевого узла будут использоваться узкополосные системы в полосе частот 869,4–869,65 МГц с рабочим циклом 10% и уровнем выходной мощности 500 мВт. Однако следующее поколение узкополосных систем будет использовать недавно определенную CEPT полосу частот 870–875,6 МГц. В наиболее передовых странах Европы планируется завершить внедрение интеллектуальных счетчиков к 2020 году. Также существует ряд коммерческих компаний, которые предлагают развертывание выделенной беспроводной измерительной инфраструктуры в лицензируемом диапазоне частот 410–430 МГц, и которые планируют использовать существующие GPRS-сети для обеспечения большого охвата территории в сочетании с низким энергопотреблением комплектующих системы.

Также в Европе существует сложившееся достаточно давно распределение в диапазоне 169 МГц (полоса частот 169,4–169,475 МГц) для дистанционного считывания показаний различных счетчиков, изначально предназначенных для удовлетворения потребности в передаче данных на малую дальность. Однако в настоящее время данный диапазон частот рассматривается в качестве потенциального кандидата для развертывания M2M-решений обширной зоны охвата. Ограничения, действующие в данной полосе частот, составляют: 50 мВт по мощности, не более 50 кГц по ширине канала, и не более 10% для величины рабочего цикла.

Беспроводные технологии M2M, не относящиеся к стандартам сотовой связи или мобильного широкополосного доступа, но обеспечивающие широкий охват, кратко описаны ниже.

Стандарт Weightless

Weightless – это открытый стандарт, который был разработан Weightless special interest group специально для приложений M2M. Он включает в себя преимущества существующих технологий Bluetooth и Zigbee по стоимости, но нацелен на получение более широкой зоны охвата территории. Связь между устройствами и базовыми станциями Weightless осуществляется аналогично сетям сотовой связи. Стандарт разрабатывался для эксплуатации в условиях зашумленных полос частот, поэтому дает возможность разворачивать оборудование как в безлицензионных участках спектра, так и в лицензируемых. Данный стандарт в основном ориентирован на менее важные приложения M2M, которые значительно терпимее к задержкам. На начальном этапе разработки основное внимание уделялось полосам частот телевизионного диапазона, относящимся к так называемым «белым пятнам», но в принципе стандарт может работать как в диапазоне ОВЧ, так и в диапазоне УВЧ.

Потенциальные диапазоны частот включают в себя: диапазон

частот 169 МГц для удаленного считывания показаний с датчиков, классические диапазоны частот сотовых систем 800/900 МГц и диапазоны частот устройств малого радиуса действия 458 МГц и 868 МГц. В настоящее время уже налажено производство оборудования с рабочим диапазоном 169–876 МГц. За счет значительного числа возможных диапазонов частот и поддержки различных схем модуляции и расширения спектра обеспечивается широкий диапазон скоростей передачи данных, от 2,5 кбит/с до 16 Мбит/с. Максимальная заявленная дальность связи при использовании полос частот, свободных от телевизионных каналов, и самой низкой скорости передачи данных составляет до 5 км при расположении приемника внутри помещения. Очень длительное время автономной работы терминалов (около десяти лет) обеспечивается за счет низкого рабочего цикла. Терминалы кратковременно активируются (например, один раз каждые 15 минут) и передают данные, а любая обработка этих данных осуществляется на удаленном сервере, а не на самом устройстве. Оптимальная и необходимая полоса частот составляет 8 МГц. Так как данная технология работает в режиме временного дуплекса, то сопряженной полосы частот не требуется.

Стандарт Sigfox

Стандарт Sigfox для M2M-приложений был разработан французской компанией с одноименным названием. Как и стандарт Weightless, данная технология предназначена для расширения преимуществ технологий малого радиуса действия с низкой стоимостью до одновременной возможности получения обширной зоны охвата территории. Основное отличие заключается в использовании стандартом Sigfox узкополосной технологии. В Европе стандарт Sigfox работает в диапазоне 868 МГц. На данный момент имеется решение с полосой частот 868,2–868,7 МГц и уровнем мощности 25 мВт, но в перспективе для увеличения охвата предусмотре-

но использование полосы частот 869,4–869,65 МГц, позволяющей оборудованию работать с уровнями мощности до 500 мВт. Заявлен 20-летний срок службы батареи емкостью 2,5 Ахч за счет очень низкого рабочего цикла оборудования. Стандарт может быть ориентирован на приложения M2M, которые не требуют высокой пропускной способности (максимум пропускной способности составляет 100 Бит/с), рабочий цикл которых не превышает 140 передач в сутки, и размер передаваемых сообщений не более 12 байт.

Компания–разработчик стандарта Sigfox утверждает, что базовые станции данного стандарта смогут обеспечивать гораздо больший охват, чем даже у стандартных систем сотовой связи. В сотрудничестве с вещательной компанией TDF запланировано построить сеть, состоящую из порядка 1 000 базовых станций и охватывающую всю территорию Франции. Компания–разработчик сообщила, что уже есть заинтересованные партнеры из Голландии, России и Испании. На местном уровне есть проекты реализации данного стандарта в таких городах, как Антверпен, Копенгаген, Дублин, Милан, Мюнхен, Прага и Стокгольм.

Устройства стандарта Sigfox подчиняются тем же обязательным требованиям в отношении величины рабочего цикла или использования механизмов LBT-AFA (прослушивание перед передачей и адаптивная перестройка частоты соответственно), как и другие, Калифорнийская компания, которая разработала одноименную технологию для M2M-устройства малого радиуса действия, функционирующие в данном частотном диапазоне.

Технология OnRamp

OnRamp является еще одной фирменной технологией, обладающей большой площадью покрытия и низкой мощностью своего оборудования. Данная технология использует метод прямого расширения спектра (DSSS) и протокол множественного доступа со случайной фазой (RPMA)

собственной разработки. В настоящее время развернута версия технологии OnRamp, которая работает в нелицензируемом диапазоне 2,4 ГГц, определенном для использования промышленными, медицинскими и научными высокочастотными устройствами (также данный диапазон широко используется M2M-решениями на основе технологий Bluetooth и ZigBee). Разработчиками заявлена дальность связи до 65 км при наличии прямой видимости и до 18 км при ее отсутствии. Также заявлена дальность связи до 2 км при нахождении приемника в подвальных помещениях. Целевой аудиторией данной технологии являются сферы коммунального хозяйства, учета и производства. Решения, основанные на данной технологии, развертываются в Сан-Диего компанией Gas & Electric's и в Южной Калифорнии компанией Edison's electricity distribution systems.

Беспроводные сети ячеистой топологии (Mesh-сети)

Ряд вендоров для обеспечения большой площади покрытия продвигают беспроводные сети ячеистой топологии с низкой мощностью в качестве альтернативы существующим сотовым сетям. Одним из таких решений является решение американской компании Itron's OpenWay, разработанное в сотрудничестве с компаниями Cisco и ABB Tropos. В нем используется метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой несущей частоты (FHSS) в нелицензируемом в США диапазоне 900 МГц для соединения маршрутизаторов, которые затем обеспечивают локальную связь с терминалами посредством обычного Wi-Fi-протокола в диапазонах частот 2,4 ГГц и 5 ГГц. В Европе для подобных решений беспроводных сетей ячеистой топологии используется полоса частот 870–875,6 МГц. Основное преимущество беспроводных сетей ячеистой топологии заключается в том, что они используют решения, реализованные на открытых стандартах с относительно

низкой стоимостью, и могут работать в нелицензируемых полосах частот. Недостатком же таких сетей можно считать сложность их развертывания и высокую плотность их узлов ввиду необходимости соблюдения строгих ограничений по мощности, существующих в Европе для нелицензируемых полос частот. По этой причине такие сети до сих пор развертываются в основном только в США, где диапазон 900 МГц позволяет использовать более высокие уровни мощности (до 1 Вт).

4.2.2 Анализ использования технологий ИМТ для M2M (с большой площадью покрытия)

В настоящее время приложения M2M в основном опираются на существующие технологии сотовой связи 2G и 3G, но с перспективой роста потребности в передаче более крупных объемов данных, использование данных технологий может быть проблематичным. Это обусловлено тем, что в технологиях сотовой связи 2G и 3G с ростом объема передаваемой информации каждая посылка может занимать значительное время, что в конечном итоге ведет к необходимости расширения инфраструктуры сети и к дополнительным потребностям в спектре. По этой причине к 2025 году планируется перейти на использование сетей мобильного широкополосного доступа LTE/LTE-Advanced и сетей 5G, которые подробно рассмотрены в разделе 1. Однако для большого числа M2M, с малым расходом энергии и увеличенной дальностью связи, требуется использование специализированных радиоинтерфейсов. В частности, в 3GPP предложено два возможных решения: LTE MTC²², разработанный в группе RAN, и новый узкополосный радиоинтерфейс, разработанный в группе GERAN. Данные радиоинтерфейсы предполагается использовать в отдельных полосах частот, например, в недоиспользованных участках частотных планов LTE и в остатках спектра GSM после рефарминга. Именно две

данные технологии претендуют в сетях 5G взять на себя основную нагрузку M2M-коммуникаций. Ниже дано краткое описание данных технологий.

4.2.2.1 LTE Machine-Type Communications (MTC)

В течение следующего десятилетия сети на базе GPRS будут продолжать использоваться для M2M-соединений. Однако сотовый трафик M2M со временем будет все активнее передаваться путем использования новейших технологий 4G и 5G. В связи с этим разработчиками оборудования LTE уже сейчас принимаются меры, направленные на адаптацию технологии LTE для использования в M2M. В рамках стандартизации LTE применения M2M получили название Machine-Type Communications (MTC), для которых в рамках стандарта LTE предусмотрены следующие усовершенствования:

- Использование одной антенны на прием для устройств MTC.
- Снижение пиковой скорости передачи данных до 1 Мбит/с.
- Снижение ширины канала до 1,4 МГц.
- Увеличение дальности покрытия.
- Проработка возможности дальнейшего снижения стоимости модулей за счет поддержки режима полудуплексной передачи.

Предполагается, что недорогие модули M2M на основе LTE должны будут подключаться к уже существующим гражданским LTE-сетям или к специализированным сетям LTE MTC. К 2017 году прогнозируется появление чипсетов на основе нового стандарта (LTE Rel-12 Cat-0). В 2018 году возможно появление его следующей версии (LTE Rel-13 Cat-0).

Снижение стоимости новых поколений модулей M2M на основе LTE будет достигаться за счет поддержки режима полудуплексной передачи и существенного снижения сложности изготовления модулей со значительно меньшей шириной канала по сравнению с модулями

²² MTC – Machine-Type Communications, <http://www.3gpp.org/>.

с шириной канала 20 МГц. На первом этапе ширина канала будет составлять 3 МГц, а потом возможно ее снижение до величины 1,4 МГц. Будет достигнуто существенное увеличение площади покрытия, как следствие использования специальных схем кодирования и модуляции с потенциальным улучшением бюджета радиолинии на величину порядка 20 дБ. Энергоэффективность модулей существенно улучшится за счет использования интеллектуальных режимов экономии энергии.

4.2.2.2 Узкополосный интерфейс GERAN

Рядом вендоров²³ проводится разработка новой технологии узкополосной передачи данных для решений M2M. Эта технология использует схему множественного доступа, которая разделяет 200 кГц спектра на 12 каналов нисходящей линии связи и на 36 каналов восходящей линии связи, что показано на рис. 4.6.

Это позволяет данному решению быть развернутым в полосе частот 200 кГц и обеспечивать значительную гибкость: либо несколько операторов могут предоставлять услуги, обладая равными частотными ресурсами, либо один оператор может агрегировать несколько каналов 200 кГц для увеличения емкости сети. Такой подход рассматривается в 3GPP GERAN²⁴ в качестве эволюции технологии GSM.

Принцип использования частотного ресурса такой системы в остатках спектра GSM после рефарминга обеспечивается за счет уменьшенного уровня внеполосных излучений, который составляет не более -70 дБс относительно несущей GSM уже при отстройке в 200 кГц.

При разработке данной технологии предполагалось, что требования для M2M с низкой скоростью передачи данных принципиально отличаются от требований для мобильного широкополосного доступа. Эти требования должны обеспечивать надежное соединение для устройств, которые обычно являются статичными и находятся в труднодоступных зонах покрытия; для таких приложений M2M требования по пропускной способности и задержкам могут быть снижены в угоду оптимизации выходной мощности и бюджета радиолинии. Из таких соображений были сформулированы следующие требования:

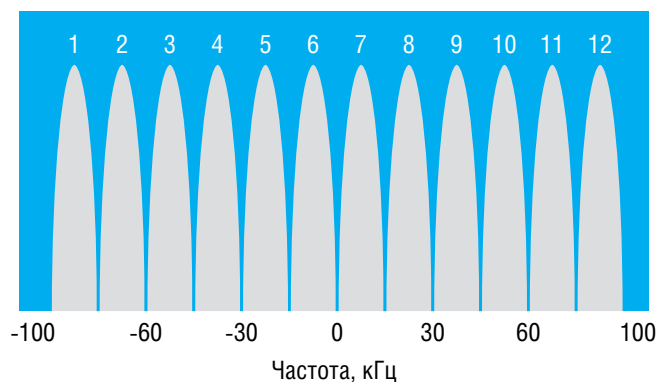
- Очень низкое энергопотребление, обеспечивающее работу в течение многих лет.
- Улучшенный бюджет радиолинии по сравнению с существующими сотовыми сетями.
- Эффективный радиопrotocol для устройств, работающих с низким рабочим циклом.
- Оптимизированный физический уровень, чтобы максимизировать

покрытие и снизить выходную мощность, в результате чего снизить пиковые значения пропускной способности.

- Использование радиоканалов в диапазоне частот не выше 1 ГГц для обеспечения хороших показателей распространения сигнала и возможности использования небольших и эффективных интегрированных антенн с низкой стоимостью.
- Возможность существовать смежно с действующими сетями сотовой связи, что обеспечивает возможность расширения использования технологии в национальном масштабе по невысокой стоимости, за счет использования одних и тех же сайтов, антенн и усилителей мощности.

По прогнозам, к началу 2016 года уже появятся первые образцы узкополосного оборудования GERAN, а к концу 2016-го запланирована первая коммерческая реализация сети на базе этого интерфейса. Ожидается существенное снижение бюджета радиолинии (до 20 дБ) и очень низкая стоимость модулей (меньше 5\$). Продолжительность работы от одного заряда батареи варьируется от 1 года до 20 лет в зависимости от выбранной конфигурации рабочего цикла устройства и обеспечения необходимой дальности связи.

12 каналов нисходящей линии в одном ресурсном блоке GSM



36 каналов восходящей линии в одном ресурсном блоке GSM

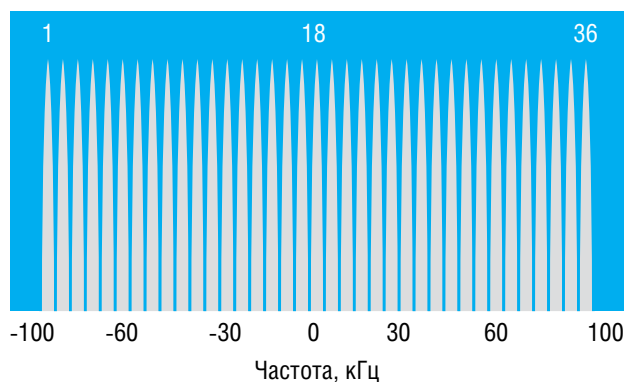


Рис. 4.6. Каналообразование узкополосного интерфейса GERAN

²³ Neul, Huawei, «Introduction to 'Clean-Slate' Cellular IoT Radio Access Solution.»; [http://www.cambridgewireless.co.uk/docs/Clean-slate%20Cellular%20IoT%](http://www.cambridgewireless.co.uk/docs/Clean-slate%20Cellular%20IoT%20).

²⁴ Vodafone, Telefonica, China Mobile, Orange, Telecom Italia et al, «Cellular System Support for Ultra Low Complexity and Low Throughput Internet of Things»; GP-140299, 3GPP TSG-GERAN Meeting #62, Valencia, Spain, 26-30 May 2014.

4.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ

4.3.1 Потребности в частотном ресурсе для устройств малого радиуса действия

Обеспечение необходимой потребности в радиочастотном спектре всегда является основополагающим фактором в развертывании той или иной радиосистемы. Несомненно, привлекательным условием для организации работы любой радиосистемы является наличие полосы частот, которая будет освобождена от лицензирования и, соответственно, от платы за него, что является характерным для большинства устройств малого радиуса действия. Гармонизированная в каком-либо крупном регионе мира полоса частот позволяет минимизировать затраты как на использование спектра, так и на само оборудование. Наиболее дешевыми и массовыми решениями M2M для российского рынка будут являться решения, реализованные в гармонизированных на территории Европы полосах частот. Такая ситуация складывается в силу расположения Российской Федерации в Районе 1 МСЭ-R²⁵ и соответствующего этому согласованному международному распределению полос частот для сотовой связи и других гражданских систем, что опосредованно влияет и на размещение полос частот для устройств малого радиуса действия.

В Европе в рамках Европейской конференции почт и электросвязи (CEPT) за исследование вопросов, связанных с применением устройств малого радиуса действия, отвечает специально созданная проектная группа SRD/MG Рабочей группы FM. Исследования по гармонизации использования спектра для устройств малого радиуса действия направлены на решение следующих задач:

- Разработка предложений по регуляторным аспектам использования

SRD-устройств с учетом защиты существующих служб от неблагоприятного воздействия SRD.

- Выделение дополнительных полос частот для новых типов устройств SRD.
- Уточнение требований к техническим характеристикам SRD-устройств.

В результате многочисленных исследований CEPT была принята концепция деления устройств малого радиуса действия на отдельные типы в зависимости от области их применения. Для каждого такого типа устройств разработаны свои индивидуальные технические условия безлицензионного использования. Более 40 стран – членов Европейской конференции почт и электросвязи (CEPT) установили довольно высокую степень стандартизации по всей Европе на оборудование малой мощности.

Самый полный документ, который используется как отправная точка в понимании регламентирования процессов применения устройств малого радиуса действия в Европе – Рекомендация ERC/REC 70-03. Этот документ дает общее описание рекомендованных приложений, частот, полномочий, и других спецификаций.

В соответствии с Рекомендацией ERC/REC 70-03 выделяется тринадцать областей применения стандартных устройств малого радиуса действия. В интересах M2M-коммуникаций используются многие из данных областей применения, а именно:

- Неспециализированные устройства.
- Устройства слежения и сбора данных.
- Широкополосные системы передачи данных.
- Дорожный транспорт и телематика трафика (RTTT).
- Сигнализации.
- Индукционные устройства.
- Системы радиочастотной идентификации (RFID).

- Активные медицинские имплантаты.

В Российской Федерации выделение полос частот для устройств малого радиуса действия осуществлялось не в полном согласии с Рекомендацией ERC 70-03. Сначала оно осуществлялось на основе частных, а затем на основе обобщенных решений ГКРЧ. При этом выделение проводилось применительно к отдельным классам SRD-устройств и на вторичной основе, как правило, в полосах, определенных для использования промышленными, медицинскими и научными высокочастотными устройствами (ISM). К сожалению, существенное несоответствие с европейским регулированием отмечается не только в полосах частот, но и в разрешенных уровнях мощности излучения.

В таблице 4.2 представлены полосы частот, которые используются для M2M-коммуникаций сегодня и в перспективе, для которых целесообразно обеспечить гармонизированное использование со странами Европы, чтобы в полной мере воспользоваться массовыми и дешевыми устройствами M2M. Наряду с полосами частот для каждого решения указываются их достоинства и недостатки. Следует отметить, что в представленную таблицу не включены лицензированные в настоящее время диапазоны частот сотовой связи и международные диапазоны частот спутниковой службы, которые потенциально могут быть использованы для приложений M2M.

В таблице стоит отметить наиболее бурно развивающиеся применения в диапазоне 870 МГц и 915 МГц, которые существенно ограничены в Российской Федерации, что в будущем может привести к необходимости принятия соответствующих мер по снятию данных ограничений, хотя бы в некоторых поддиапазонах.

²⁵ МСЭ-R – Сектор Радиосвязи Международного союза электросвязи.

Табл. 4.2. Сводная таблица полос частот для M2M-решений в Европе

Полоса частот	Применение/Технология	Достоинства	Недостатки
125–134 кГц	Пассивные RFID-метки (обычно используется для инвентаризации и идентификации животных)	Низкая стоимость, хорошее проникновение в металлах	Маленькая дальность, низкая скорость передачи
13,56 МГц	Пассивные RFID-метки (обычно используется для смарт-карт и пропусков)	Средняя дальность и средняя пропускная способность	Относительно высокая стоимость
169,4–169,475 МГц	Используется для дистанционного считывания показаний	Гармонизированная в Европе полоса частот	Ограниченная мощность и полоса частот
412–414/ 422–424 МГц	Компанией Arqiva в северной части Великобритании развертывается система интеллектуального учета (Sensus Flexnet)	Лицензированная полоса частот, большая дальность, хорошее проникновение в зданиях	Сложность в развертывании сети
433,05–434,79 МГц	Устройства малого радиуса действия общего применения	Низкая стоимость, гармонизированная на международном уровне полоса частот	Загруженный диапазон частот
458,5–458,95 МГц	Телеметрия и телеуправление	Возможность использовать большие уровни мощности по сравнению с другими нелицензируемыми полосами частот для телеметрии	Не везде гармонизированная полоса частот
470–694 МГц	В белых пятнах телевизионного диапазона рассматривалась возможность развертывания технологии Weightless.	Широкая полоса частот. Подходит для обеспечения большого покрытия (подобно сотовым сетям)	Требуется сложное планирование с использованием специальных баз данных для обеспечения хорошего покрытия. Возможны помехи от удаленных ТВ-передатчиков
863–870 МГц	Устройства малого радиуса действия общего применения, исключая сигнализации, и технология ZigBee	Гармонизированная на международном уровне полоса частот, включает в себя требования на методы снижения интерференции	Ограниченная пропускная способность ZigBee. Возможны помехи от беспроводных аудиоустройств, работающих в диапазоне ниже 865 МГц
865–868 МГц	Активные и пассивные RFID-метки (обычно используемый для ID механизмов и нужд логистики)	Хорошее покрытие и высокая пропускная способность	Относительно высокая стоимость
869,4–869,65 МГц	Используется системой Sigfox для интеллектуального учета	Возможно использование большей мощности по сравнению с другими полосами частот в диапазоне 863–870 МГц. Подходит для обеспечения большого покрытия (подобно сотовым сетям) на безлицензионной основе	Ограниченная пропускная способность и рабочий цикл
868,6–869,7 МГц	Пожарные сигнализации и сигнализации экстренного оповещения	Различные поддиапазоны с разными требованиями по мощности и рабочему циклу позволяют обеспечить нужное в каждом конкретном случае качество услуг	
870–875,6 МГц.	Системы транспорта и телематики трафика, отслеживание и сбор данных. Возможна организация обширных сетей ячеистой структуры.	Широкая полоса частот. Для приложений слежения и сбора данных возможен уровень мощности до 500 мВт	Ограничения на рабочий цикл, обусловленные защитой других служб
875,6–876 МГц и 915–915,2 МГц	Сигнализации	Дополнительный спектр для обеспечение роста объема трафика	Возможные помехи от работающих в смежной полосе частот систем
915–921 МГц	Активные и пассивные RFID-метки	Широкая полоса частот	Возможные помехи от работающих в смежной полосе частот систем
2,4 ГГц (2400–2483,5 МГц)	Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee и некоторые активные и пассивные RFID-метки	Гармонизированная на глобальном уровне, широкая полоса частот	Сильно загруженный диапазон частот
2483,5–2500 МГц	Медицинские системы	Широкая полоса частот	Возможны помехи от Wi-Fi и LTE в соседней полосе частот
5,8 ГГц (5725–5875 МГц)	Используется некоторыми активными и пассивными системами RFID (например, системами сбора оплаты на платной автомагистрали)	Широкая полоса частот	Относительно высокая стоимость. Возможны помехи от других систем (например, фиксированного беспроводного доступа)
5795–5815 МГц	Системы транспорта и телематики трафика	Определенная Европой полоса частот	Высокий диапазон частот и ограниченная дальность

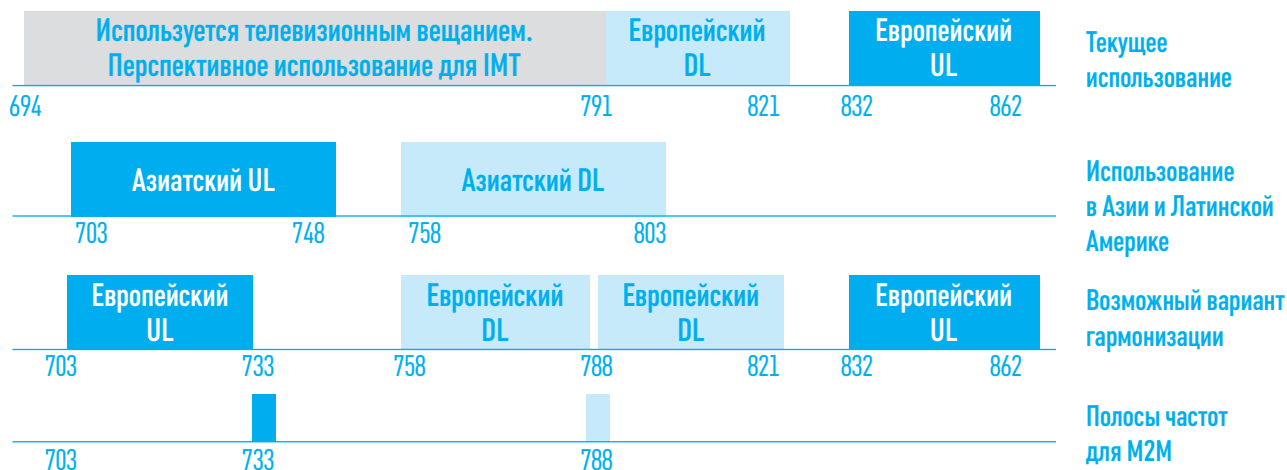


Рис. 4.7. Выделение полос частот для M2M в результате гармонизации

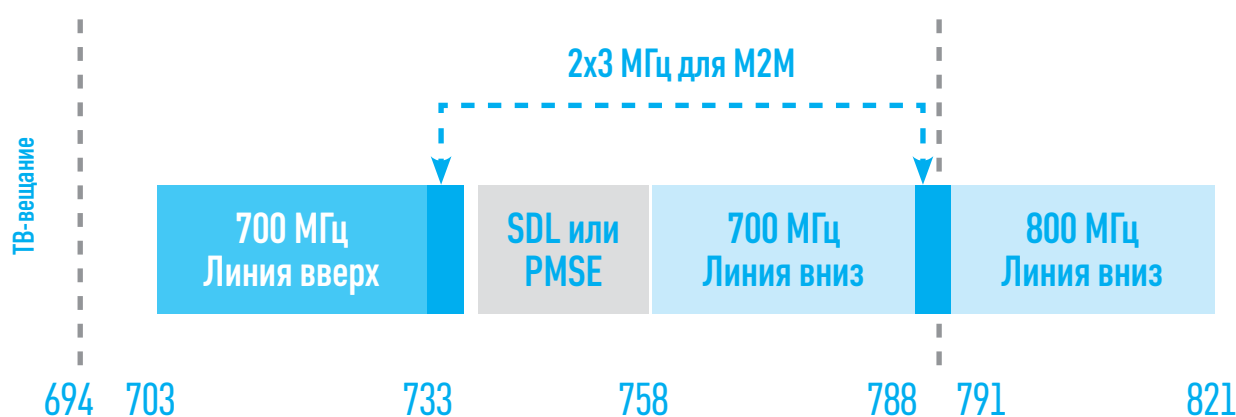


Рис. 4.8. Частотный план 2x3 МГц в диапазоне 700 МГц для M2M

4.3.2 Потребности в частотном ресурсе для технологий IMT

Потребности в частотном ресурсе для уже сложившихся и развивающихся систем сотовой связи были рассмотрены в разделе 1. В данной главе пойдет речь о потребностях в частотном ресурсе для специализированных радиоинтерфейсов для M2M, в частности, о потребностях для LTE MTC и нового узкополосного радиоинтерфейса GERAN, которые в перспективе претендуют взять на себя существенную долю M2M-соединений.

LTE MTC в качестве самостоятельной сети предполагается использовать в недоиспользованных участках частотного плана LTE в диапазоне 700 МГц. Данный диапазон был выбран неслучайно. Основными требованиями к рассматриваемым M2M-приложениям являются обеспечение большого и надежного покрытия при

относительно невысокой пропускной способности, и возможность подключения большого количества устройств. Радиоинтерфейс должен обеспечить хорошее проникновение сигнала в различные строения (например, в подвал дома для снятия показаний со счетчиков электроэнергии). Для подобных целей отлично подходят частоты ниже 1 ГГц. Помимо этого в диапазоне 700 МГц обеспечивается возможность гармонизации спектра со странами Азии и Латинской Америки, что проиллюстрировано на рис. 4.7.

Сотовые операторы заинтересованы в проиллюстрированной на рис. 4.7 гармонизации со странами Азии и Латинской Америки и обосновывают ее возможность увеличением потенциального рынка терминалов с поддержкой этого диапазона частот при снижении их стоимости. Так, основной для Европы частотный план в диапазо-

не 700 МГц для LTE FDD 2x30 МГц построен на основе азиатского частотного плана (A5 в Рек. МСЭ-R M.1036) в части нижнего дуплекса. На рис. 4.8 более детально показано расположение предлагаемого частотного плана 2x3 МГц в диапазоне 700 МГц для M2M.

Данный частотный план располагается между участками нисходящих линий европейских сотовых диапазонов частот 700 МГц и 800 МГц (полоса частот 788–791 МГц) и между участком восходящей линии сотового европейского диапазона 700 МГц и диапазоном частот систем PMSE (полоса частот 733–736 МГц).

Новый узкополосный радиоинтерфейс GERAN предполагается использовать в остатках спектра GSM после рефарминга либо в защитных интервалах между каналами LTE, что проиллюстрировано на рис. 4.9 и рис. 4.10 соответственно.

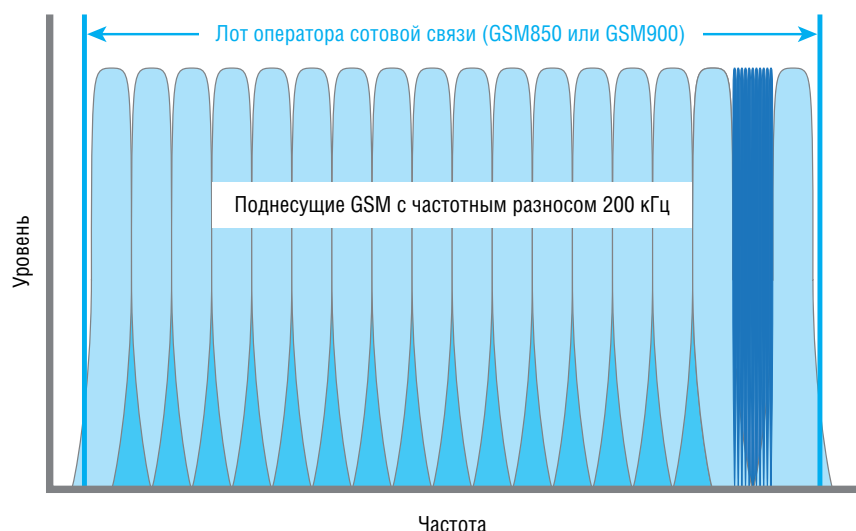


Рис. 4.9. Использование интерфейса GERAN в остатках спектра GSM после рефарминга

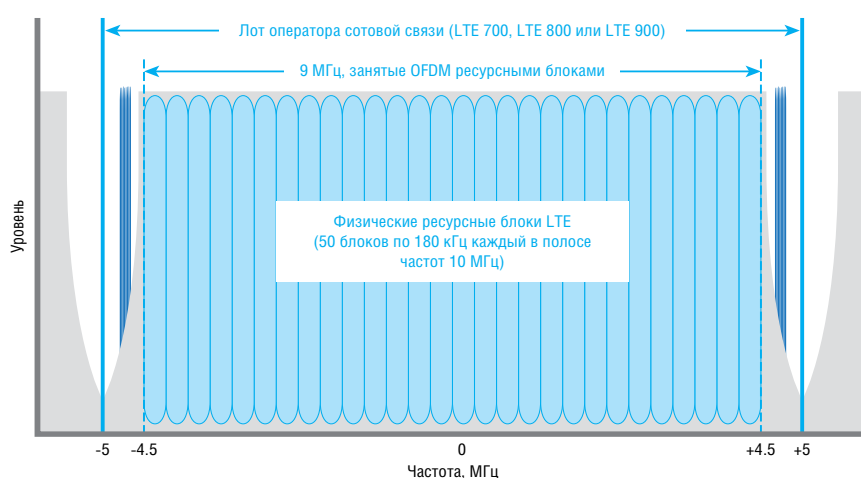


Рис. 4.10. Использование интерфейса GERAN в защитных интервалах между каналами LTE

Табл. 4.3. Сравнение использования по полосам частот в РФ и Европе

Полосы частот SRD в Европе, которые могут использоваться для M2M	Полосы частот SRD в России, которые могут использоваться для M2M
119–135 кГц	119–135 кГц
13,553–13,567 МГц	13,553–13,567 МГц
169,4000–169,475 МГц	—
433,05–434,79 МГц	433,05–434,79 МГц
470–768 МГц	470–638 МГц
863–870 МГц	864–865 МГц
865–868 МГц	866–868 МГц
868,7–869,2 МГц	868,7–869,2 МГц
869,400–869,650 МГц	—
869,700–870,000 МГц	—
870–875,6 МГц	—
915–921 МГц	—
2400,0–2483,5 МГц	2400,0–2483,5 МГц
2483,5–2500 МГц	—
5725–5875 МГц	5725–5875 МГц
5795–5815 МГц	5795–5815 МГц

4.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ ТЕХНОЛОГИЙ M2M

4.4.1 Обеспечение радиочастотным ресурсом устройств малого радиуса действия

В России полосы радиочастот, которые могут использоваться устройствами малого радиуса действия, приведены в Приложении 2 Таблицы распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации и, в частности, в таблице «Перечень полос радиочастот, предназначенных для использования устройствами малого радиуса действия». Выделение других полос радиочастот для использования устройствами малого радиуса действия возможно по результатам проведения научно-исследовательских работ и принятых на их основе соответствующих Решений ГКРЧ. На данный момент основополагающим Решением ГКРЧ по SRD-устройствам в России является Решение ГКРЧ № 07-20-03-001 от 7 мая 2007 года «О выделении полос радиочастот устройствам малого радиуса действия», которое разрешает использование отдельных полос частот, рекомендуемых МСЭ-R и СЕРТ для различных типов устройств малого радиуса действия. В таблице 4.3 приведено сравнение использования по полосам частот в РФ и Европе тех классов SRD-устройств, которые потенциально могут применяться в интересах M2M.

В представленной таблице зеленым цветом отмечены полосы частот, совпадающие с Европой, желтым — частично совпадающие с Европой, а красным — не совпадающие. Отдельно следует отметить, что достаточно часто встречаются случаи, при которых полосы частот в России совпадают с европейскими, но, ввиду специфики распределения спектра в России, для них существенно различаются уровни допустимой мощности. Сравнительный анализ распределения полос частот SRD, которые могут использоваться для M2M в Российской Федерации и европейских странах, показывает наличие существенных различий. Значительное расхождение

в использовании отмечается в диапазоне 863–870 МГц. Так, если в России в данной полосе частот выделений для SRD устройств практически не происходило, то в Европейских странах в данной полосе частот работает значительное число устройств M2M. Показанные на таблице красным цветом расхождения с европейским использованием обусловлены тем, что данные диапазоны частот в России относятся к диапазонам преимущественного пользования РЭС, предназначенных для нужд государственного управления, в том числе президентской связи, правительственной связи, нужд обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка. Несмотря на этот факт, отмечаются многочисленные случаи появления таких устройств на внутреннем рынке.

Помимо вопроса выделения полос частот в соответствии с Федеральным законом «О связи» средства связи, иные радиоэлектронные средства и высокочастотные устройства, являющиеся источниками электромагнитного излучения, подлежат регистрации. Порядок регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств в Российской Федерации определяется постановлением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2004 года № 539 «О порядке регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств». Постановление в своем составе содержит «Правила регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств». Для обеспечения широкого внедрения новых радиотехнологий, потенциально применимых в области M2M-коммуникаций, необходимо, чтобы данные технологии и их полосы частот были включены в приложение «Исключения из перечня радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств, подлежащих регистрации» названных «Правил регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств». Только при этом новые радиотехнологии M2M-коммуникаций будут освобождены от обязательной регистрации в надзорных органах по аналогии с уже внесенными ранее в данный список различными классами устройств малого радиуса действия.

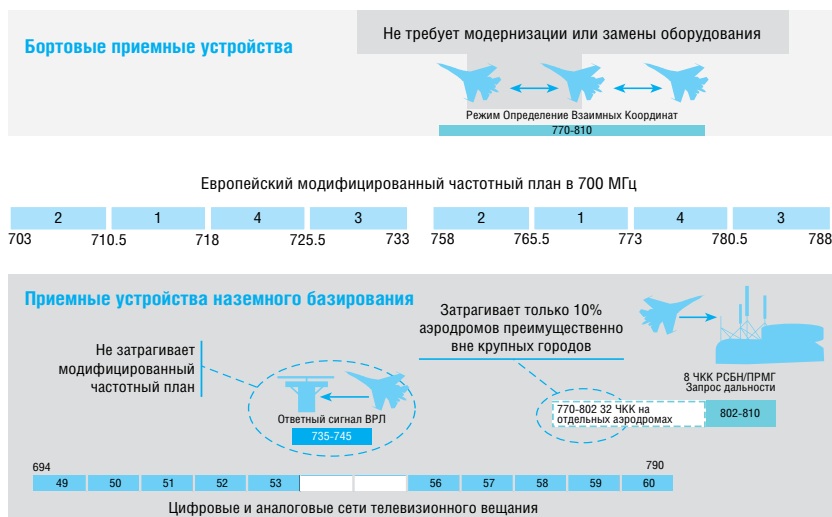


Рис. 4.11. Использование полосы частот 694–790 МГц РЭС УВД

Также очень важной является процедура ввоза оборудования новых радиотехнологий для M2M-коммуникаций. Для освобождения от ограничения ввоза на территорию Таможенного союза необходимо включить технические характеристики данных технологий M2M-коммуникаций в пункт 2 параграфа 2.16 «Радиоэлектронные средства и (или) высокочастотные устройства гражданского назначения, в том числе встроенные либо входящие в состав других товаров, ввоз которых на таможенную территорию таможенного союза ограничен» Решения Коллегии Евразийской экономической комиссии от 16 августа 2012 года № 134 «О нормативных правовых актах в области нетарифного регулирования».

4.4.2 Обеспечение радиочастотным ресурсом технологий ИМТ

Для обеспечения радиочастотным ресурсом перспективных радиотехнологий ИМТ, нацеленных на M2M, необходимо проведение конверсионных мероприятий и перепланирования сетей ТВ-вещания. Относительно конверсии в полосе частот 694–790 МГц следует отметить, что в данной полосе частот функционируют РЭС военного назначения, к которым относятся:

- бортовые и наземные средства отечественной системы вторичной радиолокации (ВРЛ);
- бортовые и наземные средства радиотехнической системы ближней навигации и посадки (РСБН/ПРМГ).

Использование полосы частот 694–790 МГц наземными и бортовыми РЭС управления воздушным движением (УВД) для организации радиообмена представлено на рис. 4.11. Также, на данном рисунке показан европейский частотный план, который в будущем должен заменить существующий частотный план.

Проведение конверсионных мероприятий в части диапазона 800 МГц, а также проведение конверсионных мероприятий в части ответного сигнала ВРЛ на частоте 740 МГц в полной мере применимо к высвобождению частотного ресурса 2x3 МГц для применений M2M.

Аналогично для высвобождения участков 2x3 МГц для перспективных радиотехнологий ИМТ, нацеленных на M2M, справедливы и потенциальные мероприятия по перепланированию сетей ТВ-вещания в диапазоне ниже 694 МГц, которые потребуются в случае внедрения в Российской Федерации сетей LTE в диапазоне 700 МГц. В частности, основным условием внедрения LTE в диапазоне 694–790 МГц будет модификация частотных планов ТВ-вещания в полосу ниже 694 МГц в рамках действующего Соглашения «Женева-2006». Ожидается, что после 2020 года с учетом отключения аналогового телевидения в Российской Федерации реализация такого перепланирования на практике будет достижимой. При этом следует понимать, что проведения мероприятий по координации частотных присвоений следует начать проводить заранее еще до окончательного отключения аналогового телевидения.

5. ПРОГНОЗ И АНАЛИЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ СЕТЕЙ ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ИХ ИНТЕГРАЦИЯ С СЕТЯМИ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ 5-ГО ПОКОЛЕНИЯ

5.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ

Системы фиксированной радиосвязи используются во многих приложениях услуг телекоммуникационных сетей единой сети электросвязи:

- в сети связи общего пользования;
- в выделенных сетях связи;
- в технологических сетях связи;
- в сетях связи специального назначения.

На рис. 5.1 показаны основные приложения услуг телекоммуникационных сетей с использованием систем фиксированной радиосвязи, в том числе:

- для создания сетей радиорелейной

связи прямой видимости, включая дальние магистральные многоинтервальные радиорелейные линии;

- для сетей фиксированного беспроводного радиодоступа;
- для временных телекоммуникационных сетей в районах чрезвычайных ситуаций для обеспечения общественной безопасности и оказания помощи в районах бедствия, а также систем внестудийного телевизионного вещания, электронного сбора новостей и внестудийного видеопроизводства;
- для транспортной сети в инфраструктуре подвижной связи.

Типовые параметры оборудования систем фиксированной радиосвязи

для вышеуказанных приложений в различных частотных диапазонах приведены в Рекомендации МСЭ-R F.758²⁶.

Основными преимуществами системы фиксированной радиосвязи являются:

- возможность развертывания в сложных географических и морфологических условиях (например, таких, как горные районы, районы побережья и т. п. со слабо развитой дорожной и инженерной средой);
- малое время развертывания системы при относительно невысокой стоимости;
- устойчивость функционирования в условиях техногенных, природных и других чрезвычайных ситуаций.

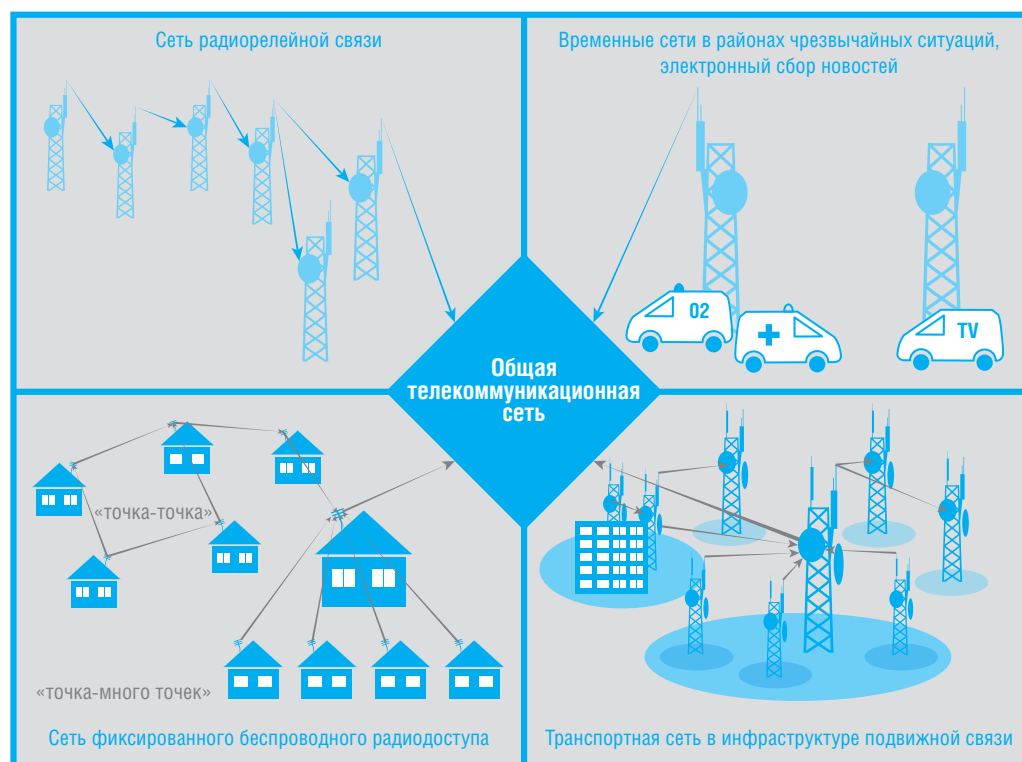


Рис. 5.1. Услуги телекоммуникационных сетей с использованием системы фиксированной радиосвязи

²⁶ Recommendation ITU-R F.758: System parameters and considerations in the development of criteria for sharing or compatibility between digital fixed wireless systems in the fixed service and systems in other services and other sources of interference.

5.1.1 Сети радиорелейной связи прямой видимости

Традиционные сети радиорелейной связи прямой видимости, включая дальние магистральные многопролетные радиорелейные линии, находят применение в сети связи общего пользования, в выделенных и технологических сетях связи, а также в сетях связи специального назначения. Сети радиорелейной связи прямой видимости, как правило, используют оборудование для работы в полосах частот в диапазонах ниже 15 ГГц.

С увеличением требований по пропускной способности линий телекоммуникаций в промышленно развитых районах с хорошо развитой сетью автомобильных и железных дорог радиорелейные линии в настоящее время заменяются на волоконно-оптические линии. При этом будут высвобождаться некоторые полосы частот, которые, возможно, будут использоваться в этих регионах для других приложений услуг телекоммуникационных сетей с применением систем фиксированной службы и других служб, в частности для сухопутной подвижной службы, что более детально описано в разделе 5.1.4.

Вместе с тем, существует достаточно много районов, в которых по географическим и экономическим причинам развитие волоконно-оптических линий телекоммуникаций затруднительно и нецелесообразно. В таких случаях, сети радиорелейной связи и в дальнейшем на перспективу до 2025 года будут продолжать играть важную роль в единой сети электросвязи.

Продолжится дальнейшее совершенствование оборудования радиорелейной связи в направлении повышения пропускной способности и надежности линий с использованием методов автоматического управления мощностью и адаптивной модуляции передачи, а также рефарминга планов размещения радиостовов радиорелейных систем связи в некоторых диапазонах радиочастот в направлении увеличения ширины занимаемой

полосы радиочастот радиостовами. Данное расширение предполагается обеспечить за счет объединения полос радиочастот нескольких соседних радиостовов, что в результате приведет к повышению пропускной способности линий радиорелейной связи.

5.1.2 Сети фиксированного беспроводного радиодоступа

Основным назначением создания сетей фиксированного беспроводного радиодоступа является экономически эффективные решения для создания сетей доступа с целью обеспечения информационно-коммуникационных услуг мультисервисной телекоммуникационной сети государственным, муниципальным, корпоративным и частным фиксированным пользователям. При этом сети фиксированного беспроводного радиодоступа могут решать следующие задачи:

- передачу данных между несколькими удаленными фиксированными пользователями в специальных, технологических и выделенных сетях связи и сетях связи общего пользования;
- распределение программ ТВ-вещания;
- организацию транспортных каналов в сетях сухопутной подвижной службы сотовых сетей связи, предоставления услуг телефонии, факсимильной связи, интернет-доступа, подключения точек доступа Wi-Fi, предоставления цифровых каналов E1/T1 и высокоскоростного доступа в Интернет;
- обеспечение транспортных каналов для мультисервисных сетей.

Сети фиксированного беспроводного радиодоступа в зависимости от назначения и функциональных требований могут строиться по следующим топологиям построения сети:

- линии связи пункта с несколькими пунктами (точка – много точек);
- линии связи пункта с пунктом (точка – точка);
- линии связи нескольких пунктов с несколькими пунктами (много точек – много точек или Mesh-сети).

К функциональным и техническим достоинствам сетей фиксированного беспроводного радиодоступа можно отнести:

- предоставление доступа пользователям во всей зоне покрытия, размеры которой определяются используемым диапазоном радиочастот и техническими характеристиками конкретного оборудования;
- быстрый монтаж абонентского оборудования пользователей независимо от его расположения в зоне покрытия;
- возможность интеграции всех видов сервиса по желанию пользователей;
- принципиальная открытость системы для территориального функционального и сервисного наращивания сети доступа.

Сети фиксированного беспроводного радиодоступа требуют выделения радиочастотного ресурса, достаточного для предоставления всех видов телекоммуникационных услуг. В соответствии с этим оборудование фиксированного беспроводного радиодоступа преимущественно использует радиочастоты в диапазонах от 0,03 до 66 ГГц.

В настоящее время намечилось некоторое снижение развития фиксированного беспроводного радиодоступа и замещение предоставляемых им услуг мобильным беспроводным доступом в связи с внедрением и развитием сотовых сетей сухопутной подвижной связи технологий UMTS и LTE/LTE-Advanced, особенно в промышленно развитых районах.

Вместе с тем в ближайшей перспективе сохранится необходимость и целесообразность использования и дальнейшего развития фиксированного беспроводного радиодоступа в районах, в которых по географическим и экономическим причинам использование и развитие волоконно-оптических сетей телекоммуникаций и сотовых сетей сухопутной подвижной службы затруднительно и нецелесообразно, например, в районах сельской местности с низкой плотностью пользователей.

5.1.3 Временные сети фиксированной радиосвязи для PPDR и ENG

Отдельного внимания требуют применения фиксированной радиосвязи в районах чрезвычайных ситуаций для обеспечения общественной безопасности и оказания помощи в районах бедствия (PPDR), а также для электронного сбора новостей (ENG).

Компактное и мобильное оборудование фиксированной беспроводной радиосвязи, перемещаемое на всех видах транспорта, которое имеет в своем составе независимые мобильные источники электропитания и быстроразвертываемые мобильные антенно-мачтовые устройства, может оперативно быть размещено и эксплуатироваться в районах с различным рельефом местности и в различных климатических зонах. Поэтому сети фиксированной радиосвязи находят широкое применение при развертывании временных мультисервисных телекоммуникационных сетей в районах чрезвычайных ситуаций и для обеспечения общественной безопасности и оказания помощи в районах бедствия.

Типовые параметры оборудования систем фиксированной радиосвязи для временных телекоммуникационных сетей фиксированной радиосвязи в различных частотных диапазонах приведены в Рекомендации МСЭ-R F.1105²⁷.

Другой областью применения сетей фиксированной радиосвязи во временных телекоммуникационных сетях являются сети вспомогательных служб вещания (BAS), включая системы внестудийного телевидения (TVOB), электронного сбора новостей (ENG) и внестудийного видеопроизводства (EFP).

Типовые параметры оборудования и эксплуатационные требования к системе вспомогательных служб

вещания фиксированной радиосвязи приведены в Рекомендации МСЭ-R F.1777²⁸. В Отчете МСЭ-R BT 2069²⁹ приведены сведения о текущем состоянии систем внестудийного телевидения (TVOB), электронного сбора новостей (ENG) и внестудийного видеопроизводства (EFP).

Используемое в настоящее время оборудование систем фиксированной радиосвязи для временных телекоммуникационных сетей электронного сбора новостей обеспечивает передачу цифровых потоков до 155 Мбит/с. В то же время, требования по обеспечению мультисервисных услуг, включая потоковое видео во временных телекоммуникационных сетях в районах чрезвычайных ситуаций, и требование по передаче видео информации в новых стандартах, таких как 3D TV, и видеоформатах 4k и 8k видео разрешения в сетях вспомогательных служб вещания, могут быть выполнены при скорости передачи цифровых потоков от 1,5 Гбит/с до 24 Гбит/с.

Поэтому следует ожидать дальнейшего совершенствования оборудования фиксированной радиосвязи для временных телекоммуникационных сетей в направлении повышения пропускной способности линий связи, в том числе, за счет использования более высоких диапазонов радиочастот от 60 ГГц до 134 ГГц.

5.1.4 Транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи

В последнее время, по мере увеличения потребности в обеспечении передачи трафика сухопутной подвижной связи, представленной сетями технологии IMT-2000, IMT-Advanced и в будущем технологией IMT-2020, важным становится использование фиксированной радиосвязи в транспортной сети в инфраструктуре сухопутной подвижной связи.

Транспортная сеть в сети подвижной связи предназначена для обеспечения соединения различных базовых станций в сети, а также соединения одной базовой станции с другими элементами в инфраструктуре подвижной связи, для присоединения сети подвижной связи к другим сетям электросвязи.

Использование оборудования фиксированной радиосвязи в транспортной сети необходимо для обеспечения работы сетей сухопутной подвижной связи. В зависимости от уровня развития сети подвижной связи и требуемой пропускной способности на различных уровнях транспортной сети, могут применяться различные полосы радиочастот.

Транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи находятся на стадии трансформации и значительного роста, во многом определяемой из-за значительно растущих объемов трафика в сетях подвижной связи. Для обеспечения передачи необходимого трафика сетей подвижной связи в транспортных сетях в инфраструктуре подвижной связи используются проводные, волоконно-оптические линии и линии беспроводного доступа фиксированной радиосвязи. На рис. 5.2 приведены данные прогноза о распределении вкладов проводных, волоконно-оптических линий и линий беспроводного доступа фиксированной радиосвязи в транспортной сети в инфраструктуре подвижной связи до 2019 года, сделанного специалистами компании Ericsson³⁰. Прогноз показывает, что значимость и место линий беспроводного доступа в транспортной сети в инфраструктуре подвижной связи в перспективе до 2025 года сохранится, в том числе и за счет новых применений линий беспроводного доступа в транспортной сети, и может составить до 50% от всех линий.

²⁷ Recommendation ITU-R F.1105: Fixed wireless systems for disaster mitigation and relief operations.

²⁸ Recommendation ITU-R F.1777: System characteristics of television outside broadcast, electronic news gathering and electronic field production in the fixed service for use in sharing studies.

²⁹ Report ITU-R BT.2069: Tuning ranges and operational characteristics of terrestrial electronic news gathering (ENG), television outside broadcast (TVOB) and electronic field production (EFP) systems.

³⁰ MICROWAVE TOWARDS 2020 Delivering high-capacity and cost-efficient backhaul for broadband networks today and in the future. Ericsson, 2014.

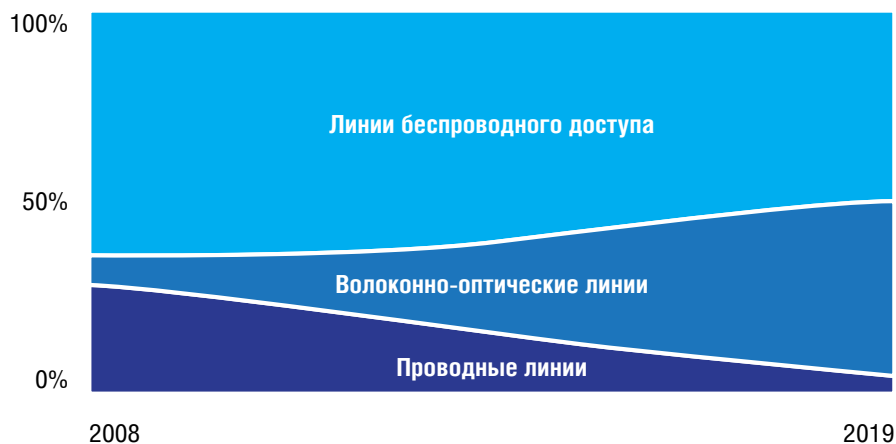


Рис. 5.2. Тенденции в распределении вкладов проводных, волоконно-оптических линий и линий беспроводного доступа в транспортной сети в инфраструктуре подвижной связи.

Помимо доли фиксированной связи в инфраструктуре сотовой связи следует также отдельно отметить рост требований к пропускной способности для подключения одной базовой станции. Данный вопрос подробно рассмотрен, в частности, в новом Отчете МСЭ-R³¹. Согласно данному отчету, для подключения одной однодиапазонной трехсекторной базовой станции стандарта LTE уже требуется пропускная способность от десятков до порядка сотни Мбит/с в зависимости от конфигурации базовой станции. При этом, помимо средней загрузки, подключение отдельных БС к транспортной сети также должны учитываться пиковые нагрузки в периоды обслуживания еди-

ничных абонентов при низкой средней нагрузке. Данная ситуация проиллюстрирована на рис. 5.3.

Как видно из представленного рис. 5.3, потребности по пропускной способности в час малой нагрузки даже могут быть выше потребностей в час средней нагрузки. Это объясняется тем, что радиоресурсы канала LTE БС в час наибольшей нагрузки распределяются между несколькими абонентами, часть из которых находится в неблагоприятных условиях приема. Таким образом, суммарная пропускная способность будет ниже, чем максимально достижимая в канале LTE БС. При малой нагрузке могут появляться единичные абоненты в очень благо-

приятных условиях приема, которые могут получить все радиоресурсы канала БС и использовать максимальную скорость передачи. Данная ситуация проиллюстрирована на рис. 5.4.

При объединении трафика нескольких БС в транспортной сети начинает влиять механизм статистического уплотнения трафика, то есть при организации подключения более двух-трех БС или объединении нескольких диапазонов в одной БС уже нет необходимости учитывать пиковые значения в часы малой нагрузки и можно планировать транспортные сети на основе требований в часы наибольшей нагрузки.

Следует отметить, что современные БС имеют в своем составе передатчики сразу нескольких радиотехнологий и диапазонов частот. В частности, уже в среднесрочной перспективе можно предположить, что оператор будет иметь на каждой БС сразу несколько каналов LTE и UMTS в различных диапазонах частот, как это показано на рис. 5.5. С учетом этого даже одна БС может нуждаться в подключении к транспортной сети с пропускной способностью более 200 Мбит/с. В случае объединения на одной линии транспортной сети трафика от пяти таких БС требуемая пропускная способность будет составлять уже порядка 1 Гбит/с.

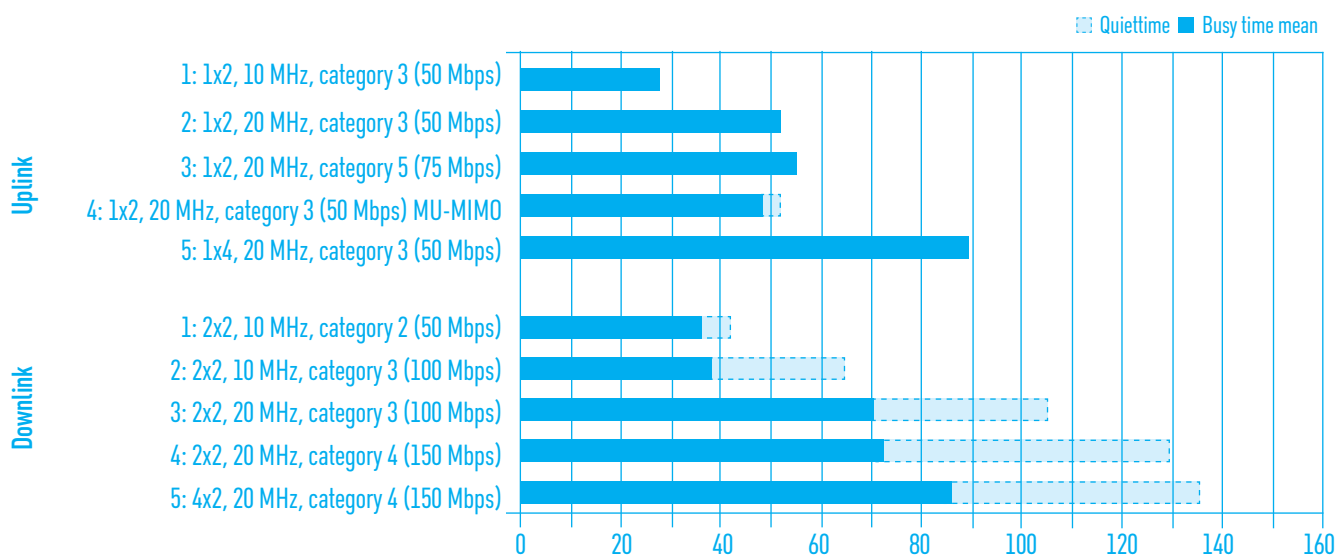


Рис. 5.3. Оценка требуемой пропускной способности транспортной сети для однодиапазонной трехсекторной базовой станции стандарта LTE в час максимальной нагрузки и во время малой загрузки для резких всплесков трафика (без учета нагрузки протокола IPsec)

³¹ Документ 5D/929, Приложение 5.5: Working document towards a Preliminary Draft New Report ITU-R M.[IMT.ARCH] «Architecture and topology of IMT networks».

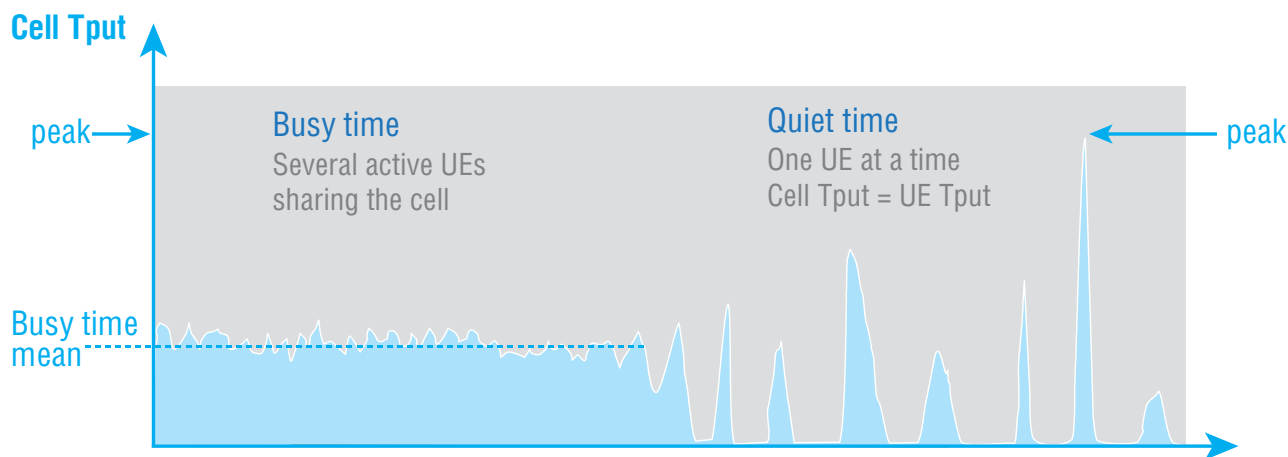


Рис. 5.4. Пример изменений пропускной способности БС в разные периоды нагрузки

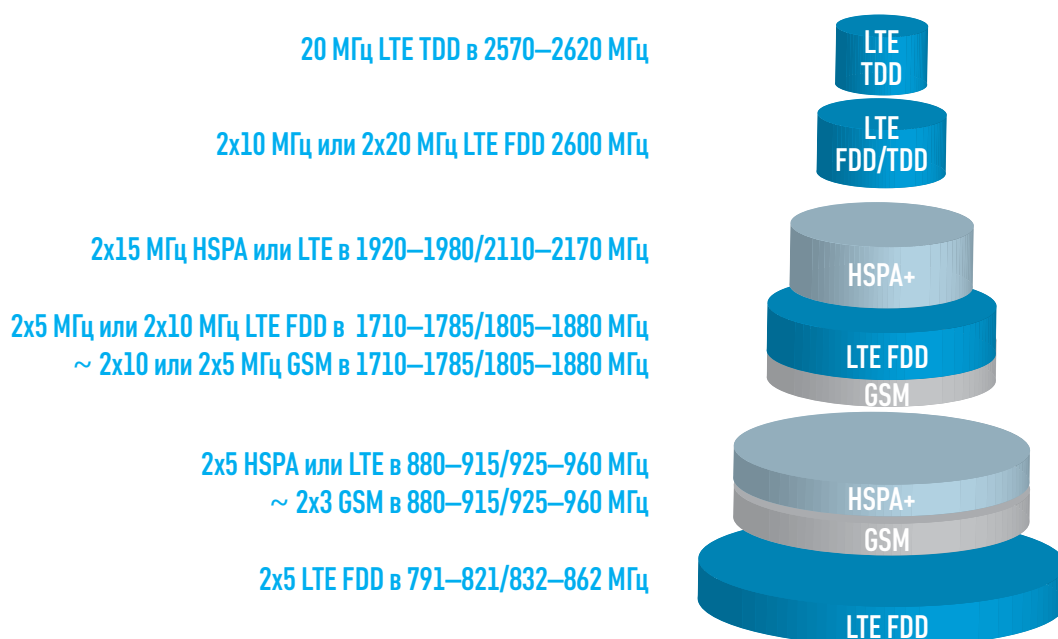


Рис. 5.5. Пример радиочастотного ресурса для одной БС одного оператора

Еще одной тенденцией в развитии мобильной широкополосной связи, которая может существенно повысить требования к пропускной способности транспортной сети, является переход к распределенным базовым станциям. В этом случае блок цифровой обработки размещается централизованно, а на вынесенные радиоблоки передается не стандартный поток пользова-

тельских данных для последующей обработки и передачи на БС, а уже квантованный радиосигнал в виде кодированных отсчетов. Данный тип соединения получил название fronthaul.

Для обеспечения совместимости интерфейсов внешних радиомодулей и блоков цифровой обработки различных производителей во fronthaul используется специаль-

но разработанный протокол CPRI (Common Public Radio Interface), который поддерживает организацию таких соединений с пропускной способностью от 614,4 Мбит/с до 9830,4 Мбит/с. В таблице 5.1. показаны примеры соединений CPRI для некоторых вариантов развертывания внешних радиомодулей в зависимости от конфигурации излучаемых сигналов.

Табл. 5.1. Пример требований к пропускной способности для соединений типа «fronthaul»

Стандарты связи на БС	Частотный ресурс	Конфигурация антенн	Скорость по протоколу CPRI
UMTS	4 канала 5 МГц	1 сектор, MIMO 2x2	1228,0 Мбит/с
LTE	1 канал 20 МГц	1 сектор, MIMO 2x2	2457,6 Мбит/с
UMTS LTE	4 канала 5 МГц 1 канал 20 МГц	3 сектора, MIMO 2x2	9830,4 Мбит/с

Таким образом, несмотря на использование fronthaul только в виде одиночных пролетов, потребности в емкости одного такого соединения эквивалентны или даже превышают потребности для подключения к транспортной сети нескольких базовых станций по традиционному методу подключения. И хотя такие соединения часто используют волоконно-оптические линии связи для их реализации, сохраняется потребность в организации таких соединений также и с использованием фиксированной радиосвязи. Таким образом, потребности в фиксированной связи для транспортных сетей мобильного широкополосного доступа являются доминирующим фактором в развитии технологий и диапазонов фиксированной радиосвязи.

5.2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ

5.2.1 Анализ развития стандартов и технологий в рамках фиксированной службы

В Российской Федерации требования к оборудованию систем фиксированной беспроводной связи определены в стандарте ГОСТ Р 50765-95 «Аппаратура радиорелейная. Классификация. Основные параметры цепей стыка». Стандарт распространяется на вновь разрабатываемую аппаратуру радиорелейных систем передачи прямой видимости диапазонов радиочастот от 300 МГц до 164 ГГц. Стандарт нормирует общие характеристики, такие как полоса частот для радиорелейных систем, мощность, подводимая к антенне от передатчика, ширина полосы радиочастот и т. п., а также параметры цепей стыка аппаратуры аналоговых и цифровых радиорелейных систем передачи. Кроме того, в приложении стандарта приведены планы размещения частот радиостанций в полосах радиочастот от 500 МГц до 40,5 ГГц. Документ был разработан более 20 лет назад и поэтому во многом устарел и не учитывает современных параметров оборудования систем фиксированной радиосвязи с использованием новых радиотехнологий.

Поэтому, в настоящее время в Российской Федерации требования к современному и перспективному оборудованию систем фиксированной беспроводной связи вводятся в действия приказами Минкомсвязи России в форме «Правил применения...», которые устанавливают обязательные требования к параметрам оборудования, используемого в сетях общего пользования и в технологических сетях в случае их присоединения к сетям общего пользования в диапазонах радиочастот от 30 МГц до 95 ГГц. Правила применения содержат требования к следующим составным частям оборудования систем фиксированной беспроводной связи:

- приемопередающему оборудованию;
- ретрансляторам;
- модемному оборудованию;
- антеннам.

Перечень действующих Правил применения оборудования систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы приведен в таблице 5.2.

Табл. 5.2. Действующие в Российской Федерации Правила применения оборудования систем фиксированной беспроводной связи

Номер и дата приказа Минкомсвязи	Наименование документа
Системы фиксированной беспроводной связи ФС линии связи пункта с пунктом (точка – точка)	
Министерство информационных технологий и связи Российской Федерации, Приказ от 27 февраля 2007 года № 25	Об утверждении правил применения систем радиорелейной связи. Часть I. Правила применения цифровых радиорелейных систем связи плейзиохронной цифровой иерархии (в ред. Приказов Минкомсвязи России от 20.02.2012 № 57, от 23.04.2013 № 93, от 29.05.2014 № 141)
Министерство информационных технологий и связи Российской Федерации, Приказ от 27 февраля 2007 года № 26	Об утверждении правил применения систем радиорелейной связи. Часть II. Правила применения цифровых радиорелейных систем связи синхронной цифровой иерархии (в ред. Приказа Минкомсвязи России от 23.04.2013 № 93)
Министерство информационных технологий и связи Российской Федерации, Приказ от 27 февраля 2007 года № 27	Об утверждении правил применения систем радиорелейной связи. Часть III. Правила применения аналоговых радиорелейных систем связи (в ред. Приказа Минкомсвязи России от 23.04.2013 № 93)
Министерство информационных технологий и связи Российской Федерации, Приказ от 15 августа 2007 г № 98	Об утверждении правил применения систем радиорелейной связи. Часть IV. Правила применения аналогово-цифровых радиорелейных систем связи (в ред. Приказа Минкомсвязи России от 23.04.2013 № 93)
Министерство информационных технологий и связи Российской Федерации, Приказ от 22 октября 2012 года № 251	Об утверждении Правил применения оборудования радиорелейной связи. Часть V. Правила применения цифровых радиорелейных систем связи, работающих в полосах частот 71–76 ГГц 81–86 ГГц
Министерство информационных технологий и связи Российской Федерации, Приказ от 10 июля 2014 года № 200	Об утверждении правил применения систем радиорелейной связи. Часть VI. Правила применения цифровых радиорелейных систем связи, передающих пакетные данные
Системы фиксированной беспроводной связи ФС линии связи пункта с несколькими пунктами (точка – много точек)	
Министерство информационных технологий и связи Российской Федерации, Приказ от 14 сентября 2010 года № 124	Об утверждении правил применения оборудования радиодоступа. Часть I. Правила применения оборудования радиодоступа для беспроводной передачи данных в диапазоне от 30 МГц до 66 ГГц (в ред. Приказа Минкомсвязи России от 23.04.2013 № 93)
Министерство информационных технологий и связи Российской Федерации, Приказ от 2 июля 2007 года № 75	Об утверждении правил применения оборудования радиодоступа. Часть II. Правила применения оборудования радиодоступа для беспроводной передачи данных в диапазонах 71–76 ГГц, 81–86 ГГц, 92–95 ГГц (в ред. Приказов Минкомсвязи России от 23.12.2008 № 110, от 23.04.2013 № 93)
Правила применения антенн и фидерных устройств	
Министерство информационных технологий и связи Российской Федерации Приказ от 23 ноября 2006 года № 153	Об утверждении Правил применения антенн и фидерных устройств

Табл. 5.3. Основные характеристики систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы линий связи пункта с пунктом (точка – точка) стандартов ETSI

Характеристика	Диапазон значений характеристики
Диапазон радиочастот	От 1 ГГц до 86 ГГц
Пропускная способность	От 9,6 кбит/с до 622 Мбит/с, а также до нескольких Гбит/с в верхних полосах диапазона радиочастот
Частотный разнос соседних каналов	От 25 кГц до 112 МГц, а также до нескольких ГГц в верхних полосах диапазона радиочастот
Модуляция с числом позиций	От 2 до 512
Приложения услуг телекоммуникационных сетей	Сети радиорелейной связи, транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи, временные сети в районах чрезвычайных ситуаций и сети электронного сбора новостей

Табл. 5.4. Оборудование фиксированной радиосвязи миллиметрового диапазона волн некоторых производителей

Производитель	Модель	Полоса радиочастот, ГГц	Скорость, Гбит/с	Величина пролета, км	Мощность передатчика, дБм	Надежность, %	Габариты, мм
NEC (Япония) www.nec.com	ePASOLINK	71–76/81–86	до 1,2	сотни метров		99,999	
	e-Link 1000-EXR	71–76/81–86	1,25	около 5	22	5 км -99,99	Диаметр 267, высота 142+30 или 60 см антенна
E-Band Communications (США) www.e-band.com	E-Link 1000-LR/ELR	71–76/81–86	1,25	около 5	23	5 км -99,99	Диаметр 254, высота 79+30 или 60 см антенна
	E-Link 2500	71–76/81–86	2,5	около 5	23	3 км -99,995	Два спаренных устройства E-Link 1000 Series +1 антенна
BridgWave Communications (США) www.bridgewave.com	GE60	58,1–62,9	1	0,02–1,2		99,999	300x300x150
	FE60U	58,1–62,9	0,1	0,02–1,6		99,999	300x300x150
	AR60	58,1–62,9	0,1/1	0,02–1,6		99,999	300x300x150
	AR60X	58,1–62,9	0,1/1	0,1–2,5		99,999	620x620x500
	GE80	72,5–82м5	1	0,1–6,5		99,999	500x380x250
	GE80X	72,5–82,5	1	0,4–8		99,999	620x620x500
	AR80	72,5–82,5	0,1/1	0,1–8		99,999	500x380x250
	AR80X	72,5–82,5	0,1/1	0,4–11.5		99,999	620x620x500
	FlexPort	71–76/81–86	До 1.5	до 9.5		99,999	292x292x127
ЗАО ДОК (Россия) www.dokltd.ru	PPC-1000-CPRI Q	40,5–43,5	1,23	8-20	22	99,99	340x230x120+ 30 см, 45 см, 60 см антенна
	PPC-1000-CPRI E	71–76/81–86	1,23	6.5-14	20	99,99	340x230x 120+ 30 см, 45 см, 60 см антенна
	PPC-350Q	40,5–43,5	0,35	7.9-20	20	99,99	340x 30x120+ 30 см, 45 см, 60 см антенна
	PPC-350E	71–76/81–86	0,35	5.5-20	20	99,99	340x 30 x120+ 30 см, 45 см, 60 см антенна
	PPC-1000 Gigabit Ethernet Q	40,5–43,5	1,25	9-20	22	99,99	340x230x120+ 30 см, 45 см, 60 см антенна
	PPC-1000 Gigabit Ethernet E	71–76/81–86	1,25	7-15	20	99,99	340x230x120+ 30 см, 45 см, 60 см антенна



Параметр	Значение
Ширина полосы ствола (диапазон радиочастот)	1,228 ГГц (71–76 ГГц / 81–86 ГГц)
Скорость передачи данных	1,25 Гбит/с
Модуляция	QPSK
Мощность передатчика	20 дБм
Чувствительность приемника ($BER < 10^{-12}$)	-63 дБм
Вес	6 кг
Размеры	340×230×120 мм
Коэффициент усиления антенны	45–51 дБи

Рис. 5.6. Типовое оборудование беспроводного доступа фиксированной радиосвязи PPC-1000-CPRI в диапазоне 70/80 ГГц



Параметр	Значение
Ширина полосы ствола (диапазон радиочастот)	17 ГГц (116,5–133,5 ГГц)
Скорость передачи данных	10 Гбит/с
Модуляция	ASK
Мощность передатчика	16 дБм
Чувствительность приемника ($BER < 10^{-12}$)	40 дБм
Вес	7,6 кг
Размеры	190 × 380 × 130 мм
Коэффициент усиления антенны	48,6 дБи

Рис. 5.7. Экспериментальное оборудование беспроводного доступа фиксированной радиосвязи в диапазоне 125 ГГц

В странах Европейского союза требования к оборудованию систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы линии связи пункта с пунктом (точка – точка) предъявляются в серии стандартов Европейского института по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI) EN 302 217-1, EN 302 217-2-1, EN 302 217-2-2, EN 302 217-3, EN 302 217-4-1, EN 302 217-4-2. Стандарты ETSI для систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы для линий связи пункта с пунктом (точка – точка) определяют требования к приемопередатчикам, модемному оборудованию, антеннам. Стандарты предъявляют требования к оборудованию систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы,

обеспечивающему работу в широком диапазоне радиочастот, для различных значений частотных разнесов соседних каналов и различных приложений услуг телекоммуникационных сетей.

В таблице 5.3 приведен перечень и диапазоны значений основных характеристик систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы линий связи пункта с пунктом (точка–точка) стандартов ETSI.

Требования к оборудованию систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы для линий связи пункта с несколькими пунктами (точка – много точек) предъявляются в серии стандартов ETSI EN 302 326-1, EN 302 326-2, EN 302 326-3, EN 301 997-1, EN 301 997-2, EN 301 215-1, EN 301 215-3.

Серия стандартов EN 302 326 предъявляет требования к оборудованию систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы для линий связи пункта с несколькими пунктами (точка – много точек), обеспечивающему работу в диапазоне радиочастот от 30 МГц до 33,4 ГГц, для различных значений частотных разнесов соседних каналов и параметров модуляции. Для оборудования, работающего в полосе частот 40,4–43,5 ГГц, требования предъявляются стандартами серии EN 301 997.

Стандарты серии EN 301 215 предъявляют требования к антеннам оборудования систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы для линий связи пункта с несколькими пунктами (точка – много точек).

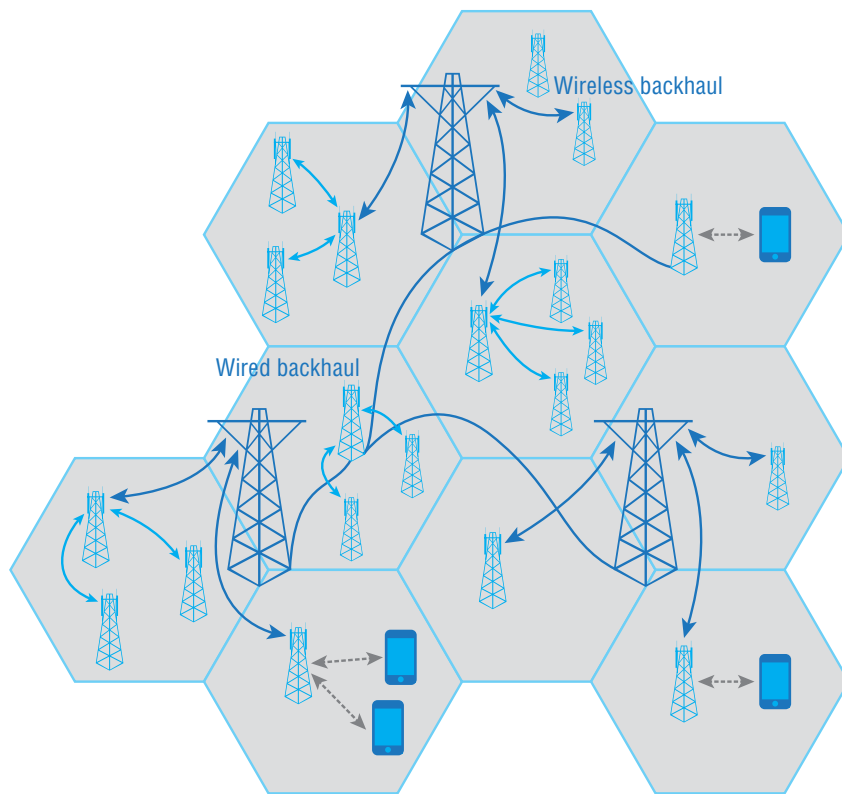


Рис. 5.8. Гибкая транспортная сеть

Кроме того, параметры оборудования фиксированного широкополосного беспроводного доступа технологий HIPERACCESS и HiperMAN регулируются серией технических спецификаций Европейского института по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI) TS 101 999, TS 102 00, TS 102 115-1, TS 102 115-2, TS 102 117-1, TS 102 117-2, TS 102 177 и TS 102 178. Технологии широкополосного беспроводного доступа HIPERACCESS и HiperMAN тесно связаны с технологиями WiMAX, требования к оборудованию которого задаются семейством стандартов фиксированного беспроводного радиодоступа IEEE 802.16.

В таблице 5.4 приведены данные по параметрам оборудования фиксированной радиосвязи миллиметрового диапазона волн некоторых производителей, на примере которых можно оценить существующий уровень развития фиксированного широкополосного доступа, в том числе для случая «точка – точка», в верхних диапазонах частот.

На рис. 5.6 приведен внешний вид и представлены более детальные параметры типового оборудования беспроводного доступа фиксированной радиосвязи PPC-1000-CPRI в диапазоне 70/80 ГГц отечественного производителя ЗАО «ДОК». Применение данного оборудования ориентировано на использование в транспортных сетях мобильного широкополосного доступа, а именно для так называемых соединений fronthaul.

Следует отметить, что рост потребностей в пропускной способности для подключения БС мобильного широкополосного доступа и для других высокоскоростных применений, привел к необходимости освоения еще более высоких диапазонов частот. В частности, в МСЭ-R рассматривается освоение диапазонов частот выше 100 ГГц и уже представлены технические характеристики для прототипов такого оборудования³². На рис. 5.7 приведен внешний вид и представлены параметры экспериментального

оборудования в диапазоне 125 ГГц с шириной канала 17 ГГц и пропускной способностью 10 Гбит/с.

Как видно из рис. 5.7, экспериментальное оборудование уже по своим основным параметрам близко к серийным образцам в более низких диапазонах частот, но при этом обладает гораздо большей пропускной способностью. В перспективе к 2025 году использование такого оборудования, в частности в транспортных сетях мобильного широкополосного доступа, может стать достаточно массовым для подключения малых БС сетей IMT-2020.

5.2.2 Возможности по развитию фиксированной радиосвязи в рамках систем IMT

Как уже отмечалось в разделе 1, использовать сети IMT-2020 (5G) в более высоких диапазонах предлагается не только для беспроводного мобильного доступа, но и для организации транспортных сетей для БС, в частности малых сот.

³² Отчет МСЭ-R F.2107-2 «Characteristics and applications of fixed wireless systems operating in frequency ranges between 57 GHz and 134 GHz».

В настоящее время организация транспортной сети на основе проводных технологий (например, оптическое волокно, кабель) или даже на основе традиционной фиксированной радиосвязи является дорогостоящим и неэффективным решением в некоторых типичных сценариях. Требуется экономичное и надежное решение для транспортной сети, которое могло бы обслуживать наиболее загруженные зоны сети беспроводного мобильного доступа и при этом при необходимости отслеживать изменение направления и величины трафика между БС.

Гибкое решение транспортной сети на основе технологии IMT может удовлетворить различные требования к транспортной сети, в том числе для случаев сетей «точка – точка» и «точка – много точек». Данная технология имеет преимущества по высоким показателям эффективности использования спектра и удобства обслуживания сетей. Кроме того, такая технология обеспечивает доступность сети, высокую емкость, маленькую задержку передачи сигналов и высокую надежность беспроводной транспортной сети с использованием предполагаемого для использования частотного ресурса сетей 5G.

Использование радиотехнологий 5G в транспортной сети, так называемый «self-backhauling», позволяет реализовать концепцию гибкой транспортной сети. Это комплексное решение с высокой пропускной способностью транспортной сети и с возможностью динамически адаптироваться и масштабироваться под динамические изменения топологии сети радиодоступа. На рис. 5.8 показано общее видение такой гибкой транспортной сети. При этом переиспользование используемой инфраструктуры сетей 5G в верхних диапазонах частот позволяет задействовать существующие ресурсы оператора и за счет этого снизить расходы на организацию и управление транспортной сетью. Во многих случаях высокоскоростной радиointерфейс 5G сможет заменить подключение по оптоволоконной ли-

нии, обеспечивая пропускную способность до десятков Гбит/с.

Ключевые особенности гибкой транспортной сети:

Гибкие системные ресурсы: гибкое использование системных ресурсов, включая проводные и беспроводные ресурсы (такие как радиointерфейс 5G) и возможность использовать сразу несколько соединений с транспортной сетью для максимальной эффективности.

Динамическая топология сети: адаптация под изменения топологии сети радиодоступа и узлов транспортной сети позволяет обеспечить передачу различного трафика и повысить объем передачи данных в требуемых узлах. Возможность Plug-and-Play имеет важное значение для развертывания сетей мобильного широкополосного доступа, где динамическая транспортная сеть будет требоваться для автоматического подключения новых БС или перенастройки подключения существующих БС при самоорганизации работы БС сети в доступных полосах частот.

Динамическое планирование ресурсов: используя различные степени свободы в использовании ресурсов сети в части полос частот, пространственных разносов, мощности излучения и времени предоставления ресурсов, за счет статистического уплотнения увеличивается как пропускная способность транспортной сети, так и общая пропускная способность сети мобильного беспроводного радиодоступа. На данный момент сети 5G находятся еще в разработке. Однако прообразом будущих гибридных систем 5G для доступа и для транспортных сетей можно считать прототип системы, создаваемый в европейском проекте MiWaveS. Одной из основных задач проекта является демонстрация инновационных возможностей радиointерфейса сетей 5G в наиболее высоких диапазонах частот. Разработка прототипов оборудования сетей 5G проводится для так называемых V- и E- диапазонов (57–65 ГГц и 71–76 ГГц соответственно). В проекте будут проведены эксперимен-

тальные исследования как для прототипа радиointерфейса для радиодоступа, так и для прототипа радиointерфейса для транспортной сети. Несмотря на схожесть многих элементов радиointерфейсов, сети доступа и транспортные сети имеют отличия в требованиях по мобильности, надежности и гарантированной скорости передачи, что требует разных подходов на уровне радиоканала. В последующем предполагается, что может быть разработан гибкий радиointерфейс, который сможет динамически подстраиваться под параметры абонентов в сети радиодоступа и под параметры точек присоединения к транспортной сети.

При построении транспортной сети предполагается обеспечение радиointерфейсом следующих характеристик и проведение соответствующих операций:

- **Высокая пропускная способность:** используется максимум доступной ширины полосы радиочастот в нисходящем или восходящем каналах для достижения максимальной пропускной способности (используется разделение каналов по частоте). Для повышения пропускной способности рассматривается организация двух параллельных линий в двух диапазонах частот. Используются адаптивные антенны с высоким коэффициентом усиления для достижения максимального значения отношения SNR (сигнал/шум) на входах приемников и обеспечения использования эффективной модуляции/схемы кодирования.
- **Длина пролета:** измерение максимального расстояния между узлами в транспортной сети при обеспечении определенного минимального значения пропускной способности/емкости.
- **Задержка:** измерение времени задержки сигнала на уровне протоколов PHY и MAC, а также определение времени задержки для системы, чтобы адаптироваться к изменениям в канале при расширении радиоволн.

- **Простота установки и эксплуатации:** демонстрация различных методов, подходов и технологий, которые позволяют обеспечивать настройки линии транспортной сети автономно, например, автоматический поиск и фиксация основного луча связанной антенны (в предположении адаптивных антенных решеток на всех станциях) во время развертывания.

Для радиоинтерфейса доступа исследования и измерения сосредоточены на следующих показателях:

- **Гибкий многопользовательский доступ:** двухпользовательский доступ возможен как за счет временного уплотнения, так и за счет пространственного мультиплексирования (использование подавления мешающих сигналов в антенных решетках). Различные пользователи могут быть обеспечены различными скоростями передачи данных.
- **Отслеживание луча:** адаптивное мультипользовательское формирование луча. Используются две параллельные цепи приемопередачи с отдельными модулями антенны для обеспечения двух независимых лучей. Используется схема обратной связи для отслеживания адаптивного луча в реальном времени, что необходимо с учетом возможного перемещения абонентов.
- **Покрывтие:** покрытие будет обеспечиваться посредством адаптивных антенных решеток, каждая из которых будет обслуживать отдельный сектор. Использование направленных секторных антенн в качестве элемента антенных решеток позволит обеспечить необходимое усиление для достаточного значения отношения SNR на входа приемников при работе в условиях распространения радиоволн на улицах населенных пунктов.

Общая архитектура системы MiWaveS для радиоинтерфейса досту-

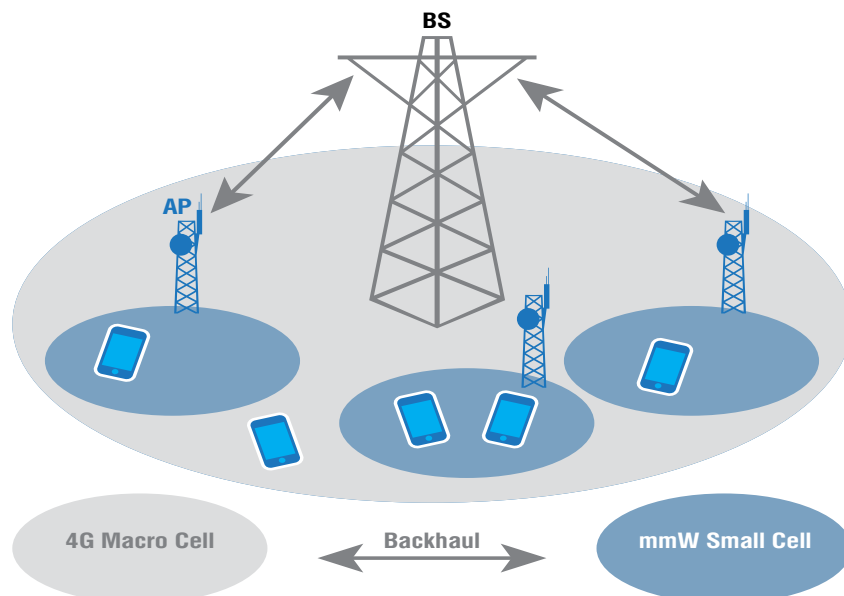


Рис. 5.9. Предлагаемая архитектура сети с использованием системы MiWaveS

па и транспортной сети проиллюстрирована на рис. 5.9.

В основе сети 5G показаны макро-БС, обеспечивающие широкое покрытие сети мобильного широкополосного доступа с использованием технологии радиодоступа (LTE, UMTS и т. д.) в диапазонах радиочастот ниже 6 ГГц. Данные БС дополнены малыми сотами, работающими в миллиметровом диапазоне частот (в V-диапазоне 57–66 ГГц), для обеспечения высокой пропускной способности и емкости сети для малоподвижных пользователей. Каждая малая сота имеет радиус порядка 50 м.

Предполагая массовое и плотное размещение точек доступа в миллиметровом диапазоне частот, беспроводные транспортные сети обеспечивают экономически эффективную и высокоскоростную связь точек доступа и ядра сети (голубые линии на рис. 5.9). Система в проекте MiWaveS предполагает реализацию беспроводной транспортной сети, используя нелицензированный (в ряде стран) спектр в диапазоне 57–66 ГГц и спектр с упрощенной лицензией (в РФ, в частности, не требуется получение экспертизы ЭМС) в диапазоне 71–76/81–86

ГГц. Предлагаемый частотный план использует четыре канала технологии IEEE 802.11ad (WiGiG) по 2,16 ГГц в диапазоне 57–66 ГГц и частотный план с объединением блоков по 250 МГц, предлагаемый стандартом ETSI в диапазоне 71–76/81–86 ГГц. Предлагаемая система транспортной сети в диапазоне 57–66 ГГц способна обеспечить максимальную скорость передачи данных 28 Гбит/с на расстоянии до 100 м с доступностью 99,9%. Оставшийся процент времени обеспечивается БС в других диапазонах частот. За счет приемлемых значений дополнительных потерь в атмосферных газах и при использовании более широких каналов в диапазоне 71–76/81–86 ГГц возможно достижение больших дальности и скорости передачи данных.

В случае развития гибридных радиоинтерфейсов в рамках стандартизации сетей 5G системы, подобные MiWaveS, могут стать основным видом фиксированной радиосвязи в крупных городах для обеспечения подключения множества малых БС. В этом отношении сети 5G будут конкурировать и дополнять традиционные системы фиксированной радиосвязи в верхних диапазонах частот.

5.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ

В настоящее время в Российской Федерации для работы систем фиксированной беспроводной связи фиксированной службы в соответствии с Таблицей распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации и таблицей Статьи 5 Регламента радиосвязи выделены и используются отдельные полосы частот в диапазоне от 60 МГц до 95 ГГц с учетом условий их использования, изложенных в примечаниях к этим таблицам.

Учитывая, что многие полосы частот ниже 6 ГГц в последнее время рассматриваются для развития сетей мобильного беспроводного радиодоступа (в первую очередь сотовых сетей сухопутной подвижной службы), сети систем фиксированной беспроводной связи из этих полос при возможности выводятся. Поэтому перспективное развитие сетей систем фиксированной беспроводной связи и оценку их потребности в частотном ресурсе целесообразно рассматривать в диапазоне радиочастот выше 6 ГГц.

В таблице 5.5 приведены данные об основных характеристиках оборудования системы фиксированной радиосвязи и областях его применения в выделенных в Российской Федерации фиксированной службе полосах радиочастот в настоящее время. В таблице также приведены

номера действующих решений ГКРЧ о выделении полос радиочастот для использования оборудованием систем фиксированной радиосвязи для линий связи пункта с пунктом (точка – точка) и для линий связи пункта с несколькими пунктами (точка – много точек).

Наиболее востребованным направлением развития услуг с использованием систем фиксированной радиосвязи в настоящее время является применение систем фиксированной радиосвязи в транспортных сетях в инфраструктуре подвижной связи. Транспортные сети инфраструктуры подвижной связи находятся на стадии развития, в связи с растущим объемом данных, требуемым для передачи в этих сетях. В частности, развитие сетей подвижной связи привело к увеличению числа радиорелейных линий во многих диапазонах частот. Подробная статистика по странам Европы, в частности, приведена в Отчете ECC 173³³. На рис. 5.10 показана статистика роста числа станций фиксированной службы в европейских странах в период 2000-х годов в наиболее востребованных диапазонах частот.

В настоящее время помимо продолжающегося роста числа БС, подключаемых с использованием станций фиксированной радиосвязи, также стоит задача общего увеличения пропускной способности в транспортной сети. Для выполнения возросших требований по объему пропускаемого

трафика с использованием линий фиксированной радиосвязи транспортных сетей в инфраструктуре подвижной связи необходимо значительно повысить их пропускную способность на пролетах величиной от нескольких сотен метров до десятков километров.

Для повышения пропускной способности линий фиксированной радиосвязи в транспортных сетях в инфраструктуре подвижной связи рассматриваются несколько направлений совершенствования оборудования. Для этого планируется использование схем модуляций с большим числом позиций (до 4096 QAM) в сочетании с адаптивной модуляцией и адаптивным управлением мощностью передатчиков, применение поляризационного мультиплексирования и внедрение режима MIMO, который может увеличить пропускную способность (пространственное мультиплексирование).

Важным направлением повышения пропускной способности линий фиксированной радиосвязи является использование больших частотных разносов соседних каналов путем объединения двух и более соседних каналов. В этом случае, предлагается рассматривать возможность использования частотных разносов соседних каналов до 80 МГц для оборудования, работающего в полосах частот до 13 ГГц, использования частотных раз-

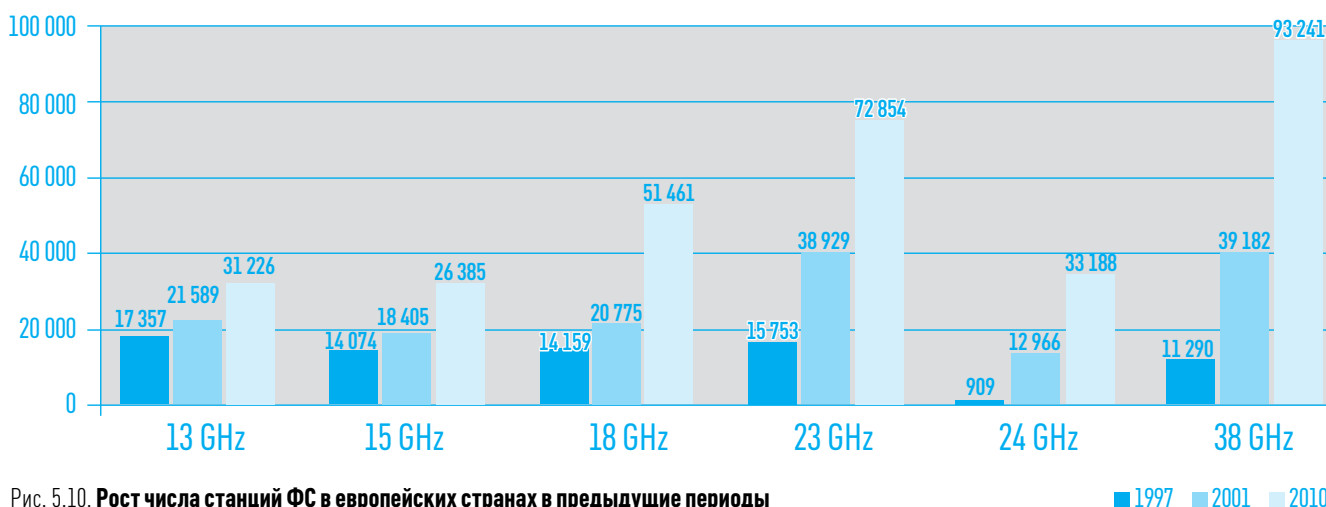


Рис. 5.10. Рост числа станций ФС в европейских странах в предыдущие периоды

³³ ECC Report 173 Fixed Service in Europe Current use and future trends post 2011 March 2012.

Табл. 5.5. Основные характеристики оборудования системы фиксированной радиосвязи и области его применения в выделенных фиксированной службе полосах радиочастот

Полоса радиочастот, ГГц	Типичные области применения	Рекомендация МСЭ-R	Разнос каналов, МГц	Типичная пропускная способность	Решение ГКРЧ об условиях выделения полосы радиочастот
3,6–4,2	Сети радиорелейной связи и фиксированного беспроводного радиодоступа	F.635	30, 40, 80	155 Мбит/с	Решение ГКРЧ № 09-05-08-1 от 15.12.2009
5,925–6,425	Сети радиорелейной связи и транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи	F.383	5, 10, 20, 28, 29.65, 40, 80	155 Мбит/с	Решение ГКРЧ № 09-04-06-1 от 19.08.2009
6,425–7,125	Сети радиорелейной связи и транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи	F.384	5, 10, 20, 30, 40	34-311 Мбит/с	Решение ГКРЧ № 12-15-05-2 от 02.10.2012
7,25–7,9	Сети радиорелейной связи и транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи	F.385	3.5, 5, 7, 14, 28	8-155 Мбит/с	Решение ГКРЧ № 09-04-06-2 от 19.08.2009
10,38–10,68 10,5–10,68	Сети фиксированного беспроводного радиодоступа и электронного сбора новостей	F.747, F.1568	1.25, 2.5, 3.5, 5, 7, 14, 28, 30		Решение ГКРЧ № 10-06-07 от 19.02.2010
10,7–11,7	Сети радиорелейной связи, транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи, временные сети в районах чрезвычайных ситуаций и сети электронного сбора новостей	F.387	5, 7, 10, 14, 20, 28, 40, 60, 80	140 Мбит/с, 155.52 Мбит/с	Решение ГКРЧ № 09-03-04-2 от 28.04.2009
12,75–13,25	Сети радиорелейной связи и сети электронного сбора новостей	F.497	3.5, 7, 14, 28	34-140 Мбит/с	Решение ГКРЧ № 09-02-09 от 19.03.2009
14,5–15,35	Сети радиорелейной связи, транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи и сети электронного сбора новостей	F.636	2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20, 28, 30, 40, 50, 56		Решение ГКРЧ № 08-23-09-001 от 26.02.2008
17,7–19,7	Транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи и сети фиксированного беспроводного радиодоступа	F.595	1.75, 2.5, 3.5, 5, 7, 7.5, 10, 13.75, 20, 27.5, 30, 40, 50, 55, 60, 110, 220	<10 Мбит/с, 34, 140, 280 Мбит/с	Решение ГКРЧ № 07-21-02-001 от 25.06.2007
21,2–23,6	Сети радиорелейной связи, фиксированного беспроводного радиодоступа и транспортной сети в инфраструктуре подвижной связи	F.637	2.5, 3.5, 7, 10, 14, 15, 28, 40, 50, 56, 112	1.5-8 Мбит/с 2-155 Мбит/с	Решение ГКРЧ № 06-16-04-001 от 04.09.2006
24,25–25,25 24,25–26,5 25,25–27,5 27,5–29,5	Сети радиорелейной связи, фиксированного беспроводного радиодоступа и транспортной сети в инфраструктуре подвижной связи	F.748	3.5, 7, 14, 28, 56, 112		Решение ГКРЧ № 09-03-04-2 от 28.04.2009
36–37 37–39,5 39,5–40,5	Транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи и сети фиксированного беспроводного радиодоступа	F.749	2.5, 3.5, 7, 14, 28, 50, 56, 60, 112		Решение ГКРЧ № 06-14-02-001 от 29.05.2006
40,5–43,5	Сети радиорелейной связи, фиксированного беспроводного радиодоступа, транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи, временные сети в районах чрезвычайных ситуаций и сети электронного сбора новостей	F.2005	7, 14, 28, 56, 112, or variable sized blocks (Each block size < 1 500 MHz)		Решение ГКРЧ № 08-23-04-001 от 26.02.2008
57,2–62,25	Сети радиорелейной связи и транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи	F.1497	3.5, 7, 14, 28, 50, 56, 100, до 2500	До 1 Гбит/с и более	Решение ГКРЧ № 06-13-04-001 от 01.04.2006 Решение ГКРЧ № 11-13-06-1 от 20.12.2011
71–76 81–86	Сети радиорелейной связи и транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи	F.2006	125, 250, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2250, 2500, 2750, 3000, 3250, 3500, 3750, 4000, 4250, 4500, 5000	До 1 Гбит/с и более	Решение ГКРЧ № 10-07-04-1 от 01.07.2010
92,0–94,0 94,1–95,0	Сети радиорелейной связи и транспортные сети в инфраструктуре подвижной связи	F.2004	50, 100, n × 100	До 1 Гбит/с и более	Решение ГКРЧ № 10-07-04-2 от 01.07.2010

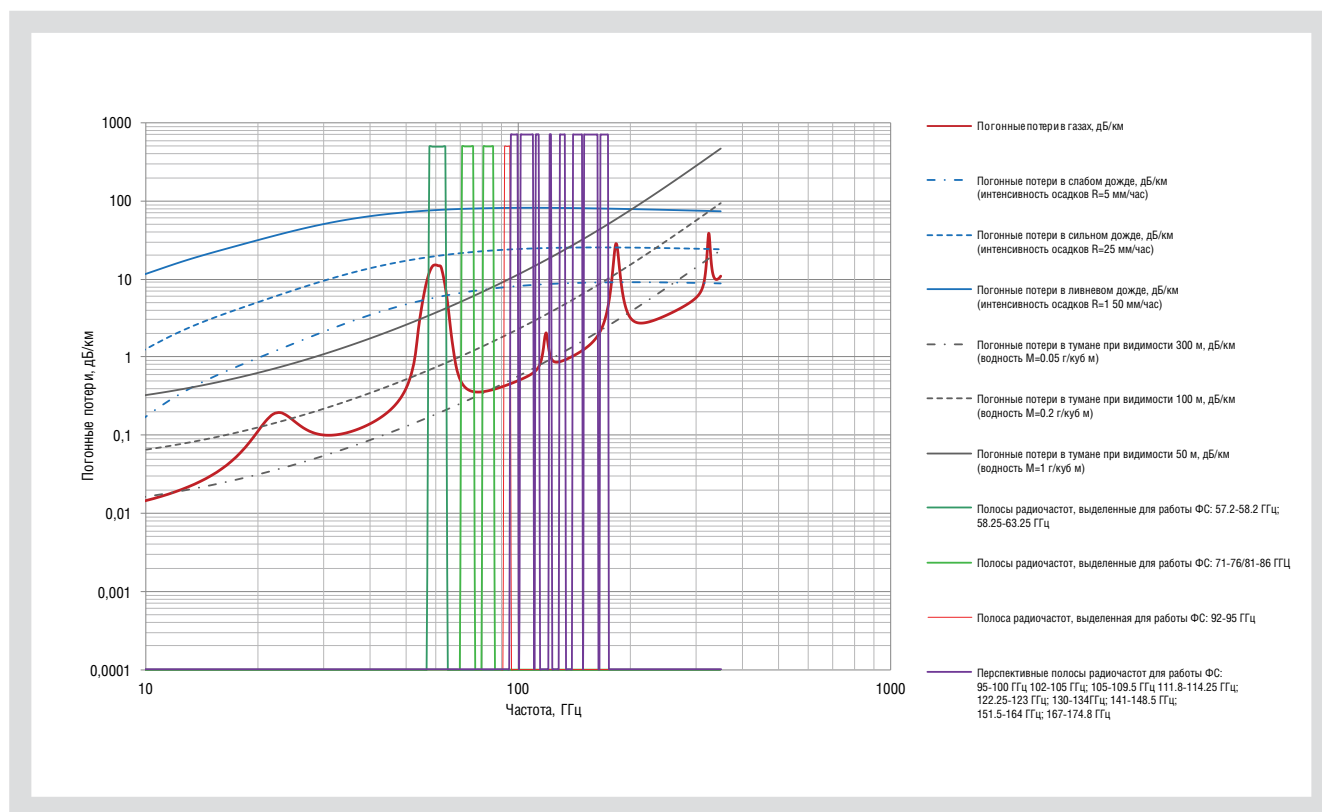


Рис. 5.11. Погонные потери распространения в газах, дожде и тумане в диапазоне радиочастот от 10 ГГц до 350 ГГц

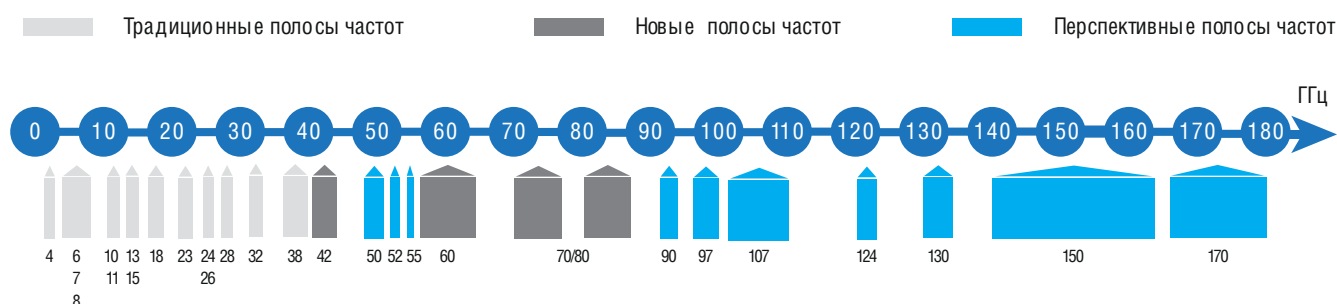


Рис. 5.12. Традиционные, новые и перспективные полосы радиочастот, планируемые для использования оборудованием фиксированной радиосвязи

носов соседних каналов от 56 до 112 МГц для оборудования, работающего в полосах частот выше 13 ГГц, и использования частотных разносов соседних каналов до 224 МГц и более для оборудования, работающего в полосах частот выше 40,5 ГГц. Использование частотных разносов соседних каналов величиной до 5 ГГц уже сегодня возможно для оборудования, работающего в полосах частот выше 40,5 ГГц. При этом может быть

обеспечена пропускная способность пролетов фиксированной радиосвязи до 10 Гбит/с. Обеспечение работы оборудования фиксированной радиосвязи на более высоких радиочастотах требует обязательного учета дополнительного затухания радиоволн в атмосферных газах, дожде и тумане. На рис. 5.11 приведены зависимости погонных потерь распространения в атмосферных газах, дожде и тумане в диапазоне ради-

очастот от 10 ГГц до 350 ГГц, а также отмечены полосы радиочастот миллиметрового диапазона волн, уже используемого в фиксированной радиосвязи, и перспективные полосы радиочастот.

На рис. 5.12 приведены данные по традиционным, новым и перспективным полосам радиочастот, планируемым для использования оборудованием фиксированной радиосвязи.

³⁴ «Microwave towards 2020: Delivering high-capacity and cost-efficient backhaul for broadband networks today and in the future», Ericsson, 2014.

5.4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ

Потребности в дополнительной емкости в сетях фиксированной радиосвязи можно объяснить двумя основными тенденциями. Во-первых, растет количество линий связи, построенных на основе фиксированной радиосвязи, что требует увеличения числа назначаемых каналов за счет поиска новых диапазонов частот. Второй тенденцией является постоянное увеличение требований к пропускной способности линий связи и линий фиксированной радиосвязи в частности, что требует использования более широких каналов частот. Данный вопрос может решаться как за счет поиска новых диапазонов частот, так и за счет внедрения новых частотных планов в уже используемых ФС диапазонах частот.

Именно освоение более высоких диапазонов частот прогнозируется в качестве наиболее значимого направления развития ФСЗ4. Предполагается, что диапазоны радиочастот ниже 100 ГГц начнут интенсивно внедряться в крупных городах уже к 2020 году. Новые диапазоны около 100 ГГц и выше, скорее всего, получат распространение уже ближе к 2025 году в силу относительной новизны в производстве радиокомпонентов для столь высоких диапазонов частот.

Отдельно стоит отметить, описанную в разделе 5.2 возможность конвергенции решений для радиодоступа и для транспортной сети на базе сетей 5G. Как упоминалось в разделе 5.1, многие полосы частот, а особенно новые полосы частот для фиксированной связи в диапазонах 40 ГГц и 70/80 ГГц, рассматриваются в качестве возможных кандидатов на развертывание сетей 5G. Возможности будущих сетей 5G будут сопоставимы с системами фиксированной связи в миллиметровых диапазонах волн и будут предоставлять скорости передачи в несколь-

ко Гбит/с. При этом операторы смогут получить существенные преимущества в управлении и эксплуатации сетей 5G за счет использования единой технологической платформы, которая может гибко адаптироваться под новые БС и требования транспортной сети для них.

Однако существует риск, что развертывание к 2025 году большого числа станций фиксированной радиосвязи в миллиметровых диапазонах волн Е-диапазона (70/80 ГГц) может затруднить широкое развертывание сетей 5G с динамически перенастраиваемыми диаграммами направленности, что в свою очередь может потребовать либо вывода станций фиксированной радиосвязи в более высокие диапазоны частот (выше 100 ГГц), либо скоординированного использования общих полос частот за счет ограничений на пространственную ориентацию лучей в антеннах сетей 5G. Данные вопросы планируется исследовать в рамках поиска новых полос частот для сетей 5G в преддверии ВКР-19.

Табл. 5.6. Зависимость пропускной способности линии фиксированной радиосвязи от ширины ствола и параметров модуляции

Ширина радиоствола (канала) МГц	Число позиций многоуровневой модуляции (QAM)	Пропускная способность (Мбит/с)
28,00	256	196,00
29,65	256	207,55
40,00	256	280,00
56,00	256	392,00
112,00	256	784,00
28,00	512	224,00
29,65	512	237,20
40,00	512	320,00
56,00	512	448,00
112,00	512	896,00
28,00	1024	252,00
29,65	1024	266,85
40,00	1024	360,00
56,00	1024	504,00
112,00	1024	1008,00

Табл. 5.7. Пропускная способность многоканальной линии фиксированной радиосвязи

Диапазон частот, ширина радиоствола	Число позиций модуляции (QAM)	Пропускная способность (Мбит/с)	Количество радиостволов	Общая пропускная способность без учета поляризационного мультиплексирования (Мбит/с)	Общая пропускная способность с учетом поляризационного мультиплексирования (Мбит/с)
5925–6425 МГц 30 МГц	1 024	266,85	8	2135	4270
6425–7125 МГц 40 МГц	1 024	360,00	8	2880	5760
5925–7125 МГц 28 МГц	1 024	252,00	20	5040	10080
5925–7125 МГц 56 МГц	1 024	504,00	10	5040	10080
5925–7125 МГц 112 МГц	1 024	1 008,00	5	5040	10080
7125–7725 МГц 28 МГц	1 024	504,00	5	2520	5040
7900–8400 МГц– 56 МГц	1 024	252,00	5	2016	4032

Для решения последней задачи в настоящее время Европейский комитет по регулированию электро-связи (ЕСС) проводит исследования по повышению пропускной способности линии фиксированной радиосвязи за счет увеличения ширины стволов, использования многоуровневой модуляции с большим числом позиций и расширения используемой полосы радиочастот за счет объединения соседних полос радиочастот планов размещения частот радиостволов оборудования фиксированной службы

для диапазонов радиочастот до 18 ГГц³⁵. В таблице 5.6 представлена зависимость пропускной способности линии фиксированной радиосвязи от ширины ствола и параметров модуляции в традиционных частотных планах с каналами 28–112 МГц.

В таблице 5.7 показаны результаты анализа величины пропускной способности многоканальной линии фиксированной радиосвязи от ширины и количества используемых стволов при использовании модуляции 1024QAM для вариантов

объединения всех каналов в одном диапазоне частот для организации одной линии связи. Также в табл. 5.7 дана оценка величины пропускной способности для случая объединения еще большего числа каналов при объединении двух традиционных диапазонов 5925–6425 МГц и 6425–7125 МГц в один новый частотный план (отмечено в таблице серым) в новом объединенном диапазоне радиоча-стот 5925–7125 МГц. Данный новый частотный план проиллюстрирован также на рис.5.13.

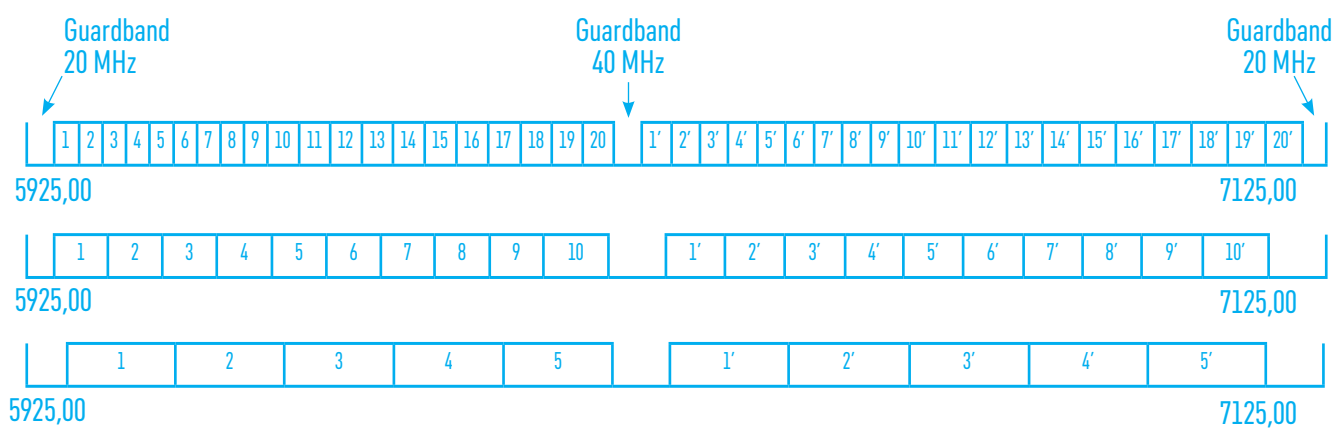


Рис. 5.13. Вариант плана размещения частот радиостволов с шириной 28, 56 и 112 МГц в полосе радиочастот 5925–7125 МГц

Внедрение такого объединенного плана размещения частот радиостанций в полосе радиочастот 5925–7125 МГц обеспечить повышение пропускной способности линии фиксированной радиосвязи до 10 Гбит/с при обеспечении дальности до нескольких десятков километров. Однако следует иметь в виду, что новые частотные присвоения по правилам объединенного плана размещения частот потребуют обязательной их координации с действующими частотными присвоениями РЭС фиксированной службы по правилам действующих планов размещения частот в этой полосе частот.

Вторым направлением удовлетворения потребностей фиксированной радиосвязи является поиск и выделение новых полос частот в более высоких диапазонах частот. Несмотря на меньшую дальность, более высокая емкость в более широких каналах, доступных в высоких диапазонах частот, будет востребована в крупных городах. В настоящее время в Российской Федерации уже идет освоение диапазонов частот 40 ГГц и 70/80 ГГц. В среднесрочной перспективе ожидается освоение новых диапазонов частот, в частности, производители оборудования ведут разработку систем в диапазонах частот 50 ГГц, 52 ГГц, 55 ГГц и 90 ГГц.

Отдельно стоит отметить ситуацию с диапазоном 57–66 ГГц. В данном диапазоне уже существует оборудование фиксированной радиосвязи, но он пока еще не разрешен для использования в Российской Федерации. Однако в данном диапазоне также планируется в массовом порядке использовать и устройства малого радиуса действия на безли-

цензионной основе для систем Wi-Fi в 60 ГГц (также известных как WiGiG или стандарт IEEE 802.11ad). По этой причине стоит рассматривать данный диапазон частот для фиксированной радиосвязи только как дополнительный. При этом, учитывая ожидаемый массовый характер развития систем Wi-Fi в диапазоне 60 ГГц, следует назначать частотные присвоения в данном диапазоне частот без обеспечения защиты от помех со стороны устройств малого радиуса действия.

Наконец, в более долгосрочной перспективе ожидается освоение новых диапазонов частот выше 100 ГГц, что уже продемонстрировано в полнофункциональных прототипах оборудования радиорелейной связи. С учетом пиков потерь в атмосферных газах при распространении радиоволн на частотах 120 ГГц и 180 ГГц наиболее привлекательными для использования выглядят широкие полосы радиочастот 95–115 ГГц и 125–165 ГГц. Не исключено и освоение еще более высоких диапазонов частот в период до 2025 года, в частности, диапазон 200–300 ГГц имеет все еще относительно не высокие потери в атмосферных газах и его освоение будет зависеть от успешности разработки соответствующих радиокомпонентов и антенн в столь высоком диапазоне частот.

При обсуждении обеспечения фиксированную радиосвязь радиочастотным ресурсом следует отдельно остановиться на вопросе конкуренции за частотный ресурс между системами фиксированной радиосвязи и будущими сетями сухопутной подвижной радиосвязи 5G (систем IMT-2020). Как отмечалось в раз-

деле 5.1, на ВКР-19 планируется рассмотреть вопрос идентификации новых полос частот для систем IMT в диапазоне радиочастот 6–100 ГГц. При этом системы IMT претендуют на полосы частот, которые в настоящее время уже используются или планируются для систем фиксированной радиосвязи, в том числе вышеупомянутые диапазоны 40 ГГц и 70/80 ГГц. Причем помимо прямой конкуренции также рассматривается вариант конвергенции подвижных и фиксированных сетей на основе радиоинтерфейса IMT-2020, который рассмотрен более подробно в разделе 5.2. Ожидаемое использование высоконаправленных (но адаптивных) антенн в сетях 5G позволяет повторить сценарий использования антенн, характерный для фиксированной радиосвязи.

На данный момент есть лишь предварительные исследования возможности совмещения сетей 5G и станций фиксированной радиосвязи³⁶. Более детальные исследования данных исследований станут понятны возможности совмещения использования дополнительных мер по снижению помех, например, за счет запрещения формирования ДН антенн БС 5G в направлении станций фиксированной радиосвязи. До окончания данных исследований следует сохранить регистрацию станций фиксированной радиосвязи в более высоких диапазонах частот для возможности их учета в последующем при внедрении сетей 5G. В случае наличия существенных проблем совместимости потребуются рассмотреть меры по переводу фиксированной радиосвязи в более высокие диапазоны частот.

³⁶ FCC 14-177 01-15-2015: Comments of Samsung Electronics America, inc. and Samsung Research America to the Commission's Notice of Inquiry on the potential provision of Fifth-Generation (5G) mobile services in spectrum bands above 24 GHz.

6. ПРОГНОЗ И АНАЛИЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ И ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

6.1 ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ И ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ РАДИОСВЯЗИ (ФСС И ПСС)

Общие направления развития услуг с использованием систем связи различного назначения (включая ФСС и ПСС) определяются на основе Концепции развития рынка телекоммуникационных услуг Российской Федерации и постановлений Правительства РФ по правилам оказания услуг связи. Одной из основных услуг с использованием систем спутниковой связи является универсальная услуга, предоставляющая определенный минимальный набор услуг установленного качества, который доступен всем пользователям независимо от их географического местонахождения по приемлемой цене (постановление Правительства Российской Федерации от 21.04.2005 № 241 «О мерах по организации оказания универсальных услуг связи»).

Проведенные исследования³⁷ показали, что наиболее динамично развивающимися являются следующие виды услуг:

- непосредственное спутниковое цифровое ТВ-вещание, в том числе, вещание телевидения высокой четкости;
- спутниковые услуги прямого широкополосного абонентского доступа (передача IP-трафика, высокоскоростная передача данных), а также бизнес-связь;
- применение систем спутниковой связи и вещания для предупреждения и ликвидации последствий техногенных и природных катастроф;

- услуги спутниковых систем по навигации и дистанционному мониторингу;
- мультимедийное спутниковое вещание, обеспечивающее передачу телевидения, Интернета, звукового вещания для мобильного абонента;
- цифровое кино, которое является новым направлением в части одного из вариантов глобальной доставки видеоконтента во все страны мира;
- дистанционное школьное и вузовское образование, телемедицина и другие телеуслуги.

Динамика развития мирового рынка услуг спутниковой связи

Динамика развития мирового рынка услуг спутниковой связи определена по результатам исследований международной организации Satellite Industry Association (SIA)³⁸. Совокупный среднегодовой темп роста CAGR (Compound Annual Growth Rate) рынка услуг спутниковой связи в мире за период 2006–2013 годов составил 7%.

Стабильно высокий уровень развития сохраняет рынок услуг непосредственного телевизионного и радиовещания. По прогнозам SIA до 2025 года на долю данных направлений будет приходиться порядка 75% общих доходов от услуг спутниковой связи. Показатель CAGR для темпов развития рынка услуг непосредственного телевизионного и радиовещания на период до 2025 года будет составлять 6,9 и 12,9% соответственно.

Наиболее высокие темпы роста демонстрирует рынок услуг спутникового широкополосного доступа

(ШПД), увеличивающийся в среднем в год на 22,4%. Данное направление в настоящее время и в ближайшие годы будет выступать в качестве основного драйвера развития рынка услуг спутниковой связи в целом.

Рынок услуг фиксированной спутниковой связи в настоящее время имеет тенденцию к замедлению темпов развития. Среднегодовой темп роста данного направления составляет 5,7%, что ниже CAGR по рынку в целом. Это обусловлено замещением соответствующих услуг услугами спутникового ШПД в массовом сегменте.

Относительно невысокие темпы роста доходов в настоящее время и в ближайшей перспективе характерны для рынка услуг подвижной спутниковой связи (CAGR 6,7%), что объясняется тенденцией замещения соответствующих услуг услугами фиксированной спутниковой связи (мобильный VSAT), в первую очередь, на транспорте (морские и воздушные суда, железнодорожный транспорт).

На рис. 6.1 приведена диаграмма, иллюстрирующая динамику темпов роста и структуру доходов мирового рынка услуг спутниковой связи по различным направлениям в перспективе до 2020 года.

Исследования, проведенные SIA, показали, что по итогам 2011–2013 годов большая часть доходов мирового рынка услуг спутниковой связи приходится на транспондеры Ku- и C-диапазонов (85,8 и 7,3% соответственно), используемые для предоставления услуг непосредственного спутникового вещания и услуг фиксированной спутниковой связи.

³⁷ Отчет по работе «Разработка условий совместного использования полосы частот 14,0–14,4 ГГц РЭС фиксированной службы военного и специального назначения с VSAT-системами», НИИР, 2007.

³⁸ Отчетные материалы по научно-техническому и методическому обеспечению выполнения Минкомсвязью России функций администрации связи Российской Федерации в части, касающейся международно-правовой защиты интересов Российской Федерации в области радиосвязи. Этап 3, Книга 11, НИИР, 2013.

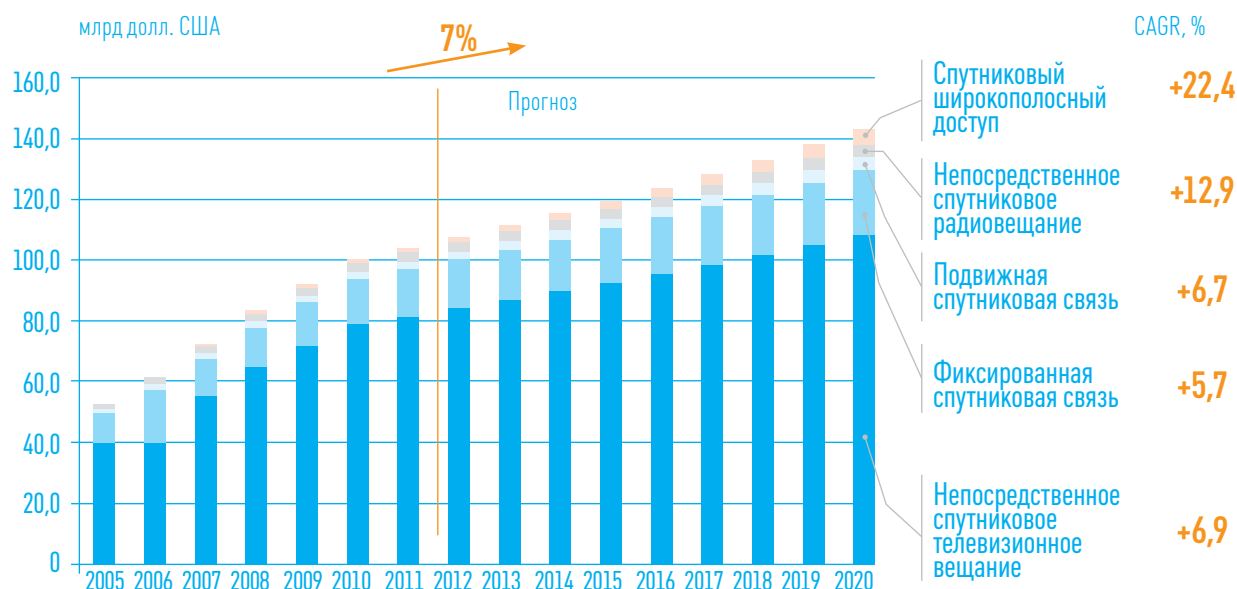


Рис. 6.1. Структура доходов мирового рынка услуг спутниковой связи

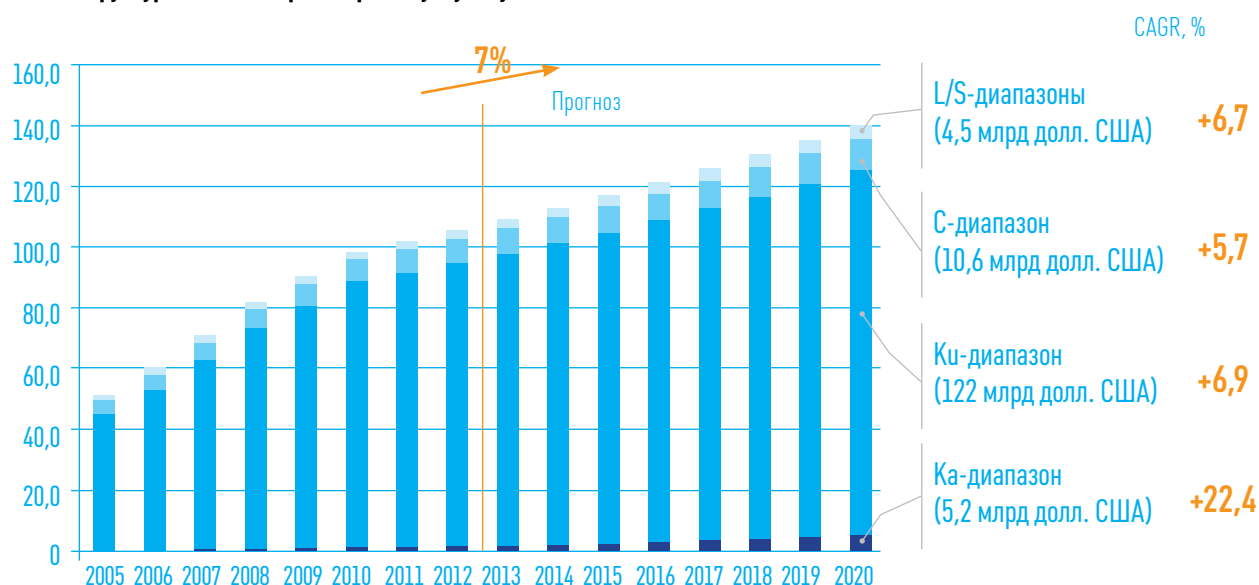


Рис. 6.2. Распределение доходов мирового рынка услуг спутниковой связи по годам и диапазонам

Устойчивый рост доходов в Ku-диапазоне показывает приоритетность его применения для оказания услуг непосредственного спутникового вещания и услуг фиксированной спутниковой связи в краткосрочной и среднесрочной перспективах.

Наибольшие темпы роста, начиная с 2007 года до настоящего времени и на период до 2020 года, приходятся на использование Ka-диапазона (в среднем 22,4% в год), что связано с начальными этапами его освоения и подавляющим его использованием в целях предоставления услуг спутникового ШПД.

Рост доходов в L-/S-диапазонах является наименьшим, что связано с постепенным замещением традиционных услуг подвижной спутниковой связи услугами фиксированной спутниковой связи и соответствующим перераспределением доходов на транспонеры Ku- и Ka-диапазонов.

На рис. 6.2 приведена диаграмма, иллюстрирующая динамику темпов роста и распределение доходов мирового рынка услуг спутниковой связи по различным диапазонам до 2020 года.

Динамика развития российского рынка услуг спутниковой связи

Российский рынок услуг спутниковой связи развивается с превышением темпов инфляции. В целом средние темпы роста российского рынка услуг спутниковой связи в период 2005–2013 года примерно в два раза превышали общемировые темпы роста за тот же период времени и в большей степени совпадали с темпами развития мирового рынка на начало 21 века.

Максимальные темпы роста отмечаются в сегменте непосредственного спутникового вещания (26,1%).

Динамика развития сегмента услуг фиксированной спутниковой

Табл. 6.1. Среднегодовые темпы роста необходимых услуг спутниковой связи по диапазонам

Диапазоны	Сегмент рынка услуг спутниковой связи	Среднегодовой темп роста необходимых услуг до 2020 года, %	Среднегодовой темп роста необходимых услуг после 2020 года, %
L-диапазон	ПСС	3,1	2,2
C-диапазон	ФСС	4,9	2,6
Ku-диапазон	ФСС, РСС	8,3	4,1
Ka-диапазон	ШПД	28,8	14,4

связи аналогична общей динамике развития российского рынка услуг спутниковой связи с темпами, соответствующими мировым темпам с отставанием пять-семь лет. Российский рынок услуг ФСС развивается с темпами ниже реального спроса, что связано с регуляторными ограничениями использования терминалов VSAT. В случае снятия ограничений темпы роста рынка могут ускориться.

Услуги подвижной спутниковой связи развиваются за счет иностранных спутниковых операторов. К действующим отечественным системам ПСС можно отнести только систему правительственной связи на базе транспондеров L-диапазона спутников ФГУП «Космическая связь». Создание отечественной системы ПСС для коммерческого использования в ближайшее время проблематично ввиду высокой конкуренции со стороны зарубежных систем.

Российский рынок спутникового ШПД в настоящее время развивается за счет аренды иностранных спутниковых систем Ka-диапазона (в частности, Eutelsat KA-SAT). Дальнейшая перспектива его развития связана с запуском и вводом в эксплуатацию в 2015 году КА «Экспресс-АМ6» (ввод в эксплуатацию – май 2015 года), «Экспресс-АМ7» (ввод в эксплуатацию – середина 2015 года), «Экспресс-АМ8» (запуск – апрель 2015 года) и «Экспресс-АМУ1» (запуск – 2015 год)».

При сохранении существующих тенденций развития российского рынка услуг спутниковой связи, а также учитывая соответствие темпов его роста аналогичным показателям мирового рынка с отставанием

на пять-семь лет, можно предположить, что в течение прогнозируемого периода до 2025 года темпы роста отечественного рынка будут приближаться к мировым показателям. Таким образом, можно прогнозировать следующую динамику развития различных сегментов российского рынка услуг спутниковой связи на период до 2025 года:

- темпы роста рынка услуг непосредственного спутникового телевизионного вещания будут постепенно снижаться, показатель CAGR будет уменьшаться с 26,1% (по итогам 2013 года) до 11,3% (по прогнозу 2020 года) и до 7,5% (по прогнозу 2025 года);
- услуги ФСС также будут развиваться со снижающимися темпами роста, соответствующими уменьшению CAGR с 12,6% (на 2013 год) до 8,25% (на 2020 год) и до 5,5% (на 2025 год);
- услуги ПСС сохраняют темпы развития на уровне CAGR 4,1% до 2020 года и снизят темпы роста до 2,2% (на 2025 год);
- с запуском КА с полезной нагрузкой Ka-диапазона возможно активное развитие рынка услуг непосредственного спутникового ШПД до 2020 года со среднегодовым показателем CAGR 28,8%, соответствующим мировым темпам развития рынка услуг ШПД в период с 2007 по 2013 год. После 2020 года среднегодовой показатель CAGR может снизиться до 14,4%.

Оценка среднегодового темпа роста услуг спутниковой связи по диапазонам, учитывающая соотношение использования различных диапазонов

для тех или иных видов спутниковых услуг, представлена в таблице 6.1.

6.2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ФИКСИРОВАННОЙ И ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

6.2.1 Особенности технологии VSAT

Технической базой создания систем ФСС является технология VSAT, по которой построены примерно 90% всех станций (терминалы, или станции VSAT). Принципы этой технологии реализованы также в ряде систем и станций ПСС.

Несмотря на то, что технология VSAT начала внедряться еще в 80-х годах 20 века, она не исчерпала своих потенциальных возможностей и остается современной технологией. Доказательством этого являются эксплуатационные и технические особенности станций, построенные по этой технологии.

Основные эксплуатационные особенности станций VSAT:

- отсутствие необходимости постоянного местного контроля за работой станций;
- наличие дистанционного мониторинга станций всей сети со стороны центра контроля и управления системой (ЦКУ);
- гарантированная работа станции через требуемый спутник и на нужной частоте;
- возможность оперативного выключения станций командами от ЦКУ при выходе параметров станции за допустимые пределы, а также от внутренней системы контроля и управления;

- отсутствие ограничений на плотность установки станций.
- Следствием указанных особенностей является отсутствие лицензирования или упрощенная процедура ввода станций в эксплуатацию во многих странах мира.

Технические особенности станций VSAT:

- возможность работы станций в сетях различных топологий (типа «звезда», каждый-с-каждым, смешанного типа) в диапазонах частот 4/6 ГГц, 11-12/14 ГГц и 20/30 ГГц;
- возможность мультимедийных применений, реализация протоколов TCP/IP;
- наличие автономной системы контроля и управления работой станции;
- наличие современных стандартов (DVB-S2, DVB RCS и др.), позволяющих иметь широкий набор сигнально-кодовых конструкций в станции, а также функцию адаптивного кодирования и модуляции;
- возможность станции динамически адаптироваться к изменяющимся внешним условиям путем изменения характеристик станции (параметров сигнала, скорости передачи данных и передаваемой мощности).

6.2.2 Нормативные документы систем ФСС

Основная нормативная база систем ФСС и ПСС включает:

- Постановления Правительства Российской Федерации;
- Резолюции и Рекомендации МСЭ-R;
- Гармонизированные стандарты ETSI;
- Решения и Рекомендации ЕСС СЕРТ;

- Государственные стандарты;
- Решения ГКРЧ;
- Нормы на радиопередатчики всех категорий гражданского применения;
- Правила применения оборудования.

В работах ^{39, 40, 41, 42} представлен подробный анализ нормативной базы систем ФСС и ПСС. Результаты проведенного анализа показали следующее:

1. Общие тенденции нормативного правового регулирования и стандартизации заключаются:

- в упрощении процедур частотного обеспечения и ввода в эксплуатацию земных станций VSAT в отдельных полосах радиочастот Ku- и Ka-диапазонов;
- в поисках технических и эксплуатационных условий для возможности работы станций ПСС в полосах радиочастот, распределенных ФСС, что позволило без дополнительных распределений частотного ресурса для ПСС существенно повысить возможности подвижной спутниковой связи (особенно сухопутной и морской) в Ku- и Ka-диапазонах;
- в создании условий для развития рынков по внедрению станций ФСС и ПСС, при которых возможно осуществлять свободное перемещение и использование станций внутри страны и в разных странах и освободить такие станции от индивидуального лицензирования;
- в стандартизации и гармонизации в области частотного обеспечения, при которых возможно при определенных условиях присоединение администрации связи Российской Федерации к отдельным решениям Комитета по электронным

средствам связи Европейской конференции почт и электросвязи (ЕСС СЕРТ).

2. Наличие в правовом поле Российской Федерации в данной области существенных отличий от нормативной правовой базы, существующей в США, Англии, странах СЕРТ, других странах, а также в РР МСЭ-R, вследствие:

- различных подходов к категорированию полос радиочастот (в перечисленных странах преобладает частотный ресурс категории СИ; за категорией ГР закреплён значительно больший ресурс, чем в РФ; в России и РСС – преобладание распределений для ФСС и ПСС в полосах категории ПР);
- отсутствия распределений полос радиочастот по категориям в Регламенте Радиосвязи МСЭ-R;
- неполного соответствия национального распределения полос радиочастот международному распределению;
- несоответствия реального использования спектра использованию, определенному Таблицей распределения полос радиочастот в РФ.

3. Различия в объеме и параметрах доступного для ФСС и ПСС частотного ресурса, выделенного в РФ и в соответствии с рекомендациями международных организаций в области стандартизации вследствие:

- неприсоединения администрации связи Российской Федерации к отдельным решениям ЕСС СЕРТ;
- отсутствия (недостаточности) доступного частотного ресурса в выделенных для ФСС и ПСС полосах частот;
- использования импортного оборудования, работающего в полосах частот, не вполне соответствующих национальному распределению.

³⁹ Отчет о работе «Нормативно-правовое обеспечение разработки и использования радиоэлектронных средств Ka-диапазона в РФ», НИИР, 2010.

⁴⁰ Отчет о работе «Оценка вероятности появления помех для РЭС ФС военного и гражданского назначений от VSAT-станций на основе статистического моделирования. Определение направлений совершенствования нормативно-правовой базы технологии VSAT в Ku и Ka-диапазонах», НИИР, 2009.

⁴¹ Отчет о работе «Исследование направлений, стимулирующих развитие на территории России VSAT-сетей Ku-диапазона частот и разработка условий совместного использования РЭС фиксированной службы военного и специального назначения с VSAT-станциями гражданского назначения», НИИР, 2007.

⁴² Отчет о работе «Обоснование необходимости и возможности перевода из категории пользования «СИ» в категорию пользования «ПР» отдельных полос радиочастот..., а также необходимости и возможности перевода из категории пользования «СИ» в категорию пользования «ГР» отдельных полос радиочастот...», НИИР, 2013.

6.2.3 Основные направления стандартизации и частотного обеспечения перспективных систем фиксированной и подвижной спутниковой радиосвязи

Как показал проведенный анализ, ряд документов нормативно-правовой базы систем ФСС и ПСС нуждается в пересмотре, ввиду постоянного развития спутниковых технологий. Этими вопросами занимаются Исследовательские комиссии МСЭ-R в рамках работ по выполнению пунктов повестки дня ВКР-15.

В текущем исследовательском периоде МСЭ (2007–2015 годы), который во многом определит перспективу вплоть до 2020–2025 годов, можно отметить следующие направления пересмотра положений Регламента радиосвязи, развития нормативной базы и новых технологий в системах ФСС и ПСС:

1. Возможные дополнительные первичные распределения фиксированной спутниковой службе «Земля – космос» и «космос – Земля» в диапазоне между 10 ГГц и 17 ГГц в Районе 1 (пункт 1.6 повестки дня ВКР-15).

Исследования показали принципиальную возможность дополнительного распределения до 250 МГц ФСС на первичной основе при определенных условиях совместного использования полос радиочастот РЭС различных служб. Например, следующие полосы радиочастот могут быть распределены для ФСС ГСО в Районе 1:

- 13,4–13,75 ГГц или 14,8–15,35 ГГц в направлении «космос – Земля»;
- 14,5–14,8 ГГц в направлении «Земля – космос».

Реализация дополнительного распределения даст возможность внедрять технологию ФСС (в том числе, VSAT) в новых полосах радиочастот, что, в конечном счете, повысит эффективность использования спектра в Ки-диапазоне системами ФСС и сможет решить часть проблем обеспечения радиочастотным ресурсом систем ФСС.

2. Использование полосы радиочастот 5091–5150 МГц фиксирован-

ной спутниковой службой («Земля – космос»), ограниченной фидерными линиями негеостационарных подвижных спутниковых систем подвижной спутниковой службы (пункт 1.7 повестки дня ВКР-15).

По результатам исследований предлагается:

- сохранить использование полосы частот 5091–5150 МГц системами ФСС, обеспечивающими фидерные линии НГСО спутниковых систем в направлении «Земля – космос» подвижной спутниковой службы, в качестве распределения на первичной основе;
- упразднить предельные сроки на это распределение, содержащиеся в п. 5.444А РР, в соответствии с которыми после 1 января 2016 года не должны производиться новые присвоения частот, а после 1 января 2018 года ФСС станет вторичной по отношению к воздушной радионавигационной службе.

Это позволит системам ПСС поддерживать их нынешний уровень обслуживания, в том числе, в районах, в которых отмечается недостаточный уровень обслуживания другими средствами связи.

3. Возможные новые распределения фиксированной спутниковой службе в полосах радиочастот 7150–7250 МГц «космос – Земля» и 8400–8500 МГц «Земля – космос», а также морской подвижной спутниковой службе в полосах радиочастот 7375–7750 МГц и 8025–8400 МГц (пункты 1.9.1 и 1.9.2 повестки дня ВКР-15).

АС России выступает против такого распределения полос радиочастот, поскольку обеспечить совместимость с существующими и планируемыми космическими службами без наложения дополнительных ограничений на эти службы не представляется возможным.

4. Возможность дополнительного распределения спектра подвижной спутниковой службе в направлениях «Земля – космос» и «космос – Зем-

ля», включая спутниковый сегмент широкополосных применений, в том числе ИМТ, в полосе радиочастот от 22 ГГц до 26 ГГц (пункт 1.10 повестки дня ВКР-15).

АС России поддерживает дополнительное распределение 250 МГц для ПСС в полосах радиочастот 23,15–23,55 ГГц или 24,25–24,55 ГГц в направлении «космос – Земля» и 25,25–25,5 ГГц или 24,25–24,55 ГГц в направлении «Земля–космос».

5. Совершенствование частотного обеспечения интегрированных систем ПСС.

Это новый Вопрос МСЭ-R «Архитектура системы и показатели качества функционирования интегрированных систем ПСС». Решение вопроса позволит более эффективно использовать РЧС для реализации потребности в широкополосных мультимедийных услугах на основе карманных или портативных терминалов.

6. Повышение спектральной эффективности каналов спутниковой связи путем мультиплексирования более двух потоков данных на вертикальной и горизонтальной поляризациях.

Методы мультиплексирования вошли в новый Отчет МСЭ-R S.[MULTI POL].

7. Разработка базовой Рекомендации МСЭ-R по использованию терминалов с очень малой апертурой (VSAT).

Используемая до настоящего времени Рекомендация МСЭ-R S.725 по системам VSAT, принятая более 20 лет назад, устарела и не соответствует современным возможностям технологии VSAT. В этой связи Рабочие группы 4А и 4В ИК 4 МСЭ-R разработали Отчет по терминалам VSAT (Report ITU-R S.2278), куда вошли положения о работе VSAT. В Отчет включены эксплуатационные и технические характеристики VSAT, перечень Рекомендаций МСЭ-R, топологии сетей с использованием VSAT, вопросы контроля и управления, другие современные возможности VSAT.

Табл. 6.2. Прогнозируемые значения объема ОЧР, необходимого для развития спутниковых сетей РФ на период до 2025 года

Диапазон	Единицы измерения	Существующий объем ОЧР (на начало 2015 года)	Необходимый объем ОЧР по годам										
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
L-диапазон	МГц	7,5	7,7	8,0	8,2	8,5	8,7	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0
С-диапазон	МГц	6840	7175	7527	7896	8282	8688	9114	9351	9594	9844	10099	10362
	Экв. трансп. 36 МГц	190	199	209	219	230	241	253	260	267	273	281	288
Ки-диапазон	МГц	15459	16742	18132	19637	21266	23032	24943	25966	27030	28139	29292	30493
	Экв. трансп. 36 МГц	429	465	504	545	591	640	693	721	751	782	814	847
Ка-диапазон	МГц	2640	3379	4325	5536	7087	9071	11611	13283	15196	17384	19887	22751
	Экв. трансп. 36 МГц	73	94	120	154	197	252	323	369	422	483	552	632

6.3 ОЦЕНКА ОБЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ

Оценка общих потребностей в орбитально-частотном ресурсе для систем ФСС и ПСС проводится на основе прогноза развития российского рынка услуг спутниковой связи.

Из прогноза следует, что среднегодовые темпы роста необходимых услуг (необходимого объема орбитально-частотного ресурса – ОЧР) до 2025 года составляют:

- 3,1% в L-диапазоне – для развития услуг в ПСС до 2020 года и 2,2% – после 2020 года;
- 4,9% в С-диапазоне – для развития услуг в ФСС до 2020 года и 2,6% – после 2020 года;
- 8,3% в Ки-диапазоне – для развития услуг в ФСС и ПСС до 2020 года и 4,1% – после 2020 года;
- 28,8% в Ка-диапазоне – для развития услуг в ШПД до 2020 года и 14,4% – после 2020 года.

Используя данные о среднегодовом темпе роста необходимого объема ОЧР, а также данные о су-

ществующем объеме ОЧР на действующих спутниках РФ, можно оценить прогнозируемые значения объема ОЧР, необходимого для развития российских спутниковых сетей на период до 2025 года (таблица 6.2).

В соответствии с планами развития отечественной спутниковой группировки (рисунок 6.3) к 2025 году на 15 позициях ГСО предполагается функционирование 17 отечественных космических аппаратов гражданского назначения. С учетом ввода в эксплуатацию новых КА и прекращения функционирования КА, выработавших свой ресурс, прогнозируемое изменение ОЧР на действующих КА по годам будет соответствовать значениям, приведенным в таблице 6.6.3. Также в таблице 6.6.3 для сравнения приведены данные по необходимому объему ОЧР и рассчитана разница между необходимым и планируемым объемами ОЧР.

Анализ данных, приведенных в таблице 6.6.3, позволяет сделать следующие выводы:

1) в L-диапазоне с 2019 года возможен небольшой дефицит ОЧР (от 0,2 до 1,5 МГц), который может быть компенсирован дооснащением одного или двух запускаемых КА транспондерами с общей емкостью 2 МГц;

2) в С-диапазоне в 2024–2025 годах может наблюдаться дефицит ОЧР в объеме 179–442 МГц, который также может быть свободно компенсирован дооснащением одного или нескольких запускаемых КА транспондерами с общей емкостью 442 МГц (или 12–13 эквивалентных транспондеров по 36 МГц);

3) в Ки-диапазоне с 2021 по 2025 годы может наблюдаться более значительный дефицит ОЧР (от 985 до 5512 МГц), который сможет быть компенсирован запуском в этот период новых, не запланированных в настоящее время КА либо существенным увеличением емкости планируемых к запуску КА с необходимым дополнительным количеством эквивалентных транспондеров до 154 шт.;

4) в Ка-диапазоне за весь исследуемый период дефицита ОЧР не наблюдается.

Позиция на ГСО	Годы												
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
14° з.д.	A4		AM8										
11° з.д.	AM44						AMУ4						
36° в.д.	W4		AMУ1										
36° в.д.	W7												
40° в.д.			AM7										
49° в.д.	Я-202		Я-601										
53° в.д.	AM22	AM6											AMУ6
55° в.д.		Я-402											
56° в.д.	Б-1	AT1											AT4
80° в.д.		AM22					Э-80						
80° в.д.	AM2												
81,75° в.д.						Я-501							
90° в.д.	Я-300K												
90° в.д.	Я-201		Я-401										
96,5° в.д.	AM33					AMУ3							
103° в.д.		AM3					Э-103						
140° в.д.	AM3	AM5											AMУ5
140° в.д.		AT2											AT5
145° в.д.	A2					AMУ7							

■ – КА, функционирующие в пределах срока активного существования (САС);

■ – КА, функционирующие за пределами САС

■ – КА, функционирующие с ограничениями из-за неисправностей

■ – Перспективные КА

Рис. 6.3. План развития спутниковой группировки Российской Федерации гражданского назначения на период до 2025 года

Табл. 6.3. Прогнозируемое изменение ОЧР на действующих КА по годам. Соответствие прогнозируемых объемов ОЧР необходимому значению на период до 2025 года

Диапазон	Прогнозируемые объемы ОЧР	Годы										
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
L-диапазон	Необходимый ОЧР (МГц)	7,7	8	8,2	8,5	8,7	9	9,2	9,4	9,6	9,8	10
	Планируемый ОЧР (МГц)	10,5	10,5	10,5	9,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
	Расхождение между необходи- мым и планируемым ОЧР* (МГц)	2,8	2,5	2,3	1	-0,2	-0,5	-0,7	-0,9	-1,1	-1,3	-1,5
С-диапазон	Необходимый ОЧР (МГц)	7175	7527	7896	8282	8688	9114	9351	9594	9844	10099	10362
	Планируемый ОЧР (МГц)	8584	8584	8584	9608	9920	9920	9920	9920	9920	9920	9920
	Расхождение между необходи- мым и планируемым ОЧР* (МГц)	1409	1057	688	1326	1232	806	569	326	76	-179	-442
Ku-диапазон	Необходимый ОЧР (МГц)	16742	18132	19637	21266	23032	24943	25966	27030	28139	29292	30493
	Планируемый ОЧР (МГц)	19437	19437	19437	23253	24981	24981	24981	24981	24981	24981	24981
	Расхождение между необходи- мым и планируемым ОЧР* (МГц)	2695	1305	-200	1987	1949	38	-985	-2049	-3158	-4311	-5512
Ka-диапазон	Необходимый ОЧР (МГц)	3379	4325	5536	7087	9071	11611	13283	15196	17384	19887	22751
	Планируемый ОЧР (МГц)	20430	20430	20430	34470	34470	34470	34470	34470	34470	34470	34470
	Расхождение между необходи- мым и планируемым ОЧР* (МГц)	17051	16105	14894	27383	25399	22859	21187	19274	17086	14583	11719

* Расхождение между необходимым и планируемым ОЧР определяется как разность между планируемым и необходимым ОЧР, т.е. если величина расхождения положительна, то планируемый ресурс превышает потребности (ресурса будет хватать с избытком), если величина расхождения отрицательна, то потребности не будут обеспечиваться планируемым ресурсом (будет наблюдаться дефицит ОЧР).

6.4. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ РЕСУРСОМ В РОССИИ СИСТЕМ ФСС И ПСС

В таблице 6.3 показано, что прогнозируемые значения объема ОЧР, необходимого для развития спутниковых сетей Российской Федерации на период до 2025 года, превышают возможности существующего объема ОЧР, причем с повышением частоты этот разрыв становится все более существенным. Отношение необходимого объема ОЧР (к 2025 году) к существующему объему (2015 год) составляет:

- в L-диапазоне – 1,33;
в C-диапазоне – 1,51;
- в Ku-диапазоне – 1,97;
в Ka-диапазоне – 8,62.

В качестве предложений по решению возможных проблем обеспечения радиочастотным ресурсом в России систем ФСС и ПСС можно выделить следующие:

1. Увеличение орбитально-частотного ресурса за счет возможных дополнительных распределений ФСС и ПСС в Регламенте радиосвязи МСЭ-R.

На ВКР-15, в принципе, возможно принятие дополнительных первичных распределений в следующих полосах радиочастот:

Для ФСС:

- 13,4–13,75 ГГц или 14,8–15,35 ГГц «космос–Земля»;
- 14,5–14,8 ГГц «Земля – космос»;
- 5091–5150 МГц «Земля – космос», ограниченной фидерными линиями НГСО подвижных спутниковых систем ПСС.

Для ПСС:

- 22–26 ГГц (отдельные полосы радиочастот для спутникового сегмента широкополосных применений, в том числе, для IMT);
- 27,5–29,1 ГГц; 29,5–30,0 ГГц («Земля – космос») и 17,3–20,2 ГГц («космос – Земля») для работы земных станций на подвижных платформах (ESOMP) через спутники на ГСО и НГСО.

Для использования предлагаемого распределения ресурса в целях обеспечения в долгосрочной перспективе орбитально-частотным ресурсом существующих и перспективных спутниковых систем Российской Федерации необходимо определить потребность в этом ресурсе в РФ, подготовить предварительные материалы для его заявления сразу после вступления в силу решений ВКР-15 и провести работу по модификации Таблицы распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации.

2. Увеличение пропускной способности геостационарной орбиты за счет совершенствования регуляторных процедур и изменения применяемых критериев.

Этими вопросами занимается РГ 4А МСЭ-R и Спецкомитет в рамках пунктов повестки дня 7 и 9.1.2 ВКР-15. Направлениями решения проблемы являются:

- поиск более точных критериев (или увеличения критерия допустимой помехи), которые могут позволить снизить чрезмерные требования по защите заявленных ранее сетей и облегчить получение ресурса на ГСО новым сетям (например, применение отношения несущая/помеха (совместно с T/T) для обоснования включения/исключения сети в/из списка затронутых сетей/административных по п. 9.41 РР и метод маски ППМ для применения на этапе проверки в отношении вероятности создания вредных помех в соответствии с п. 11.32А РР);
- совершенствование процедур РР, относящихся к спутниковым сетям (приостановка использования присвоений по п. 11.49 РР после шестимесячного периода; публикация информации о вводе в действие сетей на веб-сайте МСЭ; пересмотр/аннулирование процедуры предварительной публикации; сдерживание избыточного числа заявок, выход из строя

спутника в течение 90-дневного периода ввода в действие и др.).

3. Увеличение орбитально-частотного ресурса для систем ФСС и ПСС за счет запуска новых спутников.

В таблице 6.6.3 приведено прогнозируемое изменение ОЧР на КА по годам. Из данных таблицы следует, что необходимые и прогнозируемые значения ОЧР составят:

- в L-диапазоне – 7,7 МГц (необходимое значение ОЧР в 2015 году); 10,0 МГц (необходимое значение в 2025 году); 8,5 МГц (прогнозируемый объем в 2025 году);
- в C-диапазоне – 7175 МГц (необходимое значение ОЧР в 2015 году); 10362 МГц (необходимое значение в 2025 году); 9920 МГц (прогнозируемый объем в 2025 году);
- в Ku-диапазоне – 16742 МГц (необходимое значение ОЧР в 2015 году); 30493 МГц (необходимое значение в 2025 году); 24981 МГц (прогнозируемый объем в 2025 году);
- в Ka-диапазоне – 3379 МГц (необходимое значение ОЧР в 2015 году); 22751 МГц (необходимое значение в 2025 году); 34470 МГц (прогнозируемый объем в 2025 году).

Несмотря на увеличение планируемых значений ОЧР на планируемых КА в C-, Ku- и Ka-диапазонах, необходимые значения ОЧР в L-, C- и Ku-диапазонах будут превышать планируемые, что не позволит без дополнительных мероприятий обеспечить соответствие прогнозируемых/планируемых значений ОЧР необходимым значениям.

4. Повышение эффективности использования орбитально-частотного ресурса за счет расширения применений систем ПСС в полосах радиочастот, распределенных ФСС.

Повышение эффективности использования ОЧР в данном случае достигается за счет снижения потребностей в дополнительном ресурсе систем ПСС. Такими мерами могут быть:

- использование полос радиочастот 5925–6425 МГц и 14,0–14,5 ГГц («Земля – космос») для земных станций, которые размещаются на борту морских судов (для возможности использования ЗС на воздушных судах в полосе 14,0–14,5 ГГц в Российской Федерации требуются дополнительные исследования);
- упрощенное использование полос радиочастот 14,0–14,103 ГГц; 14,129–14,149 ГГц; 14,175–14,194 ГГц; 14,242–14,5 ГГц («Земля – космос») и 10,95–11,20 ГГц; 11,45–11,70 ГГц; 12,50–12,75 ГГц («космос – Земля») системами ПСС, устанавливаемыми на борту речных, морских (на внутренних водных путях) судов, на железнодорожном транспорте и других подвижных объектах (кроме ВС);
- использование полос радиочастот 29,5–30,0 ГГц («Земля – космос») и 19,7–20,2 ГГц («космос – Земля») для подвижных ЗССС, устанавливаемых на борту морских судов, судов внутреннего плавания и судов смешанного («река – море») плавания (с возможностью упрощенного регулирования ЗС ПСС);
- использование станций на подвижных платформах (ESOMP), работающих в полосах частот 17,3–20,2 ГГц («космос – Земля») и 27,5–30,0 ГГц («Земля – космос»). Станции ESOMP будут работать в сетях ФСС и являются терминалами с малыми направленными антеннами, предоставляющими услуги широкополосной связи. Эти терминалы могут располагаться на борту морских судов или сухопутных транспортных средств или могут быть перевозимыми устройствами, используемыми в движении или при временных остановках. Для возможности использования станций ESOMP на борту воздушных судов в Российской Федерации требуются дополнительные исследования.

Табл. 6.4. Кандидатные полосы радиочастот категории СИ, подлежащие переводу в другие категории

Кандидатные полосы радиочастот категории СИ, подлежащие переводу в другие категории	Устанавливаемая категория
3950–21850 кГц (отдельные полосы); 453–457,4 МГц; 463–467,4 МГц; 470–686 МГц; 694–726 МГц; 890–915 МГц; 935–960 МГц; 1710–1785 МГц; 1805–1880 МГц; 1900–1920 МГц	Категория ГР
3400–3600 МГц; 3600–4200 МГц (отдельные полосы); 5670–5725 МГц; 5725–5830 МГц (отдельные полосы); 5830–5850 МГц (отдельные полосы); 5850–5925 МГц; 5925–6425 МГц (отдельные полосы)	Категория ГР
10,95–11,2 ГГц (отдельные полосы); 11,45–11,7 ГГц; 12,5–12,75 ГГц; 14,00–14,103 ГГц; 14,129–14,149 ГГц; 14,175–14,194 ГГц; 14,242–14,30 ГГц; 14,3–14,5 ГГц (отдельные полосы); 29,5–30,0 ГГц	Категория ГР
1536,15–1536,65 МГц; 1543,45–1543,95 МГц; 1554,5–1555,5 МГц; 1637,65–1638,15 МГц; 1652,12–1652,62 МГц; 1656–1657 МГц; 3787–3794 МГц; 3905–3945 МГц; 5800–5840 МГц; 6114–6121 МГц; 6230–6270 МГц; 3600–3950 МГц (отдельные полосы); 5925–6275 МГц (отдельные полосы); 7260–7550 МГц; 7950–8400 МГц; 10,7–10,95 ГГц; 11,079–11,2 ГГц (отдельные полосы); 11,2–11,45 ГГц; 14,103–14,129 ГГц; 14,149–14,175 ГГц; 14,194–14,242 ГГц; 14,379–14,5 ГГц (отдельные полосы); 14,9–15,0 ГГц; 17,7–17,8 ГГц; 18,7–18,85 ГГц	Категория ПР
Диапазон 30–100 ГГц	Перевод из категории СИ в категорию ПР или ГР

Примечание: Для полос радиочастот, в которых указаны одновременно категории ГР и ПР, требуются дополнительные исследования.

Исполнителями работ по переводу ПРЧ в другие категории являются Минкомсвязь России, Минобороны России, ФСО России, члены Рабочей группы.

Для диапазона 30–100 ГГц необходимо:

1. Проведение исследований в целях определения полос-кандидатов для перевода из категории СИ в категории ГР и ПР.
2. Проведение конверсионных мероприятий в полосах – кандидатах категории СИ.
3. Принятие Решений ГКРЧ по одобрению изменений категорий использования ПРЧ.
4. Внесение в Правительство РФ проекта постановления Правительства РФ о внесении изменений в ТРПРЧ РФ.

5. Повышение эффективности использования орбитально-частотного ресурса в России за счет совершенствования регуляторных положений в Таблице распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации (ТРЧ РФ).

Проведенные исследования в России за последние десять лет позволяют сформулировать несколько направлений повышения эффективности использования ОЧР:

- изменение категории использования полос радиочастот в ТРЧ РФ (реализация предложений по переводу отдельных участков спектра из категории СИ в категорию ГР или ПР);
- повышение доли использования отдельных участков спектра РЭС гражданского назначения за счет проведения работ по конверсии радиочастотного спектра (доработка характеристик РЭС специального назначения для возможности работы в других полосах радиочастот).

Решением ГКРЧ от 08.09.2011 № 11-12-05 был одобрен План поэтапного перевода полос радиочастот, используемых для совместного пользования РЭС любого назначения (категория СИ), в ПРЧ преимущественного пользования РЭС гражданского назначения (категория ГР) и ПРЧ преимущественного пользования РЭС специального назначения (категория ПР). Кандидатные полосы радиочастот категории СИ, подлежащие переводу в другие категории, показаны в таблице 6.4 (выдержки из Плана).

6. Повышение эффективности использования орбитально-частотного ресурса в России на основе развития спутниковой связи по технологии VSAT.

Предложение включает ряд направлений, например:

- возможность упрощения ввода в эксплуатацию ЗС VSAT в отдельных участках плановых (12,75–13,25 ГГц («Земля – космос») и 10,70–10,95 ГГц; 11,20–11,45 ГГц («космос – Земля»)

и внеплановых полосах радиочастот в Ки- и Ка-диапазонах (например, 27,5–29,5 ГГц («Земля – космос») и 17,3–19,7 ГГц («космос – Земля»)) (возможность регуляторных упрощений для ЗС VSAT в отдельных участках плановых полос радиочастот может иметь место только при наличии категорий СИ или ГР для этих полос);

- возможность использования плановой полосы радиочастот фидерных линий (с учетом с прим. 5.516 РР) для РвСС в России (в полосе 17,3–18,1 ГГц) для развития сетей VSAT (для передачи сигналов от VSAT, в том числе, для обратных каналов выхода в Интернет). При этом рекомендуется использовать технологию DVB-S/DVB-RCS, при которой можно осуществить на ЗС VSAT прием ТВ и цифровой информации в полосе частот 11,7–12,5 ГГц и передачу по обратному (запросному) каналу RCS информации в полосе частот 17,3–18,1 ГГц. Рекомендуется максимально упростить процедуру назначения (присвоения) радиочастот (или радиочастотных каналов) и ввод VSAT в эксплуатацию, для чего предлагается освободить полосу частот 17,8–17,9 ГГц (предпочтительно) от РЭС других назначений для последующей реализации упрощенной процедуры регистрации VSAT.

7. Повышение эффективности использования орбитально-частотного ресурса на основе развития космического сегмента спутниковой связи.

Перспективными направлениями развития космического сегмента спутниковой связи являются:

- освоение V-диапазона;
- разработка и использование нано- и пикоспутников.

Освоение V-диапазона начинается с определения характеристик спутниковых сетей FCC и PSS и подачи заявок в БР МСЭ-R в полосах радиочастот 37,5–40,0 ГГц (для FCC), 40,0–40,5 ГГц (для FCC и PSS),

40,5–43,5 ГГц (для FCC), 43,5–47,0 ГГц (для PSS), 47,2–50,2 ГГц (для FCC), 50,4–51,4 ГГц (для FCC). На конец 2014 года уже заявлено суммарно более 1 330 сетей на предварительную публикацию (тип А), 268 сетей – на координацию (тип С) и 23 сети – на регистрацию (нотификацию) (тип N). От AC России подано 17 заявок типа А, 17 заявок типа С и 21 заявка типа N.

Нано- и пикоспутники существенно отличаются от обычных своими характеристиками, сроками активного существования, процедурами регулирования. Освоение этих спутников только начинается, и основные исследования предполагается провести в новом исследовательском периоде МСЭ-R (2016–2019 годы). Основное требование к ним состоит в том, что любые изменения процедур заявления спутниковых сетей, использующих нано- и пикоспутники, не должны приводить к усложнению использования других спутниковых сетей.

Реализация перечисленных выше предложений позволит решить задачу по обеспечению потребностей для систем FCC и PSS до 2025 года орбитально-частотным ресурсом с учетом мировых тенденций развития современных спутниковых технологий. В этих целях необходимо проведение целого ряда научно-исследовательских работ, в том числе:

- по обоснованию и выбору дополнительных первичных распределений FCC и PSS в S-, Ки- и Ка-диапазонах, которые будут рассмотрены на ВКР-15;
- по изысканию дополнительного частотного ресурса для FCC и PSS в рамках конверсии радиочастотного спектра (включая разработку мер по изменению категорий использования полос радиочастот);
- по упрощению процедур выделения и использования полос радиочастот РЭС FCC и PSS в S-, Ки- и Ка-диапазонах и порядка регистрации РЭС в этих диапазонах частот.

7. СВОДНАЯ ПОТРЕБНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ В РАДИОЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ

7.1 СОПОСТАВЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ

Из рассмотренных основных направлений развития систем радиосвязи гражданского назначения, а также профессиональных систем радиосвязи, явно наблюдается существенный рост потребностей в спектре со стороны большинства данных радиотехнологий в ближайшее десятилетие. Развитие информационных технологий, подкрепленное достижениями в миниатюризации и удешевлении радиооборудования, является основным фактором роста потребности и, как следствие, использования различных новых радиотехнологий. Именно многообразие предлагаемых инфокоммуникационных услуг (приложений, ИТ-сервисов, баз данных) и их повсеместное использование диктует необходимость в наличии все больших объемов радиочастотного спектра для их предоставления. Даже традиционные системы, такие как телерадиовещание, с переходом на цифровые стандарты передачи позволяют обеспечить качественно новый характер традиционных услуг, а также обеспечить интерактивность и внедрение конвергентных услуг для и взаимодействия с другими ИТ-сервисами, что увеличивает потребности в радиочастотном спектре для предоставления подобных услуг.

Кроме того, как правило, информационные услуги не привязаны к среде их доставки, вследствие чего различные технологии радиосвязи зачастую являются лишь разными способами предоставления одной и той же услуги. Выбор способа доставки объясняется различными территориальными, экономическими и ментальными особенностями потребителя, в результате наблюдается одновременная конкуренция и конвергенция различных технологий в направле-

нии предоставления одной и той же услуги. Примером такой конкуренции являются так называемые Over The Top услуги, для которых телефонная связь или ТВ-контент могут быть доведены до клиента по спутниковой линии, кабелю или в сотовой сети поверх IP-протокола.

За дополняющими друг друга радиотехнологиями стоят различные производители и операторы, а также различные подходы к предоставлению услуг. По этой причине радиотехнологии конкурируют между собой за радиочастотный ресурс, несмотря на все более схожие услуги для конечных пользователей. Практически все радиослужбы претендуют на новые распределения радиочастотного спектра, но наиболее активны запросы развивающихся применений, преимущественно гражданского назначения. Такие службы, как радиолокация, научные службы и космические службы, не относящиеся к спутниковой службе, также активно развиваются, но при этом их развитие в основном происходит в рамках уже распределенных им полос частот и не сопровождается значительным ростом количества РЭС данных служб. Гораздо чаще новые гражданские применения в поисках дополнительного радиочастотного ресурса начинают затрагивать устоявшиеся полосы частот других радиослужб или существенно наращивать использование в уже распределенных им полосах частот.

Для иллюстрации конкуренции радиослужб за радиочастотный ресурс эта проблема рассмотрена в нескольких отдельных диапазонах частот: до 1 ГГц, от 1 ГГц до 6 ГГц и выше 6 ГГц. Такое рассмотрение позволяет увидеть и определить приоритеты и в потребностях в радиочастотном спектре у различных служб и применений.

В таблице 7.1 показаны основные применения гражданского назначения для диапазона ниже 1 ГГц, которые, как ожидается, потребуют принятия активных мер по обеспечению их радиочастотным ресурсом в период до 2025 года. В таблице не показаны некоторые применения M2M, которые упоминались в разделе 4, в силу их меньшей ожидаемой значимости или существования уже сложившихся условий использования полос частот для их внедрения.

Полосы частот в диапазоне ниже 1 ГГц имеют уникальные свойства для наземной связи, сочетая достаточно большие объемы радиочастотного ресурса в сотни МГц, способность распространяться на большие расстояния, а также обеспечивать надежное покрытие внутри помещений. Использование именно данных полос частот является для всех применений, представленных в таблице 7.1, критическим в силу их физических свойств.

Как видно, во всех полосах частот существуют те или иные проблемы обеспечения перспективных технологий радиочастотным ресурсом. В большинстве случаев такими проблемами является текущее использование полос частот РЭС военного или правительственного назначения либо устаревшими гражданскими технологиями. Однако в диапазоне ниже 1 ГГц наблюдается конкуренция сразу между несколькими перспективными радиотехнологиями. В первую очередь, между сетями ЦТВ и сетями мобильного широкополосного доступа IMT. В полосе частот 694–790 МГц можно выделить два специальных применения сетей IMT для сетей профессиональной радиосвязи PPDR и для сетей M2M на базе оптимизированных для этого новых радиоинтерфейсов, которые претендуют на выделение им отдельных полос частот.

Табл. 7.1. Сводная потребность основных перспективных радиотехнологий в диапазоне ниже 1 ГГц

Полоса частот	Применения	Комментарии
169,400–69,475 МГц	M2M-применения	Несмотря на ограниченную мощность и полосу частот, ожидается использование данной полосы для M2M-применений с целью считывания показаний счетчиков, в том числе внутри помещений и подвалов, за счет использования столь низкого диапазона частот. В Российской Федерации данная полоса частот на настоящий момент не используется для устройств малого радиуса действия или других безлицензионных применений.
470–694 МГц	ЦТВ на базе DVB-T2	Полоса радиочастот 470–694 МГц является основной полосой радиочастот для развития телевизионного вещания во всем мире. Вместе с тем ряд стран предлагают использовать данную полосу радиочастот для применений подвижной связи с целью обеспечения высоких потребностей в покрытии. Однако исследования совместимости, проведенные МСЭ-R, показывают, что совместное использование подвижной связи и радиовещания в этой полосе радиочастот будет очень сложным.
	Конвергентные сети ТВ и передачи данных на базе LTE Broadcast/LTE SDL	Принимая во внимание распространение аудиовизуального контента в обоих типах сетей, в качестве компромиссного решения рассматривается вариант конвергенции сетей ТВ и сетей передачи данных на базе сетей LTE SDL со специальным режимом ТВ-вещания LTE Broadcast. Однако технология LTE Broadcast для полноценной реализации такого решения еще не стандартизована и реализация ее использования вряд ли может быть начата ранее 2020 года. При этом будущее использование полосы частот 470–694 МГц будет зависеть от объемов частотного ресурса, необходимого для перехода традиционного ЦТВ к форматам TBB4 и другим перспективным форматам в будущем, возможностей оптимизации частотных планов ТВ-вещания после отключения аналогового ТВ, в том числе в приграничных районах России, и решения проблем электромагнитной совместимости.
	Сети мобильного широкополосного доступа IMT	
694–790 МГц	ЦТВ на базе DVB-T2	Полоса частот 694–790 МГц во многом схожа с полосой частот 470–694 МГц. Данная полоса частот рассматривается некоторыми странами для сохранения сетей ЦТВ, а некоторыми – для внедрения подвижных служб. В странах Азии формируется экосистема оборудования мобильного широкополосного доступа для данного диапазона частот в рамках нескольких частотных планов IMT в полосе радиочастот 698–790 МГц. По этой причине на глобальном уровне не ожидается компромиссного решения использования данной полосы частот на основе конвергентных сетей LTE SDL/LTE Broadcast, а предполагается использование для обычных сетей подвижной связи с частотным разделением каналов. Такие сети также смогут использовать расширение eMBMS (LTE Broadcast), но только в режиме динамического использования ресурсов сети для локального вещания. Также в Европе в рамках полосы частот 694–790 МГц рассматривается вопрос назначения на национальной основе отдельных участков спектра для выделенных сетей PPDR. Помимо этого, также рассматривается возможность развития специальных выделенных сетей сотовой связи для M2M в рамках полос частот 733–736/788–791 МГц. Стоит отметить, что до настоящего времени еще не до конца изучены проблемы совмещения сетей ЦТВ в полосе 470–694 МГц и сетей IMT в полосе 694–790 МГц. В частности, в рамках МСЭ-R были получены результаты, свидетельствующие о наличии проблем совместимости, но оценки частоты возникновения помех в различных исследованиях были различны. По этой причине при внедрении в РФ могут потребоваться дополнительные исследования и меры для контроля уровня помехового влияния. При этом будет интересен опыт стран, которые будут внедрять сети ПС в этой полосе частот. Возможность использования ПС в этой полосе частот также будет зависеть от объемов частотного ресурса, необходимого для перехода традиционного ЦТВ к форматам TBB4 и другим перспективным форматам в будущем, возможностей по оптимизации частотных планов ТВ-вещания после отключения аналогового ТВ, в том числе в приграничных районах России, и решения проблем электромагнитной совместимости.
	Сети мобильного широкополосного доступа IMT	
	Сети PPDR на базе выделенных сетей IMT	
	Сети M2M на базе выделенных сетей IMT	
863–875,6 МГц	M2M-применения	Различные полосы частот в данном диапазоне предполагается активно использовать для очень широкого класса применений M2M. Однако в Российской Федерации полосы частот и разрешенные характеристики во многом ограничены по причине ограничений со стороны РЭС различного назначения. С учетом массового рынка данных устройств и их безлицензионного обращения в странах Европы в будущем ожидается высокий спрос на их использование и в России.
915–921 МГц	M2M-применения	Данная полоса частот в первую очередь рассматривается как полоса расширения для RFID-меток. Тем не менее, в этой полосе частот ожидается использование и других, более универсальных систем M2M. Как и в основной полосе частот для многих M2M-применений 863–875,6 МГц в Российской Федерации, в полосе частот 915–921 МГц действуют ограничения со стороны РЭС различного назначения. аналогично с учетом массового рынка данных устройств и их безлицензионного обращения в странах Европы ожидается спрос для использования данной полосы частот для M2M-применений в будущем.

Табл. 7.2. Сводная потребность основных перспективных радиотехнологий в диапазоне 1-6 ГГц

Полосы частот	Применения	Комментарии
1427–1518 МГц	Сети мобильного широкополосного доступа IMT	Полоса частот 1452–1492 МГц в настоящее время определена для развития сетей LTE SDL в странах Европы. К данной полосе частот проявляется интерес и в других регионах мира. В рамках подготовки к ВКР-15 ряд стран и организаций выступили с предложением расширить данную полосу до 1427–1518 МГц. Окончательно границы полосы частот будут установлены на ВКР-15, но уже сейчас можно говорить о существенной поддержке полосы частот 1452–1492 МГц. В Российской Федерации полоса частот 1429–1535 МГц активно используется для воздушной телеметрии. Без проведения полноценной конверсии или сегментации данной полосы частот внедрения систем IMT в данной полосе частот в России представляется нереализуемым.
2700–2900 МГц	Сети мобильного широкополосного доступа IMT	Полоса 2700–2900 МГц с 2000 года рассматривается на ВКР для внедрения систем IMT на ВКР. В данный момент поддержка данной полосы частот все так же остается ограниченной, однако проводятся интенсивные исследования возможности сегментации данной полосы частот для высвобождения части частотного ресурса от действующих систем радиолокации. В Российской Федерации потенциал использования данной полосы частот для систем IMT также ограничен действующими системами радиолокации. В случае идентификации данной полосы частот для систем IMT на ВКР-15 целесообразно будет рассмотреть международный опыт совмещения систем IMT и радиолокации в данном диапазоне частот для возможного применения в России.
3400–3600 МГц	Сети мобильного широкополосного доступа IMT	Полоса частот 3400–3600 МГц была идентифицирована для систем IMT в ряде стран еще на ВКР-07, однако до сих пор не получила широкого распространения. Ожидается, что с ростом важности малых сот в системах IMT внедрение сетей IMT в данной полосе частот пойдет более интенсивно. В настоящее время число стран рассматривающих данную полосу частот для систем IMT, возросло по сравнению с ситуацией на ВКР-07, что может привести к ее идентификации на глобальной основе. В России полоса частот 3400–3600 МГц исторически использовалась и используется для ФСС, а также линий управления сетей ФСС, РСС, ПСС и ряда научных служб. В последние десятилетия в этой полосе частот была реализована сегментация и выделены полосы частот для фиксированного беспроводного доступа. В случае глобального развития систем IMT в данной полосе частот целесообразно использовать данное сегментирование и для сетей мобильного широкополосного доступа.
3600–3800 МГц	Сети спутниковой связи ФСС Сети мобильного широкополосного доступа IMT	Полоса частот 3600–3800 МГц уже определена для мобильного широкополосного доступа в странах Европы. Наличие разработанного стандарта и ожидаемый рост в развитии малых сот в сетях IMT привлекает дополнительную поддержку стран по идентификации данной полосы частот для IMT. Однако в основном поддержка сосредоточена в полосе частот 3600–3700 МГц, которая не используется для ФСС во многих регионах мира. Окончательное решение об идентификации данной полосы частот для систем на уровне МСЭ-R будет приниматься на ВКР-15. В Российской Федерации полоса частот традиционно используется для сетей ФСС. В настоящее время существенный интерес к развитию малых сот IMT в России отсутствует, но к 2025 году такая потребность может появиться. Тем не менее, реализация систем IMT в данной полосе частот в России может быть произведена только в ущерб сетям ФСС. Целесообразно искать альтернативные полосы частот для удовлетворения потребностей в спектре для систем IMT. Такими полосами могут быть полосы 4400–4500 МГц и 4800–4990 МГц.
4400–4500 МГц	Сети спутниковой связи ФСС Сети мобильного широкополосного доступа IMT	Полоса частот 4400–4500 МГц в настоящее время предложена для систем IMT Китаем и поддержана рядом азиатских стран для систем IMT. Относительно невысокая интенсивность использования данной полосы частот России РЭС различного назначения позволяет рассматривать ее в качестве полосы для развертывания малых сот IMT в будущем. Наличие поддержки азиатских производителей и крупных азиатских рынков позволит в достаточно короткие сроки провести стандартизацию и наладить массовый выпуск оборудования IMT в данной полосе частот. Решение об идентификации данной полосы частот для систем IMT будет рассматриваться на ВКР-15.
4800–4990 МГц	Сети мобильного широкополосного доступа IMT	Для полосы частот 4800–4990 МГц ситуация является аналогичной полосе частот 4800–4990 МГц.
5350–5470 МГц и 5470–5850 МГц	Сети мобильного широкополосного доступа Wi-Fi/RLAN и LTE LAA	Полосы частот в 5 ГГц являются безлицензионными в большинстве стран мира и активно используются для оборудования Wi-Fi. В частности, безлицензионными в ряде стран являются полосы частот 5150–5350 МГц и 5470–5850 МГц. С учетом повышенного спроса на сети Wi-Fi/RLAN в корпоративной среде, а также среди сотовых операторов, которые осваивают данные полосы частот для разгрузки традиционных диапазонов IMT, рассматривается вариант создания единого распределения 5150–5850 МГц. Ожидается, что сети Wi-Fi/RLAN будут полностью интегрированы в инфраструктуру сетей 5G, а также разрабатывается радиоинтерфейс LTE LAA для работы в безлицензионных полосах частот в 5 ГГц. В Российской Федерации только полоса частот 5150–5350 МГц может использоваться безлицензионно, что делает первоочередной задачей рассмотрение для Wi-Fi/RLAN сначала полосы частот 5470–5850 МГц, которая в настоящее время выделена для систем фиксированного беспроводного доступа. Решение по полосе 5350–5470 МГц во многом зависит от возможности совмещения систем Wi-Fi/RLAN со ССИЗ, которая является предметом рассмотрения ВКР-15 и, скорее всего, ВКР-19.

Решение проблем дефицита частотного ресурса для развития перспективных радиотехнологий в полосах частот 470–694 МГц и 694–790 МГц в первую очередь связано с отключением аналогового вещания и осуществлением перехода существующих сетей ЦТВ к формату ТВВЧ. От того, как и в каком объеме будет проведен данный переход к формату ТВВЧ, будет зависеть объем радиочастотного ресурса, который можно будет задействовать для других перспективных радиотехнологий, в том числе и для конвергентных сетей вещания на базе технологии LTE SDL/LTE Broadcast. При этом предполагается, что до 2025 года функцию доставки общедоступного ТВ-вещания населению будут нести сети наземного цифрового вещания системы DVB-T2, так как проникновение других платформ доставки ТВ-вещания к этому времени еще не достигнет достаточно высоких значений.

Диапазон от 1 ГГц до 6 ГГц также является востребованным многими перспективными радиотехнологиями, и что касается перспективных массовых радиотехнологий гражданского назначения, спрос в данном участке РЧС формируют в основном сети мобильного широкополосного доступа IMT, а также набирающие все большую популярность и важность как для простых пользователей, так и для операторов связи сети Wi-Fi(RLAN). В таблице 7.2 представлены основные полосы частот, к которым проявляется наибольший интерес со стороны данных применений. Ряд полос частот, которые также рассматривались в разделе 1, не представлены в таблице 7.2, так как на данный момент существует очень ограниченный интерес к их рассмотрению на международном уровне.

Как видно из таблицы 7.2, основные проблемы обеспечения частотным ресурсом перспективных радиотехнологий связаны с занятостью полос частот различными системами. И если в полосах частот 1427–1518 МГц и 2700–2900 МГц существуют

проблемы совместимости преимущественно с РЭС военного назначения, в полосах 3400–3600 МГц и 3600–3800 МГц наблюдается конкуренция сетей мобильного широкополосного доступа и сетей ФСС, которые активно используются на территории Российской Федерации. На данный момент существует лишь неполное решение данной проблемы путем частичной сегментации полосы частот 3400–3600 МГц по аналогии с действующей ситуацией с сетями фиксированного беспроводного доступа в данной полосе частот. Однако полное решение обеспечения частотным ресурсом сетей IMT для развертывания малых сот требует поиска альтернативных полос частот, в роли которых выступают полосы частот 4400–4500 МГц и 4800–4990 МГц. В случае, если в рамках подготовки к ВКР-15 удастся собрать широкую поддержку данных полос частот, возможна их идентификация для систем IMT. И хотя в данных полосах частот также присутствуют РЭС гражданского и военного назначения, ожидается, что внедрение систем IMT будет в гораздо меньшей степени ограничено, чем в полосах частот 3400–3600 МГц и 3600–3800 МГц.

Отдельно следует остановиться на полосах частот Wi-Fi/RLAN 5350–5470 МГц и 5470–5850 МГц. В последнее время полосы частот в диапазоне 5 ГГц, безлицензионные в большинстве стран мира, рассматриваются в качестве полос частот расширения для сетей 4G и 5G либо на базе радиоинтерфейса Wi-Fi, либо на базе специального радиоинтерфейса LTE LAA. И если полоса частот 5350–5470 МГц еще находится под вопросом для применения в сетях Wi-Fi из-за существенных проблем совмещения с ССИЗ, полоса частот 5470–5850 МГц уже используется во многих странах мира. В России полосам частот Wi-Fi для их безлицензионного использования исторически уделялось мало внимания. Данные полосы частот, как правило, выделялись для систем фиксированного беспроводного доступа. Исключением является полоса частот

5150–5350 МГц, выделенная в России для устройств малого радиуса действия. Однако с развитием проводных сетей, сетей 4G и 5G, такие сети фиксированного беспроводного доступа начинают играть все меньшую роль, в то время как спрос на использование Wi-Fi постоянно растет. По этой причине в перспективе целесообразно пересмотреть использование полосы частот 5470–5825 МГц для сетей Wi-Fi, а при принятии соответствующих международных решений расширить ее полосой 5350–5470 МГц. Наличие широкого участка спектра на безлицензионной основе должно дать толчок развитию широкополосной инфраструктуры сотовых операторов в дополнение к традиционным сетям сотовой связи.

Наконец, диапазон выше 6 ГГц представляет собой новую ступень в развитии гражданских систем. И хотя фиксированная и спутниковая связь гражданского назначения уже освоили многие полосы частот выше 6 ГГц, в следующем десятилетии ожидается увеличение интенсивности их использования, использование новых полос частот для существующих служб и, наконец, появление сетей 5G или сетей IMT-2020 в столь высоких диапазонах частот. В табл. 7.3 взят достаточно широкий взгляд на возможные полосы частот выше 6 ГГц для сетей 5G, который захватывает, в том числе, большинство полос частот ФС и спутниковых служб, что позволяет отразить развитие всех основных гражданских систем и указать на возможные сложности в их частотном обеспечении. Исключенными являются полосы частот, не имеющие ПС или ФС на первичной основе, а также полосы пассивных служб. В таблице также обозначена тенденция освоения ФС диапазонов выше 100 ГГц. Также в таблице 7.3 представлены уже востребованные полосы частот для ФСС, перспективные полосы частот для внедрения спутниковых сетей ФСС, ПСС и земных станций на подвижной платформе (ESOMP) в полосах частот ФСС.

Табл. 7.3. Сводная потребность основных перспективных радиотехнологий в диапазоне выше 6 ГГц

Полосы частот	Применения	Комментарии
5,925–8,5 ГГц	IMT-2020 ФС	Полосы частот 5,925-6,425 ГГц, 6,425-7,125 ГГц и 7,25-7,9 ГГц уже используются ФС, ФСС и другими службами.
10,0–10,45 ГГц	IMT-2020 ФС	Полоса частот 10.38-10.68 ГГц уже используется ФС и другими службами.
10,5–10,68 ГГц	IMT-2020 ФС	Данная полоса частот уже используется ФС и другими службами.
10,7–11,7 ГГц	IMT-2020 ФС ФСС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС, ФСС и другими службами.
11,7–12,5 ГГц	IMT-2020	Данная полоса частот используется различными службами, включая РвСС и другими службами.
12,75–13,25 ГГц	IMT-2020 ФС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС, ФСС и другими службами.
13,40–13,65 ГГц	ФСС	Данная полоса частот наиболее вероятна для нового распределения ФСС («космос – Земля») в Районе 1 на ВКР-15.
14,3–14,4 ГГц	IMT-2020	Данная полоса частот используется различными службами.
14,4–15,35 ГГц	IMT-2020 ФС ФСС	Полоса частот 14.5-15.35 ГГц уже используется ФС, а 14,4–14,8 ГГц ФСС. При этом на ВКР-15 рассматривается вопрос доопределения полосы 14,5–14,75 для ФСС («Земля – космос») или 14,85–15,10 ГГц («космос – Земля») в Районе 1.
17,7–19,7 ГГц	IMT-2020 ФС ФСС	Полоса частот уже используется для станций ФС, ФСС и другими службами. В данной полосе исследуется возможность применения земных станций на мобильной платформе (ESOMP), по которым уже есть ряд решений в странах Европы и в США.
21,2–23,6 ГГц	IMT-2020 ФС ПСС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС, а также есть распределение РвСС. В полосе частот 22–26 ГГц отдельные полосы радиочастот рассматриваются для спутникового сегмента широкополосных применений ПСС на ВКР-15.
24,25–25,25 ГГц	IMT-2020 ФС ПСС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС, ФСС и других службах. Также в диапазоне 22–26 ГГц отдельные полосы радиочастот рассматриваются для спутникового сегмента широкополосных применений ПСС на ВКР-15.
25,25–29,5 ГГц	IMT-2020 ФС ФСС/ПСС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС. Также в диапазоне 22–26 ГГц отдельные полосы радиочастот рассматриваются для спутникового сегмента широкополосных применений ПСС на ВКР-15. Полоса частот 27,5–29,5 ГГц уже используется ФСС. В полосе частот 27,5–30,0 ГГц исследуется возможность применения земных станций на мобильной платформе (ESOMP), по которым уже есть ряд решений в странах Европы и в США.
31,0–31,3 ГГц	IMT-2020	Данная полоса частот используется различными службами.
31,8–33,4 ГГц	IMT-2020	Данная полоса частот используется различными службами.
36,0–40,5 ГГц	IMT-2020 ФС ФСС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС. Полоса частот 37,5–40,5 ГГц распределена ФСС и предполагается её освоение в будущем.
40,5–42,5 ГГц	IMT-2020 ФС ФСС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС и распределена для ФСС, РвСС, предполагается её освоение в будущем.
42,5–47,0 ГГц	IMT-2020 ФС ФСС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС и распределена для ФСС, предполагается её освоение в будущем.
47,2–50,2 ГГц	IMT-2020 ФСС	Данная полоса частот распределена ФСС и предполагается её освоение в будущем.
50,4–52,6 ГГц	IMT-2020 ФС ФСС	Полоса частот 50,4-51,4 ГГц распределена ФСС и предполагается её освоение в будущем. Отдельные участки полосы рассматриваются для новых частотных планов ФС.
55,78–66,0 ГГц	IMT-2020/ WiGIG ФС	Полоса частот 57,2–62,25 ГГц уже используется для станций ФС. Полоса частот 57–66 ГГц предполагается к использованию на безлицензионной основе для систем WiGIG, которые войдут в сети 5G и могут быть дополнены новыми радиоинтерфейсами IMT.
66,0–71,0 ГГц	IMT-2020	Данная полоса частот используется различными службами.
71,0–76,0 ГГц	IMT-2020 ФС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС.
81,0–86,0 ГГц	IMT-2020 ФС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС.
92,0–94,0 ГГц	IMT-2020 ФС	Данная полоса частот уже используется для станций ФС.
94,1–100,0	IMT-2020 ФС	Полоса частот 94,1–95,0 ГГц уже используется для станций ФС.
Выше 100 ГГц	ФС	Диапазоны выше 100 ГГц изучаются для внедрения перспективных систем ФС

Перечисленные в табл. 7.3 полосы частот включают практически все существующие предложения по поиску радиочастотного спектра для сетей 5G, а также для спутниковых сетей ФСС, ПСС и земных станций на подвижной платформе (ESOMP) в полосах частот ФСС. Что касается сетей 5G в рамках работы ВКР-15 по постановке нового пункта повестки дня ВКР-19, данный перечень предполагается сократить для минимизации объемов исследований (возможно, при сокращении также появятся и дополнительные полосы, не показанные в таблице). На самой же ВКР-19 предполагается найти всего несколько диапазонов частот для сетей 5G, которые можно было бы гармонизировать среди максимального числа регионов, а желательно глобально. Стоит обратить внимание на существующие распределения ФС и ФСС в рассматриваемых полосах частот, которые также являются перспективными радиотехнологиями и будут развиваться в ближайшее десятилетие.

С точки зрения развития спутниковых сетей сети 5G или IMT-2020 представляют существенную проблему в случае идентификации полос частот, уже освоенных и осваиваемых ФСС, в диапазонах Ku- и Ka- диапазонах. Однако рассмотрение полос частот в диапазоне V (40/50 ГГц) может в будущем воспрепятствовать фактическому освоению данных полос частот для спутниковых применений (у АС России есть зарегистрированные заявки в этих полосах частот). Стоит отметить, что для направления «космос – Земля» проблема совместимости в основном является национальным вопросом и страна может самостоятельно устанавливать приоритет между ФСС и ПС. Однако для направления «Земля – космос» контроль помех становится затруднительным, так как помеха со стороны ПС становится агрегированной. Такой тип помех практически

невозможно координировать в рамках сложившихся процедур в МСЭ-R.

В полосах ФС внедрение сетей 5G или IMT-2020 в зависимости от диапазона и интенсивности использования ФС. Так, традиционные диапазоны ФС ниже 40 ГГц, которые в настоящее время уже перегружены в крупных городах, будет затруднительно быстро и эффективно высвободить для сетей 5G. В более высоких диапазонах частот, а также в диапазонах частот ниже 40 ГГц, где развитие ФС после 2020-го будет незначительным, существует возможность распределения спектра блоками для операторской деятельности. При этом в рамках 5G рассматривается создание гибридных радиоинтерфейсов в верхних диапазонах частот, которые могли бы одновременно служить и транспортными сетями, заменяя ФС, а также обслуживать конечных абонентов в рамках ФС.

Таким образом, основная работа по определению конкретных диапазонов частот для сетей 5G будет проводиться в преддверии ВКР-19. Данные исследования должны будут принимать во внимание текущие и будущие потребности сетей ФСС, а также возможности по совмещению или конвергенции с ФС в некоторых диапазонах частот. Однако для обеспечения максимально глобальной гармонизации сетей 5G желательно избегать выбора диапазонов частот, активно используемых или планируемых к интенсивному освоению ФС и ФСС.

7.2 КОМПЛЕКСНЫЕ МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОТРЕБНОСТИ В РАДИОЧАСТОТНОМ РЕСУРСЕ

Для обеспечения указанных выше потребностей перспективных радиотехнологий в радиочастотном спектре во всех диапазонах ниже 1 ГГц, от 1 ГГц до 6 ГГц и выше 6 ГГц необходимо создать правовые условия и меры для возможности долгосрочного планирования перспектив-

ного использования радиочастотного спектра.

В ряде исследований, проведенных ФГУП НИИР в рамках конверсии РЧС⁴³, было показано, что реализация долгосрочного планирования перспективного использования радиочастот в России не может быть осуществлена в полной мере, прежде всего, ввиду следующих обстоятельств:

- отсутствия эффективной централизованной государственной (а не межведомственной коллегиальной) системы управления РЧС;
- отсутствия закона прямого действия «Об использовании РЧС»;
- отсутствия возможности инвентаризации реального использования частотного ресурса РЭС специального и военного назначения;
- отсутствия единой базы данных о номиналах радиочастот, действующих РЭС гражданского, специального и правительственного назначения.

В соответствии с национальным законодательством основными документами, определяющими текущее и перспективное использование РЧС, являются Таблица распределения полос частот между радиослужбами в Российской Федерации и План перспективного использования радиочастотного спектра радиоэлектронными средствами. Эти документы формировались и действовали на протяжении многих десятилетий в условиях, определенных указанными выше обстоятельствами, имеют как открытые, так и закрытые для широкого доступа разделы. Вследствие этого разделы документов, определяющие сроки прекращения использования действующих РЭС и радиотехнологий и сроки начала использования перспективных РЭС и радиотехнологий, не определены вообще или формально обозначены, например, как «в соответствии со сроком амортизации» или «после завершения срока амортизации».

⁴³ Отчеты по НИР «Разработка Плана проведения конверсии радиочастотного спектра в Российской Федерации до 2012 года с учетом интересов обороноспособности и безопасности Российской Федерации», НИИР, М., 2006, и «Разработка территориально-временного плана конверсии радиочастотного спектра с учетом развития перспективных радиотехнологий в Российской Федерации», НИИР, М., 2010.

Естественно, что подобные документы, даже при условии их полной открытости, не отвечают их предназначению.

Таким образом, основными условиями для обеспечения возможности долгосрочного планирования перспективного использования радиочастот являются:

1. Модернизация и приведение в соответствие с современными стандартами структуры и методов работы органов государственного управления РЧС в России. Повышение статуса и роли Государственной комиссии по радиочастотам, изменение регламента ее работы в целях обеспечения возможности принятия ею любых решений, способствующих повышению эффективности использования РЧС и возможности обоснованного долгосрочного планирования использования спектра и его конверсии.

2. Разработка и принятие закона прямого действия «Об использовании РЧС» и закрепление в данном законе положений, определяющих:

- функции единой государственной радиочастотной службы;

- сферы действия административных и экономических методов управления РЧС;
- объемы и динамику изменения использования частотного ресурса в интересах правительственных и гражданских пользователей;
- правовые и финансовые механизмы обеспечения проведения конверсии и перераспределения спектра;
- меры по стимулированию эффективного использования частотного ресурса.

3. Выработка общей государственной политики регулирования использования РЧС как ограниченного общенационального ресурса, определяющей:

- принципы перспективного планирования использования радиочастотного спектра с учетом потребностей всех групп пользователей РЧС;
- порядок и сроки рассмотрения и утверждения основных документов, определяющих текущее

и перспективное использование РЧС;

- порядок учета и контроля реального использования частотного ресурса, в том числе, РЭС специального и военного назначения, в целях обеспечения прозрачности назначения радиочастот, возможности конверсии и перераспределения спектра в интересах социально-экономического развития страны;
- меры по гармонизации распределения и либерализации управления использованием РЧС, обеспечивающие сближение распределений полос радиочастот в странах одного региона в целях глобализации рынков и ускорения внедрения передовых радиотехнологий, а также повышение гибкости использования РЧС, внедрение принципа технологической нейтральности, возможности динамического распределения частотного ресурса, расширение нелицензируемых полос радиочастот и другие меры.

Ассоциация
пользователей национальным радиочастотным ресурсом
(НАЦИОНАЛЬНАЯ РАДИОАССОЦИАЦИЯ)

Москва
2015

Ассоциация пользователей национальным радиочастотным ресурсом – НАЦИОНАЛЬНАЯ РАДИОАССОЦИАЦИЯ

некоммерческая общественная организация, созданная в 1997 году при поддержке Государственной комиссии по радиочастотам.

Ассоциация объединяет усилия операторов телекоммуникационных систем, разработчиков и производителей радиоэлектронного оборудования для совместного решения проблем использования радиочастотного спектра и внедрения перспективных технологий в условиях интенсивного роста потребностей населения в современных услугах, техническую основу которых составляют радиоэлектронные средства.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Координация деятельности членов Ассоциации, имеющая целью рациональное использование радиочастотного спектра.
- Представление интересов членов Ассоциации в органах законодательной и исполнительной власти при рассмотрении вопросов использования радиочастотного спектра, участие в формировании национальной технической политики в области использования радиочастотного спектра.
- Участие в разработке нормативно-правовых документов, регламентирующих порядок и процедуры доступа к радиочастотному ресурсу.
- Организация и проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ, направленных на решение задач совершенствования использования радиочастотного спектра.

