

Справочник по внедрению сетей и систем цифрового наземного телевизионного вещания

Издание 2016 года

Справочник по внедрению сетей и систем цифрового наземного телевизионного вещания

Издание 2016 года

МСЭ-R

Предисловие редакторов

В 2002 году МСЭ опубликовал свой первый Справочник по цифровому наземному телевизионному вещанию – "Цифровое наземное телевизионное вещание в диапазонах ОВЧ/УВЧ"[1] – в качестве руководства для инженеров, отвечающих за внедрение цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ). В этом Справочнике подробно объясняются новые технологии цифрового радиовещания, например можно отметить прекрасное описание кодирования с дискретным косинусным преобразованием (DCT), которое служит основой всех прежних и нынешних систем сжатия ТВ-сигналов, а также очень полезную главу о суммировании мощности сигналов.

Бóльшая часть этого контента в настоящем новом Справочнике по внедрению сетей и систем цифрового наземного телевизионного вещания не повторяется. Поэтому версия 1.01, опубликованная МСЭ в 2002 году, не утратила своего значения и к ней по-прежнему следует обращаться за справками.

Начиная с 2002 года ЦНТВ развивается очень быстрыми темпами не только в техническом, но и в регуляторном аспектах. Например, на рубеже веков группа MPEG только начала разрабатывать схему сжатия MPEG-4, а технология HEVC вообще не была известна. В 2004 и 2006 годах в Женеве состоялись две сессии важной Региональной конференции радиосвязи МСЭ (РКР-06), на которой был согласован новый частотный план цифрового радиовещания в Районе 1 (кроме Монголии) и Иране. Данная Конференция приняла решение о том, что для всех УВЧ-станций переходный период от аналогового на цифровое вещание продолжится до 15 июня 2015 года. Сегодня большинство развитых стран уже внедрили цифровое телевизионное вещание и завершили работу своих служб аналогового телевидения. Однако многие развивающиеся страны только начали этот процесс.

Последующие ВКР определили новый спектр частот для подвижной службы в традиционных полосах УВЧ-радиовещания. Следовательно, спектр частот для наземного телевизионного радиовещания, а также для служб, вспомогательных по отношению к производству программ или радиовещанию (SAP/SAB), в рамках существующих полос УВЧ-радиовещания сузился. Схемы передачи и сжатия сигналов с более эффективным использованием спектра могут лишь частично компенсировать это сужение, поскольку новые требования повышенного разрешения, такие как ТВЧ и ТСВЧ, предполагают значительно более высокие скорости передачи данных. Кроме того, может потребоваться передача значительного массива данных для новых форматов многоканального звука. То же относится и ко все возрастающему объему метаданных и услуг доступа.

Сегодня с развитием широкополосных IP-сетей (проводных и беспроводных) обычным явлением стала функция интерактивности. Большинство современных телевизионных приемников в дополнение к традиционному антенному входу для цифрового наземного, спутникового и/или кабельного телевидения оснащены интерфейсом DSL или Wi-Fi.

В настоящем новом Справочнике МСЭ, озаглавленном "Справочник по внедрению сетей и систем цифрового наземного телевизионного вещания", основное внимание уделяется указанным новым разработкам за последние 15 лет. В этом смысле он дополняет Руководящие указания МСЭ-D по переходу от аналогового к цифровому радиовещанию[2], в которых используется техническая, эксплуатационная и процедурная информация Сектора радиосвязи МСЭ и которые в первую очередь ориентированы на переход от аналогового к цифровому телевидению в развивающихся странах.

---

[1] **МСЭ-R**, *Справочник по ЦНТВ – Цифровое наземное телевизионное вещание в диапазонах ОВЧ/УВЧ, версия 1.01*, см. https://www.itu.int/pub/R-HDB-39.

[2] **МСЭ-D**, *Руководящие указания по переходу от аналогового к цифровому радиовещанию*, см. https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/Documents/AtoDguidelinesV3.pdf.

В разработке этого нового Справочника принимали участие многие специалисты Рабочей группы 6A МСЭ-R (Наземная доставка радиовещательных программ) и ее основной 6-й Исследовательской комиссии МСЭ-R (Вещательные службы). Имена этих участников перечислены в разделе "Выражения признательности".

Однако одного замечательного специалиста нужно упомянуть здесь особо за его выдающуюся преданность делу: выражаем огромную благодарность основному автору – профессору Олегу Гофайзену (Украина), который возглавлял процесс написания этого Справочника и неустанно работал вплоть до его завершения.

6-я Исследовательская комиссия утвердила этот новый Справочник на своем собрании 28 октября 2016 года.

Основная редакционная группа: Кристоф Дош, Дэвид Хемингуэй и Валид Сами
Женева, октябрь 2016 года

Выражения признательности

Для составления настоящего Справочника Рабочая группа 6A учредила специальную группу докладчиков под председательством профессора Олега Гофайзена (Украина), который неустанно трудился на протяжении нескольких лет, собирая многочисленные вклады в проект Справочника. РГ 6A рассмотрела этот проект на своем собрании в январе-феврале 2016 года. Была сформирована группа, работающая по переписке, задачей которой была окончательная доработка данного Справочника к собранию РГ 6A, которое состоялось в октябре 2016 года. Группу, работающую по переписке, возглавляли Кристоф Дош (бывший председатель 6-й Исследовательской комиссии, а в настоящее время заместитель председателя 6-й Исследовательской комиссии) и Дэвид Хемингуэй (Би-би-си, заместитель председателя Рабочей группы 6A) при содействии Валида Сами (EPC, заместитель председателя 6-й Исследовательской комиссии и Рабочей группы 6A). К этой работе присоединились дополнительные участники.

Ниже приведен список специалистов, которые внесли свой вклад в этот Справочник и которым следует выразить особую благодарность.

Имя	**Организация/администрация**
Д-р Абдулла Салех АЛАРАИМИ	Оман
Д-р Пабло АНГУЕРА БУСЕТА	Испания
Д-р Владимир БАЛЯР	Украина
Г-н Витторио БАРОНЧИНИ	Италия
Г-н Иштван БОЖОКИ	МСЭ-D
Г-н Роджер БАНЧ	Австралия
Г-н Хосе Рамон КАМБЛОР	Министерство промышленности, энергетики и туризма, Испания
Г-н Перес ДЕ ЛЕМА	Испания
Г-н Кристоф ДОШ	IRT
Д-р Чарльз ЭЙНОЛФ	CBS
Д-р Джозеф ФЛАЭРТИ	США
Профессор Олег ГОФАЙЗЕН	Украина
Д-р Давид ГУЕРРА ПЕРЕДА	Университет Страны Басков
Г-н Жан-Жак ГИТО	Франция
Г-н Фам ХАИ	МСЭ-R
Г-н Дэвид ХЕМИНГУЭЙ	Би-би-си
Д-р Сюдзи ХИРАКАВА	Япония
Г-н Клаус ХУБЕР	LS Telcom
Г-н Марк ДЖОРДАН	Arqiva
Д-р Алина КАРВОВСКА-ЛАМПАРСКА	Польша
Д-р Александр ХОЛОД	Швейцария
Г-жа Кён-Ми КИМ	Корея
Г-жа Лючия-Луиза ЛА-ФРАНЧЕСКИНА	Rai Way SpA
Г-н Стефан МЕБАЛИЙ ЭКОМ	Франция
Д-р Альберто МОРЕЛЛО	RAI
Г-н Амир Хасан НАФЕЗ	Иран
Г-н Акира НЕГИШИ	NHK
Г-н Юкихиро НИШИДА	Япония
Г-н Кёнсок О	Корея (TTA)

Имя	Организация/администрация
Г-н Ларри ОЛСОН	США
Профессор ПАНЬ Чанюн	Университет Цинхуа, Китай
Г-н Ролли ПУРНОМО	Индонезия
Г-н Ари РЕФИК	TDF
Д-р Валид САМИ	EPC
Г-н Эли СОФЕР	Израиль
Г-н Супатрасит СУАНСУК	NBTC, Таиланд
Г-жа Сато ТЕЛЕМИ	IRT
Г-жа Анна-Лиза ТИБЛЕМОН	Qualcomm
Г-н Кенго ЦУДА	NHK
Г-н Альо ВАН ДИЙКЕН	Нидерланды
Д-р Мануэль Мария ВЕЛЕС ЭЛОРД	Испания
Г-н Тобиас ВИРАКЕР	IRT
Д-р Дэвид ВУД	EPC
Г-жа Норафида ЮСОФ	Малайзия
Г-н Хуан ЗАПАТА	Колумбия

Также большая благодарность выражается всем остальным членам 6-й Исследовательской комиссии, бывшим и действующим, которые внесли свой вклад – прямой и косвенный – в этот Справочник.

Особой благодарности заслуживает профессор Марк Кривошеев (Российская Федерация), почетный председатель ИК6, за его постоянное руководство на протяжении всего процесса разработки Справочника.

Правовая оговорка

Мнения, выраженные в настоящей публикации, – это мнения редакторов и авторов, не обязательно отражающие точку зрения МСЭ. Настоящая публикация предназначена только для информационных целей. Несмотря на то что были приложены все усилия для изложения четкой и точной информации, ни МСЭ, ни соавторы этого Справочника не несут ответственность ни за какие решения или инвестиции, принятые или сделанные на основе настоящего Справочника.

ПРЕДИСЛОВИЕ – КАКОВЫ ЦЕЛИ ЭТОГО СПРАВОЧНИКА

Целью данного Справочника является оказание помощи по техническим вопросам и вопросам эксплуатации, таким как сети и системы, качество звука и изображения и качество передачи, а также по другим вопросам, представляющим интерес с точки зрения внедрения цифрового наземного телевизионного вещания (от мультимедийных систем до ТСВЧ) в разных странах. Настоящий Справочник учитывает прогресс и конвергенцию технологий, различных условий для производства, первичного и вторичного распределения радиовещательных программ, а также опыт в области обеспечения качества обслуживания ЦНТВ.

А более подробно в этом Справочнике рассматриваются:

1) технические аспекты внедрения цифрового наземного и мультимедийного радиовещания;
2) сведения по стандартизованным системам радиовещания в сетях цифрового наземного и мультимедийного радиовещания и некоторые руководящие указания по их внедрению;
3) ссылки на нормативные документы (стандарты, технические спецификации, отчеты, рекомендации и другие документы), важные в отношении основной полосы (для передачи аудио- и видеоданных) и качества передачи, а также в отношении услуг ЦНТВ, включая интерактивное телевидение и услуги доступа;
4) использование систем ЦНТВ в области электронного сбора новостей и вклада в аудиовизуальный контент.

Содержание Справочника структурировано следующим образом.

ЧАСТЬ 1 – СЕТЕВЫЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

В главе 1 "**Общие аспекты цифрового телевизионного вещания**" освещаются общие аспекты, концепции и тенденции в области технологий цифрового телевизионного вещания. Эта глава полезна для определения общих стратегий разработки и внедрения цифровых наземных телевизионных и мультимедийных систем и технологий.

В главе 2 "**Стратегии внедрения ЦНТВ**" приводятся конкретные стратегии внедрения цифрового наземного телевидения, включая информацию о соответствующих схемах распределения сигнала, таких как кабельное телевидение или спутниковое радиовещание, стоимость реализации сетей наземного радиовещания, совместное использование спектра с другими радиослужбами и т. д.

Глава 3 "**Требования к реализации сетей цифрового наземного телевизионного вещания**" содержит описание требований к наземным сетям радиовещания со стороны пользователей, служб и спектра (функциональные возможности для пользователя, параметры, связанные с требованиями пользователя, набор услуг, элементы качества обслуживания, использование частот и т. д.).

Глава 4 "**Планирование радиовещательной сети**" определяет архитектуры радиовещательных сетей и основные аспекты наземных радиовещательных сетей (модель сети, влияние выбора параметров системы цифрового наземного телевизионного радиовещания на архитектуру сети, структура сети для разных режимов использования частот и т. д.).

Глава 5 "**Совместное использование частот и защита**", в частности, касается помех, испытываемых ЦНТВ со стороны других служб и систем, а также помех, которые ЦНТВ может создавать другим службам в полосе частот или в соседних полосах.

Глава 6 "**Приграничная координация**" содержит информацию о присвоении и выделении частот, используемых для частотного планирования радиовещательных сетей, а также о процедурах координации в наземных сетях; в ней описываются основные параметры, процедуры и подходы, используемые для планирования наземных радиовещательных сетей.

Глава 7 "**Качество обслуживания для вещательного телевидения**" содержит руководящие указания по рассмотрению сквозного качества на уровне радио- и промежуточных частот. Вопросы качества сигнала основной полосы рассматриваются в главе 12, требования к скорости передачи аудиовизуальных данных см. в главе 3.

В главе 8 "**Помощь со стороны спутников**" показано, как можно использовать спутники для передачи сигналов в наземные сети и их поддержки в целях предоставления услуг телевидения и мультимедийного радиовещания.

ЧАСТЬ 2 – СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

Глава 9 "**Системы цифрового наземного телевизионного вещания**" содержит структурированную информацию об архитектурных моделях, ключевых технологиях, физических и канальных уровнях, рабочих характеристиках систем и бюджетах линий систем цифрового наземного телевизионного вещания (ATSC, ISDB-T, DTMB, DVB-T, DVB-T2), а также о так называемых мультимедийных радиовещательных системах, например T-DMB, ISDB-T, DVB-H, ATSC-M/H или DVB-T2 Lite. Кроме того, представлены элементы системного уровня цифровых систем радиовещания (методы мультиплексирования услуг, информация об услугах, стек протоколов, методы передачи данных и услуг по цифровым наземным и мультимедийным системам, транспортные интерфейсы и т. д.).

Глава 10 "**Интерактивность и совместная работа систем ЦНТВ и нерадиовещательных систем**" охватывает технологии интерактивного телевидения через наземную среду, предоставляя информацию по аспектам интерактивности, моделям систем, системам IBB (HbbTV, Hybridcast и др.) и по реализациям канала наземного взаимодействия, а также отражает общие тенденции и подходы к взаимосвязи радиовещательных и нерадиовещательных (в частности широкополосных) технологий в отношении применения, сетей и уровней обслуживания.

Глава 11 "**Условный доступ и защита контента в цифровом телевизионном вещании**" содержит общие определения и подходы к реализации условного доступа и защиты контента в цифровом телевизионном вещании.

Глава 12 "**Качество сигнала основной полосы частот**" определяет качество обслуживания для применений вещательного телевидения и, в частности, содержит информацию по определениям качества, требованиям к качеству, оценке качества/оценке при сжатии сигналов и их передаче в различных примерах телевизионных систем.

В главе 13 "**Приемники цифрового ТВ**" рассматриваются требования к приемникам ЦНТВ потребительского типа, включая вопросы промежуточного программного обеспечения и функциональных возможностей технологии гибридной широкополосной трансляции телевидения.

В *главе 14* "**Аспекты доступности**" описываются системы доступа к ЦНТВ, предназначенные для лиц с ограниченными возможностями и других групп с особыми потребностями.

ЧАСТЬ 3 – АСПЕКТЫ ДОСТАВКИ МАТЕРИАЛОВ И ЭЛЕКТРОННОГО СБОРА НОВОСТЕЙ ПРИ ЦИФРОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОГРАММ

В *главе 15* "**Системы доставки видеоматериалов и сбора новостей**" рассматриваются вопросы классификации, концепции, частота и требования пользователей в отношении внешнего производства и сбора новостей для ТСЧ, ТВЧ или ТСВЧ, а также описываются некоторые стандарты передачи для их каналов доставки.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ЧАСТЬ 1 – СЕТЕВЫЕ АСПЕКТЫ 1

ГЛАВА 1 – Общие аспекты цифрового телевизионного вещания 3

1.1 Выявленные тенденции в области ЦНТВ 3

1.2 Радиовещание основано на функциональной совместимости 3

1.3 ЦНТВ в медийной среде 4

1.4 Непрерывное развитие ЦНТВ 4

1.5 Модель ЦНТВ МСЭ 5

ГЛАВА 2 – Стратегия внедрения ЦНТВ 9

2.1 Факторы, подлежащие рассмотрению при внедрении ЦНТВ 9

2.2 Затраты на построение сети и ее конфигурация 13

2.3 Внедрение ЦНТВ с объединением различных конфигураций сети 14

2.4 Совместное использование спектра радиовещательными и нерадиовещательными службами 14

2.5 Заключение 14

ГЛАВА 3 – Требования к реализации сетей цифрового наземного телевизионного вещания 17

3.1 Введение 17

3.2 Требования пользователей и требования к обслуживанию 17

3.3 Требования к спектру 24

3.4 Требования к приемникам 25

ГЛАВА 4 – Планирование радиовещательной сети 27

4.1 Цифровые наземные телевизионные сети 27

4.2 Основные термины и определения 27

4.3 Соображения, касающиеся сети ЦНТВ, – физический уровень и параметры 32

4.4 Планирование радиовещательной сети 34

4.5 Зона покрытия радиовещательной сети 35

4.6 Планирование в сети МЧС 48

4.7 Планирование в сети ОЧС 52

Приложение 1 к главе 4 – Эталонные конфигурации планирования и эталонные сети в Соглашении GE06 59

Приложение 2 к главе 4 – Примеры сценариев реализации 67

Стр.

ГЛАВА 5 – Совместное использование частот и защита 87

5.1 Введение 87

5.2 Категории помех 87

5.3 Источники общих технических характеристик и критериев для совместного использования частот 88

5.4 Справочные материалы, относящиеся к совместимости между ЦНТВ и подвижной службой 89

5.5 Справочные материалы, относящиеся к другим проблемам совместимости с участием ЦНТВ 90

5.6 Информация о фактическом совместном использовании частот системами ЦНТВ и SAB/SAP 91

ГЛАВА 6 – Приграничная координация 93

6.1 Процедуры координации 93

6.2 Примеры координации 95

ГЛАВА 7 – Качество обслуживания для вещательного телевидения 103

7.1 Обзор. Цепочка прохождения сигналов в системе ЦНТВ 103

7.2 Примеры спецификаций для обеспечения качества обслуживания 104

7.3 Измерения для контроля QoS 105

7.4 Примеры качества передачи в цифровом телевидении 106

7.5 Резервирование как средство поддержания QoS 106

ГЛАВА 8 – Помощь со стороны спутников 109

8.1 Введение 109

8.2 Спутники в качестве фидерных линий для сетей наземного телевизионного вещания 109

8.3 Использование спутников в качестве обратных IP-каналов для интерактивного телевидения 110

8.4 Совместное использование наземного и спутникового радиовещания 110

ЧАСТЬ 2 – СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ 113

ГЛАВА 9 – Системы цифрового наземного телевизионного вещания 115

9.1 Технологии радиовещательных систем 115

9.2 Передающие системы цифрового наземного телевизионного и мультимедийного радиовещания 146

9.3 ATSC 148

9.4 DVB-T и DVB-T2 161

Стр.

9.5 ISDB-T 208
9.6 DTMB и DTMB-A 225
9.7 T-DMB 241
9.8 RAVIS 246
9.9 MediaFLO 253

ГЛАВА 10 – Интерактивность и совместная работа систем ЦНТВ и нерадиовещательных систем 261
10.1 Общие аспекты и возможности совместной работы 261
10.2 Совместная работа на уровне услуг 261
10.3 Общие технические схемы 263
10.4 Совместная работа на сетевом уровне 263
10.5 Подробнее об интерактивном телевидении 265

ГЛАВА 11 – Условный доступ и защита контента в цифровом телевизионном вещании 269
11.1 Общие положения 269
11.2 Подходы к внедрению CAS 270
11.3 Защита контента и управление копиями 273

ГЛАВА 12 – Качество сигнала основной полосы частот 275
12.1 Введение 275
12.2 Объективная оценка качества для систем сжатия в цифровом телевидении 276
12.3 Субъективная оценка качества для систем сжатия в цифровом телевидении 278

ГЛАВА 13 – Приемники цифрового ТВ 283
13.1 Общие аспекты в отношении приемников ЦНТВ 283
13.2 Требования к приемникам ЦНТВ 283
13.3 Промежуточное ПО для приемников ЦТВ 288
13.4 Интегрированная вещательная широкополосная система 289

ГЛАВА 14 – Аспекты доступности 293
14.1 МСЭ и необходимость доступа к услугам 293
14.2 Доступность услуг, относящихся к телевизионному вещанию 294
14.3 Услуги доступа, основанные на обработке в приемнике, по сравнению с услугами доступа на основе радиовещательных передач 295
14.4 Использование субтитров/скрытых субтитров 295
14.5 Особо важное значение систем IBB (интегрированная вещательная широкополосная система) 296

Стр.

14.6 Производство услуг доступа – некоторые аспекты 299

14.7 Выводы 299

ЧАСТЬ 3 – АСПЕКТЫ ДОСТАВКИ МАТЕРИАЛОВ И ЭЛЕКТРОННОГО СБОРА НОВОСТЕЙ ПРИ ЦИФРОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОГРАММ 301

ГЛАВА 15 – Системы доставки видеоматериалов и сбора новостей 303

15.1 Введение 303

15.2 Наземные системы сбора новостей и доставки видеоматериалов 306

Список сокращений 327

ЧАСТЬ 1

СЕТЕВЫЕ АСПЕКТЫ

Введение в часть 1

Цифровое наземное телевизионное вещание (ЦНТВ) – это наиболее динамично развивающаяся и технически сложная среда распространения ТВ-контента. Традиционно телевизионное вещание обслуживало стационарные домашние приемники. Сегодня пользователи требуют информационно-развлекательных программ, доступных в любом месте, в любое время и на любом устройстве, по возможности в интерактивном режиме и с максимально возможным качеством обслуживания. Современные концепции радиовещания пытаются удовлетворить эти требования, а это возможно только с помощью цифровых технологий. Цифровое наземное радиовещание может быть рассчитано на работу с антеннами на крыше, а также с компактными антеннами, встроенными в портативные устройства и предназначенными для мобильного приема. В случае стихийного бедствия устройства, не зависящие от крупных антенных установок, с большей вероятностью будут продолжать обслуживать население, чем, например, спутниковое телевидение, которое рассчитано на использование параболических антенн.

Зоны обслуживания в планах наземного радиовещания зачастую ограничиваются помехами. Помехи создают соседние радиовещательные передатчики, работающие в том же или смежном каналах, и передатчики других служб. Наземное радиовещание требует тщательного планирования частот, чтобы оптимально использовать имеющийся частотный спектр.

При проектировании и построении сетей наземного телевизионного радиовещания необходимо учитывать вышеупомянутые факторы. Информация, приведенная в части 1, позволит администрациям и радиовещательным компаниям, переходящим от аналогового на цифровое наземное радиовещание или находящимся в процессе внедрения цифрового наземного телевизионного вещания, выбрать наиболее эффективный способ реализации в соответствии с их индивидуальными требованиями и в максимально возможной степени использовать преимущества цифровых технологий с точки зрения ресурсов спектра, качества сигнала и стоимости внедрения. Эти вопросы рассматриваются в части 1 настоящего Справочника.

ГЛАВА 1

Общие аспекты цифрового телевизионного вещания

Цифровое радиовещание – это технология радиовещания, основанная на передаче аудиовизуальной медиаинформации посредством потоков битов. Радиовещательный сигнал состоит из видеоданных, аудиоданных, а также включает в себя такие услуги передачи данных, как телетекст, субтитры (скрытые титры) или электронная программа телепередач (EPG). Кроме того, передаются описательные и технические метаданные для идентификации программ и выбора конфигурации приемника (например, сведения о радиовещательной станции, применяемых системах сжатия видео- и аудиоданных, расположении звуковых каналов или управляющих данных для интерактивных функций, формате кадра и многие другие сведения). В радиовещательный мультиплексированный сигнал также могут быть включены услуги доступа, такие как голосовое описание или видеоинформация сурдоперевода. В современном радиовещании используется ряд технологий, которые в совокупности позволяют создавать радиовещательный сигнал и доставлять его конечным пользователям[3].

1.1 Выявленные тенденции в области ЦНТВ

Медиатехнология продолжает развиваться в ответ на меняющиеся потребности и желания потребителя, а также благодаря исследованиям и разработкам. Если мы хотим служить обществу, мы должны уважать и соотносить эти два элемента друг с другом [1.1].

Какой именно из достаточно привлекательных для покупки продуктов выберет потребитель, зависит от ряда факторов. Это доступные типы контента, абсолютная стоимость, доходы пользователя, удобство эксплуатации оборудования и услуг (они должны быть простыми для конечного пользователя!), а также дополнительные устройства к телевизионному вещанию – другие средства доставки, способные использовать оборудование и поддерживать его.

1.2 Радиовещание основано на функциональной совместимости

Одной из важных концепций радиовещания является функциональная совместимость. Разные системы или элементы систем могут быть взаимосвязаны друг с другом, если они совместимы, то есть используют согласованные интерфейсы. Таким образом системы цифрового телевидения состоят из двух основных компонентов:

– общие элементы – это элементы, которые применяются независимо от системы доставки (наземная, кабельная, спутниковая и т. д.). Они могут использовать общее аппаратное и программное обеспечение и упрощают и удешевляют создание поддерживающих разные системы приемников доставки программ. Ярким примером таких общих технологий служат системы сжатия видео- и аудиосигналов;

– элементы для конкретных применений – это специфические элементы, например модуляторы и демодуляторы для спутникового и наземного телевидения.

Другое требование к радиовещанию заключается в том, чтобы оно предоставляло потребителям медиаинформацию с разным уровнем качества. Примером может служить переходный этап от телевидения стандартного качества к ТВЧ. Такие сигналы ТВЧ могут использовать новейшие, более

---

[3] Традиционно МСЭ-R выпускает отдельные Рекомендации для телевизионного и мультимедийного вещания. Это было обусловлено тем, что для вещания на портативные и мобильные устройства характерны низкие скорости передачи данных и, следовательно, более низкое качество видео- и аудиосигналов, чем для телевидения, предназначенного для стационарного приема. Сегодня пропускная способность сетей электросвязи повысилась, и любые карманные устройства могут отображать высококачественный аудиовизуальный контент. Таким образом необходимость различать телевизионное и мультимедийное вещание отпадает.

эффективные по использованию спектра, но несовместимые схемы кодирования. Они могут также одновременно передаваться в версии программы обычного качества, чтобы обслуживать как обычные, так и ТВЧ-приемники.

Это не единственно возможный сценарий будущего вещания в формате ТВЧ, но это разумное предположение ввиду продолжающейся эволюции методов кодирования.

1.3 ЦНТВ в медийной среде

Услуги ЦНТВ вводятся параллельно с другими средствами доставки программ, такими как спутниковое телевидение, кабельное телевидение или IPTV (онлайн-телевидение с доставкой по управляемым широкополосным сетям), а также потоковыми услугами в открытом интернете (часто называемые OTT (Over-the-Top) ТВ или онлайновым ТВ). Спутниковое и кабельное телевидение обычно обеспечивает больше телевизионных каналов, чем ЦНТВ, благодаря большей пропускной способности канала (в случае спутникового ТВ) и более широкому спектру частот кабельного ТВ. Теоретически при использовании IPTV или потоковой передачи через открытый интернет количество доступных ТВ-программ не ограничено. Несмотря на меньшую емкость, ЦНТВ обычно считается наиболее важной технологией для будущего телевизионного вещания. В **Меморандуме о взаимопонимании Инициативы наземного телевидения** (издан FOBTV) [1.3] говорится:

"Наземное вещание имеет исключительно важное значение, поскольку оно является беспроводным (поддерживает портативные приемники), бесконечно масштабируемым (архитектура связи одного пункта со многими пунктами и одного источника со многими приемниками), местным (способно доставлять географически местный контент), своевременным (доставка контента в режиме реального времени и не в режиме реального времени) и гибким (поддерживает бесплатное распространение и абонентские услуги). Способность беспроводной доставки медиаконтента для потенциально неограниченного количества приемников делает наземное вещание жизненно важной технологией во всем мире. Вещание, по сути, – это наиболее эффективное с точки зрения использования спектра беспроводное средство доставки популярного медиаконтента в режиме реального времени и на основе файлов".

Там, где это необходимо, например в отношении интерактивных услуг, в настоящем Справочнике также рассматриваются IP-соединения.

1.4 Непрерывное развитие ЦНТВ

Регуляторные органы, организации по управлению использованием спектра и радиовещательные компании сталкиваются с вопросом, как продолжать и расширять предоставление своих уже существующих услуг вещания и как внедрять новые услуги в этой области с использованием частотно- и экономически эффективных методов с учетом, среди прочего, следующих аспектов:

– требования местного рынка;
– существующие передающие сети и приемники;
– альтернативные способы доставки контента, включая широкополосную связь на базе IP, по сетям подвижной, фиксированной и спутниковой связи;
– региональные и международные регуляторные требования в отношении использования частотного спектра и, в частности, влияние решений, принятых на ВКР-07, ВКР-12 и ВКР-15 в отношении распределения на совместной основе диапазонов 800 МГц и 700 МГц для подвижной службы и их определение для IMT;
– существующие стандарты радиовещательной передачи и будущие разработки;
– требования к спектру со стороны нерадиовещательных служб (например, PMSE).

Разработки в области наземного радиовещания должны учитывать возможность производства более высококачественного контента, а также предложения новых и дополнительных информационных и интерактивных услуг, что приводит к повышению скорости передачи данных.

Сетям цифрового радиовещания приходится постоянно иметь дело с меняющейся медиасредой и новыми требованиями вследствие:

– спроса на большее количество услуг с более высоким техническим качеством и с более широким охватом;

– новых технологий, ведущих к повышению эффективности использования спектра;

– изменения регуляторных положений, касающихся использования спектра;

– более широкого спектра потребительских устройств – от устройств с большим экраном и многоканального аудиооборудования до карманных устройств.

Кроме того, развитию телевизионного радиовещания способствуют следующие процессы:

a) растущее количество стран, в которых все телевизионные услуги будут предлагаться с качеством по классу высокой четкости (HD);

b) ожидается, что в ближайшем будущем в условиях наземной среды вещания появятся новые форматы, такие как ТСВЧ и 3D-ТВ, дополнительные экраны, интерактивное телевидение (например, интегрированные вещательные широкополосные платформы) и др.;

c) размеры экрана для домашнего просмотра увеличатся (уже широко распространены диаметры более 50 дюймов), и в различных сетях ЦНТВ уже началось использование форматов 1080p/50 или 1080p/60. С другой стороны, существует также четкая тенденция к мобильному и портативному приему на устройства с экранами меньшего размера;

d) в некоторых странах будет реализовано ТСВЧ с использованием современных систем сжатия, таких как HEVC[4];

e) в 2015 году появилась новая, вдвое более эффективная система сжатия под названием HEVC. Эта система имеет вдвое большую эффективность кодирования, чем у MPEG-4/AVC. На начальном этапе она может использоваться в новых службах ТСВЧ, но также вероятно, что эту систему сжатия видеосигналов станут использовать будущие службы ТВЧ в ЦНТВ;

f) все большее количество стран будет внедрять системы передачи второго поколения для обеспечения достаточной пропускной способности сетей ЦНТВ в целях:

- доставки привлекательных для пользователей пакетов услуг ТВЧ;
- компенсации уменьшения ширины ТВ-полос в диапазоне УВЧ из-за внедрения IMT в различных участках радиовещательного спектра;

g) перспектива рынка мобильного телевидения (МТВ) изменчива. Многие системы существуют либо как выделенная система МТВ, либо как часть семейства стандартов передачи ЦНТВ. Кроме того, весьма высокие показатели роста демонстрируют мультимедийные услуги, предоставляемые по сетям подвижной связи (3G и 4G).

1.5 Модель ЦНТВ МСЭ

В 1995 году Целевая группа 11/3 МСЭ-R приступила к публикации Руководства по цифровому наземному телевизионному радиовещанию в диапазонах ОВЧ/УВЧ. Его обновленная версия опубликована в качестве документа 11-3/3 в январе 1996 года [1.4]. В этой работе представлен первоначальный проект модели ЦНТВ-системы, которая иллюстрируется на рисунке 1.1.

---

[4] В настоящем Справочнике термин HEVC используется как синоним терминов MPEG-H и МСЭ-Т H.265.

РИСУНОК 1.1

Модель системы ЦТВ[5]



DTTB-01-01

Модель разделена на четыре подсистемы, как показано на рисунке:

– кодирование и сжатие сигналов источников;

– мультиплексирование и транспортировка услуг;

– физический уровень, в который входят: a) канальное кодирование, модуляция и распространение РЧ-сигнала; и b) приемная установка, включающая демодулятор, канальный декодер и декодирование контента.

Помимо этого необходимо учитывать как факторы, влияющие на планирование (включая факторы планирования передачи и приема), так и стратегии реализации.

Кодирование источника связано с методами уменьшения битовой скорости, известными также как методы сжатия данных и защиты от ошибок, которые пригодны для обработки цифровых видео-, аудио- и дополнительных потоков данных. Термин "дополнительные данные" охватывает данные управления, включая управление условным доступом, и данные, связанные с аудиопрограммами и видеоуслугами, такими как введение скрытых субтитров. Дополнительные данные также могут относиться к независимым программным службам и службам передачи данных.

Мультиплексирование и транспортировка услуг относятся к средствам разделения цифрового потока данных на пакеты информации, средствам однозначной идентификации каждого пакета или типа пакета и соответствующим средствам мультиплексирования пакетов потока видеоданных, пакетов потока аудиоданных и пакетов потока дополнительных данных в единый поток данных. При разработке соответствующих механизмов транспортировки следует в первую очередь учитывать требование функциональной совместимости или гармонизации между цифровыми средствами передачи, такими как наземное вещание, кабельное и спутниковое распределение, средства записи и компьютерные интерфейсы.

Физический уровень относится к средствам, позволяющим использовать информацию цифровых потоков данных для модуляции передаваемого сигнала, и включает так называемое канальное кодирование, то есть упреждающую защиту от ошибок для защиты радиовещательного сигнала от неправильно декодированных битов.

---

[5] Следует отметить, что с появлением усовершенствованных систем передачи и модуляции второго поколения следует ввести дополнительный блок между мультиплексированием и транспортировкой услуг, так называемый шлюз (как объясняется в главе 7).

Факторы, влияющие на планирование, и стратегии реализации включают в себя рассмотрение стратегий, пригодных для внедрения и реализации службы цифрового наземного телевизионного радиовещания. Планы, относящиеся к любым подобным стратегиям, должны учитывать характеристики мешающего действия радиосредств и практические ограничения, накладываемые при этом на приемник.

Физический уровень и факторы, влияющие на планирование, а также аспекты стратегического планирования, а также мультиплексирование и транспортировка услуг подробно рассматриваются в главе 4.

Библиография к главе 1

[1.1] **Wood D.**, *European strategies, approaches, and projects for new media* / David Wood // SP: IC (20), October-November 2005. No. 9-10. P. 789-800.

[1.2] **ITU-D**, *Trends in broadcasting: An overview of developments*, February 2013, ref. https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Documents/Broadcasting/TrendsinBroadcasting.pdf.

[1.3] **FOBTV**, Инициатива "Будущее телевизионного наземного вещания". Меморандум о взаимопонимании. См. www.fobtv.org.

[1.4] **ITU-R** Doc. 11-3/3 – *A Guide to Digital Terrestrial Television Broadcasting in the VHF/UHF Bands*, January 1996, http://happy.emu.id.au/lab/tut/dttb/dttbtuti.htm. По адресу http://www.itu.int/itudoc/itu-r/archives/rsg/1996-97/rsg11/33390.html только для пользователей TIES доступен более поздний документ (апрель 1996 год), 11/4-1.

ГЛАВА 2

Стратегия внедрения ЦНТВ

Предоставление телевизионных услуг и, следовательно, внедрение цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ) имеют важное политическое значение и, вероятно, должны строго регулироваться. Необходимым условием внедрения ЦНТВ является всесторонняя подготовка, включая необходимые регуляторные меры в интересах всех участников процесса и широкой общественности, а также соответствующие оценки полученных результатов.

В этом разделе представлен краткий обзор политических и регуляторных мер, связанных с внедрением услуг ЦНТВ. Более подробную информацию можно найти в частях 2 и 3 Справочника МСЭ-D [2.1].

2.1 Факторы, подлежащие рассмотрению при внедрении ЦНТВ

2.1.1 Влияние существующей доли рынка аналогового наземного телевидения

Если доминирующей телевизионной платформой на рынке является наземное (аналоговое) телевидение, то при этом разумно предположить, что ЦНТВ будет внедряться на основе приема посредством антенн на крышах в порядке замены этой службы. Для того чтобы потребитель мог использовать существующие приемные антенны, целесообразно по возможности использовать существующие передающие станции.

Однако это ведет к неоптимальному плану внедрения ЦНТВ, поскольку технические требования для ЦНТВ и для аналогового ТВ различны. В общем случае необходимо найти правильный баланс между использованием оптимизированных и экономичных сетей и дополнительными затратами. В тех странах, где ЦНТВ уже внедрено, большинство сетей в значительной степени опиралось на использование существующей инфраструктуры, ранее построенной для аналогового телевидения.

2.1.2 Причины выбора ЦНТВ

В целом внедрение ЦНТВ носит политический характер, даже если это отчасти делается под давлением коммерческих факторов. К таким факторам относятся возможность предоставления большего количества телевизионных программ (в том числе от новых поставщиков программ) и высвобождение спектра для других целей (например, услуг подвижной широкополосной связи).

К стратегическим мотивам выбора ЦНТВ могут относиться следующие факторы.

– В отличие от управляемого на международной основе спутникового распределения программ, ЦНТВ является надежным и безопасным с общенациональной точки зрения средством распределения и находится под контролем государства, так что может быть реализовано государственное регулирование медиасредств передачи информации, которое невозможно обойти.

– Технология ЦНТВ проста в установке и применении, особенно когда телевизионные приемники имеют встроенный тюнер и используют небольшие комнатные или наружные антенны.

– Технология ЦНТВ экономически эффективна для граждан, поскольку позволяет предложить бесплатный (а также платный) доступ к контенту при очень небольшой стоимости установки и, следовательно, обеспечивает конкуренцию между платформами распределения программ. Стоимость приемника в виде абонентской приставки или в составе телевизионного приемника невелика.

– ЦНТВ позволяет радиовещательным компаниям предоставлять контент для широкой аудитории на национальном или субнациональном уровне при неизменных затратах. Стоимость права на распределение сигналов ЦНТВ с ограниченным покрытием также может быть ниже, чем у спутникового ТВ с большим покрытием. Наземное радиовещание – это очень эффективное средство обеспечения населения информацией в обычных и чрезвычайных ситуациях, а также в сфере образования и развлечений.

– ЦНТВ – это коммерческий инструмент, который предлагает возможность размещения местной и общенациональной рекламы, более ориентированной на наземную, чем на спутниковую сеть. Внедрение ЦНТВ также может способствовать созданию новых рабочих мест благодаря развитию местного и национального производства контента.
– ЦНТВ – это инновационная и в целом весьма эффективная технология с точки зрения использования спектра благодаря применению современных методов сжатия видеосигналов и модуляции, а также перспективная в плане развития одночастотных сетей (ОЧС). По наземной сети можно распространять программы ТВЧ и даже ТСВЧ. Интерактивные вещательные широкополосные системы (HbbTV, Hybridcast и т. д.) открывают новые возможности для пользователей. Возможно распределение программ ЦНТВ внутри зданий посредством Wi-Fi с использованием существующих и экономичных технологий.
– ЦНТВ – это успешная технология: в 2015 году в Европе ЦНТВ предлагало более 2000 телевизионных каналов, которые получали и смотрели 118 млн. домохозяйств.

2.1.3 Совместное использование инфраструктуры

В некоторых странах оказалось выгодным совместное использование передающих станций. По этой модели несколько операторов могут объединить свои существующие станции и создать сети передатчиков на основе некоторых или всех этих станций, что позволит снизить высокие инвестиционные затраты каждого оператора по приобретению и созданию новых передающих станций. Например, такой подход был принят в Германии. Количество уровней мультиплексирования, которые могут совместно использовать инфраструктуру, оказывает огромное влияние на общие расходы по развертыванию сетей.

Кроме того, совместное использование инфраструктуры уменьшает сложность планирования сети, особенно когда все сети используют одну и ту же антенную систему.

В ряде стран совместное использование инфраструктуры для систем аналогового телевидения не применялось. Аналоговые телевизионные передатчики каждой вещательной организации находились в разных местах в пределах одной и той же зоны обслуживания. В этом случае некоторым зрителям, чтобы получить возможность принимать все программы, приходилось устанавливать несколько приемных антенн, ориентированных в разных направлениях. Поэтому совместное использование инфраструктуры ЦНТВ также может быть выгодно для зрителей.

Любые решения по совместному использованию инфраструктуры в конечном счете должны приниматься на общенациональной основе.

2.1.4 ЦНТВ как фактор, способствующий конкуренции

Если зрителей уже обслуживают кабельные и спутниковые платформы, то системе ЦНТВ придется конкурировать с ними на рынке. Регулирование может играть здесь ключевую роль, обеспечивая и организуя конкуренцию между различными платформами.

Если наземная сеть играет меньшую роль на рынке, то регуляторные органы должны понимать, что другие платформы могут оказывать давление на тех поставщиков ТВ-программ, которые рассматривают возможность начала обслуживания посредством ЦНТВ. В этом случае создание новой ЦНТВ-платформы на чисто рыночной основе может быть затруднено. Определенные регуляторные положения могут создать предварительные условия для успешного развертывания ЦНТВ.

Во многих странах наблюдается ситуация, близкая к монополии на распределение программ как для зрителей, так и для поставщиков вещательных услуг. Это чревато проблемами перекоса рыночных условий, такими как искусственное завышение цен.

Следует отметить, что для спутникового распределения в общем случае невозможно ограничить площадь покрытия политическими границами. В большинстве случаев единственным решением возникающей при этом проблемы защиты прав является шифрование сигнала – со всеми вытекающими последствиями – или согласование прав на просмотр программ за пределами желаемого рынка. В первом случае зритель должен купить абонентскую приставку со встроенным условным доступом,

и ему должна быть предоставлена соответствующая смарт-карта. Это подразумевает дополнительные расходы для зрителя, поставщика услуг или для того и другого. Например, во Франции абонентская приставка для приема спутникового ТВ в пять раз дороже приставки для ЦНТВ.

Кабельное распределение обычно приводит к появлению изолированных рынков с вертикальной структурой, которые могут быть более или менее дружественными для пользователя, поскольку в большинстве случаев необходимо приобрести специальную абонентскую приставку, а имеющиеся каналы зашифрованы.

2.1.5 Выгоды отраслевого сотрудничества для успешного внедрения ЦНТВ

В общем случае в отношении базовых функциональных возможностей подавляющее большинство приемников может без каких-либо проблем принимать вещательные сигналы ЦНТВ. Однако в отношении конкретных функций стандарта ЦНТВ, реализация которых требует дополнительных затрат на разработку, менее очевидно, что эти функции будут надлежащим образом реализованы на всем оборудовании, имеющемся на рынке, особенно если внедрение абонентских приставок происходит на чисто рыночной основе. Функциональную совместимость можно поощрять путем привлечения всех заинтересованных сторон (радиовещательные компании, поставщики инфраструктуры, производители бытовой электроники, регуляторные органы и т. д.) к участию в каком-либо широкоизвестном бренде платформы с лицензированием товарного знака для приемного оборудования, как это сделано, например, в Соединенном Королевстве с брендингом Freeview для ЦНТВ. Если требования спецификации очень строгие, то может оказаться целесообразным передать ответственность за спецификацию и обеспечение функциональной совместимости координационному совету заинтересованных сторон и отрасли. Настоятельно рекомендуется создать целевую группу, включающую представителей всех заинтересованных сторон, таких как регуляторные органы, руководители медийных средств, эксперты из отрасли, операторы радиовещательных сетей, монтажники антенного оборудования и поставщики программ.

2.1.6 Аспекты лицензирования – предоставление мультиплекса или лицензий на программы

Другим аспектом, который играет существенную роль при определении достигнутого прогресса в выборе платформы ЦНТВ, является составление мультиплексов. В некоторых странах мультиплексы распределялись непосредственно поставщикам программ. Это может упростить регуляторный режим, а также обеспечить лучшее статистическое мультиплексирование, поскольку оператор может одновременно оптимизировать контент и скорость передачи данных.

Недостатком такого подхода является то, что простой доступ к мультиплексам могут получить только солидные, крупные поставщики программ, что в свою очередь может снизить возможности для появления новых услуг и новых операторов. И наоборот, когда предоставляются лицензии на программы, регулирование становится сложнее – требуется справедливо распределять скорость передачи данных, сигнализацию и соответствующие данные.

Третья модель – это лицензирование мультиплексов для предприятий, занимающихся исключительно управлением этими мультиплексами. Они выступают в качестве посредника между поставщиками программ и операторами радиовещательной сети. Они заключают контракты с операторами сетей на передающую инфраструктуру и продают заинтересованным поставщикам программ пропускную способность. Может потребоваться регулирование способа, каким оператор мультиплекса распределяет пропускную способность и управляет статистическим мультиплексированием, чтобы обеспечить справедливое обслуживание всех поставщиков программ.

Любой процесс перехода от аналоговой к цифровой технологии может принести выгоды радиовещательной отрасли, но для разных стран эти выгоды будут разными в зависимости от преобладающих рыночных условий. Например, во Франции отказа от аналогового телевидения удалось достичь только путем лицензирования дополнительной программы при внедрении ЦНТВ и еще одной по окончании перехода. В Соединенном Королевстве, напротив, процесс перехода позволил использовать более мощные передатчики и более эффективные режимы передачи, что привело к увеличению пропускной способности и позволило операторам мультиплексов добавлять больше программ.

2.1.7 Процесс перехода

Переход от аналогового к цифровому вещанию – решающий этап внедрения ЦНТВ. Как правило, при таком переходе можно наблюдать две тенденции:

– можно выбрать более длительный период одновременного вещания, чтобы обеспечить плавный переход для населения;

– более короткий период одновременного вещания позволяет более эффективно и своевременно использовать ресурсы спектра.

В некоторых случаях после задействования цифровых наземных служб в густонаселенных районах происходит быстрая модернизация бытовых установок и, как следствие, наблюдается успешное внедрение услуг ЦНТВ. В то же время ввиду нехватки ресурсов спектра вполне вероятно, что без освобождения спектра, занятого аналоговыми телевизионными службами, было бы невозможно расширение сети (с точки зрения количества программ, а также размера зон охвата). Поэтому данный фактор может оказывать давление, с тем чтобы ускорить сроки отключения аналогового вещания.

Одним из недостатков более длительного периода одновременного вещания являются дополнительные затраты, связанные с двойным вещанием, и тот факт, что в течение переходного периода аналоговое телевидение нужно защищать от помех. В общем случае прием аналогового сигнала может осуществляться через множество вспомогательных передатчиков для перекрытия мертвых зон (ретрансляторов), которые, возможно, придется модифицировать, чтобы высвободить спектр для ЦНТВ. Это достигается только ценой больших затрат на реинжиниринг. Во Франции, например, реинжиниринг этих ретрансляторов финансировался за счет налогов для новых участников.

Отчет МСЭ-R BT.2140 [2.2] содержит обширную информацию о процессе перехода во многих странах и включает руководящие указания по основным проблемам и возможным решениям, связанным с процессом перехода.

Дополнительная информация о переходе от аналогового к цифровому радиовещанию содержится в Справочнике МСЭ-D [2.1].

2.1.8 Услуги доступа и дополнительные услуги

Одним из преимуществ ЦНТВ перед аналоговым телевизионным вещанием является расширение возможностей по предоставлению услуг доступа. К ним относятся:

– звуковые дорожки на втором (и других) языке;

– улучшенные субтитры, в том числе на нескольких языках;

– голосовое описание;

– сурдоперевод.

Каждая из этих опций может предоставлять важную услугу тем зрителям, которые обычно исключаются из телевизионной аудитории, но для любой из них требуется дополнительный объем информации, который необходимо запланировать при создании бюджета мультиплексных данных. Необходимо рассмотреть средства доступа к этим услугам (например, путем простого выбора с пульта дистанционного управления), но эта функциональная возможность должна быть заложена в спецификацию абонентской приставки.

В дополнение к этим услугам доступа вещательные компании могут также предоставлять другие (дополнительные) услуги, которые также потребуют дополнительного объема информации, такие как звуковые дорожки без комментариев для спортивных событий или услуги передачи данных.

Более подробная информация по аспектам доступа в системах ЦНТВ содержится в главе 14 настоящего Справочника.

2.1.9 Другие соображения

Для успешного внедрения ЦНТВ требуется соответствующая регуляторная среда, стимулирующая развертывание коммерческого телевидения. Если цифровое наземное телевидение нацелено в первую очередь на второй или третий телевизор, это может затруднить дело. Коммерческое телевидение обычно финансируется за счет рекламы, уровень которой напрямую связан с долей рынка. Однако во многих странах доля рынка среди аудитории измеряется только для основного телевизора. Это необходимо учитывать при внедрении цифрового наземного телевидения в условиях рынка, где доминируют спутниковые и кабельные платформы, как, например, в Германии.

В заключение вопрос о том, поощрять ли конкуренцию между платформами распределения программ или способствовать внедрению ЦНТВ, – остается политическим решением. Но следует отметить, что почти во всех странах, где ЦНТВ внедрено, это было главным образом политическим решением.

2.2 Затраты на построение сети и ее конфигурация

Одним из возможных стимулов перехода действующих операторов на ЦНТВ является снижение затрат на построение сети.

При аналоговом телевидении не было возможности синхронизировать два передатчика, работающих на одной и той же частоте. Каждый передатчик большой мощности приходилось дополнять маломощными передатчиками (ретрансляторами), работающими на других частотах.

Для ЦНТВ можно использовать одночастотные сети (ОЧС). Они способны увеличить охват по сравнению с тем, который обеспечивают отдельно работающие передатчики, без использования дополнительных передатчиков и ресурсов спектра. Например, в Германии по завершении перехода все ретрансляторы были отключены. Однако, если доминирующим является прием с использованием стационарной антенны на крыше, пользователям ретрансляторов, возможно, придется заменить или перенаправить свои существующие антенны.

Возможная зона охвата ОЧС в большой степени зависит от выбранного варианта ЦНТВ. Как правило, чем надежнее вариант, тем меньше данных можно транспортировать, но тем крупнее может быть ОЧС. Важным фактором также является размер защитного интервала. В Германии выбран довольно надежный вариант с большим защитным интервалом (16-QAM 2/3, защитный интервал 1/4), чтобы обеспечить работу разветвленных сетей ОЧС. Во Франции выбран вариант с большой пропускной способностью и небольшим защитным интервалом (64-QAM 2/3, защитный интервал 1/32). Это уменьшает возможность создания сетей ОЧС с большой зоной охвата.

Максимальный желаемый размер ОЧС также определяется зонами обслуживания, охват которых желательно обеспечить. Поскольку все передатчики в составе ОЧС должны переносить одинаковые потоки данных, ОЧС не может выходить за пределы наименьшей зоны обслуживания передаваемыми программами.

Тем не менее теоретически ОЧС может быть развернута на любой сколь угодно большой территории при условии, что сеть будет достаточно плотной с учетом выбранных значений надежности и защитного интервала. Однако, когда операторы радиовещательной сети пытаются снижать затраты на развертывание сети, необходимо тщательно рассмотреть вопрос о финансовых последствиях построения более плотной сети.

Еще одним фактором, который приводит к значительным затратам на создание сети, является количество уровней, которые должны быть предоставлены, особенно если они не входили в первоначальный план сети (например, сетей, запланированных на РКР-06). Конечно, возможно некоторое развитие плана, но любое желание увеличить количество уровней неизбежно приведет к увеличению количества сотовых сетей (из-за необходимости защиты услуг в смежных зонах), что в результате повысит стоимость сети.

2.3 Внедрение ЦНТВ с объединением различных конфигураций сети

Во многих странах ЦНТВ является основным каналом распространения бесплатного телевидения, но развертывание инфраструктуры обходится очень дорого. Если охват территории всей страны может быть обязанностью государственных вещательных компаний, то для коммерческих каналов степень развертывания определяется рынком (при этом регуляторы могут задать минимально необходимый уровень охвата).

С чисто коммерческой точки охват 100% территории или населения страны может оказаться слишком дорогим удовольствием. Общенациональный охват может мотивироваться регуляторными стимулами: например, предоставление лицензий на условиях достижения минимального охвата или предоставление услугам некоторого приоритета в кабельных распределительных сетях при условии, что они принимаются ЦНТВ-приемниками на местном уровне.

Во Франции, например, 5% населения, не обслуживаемого ЦНТВ, полагается на спутниковую платформу, что приводит к значительно более высоким затратам для сельского населения, поскольку стоимость спутникового приемного оборудования по меньшей мере в пять раз выше, чем оборудования для ЦНТВ.

2.4 Совместное использование спектра радиовещательными и нерадиовещательными службами

При планировании развертывания ЦНТВ необходимо уделить определенное внимание возможным сценариям сосуществования нерадиовещательных служб с радиовещательными. В Европе, в отличие от США, цифровой дивиденд учли только после введения ЦНТВ, что привело к нескольким неблагоприятным последствиям.

– Если не принять адекватные меры (так называемые методы смягчения последствий), то существующие приемники испытывают серьезные помехи. Эти методы ослабления влияния помех имеют свои недостатки, которые могут перевесить преимущества от использования полосы более низких частот. Соответствующие спецификации приемника, такие как динамический диапазон и защитные отношения по соседнему каналу, должны быть (повторно) определены с учетом нерадиовещательных служб, работающих в выделенном частотном диапазоне приемника.

– Требуются значительные усилия и затраты для перепланирования существующих сетей (включая возможные требования для международной координации) и реорганизации существующей сетевой инфраструктуры.

– Сокращение возможностей для других пользователей перемежаемого спектра. Во многих странах спектр между каналами передачи ЦНТВ уже используется службами, вспомогательными по отношению к радиовещанию (например, радиомикрофонами). Некоторые администрации также изучают возможность использования спектра с перемежением для устройств, работающих на радиочастотах белого пространства. Сокращение спектра, доступного для использования ЦНТВ, приведет к непропорциональному сокращению спектра для этих других служб и может сократить его до такой степени, когда их коммерческое использование станет нецелесообразным как для разработки программ, так и для отраслей, задействующих частоты белого пространства.

Таким образом принятие решений по поводу любых предлагаемых цифровых дивидендов до внедрения ЦНТВ имеет очевидные преимущества.

2.5 Заключение

В заключение следует отметить, что внедрение ЦНТВ опирается главным образом на политические решения. Необходимо прояснить и оценить влияние различных сценариев внедрения ЦНТВ, а также прояснить ту роль, которую будет играть ЦНТВ для обслуживания конкретного рынка.

Вопрос о возможном совместном использовании спектра с другими службами или высвобождении спектра для других служб следует, по возможности, решать до внедрения ЦНТВ.

Библиография к главе 2

[2.1] **ITU-D**, *Guidelines for the transition from analogue to digital broadcasting*, January 2014, https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/Documents/AtoDguidelinesV3.pdf.

[2.2] **МСЭ-R**, Отчет МСЭ-R BT.2140, *Переход от аналогового к наземному цифровому радиовещанию*.

ГЛАВА 3

Требования к реализации сетей цифрового наземного телевизионного вещания

3.1 Введение

В общем случае требования, предъявляемые к реализации цифровых наземных радиовещательных сетей, можно разбить на три части.

Требования пользователей и требования по обслуживанию. К ним относятся требуемые ниже:

– качество изображения (SD, HD, UHD и т. д.);

– качество звука (количество аудиоканалов...);

– тип и количество дополнительных услуг (EPG, услуги доступа...);

– режим приема (фиксированный, на портативное оборудование, мобильный);

– количество программ (видео + аудио и сопутствующие данные);

– планируемая зона обслуживания/охват населения (в процентах от территории или населения страны, возможные обязательства с точки зрения предоставления программ общего пользования или обеспечения национальной безопасности);

– доступность услуг (планируемые показатели вероятности по местоположению и времени приема).

Требования к спектру. К ним относятся требуемые ниже:

– режим использования спектра (МЧС или ОЧС);

– целевые диапазоны частот (диапазон III, IV, V) и участок спектра, необходимый для реализации сетей ЦНТВ, соответствующих всем вышеуказанным требованиям.

Требования к приемнику. К ним относятся требуемые ниже:

– минимальные технические характеристики, необходимые для приема программ ЦНТВ (чувствительность, избирательность, диапазон рабочих частот и т. д.);

– характеристики соединения и возможность питания активной антенны через фидер;

– промежуточное ПО для принятой гибридной широкополосной радиовещательной системы;

– возможности условного доступа.

3.2 Требования пользователей и требования к обслуживанию

3.2.1 Качество изображения и звука

Оптическое разрешение телевизионного изображения, используемое для ЦНТВ, варьируется от SD (стандартная четкость) до сверхвысокой четкости (UHD). В ранних реализациях ЦНТВ предлагались в основном изображения SD, сопоставимые с аналоговыми изображениями PAL и SECAM хорошей четкости. Затем, когда стали широко доступными плоские дисплеи большого размера и их цены значительно снизились, началось распространение телевидения высокой четкости (ТВЧ). Со временем стали широко доступными даже широкоформатные плоские экраны 4k (более 55 дюймов) и их цена постоянно снижается.

Что касается аудиосигнала, то его качество варьируется от стерео (2-канального) до объемного звучания (5.1 каналов).

Требуемая скорость передачи битов для одной аудиовизуальной программы с заданным уровнем качества изображения и звука зависит от используемых методов сжатия.

Цифры, представленные в нижеследующих таблицах 3.1–3.4, основаны на подробной информации, приведенной в EBU TR036 [3.1] и EBU TR015 [3.2]. Они связаны с методами сжатия аудиовизуального контента в основной полосе частот и поэтому не зависят от системы передачи ЦНТВ.

Для каждой программы предполагается битовая скорость 800 кбит/с для передачи аудиосигналов и сопутствующих данных, которая включена в приведенные ниже цифры. В отдельных строках каждой таблицы указываются цифры только для передачи видеосигналов (битовая скорость передачи видеосигнала) и цифры, включающие битовую скорость, требуемую для передачи как видео-, так и аудиосигналов, а также сопутствующих данных.

Также предполагается, что выигрыш от статистического мультиплексирования четырех (или более) программ в среднем обычно составляет 20%[6]. Это относится к получению битовых скоростей со статистическим мультиплексированием из приведенных в таблицах битовой скорости без статистического мультиплексирования.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Значения, указанные в таблицах 3.1–3.4, являются типичными, но ориентировочными. Эти значения могут отличаться от тех, которые используются или будут использоваться в реальных сетях. Фактические скорости передачи данных, используемые отдельными радиовещательными компаниями, зависят от компромисса между стоимостью доступной емкости в мультиплексе, включая количество предоставляемых программ, и желаемым качеством изображения. Также различия могут быть вызваны характеристиками видеокодеков на момент реализации. Кроме того, дополнительная скорость передачи битов для аудиосигналов и сопутствующих данных может варьироваться в зависимости от желаемого качества аудио и сопутствующих данных.

ТАБЛИЦА 3.1

Расчетная скорость передачи битов на программу для формата SD

Все значения указаны в Мбит/с	**SD, H.264 без статистического мультиплекси-рования**	**SD, H.264 со статистическим мультиплекси-рованием (4 или более программ/ в общем потоке)**	**SD, HEVC без статистического мультиплекси-рования**	**SD, HEVC со статистическим мультиплекси-рованием (4 или более программ/ в общем потоке)**
Скорость передачи битов видеосигнала	1,875[1]	1,5[2]	Нет данных[3]	Нет данных
Скорость передачи битов видеосигнала +0,8 Мбит/с для аудиосигналов и данных	2,675	2,3	Нет данных	Нет данных

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – EBU TR036 [3.1], раздел 2.1:

видео SD MPEG-2 со статистическим мультиплексированием 3 Мбит/с;

видео SD MPEG-2 без статистического мультиплексирования (20%-ное понижение отсутствует): 3/(1-0,2) = 3,75 Мбит/с;

видео SD H.264 без статистического мультиплексирования (50% по сравнению с MPEG2) 1,875 Мбит/с;

программа SD H.264 без статистического мультиплексирования – (+0,8) = 2,675 Мбит/с.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Выигрыш в 20% по сравнению с предыдущей цифрой за счет статистического мультиплексирования.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Использование служб ТСЧ на основе HEVC не предполагается. См. раздел 5.14 документа ETSI TS 101 154 V2.2.1 (06/2015) [3.6] "Specifications common to all HEVC IRDs and Bitstreams".

[6] Выигрыш в 20% – это среднее значение выигрыша в 15% (для 4 программ) и 25% (для 10 программ), как указано в таблице 3.5.

ТАБЛИЦА 3.2

Расчетная скорость передачи битов на программу для формата HD 720p/50 или 1080i/25

Все значения указаны в Мбит/с	**HD 720p/50 или 1080i/25, H.264 без статистического мультиплексирования**	**HD 720p/50 или 1080i/25, H.264 со статистическим мультиплексированием (4 или более программ/ в общем потоке)**	**HD 720p/50 или 1080i/25, HEVC без статистического. мультиплексирования**	**HD 720p/50 или 1080i/25, HEVC со статистическим. мультиплексированием (4 или более программ/ в общем потоке)**
Скорость передачи битов видеосигнала	6[1]	4,8[2]	2,8–3,5[3]	2,3–2,8
Скорость передачи битов видеосигнала + 0,8 Мбит/с для аудиосигналов и данных	6,8	5,6	3,6–4,3	2,9–3,5

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Первая ячейка таблицы 1 EBU TR036 [3.1]. Следует отметить, что в EBU TR015 [3.2] 2012 года указано, что через несколько лет ожидается скорость 7 Мбит/с. Это означает, что с 2012 года характеристики оборудования кодирования H.264/AVC улучшились в большей степени, чем ожидалось.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Выигрыш в 20% по сравнению с предыдущей цифрой за счет статистического мультиплексирования.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В EBU TR036 [3.1], вторая ячейка таблицы 1 (подход 1), для формата HD 720p/50 указана скорость передачи битов видеосигнала 3,5 Мбит/с, а в объяснении под таблицей 3 (подход 2) для формата HD 1080i/25 (который требует той же битовой скорости, что и формат 720p/50) указана скорость передачи битов видеосигнала 2,8 Мбит/с. Столь широкий диапазон объясняется различными поколениями кодеров, рассматриваемых в каждом из этих подходов. Для сравнения, в таблице 1.1a Рекомендации МСЭ-R BT.2073-0 [3.3] указана максимально необходимая постоянная скорость передачи битов для критических последовательностей 10–15 Мбит/с.

ТАБЛИЦА 3.3

Расчетная скорость передачи битов на программу для формата HD 1080p/50

Все значения указаны в Мбит/с	**HD 1080p/50, H.264 без статистического мультиплексирования**	**HD 1080p/50, H.264 со статистическим мультиплексированием (4 или более программ/ в общем потоке)**	**HD 1080p/50, HEVC без статистического мультиплексирования**	**HD 1080p/50, HEVC со статистическим мультиплексированием (4 или более программ/ в общем потоке)**
Скорость передачи битов видеосигнала	6–8[1]	4,8–6,4[2]	3,5–3,6[3]	2,8–3,0[3]
Скорость передачи битов видеосигнала + 0,8 Мбит/с для аудиосигналов и данных	6,8–8,8	5,6–7,2	4,3–4,4[4]	3,6–3,8[5]

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В EBU TR015 [3.2] 2012 года указано, что через несколько лет ожидается скорость 10 Мбит/с. Однако, как отмечено в таблице 3.2, выше, для случая HD 720p/50, с 2012 года характеристики оборудования кодирования H.264/AVC улучшились в большей степени, чем ожидалось, поэтому указан диапазон от 6 до 8 Мбит/с.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Выигрыш в 20% по сравнению с предыдущей цифрой за счет статистического мультиплексирования.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Цифры из нижней ячейки – 0,8 Мбит/с.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Вторая ячейка таблицы 5 EBU TR036 [3.1]. Для сравнения, в таблице 1.1a Рекомендации МСЭ-R BT.2073-0 [3.3] указана максимально требуемая постоянная скорость передачи данных для критических последовательностей 10–15 Мбит/с.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Вторая ячейка таблицы 5 EBU TR036 [3.1].

ТАБЛИЦА 3.4

Верхняя и нижняя граница оцениваемых общих скоростей передачи данных на программу для формата UHD 2160p/50

Все значения указаны в Мбит/с[1]	**UHD 2160p/50, HEVC без статистического мультиплексирования**	**UHD 2160p/50, HEVC со статистическим мультиплексированием**
Нижняя граница	10,4–14,8	9,25–12,0
Верхняя граница	22,5 [2]	20,7 [3]

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Все значения взяты из таблицы 8 EBU TR036 [3.1].

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для сравнения, в таблице 1.1a Рекомендации МСЭ-R BT.2073-0 [3.3] указана максимально требуемая постоянная скорость передачи битов для критических последовательностей 30–40 Мбит/с.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – При выигрыше от статистического мультиплексирования в 8% для двух программ в мультиплексе.

3.2.2 Сопутствующие аудиосигналы и данные

Аудиосигналы – от 0,2 до 0,5 Мбит/с (в приведенных выше таблицах используется скорость 0,25 Мбит/с) в зависимости от количества аудиоканалов (стерео/объемный звук/многоязычный);

служебная информация и EPG – (СИ) от 0,1 до 0,3 Мбит/с (в приведенных выше таблицах используется скорость 0,15 Мбит/с);

интерактивность/телетекст – от 0,1 до 1,0 Мбит/с (в приведенных выше таблицах используется скорость 0,2 Мбит/с);

службы доступа (субтитры/голосовое описание/произносимые субтитры) – 0,2 Мбит/с.

Интегрированные вещательные широкополосные услуги

В Рекомендации МСЭ-R BT.2075 [3.7] рассматриваются три интегрированные вещательные широкополосные системы (IBB): HbbTV, Hybridcast и платформа Smart TV на базе HTML5.

Что касается требуемой скорости передачи битов для услуг IBB в мультиплексе ЦНТ, то она зависит от проведенного радиовещательной компанией распределения контента IBB, передаваемого службой ЦНТ, и контента, передаваемого через широкополосное (интернет) соединение.

В ситуациях, когда интернет-соединения быстрые и надежные, вполне вероятно, что большая часть контента IBB предоставляется через интернет. В этом случае единственное, что требуется, – это получать предложения IBB, относящиеся к нужным услугам (например, в случае HbbTV это соответствует наличию надлежащей "красной кнопки", появляющейся в каждой телевизионной программе). Требуемая скорость передачи данных в мультиплексе ЦНТ зависит от количества приложений IBB в предложении. Например, в случае HbbTV только для одного приложения потребуется 2 кбит/с. Поскольку в мультиплекс ЦНТ входят несколько телевизионных служб и в каждой службе предлагается по несколько приложений, вероятно, что в одном мультиплексе ЦНТ потребуется несколько десятков килобит в секунду.

В ситуациях с медленными интернет-соединениями, если доступна резервная пропускная способность мультиплекса, можно передавать приложения IBB в самом радиовещательном канале ЦНТ. В примере HbbTV это делается с использованием карусели данных DSM-CC; см. Спецификацию HbbTV 2.0 [3.8]. В этом случае для привлекательного предложения, например включающего изображения, и загрузки в приемлемое время может потребоваться до нескольких мегабит в секунду. Типичные скорости передачи данных для таких применений будут находиться в диапазоне от 500 кбит/с до 2 Мбит/с.

Подробнее об интегрированных вещательных широкополосных системах см. в главе 10.

3.2.3 Автономные звуковые радиопрограммы (звуковое радио по ЦНТВ)

Системы ЦНТВ могут использоваться для передачи автономных звуковых радиопрограмм в составе мультиплекса услуг. В дополнение к данным, выделенным для аудиокомпонента таких программ, может потребоваться некоторая скорость передачи данных (например) для надписи, отображаемой на экране при настройке на аудиопрограмму. Для этого может потребоваться всего 5–10 кбит/с.

Скорость передачи данных, необходимая для аудиокомпонента, зависит от используемой системы кодирования, а также от выбранного аудиоформата. Например, монофоническая программа в системе кодирования AC3 может передаваться со скоростью 64 кбит/с или менее, тогда как для многоканальной программы может потребоваться скорость 300 кбит/с или более.

Более ранние системы ЦНТВ использовали кодирование MPEG Layer 2 и, следовательно, для аудиослужб требовались более высокие скорости передачи данных – для стереопрограммы обычно использовалась скорость 160 кбит/с.

3.2.4 Режим приема

ЦНТВ допускает четыре режима приема:

– фиксированный прием с использованием антенны, установленной на крыше;

– прием на портативное оборудование внутри помещения/вне помещения[7];

– прием на переносные устройства;

– мобильный прием.

Требования для того или иного из этих режимов приема зависят от реальной ситуации в стране. В странах, где по-прежнему широко используется фиксированный прием на антенну, установленную на крыше, обычно осуществляется внедрение ЦНТВ для этого режима. В странах с высокой степенью проникновения спутниковых и кабельных каналов, как правило, выбирают прием на портативное оборудование или мобильный режим приема.

Технические параметры ЦНТВ, подходящие для каждого из этих режимов приема, приведены в главе 4.

3.2.5 Количество аудиовизуальных программ

Количество аудиовизуальных программ, которые можно разместить в одном канале с полосой пропускания 6, 7 или 8 МГц, зависит от скорости передачи битов, требуемой для одной программы (см. раздел 3.2.1), и пропускной способности канала, которая в свою очередь зависит от используемой системы модуляции и от того, используется ли статистическое мультиплексирование.

В Приложении 2 к главе 4 описывается несколько сценариев ЦНТВ, основанных на различных системах ЦНТВ. Используя эти сценарии, можно рассчитать количество программ SD, HD и UHD, которые можно разместить в мультиплексе.

Для ясности, используются цифры выигрыша от статистического мультиплексирования, указанные в [3.1]; они приведены в таблице 3.5. Для каждого количества программ в мультиплексе указано конкретное значение выигрыша. Эти значения более точны, чем репрезентативные данные, используемые в пункте 3.2.1. Следует иметь в виду, что эти цифры являются усредненными значениями, полученными из опыта, и в отдельных случаях они могут незначительно различаться.

---

[7] Примечание по стационарному приему внутри помещения. В странах, где следуют принципу планирования приема на портативное оборудование вне помещения (в частотном плане GE06 МСЭ он называется RPC2), телевизионный сигнал можно принимать в помещении в пределах относительно большой зоны вокруг телевизионного передатчика. Таким образом стационарные абонентские приставки и телевизоры могут работать с небольшими внутренними антеннами, подсоединенными к приемному устройству ЦНТВ. Примером может служить Германия, где практически все домохозяйства в агломерациях используют (или могут использовать) такую внутреннюю антенну для приема ЦНТВ, постоянно подключенную к стационарным абонентским приставкам или телевизионным приемникам (обычно с большим экраном).

ТАБЛИЦА 3.5

Выигрыш от статистического мультиплексирования в зависимости от количества программ на мультиплекс (взято из [3.1])

Количество программ на мультиплекс	Выигрыш от статистического мультиплексирования (%)
1	0
2	8
3	12
4	15
5	17,5
6	19
7	21
8	23
9	24
10	25

В таблице 3.6 показаны результаты для нескольких примеров сценариев в зависимости от скорости передачи данных, предлагаемой системой ЦНТВ для одного канала с полосой пропускания 6, 7 или 8 МГц. Конкретные значения скорости передачи данных для различных систем ЦНТВ приведены в Приложении 2 к главе 4.

Следует отметить, что в этой таблице указано количество программам до первого десятичного знака, хотя на практике может использоваться только целое количество программ. Также включен выигрыш от статистического мультиплексирования из таблицы 3.5.

Кроме того, следует отметить, что результаты для 720p/50 предполагаются идентичными результатам для 1080p/50.

ТАБЛИЦА 3.6

Количество программ в одном канале с полосой пропускания 6, 7 или 8 МГц в зависимости от скорости передачи данных, предлагаемой примерами сценариев внедрения ЦНТВ

Сценарий	1	2	3	4
	(Пример DVB-T2, прием на стационарную антенну на крыше с использованием канала 8 МГц и планирования МЧС – см. пункт A4.2.1.1 Приложения 2 к главе 4)	(Пример ISDB-T, прием на стационарную антенну на крыше с использованием части (уровня) канала 6 МГц – см. пункт A4.2.2 Приложения 2 к главе 4)	(Пример DTMB, прием на стационарную антенну на крыше с использованием канала 8 МГц и планирования МЧС – см. пункт A4.2.3.1 Приложения 2 к главе 4)	(Пример ATSC, прием на стационарную антенну на крыше с использованием канала 6 МГц – см. пункт A4.2.4 Приложения 2 к главе 4)
Скорость передачи данных	40,2 Мбит/с	16,85 Мбит/с	32,486 Мбит/с	19,39 Мбит/с
ТСЧ H.264 со статистическим мультиплекси-рованием	18,2	7,4	14,7	8,6

ТАБЛИЦА 3.6 (*окончание*)

Сценарий	**1**	**2**	**3**	**4**
	(Пример DVB-T2, прием на стационарную антенну на крыше с использованием канала 8 МГц и планирования МЧС – см. пункт А4.2.1.1 Приложения 2 к главе 4)	(Пример ISDB-T, прием на стационарную антенну на крыше с использованием части (уровня) канала 6 МГц – см. пункт А4.2.2 Приложения 2 к главе 4)	(Пример DTMB, прием на стационарную антенну на крыше с использованием канала 8 МГц и планирования МЧС – см. пункт А4.2.3.1 Приложения 2 к главе 4)	(Пример ATSC, прием на стационарную антенну на крыше с использованием канала 6 МГц – см. А4.2.4 Приложения 2 к главе 4)
ТВЧ 720p/50 или 1080i/25 H.264 со статистическим мультиплекси-рованием	7,3	2,7	5,6	3,2
ТВЧ 1080p/ 25 H.264 со статистическим мультиплекси-рованием	5,4–7,3	2,1–2,7	4,3–5,6	2,4–3,2
ТВЧ 720p/50 или 1080i/25 HEVC со статистическим мультиплекси-рованием	11,7–13,9	4,5–5,4	9,4–11,2	5,3–6,3
ТВЧ 1080p/ 25 HEVC со статистическим. мультиплекси-рованием	11,5–11,7	4,4–4,5	9,2–9,4	5,1–5,3
ТСВЧ 2160p/ 50 HEVC со статистическим мультиплекси-рованием, максимальные значения	2,9–4,2	1,1–1,5	2,3–3,3	1,2–1,7
ТСВЧ 2160p/ 50 HEVC со статистическим мультиплекси-рованием	1,7	0,7	1,4	0,8

ПРИМЕЧАНИЕ. – В приведенной выше таблице показано лишь то, как получить количество программ, которые можно предложить в примерах скорости передачи данных. Выбранные скорости передачи данных относятся к разным значениям полосы пропускания и, что еще важнее, к разным уровням надежности (например, к разным схемам защиты от ошибок). Поэтому данную таблицу нельзя использовать для сравнения характеристик систем ЦНТВ с точки зрения предлагаемой скорости передачи данных. Подробнее см. в Приложении 2 к главе 4.

3.2.6 Целевое покрытие

Как упоминалось в главе 2, целевое покрытие – это регуляторный и экономический вопрос для страны, в которой реализуется сеть ЦНТВ. В некоторых странах обязательства в сфере общественных услуг требуют полного охвата территории или населения страны (приближающегося к 100%). В других странах или для коммерческого радиовещания могут быть определены более низкие целевые значения. Заданное целевое покрытие соответствует зоне обслуживания предполагаемой радиовещательной службы. Вопрос о защите этой зоны обслуживания рассматривается в главе 4.

3.2.7 Доступность приема

На планирование уровней сигналов влияет требуемая доступность приема в зависимости от местоположения и времени. Чем выше целевая доступность, тем выше требования к сети в плане мощности передатчиков и требований к спектру (чтобы уменьшить уровни кратковременных помех между удаленными радиопередатчиками). Типичные значения доступности приема составляют 95% для фиксированного приема с антенной на крыше, внутреннего/наружного приема на портативное оборудование и приема на карманные устройства и 99% для мобильного приема. Радиовещательные компании или регуляторные органы могут выбрать другие значения по своим собственным причинам.

Подробнее см. в разделе 4.5.7 главы 4.

3.3 Требования к спектру

Требования к спектру для сети ЦНТВ выражаются в единицах диапазона спектра, необходимого для реализации сети, даже если в каждой точке территории используется не весь запрашиваемый спектр. Это связано с необходимостью создания буферной зоны вокруг данного передатчика, в которой одна и та же частота рассматриваемого передатчика не может повторно использоваться в режиме использования спектра МЧС (многочастотной сети). Несмотря на привлекательность режима ОЧС (одночастотной сети) с точки зрения повышения эффективности спектра, которое он обеспечивает, во многих случаях лучшим или единственным практичным выбором является режим МЧС. Например, это справедливо, когда контент не может быть идентичным на большой территории (ввиду локального изменения контента или просто по разные стороны границы). Это также справедливо в том случае, когда стоимость внедрения ОЧС считается слишком высокой с точки зрения эффективной реализации (требуется дополнительное специальное оборудование и весьма тщательное планирование) или с точки зрения сокращения пропускной способности из-за необходимости увеличения защитного интервала для реализации крупных ОЧС.

Все большее количество стран выбирает смешанную реализацию МЧС и ОЧС. Она заключается в создании "островов" МЧС или ОЧС. Это позволяет достичь полезного компромисса между ограничением пропускной способности из-за больших защитных интервалов и ограничением эффективности сокращенного объема спектра при использовании обычной реализации МЧС.

Режимы МЧС и ОЧС подробно рассматриваются в главе 4.

Требуемый диапазон спектра может включать диапазон ОВЧ (например, 47–68 МГц и 174–216 МГц в США, 174–230 МГц в Районе 1) и весь или часть диапазона УВЧ (470–862 МГц). Основные различия между этими двумя диапазонами заключаются в характеристиках распространения (ОВЧ обеспечивает бóльшую дальность, чем УВЧ) и требуемых размерах антенн (для ОВЧ они больше, чем для УВЧ).

Хотя в настоящем Справочнике основное внимание уделяется диапазонам частот ниже 1 ГГц, для которых разработаны системы ЦНТВ и запланированы сети ЦНТВ, следует отметить, что для радиовещания выделены и другие диапазоны, например диапазон L 1452–1492 МГц, планируемый в Европе для T-DAB (наземного цифрового звукового радиовещания).

Диапазоны спектра, требуемые для внедрения ЦНТВ, должны быть согласованными, так как это создает необходимые условия для массового производства передающего и приемного оборудования и, следовательно, приводит к снижению цен при одновременном улучшении эксплуатационных характеристик.

МСЭ-R провел два исследования касательно требований к спектру для радиовещания:

1) в период с мая 2012 года по март 2014 года – для Района 1 и Исламской республики Иран. Результаты этого исследования приведены в Отчете МСЭ-R BT.2302 [3.4]. На основании этого Отчета делается вывод о том, что в целях удовлетворения требований к спектру для радиовещательной службы большинства администраций, которые прислали ответы, требуется по меньшей мере 28 каналов с полосой пропускания 8 МГц (224 МГц) в диапазоне 470–694/698 МГц. Это подтверждается опытом перепланирования, проведенного в Африканской зоне радиовещания перед ВКР-15 (см. главу 6);

2) в период с декабря 2014 года по июль 2015 года – для всех Государств – Членов МСЭ и Членов Сектора. Результаты этого исследования приведены в Отчете МСЭ-R BT.2387 [3.5]. С учетом ответов на опрос следует отметить следующие моменты:

   a) имеет место переход от диапазонов ОВЧ I, II и III к УВЧ для внедрения ЦНТВ, и значительное количество стран сократит объем спектра, занимаемый ЦНТВ в диапазонах УВЧ. Как следствие, полоса частот, в основном используемая для ЦНТВ после отключения аналогового радиовещания (ASO) и перепланирования каналов, будет находиться в пределах диапазона 470–694/698 МГц;

   b) почти все страны, эксплуатирующие ЦНТВ или планирующие его внедрение, выразили желание предложить новые и расширенные услуги радиовещания. Чаще всего из новых услуг упоминается ТВЧ – в большинстве стран оно работает или планируется. В ряде стран также популярно ТСВЧ: в них проводятся испытания систем и ведется изучение требований. Также заметен интерес к 3D-ТВ и к ряду усовершенствований в области качества аудио- и видеосигналов;

   c) в большинстве стран диапазоны телевизионного вещания используются совместно с другими первичными или вторичными службами, хотя количество стран, где другой первичной службе выделен спектр в пределах минимальной и максимальной рабочей частоты ЦНТВ, значительно меньше, особенно с учетом перепланирования;

   d) несмотря на то что в ряде стран только что произошло или готовится отключение аналогового вещания (ASO), интересно отметить, что некоторые из них уже рассматривают будущие варианты дальнейшего развития ЦНТВ, например ТВЧ или ТСВЧ;

   e) в некоторых странах широко предоставлено местное ЦНТВ.

3.4 Требования к приемникам

Для адекватного приема услуг важны эксплуатационные и технические характеристики приемников ЦНТВ (включая абонентские приставки, телевизионные приемники и приемные антенны).

Технические характеристики должны основываться на выбранном сценарии внедрения ЦНТВ с точки зрения чувствительности приемника ЦНТВ.

Избирательность и рабочий диапазон частот приемника ЦНТВ должны основываться на национальных распределениях спектра для ЦНТВ и других служб в соседних диапазонах.

Использование активных антенн в тех странах, где планируется прием на портативные и мобильные устройства, требует установки наружной антенны с питанием через антенный кабель непосредственно от приемника.

Для обеспечения доступности гибридных вещательных широкополосных услуг на платформе ЦНТВ, в дополнение к возможностям приемника ЦНТВ и его подключению к радиовещательной платформе, потребуется определение подходящих возможностей и подключение его к широкополосной платформе ЦНТВ.

Кроме того, в требованиях к приемнику должны быть указаны возможности приемника по исполнению программного обеспечения, связанного с гибридной широкополосной вещательной системой.

Подробный обзор требований к приемникам ЦНТВ содержится в главе 13 "Приемники цифрового ТВ".

При использовании условного доступа для предоставления платных услуг телевидения на платформе ЦНТ требуются дополнительные технические и эксплуатационные характеристики приемника ЦНТВ. Аспекты условного доступа подробно рассматриваются в главе 11 "Условный доступ и защита контента в цифровом телевизионном радиовещании".

Библиография к главе 3

[3.1] **EBU** TR036, TV programme accommodation in a DVB-T2 multiplex for (U)HDTV with HEVC video coding, Technical report, version 1.0, Geneva March 2016.

[3.2] **EBU** TR015, Defining Spectrum Requirements of Broadcasting in the UHF Band, July 2012.

[3.3] Рекомендация МСЭ-R BT.2073-0, Использование стандарта высокоэффективного кодирования видеосигнала (HEVC) для радиовещания в формате ТСВЧ и ТВЧ, февраль 2015 года.

[3.4] Report **ITU-R** BT.2302-0, Spectrum requirements for terrestrial television broadcasting in the UHF frequency band in Region 1 and the Islamic Republic of Iran, April 2014.

[3.5] Report **ITU-R** BT.2387-0, Spectrum/frequency requirements for bands allocated to broadcasting on a primary basis, July 2015.

[3.6] **ETSI** Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream, TS 101 154, V2.2.1, 06/2015.

[3.7] Рекомендация **МСЭ-R** BT.2075, Интегрированная вещательная широкополосная система.

[3.8] **HbbTV Association** HbbTV 2.0 Specification, 01/05/2015.

ГЛАВА 4

Планирование радиовещательной сети

4.1 Цифровые наземные телевизионные сети

Кодированные сигналы ЦНТВ распределяются между студиями и центрами кодирования/мультиплексирования и далее поступают на передающие станции (сети первичного распределения). Зачастую они распространяются как транспортные потоки MPEG-2 или MPEG-4, хотя в будущем возможен переход на транспортные потоки МСЭ-Т H.265 (HEVC) или IP-соединения. Такие схемы распределения могут быть предоставлены радиовещательной компанией или оператором электросвязи, предлагающим услуги междугородней связи. Решение о том, какие из них использовать, принимается исходя из экономических и/или регуляторных соображений.

Возможный выбор технологии, используемой в распределительных сетях, включает оптоволокно, коаксиальный кабель, спутниковые каналы, микроволновую связь или витые пары с применением PDH или SDH ATM, DVB или IP; конечно, в реальной сети может использоваться сочетание этих методов. Конкретное время распределения программ должно регулироваться для обеспечения того, чтобы оно не вызывало дрожания в декодерах, и для обеспечения стабильной синхронизации мультиплексоров и модуляторов. Стандарты передачи сигналов MPEG-2 или MPEG-4 в первичных распределительных сетях подготовлены DVB. Дальнейшие указания содержатся в ETSI TR 101 200 [4.1].

Дополнительные соображения относительно качества, требуемого от этих первичных распределительных сетей, содержатся в главе 7.

Сеть вторичного распределения передает цифровой сигнал от первичных распределительных сетей к телевизионным приемникам. Такие сети состоят из комбинации передатчиков и ретрансляторов мощностью от многих десятков киловатт до нескольких ватт. В целом национальный охват, основанный на использовании инфраструктуры наземного радиовещания, может достигать большого процента населения. Остальную часть этой главы составляют принципы работы таких сетей и основные соображения по их планированию.

4.2 Основные термины и определения

4.2.1 Цифровое наземное телевизионное вещание (ЦНТВ)

Различные системы цифрового наземного телевидения стандартизованы в следующих Рекомендациях МСЭ-R:

– BT.1306, Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для наземного цифрового телевизионного радиовещания [4.2] – содержит подробную информацию о четырех системах: ATSC, DVB-T, ISDB-T и DTMB;

– BT.1877, Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения [4.3] – содержит подробную информацию о системе DVB-T2;

– BT.2016, Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для наземного цифрового мультимедийного радиовещания при подвижном приеме на портативные приемники в полосах ОВЧ/УВЧ [4.4] – содержит подробную информацию о шести системах: T-DMB, AT-DMB, ISDB-T для мобильного приема, DVB-SH, DVB-H, DVB-T2 Lite.

Эти системы подробно рассматриваются в главе 9.

4.2.2 Диапазон частот

В этом Справочнике мы рассмотрим следующие три диапазона частот, распределенных для радиовещательной службы и используемых для вещательного телевидения.

– **Диапазон III**. Полосы частот 174–230 МГц в Районе 1, 174–216 МГц в Районе 2 и 174–223 МГц в Районе 3. В Районе 3 имеются совместные первичные распределения фиксированной и подвижной службам. В Районе 1 этот диапазон также используется для цифрового звукового радиовещания.

– **Диапазон IV.** Полоса частот 470–582 МГц. В нескольких странах в Районах 2 и 3 ВКР-15 [4.5] также распределила всю эту полосу частот или ее часть подвижной службе.

– **Диапазон V**. Полосы частот 582–862 МГц (Район 1), 582–890 МГц (Районы 2 и 3). Для Района 1 ВКР-07 [4.6], ВКР-12 [4.7] и ВКР-15 [4.5] в три этапа также распределили верхнюю часть диапазона V (694–862 МГц) подвижной службе на первичной основе. В Районе 2 имеются дополнительные распределения для подвижной службы в полосе 698–890 МГц, а в Районе 3 существуют различные возможности для подвижной службы в пределах всего диапазона УВЧ-ТВ до 890 МГц. О распределении для других служб в Районе 1 см. в Заключительных актах ВКР-15 [4.5].

Подробная информация о распределениях подвижной и фиксированной службам во всех этих диапазонах содержится в статье 5 Регламента радиосвязи МСЭ, издание 2015 года [4.8].

Диапазон III составляет часть диапазона ОВЧ (очень высокие частоты), а диапазоны IV и V – часть диапазона УВЧ (ультравысокие частоты).

4.2.3 Зона покрытия

Зона покрытия радиовещательной станции или группы радиовещательных станций представляет собой зону, в пределах которой величина полезной напряженности поля равна или превышает величину используемой напряженности поля, определенную для конкретных условий приема и для предусмотренного процента охватываемых мест приема.

При определении зоны покрытия для каждого из условий приема принимается трехуровневый подход.

– Уровень 1. Место приема – наименьшей единицей является место приема; оптимальные условия приема можно найти при перемещении антенны на расстояние до 0,5 м в любом направлении от этого места. Место приема считается охваченным, если уровень полезного сигнала достаточно велик для компенсации воздействия шумов и помех в течение заданного процента времени.

– Уровень 2. Малая зона покрытия – вторым уровнем является малая зона (обычно 100 м × 100 м). Для этой малой зоны указывается процент охватываемых мест приема.

– Уровень 3. Зона покрытия – зона покрытия радиовещательной станции или группы радиовещательных станций составляется из суммы отдельных малых зон, в которых достигается заданный процент покрытия (например, от 70 до 99%).

В разделе 4.5 подробно описываются методы расчета зоны покрытия и приведены сведения по ее оценке.

4.2.4 Зона обслуживания

Часть зоны покрытия, в пределах которой администрация имеет право требовать обеспечения согласованных условий защиты.

4.2.5 Режимы приема

Наземную сеть радиовещания можно планировать для различных основных режимов приема: фиксированный прием с использованием антенны на крыше, фиксированный прием на портативные устройства или прием на карманные устройства для пешего передвижения и мобильный прием в автомобиле.

4.2.5.1 Фиксированный прием с использованием антенны на крыше

Фиксированный прием определяется как прием с использованием направленной приемной антенны, установленной на уровне крыши.

Предполагается, что при установке такой антенны достигаются условия приема, близкие к оптимальным (в пределах сравнительно небольшого пространства на крыше).

При вычислении напряженности поля в случае фиксированного приема типичной для радиовещательной службы считается высота приемной антенны 10 м над уровнем земли.

При планировании сети учитываются коэффициент усиления и избирательность приемной антенны. Параметры, используемые в таких расчетах, приведены в Рекомендации МСЭ-R BT.417 [4.9].

ПРИМЕЧАНИЕ. – В случае установки узкополосных приемных антенн (обычно с высоким коэффициентом усиления) их не следует использовать для приема сигналов ЦНТВ на частотах вне той полосы, на которую рассчитана антенна.

4.2.5.2 Прием на портативные устройства

Прием на портативные устройства определяется как прием в состоянии покоя (фиксированный прием) или перемещения с очень низкой скоростью (скорость ходьбы), когда портативный приемник с внешней антенной (например, телескопической антенной или проводной гарнитурой) или со встроенной антенной используется на высоте не ниже 1,5 м над уровнем земли. Прием на портативные устройства происходит в самых разных условиях (вне помещения, в помещении, на нижнем этаже и на верхних этажах):

– класс A (вне помещения) – это прием, при котором портативный приемник с присоединенной или встроенной антенной используется вне помещения на высоте не ниже 1,5 м над уровнем земли;

– класс B (первый этаж здания, внутри помещения) – это прием, при котором портативный приемник с присоединенной или встроенной антенной используется на высоте не ниже 1,5 м над уровнем пола в помещениях, которые:

  a) расположены на первом этаже;

  b) имеют окно в наружной стене.

Прием на портативное оборудование в помещениях на более высоких этажах относится к классу приема B с использованием поправок к уровням сигналов.

Для обоих классов A и B предполагается, что:

– оптимальные условия приема можно найти при перемещении антенны (или приемника со встроенной антенной) на расстояние до 0,5 м в любом направлении;

– портативный приемник во время приема не перемещается и вблизи приемника не перемещаются никакие крупные объекты;

– не учитываются экстремальные случаи, как, например, прием в полностью экранированных помещениях.

4.2.5.3 Прием на карманные устройства

Прием на портативные карманные устройства определяется как прием в состоянии покоя (фиксированный прием) или при перемещении с очень малой скоростью (скорость ходьбы), когда приемник с внешней антенной (например, телескопической антенной или проводной гарнитурой) или со встроенной антенной используется на высоте не ниже 1,5 м над уровнем земли. При определенных условиях карманные приемники также могут подвергаться негативному воздействию вследствие поглощения/отражения сигнала телом, например в случаях, когда приемник находится в кармане. Прием на портативные карманные устройства происходит в самых разных условиях (вне помещения, в помещении, на нижнем этаже и на верхних этажах). Кроме того, во время просмотра карманный приемник может перемещаться (со скоростью ходьбы). Поэтому для приема на карманные

устройства используются иные параметры планирования, чем в аналогичном случае приема на портативные устройства.

В режиме приема на карманные устройства зачастую можно улучшить качество приема, перемещая приемник и/или антенну и/или используя более эффективную антенну. Следует ожидать, что при приеме на портативное устройство в помещении будут происходить значительные изменения условий приема, которые также могут зависеть от этажа. Возможно значительное изменение уровня сигнала из-за потерь при проникновении в то или иное здание и значительные колебания при переходе из одной части помещения в другую. Следует ожидать, что охват при приеме на портативные устройства зачастую будет достигаться только в городских и пригородных районах.

4.2.5.4 Мобильный прием

Мобильный прием определяется как прием сигнала приемником, находящимся в движении, когда антенна расположена на высоте не ниже 1,5 м над уровнем земли. Это может быть, например, автомобильный приемник или карманное устройство.

Термин "движение" относится к скоростям – от скорости пешехода до скорости автомобиля, движущегося по автомагистрали. Также могут рассматриваться скоростные поезда, автобусы и другие транспортные средства.

Основным фактором при рассмотрении явлений местного приема являются эффекты, обусловленные замираниями в рэлеевском канале. Для компенсации этих эффектов планируется использование запасов на замирание. Уровни запасов на замирание зависят от частоты и скорости движения.

Основным ограничением для мобильного приема является тот факт, что при движении нельзя регулировать положение приемной антенны. Поэтому требования к напряженности поля в этом режиме выше, чем при приеме на портативные и стационарные устройства (см. также раздел А4.1.2).

4.2.6 Планирование присвоений

В процессе планирования присвоений местоположению отдельного передатчика с определенными характеристиками передачи (излучаемая мощность, высота антенны и т. д.) присваивается отдельный канал. Более подробная информация приведена в разделе 4.4.2.1.

4.2.7 Планирование выделений

В процессе планирования выделений администрации выделяется конкретный канал для обеспечения покрытия заданной территории, называемой зоной выделения. Местоположение передатчиков и их характеристики на этапе планирования неизвестны и должны быть определены ко времени преобразования выделения в одно или несколько присвоений. Более подробная информация приведена в разделе 4.4.2.2.

4.2.8 Испытательные точки

Испытательная точка представляет собой географически определенное местоположение, в котором проводятся конкретные вычисления.

4.2.9 Напряженность поля мешающего сигнала

Напряженность поля мешающего сигнала (E_n), выраженная в дБ(мкВ/м), – это напряженность поля мешающего сигнала (для 50% мест и для заданного процента времени) от любого потенциального источника помех, к которой добавлено соответствующее защитное отношение в децибелах.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Когда это уместно, должно учитываться соответствующее значение направленности приемной антенны или развязки по поляризации в децибелах.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – При наличии нескольких мешающих сигналов для получения результирующей полной напряженности мешающего поля должен применяться метод объединения отдельных значений напряженности мешающего поля, как, например, метод суммы мощностей или какой-либо иной подходящий метод суммирования сигналов

4.2.10 Минимальная используемая/минимальная защищаемая напряженность поля

Минимальная величина напряженности поля, необходимая для обеспечения требуемого качества приема при определенных условиях приема в присутствии естественного или промышленного шума, но без помех от других передатчиков.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Термин "минимальная используемая напряженность поля" соответствует термину "минимальная защищаемая напряженность поля", который встречается во многих текстах МСЭ, а также термину "минимальная медианная напряженность поля", который встречается в настоящей главе как E_{med} для охвата посредством только одного передатчика.

4.2.11 Используемая напряженность поля

Минимальная величина напряженности поля, необходимая для обеспечения требуемого качества приема при определенных условиях приема в присутствии естественного и промышленного шума и помех в реальной ситуации или как определено соглашениями или планами частот.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Термин "используемая напряженность поля" соответствует термину "необходимая напряженность поля", который встречается во многих текстах МСЭ.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Используемая напряженность поля вычисляется путем объединения отдельных значений напряженности мешающего поля (E_n) и суммарного поправочного коэффициента, зависящего от местоположения. Одной из отдельных составляющих напряженности мешающего поля служит минимальная медианная напряженность поля (E_{med}), которая характеризует уровень шума.

4.2.12 Эталонная напряженность поля

Согласованное значение напряженности поля, которое может служить эталоном или основой для планирования частот.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В зависимости от условий и требуемого качества приема могут существовать несколько эталонных значений напряженности поля для одной и той же службы (для разных сценариев приема).

4.2.13 Минимальная медианная напряженность поля, E_{med} (дБ(мкВ/м))

Соответствующее значение минимальной используемой напряженности поля, которое должно применяться для охвата посредством только одного передатчика, причем это значение наблюдается в 50% мест приема и для 50% времени на высоте 10 м над уровнем земли.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – E_{med} зависит от медианного значения минимальной напряженности поля (E_{min}) в месте приема, которое требуется для заданного процента мест приема и времени в целях обеспечения минимального уровня сигнала в приемнике, необходимого для успешного декодирования сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – E_{med} рассчитывается на основе минимальной напряженности поля (E_{min}) с добавлением в надлежащих случаях соответствующих поправочных коэффициентов, таких как потери при уменьшении высоты, потери на входе в здание и т. д., как указано в Дополнении 3.4 к главе 3 Приложения 2 Соглашения GE06 [4.10].

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В случае широкополосных сигналов, когда спектральная плотность мощности может не быть постоянной по всей занимаемой ширине полосы, термин "напряженность поля" нередко заменяется термином "эквивалентная напряженность поля". Эквивалентная напряженность поля – это напряженность поля одной немодулированной РЧ-несущей, излучаемая с такой же мощностью, что и общая излучаемая мощность широкополосного сигнала.

4.2.14 Пороговая напряженность поля при проведении координации

Уровень напряженности поля, в случае превышения которого требуется координация (также называется пороговой напряженностью поля).

4.2.15 Конфигурации сети: МЧС, ОЧС или смешанная МЧС–ОЧС

Существует также ряд архитектур передающей инфраструктуры: МЧС, ОЧС или смешанная МЧС-ОЧС (см. ниже).

Тип реализуемой сети зависит от доступности частот, типа требуемого покрытия и количества предоставляемых мультиплексов.

4.2.15.1 Многочастотная сеть (МЧС)

В Соглашении GE06 [4.10] МЧС определяется как сеть передающих станций, использующая несколько радиочастотных каналов.

В МЧС каждый передатчик использует свой канал, работает независимо и имеет свою собственную зону покрытия. Возможно многократное использование каналов при условии достаточного географического разнесения между зонами покрытия.

4.2.15.2 Одночастотная сеть (ОЧС)

ОЧС определяется в Соглашении GE06 [4.10] как сеть синхронизированных передающих станций, излучающих идентичные сигналы в одном и том же радиочастотном канале.

Использованию ОЧС способствует метод модуляции с ортогональным частотным разделением (OFDM) с множеством несущих, который обеспечивает прием и, при определенных условиях, конструктивное суммирование нескольких полезных радиочастотных сигналов.

4.2.15.3 Смешанная сеть МЧС-ОЧС

Можно также рассмотреть смешанную среду МЧС-ОЧС. Встречаются следующие случаи:

– в пределах МЧС с использованием мощных основных станций, если одна из таких станций не обеспечивает полного покрытия, то этого можно достичь за счет подключения менее мощных станций ретрансляторов, ведущих передачу на той же частоте, что и соответствующая основная станция. Такую конфигурацию иногда называют гибридной МЧС-ОЧС;

– другой случай может состоять, например, в использовании структуры МЧС для передачи национального мультиплекса и нескольких структур ОЧС для передачи регионального мультиплекса;

– в других случаях сценарий смешанной сети такого типа может возникать из-за разных подходов в соседних странах (например, в одной стране используется подход МЧС, а в другой – подход ОЧС).

4.2.16 Эталонная конфигурация планирования (RPC)

Репрезентативная комбинация критериев и параметров, которую следует использовать для целей частотного планирования.

4.2.17 Эталонная сеть (RN)

Обобщенная сетевая структура, отображающая реальную сеть, пока неизвестную, для целей анализа совместимости. Основным назначением данной сети является определение потенциальных возможностей типовых сетей цифрового радиовещания и их чувствительности к помехам.

4.2.18 Запись в цифровом плане

Присвоение, или выделение, или комбинация присвоений, которые могут быть связаны или не связаны с одним выделением и которые в целях реализации плана, такого как GE06 [4.10], рассматриваются как один и тот же объект.

4.3 Соображения, касающиеся сети ЦНТВ, – физический уровень и параметры

Следует признать, что планирование частот цифрового радиовещания – это многоаспектная тема, требующая рассмотрения большого количества технических вводимых данных:

– критериев, таких как минимальные уровни сигнала, защитные отношения; и

– параметров, таких как расстояние между передатчиками, высота передающей антенны и типы приема.

Единого и универсального решения не существует. При первом подходе к исходному планированию может потребоваться ограничить исследования по планированию репрезентативным подмножеством критериев и параметров.

Кроме того, при проектировании цифровой наземной сети следует учитывать тот факт, что охват услугами цифрового телевидения характеризуется очень резким переходом от почти идеального приема к полному его отсутствию, и поэтому возможность определять, какие области должны быть охвачены, а какие нет, приобретает гораздо более важное значение.

Благодаря гибкости цифровых систем конфигурации сети и режимы приема могут изменяться. Сети могут обеспечивать гибкость, чтобы удовлетворять будущие потребности (например, для перехода от приема на фиксированную антенну к приему на портативные и мобильные устройства может потребоваться переход от МЧС с мощными передатчиками и высокими мачтовыми опорами к более однородной конфигурации ОЧС). Различные возможные сценарии развертывания приведены в Приложении 2 к главе 4.

В стандартах ЦНТВ определяются иерархический и неиерархический режимы. В иерархических режимах канал в соответствующих случаях делится на два канала с разными (и регулируемыми) требованиями к отношению *C*/*N*. Это позволяет использовать различные условия приема для одного и того же или для разных контентов программы.

4.3.1 Варианты ЦНТВ

Стандарты ЦНТВ обеспечивают гибкость, позволяя планировщикам радиовещания адаптировать свои сети, реализуя наиболее подходящий вариант из различных возможных режимов работы.

Для ЦНТВ должны использоваться существующие телевизионные каналы 6, 7, 8 МГц, и выбор системы радиовещания зависит от конкретных условий, таких как наличие спектра, потребности в покрытии, структура существующей сети, условия приема.

В Отчете МСЭ-R BT.2295 [4.11] перечислены различные системы ЦНТВ, которые могут использоваться в разных частотных диапазонах, и приведено их схематическое описание.

Ниже приводится краткое описание современных систем, используемых для реализации сети ЦНТВ.

ATSC[8]. Стандарты ATSC – это набор стандартов, разработанных Комитетом по передовым телевизионным системам для передачи программ цифрового телевидения по наземным, кабельным и спутниковым сетям. Система ATSC Mobile DTV представляет собой усовершенствованную систему ATSC, которая обеспечивает мультимедийные услуги, включая доставку видео-, аудиоуслуг и интерактивных услуг передачи данных для небольших (энергосберегающих) приемников в условиях приема на стационарные, портативные и мобильные устройства.

DTMB. DTMB (цифровое наземное мультимедийное вещание) – это телевизионный стандарт для мобильных и фиксированных терминалов. Система DTMB совместима с режимами фиксированного приема (внутри и снаружи помещений) и с мобильным цифровым наземным телевидением. Мобильный прием совместим с цифровым телевизионным вещанием стандартной четкости, цифровым аудиовещанием, мультимедийным радиовещанием и службой радиовещательной передачи данных. В режиме фиксированного приема в дополнение к предыдущим услугам также поддерживается цифровое телевизионное вещание высокой четкости.

---

[8] Примечание по ATSC 3.0. В настоящее время Комитет по передовым телевизионным системам работает над спецификацией системы ATSC нового поколения под названием ATSC 3.0. В этой системе для улучшения мобильного приема будет использоваться COFDM; вместо использования транспортного потока MPEG этот мультиплекс будет основан на IP (как потоковые службы). На момент составления настоящего Справочника спецификация еще не была закончена и одобрена. Следовательно, спецификация ATSC 3.0 еще не включена в Рекомендацию МСЭ.

DVB-T. DVB-T является стандартом радиовещательной передачи цифрового наземного телевидения. Эта система передает сжатые цифровые аудиосигналы, цифровые видеосигналы и другие данные в транспортном потоке MPEG-2 с использованием метода модуляции COFDM.

DVB-H и DVB-SH. Эти системы представляют собой сквозные системы радиовещания для доставки любого типа цифрового контента и услуг с использованием IP-механизмов, оптимизированных для устройств с ограниченными вычислительными ресурсами и питанием от батареи. В их состав входит однонаправленный тракт радиовещания, который может комбинироваться с двунаправленным интерактивным трактом подвижной сотовой связи (2G/3G). В тракте радиовещания DVB-SH используются объединенные или интегрированные спутниковые и наземные сети.

DVB-T2. DVB-T2 – это передающая система наземного радиовещания 2-го поколения. Основной целью ее разработки было повышение пропускной способности, надежности и гибкости системы DVB-T. DVB-T2 Lite – это профиль DVB-T2, предназначенный для эффективной доставки ТВ- и радиопрограмм на мобильные устройства, такие как телефоны и планшеты.

ISDB-T. Семейство ISDB-T (мультимедийные системы ISDB-T, ISDB-TSB, ISDB-T) разработано на основе схемы передачи с сегментированием полосы OFDM. Один сегмент OFDM соответствует 1/13 полосы пропускания телевизионного канала. Количество сегментов для этой системы может быть выбрано в соответствии с конкретным применением и имеющейся полосой пропускания.

4.4 Планирование радиовещательной сети

4.4.1 Основные принципы планирования частот

В целом планирование и координация системы ЦНТВ в режиме МЧС или ОЧС следует тем же принципам и правилам, которые хорошо известны из процедур координации услуг аналогового вещания. Однако на способ координации новых цифровых служб также влияют некоторые новые функции системы ЦНТВ.

Подход на основе выделения зачастую воспринимается как более подходящий способ описания зон обслуживания ОЧС в процедурах координации, поскольку для ОЧС зона покрытия является единым и неделимым объектом, что соответствует подходу на основе выделения с предполагаемой зоной обслуживания.

4.4.2 Подходы к планированию

4.4.2.1 Планирование присвоений

В прошлом в Европе планирование наземного телевидения (и большинства других видов радиовещания) осуществлялось посредством проведения конференций по присвоению частот. При планировании присвоений для подготовки к конференции по планированию требуется выполнить значительный объем работы по планированию отдельных станций.

В процессе планирования присвоений местоположению отдельного передатчика присваивается конкретный канал с определенными характеристиками передачи (например, излучаемая мощность, высота антенны и т. д.). По завершении плана присвоений известны местоположения и характеристики всех передатчиков, и передатчики могут вводиться в эксплуатацию без последующей координации.

Когда можно предположить, что все передающие станции имеют одинаковые характеристики, для наземного цифрового телевидения подходит планирование присвоений, основанное на решетчатой структуре. Это не означает, что характеристики станций фиксируются на длительный период. Например, Соглашение ST-61 [4.12] допускает некоторую гибкость, и в дальнейшем в этот план было внесено множество изменений и дополнений.

В плане присвоений указывается частота каждой станции, и по завершении процесса планирования присвоений известны местоположения и характеристики передатчиков в зоне планирования. Передатчики могут вводиться в эксплуатацию без последующей координации.

По практическим соображениям для станций, которые рассматриваются в процессе регионального планирования (например, на РКР в Женеве 2006 года), обычно определяется нижний предел излучаемой мощности. Впоследствии в план включаются станции с излучаемой мощностью ниже этого предела. Например, на GE06 нижний предел был установлен на уровне 50 Вт для ОВЧ-станций и 250 Вт для УВЧ-станций.

4.4.2.2 Планирование выделений

В последние годы привлекла внимание возможность получать выделения на конференции по наземному радиовещанию, в частности благодаря возможностям ОЧС. Выделения также могут применяться для планирования МЧС, если страна не намеревается использовать специальные передающие станции и ей не нужно сохранять определенную гибкость на будущее.

В процессе планирования выделений администрации выделяется конкретный канал для обеспечения покрытия определенной зоны, называемой зоной выделения. Необходимые для планирования параметры – это площадь зоны выделения, канал и потенциал помех для данного выделения. Местоположения передатчиков и их характеристики на этапе планирования неизвестны и должны определяться во время преобразования конкретного выделения в одно или несколько присвоений.

Таким образом для осуществления планирования необходимо определить некоторые достаточно реалистичные эталонные условия передачи, которые дадут сведения о потенциально создаваемых помехах, так чтобы можно было выполнить все необходимые расчеты по совместимости. Соответствующие этим условиям сети называются эталонными сетями, которые более подробно рассматриваются в Приложении A1.3.

Результирующий план выделений содержит частоты, которые будут использоваться в конкретных зонах, без указания станций, которым эти частоты присвоены.

4.4.2.3 Связь между планированием выделений и присвоений

План присвоений с момента его разработки содержит подробные данные о передатчиках, и поэтому его можно реализовать сразу же после вступления плана в силу. Однако последующие изменения в сети, вероятно, потребуют координации с соответствующими соседними передатчиками.

Зону покрытия какого-либо присвоения можно преобразовать в выделение путем соответствующей аппроксимации его зоны покрытия. Однако подход на основе планирования присвоений неявно определяет некоторую форму покрытия.

Для того чтобы реализовать выделение, необходимо преобразовать его в отдельные присвоения для передатчиков. Подробные технические характеристики передатчиков обычно планируются после проведения конференции по планированию, но при необходимости могут быть установлены и во время конференции. При этом каждое выделение может содержать несколько передатчиков, образующих ОЧС, или, в простейшем случае, один передатчик. Согласно определению выделения передатчики или передатчик впоследствии могут быть изменены без координации, при условии что создаваемые ими помехи не превышают уровня, допустимого согласно плану для данного выделения.

Важно подчеркнуть, что выделение не следует рассматривать как неизбежно связанное с национальным покрытием, а также что ОЧС – это не единственно возможная структура сети. Недавнее планирование для T-DAB продемонстрировало, что выделения могут быть подходящим методом планирования в случае небольших или даже очень малых зон.

4.5 Зона покрытия радиовещательной сети

При расчете зоны покрытия радиовещательной сети необходимо учитывать различные факторы. В этом разделе представлены основные из них и обсуждается их влияние на покрытие сети.

Методы, описанные в этом разделе, могут использоваться для расчета зоны покрытия услуг ЦНТВ при отсутствии помех и уменьшения этой зоны покрытия из-за воздействия помех. При вычислении запаса на защиту вместо полезной напряженности поля учитывается влияние помех.

Определения терминов, относящихся к распространению, содержатся в Рекомендации МСЭ-R P.310 [4.13].

Если в аналоговых системах наблюдается постепенное ухудшение характеристик по мере приближения к краю зоны покрытия, то характеристика отказов в цифровых системах из-за пороговых эффектов означает, что даже небольшое несоответствие между прогнозами и измерениями может привести к существенной разнице между прогнозируемой и фактической зонами покрытия.

Для углубленного представления о методах прогнозирования и программном обеспечении планирования в Отчете МСЭ-R BT.2137 "Методы прогнозирования покрытия и программное обеспечение для планирования для сетей цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ)" [4.14] также содержится краткий обзор результатов сравнений прогнозируемых и измеренных уровней сигналов исходя из сообщений некоторых администраций.

4.5.1 Модели распространения

Для любой оценки степени покрытия ЦНТВ необходимо использовать модель распространения радиоволн. Выбор модели зависит от наличия данных о рельефе местности не только в зоне обслуживания, но и на пути распространения между мешающими передатчиками и зоной покрытия.

Рекомендуемый в настоящее время метод прогнозирования распространения для ЦНТВ приведен в Рекомендации МСЭ-R P.1546 [4.15]. Этот метод предоставляет прогнозируемые значения напряженности поля наземной трассы пункт–зона на основе статистического анализа экспериментальных данных. В Приложении 6 к настоящей Рекомендации описывается подробная пошаговая процедура, которую следует использовать при применении настоящей Рекомендации и которая кратко излагается ниже.

– Во-первых, для э.и.м. 1 кВт и регионов с умеренным климатом, которые включают холодные и теплые моря[9], в графическом формате, а также в электронных таблицах предоставляется набор значений напряженности поля, превышаемых в течение 50, 10 и 1% времени в 50% мест приема в пределах любой зоны, как правило, размером 500 м на 500 м. Эти значения указываются для определенных номинальных частот, для набора значений высоты передающей антенны и определенных значений высоты приемной антенны, а также для обоих сценариев распространения над землей и над морем.

– Во-вторых, общие процедуры интерполяции, экстраполяции и поправок позволяют делать прогнозы напряженности поля вдоль смешанных наземных/морских путей и на других частотах; для других значений высоты антенны, процента времени, процента местоположений и размеров зон, а также для других климатических регионов. В таблице 4 Приложения 6 к [4.15] перечислены входные параметры и их пределы для определенной достоверности метода, так что возможно прогнозирование в следующих диапазонах параметров:

  • диапазон частот от 30 до 3000 МГц;
  • расстояние от 1 до 1000 км;
  • процент времени от 1 до 50%;
  • процент местоположений от 1 до 99%;
  • эффективная высота передающей антенны до 3000 м.

  Изменчивость в зависимости от местоположения относится к пространственной статистике локальных изменений наземного покрова, а не к изменениям на всей трассе или изменениям, вызванным многолучевостью. Этот метод может использоваться с базой данных рельефа местности или без нее. Если доступны соответствующие данные, то можно рассчитать поправки для тропосферного рассеяния и для локальных отражений разного типа вокруг места приема, в том числе для коротких городских/пригородных трасс, и тем самым повысить ожидаемую точность прогнозирования.

---

[9] Сведения о разделении морей на холодные и теплые приведены в Рекомендации МСЭ-R P.620 [4.16].

– Наконец, в разделе 17 Приложения 5 к [4.15] приведен метод преобразования напряженности поля, рассчитанной для э.и.м. 1 кВт, в эквивалентные основные потери передачи.

Чтобы повысить точность прогнозирования, в тех случаях, когда имеются данные о рельефе местности, вместо методов [4.15] можно использовать метод, приведенный в Рекомендации МСЭ-R P.1812 [4.17]. Вот его краткое описание.

– Во-первых, основные потери передачи, не превышаемые для требуемого годового процента времени p% и 50% мест приема в пределах любой зоны, как правило, 500 м на 500 м, оцениваются согласно описанию в разделах 4.2–4.6 Приложения 1 к [4.17] (то есть основные потери передачи, вызванные распространением в пределах прямой видимости, распространением путем дифракции, распространением вследствие тропосферного рассеяния, распространением путем волноводного распространения/отражения от атмосферных слоев и комбинации этих механизмов распространения).

– Во-вторых, в разделах 4.7–4.10 Приложения 1 к [4.17] описываются процедуры учета влияния мешающих отражений на стороне терминала (в сельских и городских районах), изменчивости в зависимости от местоположения и потерь на входе в здание. Эти процедуры более точны, чем те, что описываются в [4.15], и основаны на данных рельефа местности. Чтобы получить параметры, указанные в таблице 4 Приложения 1 к [4.17], необходимо провести анализ профиля трассы. Профиль трассы строится по данным рельефа местности в соответствии с процедурой, описанной в Прилагаемом документе 1 Приложения 1 к [4.17]. Метод распространения зависит от конкретной трассы, так что прогнозы пункт–зона, полученные с использованием этого метода, состоят из серии прогнозов пункт–пункт, в которых места приема равномерно распределяются по условным зонам покрытия. Количество точек должно быть достаточно большим, чтобы обеспечить точную характеристику изменения трассы в зоне обслуживания. Для большинства практических применений этого метода такое предположение подразумевает наличие цифровой базы данных рельефа местности, содержащей широту и долготу в согласованной геодезической системе координат. В Приложении 1 к Рекомендации МСЭ-R P.1058 [4.18] приведены руководящие указания по типам информации, которая должна содержаться в топографических базах данных (высота рельефа местности и расположение зданий). Другие входные параметры и их предельные значения для определенной достоверности метода содержатся в таблице 1 Приложения 1 к [4.17]. Дифракционные потери рассчитываются методом, основанным на построении Дейгоута, взятым из Рекомендации МСЭ-R P.452 [4.19]. Было установлено, что этот метод имеет ограничения. Дополнительную информацию по дифракции см. в Рекомендации МСЭ-R P.526 [4.20].

– Наконец, в разделе 4.11 Приложения 1 к [4.17] приведены выражения, которые связывают основные потери передачи с напряженностью поля, рассчитанной для э.и.м. 1 кВт.

Оба этих метода позволяют определять поправки на изменчивость в зависимости от местоположения, связанные с пространственной статистикой локальных изменений наземного покрова, приближенно соответствующей логарифмически нормальному распределению [4.15], [4.17]. Ни один из данных методов не учитывает изменения из-за многолучевости, обусловленные локальными отражениями и преломлениями, которые следует учитывать при приеме на мобильные портативные устройства. Влияние этих эффектов варьируется для разных систем в зависимости от полосы пропускания, схем модуляции и кодирования. Руководящие указания по моделированию этих быстрых замираний приведены в разделе 3 Приложения 1 к Рекомендации МСЭ-R P.1406 [4.21]. Кроме того, более медленное замирание из-за изменений затенения приемника изучено точнее, чем в [4.15] и [4.17]. Основанная на измерениях статистическая оценка потерь на трассе, вызванных затенением, представлена для больших сельских и городских зон, а также для небольших зон, то есть местного наземного покрытия. В обоих случаях оценка следует логарифмически нормальному распределению. В разделе 4 Приложения 1 к [4.21] приведены процедуры расчета разброса задержки из-за ближних и дальних рассеивающих объектов, основанные на анализе импульсной характеристики канала (CIR). В разделе 5.1 Приложения 1 даны указания по определению величины эффекта деполяризации и изменчивости в зависимости от времени и частоты. В разделе 5.2 Приложения 1 описывается негативное влияние выигрыша за счет высоты, связанное с расположением антенны.

В разделе 5.4 Приложения 1 описываются несоответствия между теоретическими и измеренными значениями коэффициента усиления антенны мобильного устройства.

Расчет затухания из-за наземного покрова можно уточнить с помощью дополнительных поправок, связанных с затуханием, вызванным растительностью (особенно деревьями), например приведенных в Рекомендации МСЭ-R P.833 [4.22].

Изменения потерь на входе в здание, вызванные различными строительными материалами и эффектами многолучевости из-за влияния зданий, описываются в Рекомендации МСЭ-R P.1238 [4.23].

Прежняя Рекомендация МСЭ-R P.370 [4.24] в настоящее время отменена и должна быть заменена в ходе исследований по распространению радиоволн методами, рассмотренными в этом разделе. Следует отметить, что в некоторых диапазонах частот ряда стран все еще действует Соглашение GE-89[10] [4.25]. За исключением тех стран и полос частот, где по-прежнему применяются кривые распространения, приведенные в этом Соглашении, следует использовать методы распространения, указанные в настоящем разделе.

Таким образом рекомендуемые методы прогнозирования напряженности поля для ЦНТВ описываются в трех взаимодополняющих Рекомендациях МСЭ-R: [4.15], [4.17] и [4.21]. Тем не менее существуют другие методы, которые могут использоваться в конкретных ситуациях.

– Метод **Окумуры-Хата** в городской среде описывается в Приложении 8 к [4.15], где приводится его сравнение с рекомендуемым методом. Этот метод лучше всего подходит для расчетов покрытия городских сотовых сетей в применениях подвижной радиосвязи, хотя он был распространен также на пригородные и сельские районы. Могут делаться прогнозы для следующих предельных значений параметров: частота от 100 МГц до 1500 МГц; длина трассы до 20 км, продленная до 100 км; высота передающей антенны от 30 м до 200 м; высота приемной антенны от 1 м до 10 м. В этом методе не используются данные о рельефе местности и учитывается только эффективная высота передающей антенны и высота приемной антенны над землей.

– Метод **Cost-231** (или **Cost-Hata**) представляет собой расширенную версию метода Окумуры-Хата для частот до 2000 МГц. Кроме того, эта модель ограничивается ситуациями, когда передающая антенна находится выше крыш близлежащих зданий. Данная модель также допускает более низкую высоту антенны мобильных устройств, чем метод Окумуры-Хата.

– Метод **Cost-231 Уолфиша-Икегами** лучше всего подходит для расчетов покрытия городских сотовых сетей, когда имеются данные о высоте и расположении зданий, чтобы более точно рассчитать распространение радиоволн в "уличных каньонах".

– Метод **пересеченной местности (ITM) Лонгли-Райса** используется при прогнозировании затухания радиосигналов для линий связи в диапазоне частот от 20 МГц до 20 ГГц. Данный метод был создан для нужд частотного планирования в телевизионном радиовещании в США в 1960-е годы и до сих пор используется в этих целях Федеральной комиссией по связи. Он определяет ослабление по сравнению с распространением в свободном пространстве с использованием профилей местности в зависимости от дальности, напрямую учитывая три основных механизма распространения: по линии прямой видимости (возможно, с диффузией и отражением от земли), дифракция на рельефе местности и тропосферное распространение. Аномальное распространение, обусловленное волноводным распространением/отражением от атмосферных слоев и другими редко встречающимися явлениями, косвенно учитывается посредством характеристик изменчивости в зависимости от радиоклимата и времени. Поскольку это эмпирическая модель, желаемое ослабление для фактической длины трассы, учитывая заданные (пользователем) квантили времени, местоположения и ситуации (то есть достоверность), получается методом подгонки, который основан на эмпирически

---

[10] GE-89 по-прежнему действует для полосы 47–68 МГц (План ограничивается полосой 54–68 МГц в следующих странах: Ботсвана, Бурунди, Лесото, Малави, Намибия, Руанда, Южная Африка, Свазиленд, Заир, Замбия и Зимбабве); а также для полос 230–238 МГц и 246–254 МГц в странах, перечисленных в пункте **5.252** Регламента радиосвязи.

наблюдаемых стандартных отклонениях от прогнозируемого медианного эталонного ослабления. Подробнее см. в [4.26].

Для большинства предложенных методов существуют реализации программного обеспечения. Некоторые из них бесплатны, поскольку они были предоставлены теми или иными администрациями.

В Отчете МСЭ-R BT.2137 [4.14] представлен опыт разных стран, включая инструменты национального планирования, внедренные для минимизации погрешности в моделях планирования.

При выполнении расчета покрытия необходимо учитывать некоторые практические аспекты прогнозирования напряженности поля.

– **Антенны**. Характеристики передающей антенны в диапазонах ОВЧ и УВЧ определяются в Рекомендации МСЭ-R BS.1195 [4.27]. Предполагаемые диаграммы направленности фиксированной приемной антенны указываются в Рекомендации МСЭ-R BT.419 [4.28] и в Рекомендации МСЭ-R BS.599 [4.29] для диапазона ОВЧ. Типичные значения коэффициента усиления антенны для портативных и мобильных приемников приведены в разделе 4 Приложения 5 к Рекомендации МСЭ-R BT.1368 [4.30].

– **Требования** (подробно рассмотрены в Рекомендациях МСЭ-R BT.1368 [4.30] и МСЭ-R BT.2033 [4.31]):

  • минимальная используемая напряженность поля (MUFS) и отношение *C*/*N*. Значения MUFS для систем фиксированного приема ATSC DTV, DVB-T, DTMB и ISDB-T приведены в [4.30], а для DVB-T2 – в [4.31]. Значения *C*/*N* для приема сигналов систем DVB-H и ISDB-T на портативные устройства внутри и снаружи помещений и для мобильного приема на карманные устройства также представлены в [4.30]. Для систем T-DMB[11] могут быть полезны значения *S*/*N*, представленные в Рекомендации МСЭ-R BS.1114 [4.32];

  • защитные отношения для полезных цифровых или аналоговых сигналов, подверженных помехам со стороны нежелательных цифровых или аналоговых сигналов, для систем ATSC DTV, DVB-T, DTMB и ISDB-T приведены в [4.30], а для системы DVB-T2 – в [4.31]. Таким образом результирующая вероятность покрытия должна объединить два вида вероятностей – вероятность превышения определенной напряженности поля (совокупного) полезного сигнала и вероятность превышения определенного требуемого значения *C*/*I* с учетом источников всех помех. Ввиду изменения напряженности поля во времени в некоторых случаях должен приниматься в расчет риск помех в течение определенного процента времени в различных предполагаемых местах приема;

  • многолучевое распространение. В цифровых системах реализуются механизмы для борьбы с разбросом по задержке. Тем не менее если значения разброса по задержке превышают длительность символа, возникают межсимвольные помехи, которые могут привести к более высоким коэффициентам ошибок по битам. С другой стороны, локальные отражения могут также оказывать положительное влияние благодаря заполнению до некоторой степени глубоких теней, и системы проектируются так, чтобы допускать отражения с короткой задержкой;

  • значения порога доплеровского разброса могут приводить к ограничениям скорости перемещения мобильных приемников в зоне покрытия для обеспечения хорошего приема.

4.5.2 Взаимозависимость между передающими станциями и вариантом системы

При развертывании сети цифрового наземного радиовещания могут использоваться существующие станции, новые станции или их комбинация. В какой-то степени это зависит от выбора варианта цифрового наземного вещания и используемого диапазона частот. В некоторых странах для цифрового вещания предполагается использовать те же станции, что и для аналогового, что окажет определенное влияние на варианты систем, которые могут быть успешно развернуты. В других странах, напротив,

[11] T-DMB – это вариант T-DAB для видеосигналов.

для новых видов услуг, таких как покрытие с помощью портативных устройств приема внутри помещений, операторы могут предпочесть использование OFDM, но это также может повлиять на инфраструктуру используемых станций.

Таким образом расстояние территориального разноса между передающими станциями и, следовательно, требуемое количество станций будут варьироваться от страны к стране и будут зависеть от варианта системы, режима приема (фиксированный, прием на портативные или мобильные устройства), размера страны и граничных условий. Для цифрового наземного радиовещания расстояние территориального разноса между передающими станциями может варьироваться от значений менее 30 км до 125 км.

В сети ОЧС (см. раздел 4.7) с использованием соответствующих стандартов цифрового наземного радиовещания расстояние территориального разноса между передатчиками влияет на выбор защитного интервала, что в свою очередь ограничивает максимальный размер сети. Расстояние территориального разноса и эффективная высота влияют на эффективную излучаемую мощность (э.и.м.). И наоборот, если требуется определенный максимальный защитный интервал (например, для обеспечения максимальной емкости данных), это повлияет на наибольшее возможное расстояние территориального разноса между передатчиками.

В случае ОЧС использование плотных сетей может дать некоторые преимущества по сравнению с сетями на основе мощных передатчиков, разнесенных на большие расстояния (допустим, более 60 км). В частности, в случае региональных, но также и для национальных ОЧС можно рассматривать различные формы плотных сетей, где все передатчики используют один и тот же канал, но имеют значительно более низкий уровень э.и.м. по сравнению с тем, который требуется одному передатчику, обслуживающему ту же зону. Для цифрового наземного радиовещания концепция распределенного излучения может обеспечить необходимую напряженность поля по всей зоне обслуживания при использовании (для улучшения покрытия основного передатчика) нескольких маломощных синхронных передатчиков ОЧС, расположенных в узлах более или менее правильной решетки, или ретрансляторов в совмещенном канале, получающих свой сигнал через кабель от основного передатчика. В последнем случае ретрансляторам не требуется никакая дополнительная синхронизация по времени и для подачи сигнала этим ретрансляторам в совмещенном канале не требуется параллельная инфраструктура первичного распределения.

Кроме того, в дополнение к большим ОЧС могут использоваться локальные ОЧС высокой плотности в тех районах, где в противном случае покрытие было бы недостаточным, возможно, из-за рельефа местности или мешающих отражений от зданий. Наконец, локальные ОЧС позволяют уменьшить влияние помех в совмещенном канале на границе зоны обслуживания, приводя к более крутому спаду напряженности поля. Этому также может способствовать надлежащее использование направленных свойств передающей антенны.

Например, можно предусмотреть топологию распределения передатчиков, согласно которой центральная часть зоны обслуживания охватывается большой ОЧС (с передатчиками большой мощности, разнесенными на большие расстояния), но близ границы расположена более плотная сеть передатчиков (с малой э.и.м. и с антеннами небольшой высоты, а также направленными антеннами). Это позволяет "адаптировать" э.и.м. по контуру зоны обслуживания, уменьшив помехи для соседних районов и сохранив высокий уровень доступности обслуживания в желаемой зоне. Этот метод может быть полезен также на границах между национальными ОЧС.

4.5.3 Диаграммы направленности передающей антенны

Передающие антенны могут быть всенаправленными или направленными. Для станций, расположенных вдоль границ страны, или станций, расположенных на береговых линиях или вблизи них, предпочтительно использовать направленные антенны для уменьшения помех за пределами предполагаемых зон обслуживания. Это уменьшит расстояние повторного использования для рассматриваемых частот и защитит зоны покрытия других телевизионных станций. Это особенно справедливо для станций большой и средней мощности и в целом приведет к более эффективному использованию частотного спектра.

Наклон луча антенн с эффективной высотой более 100 м является действенным инструментом наведения излучаемой мощности сигналов мощных станций на отдаленную часть зоны покрытия и в то же время уменьшает потенциальные помехи на больших расстояниях, а также для воздушной службы.

4.5.4 Факторы, влияющие на расстояние разноса частот

Расстояние разноса частот оказывает значительное влияние на количество частотных блоков или каналов, необходимых для обеспечения покрытия более обширной территории, охватывающей несколько стран или регионов, каждый из которых имеет свои собственные программы, передаваемые в одном частотном блоке или канале.

Зоны покрытия, обслуживаемые передатчиками, расположенными вдоль периферии и использующими направленные антенны, ориентированные внутрь (то есть в закрытой сети), приведут к несколько более коротким расстояниям разноса частот по сравнению с эквивалентным покрытием, достигаемым с использованием ненаправленных антенн (то есть в открытой сети). Если значительная часть трассы распространения проходит над морем, то расстояния разноса будут больше, чем для полностью сухопутных трасс.

4.5.5 Модели каналов

Электромагнитные волны распространяются в среде, которая показывает случайные изменения своих физических свойств, и сигналы могут испытывать явления многолучевости и замираний, поэтому принимаемая напряженность поля в зоне обслуживания демонстрирует колебания во времени и в пространстве, которые могут характеризоваться различными статистическими распределениями.

Гауссово распределение – в этой модели канала к сигналу добавляется только белый гауссов шум (AWGN) и имеется только одна трасса. Статистическое поведение такого канала описывается в Рекомендации МСЭ-R P.1057 [4.33].

Логарифмически нормальное распределение – это распределение положительной переменной, логарифм которой имеет гауссово распределение. В отличие от гауссова распределения, логарифмически нормальное распределение весьма асимметрично. Оно очень часто встречается в связи с распространением, главным образом для величин, связанных либо с уровнями мощности или напряженности поля, либо со временем. Уровни мощности или напряженности поля обычно выражаются только в децибелах, поэтому иногда логарифмически нормальное распределение называют просто нормальным распределением. Такое применение термина не рекомендуется. В случае времени (например, длительности замирания) логарифмически нормальное распределение всегда используется в явной форме, потому что естественной переменной являются секунды или минуты, а не их логарифм. Такое распределение описывается в [4.33].

Распределение Рэлея – когда сигнал представляет собой сумму многих независимых компонентов замираний, вызванных многолучевостью, его можно представить распределением Рэлея [4.33]. Такой канал типичен для подвижной службы, работающей в среде городской инфраструктуры с интенсивными местными помехами при отсутствии линии прямой видимости с передатчиком или условий для внутреннего или наружного приема на портативные устройства.

Распределение Райса – канал Райса используется для описания условий приема с фиксированной антенной на крыше в городской среде с интенсивными местными помехами. Это связано с ситуацией, когда одна из составляющих принимаемого сигнала, например та, которая распространяется от передатчика по трассе прямой видимости, обладает постоянной мощностью во временных рамках длительности замираний, вызванных многолучевостью. Другими словами, эта модель подходит для сигналов с детерминированным компонентом и несколькими случайными компонентами. Типичным сценарием могут служить соединения пункт–пункт, в которых общее затухание сигнала может быть смоделировано распределением Накагами-Райса [4.33].

Модели каналов для приема идущими пользователями внутри помещения (*PI*) и *вне помещения* (*PO*) предназначены для описания приема на портативное оборудование пользователями, перемещающимися пешком соответственно внутри помещения или вне него, и определяются в [4.30].

Модели каналов с разнесением. Для систем ЦНТВ второго поколения, в которых реализуются методы разнесения на уровне передатчика, используются канал MISO, канал MISO Рэлея и канал MISO Райса.

Импульсную характеристику канала (CIR) для определенной модели канала можно определить статистически по данным амплитуды и временной задержки сигналов, поступающих в приемник. Из CIR можно извлечь несколько параметров, описывающих канал распространения, см. Рекомендацию МСЭ-R P.1407 [4.34]. Для систем с высокой скоростью передачи данных может потребоваться более подробное изучение CIR с применением методов трассировки лучей или возбуждения лучей в сочетании с данными высокого разрешения о зданиях.

4.5.6 Минимальное отношение несущая/шум и защитное отношение

4.5.6.1 Общие сведения

Планирование частот для внедрения новой радиовещательной службы базируется на двух основных параметрах передающей системы – минимальном соотношении несущая/шум C/N_{min} и защитном отношении PR, необходимых для достижения заданного целевого показателя качества предоставляемых услуг. C/N_{min} указывает величину, на которую уровень полезного сигнала C должен превышать уровень шума N для достижения приема с предполагаемым качеством. PR указывает величину, на которую уровень полезного сигнала C должен превышать уровень мешающего сигнала I для достижения приема с предполагаемым качеством. $(C/N)_{min}$ также называют требуемым отношением C/N или иногда просто C/N. В последнем случае о точном значении нужно судить из контекста.

Внедрение систем цифрового телевизионного радиовещания предполагает некоторый пересмотр процедур планирования с учетом различного поведения таких систем и требует некоторого разъяснения интерпретации этих двух относящихся к делу параметров.

4.5.6.2 Зависимость от канала передачи

Характеристики наземного канала передачи – это случайные переменные, зависящие от места приема, приемной антенны, а также от времени. Фактически количество эхо-сигналов, их амплитуды, задержки и фазы меняются от места к месту (и со временем). Поэтому в каждом местоположении частотная характеристика канала будет разной. Даже когда задержки эхо-сигнала находятся в пределах защитного интервала, требуемое системой значение C/N на входе зависит от характеристик канала. Эхо-сигналы вызывают частотно-селективные ослабления (режекции) в пределах ширины полосы сигнала, глубина которых зависит от амплитуды эхо-сигнала. Причиной чувствительности системы к характеристикам канала является то, что такие режекции сильно ослабляют некоторые несущие OFDM (в то время как уровень шума остается постоянным), увеличивая их показатель BER для некодированного сигнала. Использование мощных внутренних кодов (например, со скоростями кодирования 1/2, 2/3 или 3/4) позволяет эффективно восстанавливать информацию ослабленных несущих с помощью информации, переносимой другими несущими. Следовательно, использование этих скоростей кодирования снижает чувствительность системы к характеристикам канала. Потеря запаса помехоустойчивости между гауссовым каналом и каналом Рэлея может составлять величину от 2 дБ до 9 дБ в зависимости от характеристик эхо-сигнала и скорости внутреннего кодирования.

OFDM может использовать мощность множества эхо-сигналов в том смысле, что доступное значение C/N на входе приемника увеличивается благодаря суммированию мощности вкладов C, но в то же время характеристика приемника может ухудшиться (из-за увеличения требуемого значения C/N). В результате этих двух эффектов может наблюдаться чистое улучшение или ухудшение характеристики из-за многолучевого приема и вкладов ОЧС. Помимо режимов с низкой скоростью кодирования (например, скорость кодирования 1/2), вклад одного канала прямой видимости (гауссов канал) может обеспечить лучшую общую характеристику, чем два эхо-сигнала 0 дБ (канал Рэлея). И наоборот, когда количество эхо-сигналов 0 дБ больше двух, требуемое значение C/N больше не увеличивается, а общая характеристика улучшается с ростом доступного значения C/N. Аналогичные соображения применимы к помехам от нежелательного сигнала, то есть к защитному отношению PR.

4.5.7 Определение покрытия

4.5.7.1 Общие сведения

Основные вопросы при построении новых цифровых наземных сетей – это оценка зоны обслуживания и оценка охвата населения. Эти оценки производятся путем определения уровня полезного сигнала(ов) и уровня помех. Соответствующими параметрами планирования в этом контексте служат требуемое отношение несущей к шуму и защитное отношение, которые описывают чувствительность рассматриваемой системы к шуму и помехам.

Известно, что когда уровень сигнала уменьшается и отношение несущей к шуму (C/N) или отношение несущей к уровню помех (C/I) падает ниже заданного минимального значения, изображение может полностью исчезнуть с дальнейшим уменьшением уровня сигнала до значений менее чем примерно 1 дБ. Такое поведение обычно называют характеристикой внезапного отказа цифровой системы, а предельное значение напряженности поля обозначается как минимально требуемая напряженность поля. Если бы для цифрового телевидения использовалось то же определение покрытия, что и для аналогового, это означало бы, что 50% мест приема на краю или вблизи края зоны обслуживания[12] или в любых других зонах с ослаблением сигнала, вызванным локальными препятствиями, не обслуживаются. Поэтому, поскольку прием изображения только в 50% местоположений явно неприемлем, необходимо выбрать более высокий процент охватываемых мест, чтобы обеспечить в них удовлетворительный прием на стандартную приемную установку. Для передачи цифрового телевидения обычно указывают значения в диапазоне от 70 до 99%.

Выбор точного значения зависит от целевого уровня качества обслуживания, поэтому значения могут различаться от страны к стране или даже от одной радиовещательной компании к другому в одной и той же стране. Тем не менее в предлагаемых определениях покрытия были выбраны значения 70%, 95% и 99% местоположений.

В таких условиях некоторые простые инструменты, используемые для оценки покрытия аналогового телевидения, не вполне удовлетворительны, и необходимы более сложные вычисления.

В общем случае прием цифровых служб в ОЧС сталкивается с многосигнальной средой, то есть как с множеством источников помех, так и с множеством полезных сигналов. Для оценки результирующих уровней напряженности поля (и полезного, и нежелательного) необходимо объединить отдельные сигналы. Поскольку уровни напряженности поля сигналов описываются статистическими величинами, они должны объединяться также статистически.

По существу это справедливо для статистики как по местоположениям, так и по времени. Однако обычно эти виды статистики рассматриваются разными способами. Статистика по времени учитывается путем использования табулированных кривых распространения с указанием уровней напряженности поля для соответствующих процентов времени. Статистика по местоположениям обрабатывается с использованием распределений напряженности поля.

4.5.7.2 Статистика по местоположениям

4.5.7.2.1 Покрытие одного места приема

Для какого-либо места приема, охватываемого услугой цифрового радиовещания, нам известно, что выраженный в децибелах (дБ) уровень полезного сигнала C должен быть выше уровня шума N на определенную величину, которая указывается минимальным отношением C/N_{min}. Это можно выразить формулой (в дБ):

$$C > C/N_{min} + N.$$

---

[12] Термин "край" выбран для того, чтобы обозначить любой переход от зоны покрытия к зоне, не охваченной обслуживанием. Эти "края" могут находиться у внешней границы зоны покрытия или у границ любых не охваченных обслуживанием зон, которые могут существовать внутри общей зоны, обычно в результате местного экранирования на пути полезного сигнала.

Таким же образом для преодоления воздействия источника помех уровень C полезного сигнала должен быть больше уровня I этого источника помех на определенную величину, называемую защитным отношением PR для данного конкретного типа источника помех. Это также может быть выражено (в дБ):

$$C > PR + I.$$

Сумма $PR + I$ (защитное отношение + напряженность поля источника помех) часто называется мешающим полем. На практике может также потребоваться учет избирательности приемной антенны по отношению к мешающему сигналу:

$$C > PR + I - Ad,$$

где Ad – это избирательность приемной антенны в азимуте источника помехи.

На практике для полезного сигнала должны выполняться оба условия, которые можно выразить формулой

$$C > C/N_{min} + N + PR + I - Ad.$$

Для случая, когда встречается более одного полезного и более одного нежелательного сигнала, условие приема может быть выражено как

$$\Sigma PC > P(N + C/N_{min}) + \Sigma P(PR + I - Ad),$$

где:

ΣPC : суммарная мощность полезных сигналов;

$P(N + C/N_{min})$: эквивалент мощности шума + требуемое отношение C/N;

$\Sigma P(PR + I - Ad)$: суммарная мощность мешающих полей.

4.5.7.2.2 Покрытие малой зоны

На практике невозможно знать фактические значения напряженности поля в каждом месте приема, чтобы можно было применить предыдущую формулу и точно определить зону покрытия. Могут быть получены только числа, выражающие средние значения напряженности поля в малых зонах (обычно 100 м × 100 м). Изменения уровней сигнала в такой малой зоне часто называют медленным замиранием или замиранием вследствие затенения.

Задача состоит в том, чтобы узнать, находится ли данная малая зона внутри или вне зоны покрытия, и вычислить вероятность надежного приема в этих зонах. Эта вероятность представляет собой процент мест приема, в которых можно принять удовлетворительный сигнал (полезная мощность которого больше или равна сумме мощностей шума и помех) в пределах малой зоны. Малая зона считается охваченной – и таким образом находится внутри зоны покрытия, – если вычисленная вероятность окажется выше заданного порога, например 70%, 90% или 95%. Этот аспект подробно обсуждается ниже.

Вычисление вероятности выполняется для значений напряженности поля, которые являются случайными переменными, с использованием соответствующих значений для уровня шума и защитных отношений для каждого типа источника помех. Прогнозирование уровней напряженности поля с применением подходящего метода, например, по Рекомендации МСЭ-R P.1546 [4.15] или по моделям прогнозирования, использующим банки данных о рельефе местности, дает средний уровень напряженности поля полезного сигнала и мешающих сигналов.

Однако в связи с тем, что уровни мощности полезного и мешающего сигналов являются случайными переменными и известны только их средние значения и стандартные отклонения, нельзя применять приведенную в предыдущем разделе формулу только к средним уровням мощности полезного и мешающего сигналов. Поэтому необходимо обратиться к математическим моделям распределения значений напряженности поля для различных мест приема и использовать математические методы в целях получения результатов объединения нескольких случайно распределенных сигналов. Более подробное описание приведено ниже.

Еще одним аспектом, который следует упомянуть в этом контексте, является тот факт, что на каждую модель распространения влияет ошибка прогнозирования, которая добавляет еще один статистический компонент. Ошибка прогнозирования варьируется от одной отдельной модели распространения к другой. Часто замирание вследствие затемнения и ошибка прогнозирования рассматриваются вместе и предполагается, что применяемое стандартное отклонение напряженности поля охватывает оба эффекта.

4.5.7.2.3 Прогнозирование распространения и его статистические основы

Сигналы наземного радиовещания распространяются между передатчиком и приемником через атмосферу. Характеристики канала распространения приводят к статистической изменчивости напряженности поля по времени и по местоположениям. Изменчивость полезного поля по времени в общем случае весьма мала по сравнению с его изменчивостью по местоположениям. Эти статистические изменения включаются в хорошо известные модели распространения, такие как описанная в Рекомендации МСЭ-R P.1546 [4.15].

При рассмотрении статистики напряженности поля в месте приема изменчивость полезного сигнала определяется в небольшой зоне, где сигнал имеет среднее значение и изменчивость логарифмически нормального типа вокруг этого медианного значения с известным стандартным отклонением. Это значение стандартного отклонения обычно изменяется в диапазоне от 3 до 6 дБ. Для планирования служб цифрового радиовещания часто используется значение 5,5 дБ. Зоны, в которых это значение действительно, должны иметь подходящий размер. Другими словами, зона не может быть "слишком большой" или "слишком малой". Как правило, ее размер 100 м × 100 м. Зона подходящего размера называется испытательной зоной или пикселем.

В качестве иллюстративного контрпримера, измерения напряженности поля в зоне с радиусом 100 км вокруг местоположения передатчика, безусловно, будет иметь стандартное отклонение больше 5,5 дБ. Такая зона не будет испытательной зоной. Аналогично, если зона состоит лишь из немногих близко расположенных точек, то стандартное отклонение местоположения будет меньше 5,5 дБ.

Следует помнить, что значения напряженности поля, полученные с помощью статистических моделей распространения, не дают информации о конкретных точках – только об испытательных зонах. Например, уровень напряженности поля X может быть достигнут (или превышен) в 50% мест приема на заданном расстоянии от передатчика с заданными значениями эффективной высоты антенны и э.и.м.; другой (более низкий) уровень напряженности поля Y может быть достигнут (или превышен), например, в 99% тех же мест для тех же условий передачи. Разница $X - Y$ пропорциональна стандартному отклонению и представляет собой диапазон, в пределах которого будет находиться большинство значений напряженности поля, измеренных в точках в пределах испытательной зоны. Никакой информации не предоставляется о том, в каких отдельных местах/точках испытательной зоны принимаемая напряженность поля равна заданному уровню или в каких отдельных местах/точках принимаемая напряженность поля превышает указанный уровень.

Если мощность передатчика теперь увеличить на фиксированную величину (например, 3 дБ), то полученная напряженность поля в каждом местоположении/точке увеличится на эту величину (3 дБ), и напряженность поля в большем количестве местоположений/точек, чем раньше, станет равной или превышающей указанный уровень напряженности поля (X или Y). Но все равно конкретные местоположения/точки, где это происходит, не известны. Тем не менее можно сказать, что напряженность поля увеличилась на 3 дБ во всех рассматриваемых местоположениях/точках или, равнозначно, что указанный уровень напряженности поля (X или Y) достигнут или превышен для бóльшего процента местоположений/точек (соответственно более чем в 50% или 99%).

4.5.7.3 Статистика по времени

Статистика полей мешающих сигналов по времени учитывается при базисных вычислениях по кривым распространения[13] для 1% времени, тогда как вычисления полей полезных сигналов основаны на кривых распространения для 50% (или 99%) времени. Как правило, более подробный анализ статистики по времени в расчетах покрытия для служб цифрового радиовещания не производится. На самом деле для этого даже нет подходящих методов. В какой-то степени этот подход оправдан – по крайней мере для полезных сигналов – тем фактом, что для более коротких расстояний (менее 100 км) изменчивость по времени намного меньше изменчивости в зависимости от местоположения.

Что касается суммирования сигналов, то поля собственных помех рассматриваются как "обычные" нежелательные сигналы. Используются кривые распространения для 1% времени, которые складываются с другими возможными источниками помех, внешних по отношению к ОЧС.

4.5.8 Минимальные условия приема

4.5.8.1 Случай одиночного сигнала

Статистика по местоположениям отдельных (логарифмически распределенных) уровней напряженности поля, исходящих от одного передатчика, описывается нормальным распределением, которое характеризуется двумя параметрами – средним значением и стандартным отклонением. Поэтому в данном случае и мощность сигнала также распределяется по логарифмически нормальной модели.

Выше обсуждалась ключевая роль целевых показателей вероятности охвата в качестве параметров планирования цифровых систем. Эти целевые показатели относятся к параметрам распределения напряженности поля. Вероятность охвата в 50% определяется средним значением распределения, а для вычисления более высоких (и более низких) значений вероятности охвата необходимы как среднее значение, так и стандартное отклонение распределения сигнала.

В случае одного сигнала, когда параметры распределения известны из прогноза распространения, легко вычисляются запасы по вероятности, позволяющие получить более высокую вероятность охвата, и можно определить минимальные медианные уровни напряженности поля для планирования. То же относится и к запасам по вероятности для получения защитных отношений, когда участвуют одно полезное поле и одно мешающее. Точное определение запаса на защитные отношения приведено ниже в этой главе.

В разделе 4.5.7.2 приведена общая формула для минимальных условий приема. В случае одного полезного сигнала и одного нежелательного сигнала (для упрощения пренебрегая избирательностью приемной антенны) это

$$C > C/N_{min} + N + PR + I.$$

В отсутствие источника помех минимальная напряженность поля F_{min} определяется как

$$F_{min} = C/N_{min} + N.$$

Для надлежащего приема значение F_{min} должно превышаться полезным сигналом C, который – как статистическая переменная с нормальным распределением – описывается средним значением C_{mean} и стандартным отклонением σC:

$$C > F_{min}$$

или, точнее:

$$P(C > F_{min}) > p,$$

[13] То есть напряженность поля помех, которая превышается в течение лишь 1% времени.

где $P(A)$ обозначает вероятность события A, а p – предполагаемую вероятность охвата по местоположениям. При заданных параметрах распределения C и предполагаемой вероятности покрытия p можно оценить минимальную эквивалентную медианную напряженность поля для планирования (FMME):

$$\text{FMME} = F_{\min} + (\mu p * \sigma C).$$

FMME – это параметр планирования, который должен превышаться средним значением C_{mean} полезного сигнала C, чтобы гарантировать надлежащий прием с предполагаемой вероятностью покрытия. Величина $\mu p * \sigma C$, на которую FMME превышает F_{min}, называется запасом по вероятности. Это функция стандартного отклонения и процентильного коэффициента μp. Значения μp для типичных вероятностей покрытия p приведены в таблице 4.1. Запас по вероятности часто называют также запасом по распространению.

ТАБЛИЦА 4.1

Процентильные коэффициенты для типичных вероятностей *p*

p	**μp**
0,50	0,00
0,70	0,52
0,95	1,64
0,99	2,33

Аналогичный анализ проводится при исследовании помех для полезного сигнала (уровня C) со стороны нежелательного сигнала (с уровнем I). Для надлежащего приема полезный сигнал должен удовлетворять условию

$$C > PR + I$$

или, опять же, в статистической форме:

$$P(C > PR + I) > p.$$

Оценка этого выражения дает условие для среднего значения C_{mean} полезного поля:

$$C_{mean} > I_{mean} + PR + \mu p * \sqrt{(\sigma_C^2 + \sigma_I^2)}.$$

Запас по вероятности $\mu p * \sqrt{(\sigma_C^2 + \sigma_I^2)}$ теперь содержит стандартные отклонения как полезного, так и нежелательного сигнала, поскольку оба являются статистическими переменными. Если принять одни и те же стандартные отклонения для полезного и нежелательного сигналов, то есть когда $\sigma_C = \sigma_I = \sigma$, то запас по вероятности сводится к форме $\sqrt{2} * \mu p * \sigma$.

Так как стандартные отклонения полезного и нежелательного поля известны (это выходные параметры модели прогнозирования напряженности поля), то в случае одного сигнала можно вычислить запасы по вероятности и использовать их как общепринятые параметры планирования.

Совместная обработка шума и помех, как уже указывалось в разделе 4.5.7.2.1, содержит элементы статистического суммирования и поэтому обсуждается в следующей главе.

4.5.8.2 Случай нескольких сигналов

В принципе те же минимальные условия приема, которые описываются в предыдущей главе, также применимы и в случае среды с несколькими сигналами. Однако оценку степени покрытия усложняет тот факт, что теперь задействованы статистические суммы полезных и нежелательных сигналов. Конфигурации из нескольких мешающих сигналов для многих ситуаций радиовещания хорошо известны, тогда как несколько полезных сигналов – это конкретная особенность одночастотных сетей.

Когда встречается ситуация с множеством сигналов, параметры распределения результирующего сигнала перестают быть известными априори. Среднее значение и особенно стандартное отклонение в значительной степени зависят от конкретной комбинации рассматриваемых сигналов. Вследствие этого минимальные уровни напряженности поля и запасы по вероятности больше не имеют фиксированных значений; они становятся скорее переменными, зависящими от количества, напряженности и разброса отдельных одиночных уровней напряженности полей. Однако можно выделить две общие тенденции. Во-первых, среднее значение составного сигнала больше арифметической суммы средних значений отдельных сигналов и, во-вторых, стандартное отклонение составного сигнала меньше этого же показателя у отдельных сигналов. В случае полезных сигналов оба этих факта порождают эффект, известный как выигрыш за счет сети.

Значимость эффектов сложения уровней напряженности поля можно проиллюстрировать на следующем примере. Максимальный статистический выигрыш за счет сети достигается, если в месте приема суммируемые поля имеют равную напряженность. Например, в случае трех одиночных сигналов он составляет около 6 дБ и снижает на эту величину минимальную медианную напряженность поля для планирования в этом местоположении. Если у трех сигналов не одинаковая напряженность поля, то выигрыш за счет сети варьируется от 0 до 6 дБ. Аналогичным образом из-за эффектов суммирования сигналов уменьшаются запасы по вероятности для защитных отношений. Этот пример показывает, что эффекты суммирования сигналов в ОЧС могут существенно повлиять на покрытие цифровой службы.

Уже говорилось о том, что эффекты суммирования сигналов увеличивают среднее значение и уменьшают стандартное отклонение результирующего распределения суммарного сигнала по сравнению с результатами нестатистической обработки. Это очень важный вывод, поскольку он дает возможность устанавливать результаты нестатистической обработки в качестве верхней границы для начальных оценок планирования. С учетом некоторого дополнительного запаса на реализацию эти оценки формируют соответствующую основу для планирования, когда отсутствует подробная информация о характеристиках передатчиков в сети, например при составлении плана выделений частот.

С другой стороны, при детальном планировании, например для построения реальной сети передатчиков, должны приниматься во внимание эффекты суммирования сигналов. В этом случае запасы по вероятности для минимальных значений напряженности поля и защитные отношения перестают быть параметрами, пригодными для планирования. Их следует заменить более основательными целевыми показателями вероятности покрытия.

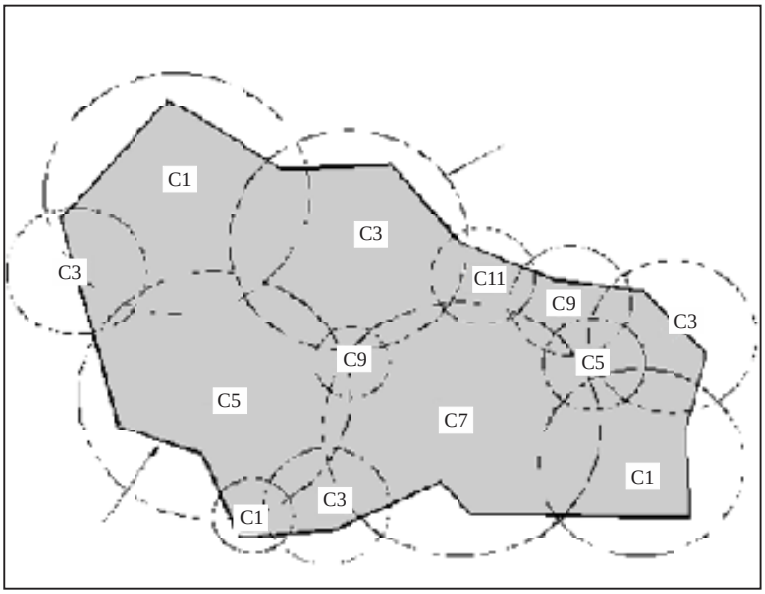
Поскольку выигрыш за счет сети является фундаментальной особенностью одночастотных сетей, этот аспект более подробно обсуждается в разделе 4.7.

4.6 Планирование в сети МЧС

Многочастотная сеть (МЧС) – это сеть, в которой каждому передатчику присваивается своя частота, то есть для N передатчиков используются N частотных каналов. Использование нескольких частот позволяет избежать неприемлемых помех в совмещенном канале между передатчиками, хотя для большинства практически реализуемых сетей будет нехватка частотных каналов при использовании их только один раз, поэтому в общем случае на достаточно большом расстоянии частоты могут использоваться повторно, не создавая неприемлемых помех (см. рисунок 4.1).

РИСУНОК 4.1

Многочастотная сеть (МЧС)



DTTB-04-01

Принятая в США, Канаде, Республике Корея и Мексике система ATSC представляет собой систему с одной несущей, описываемую в Рекомендации МСЭ-R BT.1306 [4.2], и обычно она реализуется как МЧС. В ATSC v3.0 используется технология с несколькими несущими, так что это ограничение снято.

Концепция МЧС также может использоваться и для систем ЦНТВ с несколькими несущими, таких как DVB или ISDB. Это может быть особенно полезно при переходе от аналогового к цифровому радиовещанию, так как повторно можно использовать большую часть существующей инфраструктуры аналоговой сети, особенно для фиксированного приема, что позволяет телезрителям повторно использовать уже имеющуюся у них приемную антенну и фидерную систему. В течение переходного периода сосуществования аналоговых и цифровых служб, и особенно при первом внедрении цифровых служб, может быть важным шагом не обременять телезрителей излишними требованиями.

В этом случае полезно планирование МЧС ввиду присущего ей предположения, что в течение нескольких лет будут использоваться существующие аналоговые службы, которые могут обслуживать очень большую часть населения в стране, и в течение этого времени произойдут относительно небольшие изменения, касающиеся аналоговых станций. В частности, в аналоговых сетях, вероятно, не будет больших изменений каналов или местоположений. Поэтому в течение переходного периода новые сети ЦНТВ должны перемежаться аналоговыми каналами. Тем не менее может оказаться желательным произвести ограниченное количество изменений каналов или даже местоположений некоторых аналоговых станций, которые в противном случае могут оказать значительное негативное влияние на возможности внедрения цифровых станций и служб.

Некоторые МЧС, состоящие только из мощных основных станций, могут не обеспечить полного покрытия. Зону покрытия можно дополнить ретрансляторными станциями меньшей мощности, использующими ту же частоту, что и взаимодействующая основная станция (в рамках одночастотной сети, ОЧС), или как отдельные присвоения в МЧС. ОЧС – это вариант, который может помочь при воспроизведении архитектуры аналоговой сети.

Преимущество МЧС – это простая конструкция сетей, потому что нет необходимости в синхронизации между цифровыми передатчиками (в отличие от ОЧС), что может уменьшить стоимость оборудования и бюджет строительства. Другое преимущество заключается в том, что в период одновременного аналогового и цифрового телевещания может быть проще найти несколько доступных частот для МЧС, чем частоту, подходящую для использования в широкомасштабной ОЧС.

4.6.1 Процедуры планирования

Шаг 1. Определение зоны обслуживания полезного сигнала

Очень важно определить зону обслуживания полезного сигнала для системы ЦНТВ. Обычно зона обслуживания ЦНТВ та же, что и зона, охватываемая системой аналогового телевизионного вещания. Преимуществом цифровой технологии является возможность уменьшения мощности передатчиков на величину до 16 дБ по сравнению с аналоговыми передатчиками при достижении той же зоны покрытия (в зависимости от выбранного режима передачи ЦНТВ).

Шаг 2. Режим приема

Системы ЦНТВ предназначены для приема на фиксированные антенны (на крыше) или на портативные или даже на карманные устройства. Желаемый режим приема, вероятно, является наиболее важным фактором при планировании частот ЦНТВ-служб, поэтому его следует рассматривать на очень раннем этапе процесса.

Шаг 3. Параметры планирования

Из-за сбоев в результате пороговых эффектов в системах ЦНТВ (то есть в них происходит резкое ухудшение качества приема вблизи порогового уровня приема), как правило, необходимо обеспечить доступность этих систем для больших процентов вероятности по времени и по местоположениям. Например, в Соглашении GE06 [4.10] предполагается, что услуги должны быть доступны в течение более чем 99% времени. Процент местоположений, где услуга должна быть доступна, зависит от выбранного режима приема.

Затем в соответствии с требуемыми значениями вероятности по времени и по местоположениям, высотой приемной антенны и характеристиками приемной системы должна определяться минимально используемая напряженность поля.

Следовательно, можно рассчитать соответствующую мощность передачи для покрытия требуемой зоны обслуживания при заданном коэффициенте усиления передающей антенны.

В пределах одного частотного канала (который может иметь ширину 6, 7 или 8 МГц) системы ЦНТВ могут обеспечивать скорость передачи данных от 4 до 40 Мбит/с в зависимости от выбранного режима приема и других параметров. В общем случае более широкие полосы пропускания обеспечивают более высокие скорости передачи данных.

Выбор параметров передачи подробно рассматривается в разделе 4.8.

Эти параметры приведены в Рекомендации МСЭ-R BT.1306 [4.2] для систем первого поколения и в Рекомендации МСЭ-R BT.1877 [4.3] для систем второго поколения.

Шаг 4. Присвоение частот

Когда выбраны режим приема и требуемая скорость передачи данных, можно установить необходимое защитное отношение приемника.

Затем проверяется возможная частота, которая должна обеспечивать, чтобы в любой точке зоны обслуживания защитное отношение приемника превышало отношения между полезным и нежелательными сигналами (C/I) и чтобы новый передатчик не вызывал неприемлемой потери обслуживания другими передатчиками. Если данные критерии соблюдаются, то проверяемая возможная частота пригодна для использования в этом месте.

Если нет, то расчеты повторяются для другой частоты или изменяются параметры передатчика до тех пор, пока не будут соблюдены критерии защитного отношения.

Следует отметить, что может оказаться маловероятным обеспечение требуемого покрытия в каждой точке зоны обслуживания или полное устранение помех другим существующим передатчикам. В этом случае после изучения альтернативных частот и параметров передачи, возможно, потребуется рассмотреть вариант использования менее оптимального распределения частот.

Шаг 5. Координация

Когда помехи, создаваемые новым передатчиком и причиняемые ему, изучены, может потребоваться координация передатчиков ЦНТВ для уменьшения неприемлемых помех. Это может привести к изменению передаваемой мощности, коэффициентов усиления антенн, их диаграмм направленности и/или возможному перебазированию передатчика.

Иногда может потребоваться координация между двумя или более странами. Процесс международной координации рассматривается в главе 6 настоящего Справочника.

Шаг 6. Использование ретрансляторов

Несмотря на то что для широкого охвата передатчики устанавливаются в высоких местах, все же могут оставаться неохваченные зоны. Кроме того, для приема сигнала ЦНТВ в помещениях или под землей могут оказаться недостаточными уровни напряженности поля основного передатчика. Эти затененные зоны могут быть покрыты с помощью маломощных ретрансляторов. В системе МЧС скорее всего найдутся подходящие частоты, чтобы покрыть небольшие затененные зоны, поскольку при использовании передатчиков малой мощности с невысокими антеннами ретрансляторы вряд ли будут создавать вредные помехи.

4.6.2 Параметры планирования

4.6.2.1 Эталонная приемная система для планирования частот

Основой для планирования частот служб цифрового наземного телевидения в диапазонах ОВЧ/УВЧ служат характеристики эталонной приемной системы для систем телевидения этого вида. Такие характеристики для систем ЦНТВ первого и второго поколения определяются в Рекомендации МСЭ-R BT.2036 [4.35].

Все характеристики приемника для планирования частот делятся на две категории:

– общие характеристики приемника, применимые к любым цифровым наземным телевизионным системам;

– характеристики приемника, применимые к конкретной системе цифрового наземного телевидения.

К общим характеристикам приемника относятся:

– высота антенны приемника над поверхностью земли (например, 1,5 м для портативных устройств и 10 м для приема на фиксированную антенну на крыше);

– коэффициент направленного действия приемной антенны (см. Рекомендацию МСЭ-R BT.419 [4.28]);

– коэффициент шума приемника (в зависимости от частоты – от 6 до 10 дБ, см. Рекомендацию МСЭ-R BT.2036 [4.35]);

– коэффициент усиления антенны (в зависимости от частоты – от 4 до 12 дБ, см. Рекомендацию МСЭ-R BT.2036 [4.35]);

– потери в фидере (в зависимости от частоты – от 1 до 5 дБ, см. Рекомендацию МСЭ-R BT.2036 [4.35]).

Конкретные характеристики приемника определяются для систем ЦНТВ первого поколения (DVB-T, ATSC, ISDB-T) и для системы ЦНТВ второго поколения (DVB-T2 в Рекомендации МСЭ-R BT.2036 [4.35]). Следует отметить, что в данной Рекомендации отсутствуют характеристики приемника для систем DTMB.

4.6.2.2 Минимальные значения напряженности поля и защитные отношения

Критерии планирования и защитные отношения для систем первого поколения приведены в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1368 [4.30], а для систем второго поколения – в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2033 [4.31]. Критерии защиты для наземных мультимедийных радиовещательных систем для мобильного приема с использованием карманных приемников в диапазонах ОВЧ/УВЧ определяются в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2052 [4.36].

В Приложении 2 к главе 4 рассматриваются различные сценарии реализации, обеспечивающие минимальную используемую напряженность поля с учетом типовых приемных установок.

При определении защитных отношений следует учитывать характер помех. Соответствующая обобщенная информация представлена в Отчете МСЭ-R ВТ.2382 [4.37].

4.7 Планирование в сети ОЧС

4.7.1 Общие сведения

Одночастотные сети (ОЧС) обеспечивают требуемое покрытие за счет использования нескольких передатчиков, работающих на одной и той же частоте и доставляющих один и тот же контент. Эксплуатация сетей ЦНТВ[14] в одной частотной конфигурации облегчается использованием метода модуляции с ортогональным частотным разделением (OFDM) с несколькими несущими, который позволяет принимать (и конструктивно суммировать) несколько полезных радиочастотных сигналов (невосприимчивость к многолучевому распространению).

В ОЧС множество мест приема в зоне покрытия может обслуживаться несколькими передатчиками. В этом случае создается определенный уровень избыточности для приема сигналов и может улучшиться доступность услуг. Напряженность поля от одного передатчика демонстрирует статистические изменения из-за наличия препятствий на трассе распространения, особенно для приема на портативные и мобильные устройства. Эта изменения напряженности поля можно уменьшить, установив несколько передатчиков, расположенных в разных направлениях относительно приемника, поскольку когда один источник затенен, другие могут быть легко доступны. Эта особенность ОЧС обусловливает выигрыш за счет сети, который подробно рассматривается в следующем разделе. ОЧС можно спроектировать таким образом, чтобы обеспечить более однородное распределение напряженности поля по всей ее зоне покрытия, чем в случае одного передатчика, охватывающего ту же зону.

В одночастотной сети все передатчики сети используют одну и ту же частоту. Они имеют общую зону покрытия и не могут работать независимо. Это показано на рисунке 4.2, иллюстрирующем ОЧС из 10 передатчиков, работающих в канале С1. На рисунке показана зона обслуживания, а также общая зона покрытия передатчиков.

При работе в ОЧС сигналы, передаваемые отдельными передатчиками, должны быть:

– синхронными по времени (или с точно контролируемой задержкой);
– номинально когерентными по частоте (в пределах нескольких герц);
– модулированными одинаковыми битовыми потоками.

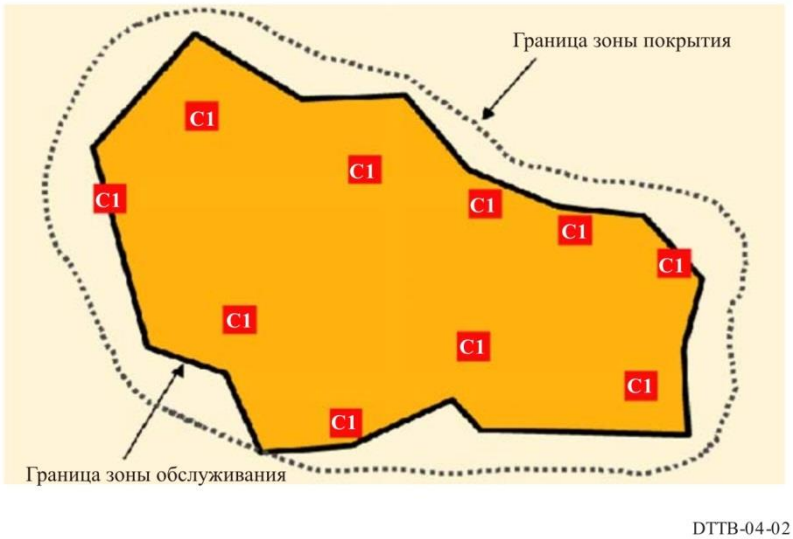
Сеть должна быть спроектирована таким образом, чтобы свести к минимуму собственные помехи и использовать полезные сигналы, излучаемые другими передатчиками ОЧС. Задержка между сигналами, поступающими в приемник, зависит от разницы в длине трасс распространения между приемником и различными передатчиками ОЧС; задержка может составлять величину от нескольких десятков до нескольких сотен микросекунд в зависимости от расстояния разноса между передатчиками и от фактической реализации отдельных задержек, установленных для каждого передатчика ОЧС.

---

[14] Кроме ATSC. См. раздел 4.6.

РИСУНОК 4.2

Одночастотная сеть (ОЧС)



DTTB-04-02

Одночастотные сети могут быть реализованы с использованием структуры одного из двух теоретических типов. Одна называется открытой, а другая – закрытой сетью. Предполагается, что сети обоих типов должны обеспечивать минимальную полезную напряженность поля на границе зоны покрытия.

– В открытой сети не принимаются никакие меры для минимизации уровня излучения в направлении зон за пределами зоны покрытия. В предельном случае открытая сеть может состоять только из одного всенаправленного передатчика.

– В закрытой сети уровень излучения в направлении зон за пределами зоны покрытия намеренно уменьшается без уменьшения покрытия планируемой территории. Это можно сделать, используя направленные антенны на передающих станциях вблизи периферии зоны покрытия.

В реальной сети, охватывающей большую территорию, между передатчиками могут быть значительные расстояния. Если такая сеть спроектирована как закрытая сеть, она будет создавать меньше помех на заданном расстоянии вне зоны ее покрытия, чем в случае проектирования в виде открытой сети. Причина этого заключается в том, что уровень помех в основном определяется излучаемой мощностью передатчиков, ближайших к границе зоны покрытия в рассматриваемом направлении.

Однако в закрытой сети, охватывающей небольшую территорию, излучаемая мощность передатчиков, расположенных на стороне зоны покрытия, противоположной рассматриваемому направлению, вносит относительно больший вклад в уровень исходящих помех, чем в закрытой сети, охватывающей большую территорию. Таким образом использование направленных передающих антенн для передатчиков, расположенных вблизи границы небольшой зоны покрытия, дает меньше преимуществ, чем в случае сетей, охватывающих более обширную территорию. Последствия данной ситуации можно смягчить, по крайней мере частично, с помощью таких методов, как наклон луча.

Из вышесказанного следует, что для относительно больших зон покрытия расстояние разноса между зонами в совмещенном канале для закрытых сетей обычно меньше, чем для открытых. Для небольших зон покрытия расстояние разноса для закрытых сетей может приближаться к расстоянию разноса для открытых сетей.

Существует несколько вариантов ОЧС для обеспечения большой зоны покрытия, хотя они отличаются скорее внешне, чем по существу. Основное различие состоит в величине разноса между передающими станциями. Одним из крайних случаев была бы сеть, основанная на существующих станциях, которые, возможно, использовались или все еще используются для аналоговых служб и которые могут быть разнесены на расстояние 80 км и более. Другим крайним случаем была бы плотная сеть с разносом передатчиков всего на 10 или 20 км. На практике любая реальная сеть, по всей вероятности, содержит

элементы обоих этих случаев. Даже в сети, основанной главным образом на существующих или бывших аналоговых станциях, вероятно, потребуется какое-то количество ретрансляционных стаций с относительно небольшим разносом между соседними станциями. И наоборот, плотная сеть, вероятно, будет иметь некоторые "просветы", где плотность населения слишком мала, чтобы строительство станций было экономически оправданно.

4.7.2 Гибкость в использовании спектра

Конфигурация ОЧС обеспечивает очень большую гибкость в использовании спектра. Например, первоначально сеть может быть спроектирована в расчете на обеспечение покрытия за счет приема фиксированными антеннами на крыше, но позже путем добавления передающих станций – без необходимости в дополнительных частотах – распространена на предоставление обслуживания с помощью мобильных или портативных приемных устройств.

Еще одно проявление гибкости, характерной для ОЧС, – это свобода для оператора радиовещания внедрять новые станции для улучшения покрытия в рамках существующей сети без необходимости использования дополнительного спектра.

4.7.3 Влияние параметров системы ЦНТВ на характеристики ОЧС

Хотя, с одной стороны, одним из основных преимуществ ОЧС является повышение эффективности использования и упрощение процесса планирования спектра, с другой – необходимо тщательно определять параметры системы и планирования.

В первую очередь следует выбрать подходящую топологию сети. В принципе возможны два подхода: "высокая мачта – большая мощность" (High-Tower-High-Power, HTHP) и "низкая мачта – малая мощность" (Low Tower Low Power, LTLP) с диапазоном промежуточных вариантов. Как правило, для распространения вещательного контента прагматичен подход HTHP, поскольку он позволяет повторно использовать существующую инфраструктуру передающих станций. Во вторую очередь следует определить целевые показатели планируемого покрытия и режим приема.

Эти подходы определяют выбор параметров системы, которые различны для разных систем ЦНТВ (подробнее см. в главе 9).

Например, в случае ОЧС DVB-T2 первым шагом следует выбрать длину защитного интервала в соответствии с физическим размером ОЧС или расстояниями разноса между передатчиками, учитывая, конечно, что разнос между передатчиками можно сделать больше, чем защитный интервал, зависящий от практических соображений, таких как рельеф, распространение, надежность системы и т. д. Вместе с выбором длины защитного интервала необходимо также определить его долю. Доля защитного интервала предусматривает учет размера БПФ, связанного со сценарием приема – фиксированный прием с применением антенн на крыше, прием на портативные или мобильные устройства. В случае фиксированного приема с применением антенн на крыше желательно, по-видимому, использовать большие БПФ, поскольку это уменьшит долю защитного интервала и увеличит доступную пропускную способность. Для приема на портативные и мобильные устройства возможно потребуется рассмотреть БПФ меньшего размера, например 16k, 8k или даже 4k, особенно для мобильного приема с ограничивающим эффектом Доплера. Выбор модуляции определяет скорость передачи данных (пропускную способность), но также оказывает большое влияние на надежность системы; схемы модуляции более высокого порядка, которые обеспечивают бóльшую пропускную способность, менее надежны. Кроме того, для DVB-T2 и PP1–PP8 предлагается несколько схем размещения рассредоточенных пилот-сигналов (PP). Выбор схем размещения пилот-сигналов определяет характеристики задержанных сигналов, пребывающих за пределами защитного интервала, задаваемого пределом Найквиста. Превышение этого предела Найквиста означает неправильное выравнивание каналов, даже если доля межсимвольных помех (ISI) мала (подробнее см. в Приложении 2).

Более полную информацию об ОЧС можно найти в Отчете МСЭ-R BT.2386 "Цифровое наземное радиовещание: проектирование и реализация одночастотных сетей (ОЧС)" [4.38], где также описывается множество практических примеров в целях обмена опытом и предоставления руководящих указаний по проектированию и внедрению для тех, кто намерен развертывать такую сеть.

4.7.4 Выигрыш за счет сети

Многие места приема в ОЧС могут охватываться несколькими передатчиками, таким образом вводится определенный уровень избыточности в источники сигналов и улучшается доступность услуг. Такое улучшение условий приема особенно важно при приеме сигналов на портативное оборудование, когда напряженность поля от одного передатчика испытывает статистические отклонения из-за наличия препятствий на трассе распространения. Эти изменения напряженности поля можно уменьшить в случае задействования нескольких передатчиков, расположенных в разных направлениях, поскольку когда один источник затенен, другие могут быть легко доступны. Это так называемый выигрыш за счет сети. Положительное влияние выигрыша за счет сети для фиксированного приема будет, вероятно, ограниченным из-за использования направленных приемных антенн, но при приеме на портативные устройства в неподходящих для приема местах и с менее сложными приемными антеннами такое усиление может быть более значительным.

Сеть ОЧС (вследствие выигрыша за счет сети) может работать при меньшей мощности передатчиков, и распределение напряженности поля в ней более однородное по сравнению с многочастотными сетями (МЧС). Использование ОЧС представляется наиболее разумным способом удовлетворительного охвата больших зон, особенно когда предусматривается прием на портативное оборудование.

В Рекомендации МСЭ-R SM.1875 [4.39] содержится следующее описание выигрыша или усиления за счет сети:

> "*Если сигналы от нескольких полезных передатчиков в ОЧС могут приниматься в пределах данного защитного интервала, качество приема может быть улучшено, и минимальная напряженность поля полезного сигнала от каждого передатчика может быть меньшей. Усиление за счет сети таким образом – это не сумма значений напряженности поля полезных сигналов, излучаемых всеми передатчиками, от которых возможен прием. Это просто более высокая вероятность приема более сильного сигнала по дополнительному направлению по сравнению с приемом только от одного передатчика.*
>
> *Усиление за счет сети – это разность значений напряженности поля принимаемых сигналов в сетях ОЧС и МЧС, необходимая для обеспечения той же вероятности охвата местоположений.*
>
> *В ОЧС увеличение количества передатчиков приводит к более однородному распределению напряженности поля в зоне покрытия. Стандартное отклонение* σ *значений напряженности поля уменьшается*".

Например, минимальная медианная напряженность поля E_{med} для данного варианта системы составляет 61,3 дБ(мкВ/м). По определению это относится к вероятности охвата 50% местоположений. Для ОЧС минимальная напряженность поля полезного сигнала E_{min} для вероятности охвата 95% местоположений составляет 66,7 дБ(мкВ/м), а для МЧС она равна 70,3 дБ(мкВ/м). Таким образом, выигрыш за счет сети составляет 3,6 дБ.

4.7.5 Собственные помехи

Мощность всех сигналов в ОЧС, принятых в течение защитного интервала, считается полезной и вносит вклад в общую доступную мощность сигнала. Вне защитного интервала только часть отраженной мощности связана с тем же символом OFDM, что и основной сигнал, и, следовательно, вносит положительный вклад в общую полезную мощность сигнала.

Другая часть отраженной мощности связана с предыдущим или последующим символом OFDM и создает межсимвольные помехи. Поэтому, поскольку задержка сигнала постепенно выходит за пределы защитного интервала, полезный вклад уменьшается, а межсимвольные помехи возрастают.

Это приводит к двум ограничениям, налагаемым на ОЧС. Во-первых, для заданного места приема основные составляющие сигналы обычно поступают от близлежащих передатчиков. Чтобы сохранить эти вклады конструктивными, временная задержка между ними не должна заметно превышать

защитный интервал, а это означает, что должен выдерживаться определенный верхний предел расстояния между соседними передатчиками.

Во-вторых, даже если максимальное расстояние разноса для соседних передатчиков выдержано, более отдаленные передатчики в сети могут вносить деструктивный вклад. Может быть определено максимальное расширение зоны ОЧС, которое не должно превышаться, чтобы количество передатчиков, создающих собственные помехи, оставалось небольшим.

Значимость собственных помех, результирующее максимальное расстояние разноса между соседними передатчиками, а также наличие или отсутствие общего максимального расширения зоны обслуживания ОЧС зависят от выбранного защитного интервала, чувствительности системы к собственным помехам, определяемой соответствующим значением *C*/*N*, и плотности размещения передатчиков в сети.

В крупномасштабной ОЧС может быть затруднительно спланировать сеть так, чтобы сигналы от дальних передатчиков всегда имели незначительный уровень по сравнению с сигналами от близлежащих передатчиков. Это затруднение усугубляется тем, что:

– нужно рассчитать уровни сигнала от дальних передатчиков для небольшого процента времени (обычно 1%) в целях обеспечения защищенного приема для значительного процента времени (обычно 99%); и

– приемные антенны портативных и мобильных приемников являются ненаправленными.

В крупномасштабной ОЧС есть вероятность того, что задержка распространения сигналов от удаленных передатчиков выведет их за пределы защитного интервала ближних передатчиков. Этот эффект можно уменьшить, смещая время передачи данной службы для некоторых передатчиков вперед или назад относительно некоторого фиксированного эталона. Для крупномасштабной и сложной ОЧС детальный расчет относительной синхронизации передатчиков – это один из инструментов, который можно использовать для минимизации собственных помех и, следовательно, для оптимизации покрытия сети.

4.7.6 Синхронизация передатчиков

Для правильной работы ОЧС все передатчики в сети должны быть синхронизированы друг с другом. Это требование справедливо как в частотной, так и во временной областях.

4.7.6.1 Частотная синхронизация

Точность частоты цифрового передатчика должна быть весьма стабильной. Чтобы свести к минимуму любой дрейф, все передатчики должны синхронизироваться по эталонному источнику, например по сигналу времени GPS.

4.7.6.2 Синхронизация времени

Чтобы уменьшить межсимвольные помехи, можно отрегулировать время начала определенного кадра сигнала каждого передатчика в сети (относительная временная синхронизация передатчиков). Оптимизация этой задержки позволяет добиться того, что сигналы от ближних и дальних передатчиков будут поступать в приемник в пределах защитного интервала и вносить конструктивный, а не деструктивный вклад. Относительную временную синхронизацию передатчика можно отрегулировать на опережение или на отставание от эталонной точки.

Однако в любом случае время передачи сигнала каждым передатчиком сети должно опираться на эталонное время. Необходимо также учитывать распределение контента конкретной службы, чтобы один и тот же кадр данных передавался в течение одного и того же периода времени – с задержкой, если это необходимо, или без нее. В крупномасштабной, например национальной, сети момент доставки к передатчикам контентной информации может значительно различаться. Один из вариантов – доставлять сигнал непосредственно в сетевые узлы с использованием спутникового распределения. Другой – обеспечить на входе каждого передатчика переменную буферизацию, связанную с эталоном времени.

В небольших ОЧС, диаметр которых не превышает расстояния перемещения сигнала в течение защитного интервала, нет необходимости рассматривать этот элемент планирования сети.

При первоначальном проектировании конфигурации сети планировщик должен спрогнозировать как требуемое покрытие, так и потенциал помех от каждого передатчика. Эти прогнозы выполняются для 50% времени для полезной службы и 1% времени для источника помех. Если установлена нулевая относительная временная задержка, то можно получить покрытие всей сети. Затем на этом этапе можно рассчитать общие помехи, вызванные каждым передатчиком в составе ОЧС.

В общем случае это будут присвоения с наибольшей мощностью, которая вызовет наибольшие помехи, и сначала разумно сосредоточиться на них. Тем не менее корректировка временной синхронизации станций с более низким уровнем э.и.м. может привести к значительному улучшению покрытия по периферии их областей обслуживания.

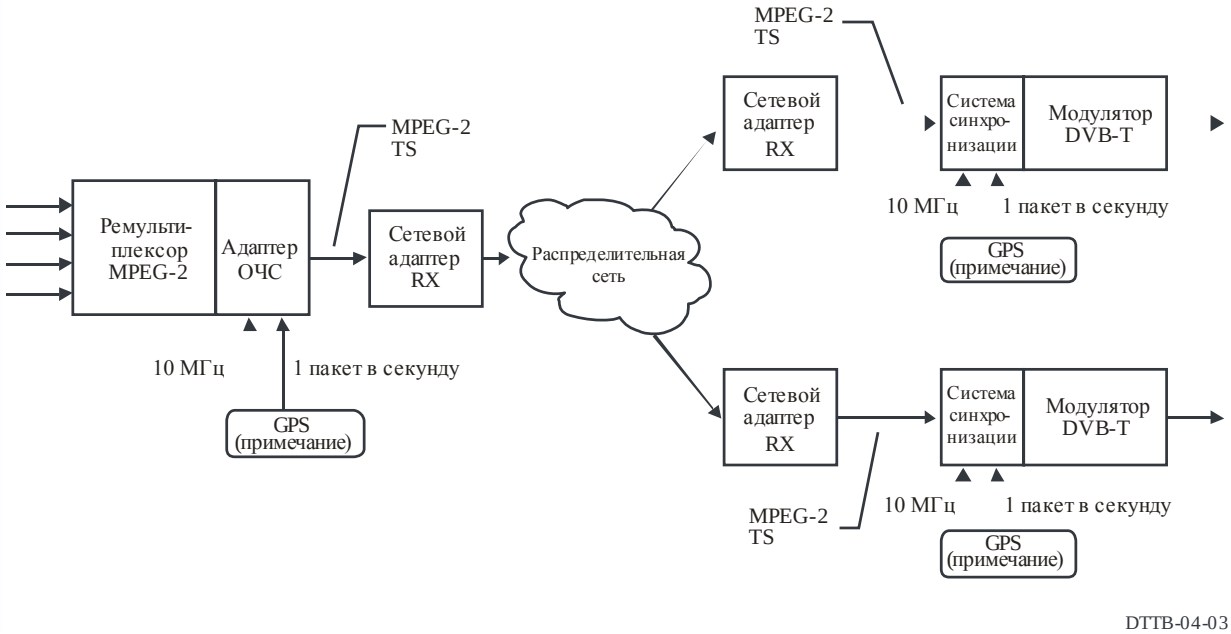
Как только деструктивные передатчики будут выявлены, можно скорректировать временную синхронизацию сети и пересчитать помехи. Следует отметить, что настраиваемый передатчик может не совпадать с передатчиком, вызывающим наибольшие помехи, поскольку изменение может вызвать проблему в другой части сети. Возможно, лучшей стратегией будет настройка станций меньшей мощности, чтобы их сигналы принимались в защитном интервале удаленной мощной станции.

Следует также рассмотреть, как влияет на прогнозируемое покрытие оконная функция БПФ приемника. Однако общие руководящие указания дать трудно, поскольку производители неохотно раскрывают детали функционирования своих приемников. Общие стратегии синхронизации обсуждаются в [4.40].

Когда транспортный поток MPEG-2 распределяется в направлении сети передатчиков, можно настроить задержки транспортирования с помощью сетевого адаптера ОЧС. Как показано в примере, приведенном на рисунке 4.3, взятом из технической спецификации ETSI *TS 101 191 Digital Video Broadcasting (DVB)* [4.41], целью сетевого адаптера Tx является создание мегакадра MPEG-2 и вставка идентификационных пакетов мегакадра (MIP), в которых передается смещение по времени между последним импульсом GPS и временем начала мегакадра. Сетевые адаптеры Rx находят MIP-пакеты и вводят требуемую задержку перед подачей сигнала MPEG-2 в модулятор OFDM и вторичную распределительную сеть.

РИСУНОК 4.3

Распределение сигналов в ОЧС DVB-T через сетевые адаптеры



4.7.6.3 Влияние потери синхронизации

Если какому-либо передатчику позволить выйти из синхронизации с остальной частью сети, он станет источником помех для покрытия остальной части сети. Такой режим работы будет проявляться как зона потери покрытия в направлении периферии зоны обслуживания рассинхронизированного передатчика – зона помех. По мере дальнейшей рассинхронизации передатчика с остальной частью сети зона помех будет расширяться. Следует отметить, что вблизи передатчика со смещением частоты, где значения напряженности поля велики, прием, вероятно, не пострадает. Данное явление может затруднить поиск неисправностей, кода начнут поступать сообщения телезрителей о нарушении приема.

4.7.7 Ретрансляторы в совмещенном канале

Ретранслятор в совмещенном канале представляет собой устройство, которое принимает передачу ЦНТВ на определенной частоте ОВЧ/УВЧ, усиливает принятый канал и ретранслирует его на той же частоте. Такой ретранслятор используется для расширения покрытия существующей сети посредством передачи на одной частоте без включения дополнительных передатчиков. Основными преимуществами ретрансляторов по сравнению с обычными передатчиками являются упрощенное развертывание и более низкая стоимость.

Задержка, вызванная всем процессом приема, усиления и передачи, должна быть существенно короче защитного интервала для используемого режима ЦНТВ (например, типичная задержка составляет 5 мкс), с тем чтобы приемник, принимающий сигналы как от передатчика, так и от ретранслятора в совмещенном канале, получал не помехи, а конструктивно суммированные сигналы.

Однако существуют препятствия при развертывании таких ретрансляторов. Передаваемый сигнал может возвращаться на вход ретранслятора, создавая таким образом контур обратной связи, который вызывает проблемы двух типов – пульсацию функции передачи устройства и, в худшем случае, нестабильность устройства. Чтобы преодолеть их, необходима достаточная изоляция между приемной и передающей антеннами или в ретрансляторе должны применяться те или иные методы эхоподавления (что увеличивает сложность и, следовательно, стоимость устройства).

4.7.8 Выбор параметров системы

Единого способа реализации сети ЦНТВ не существует, и выбор параметров системы в основном зависит от требований, предъявляемых к сети. Примеры параметров для реализации различных сценариев сетей DVB, ISDB, DTMB и ATSC приведены в Приложении 2 к главе 4.

Примеры реализации сети ЦНТВ можно также найти в следующих документах МСЭ-R:

– Отчет МСЭ-R BT.2140, *Переход от аналогового к наземному цифровому радиовещанию* [4.42];

– Report ITU-R BT.2254, *Frequency and network planning aspects of DVB-T2* [4.43];

– Report ITU-R BT.2294, *Construction technique of DTTB relay station network for ISDB-T* [4.44];

– Report ITU-R BT.2343, *Collection of field trials of UHDTV over DTT networks* [4.45];

– Report ITU-R BT.2385, *Reducing the environmental impact of terrestrial broadcasting systems* [4.46];

– Report ITU-R BT.2386, *Digital Terrestrial Broadcasting: Design and implementation of single frequency networks (SFN)* [4.38].

Приложение 1 к главе 4

Эталонные конфигурации планирования и эталонные сети в Соглашении GE06

A4.1.1 Общие сведения

Методы ЦНТ позволяют создавать широкий спектр конфигураций сетей. Для того чтобы классифицировать такие конфигурации, на конференции по планированию GE06[15] были определены так называемые эталонные конфигурации планирования. Они описываются в разделе A4.1.2.

Соглашение GE06 [4.10] предусматривает планирование реализаций ЦНТ на основе записей плана выделений частот и плана присвоений частот. Выделения и присвоения более подробно описываются в разделах 4.2.6, 4.2.7 и 4.4.2.

В записях плана присвоений указаны характеристики передатчика, а записи плана выделений составляются на основе характеристик так называемых эталонных сетей. Эталонные сети рассматриваются в разделе A4.1.3.

Подробные сведения, необходимые для характеристик записей плана присвоений и плана выделений, можно найти в Приложении 1 к Заключительным актам GE06 [4.10].

A4.1.2 Пример эталонных конфигураций планирования (для DVB-T)

Сеть ЦНТВ планируется для различных основных режимов приема. Следовательно, эталонные конфигурации планирования (RPC) можно сгруппировать в соответствии с режимом приема и диапазоном частот.

Режимы приема сгруппированы следующим образом:

– фиксированный прием;

– прием на портативные устройства вне помещения, прием на мобильные устройства и прием на портативные устройства внутри помещения с пониженным качеством охвата;

– прием на портативные устройства внутри помещения с более высоким качеством охвата.

Минимальная полезная напряженность поля, подходящая для фиксированного приема с использованием антенн на крыше, не подходит для приема на мобильные устройства и приема на карманные портативные устройства из-за разницы в высоте приемных антенн. Следовательно, для радиовещательных сетей, предназначенных для фиксированного приема с использованием антенн на крыше, а также на портативные, мобильные или карманные устройства потребуются разные архитектурные конфигурации.

Для эталонных частот:

– 200 МГц (ОВЧ);

– 650 МГц (УВЧ).

Эталонные конфигурации планирования для DVB-T сведены в таблицу A4.1.1.

---

[15] На Конференции GE06 было решено рассматривать только DVB-T в ее зоне планирования, поэтому приведенные здесь эталонные конфигурации планирования и эталонные сети разработаны в расчете на DVB-T. Для других систем ЦНТВ могут использоваться очень похожие концепции лишь с незначительными изменениями.

ТАБЛИЦА A4.1.1

Эталонные конфигурации планирования (для DVB-T)

RPC	**RPC 1**	**RPC 2**	**RPC 3**
Эталонная вероятность охвата мест приема	95%	95%	95%
Эталонное отношение *C*/*N* (дБ)	21	19	17
Эталонное значение $(E_{med})_{ref}$ (дБ(мкВ/м)) при f_r = 200 МГц	50	67	76
Эталонное значение $(E_{med})_{ref}$ (дБ(мкВ/м)) при f_r = 650 МГц	56	78	88

$(E_{med})_{ref}$: эталонное значение минимальной медианной напряженности поля;

RPC 1 : RPC для фиксированного приема;

RPC 2 : RPC для приема на портативное оборудование вне помещения или для приема на портативное оборудование внутри помещения с более низким качеством охвата, или для мобильного приема;

RPC 3 : RPC для приема на портативное оборудование внутри помещения с более высоким качеством охвата.

Для других частот эталонные значения напряженности поля, приведенные в таблице A4.1.1, должны корректироваться путем добавления поправочного коэффициента (Corr.), определяемого согласно следующему правилу:

– $(E_{med})_{ref}(f) = (E_{med})_{ref}(f_r)$ + Corr;

– при фиксированном приеме Corr = 20 $\log_{10}$ (f/f_r), где f – рабочая частота, а f_r – эталонная частота подходящего указанного в таблице A4.1.1 диапазона;

– при приеме на портативное оборудование и при мобильном приеме Corr = 30 $\log_{10}$ (f/f_r), где f – рабочая частота, а f_r – эталонная частота подходящего указанного в таблице A4.1.1 диапазона.

Приведенные в таблице A4.1.1 эталонные параметры RPC (вероятность охвата мест, отношение *C*/*N*, минимальная медианная напряженность поля) не связаны с реализацией конкретного варианта системы DVB-T или реальной сети DVB-T; скорее они поддерживают большое количество различных фактических реализаций. Например, служба DVB-T при мобильном приеме может использовать в качестве фактических параметров реализации вероятность охвата мест 99% и помехоустойчивый вариант DVB-T с отношением *C*/*N*, равным 14 дБ. Тем не менее эта служба будет представлена RPC 2 с эталонной вероятностью охвата мест приема 95% и эталонным отношением *C*/*N*, равным 19 дБ, без ограничения возможностей реализации "фактической" службы при мобильном приеме DVB-T.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для режимов приема ЦНТ с использованием антенн на крыше и приема на портативные устройства (внутри или снаружи зданий) обычно устанавливают целевую доступность приема или вероятность охвата мест приема 95%. Этот уровень считается достаточно высоким (по сравнению с целевым уровнем 50%, традиционно используемым для планирования аналогового телевидения), чтобы обеспечить достаточный запас сверх минимально необходимого уровня напряженности поля, чтобы в подавляющем большинстве мест приема (а именно 95%) в небольшой зоне приема, используемой для планирования (см. раздел 4.5.7.2.3), уровень приема превышал минимальный. Этот более высокий целевой уровень для цифрового телевидения по сравнению с аналоговым объясняется пороговым эффектом резкого снижения качества цифрового сигнала, когда он ослабляется до минимального уровня, в то время как для аналогового телевидения характерно постепенное ухудшение, так что будет обеспечиваться различимое изображение и звук, даже когда уровни приема опустятся ниже минимального.

В оставшихся 5% мест приема уровень напряженности поля ЦНТ будет ниже минимума, и в принципе там вообще не будет никакого приема (эффект резкого снижения качества). Однако прием в этих местах можно восстановить с помощью некоторых настроек приемного оборудования. К ним относятся, например, некоторое перемещение приемной антенны для получения максимальной напряженности поля в данном месте или установка антенны с бóльшим коэффициентом усиления. Это возможно только для фиксированного приема (с антенной на крыше) или приема на портативные (стационарные) устройства внутри или снаружи помещения.

Для мобильного приема, учитывая, что необходимо обеспечить прием почти во всех местах, куда может перемещаться приемник, осуществлять вышеупомянутые корректировки в движении невозможно. Поэтому целесообразно установить начальный более высокий целевой показатель вероятности охвата мест. Как правило, в качестве целевого показателя вероятности охвата мест при планировании сети ЦНТ для мобильного приема устанавливается уровень 99%.

Для расчета коэффициента коррекции местоположения каждой RPC используются следующие значения стандартного отклонения:

– для RPC 1 и RPC 2 – 5,5 дБ в ОВЧ и УВЧ;
– для RPC 3 – 6,3 дБ в ОВЧ и 7,8 дБ в УВЧ.

A4.1.3 Примеры эталонных сетей (для DVB-T)

A4.1.3.1 Общие соображения

Для удовлетворения различных требований, касающихся ввода в действие сетей DVB-T, было разработано четыре вида эталонных сетей (RN).

При определении бюджета мощности эталонных сетей высоты антенн и уровни мощности регулируются таким образом, чтобы желаемая вероятность покрытия обеспечивалась в любой точке зоны обслуживания.

При применении метода регулирования бюджета мощности в сети используется основной принцип с ограничением шумами, который, как известно, не очень эффективен с точки зрения использования частот. В целях компенсации этого недостатка уровни мощности передатчиков в эталонных сетях были увеличены на 3 дБ (см. таблицы A4.1.2–A4.1.5).

Что касается эффективной высоты антенн передатчиков в эталонных сетях, то в качестве среднего значения используется высота 150 м.

В эталонных сетях выбрана открытая структура сети, поскольку считается, что при реальном внедрении сети обычно будет использоваться этот тип сетей. Зона обслуживания определяется как шестиугольник, площадь которого примерно на 15% больше площади шестиугольника, образованного периферийными передатчиками. Однако, чтобы предусмотреть реализацию сетей с очень низким потенциалом помех, вводится также эталонная сеть с полузакрытой структурой сети (см. эталонную сеть 4 в разделе A4.1.3.5).

В некоторых случаях потенциалы помех эталонных сетей значительно завышают потенциал помех при вводе в действие реальных сетей, например когда стандартная геометрия эталонной сети существенно отличается от конкретной формы реальной зоны обслуживания. В этих случаях администрации могут принять подходящий метод, согласованный на двусторонней основе, для проведения лучшего моделирования потенциала помех эталонной сети.

A4.1.3.2 Эталонная сеть 1 (ОЧС с большой зоной обслуживания)

Эта сеть состоит из семи передатчиков, расположенных в центре и в вершинах шестиугольной решетки. Выбран открытый тип сети, то есть передатчики используют ненаправленные антенны и предполагается, что зона обслуживания превышает площадь шестиугольника из передатчиков примерно на 15%. Геометрия сети представлена на рисунке A4.1.1.

Такая эталонная сеть (RN 1) применяется в различных случаях: фиксированный прием (RPC 1), прием вне помещения/мобильный прием (RPC 2) и прием внутри помещения (RPC 3) как для диапазона III, так и для диапазонов IV/V.

RN 1 предназначена для покрытия сетей ОЧС с большой зоной обслуживания. Предполагается, что в качестве основы для этого типа сетей используются основные передающие станции с подходящей эффективной высотой антенны. При приеме на портативную аппаратуру и мобильном приеме размер реальных зон обслуживания для этого типа покрытия ОЧС будет ограничен до 150–200 км в диаметре из-за ухудшения, вызванного собственными помехами, если только не используются весьма помехоустойчивые варианты системы DVB-T или не применяется концепция плотных сетей.

РИСУНОК A4.1.1

RN 1 (ОЧС с большой зоной обслуживания)

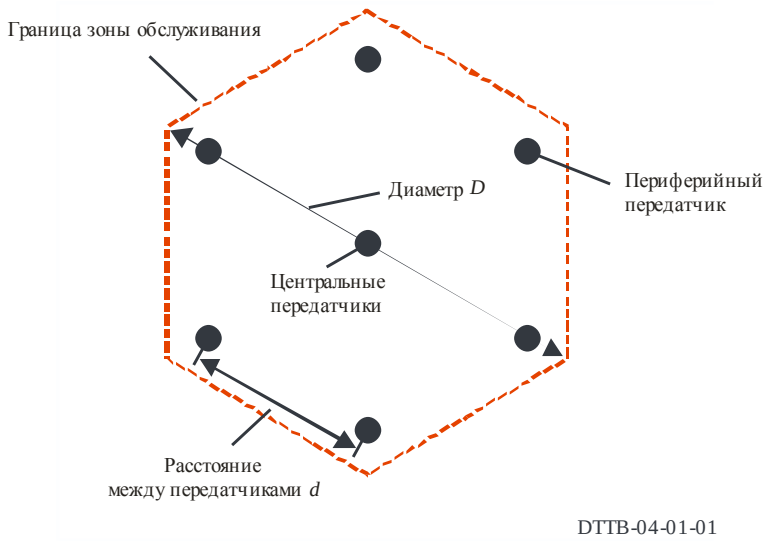


ТАБЛИЦА A4.1.2

Параметры RN 1 (ОЧС с большой зоной обслуживания)

RPC и тип приема		**RPC 1 Фиксированный прием**	**RPC 2 Прием на портативное оборудование вне помещения и мобильный прием**	**RPC 3 Прием на портативное оборудование внутри помещения**
Тип сети		Открытый	Открытый	Открытый
Геометрия зоны обслуживания		Шестиугольник	Шестиугольник	Шестиугольник
Количество передатчиков		7	7	7
Геометрия решетки передатчика		Шестиугольник	Шестиугольник	Шестиугольник
Расстояние между передатчиками *d* (км)		70	50	40
Диаметр зоны обслуживания *D* (км)		161	115	92
Эффективная высота антенны Tx (м)		150	150	150
Диаграмма направленности антенны Tx		Ненаправленная	Ненаправленная	Ненаправленная
э.и.м. (дБВт)	Диапазон III	34,1	36,2	40,0
	Диапазоны IV/V	42,8	49,7	52,4

ПРИМЕЧАНИЕ. – Э.и.м. дана для 200 МГц в диапазоне III и для 650 МГц в диапазонах IV/V; для других частот (f в МГц) добавляемым частотными поправочным коэффициентом является: 20 $\log_{10}$ (f/200 или f/650) для RPC 1 и 30 $\log_{10}$ (f/200 или f/650) для RPC 2 и RPC 3. Значения э.и.м., указанные в данной таблице, включают дополнительный запас по мощности, равный 3 дБ.

В качестве длины защитного интервала предполагается использовать максимальное значение 1/4 T_u режима БПФ 8k. Расстояние между передатчиками в ОЧС не должно намного превышать расстояние, эквивалентное длительности защитного интервала. В этом случае длительность защитного интервала составляет 224 мкс, что соответствует расстоянию 67 км. Расстояние между передатчиками для варианта RPC 1 принимается равным 70 км. Что касается RPC 2 и 3, то 70 км – слишком большое расстояние с точки зрения бюджета мощности. Поэтому были выбраны меньшие значения расстояний между передатчиками – 50 км для RPC 2 и 40 км для RPC 3.

A4.1.3.3 Эталонная сеть 2 (ОЧС с малыми зонами обслуживания, ОЧС с плотным расположением передатчиков)

Эта сеть состоит из трех передатчиков, расположенных в вершинах равностороннего треугольника. Выбран открытый тип сети, то есть передатчики используют ненаправленные антенны. Предполагается, что зона обслуживания является шестиугольной, как показано на рисунке A4.1.2.

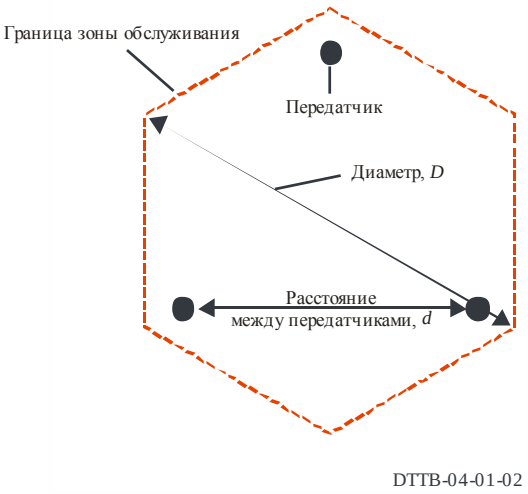
Такая эталонная сеть (RN 2) применяется в различных случаях: фиксированный прием (RPC 1), прием вне помещения/мобильный прием (RPC 2) и прием внутри помещения (RPC 3) как для диапазона III, так и для диапазонов IV/V.

RN 2 предназначена для покрытия сетей ОЧС с малой зоной обслуживания. Предполагается, что для этого типа сетей будут доступны передающие станции с надлежащими значениями эффективной высоты антенны, и ожидается, что ограничения из-за собственных помех будут небольшими. Диаметры типичных зон обслуживания могут быть от 30 до 50 км.

Возможен также охват больших зон обслуживания при помощи ОЧС с плотным расположением передатчиков. Однако в этом случае необходимо очень большое количество передатчиков. Поэтому для больших зон обслуживания целесообразно, по-видимому, выбрать вариант RN 1, даже если предусматривается использование структуры сети с плотным расположением передатчиков.

РИСУНОК A4.1.2

RN 2 (ОЧС с малой зоной обслуживания)



В RN 2 расстояние между передатчиками составляет 25 км для случаев RPC 2 и RPC 3. Поэтому для заданного защитного интервала можно использовать значение 1/8 T_u (БПФ 8k), что увеличит доступный объем данных по сравнению с использованием защитного интервала 1/4 T_u. Для варианта RPC 1 может быть также приемлемо то же самое значение защитного интервала, но с бóльшим расстоянием между передатчиками, равным 40 км, поскольку фиксированный прием с использованием антенны на уровне крыши менее чувствителен к собственным помехам благодаря направленным свойствам приемной антенны.

Сетевые параметры и данные по бюджету мощности для RN 2 приведены в таблице A4.1.3.

ТАБЛИЦА A4.1.3

Параметры RN 2 (ОЧС с малыми зонами обслуживания)

RPC и тип приема		**RPC 1 Фиксированный прием**	**RPC 2 Прием на портативное оборудование вне помещения и мобильный прием**	**RPC 3 Прием на портативное оборудование внутри помещения**
Тип сети		Открытый	Открытый	Открытый
Геометрия зоны обслуживания		Шестиугольник	Шестиугольник	Шестиугольник
Количество передатчиков		3	3	3
Геометрия решетки передатчиков		Треугольник	Треугольник	Треугольник
Расстояние между передатчиками *d* (км)		40	25	25
Диаметр зоны обслуживания *D* (км)		53	33	33
Эффективная высота антенны Tx (м)		150	150	150
Диаграмма направленности антенны Tx		Ненаправленная	Ненаправленная	Ненаправленная
э.и.м. (дБВт)	Диапазон III	24,1	26,6	34,1
	Диапазоны IV/V	31,8	39,0	46,3

ПРИМЕЧАНИЕ. – Э.и.м. дана для 200 МГц в диапазоне III и 650 МГц в диапазонах IV/V; для других частот (*f* в МГц) добавляемым поправочным коэффициентом частоты является: 20 $\log_{10}$ (*f*/200 или *f*/650) для RPC 1 и 30 $\log_{10}$ (*f*/200 или *f*/650) для RPC 2 и RPC 3. Значения э.и.м., приведенные в данной таблице, включают дополнительный запас по мощности, равный 3 дБ.

A4.1.3.4 Эталонная сеть 3 (ОЧС с малыми зонами обслуживания для условий города)

Геометрия решетки передатчиков эталонной сети 3 (RN 3) и зоны обслуживания такая же, как и для случая RN 2 (см. рисунок A4.1.2).

RN 3 применяется в различных случаях: фиксированный прием (RPC 1), прием вне помещения/мобильный прием (RPC 2) и прием внутри помещения (RPC 3) как для диапазона III, так и для диапазонов IV/V.

RN 3 предназначена для охвата ОЧС с малой зоной обслуживания в условиях города. Эта сеть идентична RN 2, за исключением того, что используются данные потерь при уменьшении высоты для городских условий. При этом требуемая мощность передатчиков ОЧС увеличивается примерно на 5 дБ для RPC 2 и RPC 3.

Сетевые параметры и данные по бюджету мощности для RN 3 приведены в таблице A.4.1.4.

ТАБЛИЦА A4.1.4

Параметры RN 3 (ОЧС с малыми зонами обслуживания для условий города)

RPC и тип приема	**RPC 1 Прием на фиксированную антенну**	**RPC 2 Прием на портативное оборудование вне помещения и мобильный прием**	**RPC 3 Прием на портативное оборудование внутри помещения**
Тип сети	Открытый	Открытый	Открытый
Геометрия зоны обслуживания	Шестиугольник	Шестиугольник	Шестиугольник
Количество передатчиков	3	3	3
Геометрия решетки передатчиков	Треугольник	Треугольник	Треугольник

ТАБЛИЦА A4.1.4 (*окончание*)

RPC и тип приема		**RPC 1 Прием на фиксированную антенну**	**RPC 2 Прием на портативное оборудование вне помещения и мобильный прием**	**RPC 3 Прием на портативное оборудование внутри помещения**
Расстояние между передатчиками *d* (км)		40	25	25
Диаметр зоны обслуживания *D* (км)		53	33	33
Эффективная высота антенны Tx (м)		150	150	150
Диаграмма направленности антенны Tx		Ненаправленная	Ненаправленная	Ненаправленная
э.и.м. (дБВт)	Диапазон III	24,1	32,5	40,1
	Диапазоны IV/V	31,8	44,9	52,2

ПРИМЕЧАНИЕ. – Э.и.м. дана для 200 МГц в диапазоне III и 650 МГц в диапазонах IV/V; для других частот (*f* в МГц) добавленным поправочным коэффициентом частоты является: 20 $\log_{10}$ (*f*/200 или *f*/650) для RPC 1 и 30 $\log_{10}$ (*f*/200 или *f*/650) для RPC 2 и RPC 3. Значения э.и.м., приведенные в данной таблице, включают дополнительный запас по мощности, равный 3 дБ.

A4.1.3.5 Эталонная сеть 4 (полузакрытая ОЧС с малыми зонами обслуживания)

Эта эталонная сеть (RN 4) предназначена для использования в случаях, когда при вводе в действие сети предпринимаются значительные усилия, касающиеся местоположения передатчиков и диаграмм направленности антенн, по уменьшению уровня исходящих помех.

Геометрия сети RN 4 идентична случаю RN 2, за исключением диаграмм направленности антенн передатчиков, которые снижают уровень исходящей напряженности поля на 6 дБ для угла 240° (то есть это полузакрытая RN). Зона обслуживания этой RN показана на рисунке A.4.1.3. Предполагается, что на указанных направлениях произойдет резкий переход в снижении от 0 дБ до 6 дБ.

Сеть RN 4 применяется в различных случаях: фиксированный прием (RPC 1), прием вне помещения/мобильный прием (RPC 2) и прием внутри помещения (RPC 3) как для диапазона III, так и для диапазонов IV/V.

РИСУНОК A4.1.3

RN 4 (полузакрытая ОЧС с малыми зонами обслуживания)

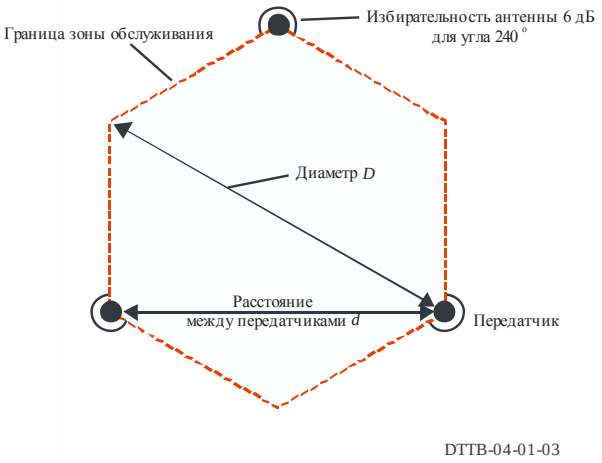


ТАБЛИЦА A4.1.5

Параметры RN 4 (полузакрытая ОЧС с малыми зонами обслуживания)

RPC		**RPC 1**	**RPC 2**	**RPC 3**
Тип сети и тип приема		Полузакрытая Прием на фиксированную антенну	Полузакрытая Прием на портативное оборудование вне помещения и мобильный прием	Полузакрытая Прием на портативное оборудование внутри помещения
Геометрия зоны обслуживания		Шестиугольник	Шестиугольник	Шестиугольник
Количество передатчиков		3	3	3
Геометрия решетки передатчиков		Треугольник	Треугольник	Треугольник
Расстояние между передатчиками *d* (км)		40	25	25
Диаметр зоны обслуживания *D* (км)		46	29	29
Эффективная высота антенны Tx (м)		150	150	150
Диаграмма направленности антенны Tx		Направленная Снижение на 6 дБ для угла 240°	Направленная Снижение на 6 дБ для угла 240°	Направленная Снижение на 6 дБ для угла 240°
э.и.м. (дБВт)	Диапазон III	22,0	24,0	32,5
	Диапазоны IV/V	29,4	37,2	44,8

ПРИМЕЧАНИЕ. – Э.и.м. дана для 200 МГц в диапазоне III и 650 МГц в диапазонах IV/V; для других частот (*f* в МГц) добавленным поправочным коэффициентом частоты является: 20 $\log_{10}$ (*f*/200 или *f*/650) для RPC 1 и 30 $\log_{10}$ (*f*/200 или *f*/650) для RPC 2 и RPC 3. Значения э.и.м., приведенные в данной таблице, включают дополнительный запас по мощности, равный 3 дБ.

Сети RN 4 и RN 2 различаются между собой уровнем исходящих помех (потенциал помех). RN 4 имеет более низкий потенциал помех по сравнению с RN 2. Ввиду этого расстояние возможного повторного использования одной и той же частоты уменьшается, если оба выделения планируются для использования в RN 4.

Существует компромисс между этим более низким потенциалом помех и повышением расходов на ввод в действие для достижения направленного действия антенн. Это следует иметь в виду при выборе данной RN для планирования. Также имеет место уменьшение диаметров зон обслуживания по сравнению с зонами для RN 2.

Сетевые параметры и данные по бюджету мощности для эталонных сетей RN 4 приведены в таблице A4.1.5.

Приложение 2 к главе 4

Примеры сценариев реализации

Единого способа ввода в действие сети ЦНТВ не существует, и выбор параметров системы в основном зависит от требований, предъявляемых к сети. В данном Приложении приводятся примеры сценариев реализации различных систем DVB-T2, ISDB, DTMB и ATSC.

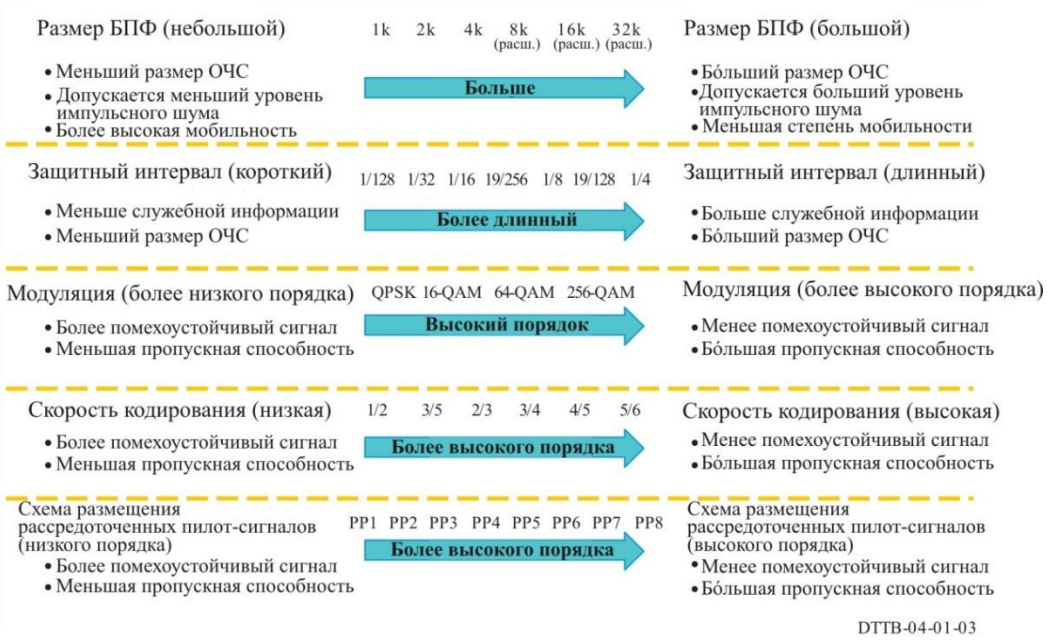
A4.2.1 Сценарии реализации сети DVB-T2

Сеть DVB-T2 обеспечивает широкий выбор параметров, и все возможные комбинации рассмотреть нельзя. В этом разделе рассматривается ряд распространенных применений DVB-T2 и обсуждаются некоторые возможные наборы параметров, которые могут быть пригодны для каждого из сценариев (дополнительные сведения см. в Отчете МСЭ-R BT.2254 [4.43]).

На рисунке A4.2.1 указываются некоторые параметры, которые можно задействовать в сети DVB-T2, и дается краткое описание с оценкой влияния такого выбора на сеть DVB-T2.

РИСУНОК A4.2.1

Выбор параметров DVB-T2



Во-первых, описывается ряд сценариев, подходящих для фиксированного приема с использованием антенны на крыше. Они основаны как на подходе МЧС, так и на подходе ОЧС.

Во-вторых, описывается пять сценариев, которые особенно подходят для приема ЦНТ на портативные и мобильные устройства. Все пять сценариев основаны на подходе ОЧС и предусматривают относительно большие защитные интервалы для минимизации помех в пределах ОЧС и для более значительного разноса передатчиков. По той же причине не применяется режим БПФ 32k, поскольку ожидается, что этот режим особенно уязвим для ухудшения приема из-за эффекта Доплера и может не подойти для сетей с приемом на мобильные и портативные устройства.

Параметры основаны на информации, приведенной в спецификации ETSI и Руководящих указаниях по внедрению – TS 102 831 [4.47], EN 302 755 [4.48]. Значения *C/N* и соответствующие скорости передачи данных получены методом, описываемом в Отчете МСЭ-R BT.2254 [4.43] (пункт 2.5 и Приложение 2).

В сценариях 1 и 4 для сравнения также приводятся параметры соответствующего режима DVB-T. Значения *C/N* для DVB-T взяты из соответствующей спецификации ETSI EN 300 744 [4.49], включая запас на реализацию 3 дБ.

A4.2.1.1 Сценарий 1. Прием с использованием антенны на крыше и пример перехода в сети МЧС

Этот сценарий может подойти для страны, которая намерена внедрить сеть с большой пропускной способностью для приема с использованием антенны на крыше. Он охватывает также ситуацию, когда страна желает перейти с существующей сети DVB-T на сеть с использованием DVB-T2. Этот сценарий служит примером того, как можно совершить такой переход с учетом некоторых общих практических соображений.

Конечно, в последнем случае конечным пользователям придется приобретать новые абонентские приставки или телевизионные приемники, способные демодулировать сигналы DVB-T2, поскольку формат DVB-T2 не совместим с DVB-T. Следовательно, может оказаться целесообразным достаточно длительный период одновременного вещания ТВ-программ в форматах DVB-T и DVB-T2. Более подробную информацию о переходе с DVB-T на DVB-T2 можно найти в главе 6 Отчета МСЭ-R BT.2254 [4.43], где, в частности, перечислены варианты DVB-T2, непосредственно совместимые с GE06 [4.10].

Хотя DVB-T2 дает возможность улучшить или оптимизировать покрытие существующей сети, во многих случаях существующее покрытие будет считаться достаточным, так что желательно сохранить этот охват, повышая в то же время пропускную способность сети, что позволит добавлять новые услуги. В таких ситуациях желательно использовать уже существующую инфраструктуру, например передающие станции, передатчики, сумматоры и антенные системы. В приведенном ниже примере осуществляется подобный переход с минимальными изменениями – по сути, единственным требованием является модернизация модуляторов. Передающая часть сети, которая в остальном остается неизменной, будет поддерживать практически постоянное покрытие[16].

Для сравнения предоставляются два набора параметров – один для сети DVB-T, а другой для DVB-T2. Важно отметить, что оба набора параметров приводят к аналогичному значению *C*/*N*, то есть если в сети DVB-T2 сохраняются передающие антенны и излучаемые мощности сети DVB-T, то покрытие сети останется практически неизменным. Оба набора параметров также демонстрируют одинаковую длительность защитного интервала, несмотря на то что в случае DVB-T2 доля защитного интервала значительно уменьшается. Опять же, если передающие антенны и излучаемые мощности в обеих сетях остаются постоянными, то синхросигналы ОЧС непосредственно перейдут из сети DVB-T в сеть DVB-T2 с небольшим изменением покрытия.

ТАБЛИЦА A4.2.1

Прием с использованием антенны на крыше и пример перехода в сети МЧС

	DVB-T	**DVB-T2**
Ширина полосы	8 МГц	8 МГц
Размер БПФ	2k	32k
Режим несущей	Неприменимо	Расширенный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	Неприменимо	PP7

[16] Изменения в распределительной сети и другие подобные детали не рассматривались.

ТАБЛИЦА A4.2.1 (*окончание*)

	DVB-T	**DVB-T2**
Защитный интервал	1/32 (7 мкс)	1/128 (28 мкс)
Модуляция	64-QAM	256-QAM
Скорость кодирования	2/3	2/3
C/*N* (по Райсу)	20,1 дБ	19,7 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**24,1 Мбит/с**	**40,2 Мбит/с**

A4.2.1.2 Сценарий 2. Прием с использованием антенны на крыше, максимальное покрытие в сети ОЧС

Данный сценарий предназначен для достижения максимального покрытия в ОЧС, обеспечивая прием сигналов с использованием антенны на крыше. В этом случае необходимо задействовать относительно устойчивый режим DVB-T2. Можно рассмотреть несколько возможных значений продолжительности защитного интервала в зависимости от применяемой структуры сети, расстояния между передатчиками, излучаемой мощности и рельефа местности. Ввиду относительно высокой устойчивости режима можно сократить защитный интервал до 1/16 (224 мкс) для очень больших ОЧС – это приведет к увеличению пропускной способности сети.

ТАБЛИЦА A4.2.2

Прием с использованием антенны на крыше, максимальное покрытие в ОЧС для режима DVB-T2

Ширина полосы	8 МГц
Размер БПФ	32k
Режим несущей	Расширенный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	PP2
Защитный интервал	1/8 (448 мкс)
Модуляция	16-QAM
Скорость кодирования	2/3
C/*N* (по Райсу)	11,6 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**16,7 Мбит/с**

A4.2.1.3 Сценарий 3. Прием с использованием антенны на крыше, среднее покрытие в сети ОЧС

Как правило, можно выделить два варианта наборов параметров DVB-T2:

– для случаев, когда DVB-T2 заменяет существующую сеть ОЧС в режиме DVB-T, обслуживающую зону среднего размера, например диаметром до 100 км. Это значение также представляется типичным для размера зоны выделения частот в плане GE06;

– для случаев, когда необходимо создать сеть ОЧС (в режиме DVB-T2) "неограниченного" размера для покрытия большой зоны. При этом будет трудно использовать DVB-T из-за собственных помех ОЧС.

Ввиду ограниченных результатов полевых испытаний DVB-T2, возможно, еще слишком рано делать однозначный выбор скорости кодирования для случая ОЧС. Есть два основных варианта – скорости кодирования 3/5 и 2/3. Представленные здесь сценарии основаны на использовании скорости кодирования 2/3, что обеспечивает более высокую пропускную способность.

В этих сценариях предполагается использование размера БПФ 32k. Следует отметить, что размер 32k рассчитан в основном на фиксированный прием с использованием антенны на крыше ввиду чувствительности данного размера к эффекту Доплера. То, что режимы 32k также подходят и для приема на портативные устройства в помещении, еще только предстоит подтвердить. Это означает, что в тех случаях, когда необходимо обеспечить прием *как* с использованием антенны на крыше, *так и* на устройства внутри помещений, возможно, более подходящими будут режимы 16k. Это приведет к использованию более высокой доли защитного интервала и, следовательно, уменьшенной пропускной способности для достижения требуемой продолжительности защитного интервала.

A4.2.1.4 Сценарий 3a. Прием с использованием антенны на крыше для ОЧС с ограниченными зонами

Выбранный защитный интервал в этом сценарии будет равен самому длинному интервалу для существующих сетей в режиме DVB-T (224 мкс) при использовании БПФ 8k. Однако в этом случае режим DVB-T2 позволит использовать меньшую долю защитного интервала (1/16) для достижения максимальной пропускной способности ввиду доступности БПФ 32k. В некоторых случаях использование "новой" доли защитного интервала 19/256 (266 мкс) также может быть возможным вариантом по улучшению ситуации с собственными помехами ОЧС, наблюдавшейся при использовании значения 1/16.

Следует отметить, что для случая приема с использованием антенны на крыше влияние собственных помех ОЧС может быть не такими большим, как в случаях приема на мобильные или портативные устройства, в которых используются всенаправленные приемные антенны. В некоторых случаях это может позволить еще больше уменьшить долю защитного интервала, например, до 1/32 (112 мкс).

Для ОЧС с большими зонами, в принципе, можно также использовать долю защитного интервала 19/128 (532 мкс), но предварительные результаты показывают, что для исключения собственных помех ОЧС с неограниченно большими зонами достаточно выбрать защитный интервал 448 мкс.

ТАБЛИЦА A4.2.3

Прием с использованием антенны на крыше для ОЧС с ограниченными зонами в режиме DVB-T2

Ширина полосы	8 МГц
Размер БПФ	32k
Режим несущей	Расширенный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	PP4
Защитный интервал	1/16 (224 мкс)
Модуляция	256-QAM
Скорость кодирования	2/3
C/*N* (по Райсу)	20,5 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**37,0 Мбит/с**

A4.2.1.5 Сценарий 3b. Прием с использованием антенны на крыше для ОЧС с большой зоной

Этот набор параметров следует использовать в тех случаях, когда можно создать ОЧС с большой зоной для общенационального покрытия. Для исключения собственных помех ОЧС доля защитного интервала должна быть выше, чем в предыдущем случае.

ТАБЛИЦА A4.2.4

Прием с использованием антенны на крыше для большой ОЧС в режиме DVB-T2

Ширина полосы	8 МГц
Размер БПФ	32k
Режим несущей	Расширенный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	PP2
Защитный интервал	1/8 (448 мкс)
Модуляция	256-QAM
Скорость кодирования	2/3
C/N (по Райсу)	21,2 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**33,4 Мбит/с**

A4.2.1.6 Сценарий 4. Прием на портативные устройства (максимальная скорость передачи данных)

Сценарий 4 описывает набор параметров для приема на портативные устройства. Эти параметры адаптируются к существующим реализациям ЦНТ на базе DVB-T в Германии. Они предназначены для приема на портативные устройства и основаны на подходе ОЧС. Выбран режим 16k с длиной защитного интервала 224 мкс. Это позволяет создавать сети ОЧС с диаметром зоны до примерно 150 км.

ТАБЛИЦА A4.2.5

Прием на портативные устройства для сети DVB-T2 (максимальная скорость передачи данных) – режим БПФ 16k

	DVB-T	**DVB-T2**
Ширина полосы	8 МГц	8 МГц
Режим БПФ	8k	16k
Режим несущей	Неприменимо	Расширенный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	Неприменимо	PP3
Защитный интервал	1/4 (224 мкс)	1/8 (224 мкс)
Модуляция	16-QAM	64-QAM
Скорость кодирования	2/3	2/3
C/N (по Рэлею)	17,2 дБ	17,8 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**13,3 Мбит/с**	**26,2 Мбит/с**

Поскольку соответствующая реализация DVB-T (8k, 16-QAM-2/3, GI 1/4) предусматривает скорость передачи данных 13,3 Мбит/с, этот сценарий DVB-T2 обеспечивает примерно вдвое большую скорость передачи данных.

Если выяснится, что для приема на портативные устройства подходит даже режим 32k, то возможен следующий набор параметров.

ТАБЛИЦА A4.2.6

Прием на портативные устройства для сети DVB-T2 (максимальная скорость передачи данных) – режим БПФ 32k

Ширина полосы	8 МГц
Режим БПФ	32k
Режим несущей	Расширенный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	PP4
Защитный интервал	1/16 (224 мкс)
Модуляция	64-QAM
Скорость кодирования	2/3
C/N (по Рэлею)	17,8 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**27,7 Мбит/с**

Однако пригодность режима 32k для приема на портативные устройства еще предстоит доказать в ходе полевых испытаний, которые уже показали, что для мобильного приема этот режим не подходит.

A4.2.1.7 Сценарий 5. Прием на портативные устройства (максимальное расширение зоны покрытия)

С другой стороны, систему DVB-T2 можно использовать для расширения существующей зоны покрытия (DVB-T) при сохранении скорости передачи данных (DVB-T). Это достигается путем применения более устойчивого варианта системы DVB-T2. Пример возможного сценария.

ТАБЛИЦА A4.2.7

Прием на портативные устройства для сети DVB-T2 (максимальное покрытие)

Ширина полосы	8 МГц
Режим БПФ	16k
Режим несущей	Расширенный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	PP3
Защитный интервал	1/8 (224 мкс)
Модуляция	16-QAM
Скорость кодирования	1/2
C/N (по Рэлею)	9,6 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**13,1 Мбит/с**

По сравнению с соответствующей реализацией DVB-T достигается усиление величиной примерно 7−8 дБ. Этого может хватить для покрытия больших частей той или иной зоны вещанием на портативные устройства там, где ранее был возможен только фиксированный прием, или для обеспечения приема на портативные устройства внутри помещений там, где ранее был возможен только прием на портативные устройства вне помещения.

A4.2.1.8 Сценарий 6. Прием на портативные устройства (оптимальное использование спектра)

Этот сценарий нацелен на оптимальное использование спектра в том смысле, что зоны обслуживания ЦНТВ с одним и тем же контентом мультиплекса охватываются одной (возможно очень большой) ОЧС. Для этой цели необходимо выбрать защитный интервал весьма большой длительности. Такой подход лучше всего подходит для национальных зон обслуживания; однако следует иметь в виду, что существующий план GE06 [4.10] не предусматривает столь крупных зон выделения. Поэтому для реализации данного сценария необходима дополнительная координация.

ТАБЛИЦА A4.2.8

Сеть DVB-T2 для портативного приема (оптимальное использование спектра)

Ширина полосы	8 МГц
Режим БПФ	16k
Режим несущей	Расширенный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	PP1
Защитный интервал	1/4 (448 мкс)
Модуляция	64-QAM
Скорость кодирования	2/3
C/N (по Рэлею)	18,2 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**22,6 Мбит/с**

По сравнению со сценарием 4, более высокая ожидаемая эффективность использования спектра оплачивается меньшей скоростью передачи данных – около 22,6 Мбит/с.

A4.2.1.9 Сценарий 7. Мобильный прием (полоса частот 1,7 МГц в диапазоне III)

DVB-T2 дополнительно обеспечивает режим работы с шириной полосы 1,7 МГц. Это позволяет реализовать сеть, соответствующую структуре блока частот DAB плана GE06. Таким образом могут также поддерживаться услуги звукового вещания и мобильного ТВ (с низкой скоростью передачи).

В представленном сценарии выбран режим 4k, который обеспечивает относительно высокую скорость передачи данных. Однако, как уже отмечалось в предыдущем сценарии, жизнеспособность режима БПФ с таким небольшим разносом несущих еще предстоит доказать в полевых испытаниях.

ТАБЛИЦА A4.2.9

Мобильный прием для DVB-T2 – PP2

Ширина полосы	1,7 МГц
Режим БПФ	4k
Режим несущей	Нормальный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	PP2
Защитный интервал	1/8 (278 мкс)
Модуляция	16-QAM
Скорость кодирования	1/2
C/N (по Рэлею)	10,0 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**2,5 Мбит/с**

В этом сценарии выбирается такая же длина защитного интервала, как для T-DAB. Тем не менее можно ожидать, что эксплуатационные характеристики ОЧС для DVB-T2 будут хуже, поскольку показатели ухудшения качества DVB-T2 более критичны, чем в случае T-DAB. Следовательно, для сценария DVB-T2 может потребоваться выбор более длительного защитного интервала, чтобы обеспечить большие зоны ОЧС. Возможный сценарий.

ТАБЛИЦА A4.2.10

Мобильный прием для DVB-T2 – PP1

Ширина полосы	1,7 МГц
Режим БПФ	4k
Режим несущей	Нормальный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	PP1
Защитный интервал	1/4 (555 мкс)
Модуляция	16-QAM
Скорость кодирования	1/2
C/N (по Рэлею)	10,0 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**2,2 Мбит/с**

И наконец, чтобы оценить выбор подходящего защитного интервала для этого сценария, требуется произвести моделирование и полевые испытания.

A4.2.1.10 Сценарий 8. Прием на портативные и мобильные устройства (совместное использование мультиплекса разными службами) – несколько PLP

Этот сценарий описывает совместное использование мультиплекса DVB-T2 разными службами (высокая/низкая скорость передачи данных, устойчивые/менее устойчивые службы и т. д.). Типичным примером может служить звуковое вещание/мобильное ТВ с одной стороны и ТВСЧ/ТВЧ с другой. В формате DVB-T2 это возможно благодаря его высокой гибкости в отношении конкретного выбора модуляции, скорости кодирования и временного перемежения для каждой службы. Должны соблюдаться ограничения в отношении выбора режима БПФ и схемы размещения рассредоточенных пилот-сигналов. Эти ограничения являются общими для всех служб и должны выбираться надлежащим образом.

ТАБЛИЦА A4.2.11

Прием на портативные и мобильные устройства для DVB-T2 – несколько PLP

Ширина полосы	8 МГц
Режим БПФ	8k
Режим несущей	Расширенный
Схема размещения рассредоточенных пилот-сигналов	PP1
Защитный интервал	1/4 (224 мкс)
Служба с высокой скоростью передачи данных (ТВ)	
Модуляция	64-QAM
Скорость кодирования	2/3
C/*N* (по Рэлею)	18,2 дБ
Максимальная скорость передачи данных	**22,4 Мбит/с** (100% – служба с высокой скоростью передачи данных, 0% – служба с низкой скоростью передачи данных)
Служба с низкой скоростью передачи данных (звук/мобильное ТВ)	
Модуляция	16-QAM
Скорость кодирования	1/2
C/*N* (по Рэлею)	10,0 дБ
Максимальная скорость передачи данных	**11,2 Мбит/с** (0% – служба с высокой скоростью передачи данных, 100% – служба с низкой скоростью передачи данных)

Возможно следующее распределение мультиплекса:

– 1,5 Мбит/с для службы с низкой скоростью передачи данных (13% пропускной способности мультиплекса);

– 19,4 Мбит/с для службы с высокой скоростью передачи данных (87% пропускной способности мультиплекса).

Примером конкретной реализации концепции совместного использования мультиплекса различными службами служит профиль DVB-T2-Lite. Его подробное описание приведено в Приложении 5 Отчета МСЭ-R BT.2254 "Частоты и аспекты планирования сетей DVB-T2" [4.43].

A4.2.2 Сценарии реализации сети ISDB-T

ISDB-T использует технологию передачи OFDM (ортогональное мультиплексирование с разделением по частоте), которая обеспечивает устойчивость в отношении многолучевых помех. Критерии планирования, включая требуемое отношение *C*/*N* и защитное отношение для каждого параметра, описываются в Рекомендации МСЭ-R BT.1368 [4.30]. Руководящие указания по построению ОЧС (одночастотной сети) приведены в Отчете МСЭ-R BT.2294 [4.44].

Одной из особенностей ISDB-T является сегментированная система передачи OFDM, которая позволяет осуществлять фиксированный прием и мобильный прием в одном и том же канале. В таблице A4.2.12 приведен пример параметра передачи, который обеспечивает обе услуги фиксированного приема и приема на портативные устройства в одном канале.

Пример параметра ISDB-T для услуг приема на портативные и фиксированные устройства в одном и том же канале 6 МГц.

ТАБЛИЦА А4.2.12

Прием на портативные и фиксированные устройства в сети ISDB-T

	Уровень А	**Уровень В**
Тип приема	Мобильный прием	Фиксированный прием
Число сегментов	1	12
Режим БПФ	8k	
Защитный интервал	1/8	
Модуляция	QPSK	64-QAM
Скорость кодирования	2/3	3/4
Скорость передачи данных	416 кбит/с	16,85 Мбит/с
Контент	ТНЧ + данные	ТВЧ + данные

А4.2.3 Сценарии реализации DTMB

DTMB предлагает широкий спектр параметров, связанных с созвездием FEC, защитным интервалом, временным перемежением, пилот-сигналами, поворотом фазы PN, так что в общей сложности имеется 330 режимов DTMB. Все вероятные комбинации рассмотреть невозможно. В этом разделе рассматривается ряд общих применений DTMB и выделены некоторые возможные наборы параметров, которые могут подойти для каждого из сценариев.

Во-первых, описывается ряд сценариев, подходящих для фиксированного приема с использованием антенны на крыше. Они составляют подход МЧС, а также подход ОЧС. Данные сценарии варьируются в зависимости от требований покрытия и помехоустойчивости.

Во-вторых, описывается три сценария, особенно подходящих для мобильного приема. Эти три режима можно использовать в ОЧС или МЧС. Данные сценарии варьируются в зависимости от требований покрытия и помехоустойчивости.

Параметры основаны на информации, приведенной в спецификации DTMB GB20600-2006 [4.50] и Руководящих указаниях по внедрению GB/T26666-2011 [4.51]. Значения *C*/*N* и соответствующие скорости передачи данных получены методом, описываемым в Рекомендации МСЭ-R BT.1368 [4.30].

А4.2.3.1 Сценарий 1. Прием с использованием антенны на крыше и с самой высокой битовой скоростью в МЧС

Данный сценарий предназначен для охвата небольшого или крупного города при наличии приема с использованием антенны на крыше. В этом случае режим высокоустойчивого DTMB может быть не столь критичным, но очень важна битовая скорость. Можно использовать самый короткий защитный интервал (1/9, 56 мкс), самую эффективную скорость кодирования FEC 0,8 и совокупность символов для 64-QAM. С этой комбинацией может быть достигнута самая высокая битовая скорость.

ТАБЛИЦА A4.2.13

Прием с использованием антенны на крыше (самая высокая битовая скорость) в ОЧС для режима DTMB

Ширина полосы	8 МГц
Количество поднесущих	3 780
Определение PN	ON (вкл.)
Пилот-сигналы	OFF (выкл.)
Временное перемежение	720
Защитный интервал	1/9 (56 мкс)
Модуляция	64-QAM
Скорость кодирования	0,8
C/N (по Райсу)	19,8 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**32,486 Мбит/с**

A4.2.3.2 Сценарий 2. Прием с использованием антенны на крыше, максимальное покрытие в ОЧС

Этот сценарий предназначен для достижения максимального покрытия в ОЧС, поддерживая в то же время высокоустойчивый прием с использованием антенны на крыше. В этом случае необходимо задействовать относительно устойчивый режим DTMB. Можно рассмотреть несколько возможных значений продолжительности защитного интервала в зависимости от используемой структуры сети, расстояния между передатчиками, излучаемой мощности и факторов местности. Чтобы справиться с длительным эхо-сигналом при максимальном покрытии, будет использоваться самый продолжительный защитный интервал 1/4 (125 мкс). Для поддержания высокой скорости передачи данных полезной нагрузки для этого сценария выбирается модуляция 64-QAM.

ТАБЛИЦА A4.2.14

Прием с использованием антенны на крыше (максимальное покрытие, 64-QAM) в ОЧС для режима DTMB

Ширина полосы	8 МГц
Количество поднесущих	3 780
Определение PN	ON (вкл.)
Пилот-сигналы	OFF (выкл.)
Временное перемежение	720
Защитный интервал	1/4 (125 мкс)
Модуляция	64-QAM
Скорость кодирования	0,6
C/N (по Райсу)	16,6 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**21,658 Мбит/с**

А4.2.3.3 Сценарий 2. Прием с использованием антенны на крыше, максимальное покрытие, высокая устойчивость в ОЧС

Данный сценарий предназначен для достижения максимального покрытия в ОЧС, поддерживая в то же время высокоустойчивый прием с использованием антенны на крыше. В этом случае необходимо задействовать относительно устойчивый режим DTMB. Можно рассмотреть несколько возможных значений длительности защитного интервала в зависимости от используемой структуры сети, расстояния между передатчиками, излучаемой мощности и факторов местности. Чтобы справиться с длительным эхо-сигналом при максимальном покрытии, будет использоваться самый продолжительный защитный интервал 1/4 (125 мкс). Для достижения очень высокой устойчивости приема в этом сценарии выбирается модуляция 64-QAM.

ТАБЛИЦА А4.2.15

Прием с использованием антенны на крыше (максимальное покрытие, 16-QAM) в ОЧС для режима DTMB

Ширина полосы	8 МГц
Количество поднесущих	3 780
Определение PN	ON (вкл.)
Пилот-сигналы	OFF (выкл.)
Временное перемежение	720
Защитный интервал	1/4 (125 мкс)
Модуляция	16-QAM
Скорость кодирования	0,8
C/N (по Райсу)	14,3 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**19,251 Мбит/с**

А4.2.3.4 Сценарий 3. Прием с использованием антенны на крыше, умеренное покрытие в МЧС

По результатам полевых испытаний DTMB для умеренного покрытия и приема с использованием антенны на крыше имеется два варианта выбора рабочих параметров. Параметры для этих двух режимов сильно различаются в зависимости от количества поднесущих, скорости кодирования, совокупности символов для модуляции и защитного интервала. Оба режима имеют аналогичную скорость передачи данных полезной нагрузки.

А4.2.3.5 Сценарий 3а. Прием с использованием антенны на крыше в МЧС с ограниченной зоной, высокая скорость передачи данных

Для этого сценария выбирается защитный интервал 1/9 (55,6 мкс) с использованием 3780 поднесущих и со скоростью кодирования 0,6; совокупность символов для модуляции 64-QAM.

Ввиду использования множества несущих этот режим предназначен для применения в большом городе или там, где влияние многолучевого распространения в канале быстро меняется со временем.

ТАБЛИЦА A4.2.16

Прием с использованием антенны на крыше (64-QAM) в МЧС для режима DTMB

Ширина полосы	8 МГц
Количество поднесущих	3 780
Определение PN	ON (вкл.)
Пилот-сигналы	OFF (выкл.)
Временное перемежение	720
Защитный интервал	1/9 (125 мкс)
Модуляция	64-QAM
Скорость кодирования	0,6
C/*N* (по Райсу)	16,6 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**24,365 Мбит/с**

A4.2.3.6 Сценарий 3b. Прием с использованием антенны на крыше для МЧС с ограниченной зоной, высокая скорость передачи данных

Для этого сценария выбирается защитный интервал 1/6 (78,7 мкс) с использованием модуляции одной несущей при скорости кодирования 0,8; совокупность символов для модуляции 32-QAM.

Ввиду использования одной несущей этот режим предназначен для использования в широкой открытой зоне или там, где влияние многолучевого распространения в канале медленно меняется со временем.

ТАБЛИЦА A4.2.17

Прием с использованием антенны на крыше (32-QAM) в МЧС для режима DTMB

Ширина полосы	8 МГц
Количество поднесущих	1
Определение PN	OFF (выкл.)
Пилот-сигналы	OFF (выкл.)
Временное перемежение	720
Защитный интервал	1/6 (78,7 мкс)
Модуляция	32-QAM
Скорость кодирования	0,8
C/*N* (по Райсу)	16,6 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**25,989 Мбит/с**

A4.2.3.7 Сценарий 4. Прием с использованием антенны на крыше, умеренная скорость передачи данных, высокая устойчивость в МЧС/ОЧС

По результатам полевых испытаний DTMB для умеренного покрытия и высокоустойчивого приема с использованием антенны на крыше имеется два варианта выбора рабочих параметров. Параметры для этих двух режимов сильно различаются в зависимости от количества поднесущих, скорости кодирования, совокупности символов для модуляции и защитного интервала. Оба режима имеют аналогичную скорость передачи данных полезной нагрузки.

А4.2.3.8 Сценарий 4a. Прием с использованием антенны на крыше в МЧС/ОЧС с ограниченной зоной

Для этого сценария выбирается защитный интервал 1/9 (55,6 мкс) с использованием 3780 поднесущих и скоростью кодирования 0,8; совокупность символов для модуляции 16-QAM.

Ввиду использования множества несущих этот режим предназначен для применения в большом городе или там, где влияние многолучевого распространения в канале быстро меняется со временем.

ТАБЛИЦА А4.2.18

Прием с использованием антенны на крыше (*GI* 55,6 мкс) в МЧС/ОЧС для режима DTMB

Ширина полосы	8 МГц
Количество поднесущих	3 780
Определение PN	ON (вкл.)
Пилот-сигналы	OFF (выкл.)
Временное перемежение	720
Защитный интервал	1/9 (55,6 мкс)
Модуляция	16-QAM
Скорость кодирования	0,8
C/*N* (по Райсу)	14,0 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**21,658 Мбит/с**

А4.2.3.9 Сценарий 4b. Прием с использованием антенны на крыше в ограниченной зоне МЧС/ОЧС

Для этого сценария выбирается защитный интервал 1/6 (78,7 мкс) с использованием модуляции одной несущей при скорости кодирования 0,8; совокупность символов для модуляции 16-QAM.

Ввиду использования одной несущей этот режим предназначен для использования в широкой открытой зоне или там, где влияние многолучевого распространения в канале медленно меняется со временем.

ТАБЛИЦА А4.2.19

Прием с использованием антенны на крыше (*GI* 78,7 мкс) в МЧС/ОЧС для режима DTMB

Ширина полосы	8 МГц
Количество поднесущих	1
Определение PN	OFF (выкл.)
Пилот-сигналы	OFF (выкл.)
Временное перемежение	720
Защитный интервал	1/6 (78,7 мкс)
Модуляция	16-QAM
Скорость кодирования	0,8
C/*N* (по Райсу)	13,3 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**20,791 Мбит/с**

A4.2.3.10 Сценарий 5. Мобильный прием (максимальная зона покрытия)

DTMB может поддерживать мобильный прием. Для того чтобы поддерживать эту функцию в большой зоне, потребуются длинный защитный интервал, совокупность символов низкого порядка для модуляции и скорость кодирования, обеспечивающая высокую помехоустойчивость. Можно использовать следующие параметры.

ТАБЛИЦА A4.2.20

Мобильный прием DTMB (максимальное покрытие)

Ширина полосы	8 МГц
Количество поднесущих	3 780
Определение PN	ON (вкл.)
Пилот-сигналы	OFF (выкл.)
Временное перемежение	720
Защитный интервал	1/4 (125 мкс)
Модуляция	16-QAM
Скорость кодирования	0,6
C/*N* (по Райсу)	11,2 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**14,438 Мбит/с**

A4.2.3.11 Сценарий 6. Мобильный прием (максимальная зона покрытия, высокая помехоустойчивость)

Для того чтобы поддерживать максимальное покрытие и высокоустойчивый мобильный прием, понадобится скорость кодирования, обеспечивающая высокую помехоустойчивость. Для этого сценария выбирается защитный интервал 1/4 (125 мкс) с использованием 3780 поднесущих и скоростью кодирования 0,4; совокупность символов для модуляции 16-QAM.

Ввиду использования множества несущих этот режим предназначен для использования в большом городе или там, где влияние многолучевого распространения в канале очень быстро меняется со временем.

ТАБЛИЦА A4.2.21

Мобильный прием DTMB
(максимальное покрытие, высокая помехоустойчивость)

Ширина полосы	8 МГц
Количество поднесущих	3 780
Определение PN	ON (вкл.)
Пилот-сигналы	OFF (выкл.)
Временное перемежение	720
Защитный интервал	1/4 (125 мкс)
Модуляция	16-QAM
Скорость кодирования	0,4
C/*N* (по Райсу)	8,7 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**9,626 Мбит/с**

A4.2.3.12 Сценарий 7. Мобильный прием (умеренная зона покрытия, высокая помехоустойчивость)

Для этого сценария выбирается защитный интервал 1/6 (78,7 мкс) с использованием модуляции одной несущей при скорости кодирования 0,8; совокупность символов для модуляции 4-QAM. Благодаря использованию данной 4-QAM этот режим также может поддерживать мобильный прием.

ТАБЛИЦА A4.2.22

Мобильный прием DTMB
(умеренное покрытие, высокая помехоустойчивость)

Ширина полосы	8 МГц
Количество поднесущих	1
Определение PN	OFF (выкл.)
Пилот-сигналы	OFF (выкл.)
Временное перемежение	720
Защитный интервал	1/6 (78,7 мкс)
Модуляция	4-QAM
Скорость кодирования	0,8
C/N (по Райсу)	6,5 дБ
Результирующая скорость передачи данных	**10,396 Мбит/с**

A4.2.4 Сценарии реализации ATSC

Для ATSC используется технология передачи 8-VSB (8-уровневый амплитудно-модулированный сигнал с одной несущей с частично подавленной боковой полосой и с высокой скоростью передачи данных). Режим наземного радиовещания поддерживает один сигнал ЦТВ в одном канале 6 МГц. Параметры для режима наземной передачи 8-VSB приведены в таблице A4.2.23.

ТАБЛИЦА A4.2.23

Параметры для режима наземной передачи 8-VSB

Параметр	Режим наземной передачи
Пропускная способность канала	6 МГц
Защитная полоса	11,5%
Скорость передачи символов	10,76… мегасимвола в секунду
Бит на символ	3
FEC при решетчатом кодировании	Скорость 2/3
FEC Рида-Соломона	T = 10 (207 187)
Длина сегмента	832 символа
Синхронизация сегментов	4 символа на сегмент
Синхронизация кадров	1 на 313 сегментов
Подавление аналогового сигнала в совмещенном канале	Аналоговый режекторный фильтр в приемнике
Вклад мощности пилот-сигнал	0,3 дБ
Порог *C/N*	~ 14,9 дБ
Скорость передачи данных полезной нагрузки	**19,39 Мбит/с**

Критерии планирования, включая требуемое отношение *C/N* и защитное отношение, для системы ATSC описываются в Рекомендации МСЭ-R BT.1368 [4.30]. Характеристики приемной системы ATSC описываются в Рекомендации МСЭ-R BT.2036 [4.35].

Качество обслуживания цифровых телевизионных станций оценивается с использованием контуров с ограничением шумами, определяемых факторами планирования ЦТВ в сочетании с кривыми напряженности поля, полученными для 50% мест и 90% времени. Факторы планирования, используемые для приема сигналов системы ATSC, приведены в таблице A4.2.24.

ТАБЛИЦА A4.2.24

Факторы планирования для приема сигналов с использованием системы ATSC

Параметры	**Символ**	**Нижние частоты ОВЧ**	**Верхние частоты ОВЧ**	**УВЧ**
Частота (МГц)	F	47–68	174–216	470–806
Дипольный коэффициент (дБм по отношению к дБмкВ/м)	K_d	−111,8	−120,8	−130,8
Регулировка дипольного коэффициента	K_a	0,0	0,0	См. Примечание
Тепловой шум (дБм)	N_t	−106,2	–106,2	−106,2
Усиление антенны (дБд) относительно полуволнового диполя	G	4	6	10
Потери в кабеле снижения (дБ)	L	1	2	4
Коэффициент шума приемника (дБ)	N_s	10	10	7
Требуемое отношение сигнал/шум (дБ)	S/N	15,19	15,19	15,19

ПРИМЕЧАНИЕ. – В процессе настройки K_a = 20 log (615/(средняя частота канала)) прибавляется к K_d в целях учета более высоких значений напряженности поля, требуемых на верхних частотах УВЧ, и более низких значений напряженности поля, требуемых на нижних частотах УВЧ.

Определяющая минимальная напряженность поля для покрытия ATSC может быть получена на основе значений, указанных в таблице A4.2.24, и следующего уравнения:

$$\text{Напряженность поля (дБмкВ/м)} = S/N + N_t + N_s + L - G - K_d - K_a. \quad (1)$$

Определяющие значения напряженности поля для службы ЦТВ приведены в таблице A4.2.25. Они используются сначала для определения зоны, подлежащей вычислению, с использованием кривых напряженности поля, а затем для определения того, присутствует ли служба в определенных точках этой зоны, с использованием метода прогнозирования Лонгли-Райса с учетом рельефа местности. Подлежащая вычислению зона простирается от местоположения передатчика на расстояние, где прогнозируемая напряженность поля понижается до значения, указанного в таблице A4.2.25.

ТАБЛИЦА A4.2.25

Напряженность поля, определяющая ограниченную шумами расчетную зону обслуживания для станций ЦТВ

Каналы	**Частота (МГц)**	**Определяющая напряженность поля (дБмкВ/м) (прогнозируемая для 50% мест и 90% времени)**
2–6	47–68	28
7–13	174–216	36
14–69	470–806	41–20 log{615/(средняя частота канала в МГц)}

Библиография к главе 4

[4.1] **ETSI TR 101 200**, *Digital Video Broadcasting (DVB); A guideline for the use of DVB specifications and standards.*

[4.2] **Рекомендация МСЭ-R BT.1306**, *Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для наземного цифрового телевизионного радиовещания.*

[4.3] **Рекомендация МСЭ-R BT.1877**, *Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения.*

[4.4] **Рекомендация МСЭ-R BT.2016**, *Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для наземного цифрового мультимедийного радиовещания при подвижном приеме на портативные приемники в полосах ОВЧ/УВЧ.*

[4.5] **Заключительные акты ВКР-15, Всемирная конференция радиосвязи**.

[4.6] **Заключительные акты ВКР-07, Всемирная конференция радиосвязи**.

[4.7] **Заключительные акты ВКР-12, Всемирная конференция радиосвязи**.

[4.8] **Регламент радиосвязи МСЭ**, издание 2015 года.

[4.9] **Рекомендация МСЭ-R BT.417**, *Минимальные значения напряженности поля, для которых может потребоваться защита в процессе планировании аналоговой наземной телевизионной службы.*

[4.10] **Женева, 2006 год**, Заключительные акты Региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях Районов 1 и 3 в полосах частот 174–230 МГц и 470–862 МГц (РКР-GE06).

[4.11] **Report ITU-R BT.2295**, *Digital terrestrial broadcasting systems.*

[4.12] **Стокгольм, 1961 год**, *Заключительные акты Европейской конференции по радиовещанию в диапазонах ОВЧ и УВЧ* (РКР ST61).

[4.13] **Рекомендация МСЭ-R P.310**, *Определения терминов, относящихся к распространению радиоволн в неионизированной среде.*

[4.14] **Report ITU-R BT.2137**, *Coverage prediction methods and planning software for digital terrestrial television broadcasting (DTTB) networks.*

[4.15] **Рекомендация МСЭ-R P.1546**, *Метод прогнозирования для трасс связи пункта с зоной для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц.*

[4.16] **Рекомендация МСЭ-R P.620**, *Данные о распространении радиоволн, требующиеся для оценки координационных расстояний в диапазоне частот от 100 МГц до 105 ГГц.*

[4.17] **Рекомендация МСЭ-R P.1812**, *Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб "из пункта в зону" в диапазонах ОВЧ и УВЧ.*

[4.18] **Рекомендация МСЭ-R P.1058**, *Цифровые топографические базы данных, необходимые для исследования распространения радиоволн.*

[4.19] **Рекомендация МСЭ-R P.452**, *Процедура прогнозирования для оценки помех между станциями, находящимися на поверхности Земли, на частотах выше приблизительно 0,1 ГГц.*

[4.20] **Рекомендация МСЭ-P.526**, *Распространение радиоволн за счет дифракции.*

[4.21] **Рекомендация МСЭ-R P.1406**, *Эффекты распространения радиоволн, касающиеся наземных сухопутной подвижной и радиовещательной служб в диапазонах ОВЧ и УВЧ.*

[4.22] **Рекомендация МСЭ-R P.833**, *Ослабление сигналов растительностью.*

[4.23] **Рекомендация МСЭ-R P.1238**, *Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зоновых радиосетей в частотном диапазоне 300 МГц – 100 ГГц.*

[4.24] **Рекомендация МСЭ-R P.370**, *Кривые распространения ОВЧ- и УВЧ-диапазонов в полосе частот от 30 МГц до 1000 МГц, Радиовещательные службы* (Примечание. – Исключена 22/10/01).

[4.25] **Женева, 1989**, Заключительные акты Региональной административной конференции по планированию ОВЧ/УВЧ телевизионного вещания в Африканской зоне радиовещания и соседних странах (РКР-GE89).

[4.26] **OET Bulletin No. 69**, *Federal Communications Commission Longley-Rice Methodology for Evaluating TV Coverage and Interference*.

[4.27] **Рекомендация МСЭ-R BS.1195**, *Характеристики передающих антенн в диапазонах ОВЧ и УВЧ.*

[4.28] **Рекомендация МСЭ-R BT.419**, *Направленность и избирательность по поляризации приемных антенн вещательного телевидения*.

[4.29] **Рекомендация МСЭ-R BS.599**, *Направленность антенн при приеме звукового радиовещания в диапазоне 8 (ОВЧ)*.

[4.30] **Рекомендация МСЭ-R BT.1368**, *Критерии планирования, включая защитные отношения, для услуг наземного цифрового телевидения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.*

[4.31] **Рекомендация МСЭ-R BT.2033**, *Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.*

[4.32] **Рекомендация МСЭ-R BS.1114**, *Системы наземного цифрового звукового радиовещания на автомобильные, переносные и стационарные приемники в диапазоне частот 30–3000 МГц.*

[4.33] **Рекомендация МСЭ-R P.1057**, *Распределения вероятностей, касающихся моделирования распространения радиоволн*.

[4.34] **Рекомендация МСЭ-R P.1407**, *Многолучевое распространение и параметризация его характеристик*.

[4.35] **Рекомендация МСЭ-R BT.2036**, *Характеристики эталонной приемной системы для планирования частот систем цифрового наземного телевидения*.

[4.36] **Рекомендация МСЭ-R BT.2052**, *Критерии планирования для наземного мультимедийного радиовещания при приеме на мобильные портативные приемники в полосах ОВЧ/УВЧ.*

[4.37] **Report ITU-R BT.2382**, *Description of interference into a digital terrestrial television receiver.*

[4.38] **Report ITU-R BT.2386**, *Digital Terrestrial Broadcasting: Design and implementation of single frequency networks (SFN).*

[4.39] **Рекомендация МСЭ-R SM.1875**, *Измерение покрытия DVB-T и проверка критериев планирования*.

[4.40] **EBU Technical Review OFDM Receivers**, *Impact on Coverage of Inter-Symbol Interference and FFT window positioning.*

[4.41] **ETSI TS 101 191**, *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization.*

[4.42] **Отчет МСЭ-R BT.2140**, *Переход от аналогового к наземному цифровому радиовещанию*.

[4.43] **Report ITU-R BT.2254**, *Frequency and network planning aspects of DVB-T2*.

[4.44] **Report ITU-R BT.2294**, *Construction technique of DTTB relay station network for ISDB-T.*

[4.45] **Report ITU-R BT.2343**, *Collection of field trials of UHDTV over DTT networks.*

[4.46] **Report ITU-R BT.2385**, *Reducing the environmental impact of terrestrial broadcasting systems*.

[4.47] **ETSI TS 102 831**, *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).*

[4.48] **ETSI EN 302 755**, *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).*

[4.49] **ETSI EN 300 744**, *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.*

[4.50] **GB 20600-2006**, *Framing structure, channel coding and modulation for digital television terrestrial broadcasting system.*

[4.51] **GB/T 26666-2011**, *Implementation guidelines for transmission system of digital terrestrial television broadcasting.*

ГЛАВА 5

Совместное использование частот и защита

5.1 Введение

Система ЦНТВ, как и любая система радиосвязи, восприимчива к помехам от других электронных систем, которые в силу своего назначения или по иным причинам излучают радиосигналы. Выяснение природы этих мешающих сигналов и управление ими являются ключевой частью работы операторов радиовещательных сетей и регуляторных органов по использованию частотного спектра. И наоборот, система ЦНТВ может создавать помехи для других радиосистем.

В разделе 5.2 приведено описание различных категорий помех.

В разделе 5.3 указаны источники технических характеристик и параметров, необходимых для анализа совместимости между системами или внутри системы, использующей ЦНТВ.

В разделе 5.4 перечислены справочные источники информации касательно критериев, методов, исследований и отчетов об испытаниях на местах, относящихся к вопросам совместного использования частот и совместимости ЦНТВ и IMT. В этом разделе также говорится о совместимости ЦНТВ с другими системами радиосвязи, которые могут быть внедрены в некоторых странах на вторичной основе в диапазоне УВЧ, например, с "классической" широкополосной двунаправленной системой WSD и возможной в будущем однонаправленной системой WSD, работающей на частотах выше 470 МГц. Их эксплуатация отличается от эксплуатации узкополосной системы PMSE (см. раздел 5.6).

В разделе 5.5 приводятся указания по решению различных проблем совместимости с участием ЦНТВ – влияние на ЦНТВ спутниковых систем вещания на ГСО, ветрогенераторов, систем связи по линиям электропередачи (PLC) и систем сверхширокополосной связи (UWB).

В разделе 5.6 приведены указания по реальному совместному использованию частот между системами ЦНТВ и SAB/SAP в радиовещательных диапазонах.

5.2 Категории помех

В общем случае испытываемые системой ЦНТВ помехи могут возникать от других систем (совместимость между системами), предназначенных для излучения радиосигналов (например, широкополосных сетей подвижной связи), или от систем, не предназначенных для излучения радиосигналов, но которые все же их излучают (например, сети связи по линиям электропередачи). К третьему случаю относятся местные искажения сигналов ЦНТВ из-за влияния физических объектов, расположенных на трассе сигнала между передатчиком и приемником (например, ветротурбооператоров).

Помехи могут быть результатом нежелательных излучений за пределами необходимой ширины полосы частот источника помех, возникающих во внеполосной[17] или в побочной[18] областях, которые перекрывают полезный канал ЦНТВ, или могут быть вызваны внутренними искажениями в приемнике ЦНТВ в результате перегрузки, перекрестной модуляции или интермодуляции с участием мощных сигналов от других систем радиосвязи, работающих в той же или в соседних полосах частот.

В случае внутриполосных помех (возникающих из-за излучений в той же полосе частот или в том же канале, что у полезного сигнала ЦНТВ) ослабление уровня этих помех, как правило, достигается за счет использования таких элементов структуры сети, как географическое разнесение или развязка антенн.

---

[17] В пределах 250% от необходимой ширины полосы частот.

[18] Обычно за пределами области внеполосных излучений.

Для внеполосных и побочных помех (которые возникают в других частотных диапазонах или каналах, в основном в соседних диапазонах) обычно указываются приемлемые уровни внеполосного и побочного излучения для выпускаемого на рынок оборудования.

Что касается нежелательных излучений от оборудования, вообще не предназначенного для излучения радиосигналов, то, как правило, указываются допустимые уровни излучений для выпускаемого оборудования до появления его на рынке.

Кроме того, для ослабления воздействия различных механизмов помех, которые могут возникать, можно повышать избирательность приемной установки ЦНТВ, а также увеличить географическое разнесение и улучшить развязку антенн.

В принципе, тот же механизм создания помех может возникать и между самими системами ЦНТВ (внутрисистемная совместимость), либо внутри заданной сети, либо между различными сетями (внутри национальных границ или через них). Отличие от случая помех, создаваемых системами других служб или применений радиосвязи, состоит в управлении помехами.

– Внутри национальных границ:
  - совместимость между самими передачами ЦНТВ обычно обеспечивают операторы радиовещательной сети, имеющие лицензии на передающие станции ЦНТВ, посредством надлежащего проектирования своих сетей. Подробное описание процесса планирования радиовещательной сети см. в главе 4;
  - за обеспечение совместимости между передачами ЦНТВ и передачами других служб или применений радиосвязи и разрешение возникающих коллизий, связанных с помехами, отвечает национальный регуляторный орган.
– Совместимость через национальные границы между самими передачами ЦНТВ или между передачами ЦНТВ и другими службами радиосвязи обычно обеспечивается соответствующими регуляторными органами и операторами сетей (радиовещания и других служб) соседних стран. Они координируют детальное использование частот и характеристики передачи во избежание межграничных помех. Доступны также услуги Бюро МСЭ-R для оказания помощи в процессе координации и в разрешении возможных коллизий, связанных с помехами. Дополнительная информация по процедурам координации содержится в главе 7.

5.3 Источники общих технических характеристик и критериев для совместного использования частот

Для проведения исследований в области совместного использования необходимо определить характеристики систем цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ). Соответствующую информацию можно найти в следующих Рекомендациях и Отчетах МСЭ-R:

– Рекомендация МСЭ-R BT.419, Направленность и избирательность по поляризации приемных антенн вещательного телевидения;
– Рекомендация МСЭ-R BT.500, Методика субъективной оценки качества телевизионных изображений;
– Рекомендация МСЭ-R BS.1195, Характеристики передающих антенн в диапазонах ОВЧ и УВЧ;
– Рекомендация МСЭ-R BT.1206, Маски спектральных пределов для цифрового наземного телевизионного радиовещания;
– Рекомендация МСЭ-R BT.1306, Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для наземного цифрового телевизионного радиовещания;
– Рекомендация МСЭ-R BT.1877, Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения;

– Отчет МСЭ-R BT.2138, Характеристики диаграмм направленности телевизионных приемных антенн УВЧ;

– Отчет МСЭ-R BT.2383, Характеристики систем ЦНТВ в полосе частот 470−862 МГц для анализа совместного использования частот/помех.

Одним из важных параметров обеспечения защиты от других служб является защитное отношение. Для систем ЦНТВ первого поколения соответствующие показатели защитного отношения представлены в следующей Рекомендации:

– Рекомендация МСЭ-R BT.1368, Критерии планирования, включая защитные отношения, для услуг наземного цифрового телевидения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.

Для систем ЦНТВ второго поколения соответствующие показатели защитных отношений представлены в следующей Рекомендации:

– Рекомендация МСЭ-R BT.2033, Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.

Для наземного мультимедийного радиовещания для мобильного приема с использованием карманных приемников соответствующие показатели защитных отношений представлены в следующей Рекомендации:

– Рекомендация МСЭ-R BT.2052, Критерии планирования для наземного мультимедийного радиовещания при приеме на мобильные портативные приемники в полосах ОВЧ/УВЧ.

Также необходимо учитывать нелинейность телевизионных устройств, поскольку данный фактор может вызывать промежуточные помехи. Результаты соответствующих исследований этого явления представлены в следующем Отчете:

– Отчет МСЭ-R BT.2298, Эталонная модель для оценки помех телевизионной радиовещательной службе в целях учета нелинейности в приемной системе телевизионных радиочастот.

Описание механизма помех в приемнике ЦНТВ приведено в следующем Отчете:

– Отчет МСЭ-R BT.2382, Описание помех приемнику цифрового наземного телевидения.

Общим, но важным источником информации по критериям защиты для систем наземного радиовещания служит следующая Рекомендация:

– Рекомендация МСЭ-R BT.1895, Критерии защиты систем наземного радиовещания.

Концептуальный метод оценки влияния помех на покрытие службы радиовещания описывается в следующем Отчете:

– Отчет МСЭ-R BT.2248, Концептуальный метод представления потери радиовещательного покрытия.

5.4 Справочные материалы, относящиеся к совместимости между ЦНТВ и подвижной службой

Исследования, относящиеся к совместному использованию частот цифровым наземным телевизионным вещанием и подвижной службой, представлены в следующих Отчетах:

– Отчет МСЭ-R BT.2247, Измерения в полевых условиях и анализ совместимости между ЦНТВ и IMT;

– Отчет МСЭ-R BT.2337, Исследования совместного использования частот и совместимости между цифровым наземным телевизионным радиовещанием и применениями наземной подвижной широкополосной связи, включая IMT, в полосе частот 470−694/698 МГц;

– Отчет МСЭ-R BT.2339, Исследования совместного использования частот и совместимости в совмещенном канале между цифровым наземным телевизионным радиовещанием и Международной подвижной электросвязью и полосе частот 694−790 МГц в зоне планирования GE06.

Исследования, относящиеся к оценке помех радиовещательной службе со стороны подвижной службы, представлены в следующих Отчетах:

– Отчет МСЭ-R BT.2265, Руководящие указания по оценке помех, причиняемых радиовещательной службе;

– Отчет МСЭ-R BT.2296, Пример применения Рекомендации МСЭ-R BT.1895 и Отчета МСЭ-R BT.2265 для оценки помех радиовещательной службе, причиняемых в результате воздействия систем IMT на существующие выносные усилители коллективных систем распределения телевизионных программ.

Ряд стран недавно ввели в действие новые подвижные службы, в частности службу международной подвижной электросвязи (IMT), использующую ту часть диапазона УВЧ, в которой у радиовещательной службы и подвижной службы имеются распределения на совместной первичной основе. Исследования, относящиеся к защите служб ЦНТВ совестно с IMT, представлены в следующем Отчете:

– Отчет МСЭ-R BT.2301, Национальные отчеты с места о внедрении IMT в полосах с распределением на равной первичной основе радиовещательной и подвижной службам.

5.5 Справочные материалы, относящиеся к другим проблемам совместимости с участием ЦНТВ

Ветротурбогенераторы, находящиеся в зоне покрытия передатчика ЦНТВ, могут создавать помехи для приема в некоторых частях этой зоны. Описание таких помех и методология их оценки представлены в следующих документах МСЭ-R:

– Отчет МСЭ-R BT.2142, Влияние рассеяния сигналов цифрового телевидения от ветродвигателей;

– Рекомендация МСЭ-R BT.1893, Методы оценки ухудшения приема сигналов цифрового телевидения, вызванного работой ветродвигателей.

Возможное влияние сверхширокополосных устройств на радиовещательную службу изучается в следующем документе:

– Отчет МСЭ-R SM.2057, Исследования по вопросам воздействия устройств, использующих сверхширокополосную технологию, на службы радиосвязи.

Возможное влияние на радиовещательную службу[19] радиовещательной спутниковой службы на геостационарной (ГСО) и негостационарной орбите (НГСО) изучается в следующем документе:

– Отчет МСЭ-R BT.2075, Требования защиты наземных телевизионных радиовещательных служб в полосе частот 620–790 МГц от потенциальных помех со стороны радиовещательных спутниковых систем и сетей ГСО и НГСО.

В отношении потенциального воздействия на ЦНТВ систем связи по линиям электропередачи отмечается, что существующие системы PLC, как указано в Рекомендации МСЭ-T G.9964 "Унифицированные высокоскоростные приемопередатчики для организации проводных домашних сетей – Спецификация спектральной плотности мощности", характеризуются быстрым спадом мощности при превышении порога около 80 МГц. Однако вне МСЭ-T разработки PLC продолжаются с твердым намерением использовать все более и более высокие частоты, в частности, для распределения телевизионных сигналов HD и UHD внутри зданий. Такие устройства неизбежно должны будут работать на более высоких частотах и создавать повышенное излучение, например, при использовании провода заземления электросети, а также проводов под напряжением и нейтрали. Внедрение таких систем вызовет проблемы для ЦНТВ в диапазонах ОВЧ и УВЧ, а также для других систем радиосвязи, работающих в диапазоне ОВЧ и нижней части диапазона УВЧ.

---

[19] В настоящее время отсутствует информация об использовании радиовещательных спутниковых систем на ГСО и НГСО в диапазонах III, IV или V.

5.6 Информация о фактическом совместном использовании частот системами ЦНТВ и SAB/SAP

Системы SAB/SAP эффективно используют общий с ЦНТВ спектр на основе вторичного распределения. Информацию об этих системах можно найти в следующих Отчетах:

– Отчет МСЭ-R BT.2338, Использование спектра службами, вспомогательными по отношению к радиовещанию/службами, вспомогательными по отношению к производству программ, в Районе 1 и последствия осуществления распределения подвижной службе на равной первичной основе в полосе частот 694−790 МГц;

– Отчет МСЭ-R BT.2344, Информация о технических параметрах, эксплуатационных характеристиках и сценариях развертывания SAB/SAP, используемых в радиовещании.

При обычном способе размещения SAB/SAP в диапазонах ОВЧ/УВЧ имеется либо географическая база данных, в которой указаны доступные для использования частоты, либо компьютерное программное обеспечение, которое вычисляет доступные частоты в заданном местоположении. Для координирования такого использования может потребоваться вмешательство оператора (регуляторного или другого органа).

ГЛАВА 6

Приграничная координация

6.1 Процедуры координации

Ввиду ограниченного радиочастотного ресурса и расширения использования радиотехнологий необходимо выполнять определенные процедуры координации частот, направленные на минимизацию воздействия одной радиослужбы на существующие первичные радиослужбы, использующие тот же диапазон частот.

Координация частот – это переговоры между двумя или несколькими администрациями для согласования условий эксплуатации (частота, эффективная излучаемая мощность, высота антенны, диаграмма направленности и т. д.) их станций. Цель этих переговоров состоит в том, чтобы предотвратить создание вредных помех при вводе их в эксплуатацию (или по крайней мере минимизировать такие помехи до приемлемого уровня).

В принципе, существуют две (не исключающие друг друга) процедуры координации:

– координация внутри зоны планирования регионального соглашения;

– координация вне зоны планирования регионального соглашения.

6.1.1 Координация внутри зоны планирования региональных соглашений

Если существует какое-либо региональное соглашение, например GE06 в Районе 1[20], то необходимо применять процедуры, изложенные в этом Соглашении, чтобы получить международное признание и право на защиту услуг от вредных помех без ущерба для других процедур координации, которые могут быть также применены на предварительной основе, например координация путем двустороннего или многостороннего обсуждения (см. раздел 6.1.3). В этом случае при заявлении присвоения для занесения в Международный справочный регистр частот (МСРЧ) Бюро радиосвязи (БР) проводит две проверки соответствия:

– проверку соответствия Таблице распределения частот;

– проверку соответствия региональному соглашению и связанному(ым) с ним плану(ам).

Следующий текст основан на конкретном примере Соглашения GE06. В разделе 1 Приложения 4 к GE06 представлена согласованная методика определения зоны координации. Потребуется координация с теми администрациями, чья территория полностью или частично находится в зоне координации.

Включение в План новой станции или изменение зарегистрированных параметров станции осуществляются в соответствии с процедурой изменения Плана, установленной в статье 4 GE06.

Эта процедура состоит из опубликования информации о данной станции с ее техническими характеристиками, как указано в части A специальной секции Международного информационного циркуляра по частотам Бюро радиосвязи (ИФИК БР). Публикация в части A рассматривается как официальная консультация по координации частот с другими администрациями. ИФИК БР содержит список администраций, с которыми требуется провести координацию, и, следовательно, необходимо их согласие. Период, в течение которого администрация может запросить дополнительную информацию или представить комментарии, условия или возражения либо уведомить администрацию – непосредственно или через БР, – составляет 75 дней. По истечении этого периода, если администрация, согласие которой необходимо получить, не отвечает, то запрос считается несогласованным. Однако при наличии соответствующего запроса от заявляющей администрации БР направляет затронутой(ым) администрации(ям) напоминание и предоставляет дополнительный

---

[20] Соглашение GE06 охватывает весь Район 1, за исключением Монголии, а также Исламскую Республику Иран.

период для ответа продолжительностью 40 дней. Отсутствие ответа в течение этого нового крайнего срока означает, что у запрашиваемой администрации нет возражений.

Как только соглашение между вовлеченными администрациями достигнуто, заявляющая администрация может запросить публикацию данной станции с согласованными техническими характеристиками в части B специальной секции GE06 ИФИК БР. Публикация в части B обозначает официальное включение этой станции в План GE06.

GE06 допускает некоторую гибкость, используя так называемую "концепцию огибающей". Действующие станции не обязаны соблюдать все предварительно зарегистрированные параметры. Однако фактические рабочие параметры не должны создавать больше помех и требовать большего уровня защиты, чем станция(и), зарегистрированная(ые) в Плане. Например, зарегистрированная станция может быть введена в эксплуатацию с меньшей эффективной излучаемой мощностью или меньшей высотой антенны, чем зарегистрированные значения.

Также можно аннулировать (или исключить) станцию, зарегистрированную в GE06. В этом случае администрация действующей станции просит опубликовать такую станцию в части C специальной секции GE06 ИФИК БР.

6.1.2 Координация вне зоны планирования региональных соглашений

Если регионального соглашения нет, то при заявлении присвоения для занесения в МСРЧ Бюро радиосвязи (БР) только проверяет соответствие данного присвоения Таблице распределения частот. Проведение любой координации между соседними странами предоставляется заинтересованным администрациям, и на БР при этом не возлагается обязательной ответственности.

6.1.3 Двустороннее или многостороннее обсуждение

В любом из перечисленных выше случаев администрации могут консультироваться друг с другом посредством двустороннего или многостороннего обсуждения. Такое обсуждение может проводиться по переписке (почта, электронной почта и т. д.) и/или на собрании. Данный вариант работы можно применить к администрациям, которые не являются участниками регионального соглашения, и к администрациям, входящим в зону планирования регионального соглашения, если они хотят провести предварительное согласование до официальной подачи своих присвоений в БР или после подачи, если БР посчитает необходимой такую координацию.

Если администрации, которые могут быть затронуты в пределах координационной зоны, поддерживают хорошие отношения в области радиосвязи, то при этом общепринятой процедурой является обсуждение по переписке. Обсуждение осуществляется путем предоставления планируемых технических характеристик координируемой станции. В этом случае координационный запрос может быть сделан либо напрямую, либо через БР. В принципе нет никаких предельных сроков, в течение которых может запрашиваться дополнительная информация или могут поступать замечания, условия или возражения, если только заинтересованные администрации не приняли решение установить такой срок. Например, некоторые администрации в Районе 1 применяют те же сроки, что и в Соглашении GE06.

В случае обсуждения по переписке заинтересованные администрации могут информировать БР о соглашении, достигнутом между администрациями, путем предоставления письменных документов.

Если обсуждение по переписке не увенчалось успехом, может быть проведено координационное собрание для достижения прогресса в переговорах.

Эти собрания могут быть двусторонними, когда присутствуют только две администрации, или многосторонними, если в процесс координации вовлечено более двух администраций.

Координационные собрания обычно проводятся в каком-либо городе, расположенном на территории любой из участвующих администраций, но для удобства заинтересованных администраций могут проводиться и в другом месте, например в Женеве.

Участниками этих собраний являются представители администраций или других регуляторных органов. По выбору самих администраций могут приглашаться представители радиовещательных компаний, советов по развитию аудио- и видеомультимедийных систем, операторов связи и др.

Чтобы получить возможность во время этих собраний оценить ситуацию с совместимостью, полезно иметь под рукой средства расчета совместимости. Также всем администрациям рекомендуется заранее определить ключевые цели каждого собрания, поскольку это будет способствовать прогрессу переговоров. Протоколы таких собраний обычно составляются одной из присутствующих администраций по согласованию со всеми другими и утверждаются ими в конце собрания или после него. Часть времени ближе к концу собрания может быть посвящена рассмотрению протоколов (если они своевременно подготовлены), чтобы все стороны могли согласовать их. В качестве варианта протокол может быть распространен после собрания и согласован по переписке или на следующем собрании.

По завершении переговоров достигнутое соглашение обычно отражается в протоколах координационного собрания или оформляется отдельным документом, согласованным всеми сторонами. Заинтересованные администрации могут согласиться информировать БР об итогах, возможно предоставив копию протокола собрания.

Преимущества и недостатки процедур координации приведены в таблице 6.1.

ТАБЛИЦА 6.1

Преимущества и недостатки процедур координации

	По переписке	**На собрании**
Преимущества	Технические характеристики могут быть определены до применения процедуры координации МСЭ	Возможность снять нерешенные вопросы, достичь соглашений в гораздо более короткие сроки. Могут быть налажены рабочие отношения между администрациями
Недостатки	Может затянуться на неопределенный срок, особенно если администрация, согласие которой необходимо получить, по стратегическим или иным причинам не заинтересована в том, чтобы отвечать на запрос	Для обеспечения эффективности собрания требуется предварительная подготовка, такая как обмен необходимыми документами

Следует подчеркнуть, что материалы, используемые в этой главе, носят исключительно информативный характер и никоим образом не составляют, не подменяют и не заменяют никаких обязательных положений/процедур, которые уже согласованы или согласовываются МСЭ, как это предусмотрено соответствующими региональными соглашениями и соглашениями, заключенными в соответствии со Статьей 6 РР.

6.2 Примеры координации

6.2.1 Район 1

В Районе 1 все страны, за исключением Монголии и включая Иран, расположены в зоне планирования GE06. Страны в зоне планирования GE06 должны ссылаться на процедуру координации в рамках Соглашения GE06 [6.1]. Страны, имеющие соседние страны вне зоны планирования GE06, при необходимости должны координировать свои станции с этими соседними странами.

Ниже приведено несколько примеров координации и планирования в Районе 1.

6.2.1.1 Испания и соседние страны

Испания находится на периферии Европы, так что требуется координация с администрациями стран СЕПТ и стран, не входящих в СЕПТ, зачастую с противоречивыми интересами.

По станциям, расположенным близко к сухопутным границам, требуется координация с Андоррой, Францией и Португалией, а по станциям вблизи побережья – с Алжиром и Марокко, а иногда и с Ирландией, Италией, Мальтой, Мавританией, Монако, Соединенным Королевством и Тунисом.

Трассы распространения в большинстве случаев являются исключительно сухопутными, но в некоторых случаях это смешанные сухопутные/морские трассы, включающие тот или иной процент холодного моря (вокруг северной Испании) или теплого моря (в Средиземном море и вокруг Канарских островов), где иногда, особенно летом, возникают явления суперрефракции.

Как и все ее соседние администрации, Испания участвует в региональном Соглашении GE06. Если это согласовано администрациями, то технические критерии, используемые при координации, могут отличаться от критериев GE06, с тем чтобы адаптироваться к топологии стран, участвующих в координации.

Ввиду разнообразия администраций, с которыми ведется координация, и различных условий трасс распространения Испания использует разные технические критерии для координации в зависимости от конкретной заинтересованной администрации. Однако Испании не всегда удается достигнуть согласия с некоторыми из соседних администраций о применении технических критериев, отличных от тех, что указаны в GE06.

С некоторыми администрациями координация проводилась чаще, и Испания добилась согласия на координацию с использованием определенных технических критериев в формате, указанном в следующей таблице.

ТАБЛИЦА 6.2

Пример критериев координации

Оценка совместимости станций ЦНТ	**Внутренние критерии (Испания)**	**Внутренние критерии (соседняя страна)**	**Критерии для двусторонней координации**
Защитная зона	Зона обслуживания		
Расчетная напряженность поля полезного сигнала	Рек. МСЭ-R P.526 (модель Френеля-Дейгоута)		
Расчетная напряженность поля мешающего сигнала (сухопутная трасса)	Рек. МСЭ-R P.526 (модель Френеля-Дейгоута)		
Расчетная напряженность поля мешающего сигнала (морская трасса)	Рек. МСЭ-R P.1546		
Интерполяция на смешанных сухопутно-морских трассах (Рек. МСЭ-R P.1546)	Параболическая		
Рассмотрение угла просвета местности (Рек. МСЭ-R P.1546)	Да		
Процент времени воздействия помех	1%		
Тип местности* (отражения от местных предметов)	Нет		
Защитные отношения	Рек. МСЭ-R BT.1368		
Избирательность приемных антенн	Нет		

ТАБЛИЦА 6.2 (*окончание*)

Оценка совместимости станций ЦНТ	**Внутренние критерии (Испания)**	**Внутренние критерии (соседняя страна)**	**Критерии для двусторонней координации**
Избирательность за счет перекрестной поляризации	Нет		
Запас по защите *C*/*I*	0 дБ		
Высота приемной антенны	10 м		
Минимальная напряженность поля при приеме на фиксированную антенну	55 дБмкВ/м + + 20log [*f* (МГц)/650]		
Цифровая модель местности/разрешение	1 : 200 м/200 м × 200 м		

* Предполагается, что в ненаселенных районах и на горных вершинах помехи отсутствуют.

Когда необходимо согласовать требования как с соседними странами СЕПТ, так и со странами, не входящими в СЕПТ, Испания вступает в прямые переговоры с этими администрациями, а иногда проводит также двусторонние координационные собрания. Когда соглашение достигнуто, Испания применяет процедуру публикации в специальном разделе регионального Соглашения GE06.

В случае координации с администрациями, не входящими в СЕПТ, Испания начинает согласование с применения процедуры координации путем публикации в специальном разделе регионального Соглашения GE06 и при необходимости проводит двустороннее координационное собрание для продолжения процесса публикации в Соглашении GE06 (см. раздел 6.1.1).

6.2.1.2 Африка к югу от Сахары

В период с 2011 по 2013 год Африканский союз электросвязи (АСЭ) при содействии МСЭ провел 18-месячный процесс переговоров и координации для завершения корректировки Плана GE06 в полосе 470–694 МГц, чтобы освободить от радиовещательной службы полосы частот выше 694 МГц (диапазоны 700 МГц и 800 МГц).

Основные особенности и результаты данного процесса перепланирования и координации можно резюмировать следующим образом:

– в этом процессе участвовали 47 стран (кроме Маврикия) (показаны на рисунке 6.1);

РИСУНОК 6.1

Регион Африки к югу от Сахары (GE06)



DTTB-06-01

– официально началом этого процесса стали два африканских саммита (проведены в Найроби в 2011 году и в Аккре в 2012 году);

– в ходе этого процесса состоялись три собрания по планированию и координации в Бамако, Кампале и Найроби. Кроме того, проведено несколько собраний субрегиональных групп (EACO, ECOWAS, SADC и др.) с участием БР МСЭ;

– плановое количество уровней покрытия (мультиплексов) на каждую станцию было установлено равным четырем;

– исходя из требований, представленных администрациями, понадобилось 33 итерации анализа совместимости. БР по просьбе АСЭ составило требования для отсутствующих стран;

– было представлено 7107 требований на использование частот в полосе 470–694 МГц (сравните с 11 406 требованиями на использование частот во всем диапазоне 470–862 МГц на РКР-06);

– по завершении процесса средний процент удовлетворенных требований достиг 97,37%;

– продолжительность процесса до его завершения составила 18 месяцев.

Более подробную информацию можно найти на следующих веб-сайтах:

– "Помощь МСЭ в проведении собраний по координации частот в рамках GE06 в странах Африки, расположенных к югу от Сахары (АСЭ), и арабском регионе (ASMG)" – Ильхам Гази, руководитель отдела радиовещательных служб Бюро радиосвязи МСЭ. Выступление на Международном симпозиуме МСЭ по переходу на цифровое вещание, 17 июня 2015 года. См.: http://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Pages/default.aspx;

– Веб-страница МСЭ "Координация частот в рамках GE06 в странах Африки, расположенных к югу от Сахары". См.: http://www.itu.int/net/ITU-R/terrestrial/broadcast/ATU/.

6.2.1.3 Арабские страны (Северная Африка и Ближний Восток)

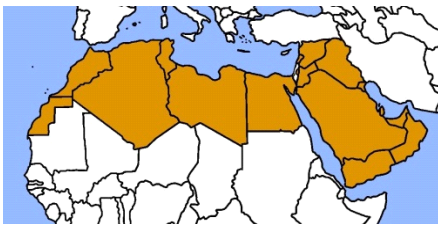
В марте 2014 года Арабская группа по управлению использованием спектра (ASMG) при содействии БР начала процесс координации в целях обеспечения достаточного объема спектра для радиовещания в полосе 470–694 МГц и высвобождения диапазонов 700 МГц и 800 МГц.

Основные особенности и результаты данного процесса перепланирования и координации можно резюмировать следующим образом:

– в этом процессе участвовали 17 стран (показаны на рисунке 6.2);

РИСУНОК 6.2

Регион арабских стран GE06



DTTB-06-02

– этот процесс был официально инициирован Постоянным арабским комитетом по коммуникациям и информации (Каир, 4–5 марта 2014 года) и вкладами Технического секретариата Совета министров электросвязи и информации арабских государств;

– в ходе этого процесса состоялись три собрания по планированию и координации в Дубае, Хаммамете и Марракеше;

– была поставлена задача установить четыре уровня для каждой администрации с учетом того, что в будущем в соответствии с потребностями отдельных арабских государств количество уровней может быть увеличено в соответствии с процедурами статьи 4 GE06;

– исходя из требований, представленных администрациями, понадобилось 27 итераций анализа совместимости. БР по просьбе ASMG составило требования для отсутствующих стран;

– было представлено 4346 требований на использование частот в полосе 470–694 МГц (сравните с 9151 требованием на использование частот во всем диапазоне 470–862 МГц на РКР-06);

– по завершении процесса средний процент удовлетворенных требований достиг 76,87%;

– продолжительность процесса до его завершения составила 11 месяцев.

Более подробную информацию можно найти на следующих веб-сайтах:

– "Помощь МСЭ в проведении собраний по координации частот в рамках GE06 в странах Африки, расположенных к югу от Сахары (АСЭ), и арабском регионе (ASMG)" – Ильхам Гази, руководитель отдела радиовещательных служб Бюро радиосвязи МСЭ. Выступление на Международном симпозиуме МСЭ по переходу на цифровое вещание, 17 июня 2015 года. См.: http://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Pages/default.aspx;

– Веб-страница МСЭ "Арабская группа по управлению использованием спектра (ASMG) – собрания по координации частот в рамках GE06". См.: http://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/broadcast/ASMG/Pages/default.aspx.

6.2.1.4 Западная Европа

По завершении первого исследования цифрового дивиденда, проведенного СЕПТ, группа администраций приняла решение о своем намерении обсудить последствия реализации цифрового дивиденда с точки зрения стратегии. В 2009 году они создали Западноевропейскую платформу по реализации цифрового дивиденда (WEDDIP).

Данная группа (в составе восьми администраций – Бельгии, Германии, Франции, Ирландии, Люксембурга, Нидерландов, Швейцарии и Соединенного Королевства) сформулировала круг ведения, в котором участники согласились координировать деятельность по координации частот, проводимую странами – членами группы для реализации цифрового дивиденда, в целях:

A) достижения взаимной совместимости ресурсов спектра, которая будет использоваться в диапазонах ОВЧ и УВЧ (после реализации цифрового дивиденда) для радиовещательной и/или подвижной служб;

B) содействие любым последующим изменениям в Плане GE06; и

C) продолжения соблюдения принципа справедливого доступа к ресурсам спектра в духе GE06, учитывая при этом соответствующие будущие разработки.

Эта группа поручила своим членам проводить работу на основе консенсуса.

6.2.1.4.1 Ситуация в диапазоне 800 МГц

WEDDIP предоставила своим членам платформу для обсуждения вопросов высвобождения диапазона 800 МГц, способствуя прогрессу в ведении переговоров. Она также предоставила своим членам возможность совместного использования результатов таких переговоров на своих собраниях. Это происходило на добровольной основе, поскольку некоторые члены приняли решение по высвобождению диапазона 800 МГц от ЦНТ, тогда как некоторые другие администрации участвовали в обсуждениях только на теоретической технической основе.

На одиннадцати собраниях (начавшихся в сентябре 2009 года) члены WEDDIP обсуждали последствия высвобождения диапазона 800 МГц на основе согласованных рабочих принципов, изложенных выше. Поскольку это была первая попытка обсудить на региональном уровне сложный вопрос по перегруппированию частот, членам группы надо было выяснить, как найти решения, подходящие для всех требований. В декабре 2012 года WEDDIP провела свое 11-е собрание, сделав вывод о том, что большинство требований являются приемлемыми. Одна из оставшихся тем не могла быть решена с помощью процесса WEDDIP.

6.2.1.4.2 Ситуация в диапазоне 700 МГц

Когда ВКР-12 приняла решение о том, что диапазон 700 МГц (694−790 МГц) распределяется на совместной первичной основе подвижной службе и определяется для IMT, WEDDIP приступила к рассмотрению вопроса о том, как высвободить диапазон 700 МГц от использования для ЦНТ.

Тогда как для некоторых администраций высвобождение диапазона 700 МГц представляло собой реальную проблему, поскольку на уровне политики было принято решение об использовании этого диапазона только для подвижной службы, другие администрации рассматривали вопрос о том, чтобы продолжить распределение частот в этом диапазоне для ЦНТ.

Тем не менее WEDDIP признала тот факт, что высвобождение диапазона 700 МГц от ЦНТ – это лишь вопрос времени.

Хотя группа WEDDIP работала на добровольной основе, она приняла решение о том, что процесс высвобождения диапазона 700 МГц потребует более официальных соглашений. Одна из причин состояла в нехватке времени, поэтому некоторые члены должны немедленно высвободить диапазон 700 МГц.

Члены WEDDIP договорились о том, что каждой стране гарантируется достаточное распределение ТВ-программ. Например, если в той или иной стране работают 6 мультиплексов для распределения 25 программ, в новой ситуации должна быть определена возможность распределения такого же количества программ с использованием имеющихся мультиплексов. Было признано, что необходимо соблюдать условия лицензирования, хотя они и различаются по странам. Распределительные инфраструктуры по возможности должны оставаться неизменными. Хотя частоты или зоны покрытия могут различаться, станции, которые осуществляют передачу, должны по возможности оставаться теми же. Единственным принципом планирования будет выбор системы DVB-T2, поскольку это позволяет членам пользоваться преимуществами принципов планирования DVB-T2 по сравнению с принципами планирования DVB-T, на основе которых был составлен частотный план GE06.

Члены WEDDIP также согласовали координационные зоны, которые следует соблюдать. Кроме того, группа согласилась использовать базу данных, содержащую все каналы диапазона 700 МГц, подлежащие процессу перегруппирования, и все каналы в оставшейся полосе ЦНТВ (470−694 МГц). Эти каналы следует определять как:

– используемые;
– лицензированные (но еще не эксплуатируемые);
– рассматриваемые каналы, а также неиспользуемые и нелицензированные каналы, но согласованные в результате двух- или многосторонних переговоров.

В процессе высвобождения диапазона 700 МГц члены договорились раскрывать информацию о всех национальных планах (если они имеются в координационной зоне). При обсуждении различных вариантов члены принимали во внимание экономические аспекты и целевые задачи, если они имеются в той или иной стране.

В том что касается подходов с точки зрения помех, то были согласованы используемый уровень напряженности поля полезного сигнала в требуемой зоне покрытия, максимальные уровни напряженности поля в соответствующих контрольных точках (например, на границе зоны обслуживания или на определенном расстоянии от границы страны), определяемые зоны обслуживания, метод расчетов *C/I* и уровни запаса для этих расчетов. Согласованные значения могут различаться в зависимости от соглашений, достигнутых между двумя или более членами.

Поскольку такая деятельность требует проведения множества технических собраний по планированию на двух- или многостороннем уровне, эти собрания также проводились между основными собраниями WEDDIP по вопросам пересмотра частот.

Кроме того, WEDDIP использовалась для согласования организационных мероприятий по переходу, хотя ответственность за это возлагалась на участвующие администрации.

Для успешного завершения разработки нового частотного плана были согласованы график и дорожная карта. График/дорожная карта охватывали обмен запросами/потребностями для ЦНТВ в полосе

470−694 МГц; тип представленных требований (изменение, исключение или добавление) и анализ совместимости представленных требований.

Кроме того, в графике установлена последовательность проведения собраний, в которых члены согласились принять участие для завершения разработки частотного плана. Были согласованы даже предельные сроки/конечные даты.

Процесс высвобождения диапазона 700 МГц завершился подписанием соглашения. В этом соглашении обобщались согласованные договоренности по частотам, а также те вопросы, по которым на тот момент соглашение достигнуто не было.

Всего в период с 2013 по 2016 год группа WEDDIP провела 13 собраний, связанных с высвобождением диапазона 700 МГц.

После успешного завершения высвобождения диапазона 700 МГц WEDDIP приостановила свою деятельность. Она созовет собрание в том случае, если с такой просьбой обратится один из ее членов.

Выводы

WEDDIP − это группа независимых стран, занимающихся последствиями реализации цифрового дивиденда; WEDDIP содействовала и содействует высвобождению диапазонов 800 МГц и 700 МГц и последующему влиянию на перераспределение каналов ЦНТВ на частотах ниже 694 МГц; хотя WEDDIP играет в этом процессе ключевую роль, общая ответственность лежит и остается на ее отдельных членах; поскольку высвобождение диапазона 800 МГц заняло более трех лет, а высвобождение диапазона 700 МГц − около двух лет, WEDDIP рассматривает себя в качестве примера того, что (суб)региональный подход к деликатным вопросам, связанным с проведением переговоров по частотам, может оказаться полезным для участвующих стран.

Поскольку отмеченные выше соображения были признаны и другими европейскими регионами, такая деятельность началась еще в двух региональных группах. На северо-востоке Европы была создана Северовосточная платформа по реализации цифрового дивиденда (NEDDIF), а на юго-востоке – Юговосточная платформа по реализации цифрового дивиденда (SEDDIF).

6.2.2 Район 2

В Районе 2 региональное соглашение, такое как GE06, отсутствует. Однако процедуры координации применяются в субрегиональных блоках, таких как МЕРКОСУР[21] (Общий рынок стран Южной Америки). Ниже приводятся некоторые примеры координации в Районе 2.

6.2.2.1 Северная Америка

В Северной Америке координация осуществляется в рамках двусторонних соглашений. Эти соглашения разрабатываются между различными регуляторными органами Соединенных Штатов (Федеральная комиссия по связи (FCC) и Национальное управление по связи и информации (NTIA)), Канады (Департамент инноваций, науки и экономического развития Канады (ISED)) и Мексики (Министерство связи и транспорта (SCT) и Федеральный институт электросвязи (IFT)).

6.2.2.2 Страны МЕРКОСУР

Аргентина, Бразилия, Парагвай, Уругвай и Венесуэла заключили соглашения по процедурам координации в ЧМ- и ТВ-диапазонах частот, разработанные техническими комитетами субрегионального блока МЕРКОСУР. Между странами согласованы зоны и технические критерии координации, которые успешно применяются с 1990-х годов. Периодически проводятся технические собрания для обсуждения вопросов координации и согласования использования спектра в приграничных зонах. По состоянию на 2016 год процедуры координации цифрового телевидения

[21] Полноправными членами МЕРКОСУР являются Аргентина, Бразилия, Парагвай, Уругвай и Венесуэла. Боливия, Чили, Перу, Колумбия, Эквадор и Суринам являются ассоциированными членами.

находятся на заключительном этапе утверждения, которое станет важным шагом перехода региона на цифровое ТВ. Тем странам, которые не вошли в региональные соглашения, необходима двусторонняя или многостороняя координация.

6.2.3 Район 3

В Районе 3 отсутствует региональное соглашение, такое как GE06[22], однако у стран АСЕАН[23] есть свои собственные положения. Реализации ЦНТВ в этих странах основаны на взаимных соглашениях. Страны, имеющие приграничных соседей за пределами зоны соглашения, по мере необходимости ведут с ними переговоры посредством двусторонней или многосторонней координации.

Ниже приводятся некоторые примеры координации в Районе 3.

6.2.3.1 АСЕАН

Все страны АСЕАН кроме одной согласились принять систему DVB. Между некоторыми из этих стран (например, на границе Малайзии и Таиланда или на границе Малайзии и Брунея) количество каналов, доступных для радиовещательных служб в диапазонах ОВЧ и УВЧ, разделено поровну на двусторонних собраниях. Этот же принцип применяется и на границах Малайзии, Сингапура и Индонезии, согласованный на трехстороннем собрании. Здесь каналы разделены поровну на три части. Эти страны используют каналы с шириной полосы 7 МГц в диапазоне ОВЧ и 8 МГц в диапазонах УВЧ.

Кроме того, Малайзия и Таиланд договорились о зоне координации, в рамках которой станции ЦНТВ должны координироваться и регистрироваться в базе данных, согласованной на двусторонней основе.

6.2.3.2 Китай и соседние страны

В последние годы Китай и Россия проводят двусторонние собрания по вопросам частотного планирования и координации цифрового наземного телевизионного вещания в приграничных районах. Система ЦНТВ в Китае использует режим DTMB, а в России используется DVB-T2. В обеих странах каждый канал системы ЦНТВ в диапазонах ОВЧ/УВЧ занимает полосу шириной 8 МГц.

Следующий метод представлен в качестве одного из методов разрешения несовместимости между присвоениями частот ЦНТВ. Уровень помех классифицируется по трем категориям: небольшие помехи, средние помехи и сильные помехи. Для небольших помех стороны должны согласовать их приемлемость. Если соглашение не достигнуто, то присвоения ЦНТВ должны сопровождаться техническими мерами по устранению помех. Необходимо принять все возможные технические меры для устранения помех среднего уровня или их минимизации до небольших помех. В случае сильных помех обеим сторонам необходимо выяснить, возможно ли устранить эти помехи с помощью осуществимых технических мер. Если да, то присвоения ЦНТВ должны сопровождаться техническими мерами по устранению или минимизации помех. В противном случае требуется проведение дополнительных координаций. Вышеуказанный метод и подробная информация приведены в протоколах собраний между Китаем и Россией.

Библиография к главе 6

[6.1] **МСЭ-R**, *Заключительные акты Региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях Районов 1 и 3 в полосах частот 174–230 МГц и 470–862 МГц (РКР-06),* Женева, 15 мая – 16 июня 2006 года.

---

[22] За исключением Исламской Республики Иран, которая находится в зоне планирования GE06.

[23] Государствами – членами АСЕАН являются Бруней-Даруссалам, Камбоджа, Индонезия, Лаосская Народно-Демократическая Республика, Малайзия, Мьянма, Филиппины, Сингапур, Таиланд и Вьетнам.

ГЛАВА 7

Качество обслуживания для вещательного телевидения

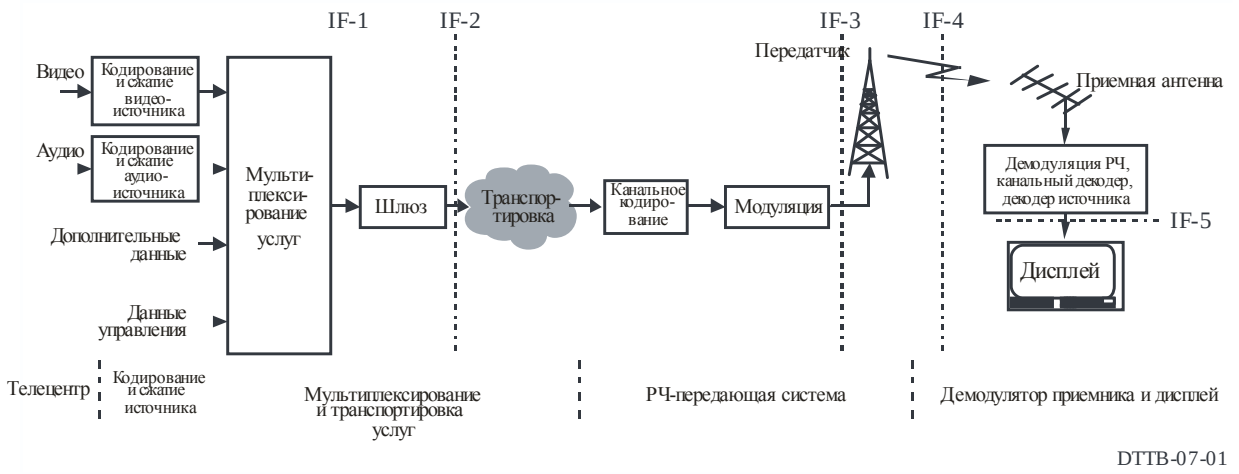
7.1 Обзор. Цепочка прохождения сигналов в системе ЦНТВ

Модель системы ЦТВ, представленная на рисунке 7.1, – это адаптированная модель, показанная в главе 1, с добавлением меток к интерфейсам между компонентами системы[24].

Качество приема, включая качество изображения и звука, зависит от нескольких факторов. Следует отметить, что общее планирование обслуживания охватывает всю цепочку вплоть до IF-4 и включает некоторые предположения о характеристиках приемной системы, такие как запас на реализацию приемника. Однако фактические характеристики приемной системы не могут подвергаться изменениям при планировании обслуживания и неподконтрольны радиовещательной компании или оператору радиовещательной сети.

РИСУНОК 7.1

Модель системы ЦНТВ



Требования к качеству обслуживания могут быть определены на уровне интерфейсов IF-1, IF-2 и IF-3. Они могут быть дополнены подробным планированием, при котором делаются определенные допущения в отношении канала распространения и стандартной приемной системы. Чтобы избежать проблемы, когда приемник не может принимать сигнал, как это планировалось, должна быть разработана минимальная спецификация приемника.

Качество изображения и звука задается в блоках (кодирование и сжатие исходных аудио- и видеосигналов), изображенных на рисунке 7.1 с левой стороны, перед IF-1. В системах ЦНТВ качество принимаемого изображения не изменяется постепенно с качеством принимаемого сигнала. Принимаемое изображение либо будет вполне качественным, если сигнал может быть декодирован, либо изображения вообще не будет. В главе 3 приведены указания по требуемым значениям битовой скорости для выбора различных видеоформатов.

---

[24] Шлюз предоставляет передатчикам всю необходимую информацию, чтобы они могли правильно сформировать радиочастотные сигналы, в частности для обеспечения надлежащей работы ОЧС, PLP и т. д. В DVB-T использование шлюза не обязательно. В DVB-T2 включение шлюза обязательно.

Для улучшения покрытия можно использовать небольшие передатчики, так называемые ретрансляторы. Это передатчики, которые принимают сигнал от станции ЦНТ. Они либо ретранслируют сигнал с очень короткой задержкой (ретранслятор в совмещенном канале или с переходом на другую частоту), либо регенерируют радиочастотный сигнал, что вносит дополнительную задержку. Эти промежуточные ретрансляторы должны соответствовать определенным минимальным требованиям по обеспечению качества обслуживания. В некоторых случаях могут допускаться менее строгие требования к качеству работы ретрансляторов для повышения коэффициента эффективности затрат при использовании небольших установок.

7.2 Примеры спецификаций для обеспечения качества обслуживания

В качестве примера необходимой информации, встроенной в поток данных для режима DVB-T, можно привести характеристики для Правил эксплуатации (Rules of Operation – RoO) применительно к странам Северной Европы (NorDig[25]), которые также используются в Ирландии.

Спецификация RoO содержит набор минимальных правил передачи, необходимых – в дополнение к другим применимым стандартам – для поддержки основных функциональных возможностей приемников, совместимых с NorDig, в первичных и вторичных сетях. Предполагается, что передачи, предназначенные для таких цифровых приемников NorDig, соответствуют единым спецификациям NorDig.

Имеется также спецификация приемника NorDig, которая может служить основой для разработки конкретной минимальной спецификации для эксплуатации сети SD и HD H.264 в режиме DVB-T2.

Единые требования NorDig для интегрированных декодеров приемников (наземная часть) определяют набор требований к оборудованию при приеме услуг на основе DVB. Данные спецификации охватывают приемники, выполненные как отдельные устройства (приставки) или как часть интегрированного цифрового телевизионного приемника. Чтобы упростить проверку соответствия приемника этим требованиям, также был опубликован подробный план испытаний.

В Германии[26] также существует спецификация приемника для сети HD H.265 в режиме DVB-T2. Следует отметить, что ее РЧ-часть идентична спецификации NorDig.

При разработке минимальных требований, выходящих за рамки вышеупомянутых требований, дополнительные руководящие указания приводятся в следующих материалах МСЭ-R.

Рекомендация МСЭ-R BT.1868 [7.1] содержит требования пользователей, которые могут относиться к спецификациям, разработке и испытанию систем для передачи телевизионных сигналов. Кроме того, в Рекомендации МСЭ-R BT.1122-2 [7.2] представлены требования пользователей, предъявляемые к кодекам для передачи ТСЧ и ТВЧ.

Если также будут внедряться системы интегрированных вещательных широкополосных услуг (IBB), такие как HbbTV, то в Рекомендации МСЭ-R BT.2053 [7.3] при определении характеристик систем IBB предлагается учитывать Исправление 1 (01.2013 г.) к Рекомендации МСЭ-T J.205 (2012 г.) "Требования к структуре управления приложениями с использованием интегрированного вещательного и широкополосного цифрового телевидения" [7.4]. В Дополнении 1 к настоящей Рекомендации указано, какие требования, перечисленные в Рекомендации МСЭ-T J.205, относятся к сценарию, ориентированному на радиовещание.

В следующих Рекомендациях приводятся руководящие указания, относящиеся к звуковому компоненту передачи:

– в Рекомендации МСЭ-R BS.775-3 [7.5] предлагается одна универсальная многоканальная звуковая система с тремя фронтальными каналами, двумя задними/боковыми каналами и дополнительным каналом низкочастотных эффектов (LFE);

---

[25] Эти спецификации можно найти по адресу http://nordig.org/specifications/.

[26] Эта спецификация доступна по адресу http://www.tv-plattform.de/images/stories/pdf/MinimumRequirements_DVB-T2_Germany.zip.

– в Рекомендации МСЭ-R BS.1548 [7.6] указаны требования, относящиеся к использованию систем кодирования источников аудиосигнала в звуковых радиовещательных системах, включая телевидение;

– в Рекомендации МСЭ-R BS.1909 [7.7] определяются "*требования к рабочим характеристикам перспективной многоканальной стереофонической звуковой системы, предназначенной для использования с сопровождающим изображением и без него. Такая система или система, созданная на ее основе, может найти применение в качестве звуковой составляющей расширенной иерархии LSDI*[27] *и программ ТСВЧ*".

7.3 Измерения для контроля QoS

Существует множество параметров, которые необходимо контролировать для обеспечения правильной доставки услуг.

В режиме DVB-T2 стандарт ETSI TR 101 290 [7.8] определяет параметры, которые могут использоваться для контроля доставки сигналов и выявления возможных сбоев. В нем перечислено несколько точек в цепочке, где могут проводиться измерения. Для обеспечения качества обслуживания должны контролироваться все эти требования, определенные, например, в стандарте ETSITR 101 290 [7.8].

7.3.1 Измерения в интерфейсе IF-1

В интерфейсе IF-1 на рисунке 7.1 поток данных представляет собой либо транспортный поток (TS), либо TS, инкапсулированный в Интернет-протокол (IP). Он содержит видео- и аудиоданные, а также подлежащие передаче служебные данные.

Эти измерения проводятся как до начала передачи, так и во время работы. Ошибки, которые здесь наблюдаются, могут повлиять на качество приема каждым приемником.

IF-1 в случае DVB-T2 идентичен интерфейсу A из [7.8]. Выполняемые измерения подробно описываются в разделе 5 ETSI TR 101 290 [7.8].

7.3.2 Измерения в интерфейсе IF-2

В интерфейсе IF-2 на рисунке 7.1 поток данных представляет собой либо транспортный поток (TS), либо TS, инкапсулированный в Интернет-протокол (IP). Шлюз добавляет информацию, необходимую передатчику для формирования требуемого сигнала.

Эти измерения проводятся как до начала передачи, так и во время работы. Ошибки, которые здесь наблюдаются, могут повлиять на качество приема каждым приемником.

IF-2 в случае DVB-T2 идентичен интерфейсу B из ETSI TR 101 290 [7.8]. Выполняемые измерения подробно описываются в разделе 11.2 [7.8].

7.3.3 Измерения в интерфейсе IF-3

На рисунке 7.1 определен интерфейс IF-3, измеренный непосредственно на выходе передатчика с помощью направленного ответвителя или в лаборатории с использованием генератора сигналов. Формат сигнала – это полностью сформированный радиочастотный сигнал.

Эти измерения проводятся до начала передачи для обеспечения того, чтобы передаваемый сигнал удовлетворял конкретным требованиям.

IF-3 в случае DVB-T2 идентичен интерфейсу C из ETSI TR 101 290 [7.8]. Выполняемые измерения на выходе передатчика подробно описываются в разделе 11.3 ETSI TR 101 290 [7.8].

---

[27] Расширенная иерархия форматов цифровых изображений для большого экрана. См. Рекомендацию МСЭ-R BT.1769.

Если в Рекомендации МСЭ-R BT.2033 [7.9] не указаны защитные отношения, необходимые для планирования, то их можно получить, выполнив лабораторные измерения в IF-3 с использованием генератора сигналов ЦНТ. Полученные результаты можно затем использовать и для планирования предполагаемого покрытия.

7.3.4 Измерения в интерфейсе IF-4

Интерфейс IF-4 определяется как интерфейс, измерения для которого проводятся на местах. Формат сигнала такой же, как у радиочастотного сигнала, излучаемого станцией ЦНТ, но он изменяется под влиянием эффектов радиочастотного канала распространения.

Однако на местах необходимы не все измерения, проводимые для случая интерфейса IF-3. Основное внимание уделяется значениям напряженности поля принимаемого сигнала и параметрам качества сигнала. Затем их можно использовать для проверки или улучшения модели покрытия и, следовательно, для повышения качества обслуживания.

IF-4 в случае DVB-T2 идентичен интерфейсу C из ETSI TR 101 290 [7.8]. Выполняемые измерения подробно описываются в разделе 11.3 [7.8].

7.3.5 Измерения в интерфейсе IF-5

В интерфейсе IF-5 на рисунке 7.1 поток данных представляет собой либо транспортный поток (TS), либо TS, инкапсулированный в Интернет-протокол (IP). Он содержит видео- и аудиоданные, а также служебные данные.

Существует два сценария, в которых могут применяться такие измерения для обеспечения качества обслуживания. В любом случае для анализа данных TS необходим измерительный приемник.

Одним из сценариев является выполнение удаленного мониторинга сети, когда в процессе измерения, проводимого где-то на местах, не только контролируется уровень и качество радиосигнала, как указано для интерфейса IF-4, но и производятся измерения на уровне TS.

Другим сценарием может быть лабораторное тестирование приемников, чтобы проверить, правильно ли работает домашний приемник с указанным сигналом. Этот сценарий может включать проверку на измерительном приемнике надлежащей работы сигнализации, а затем дополнительную проверку на домашнем испытуемом приемнике, чтобы убедиться в правильности его функционирования. Например, можно проверить наличие доступа к передаваемой информации или правильность декодирования изображения.

IF-5 в случае DVB-T2 идентичен интерфейсу D из ETSI TR 101 290 [7.8]. Выполняемые измерения подробно описываются в разделе 5 ETSI TR 101 290 [7.8].

7.4 Примеры качества передачи в цифровом телевидении

Примеры оценки качества передачи на уровне модулированных сигналов и на уровне транспортного потока MPEG приведены в Отчете МСЭ-R BT.2389 [7.18]. Примеры оценки покрытия см. в [7.10]– [7.17].

7.5 Резервирование как средство поддержания QoS

Выполнение каждого из вышеизложенных требований и их контроль не гарантируют качество обслуживания, если только базовая инфраструктура передающих станций ЦНТ также не будет отвечать определенным требованиям.

Чтобы обеспечить очень высокую доступность по времени, необходимо рассмотреть как минимум еще три аспекта.

– Источник питания – стандартная сеть электроснабжения всегда может быть доступна, поэтому может потребоваться использование дополнительного местного генератора, чтобы свести к минимуму случаи перебоев в работе.

– Первичное распределение – первичное распределение, когда сигналы подаются через интерфейсы IF-1 и IF-2, должно также соответствовать условию минимально необходимой доступности. Надежность любого из интерфейсов можно максимально повысить путем совместного размещения оборудования по обеим сторонам интерфейса, чтобы сократить проходимое сигналом расстояние. Однако в случае IF-2 сигнал, как правило, необходимо отправлять в одно или несколько удаленных мест расположения передатчиков. Для совершенствования одной схемы распределения до желаемого уровня могут потребоваться значительные затраты. Поэтому для обеспечения очень высокой доступности более эффективной мерой может быть построение второй распределительной сети.

– Отказ компонентов системы – доступность можно улучшить за счет наличия резервного оборудования. Это может быть дополнительный передатчик или компоненты передатчика, которые включаются в работу в случае отказа оборудования. В крайних случаях может быть предусмотрена отдельная полностью оборудованная передающая станция в непосредственной близости от основной.

Реальная концепция резервирования зависит от ряда экономических и эксплуатационных аспектов. Это определяется важностью конкретной станции ЦНТВ (обычно определяемой охватом населения).

Полезной отправной точкой при определении целевого показателя доступности может служить анализ риска.

Библиография к главе 7

[7.1] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1868, *Требования пользователей к кодекам для передачи телевизионных сигналов по сетям доставки, первичного распределения и спутникового сбора новостей (ССН)*.

[7.2] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1122-2, *Пользовательские требования к кодекам систем передачи и вторичного распределения сигналов ТСЧ и ТВЧ.*

[7.3] **ITU-R**, Recommendation ITU-R BT.2053, *Technical requirements for integrated broadcast-broadband systems.*

[7.4] **ITU-T**, Recommendation ITU-T J.205 (2012) Corrigendum 1 (01/2013), *Requirements for an application control framework using integrated broadcast and broadband digital television.*

[7.5] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BS.775-3, *Многоканальные стереофонические звуковые системы с сопровождающим изображением и без него*.

[7.6] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BS.1548, *Требования пользователей к системам кодирования звуковых сигналов для цифрового радиовещания*.

[7.7] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BS.1909, *Требования к рабочим характеристикам перспективной многоканальной стереофонической звуковой системы, предназначенной для использования с сопровождающим изображением и без него*.

[7.8] **ETSI** TR 101 290: *Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems* http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101200_101299/101290/01.03.01_60/tr_101290v010301p.pdf.

[7.9] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.2033, *Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.*

[7.10] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1125, *Основные параметры для планирования и развертывания цифровых систем наземного телевизионного вещания*.

[7.11] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1735-1, *Методы объективной оценки качества приема сигналов цифрового наземного телевизионного радиовещания Системы B, определенной в Рекомендации МСЭ-R BT.1306.*

[7.12] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R SM.1875, *Измерение покрытия DVB-T и проверка критериев планирования*.

[7.13] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2035, *Guidelines and techniques for the evaluation of digital terrestrial television broadcasting systems.*

[7.14] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2137, *Coverage prediction methods and planning software for digital terrestrial television broadcasting (DTTB) networks.*

[7.15] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2143, *Boundary coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals.*

[7.16] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2248, *A conceptual method for the representation of loss of broadcast coverage.*

[7.17] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2252, *Objective quality coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals of Systems A and B.*

[7.18] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2389, *Guidelines on measurements for digital terrestrial television broadcasting systems.*

ГЛАВА 8

Помощь со стороны спутников

8.1 Введение

В этой главе описывается, каким образом спутники могут помочь в предоставлении услуг цифрового наземного телевизионного вещания.

Телевизионное вещание через спутник широко используется для обеспечения покрытия (национального и международного) больших зон. Такая радиовещательная спутниковая служба (РСС) не является предметом настоящего Справочника; конкретная информация по РСС приведена в документации 4-й Исследовательской комиссии МСЭ-R.

Тем не менее спутники, особенно относящиеся к фиксированной спутниковой службе (ФСС) и подвижной спутниковой службе (ПСС), имеют важное значение для работы наземной телевизионной вещательной службы. Например, спутники могут использоваться для подачи сигналов в передающие сети ЦНТВ; они также полезны в качестве обратных каналов интерактивного телевидения при отсутствии других сетей связи, пригодных для этой цели. В принципе радиовещательные спутники и наземное телевизионное вещание могут действовать совместно для оптимизации покрытия радиовещанием. Такие концепции часто называют гибридным радиовещанием, хотя сам этот термин в Регламенте радиосвязи МСЭ не определен и в настоящее время известны только применения таких схем для цифрового звука и передачи данных.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Очень полезным применением для производства телевизионных программ является спутниковый сбор новостей (SNG), особая форма ENG, которая более подробно рассматривается в главе 15.

8.2 Спутники в качестве фидерных линий для сетей наземного телевизионного вещания

Централизованно генерируемый радиовещательный мультиплекс можно распределять через спутник ФСС для подачи сигналов в наземную вещательную сеть. Это особенно полезно для больших зон радиовещательной службы и когда недоступны наземные фидерные линии передачи, такие как оптоволоконные или радиорелейные линии связи.

В зависимости от используемой частоты спутникового сигнала могут происходить сбои во время сильных осадков или когда в параболической приемной антенне радиовещательной передающей станции скапливается мокрый снег или лед. На частотах выше 10 ГГц ослабление сигнала из-за дождя может привести к нарушениям связи на линии вниз. Линия вверх в диапазоне Ku или Ka более стабильна, так как в случае ослабления сигнала применяется регулирование мощности и пространственно-разнесенная передача[28]. Спутниковая подача сигналов позволяет обеспечить высокую надежность. Тем не менее гарантировать 100-процентную жизнеспособность системы нельзя.

В случае подачи сигнала для наземной ОЧС необходимо позаботиться о том, чтобы компенсировать разность во времени распространения на различных приемных станциях. Длина трассы между спутником и каждым наземным радиовещательным передатчиком изменяется, и соответственно изменяется время распространения спутникового сигнала. Типичная разность во времени составляет значения порядка микросекунд. В случае ОЧС следует убедиться, что для каждой наземной передающей станции время излучения номинально одно и то же (следует отметить, однако, что для

---

[28] Регулирование мощности увеличивает мощность спутниковой земной станции на линии вверх в соответствии с измеренным ослаблением сигнала во время дождя. А когда дождь в районе главной станции настолько силен, что для преодоления ослабления регулировки мощности уже недостаточно, может использоваться в качестве резервной вторая земная станция, расположенная на значительном расстоянии от главной. Конечно, резервная станция должна быть подключена к главной станции через надежный канал связи, не подверженный влиянию дождя, например через оптоволоконные или радиолинии, работающие на частотах ниже 10 ГГц.

оптимальной работы ОЧС можно использовать определенные временные сдвиги, как описывается в главе 4). Таким образом полученный спутниковый сигнал должен кешироваться для синхронного излучения. Для этой цели часто используются сигналы эталонного времени, предоставляемые навигационными спутниками. Если синхронизация времени не соблюдается, то теряется часть защитного интервала и, следовательно, устойчивость радиовещательных сигналов COFDM к многолучевым помехам.

8.3 Использование спутников в качестве обратных IP-каналов для интерактивного телевидения

В современном наземном телевидении интерактивность требует дополнительного подключения телевизионного приемника или телевизионной абонентской приставки к сети электросвязи, как правило широкополосной IP-сети, которая обеспечивает доступ в интернет (WLAN, DSL, сеть подвижной связи и т. д.). Когда такая наземная сеть недоступна, зачастую можно получить доступ через станцию VSAT, которая обеспечивает доступ к IP-сети в помещении пользователя через спутник. Параболическая антенна оснащается частотным диплексером, который позволяет развязать спутниковые линии вверх и вниз. Поскольку линия вверх обычно ограничивается низкими скоростями передачи данных (например, запрос контента), то мощность передачи таких станций VSAT может быть относительно низкой (несколько ватт), а диаметр параболической антенны – небольшим (порядка одного метра в диапазоне Ku).

Более подробная информация об интерактивности и системах, используемых для интегрированных радиовещательных и широкополосных применений, приведена в главе 10.

8.4 Совместное использование наземного и спутникового радиовещания

ТВ-контент доставляется в терминалы либо через наземные инфраструктуры, либо посредством распределения через спутники. С внедрением мобильного приема ТВ и мультимедийных приложений в более общем смысле пользователям требуется непрерывное обслуживание, какое могут предложить гибридные системы, объединяющие спутниковое и наземное радиовещание, в которых используются общие наборы РЧ-микросхем, принимающие спутниковые и наземные передачи и основанные на технологиях SDR.

Существует два типа системных структур – гибридная спутниковая/наземная система и интегрированные системы ПСС, как поясняется в нижеследующих определениях. Эти тексты представлены в качестве примеров и иллюстрируют принцип действия таких систем, поскольку в настоящее время они используются только для радиовещания и передачи данных.

8.4.1 Определение гибридной спутниковой/наземной системы

Согласно определению ЕТСИ гибридная спутниковая/наземная система представляет собой "систему, использующую спутниковые и наземные компоненты, в которой спутниковые и наземные компоненты взаимосвязаны, но действуют независимо друг от друга. В таких системах спутниковые и наземные компоненты имеют отдельные системы управления сетью и не обязательно используют один и тот же метод модуляции" [8.1]. Кроме того, следует отметить, что оба компонента обычно не работают в одном и том же диапазоне частот.

Например, сочетание спутниковой и наземной инфраструктуры оптимизирует инвестиционные затраты, доставляя сигнал в малонаселенные районы, тогда как в густонаселенных районах, где спутниковый сигнал принимать сложнее, для доставки того же контента в той же полосе частот используется наземная инфраструктура. Эта наземная инфраструктура может в дополнение к спутниковым передавать местные ТВ-программы.

8.4.2 Определение интегрированной системы ПСС

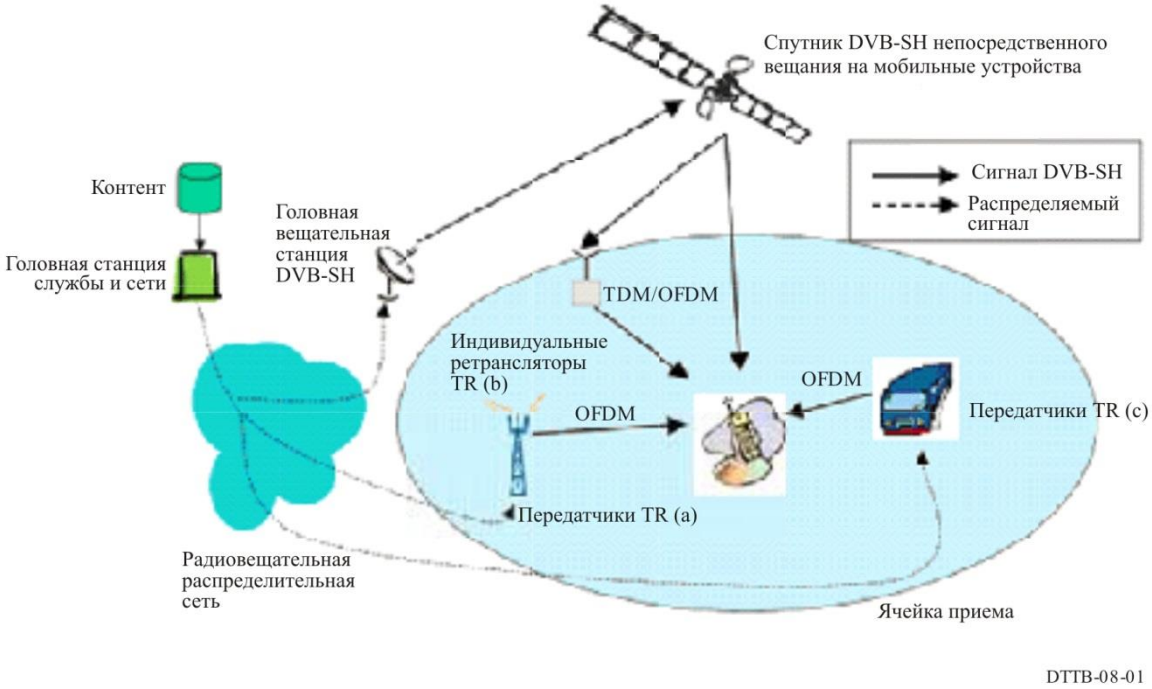
Согласно определениям ЕТСИ и МСЭ-R интегрированная система ПСС представляет собой "систему, использующую спутниковый сегмент и наземный сегмент, где наземный сегмент дополняет спутниковый сегмент и функционирует как неотъемлемая часть системы ПСС. В таких системах управление наземным сегментом осуществляет система управления спутниковыми ресурсами и сетью. Кроме того, в наземном сегменте используются те же участки полос частот ПСС, что и в связанной с ним работающей подвижной спутниковой системе" [8.1], [8.2], [8.3].

В Соединенных Штатах и Канаде такие системы называются системами MSS-ATC (ПСС – вспомогательный наземный сегмент), а в Европе – MSS-CGC (ПСС – дополнительный наземный сегмент) и реализуются в полосах частот 1–3 ГГц.

Как показано на рисунке 8.1, наземный сегмент интегрированной системы не является независимой автономной сетью, а использует те же частоты, которые присвоены спутниковому сегменту, хотя эти два сегмента не обязательно используют одни и те же частоты одновременно в одной и той же географической зоне. Такое совместное использование спектра обеспечивает дополнительную полезную услугу за счет повышения общей эффективности использования спектра, что позволяет повторно использовать большее количество частот. Это в свою очередь позволяет получать экономию за счет масштаба, что важно для снижения расходов на эксплуатацию сети.

РИСУНОК 8.1

Пример интегрированной подвижной спутниковой и наземной сети



Библиография к главе 8

[8.1] **ETSI** *TR 103 124 Satellite Earth Stations and Systems (SES); Combined Satellite and Terrestrial Networks scenarios.*

[8.2] **Словарь МСЭ-R** http://www.itu.int/net/ITU-R/asp/terminology-definition.asp?lang=en&rlink={FB87FE16-E1BC-42E6-92BC-567849F31903}.

[8.3] **ITU-R**, Report ITU-R S.2173, *Multi-carrier based transmission techniques for satellite systems.*

ЧАСТЬ 2

СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ

Введение в часть 2

Если часть 1 касалась сетевых аспектов цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ) в целом и в основном в форме, не зависящей от системы, то часть 2 посвящена вопросам, относящимся к конкретным системным аспектам. Часть 2 начинается с подробного и всестороннего описания различных систем наземного цифрового вещания, а затем затрагивает интерактивность и совместное использование радиовещательных и широкополосных технологий и содержит информацию об условном доступе, включая защиту контента.

При использовании цифровых сигналов качество аудио- и видеосигналов определяется не так, как для аналоговой телевизионной службы. Если в последнем случае основное внимание уделяется шуму и помехам при передаче, то цифровой сигнал не страдает от таких воздействий, пока шум и помехи не превышают определенных уровней. Напротив, постепенного ухудшения качества приема не наблюдается. Благодаря упреждающей коррекции ошибок разность между идеальным приемом и полным его отсутствием не превышает одного децибела. Видимые искажения (например, дрожание) могут быть обусловлены системой сжатия, применяемой в системах перегона и кодирования программ радиовещательных компаний.

Конечно, приемники должны работать адекватно. Их функции описываются в отдельной главе. Важная проблема связана с услугами доступа для лиц с ограниченными возможностями или особыми потребностями. Цифровое телевидение предлагает больше возможностей и облегчает реализацию этих услуг, что помогает не только лицам с ограниченными возможностями, но и всем нам.

ГЛАВА 9

Системы цифрового наземного телевизионного вещания

9.1 Технологии радиовещательных систем

9.1.1 Методы мультиплексирования и транспортировки услуг

9.1.1.1 Введение

В отличие от аналогового телевизионного вещания, где компоненты телевизионной программы (такие, как изображение или звуковое сопровождение и т. д.) передаются отдельно, системы цифрового вещания основаны на принципе одновременной комбинированной передачи сигналов изображения, звука, данных и управления.

В системах аналогового радиовещания сигналы изображения и звукового сопровождения любой программы передаются по отдельности в частотных каналах согласно принципу, когда сигнал одной программы занимает всю полосу пропускания канала (рисунок 9.1).

В системах цифрового радиовещания используется режим одновременной передачи в одном частотном канале потоков данных, содержащих пакеты, сформированные из аудио- и видеоинформации одной или нескольких программ (Pr. 1, Pr. 2, …, Pr. *n*), и дополнительных потоков данных с виртуальной сегментацией по времени и по ширине (рисунок 9.2).

РИСУНОК 9.1

Принцип многопрограммной передачи в системах аналогового радиовещания

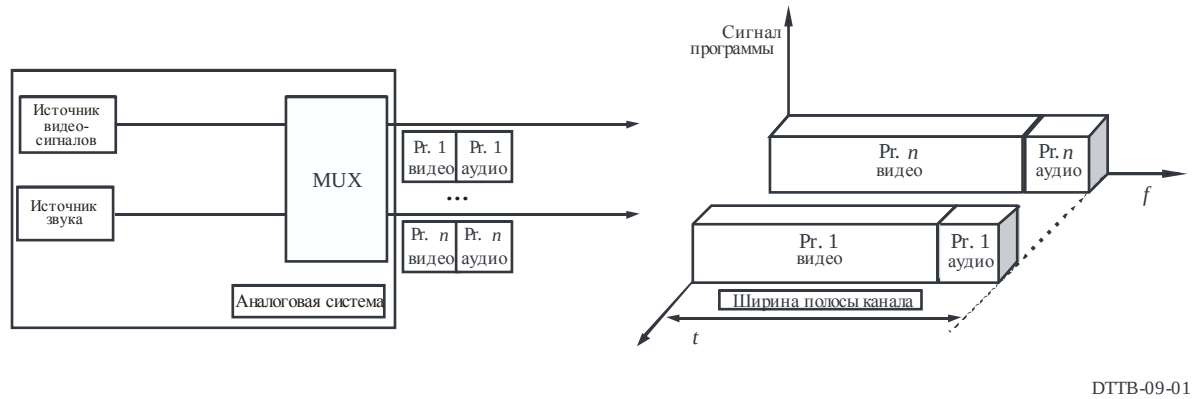
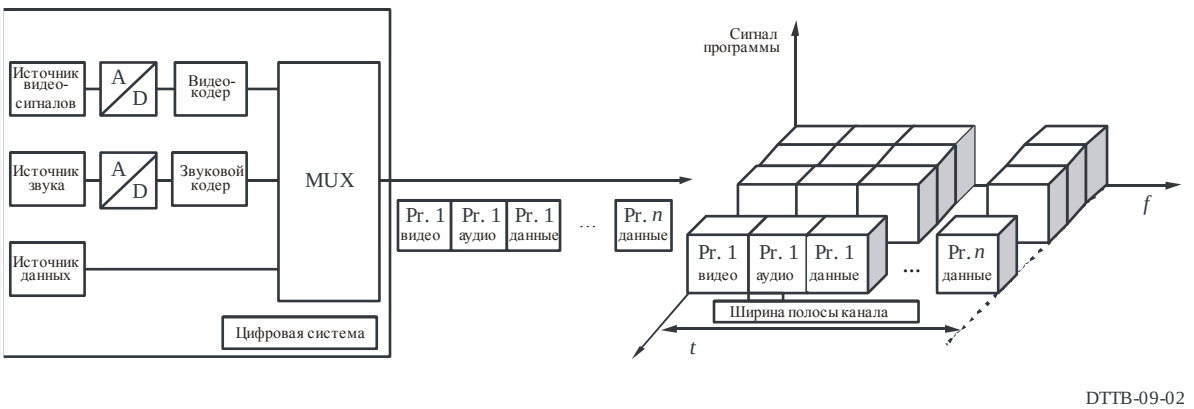


РИСУНОК 9.2

Принцип многопрограммной передачи в системах цифрового радиовещания



Появилась возможность обеспечить одновременную передачу компонентов нескольких программ с использованием технологий цифровой обработки сигналов, цифровой связи и, в частности, специальных методов сокращения объема данных на основе избыточности для определенного типа медиаинформации (визуальная избыточность, психоакустическая избыточность, статистическая избыточность и т. д.). Комбинированное использование всех этих технологий позволяет все эффективнее использовать радиочастотный спектр и, следовательно, значительно сократить пропускную способность канала, необходимую для передачи информации.

9.1.1.2 Методы мультиплексирования услуг

В ЦНТВ один или несколько цифровых мультиплексов могут переносить сигналы нескольких телевизионных услуг, каждая из которых включает один или несколько видеокомпонентов, один или несколько аудиокомпонентов и, возможно, другие компоненты, такие как вспомогательная информация. Необходимо также передавать дополнительные данные, с тем чтобы пользовательское оборудование имело возможность обслуживать сигнал интересующей услуги (и нужные компоненты в рамках этой услуги), а также создавать надлежащую среду навигации для удобного доступа к имеющимся цифровым услугам.

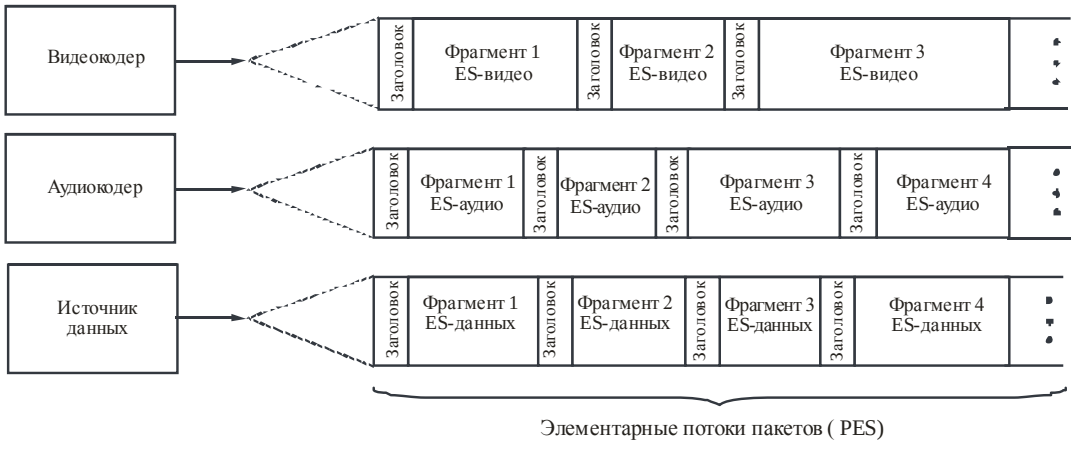
Мультиплексирование услуг может быть реализовано с использованием методов структурированной передачи (метод с назначенной фиксированной длиной пакетов), передачи пакетов (метод с назначенной переменной длиной пакетов) или их комбинации. Такие подходы имеют значительные преимущества для различных реализаций услуг.

Мультиплексирование пакетов фиксированной и переменной длины. Общий подход к системному мультиплексированию можно рассматривать как комбинацию мультиплексирования на двух разных уровнях. На первом уровне (программный уровень) битовые потоки одной программы формируются путем мультиплексирования пакетов одного или нескольких элементарных битовых потоков (рисунок 9.3), а на втором уровне (транспортный уровень) несколько битовых потоков одной программы объединяются в один или несколько транспортных потоков.

На выходе кодера источника (видео- и аудиокодеры) информация организуется как последовательность отдельных потоков, называемых элементарными потоками (ES) (рисунок 9.3).

РИСУНОК 9.3

Принцип пакетированных элементарных потоков



DTTB-09-03

Каждый из этих элементарных потоков пакетируется, поскольку он формируется из последовательности пакетов переменной длины, причем каждый пакет содержит определенную часть информации о передаваемых последовательностях изображений, звуковых сигналов или данных. В системах цифрового телевизионного вещания потоки данных могут передаваться как в качестве полезной нагрузки потока PES, так и с использованием других механизмов, определенных в разделе 9.1.4.

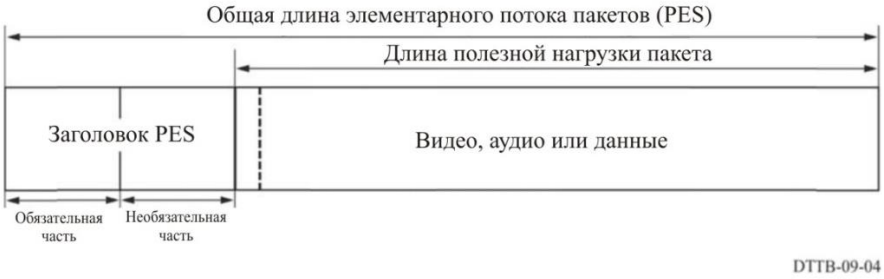
Длина пакета в элементарном потоке зависит от многих факторов, таких как критичность контента к сжатию, переполнение буфера кодера источника и т. д. Максимальная емкость пакета ограничивается величиной 64 кБайта.

Структура пакета PES с указанием основных элементов показана на рисунке 9.4. Пакет PES состоит из заголовка и последующего элементарного потока видео- или аудиосигналов, стандартизованных Группой экспертов по подвижным изображениям (MPEG), или элементарного потока для услуг передачи данных, а его длина является переменной (как заголовок, так и содержание пакета имеют переменную длину).

Заголовки пакетов PES состоят из обязательной и необязательной частей. В обязательной части заголовка пакета PES, длина которой составляет 6 байтов, содержится информация о начале пакета (3 байта) (указывает на начало пакета PES), идентификатор потока, определяющий тип потока, фрагмент которого передается в этом пакете PES (1 байт), и длина пакета PES (2 байта).

РИСУНОК 9.4

Структура пакета PES



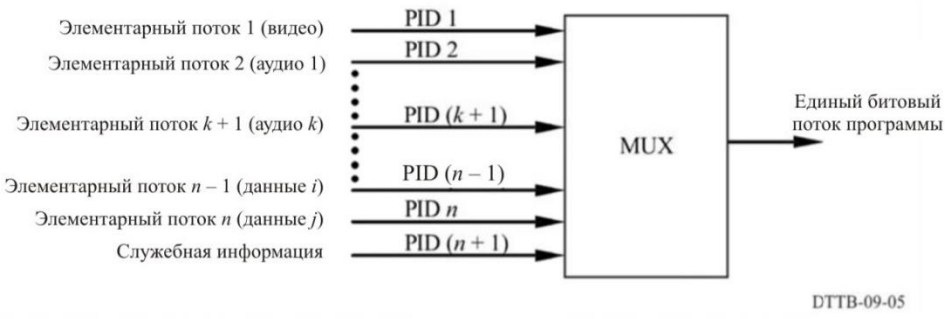
Наличие необязательной части заголовка PES зависит от требований конкретного применения. Если она имеется, то эта часть заголовка переменной длины содержит информацию об использовании скремблирования в элементарном потоке; о том, защищена ли авторским правом информация полезной нагрузки соответствующего пакета PES и является ли контент полезной нагрузки пакета PES оригиналом или копией; об общем количестве байтов дополнительных полей и байтов заполнения, содержащихся в этом заголовке пакета PES. Кроме того, могут применяться различные необязательные поля, в частности поля, содержащие информацию о метке времени представления (PTS) и о метке времени декодирования (DTS), необходимые для синхронизации аудио- и видеосигналов.

Подробное описание формата пакетов PES, а также ограничения для различных типов потоков (видеопотоки PES, аудиопотоки PES) приведены в Рекомендации МСЭ-R BT.1209-1 [9.1].

Для формирования единого мультиплексированного битового потока программы требуется, чтобы отдельные битовые элементарные потоки пакетов (PES) объединялись с отдельными идентификаторами пакетов (PID), совместно используя общую временную базу, и с битовым потоком пакетов управления (подканалом служебной информации), содержащим описание программы.

РИСУНОК 9.5

Иллюстрация мультиплексирования для формирования единого потока программы



Для цифровых систем мультимедийного радиовещания определяется специальная схема мультиплексирования с пакетами переменной длины, называемого мультиплексированием тип – длина – значение (TLV). Приводятся спецификации схем транспортирования IP-пакетов по каналам радиовещания: формат инкапсуляции, формат IP-пакетов со сжатым заголовком и сигналы управления передачей. Подробнее см. в Рекомендации МСЭ-R BT.1869 [9.2] и в [9.78], [9.86].

Статистическое мультиплексирование. Широко используются кодеки сжатия аудиовизуальной информации с переменной скоростью передачи данных (VBR). При таком сжатии с помощью кодеков используется алгоритм, выделяющий для видеосцен, чувствительных к качеству сжатия, определенную емкость данных. В остальных случаях используется меньшее количество битов.

Это создает возможности для изменения битовой скорости на выходе аудио- или видеокодера в зависимости от характера обрабатываемой сцены или звуковой последовательности или в зависимости от требований конкретной программы. Однако для дальнейшей обработки в радиовещательной системе зачастую необходимо получить скорость передачи, не зависящую от времени. Для этого к данным добавляется заполняющая информация. Однако при этом снижается эффективность использования спектра.

В цифровом радиовещании крайне желательно использовать доступную пропускную способность канала эффективно и экономно. В связи с тем, что скорость передачи данных, требуемая для получения желаемого качества изображения, зависит от содержания изображения, использование кодирования с постоянной битовой скоростью приводит к большим колебаниям качества изображения и к неэффективному использованию пропускной способности канала. Это говорит о том, что схема сжатия с переменной скоростью передачи, которая позволяет динамически распределять пропускную способность канала между программами, ведет к улучшению общего качества изображения и/или экономному использованию полосы пропускания. Для распределения битов между программами должен применяться механизм управления, известный как совместное управление кодированием. Сам метод называется статистическим мультиплексированием (хотя в традиционном статистическом мультиплексировании нет глобального механизма управления).

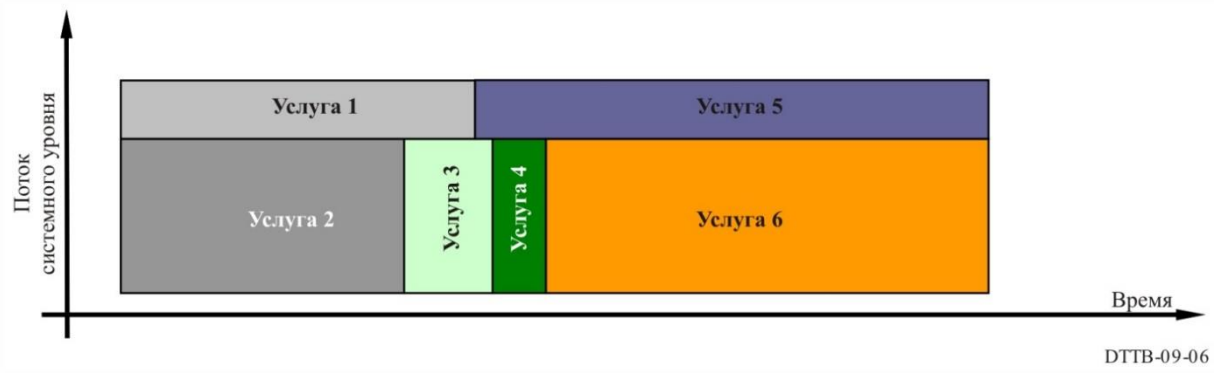
Сегодня на рынке имеются кодеры MPEG, поддерживающие переменную выходную скорость передачи данных. В многопрограммной среде скорости передачи данных нескольких мультиплексированных программ можно совместно регулировать таким образом, чтобы достичь желаемого качества изображения каждой программы, используя схему кодирования с переменной скоростью передачи битов при сохранении постоянной общей скорости передачи битов на уровне канала.

Основные принципы статистического мультиплексирования и предъявляемые к нему требования определяются в Рекомендациях МСЭ-R BT.1437 [9.3] и МСЭ-T J.180 [9.4].

Так что за счет использования статистического мультиплексирования можно в какой-то степени повысить эффективность использования канала (рисунок 9.6).

РИСУНОК 9.6

Пример статистического мультиплексирования



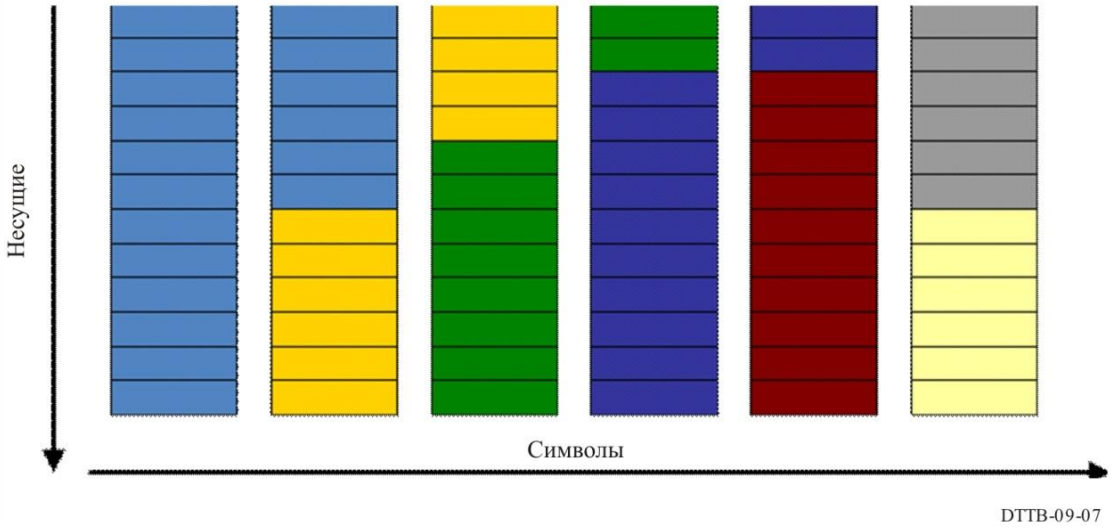
В случае статистического мультиплексирования выполняется распределение общего ресурса канала между услугами, передаваемыми в потоке системного уровня (услуга 1 – услуга 6 на рисунке 9.6), в зависимости от требуемой скорости передачи данных в каждый момент времени. В этом случае ресурс канала используется более эффективно, чем при фиксированном мультиплексировании, когда каждой услуге выделяется фиксированная емкость канала. Одним из недостатков статистического мультиплексирования является сложность систем управления по сравнению с обычным методом фиксированного мультиплексирования и требование дополнительного планирования для распределения ресурсов канала с обеспечением доступа к ресурсам канала всех услуг. Кроме того, может возникнуть ситуация, когда непредвиденное сокращение ресурса, присвоенного программам одной радиовещательной компании, приводит к снижению качества или другим затруднениям для других вещателей, использующих тот же ресурс мультиплекса.

В системах ЦНТВ второго поколения используется специальная схема статистического мультиплексирования, называемая каналом физического уровня (PLP). PLP может представлять собой логический или виртуальный подканал, организованный в определенном физическом канале. Подканалы PLP используются для переноса служебных данных и данных сигнализации для уровней, отличных от L1 (физический уровень).

PLP каждой услуги позволяет переносить данные, независимо от их структуры, со свободно выбираемой и конкретной надежностью, характерной для физических параметров используемого PLP (см. рисунок 9.7) [9.87]. Такой подход позволяет реализовать защиту в зависимости от конкретной услуги и более эффективно использовать ресурсы канала, исходя из требуемого типичного уровня защиты услуги и формата модуляции (см. рисунок 9.8) [9.71].

РИСУНОК 9.7

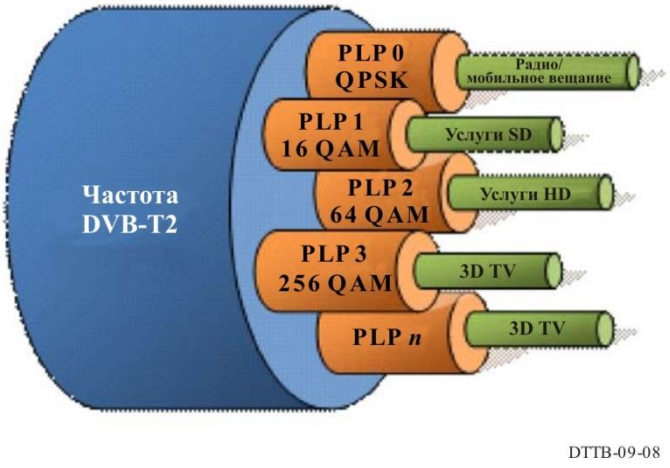
Концепция полностью прозрачных каналов физического уровня для системы DVB-T2



Спецификация DVB-T2 [9.8] позволяет назначить совокупность символов модуляции, скорость кодирования и глубину временного перемежения для каждого отдельного PLP. Кроме того, форматирование контента соответствует той же структуре кадров основной полосы, которая используется и для DVB-S2. Как распределенная емкость, так и уровень надежности могут корректироваться с учетом конкретных потребностей поставщиков контента/услуг в зависимости от типа приемника и среды эксплуатации.

РИСУНОК 9.8

Концепция, ориентированная на конкретные услуги и основанная на PLP



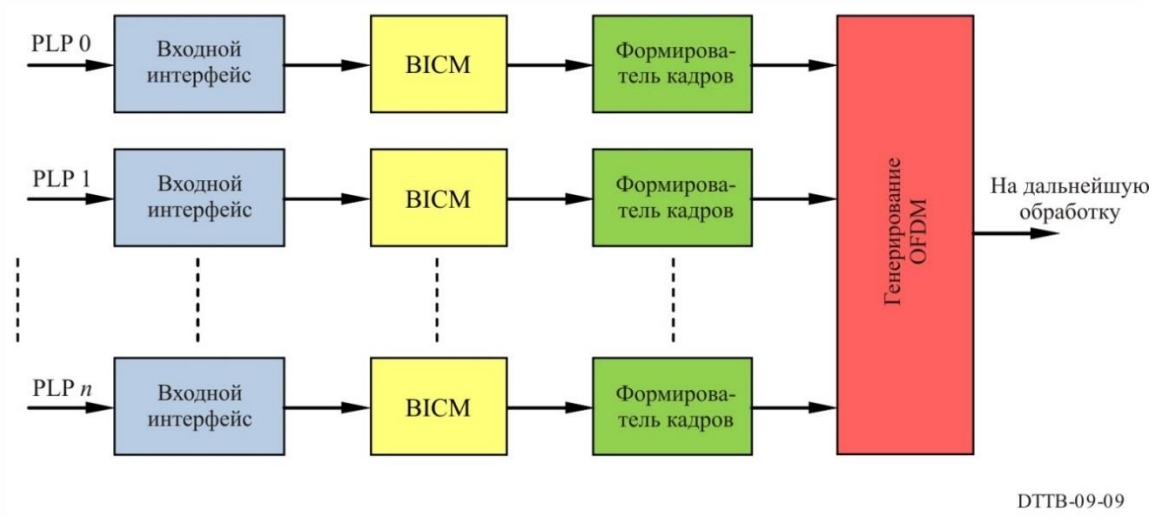
Существуют PLP двух типов – общие PLP (содержащие общую информацию для нескольких PLP (также называемые группой PLP), например служебную или прочую информацию) и PLP передачи данных типа 1 и типа 2. PLP передачи данных предназначены для транспортировки фактических услуг T2. Разница между двумя типами PLP передачи данных заключается в возможности деления на слои нарезки и экономии мощности.

Следовательно, при получении одной услуги приемники должны декодировать до двух PLP одновременно – PLP передачи данных и связанный с ним общий PLP.

Предусмотрено два общих режима входа – в режиме входа A используется один PLP (это типичный случай для систем цифрового радиовещания первого поколения), тогда как в режиме входа B – несколько PLP (рисунок 9.9).

РИСУНОК 9.9

Режим входа B с несколькими PLP



Иногда желательно, чтобы общий PLP группы использовал другие скорости модуляции и кодирования в отличие от PLP по передаче данных для компенсации сокращенного разнесения по времени общего PLP по сравнению с PLP типа 2 с его множеством слоев нарезки. Это выполнимо, если общие данные организованы так, чтобы скорость передачи данных была фиксированной.

Система DVB-T2 может содержать разные группы PLP с разными скоростями кодирования и модуляции при условии, что общая скорость передачи в каждой группе постоянна.

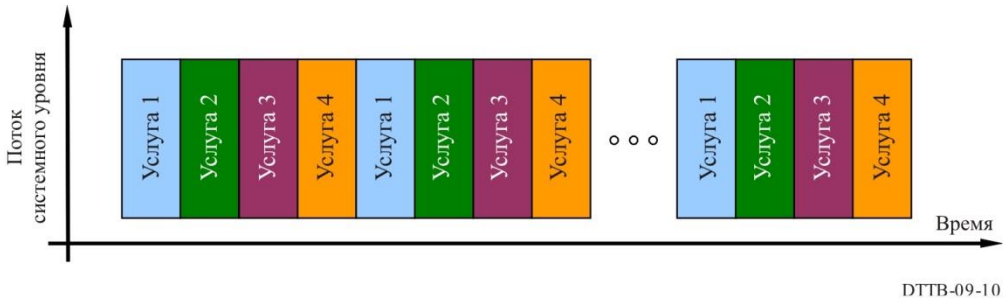
В принципе может выполняться и более совершенное статистическое мультиплексирование PLP с разными скоростями кодирования или модуляции. В случае разных скоростей кодирования статистический мультиплексор должен выделять биты каждой службе пропорционально скорости кодирования соответствующего PLP, так чтобы общая полная битовая скорость оставалась постоянной. При использовании модели "один большой транспортный поток" (TS) большой TS будет иметь скорость, соответствующую всей емкости, предоставляемой PLP с наибольшей скоростью кодирования.

Мультиплексирование с нарезкой. (Также называемое мультиплексирование с нарезкой и с временным, частотным или частотно-временным разделением системного потока.) Цель квантования времени – уменьшить среднюю потребляемую мощность терминала и обеспечить плавный и бесперебойный режим хендовера услуги.

При использовании квантования времени мультиплекс организуется так, как показано на рисунке 9.10.

РИСУНОК 9.10

Принцип квантования времени



При такой организации мультиплекса исходный цифровой поток каждой услуги делится на слои достаточного размера для непрерывного представления информации пользователю. Каждый такой фрагмент передается в течение определенных коротких интервалов времени. Потоки различных услуг передаются слой за слоем, а интервал между последовательными слоями одной услуги не превышает времени, необходимого для приема, декодирования и предоставления информации, переносимой в данном слое. Квантование времени позволяет приемнику оставаться активным только часть времени, то есть при получении пакетов запрашиваемой услуги.

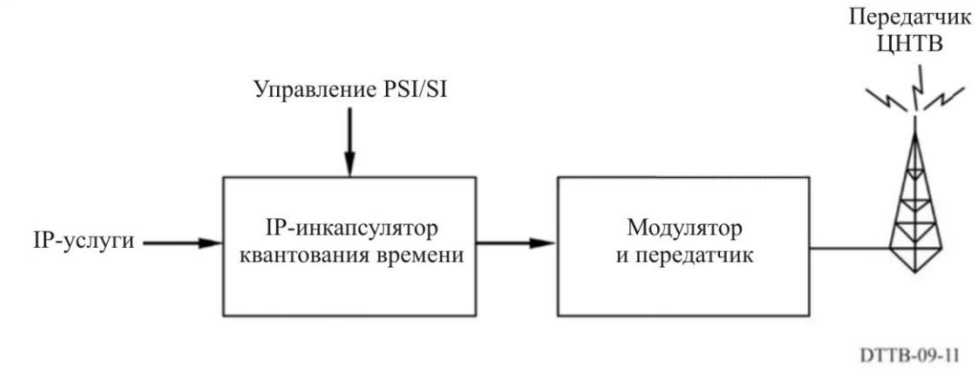
В цифровом наземном радиовещании существует несколько вариантов для реализации квантования времени – использование выделенного мультиплекса, смешанный мультиплекс или иерархическая передача.

На рисунке 9.11 показан вариант реализации квантования времени на основе выделенного мультиплекса с многопротокольной инкапсуляцией (MPE) только для передачи IP-услуг.

Предполагается, что IP-инкапсулятор берет на себя ответственность за создание разделов MPE из входящих IP-дейтаграмм, а также добавление необходимых данных PSI/SI. Выходной поток IP-инкапсулятора состоит из транспортных пакетов MPEG-2.

РИСУНОК 9.11

Пример реализации квантования времени с использованием выделенного мультиплекса

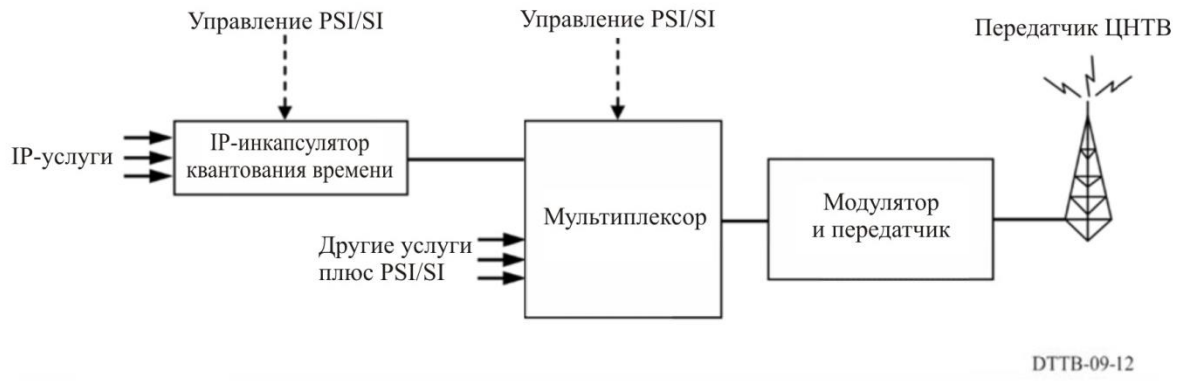


При отсутствии других услуг (то есть услуг без квантования времени) схема функционирования остается простой. IP-инкапсулятор генерирует пакеты с квантованием времени. Для пакетов может использоваться максимальная скорость передачи. Периоды ожидания (то есть время, когда не передаются никакие пакеты данных для элементарных потоков) могут заполняться пустыми пакетами. Фрагменты PSI/SI могут распределяться по транспортному потоку путем выделения для него постоянной скорости передачи.

На рисунке 9.12 показана конструкция головного устройства для передаваемого мультиплекса, содержащего как IP-, так и другие услуги (цифрового ТВ). Основное отличие от случая выделенного мультиплекса – это требование для мультиплексора.

РИСУНОК 9.12

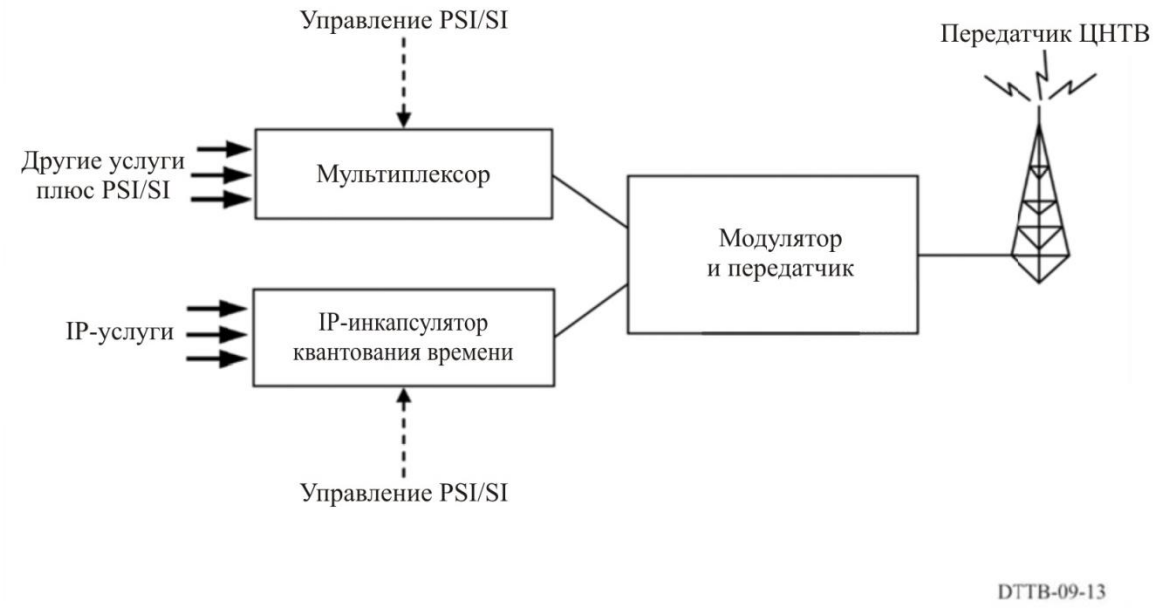
Пример реализации нарезки по времени с использованием смешанного мультиплекса



Один из возможных способов избежать смешения потоков с квантованием времени и без него в общем мультиплексе – и таким образом уйти от использования мультиплексора – организация иерархического режима передачи. В этом случае мультиплекс, содержащий услуги с квантованием времени, передается с высоким приоритетом, что гарантирует лучшую надежность в мобильной среде, в то время как мультиплекс для услуг без квантования времени передается с низким приоритетом, что ведет к более высокой скорости передачи битов для услуг с фиксированным приемом. Это позволяет эффективно поддерживать два мультиплекса в пределах одной передачи. Упрощенная блок-схема, иллюстрирующая поддержку иерархической передачи, показана на рисунке 9.13.

РИСУНОК 9.13

Вариант реализации квантования времени с использованием иерархической передачи

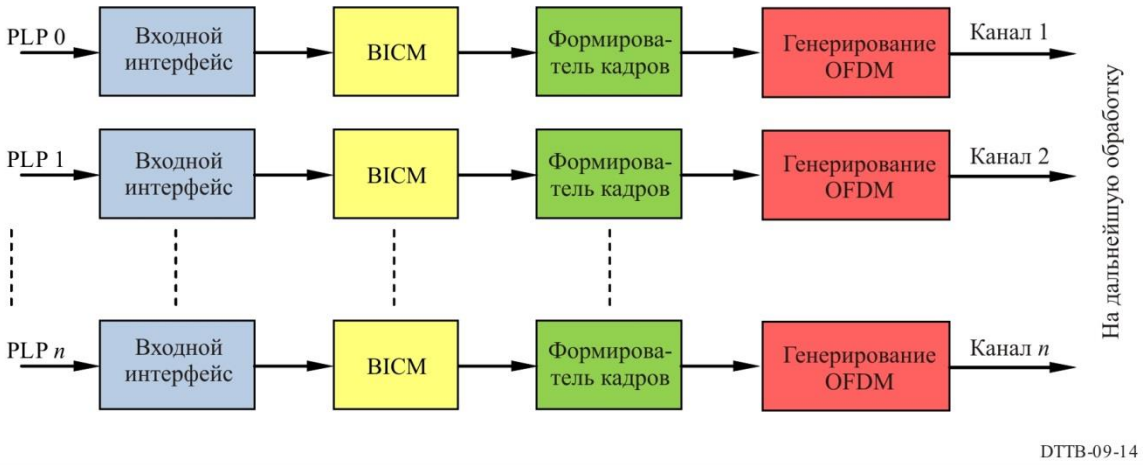


Частотно-временное квантование (TFS) в ЦНТВ второго поколения описывается в [9.8]. TFS – это способ передачи слоев PLP на нескольких радиочастотах во время системного кадра. При этом добавляется статистическое мультиплексирование по двум областям действия – по времени и по частоте.

При использовании TFS применяются простые блок-схемы, приведенные на рисунке 9.14, но модули формирователя кадров и образования OFDM изменяются и в них добавляются дополнительные цепи, так что для каждого из *N* радиочастотных каналов системы TFS имеется своя ветвь.

РИСУНОК 9.14

Общая блок-схема DVB-T2 в режиме TFS



В случае TFS максимальные скорости передачи данных соответствуют тем, которые используются в обычном режиме работы. Однако TFS, если оно применяется, обеспечивает более гибкое статистическое мультиплексирование и улучшенные характеристики приемника с точки зрения бюджета канала, а также более эффективную обработку сигналов в режимах MIMO/SIMO на стороне приемника.

Более подробная информация о TFS содержится в Техническом отчете 35 EPC [9.5].

9.1.1.3 Методы транспортировки сигналов программных услуг

Второй уровень мультиплексирования – это мультиплексирование программных потоков для формирования единого потока, который называется транспортным потоком (TS).

В настоящее время для одновременной передачи различных типов данных независимо от полосы пропускания канала наземные системы цифрового телевидения и мультимедийного радиовещания используют транспортный поток MPEG-2, определенный в Рекомендации МСЭ-Т H.222.0 [9.6], стандарт ISO/IEC 13818-1 [9.7], поток MPEG Media Transport (MMT) [9.75] или поток основной полосы (BB), определенный в ETSI EN 302 755 [9.8] (см. также Рекомендацию МСЭ-R BO.1784 [9.9] и ETSI EN 302 307 [9.151]).

Мультиплексирование транспортного потока MPEG-2. При разработке механизма транспортировки приоритетными вопросами для рассмотрения являются взаимодействие между такими цифровыми медийными средствами, как, например, наземное радиовещание, кабельное и спутниковое распределение программ, записи на носителях информации и компьютерные интерфейсы. МСЭ-R рекомендует, чтобы в цифровых системах телевидения для пакетирования и уплотнения аудио- и видеосигналов, а также сигналов передачи данных для систем цифрового радиовещания использовался синтаксис TS MPEG-2. Синтаксис TS MPEG-2 разработан для применений, в которых полоса пропускания канала или емкость медианосителя записи ограничена, и первостепенным требованием является эффективность механизма транспортировки (см. Рекомендации МСЭ-R BT.1207 [9.10], МСЭ-R BT.1209-1 [9.1], МСЭ-R BT.1299 [9.25]).

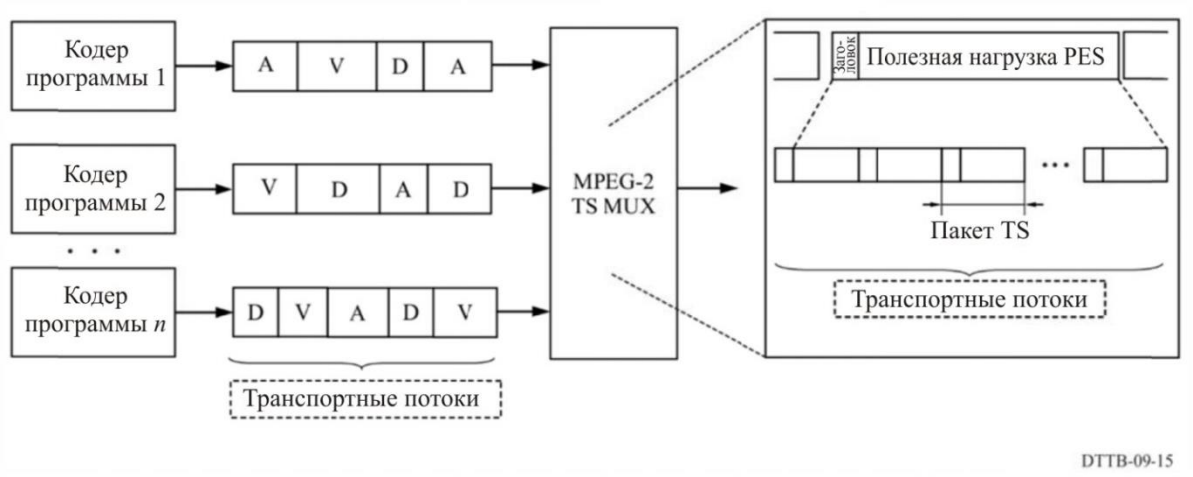
Методы кадрирования, передачи и идентификации данных в многопрограммном потоке в системах цифрового наземного телевизионного вещания на основе TS MPEG-2 определяются в Рекомендации МСЭ-R BT.1300-3 [9.11]. Она охватывает вопросы, касающиеся средств разделения цифрового потока данных на пакеты информации, средств однозначной идентификации каждого пакета или типа пакета и соответствующих методов мультиплексирования пакетов потока видеоданных, пакетов потока аудиоданных и пакетов потока дополнительных данных в единый поток данных, состоящий из последовательности пакетов TS длиной 188 байтов.

Системный уровень мультиплексирования в случае режима одного транспортного потока представлен на рисунке 9.15.

Сформированные на предыдущем системном уровне пакетированные программные потоки (PS), содержащие информацию о видеосигналах (V), аудиосигналах (A) или сигналах передачи данных (D), подаются в мультиплексор транспортного потока MPEG-2, где пакеты PS переменной длины преобразуются в формат пакетированного транспортного потока с фиксированной длиной пакетов.

РИСУНОК 9.15

Формирование транспортного потока MPEG-2

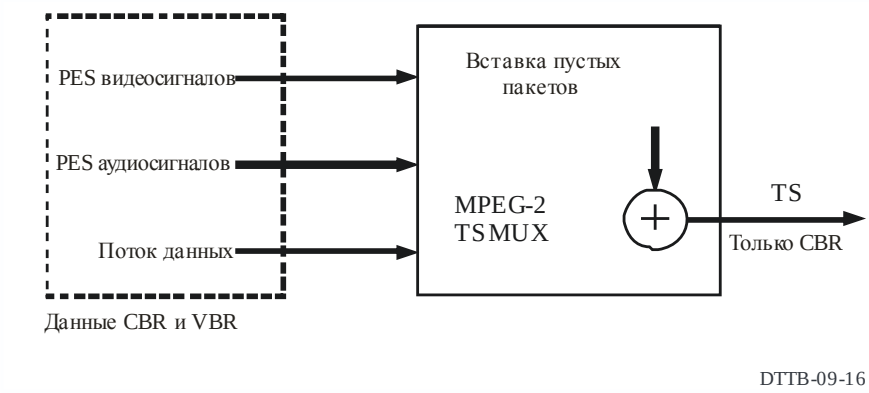


Один пакет PES распределяется по нескольким пакетам транспортного потока. Учитывая, что длина пакета PES не всегда кратна 184 байтам, некоторые транспортные пакеты (содержащие оставшиеся части пакетов PES) будут заполнены лишь частично. Остальные части этих транспортных пакетов дополняются *адаптационным полем*, длина которого равна разнице между 184 байтами и оставшейся частью PES. Такие адаптационные поля используются (в некоторых случаях) в качестве встроенного канала доставки той или иной служебной информации (например, меток опорного тактового сигнала программы).

Транспортный поток оптимизирован для передачи в радиовещательной среде, поскольку он обеспечивает постоянную скорость передачи на выходе транспортного мультиплексора. Учитывая, что потоки на входе транспортного мультиплексора могут иметь переменную скорость передачи (VBR), выполняется вставка пустых пакетов для перехода на постоянную скорость передачи (CBR) (см. рисунок 9.16).

РИСУНОК 9.16

Адаптация скорости передачи данных потока PES к радиовещательной среде



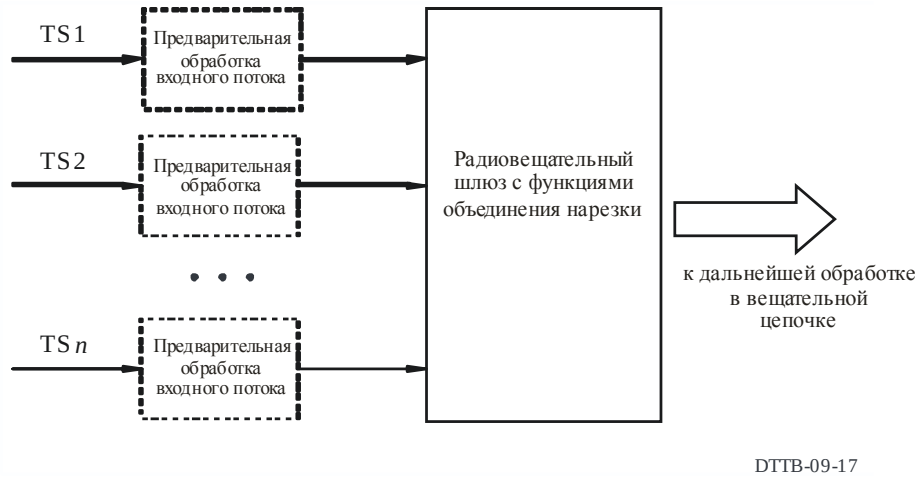
В некоторых применениях пустые пакеты используются в качестве встроенного измерительного канала для передачи тестовых сигналов или диагностической информации.

Последние достижения в области телекоммуникационных и радиовещательных технологий позволили передавать в системе цифрового телевизионного вещания не один, а несколько транспортных потоков, количество которых ограничивается только пропускной способностью системы. Таким образом, в зависимости от реализации системы можно перейти от однопотокового к многопотоковому режиму, что обеспечивает дополнительные возможности, такие как формирование единого потока, содержащего информацию всех транспортных потоков, в целях его дальнейшей ретрансляции.

Принцип многопотокового режима показан на рисунке 9.17.

РИСУНОК 9.17

Принцип многопотокового режима



После предварительной обработки несколько входных транспортных потоков вводятся в радиовещательный шлюз, где происходит их объединение для формирования единого непрерывного потока с последующим разделением на блоки канального уровня (пакеты, кадры и т. д.). Кроме того, может использоваться планирование в радиовещательном шлюзе с применением требуемого набора параметров и характеристик, таких как использование холостых блоков данных или заполнителей. Таким образом канал организуется как набор отдельных логических каналов, каждый из которых может обеспечивать передачу информации из отдельных транспортных потоков.

Требуется радиовещательный шлюз второго поколения, например шлюз DVB-T2.

Переход на архитектуру DVB-T2 подразумевает введение шлюза T2 в головную станцию ЦНТВ, замену модуляторов DVB-T на модуляторы DVB-T2, а также замену ТВ-приставок или встроенных ТВ-приемников на входной каскад DVB-T2. Архитектура для режимов одного PLP и многих PLP (M-PLP) остается неизменной [9.71].

Шлюз T2 предназначен для инкапсуляции входящего потока TS системы MPEG-2 в кадры основной полосы, включения данных о синхронизации для ОЧС-вещания, управления конфигурацией модуляторов, планирования конфигурации M-PLP, а также распределения TFS.

Модуляторы T2 принимают конфигурацию сигнала от шлюза T2, выполняют канальное кодирование, добавляя информацию для упреждающей коррекции ошибок, формируют кадры T2 и модулируют сигнал до его передачи в эфир. Для вещания в системе DVB-T2 можно использовать усилитель DVB-T, модернизировав модулятор DVB-T в модулятор DVB-T2.

В стандарте DVB-T2 определен новый интерфейс протокола T2-MI (интерфейс модулятора T2) для связи между шлюзом T2 и модулятором(ами). Пакеты T2-MI переносят данные, инкапсулированные в кадры основной полосы fFrame, обеспечивают данные о синхронизации при вещании через ОЧС и включают в себя всю необходимую для передачи сигнальную информацию. Все функции PLP, TFS и ОЧС планируются в шлюзе T2 и описываются в конкретных пакетах T2-MI [9.71] и [9.150].

Существует несколько способов реализации принципа многопотокового режима – отдельные TS с общим управлением и один высокоскоростной TS.

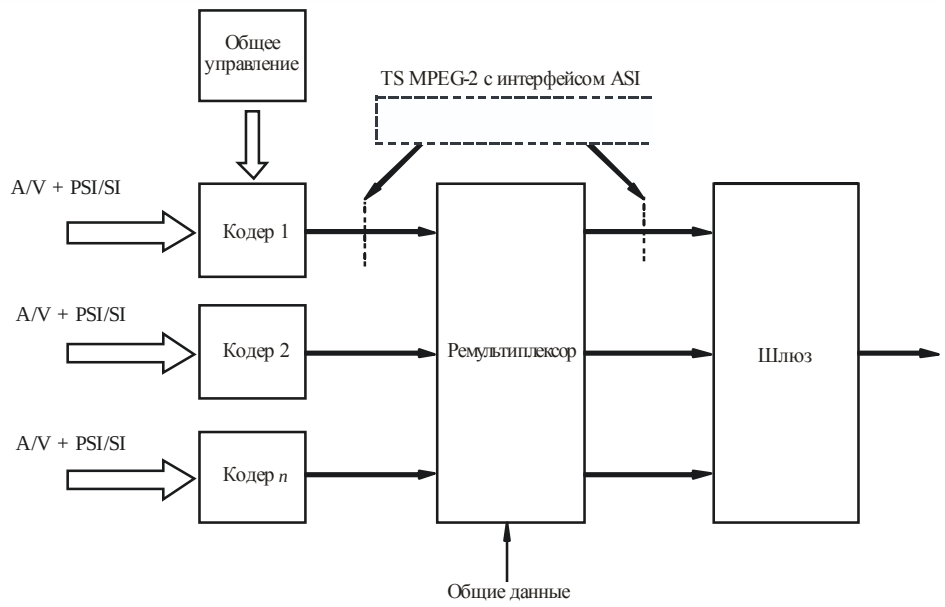
В случае отдельных TS с общим управлением (см. рисунок 9.18) используются *N* кодеров с переменной скоростью передачи. Каждый из них создает TS с постоянной скоростью передачи, содержащий одну службу (видео плюс аудио и другие возможные компоненты) с переменной долей пустых пакетов, зависящей от мгновенной скорости передачи. Центральный блок управления обеспечивает, чтобы общий объем данных (то есть без учета пустых пакетов) не превышал общего предельного значения пропускной способности.

Чтобы разрешить введение общих данных в потоки TS, *N* TS должны иметь одинаковую скорость передачи и включать синхронизированные пустые пакеты со скоростью передачи не ниже, чем для общих данных. Позднее эти общие данные будут включаться в цепочку, заменяя синхронизированные пустые пакеты, и переноситься в общем PLP. Скорость передачи каждого TS должна быть не ниже пикового значения суммарной скорости передачи услуги и скорости передачи общих данных.

Затем ремультиплексор, который предпочтительно должен располагаться вместе с кодерами, принимает эти TS и заменяет некоторые синхронизированные пустые пакеты общими данными в соответствии с правилами разделения TS на PLP передачи данных и общий PLP. После этого ремультиплексор выводит в шлюз *N* TS с требуемыми характеристиками. При использовании этого метода значения PCR не должны изменяться где-либо в цепочке. Следует отметить, что в практической реализации ремультиплексор и шлюз могут быть выполнены как единое устройство.

РИСУНОК 9.18

Пример отдельных TS с общим управлением



DTTB-09-18

В случае одного высокоскоростного TS возможной реализацией является использование обычного статистического мультиплексора с последующим разделением на *N* TS. Сначала создаются *N* TS, как указано выше, но без требования одной и той же скорости передачи и синхронизированных общих данных, а затем они поступают в мультиплексор. Затем мультиплексор собирает большой поток TS, содержащий все услуги элементарных TS, и включает в него все PSI/SI и другие общие данные в соответствии с правилами разделения. Битовая скорость большого TS (опять же без учета пустых пакетов) не должна превышать предельного значения пропускной способности *N* PLP. Использование традиционного распределения TS означает, что большой TS можно транспортировать на другую станцию, где происходит разделение.

Наконец, большой TS разбивается на *N* TS посредством двух концептуальных этапов:

1) клонирования большого TS в *N* идентичных TS;

2) для каждого из этих TS сохраняются только пакеты одного PLP в TS путем замены всех остальных пакетов TS на пустые пакеты.

Результатом этой операции по разделению являются *N* TS, каждый из которых сохраняет битовую скорость большого TS, содержащих одну услугу и общие данные, синхронизированные с другими TS. Кроме того, необходимо изменить PSI/SI исходного TS таким образом, чтобы, например, один SDT (фактический) входного TS был разделен на *N* новых SDT (фактических), по одному для каждого выходного TS. Операции на другой станции могут выполняться с использованием отдельного оборудования для мультиплексора и шлюза или единого устройства.

В первом случае общая сложность меньше, тогда как преимущество второго случая заключается в том, что для формирования одного большого TS можно использовать обычные статистические мультиплексоры.

Другое возможное преимущество второй компоновки заключается в том, что она позволяет профессиональному приемнику регенерировать и выводить первоначальный большой входной TS путем декодирования и объединения всех PLP, поскольку пустые пакеты будут находиться во взаимодополняющих позициях. Это может быть полезно для приложений в случаях повторения передачи, вещания с головной станции или архивирования.

Кадрирование в основной полосе. В качестве основных контейнеров данных в системах цифрового телевизионного вещания второго поколения используются кадры основной полосы (BB), что позволяет передавать входной поток данных в формате MPEG-2 (режим обратной совместимости) и/или в формате непрерывного или пакетированного общего потока (GS). Когда переносятся пакетированные потоки, пакеты могут преобразовываться в кадры BB синхронно или асинхронно, то есть каждый кадр BB может содержать целое количество пакетов или же эти пакеты могут быть разделены между двумя кадрами BB.

После предварительной системной обработки выполняется формирование кадров BB путем преобразования входных пакетов пользователя (UP) пакетированных потоков непосредственно в поле данных кадра (DATA FIELD) длиной DFL. В этом случае в качестве входных потоков могут использоваться транспортные потоки MPEG-2 и другие поддерживаемые типы потоков. В случае непрерывного потока операция фрагментации выполняется над блоками данных. В случае передачи транспортного потока MPEG-2 каждый синхронизирующий байт транспортного пакета с длиной пакета пользователя (UPL) заменяется контрольной суммой CRC-8, что обеспечивает защиту от ошибок на уровне пакетов.

Транспортировка медиаданных MPEG (MMT). Протокол мультиплексирования и транспортировки MMT определяется в стандарте ISO/IEC 23008-1 [9.12] и в Рекомендации МСЭ-R BT.2074-0 [9.75]. В них определяется формат инкапсуляции компонентов медиаданных, протокол доставки и сигнальная информация, которые требуются для различных применений, в том числе радиовещательных.

Стандарт ISO/IEC 23008-1 был разработан для обеспечения доставки медиаданных по неоднородным сетям, в том числе радиовещательным каналам и широкополосным сетям. В системах на основе MMT компоненты медиаданных, такие как видеоданные, аудиоданные и скрытые титры (cc), являющиеся составными частями телевизионной программы, инкапсулируются в блоки фрагментов медиаданных/обработки медиаданных (MFU/MPU). Они передаются с использованием протокола MMT (MMTP) как полезная нагрузка пакетов MMTP и доставляются в IP-пакетах. Информационные приложения, которые относятся к той или иной телевизионной программе, также инкапсулируются в блоки MFU/MPU, передаваемые в пакетах MMTP и доставляемые в IP-пакетах.

Создаваемые таким образом IP-пакеты мультиплексируются в радиовещательных каналах с использованием схемы IP-мультиплексирования, также называемой протоколом уровня 2 (L2), например схемы TLV-мультиплексирования, приведенной в Рекомендации МСЭ-R BT.1869 [9.2].

В радиовещательных каналах эти три компонента мультиплексируются в один поток IP-данных и доставляются в одном потоке уровня 2, поскольку вся передаваемая информация доставляется на все приемные оконечные устройства. Напротив, в широкополосных сетях компоненты доставляются в виде отдельного потока IP-данных, поскольку каждый компонент доставляется на запрашивающее его приемное оконечное устройство.

В радиовещательных системах на базе MMT компоненты медиаданных, доставляемые в разных каналах, могут без проблем включаться в один информационный пакет MMT. Радиовещательные системы на базе MMT обеспечивают гибридную доставку мультимедийного контента.

Поэтому протокол на основе MMT позволяет обеспечить гибридное вещательное широкополосное телевидение (HbbTV), а также используется в некоторых приложениях.

9.1.2 Служебная информация в системах цифрового телевидения

В ЦНТВ один или несколько цифровых мультиплексов могут переносить сигналы нескольких телевизионных услуг, каждая из которых включает один или несколько видеокомпонентов, один или несколько аудиокомпонентов и, возможно, другие компоненты, такие как вспомогательная информация. Необходимо также передавать дополнительные данные, с тем чтобы пользовательское оборудование имело возможность обнаруживать сигнал интересующей услуги (и нужные компоненты этой услуги), а также создавать надлежащую среду навигации для удобного доступа к имеющимся цифровым услугам.

Для этого в системах цифрового наземного радиовещания на программном и системном уровнях вводится информация, которую можно разделить на две подгруппы – служебная информация, относящаяся к программам (PSI), и информация, вводимая на системном уровне (SI).

Основные элементы служебной информации определяются в Рекомендации МСЭ-Т H.222.0 [9.6] и стандарте ISO/IEC 13818-1 [9.7]. Вся служебная информация организуется в виде таблиц и содержит данные, которые могут использоваться в приемнике для обработки и синхронизации на разных уровнях – сетевом, транспортном, прикладном и т. д.

Информация, относящаяся к конкретным программам MPEG-2. В общем случае PSI, согласно [9.6] и [9.7], состоит из шести таблиц.

– Таблица сетевой информации (NIT) – определяет параметры сети ЦНТВ, такие как несущая частота, полоса пропускания канала, параметры кодирования канала и т. д., и указывает идентификатор PID сети по передаче данных, определение и структура которого содержатся в конкретной системе цифрового радиовещания.

– Таблица группы программ (PAT) – определяет соответствие между номером программы и значением идентификатора (PID) тех пакетов TS, которые переносят информацию программы.

– Таблица структуры программы (PMT) – указывает типы элементарных составляющих, которые формируют сигналы данной услуги, и PID в TS, который их переносит.

– Таблица условного доступа (CAT) – используется для реализации потребностей в управлении доступом; CAT объединяет в себе один или несколько закрытых потоков сообщений для управления правами доступа, каждый из которых имеет уникальное значение PID.

– Таблица описания транспортного потока (TSDT) – содержит информацию, которая может указывать способ включения закрытых данных в TS или дескрипторы, охватывающие сигналы всех услуг, передаваемых в TS.

– Таблица управляющей информации IPMP (ICIT) – используется для управления и защиты интеллектуальной собственности (как указано в стандарте ISO/IEC 13818-11:2004 [9.76]) на основе стандартов управления цифровыми правами (DRM), адаптированных из расширенной спецификации IPMP MPEG-4. Реализация транспортировки ICIT в TS MPEG-2 определяется в [9.6] и [9.7].

Служебная информация на основе MPEG-2. В дополнение к PSI служебная (или системная) информация (SI) систем цифрового наземного телевидения предусматривает идентификацию/выбор услуг или номеров программы для пользователя в системном TS, а также может предоставлять информацию об услугах, сигналы которых переносятся разными мультиплексами и даже другими сетями. Данные в составе SI дополняют таблицы PSI, указанные в [9.6] и [9.7], предоставляя данные, облегчающие осуществление автоматической настройки приемников, а также информацию, предназначенную для отображения на дисплее пользователя. SI для конкретной системы, определяется следующим образом.

– SI ATSC генерируется, как указано в ссылках [9.88] – [9.92]. Спецификация определяет базы данных основной таблицы путеводителя по программам и таблицы виртуальных каналов. Эти таблицы могут содержать ссылки на информацию об элементах программ и расширенные текстовые сообщения, переносимые в других потоках PID, или информацию об элементах программ, присутствующих в других транспортных мультиплексах или в аналоговых каналах.

– SI DVB-T упоминается в ссылках [9.93] – [9.96]. Спецификация служебной информации определяет количество таблиц, переносимых в нескольких заранее присвоенных значениях PID. В перечень таблиц входят NIT, таблица описания услуг (SDT), таблица информации о программных элементах (EIT), таблица сдвига по времени (TOT), таблица текущего статуса (RST), таблица времени и дат (TDT) и таблица групп программ (BAT).

– Описание SI ISDB-T и рекомендации по ее использованию указывается в ссылках [9.97] – [9.99]. Этот стандарт SI определяет количество таблиц, переносимых в нескольких заранее присвоенных значениях PID. В перечень таблиц входят NIT, таблица описания услуг (SDT), таблица информации о программных элементах (EIT), таблица сдвига по времени (TOT), таблица текущего статуса (RST), таблица времени и дат (TDT), таблица групп программ

(BAT), таблица информации о местных программных элементах (LIT), таблица взаимосвязи программных элементов (ERT), таблица программы телепередач (ITT), таблица частичного анонсирования контента (PCAT), таблица стаффинга (ST), таблица информации о радиовещательной организации (BIT), таблица сведений о сетевой плате (NBIT) и таблица связанных описаний (LDT).

Служебная информация ММТ. В транспортном протоколе ММТ используется его собственный тип служебной информации, а также повторно используются некоторые элементы SI MPEG-2.

Существуют три вида сигнальной информации ММТ – сообщение, таблица и дескриптор. Эти типы данных могут быть общими для всех систем или зависящими от конкретной системы.

Сообщения ММТ общего типа для систем радиовещания используются для указания начала сигнальной информации ММТ, представления медиакомпонента (MPI), доставки информации, связанной с тактовой частотой, информации о возможностях устройства, необходимых для потребления контента, и другой информации. Ниже перечислены таблицы сигнальной информации ММТ общего типа:

– таблица доступа к информационным пакетам (PA) – содержит информацию обо всех других таблицах сигнализации (наподобие PAT в системах MPEG-2);

– таблица информации о представлении ММТ (MPI) – содержит информацию о представлении;

– таблица MP – содержит информацию о конфигурации пакета ММТ, такую как списки и местоположения ресурсов;

– таблица CRI – содержит дескриптор CRI;

– таблица DCI – содержит информацию о возможностях устройства, необходимых для использования информационного пакета;

– таблица с перечнем информационных пакетов – содержит поток IP-данных и идентификаторы пакета сообщения PA для информационного пакета ММТ в качестве услуги радиовещания.

Дескрипторы сигнальной информации ММТ общего типа обеспечивают связь между метками времени ММТ и датчиком времени системы MPEG-2 для целей синхронизации, представление времени блока данных ММТ и т. д.

9.1.3 Стек протокола системы цифрового телевизионного вещания

9.1.3.1 Общие принципы

Многоуровневые модели систем цифрового радиовещания определяются в Отчете МСЭ-R BT.1223 [9.13]. Согласно этому Отчету в качестве базовой модели системы выбрана модель ВОС с разделением обработки сигналов на семь уровней: физический, канальный, сетевой, транспортный, сеансовый, уровень представления и прикладной.

На каждом уровне выполняются определенные функции над данными радиовещательной службы. Для каждой системы определен стек протоколов, обеспечивающий эти функции.

Каждый из протоколов является интерфейсом связи со смежными уровнями и определяет порядок и принципы преобразования данных для передачи на верхний и нижний уровни стека протоколов.

В силу существенных различий между характерными особенностями цифрового радиовещания и традиционных систем электросвязи в системах цифрового радиовещания стек протоколов определяется до четвертого уровня модели ВОС. Оставшиеся уровни в большинстве спецификаций систем не определены и определяются непосредственно применениями, исполняемыми системой.

Учитывая, что передача информации реализована не только для традиционных сред радиовещания, таких как наземные, кабельные и спутниковые системы, но и для других телекоммуникационных сетей, таких как интернет, стек протоколов может изменяться от одной реализации к другой.

9.1.3.2 Многоуровневая модель радиовещательной системы

Принимая во внимание вышесказанное и учитывая, что в случае интерактивных систем обратный канал может быть организован с помощью любой другой сети электросвязи, протоколы до 4-го уровня модели ВОС определяются в самих системах цифрового радиовещания. Также определяются другие протоколы, не зависящие от систем.

Кроме того, учитывая, что реализации систем в некоторой степени различаются, стек протоколов также может меняться. Поэтому ниже представлена обобщенная модель протокола систем цифрового телевизионного вещания без указания стека протоколов конкретной реализации, которая будет определена в разделе 9.2 настоящего Справочника. Эта обобщенная модель основана на действующих Рекомендациях и спецификациях для следующих применений: телевизионное и мультимедийное вещание, услуги на основе IP и не относящееся к IP информационное вещание (см. рисунок 9.19).

РИСУНОК 9.19

Обобщенный стек протоколов для радиовещательной системы

<table>
<tr><td>Телевизионные услуги</td><td>Услуги передачи данных</td><td>Мультимедийные A/V-услуги</td><td>IP-услуги</td></tr>
<tr><td>Видео и аудио</td><td>Данные и управление</td><td>Видео и аудио</td><td>Данные</td></tr>
<tr><td>MPEG-2 PES</td><td>Раздел MPEG-2</td><td colspan="2">IP или другой протокол сигнализации</td></tr>
<tr><td colspan="2">MPEG-2 TS</td><td colspan="2">BB на базе GSE или другой системный поток</td></tr>
<tr><td colspan="4">Уровень передачи (наземные телевизионные и мультимедийные вещательные радиоинтерфейсы, такие как DVB-T, ATSC, ISDB-T FLO, T-DMB)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Физический уровень (наземный канал)</td></tr>
</table>

DTTB-09-19

9.1.3.3 Многоуровневая модель для интерактивных систем и новых приложений

Учитывая, что в настоящее время радиовещательные приложения могут быть реализованы как асимметричным, так и симметричным способом, необходимо рассмотреть стеки протоколов двух типов – стек протоколов для однонаправленных радиовещательных приложений и стек протоколов для приложений двунаправленного радиовещания. Каждый из стеков протоколов применим для типичных систем радиовещания с каналом передачи от вещателя к пользователю или для интерактивных служб в составе служб радиовещания с каналами передачи от вещателя к пользователю и от пользователя к вещателю.

Поэтому была выбрана концепция разделения протоколов на две группы – зависящих от сети и не зависящих от сети.

Протоколы, зависящие от сети, расположены в стеке протокола до уровня 4 модели ВОС, то есть на физическом, канальном, транспортном и сетевом уровнях. Разработаны протоколы, зависящие от сети, относящиеся к телевизионному и мультимедийному вещанию, в частности ATSC, ISDB, DVB и т. д. В целях создания интерактивного канала приняты некоторые протоколы сетей электросвязи (GSM, DECT, 3G и т. д.). Использование сетей электросвязи для организации интерактивного канала позволяет применять существующую инфраструктуру электросвязи и в некоторой степени сократить инвестиции, необходимые для обеспечения интерактивности в системах радиовещания.

Протоколы, не зависящие от сети, располагаются в стеке протоколов, начиная с уровня 4 модели ВОС, и в большинстве случаев не определяются стандартами системы радиовещания. Имеются некоторые исключения в стандартах промежуточного программного обеспечения (MHP, GEM, Ginga, ARIB,

DASE, IMP, MHEG и т. д.), которые не зависят от сети. Применение этих систем промежуточного ПО не обязательно и определяется рынком.

Не зависящие от сети протоколы определяются для применения в интерактивных приложениях и системах доставки данных любого типа пользователю и от пользователя(ей). Все эти протоколы можно разделить на два типа – протоколы для передачи данных интерактивных и радиовещательных услуг (аудио, видео и/или данные) и протоколы для загрузки/передачи данных и организации взаимодействия через радиовещательные или интерактивные каналы.

Применение не зависящих от сети протоколов в системах радиовещания – не новость и не изобретение для интерактивных услуг. Можно рассмотреть протоколы MPEG и не-MPEG уровня представления, определяющие структуру и параметры цифрового потока кодированного контента. Примером не зависящих от сети протоколов является возможность использования методов сжатия данных, таких как MPEG-2, MPEG-4/AVC/SVC, MPEG-HEVC, VC-1, в системах цифрового телевидения и мультимедийного радиовещания.

Не зависящий от сети протокол, такой как DSM-CC (Digital Storage Media – Command and Control), может использоваться для передачи информации, отличной от аудио и видео [9.22].

Кроме того, для обеспечения возможности передачи данных интерактивных услуг могут использоваться такие широко распространенные, не зависящие от сети протоколы, как протокол пользовательских дейтаграмм (UDP), протокол Интернета (IP), протокол передачи данных в режиме реального времени (RTP) и т. д. Более подробная информация представлена в Рекомендации МСЭ-R BT.1434 [9.14], а также в соответствующих нормативных базах современных радиовещательных систем.

9.1.4 Методы передачи данных в системах ЦНТВ

9.1.4.1 Общие положения

В дополнение к передаче аудио, видео и данных, связанных с телевизионной программой (субтитры, телетекст и т. д.), системы цифрового телевидения позволяют передавать другие виды данных, не относящиеся к радиовещательным службам. Это стало возможным в первую очередь благодаря применению новых методов сжатия аудиовизуальной информации и другим технологиям, позволяющим сократить ширину полосы частот, необходимую для высококачественной доставки видео- и аудиосигналов, так чтобы часть полосы пропускания канала высвободилась для дополнительных потоков данных. Такая гибкость предусматривает применение системы в качестве контейнера с условием, что емкость, используемая для данных, уже не может использоваться для контента аудио/видеопрограммы.

Основные принципы передачи данных разъясняются в Отчетах МСЭ-R BT.956 [9.32], МСЭ-R BT.1210 [9.127] и МСЭ-R BT.1225 [9.128].

В общем случае передача данных в системе цифрового телевизионного вещания основана на принципах, определенных в Рекомендации МСЭ-R BT.807 [9.15].

Согласно этой Рекомендации для обеспечения совместимости с другими системами электросвязи архитектура радиовещательных систем для передачи данных должна основываться на многоуровневом подходе взаимодействия открытых систем (ВОС) ИСО базовой модели, описываемой в ISO 7498 [9.16].

Базовая модель ИСО ВОС в контексте радиовещания представлена в таблице 9.1.

Функциональные элементы, перечисленные на каждом иерархическом уровне, относятся не к конкретным реализациям, а к общим логическим функциям, которые считаются достаточными для описания данной услуги и характеристик любой типичной радиовещательной системы передачи данных.

Радиовещательные сети остаются в основном однонаправленными. Даже там, где вводятся новые интерактивные услуги, для обратного канала в большинстве случаев используется сеть другого типа (например, IP-сети). Эта ситуация реализована в рамках семиуровневой модели ВОС с помощью концепции работы "без установления соединения". В традиционной электросвязи класс передачи без

установления соединения обычно связан с виртуальным однонаправленным протоколом, когда физические двунаправленные трассы передачи данных существуют, но используются только в одном направлении. Однако эта концепция в равной степени охватывает и ситуацию физически однонаправленного канала. В обоих случаях требуется предварительное соглашение о цели и значимости передачи данных. В случае вещательной передачи данных это соглашение должно устанавливаться с помощью других средств связи, хотя оно зачастую подразумевается как, например, в случае оборудования, проданного пользователю.

ТАБЛИЦА 9.1

Базовая модель ИСО ВОС в контексте радиовещания

Уровень	Основная функция	Классификация
7 Прикладной	Использование информации на прикладном уровне	Протокол служебной информации
6 Представления	Преобразование и представление информации	
5 Сеансовый	Выбор и доступ к информации	
4 Транспортный	Идентификация группы данных	
3 Сетевой	Идентификация логического канала	Вещательная система передачи данных
2 Канальный	Связь с логическим передающим устройством	
1 Физический	Физическая передача	Система наземного радиовещания

Механизмы вещательной передачи данных в системе цифрового радиовещания определяются в ряде стандартов ETSI, ARIB и ATSC (см. [9.29], [9.30] для DVB, [9.100] для ATSC, [9.101], [9.31] для ISDB).

В соответствии с этими документами необходимо рассмотреть следующие механизмы:

– конвейерную передачу данных;
– потоковую передачу данных;
– инкапсуляцию;
– карусель данных;
– карусель объектов;
– протоколы более высокого уровня на основе асинхронных потоков данных.

Каждый из этих механизмов оптимизирован для определенных применений и допускает определенный компромисс между использованием полосы частот, временем доставки данных и системными издержками. Соответственно выбор определенного механизма передачи определяется требованиями конкретного применения.

В настоящее время основой для определения механизмов передачи данных является ряд стандартов MPEG-2, выбранный в качестве фундамента системного уровня ЦНТВ. Среди них можно выделить такие стандарты, как [9.6], [9.7] и [9.22], включая расширения для DSM-CC. В ходе разработки как современных, так и будущих систем цифрового радиовещания были введены некоторые усовершенствования для расширения возможностей систем по сравнению с базовыми стандартами.

В качестве базового носителя для услуг передачи данных используется транспортный поток MPEG-2 и поток в основной полосе, куда требуемая информация вставляется с помощью вышеупомянутых механизмов и доставляется пользователю через систему радиовещания. В этом случае по мере необходимости может использоваться любой из элементов системного и транспортного уровней, включая поля заполнения или адаптации.

Конвейерная передача данных. В настоящее время принцип "конвейер данных" используется для реализации вещательной передачи данных в цифровых наземных телевизионных и мультимедийных системах первого поколения и принимается в качестве базового принципа в системах второго поколения, где применяются PLP, позволяющие переносить данные любой структуры со свободно выбираемыми, но физически зависящими от PLP параметрами.

Механизм конвейерной передачи данных используется для вещательных услуг передачи данных, где требуется простая, асинхронная доставка данных из пункта в пункт через радиовещательную сеть.

Общая модель обеспечения конвейерной передачи данных представлена в таблице 9.2.

ТАБЛИЦА 9.2

Общая модель конвейерной передачи данных в среде TS MPEG-2

Применение
Вариант для конкретной услуги
Конвейерная передача данных
Транспортный поток MPEG-2

Во время передачи в потоке TS MPEG-2 с помощью механизма конвейерной передачи данных выполняется прямая вставка блоков данных после фрагментации (при необходимости) в полезную нагрузку транспортных пакетов вместе с соответствующей служебной информацией для обеспечения возможности идентификации и извлечения этих данных в терминале пользователя.

Потоковая передача данных. Этот механизм передачи получил широкое распространение в низкоскоростных применениях, таких как потоковое интернет-видео, где выполняется общая предварительная обработка видеоинформации текущего блока данных и буферизация следующих блоков данных, необходимая для представления видеоинформации. Общая модель организации потоковой передачи данных представлена в таблице 9.3.

ТАБЛИЦА 9.3

Общая модель потоковой передачи данных в среде TS MPEG-2

Применения
Вариант для конкретной услуги
Потоковая передача данных
Элементарный программный поток
Транспортный поток MPEG-2

Во время потоковой передачи данных в зависимости от требований конкретного применения может потребоваться синхронная или синхронизированная передача данных.

Синхронная потоковая передача данных определяется как потоковая передача данных с требованиями синхронизации в том смысле, что сигналы данных и тактовые сигналы могут регенерироваться в приемнике в синхронный поток данных.

Синхронизированная потоковая передача данных определяется как потоковая передача данных с требованиями синхронизации в том смысле, что поток данных может воспроизводиться синхронно с другими видами потоков данных (например, аудио, видео).

Асинхронная потоковая передача данных определяется как только потоковая передача данных без каких-либо требований синхронизации.

В системе радиовещания можно обеспечить выполнение этих требований методами синхронизации, непосредственно определенными в стандарте системы MPEG-2 со встроенной синхронизацией.

9.1.4.2 Субтитры и скрытые субтитры

Стандарт HTML5 определяет субтитры как "расшифровку или перевод диалога... когда звук доступен, но не понятен" зрителю (например, диалог на иностранном языке), а скрытые субтитры – как "расшифровку или перевод диалога, звуковых эффектов, подходящих музыкальных вставок и другой соответствующей аудиоинформации... когда звук отсутствует или плохо слышен" (например, когда звук отключен или зритель страдает расстройством слуха). Скрытые субтитры свернуты, и обычно их не видно, поэтому зритель должен их включить.

В радиовещании для доставки как субтитров, так и скрытых субтитров может применяться одна и та же технология, вот почему эти термины зачастую используются на взаимозаменяемой основе.

Независимо от того, какой термин используется, применение субтитров или скрытых субтитров помогает зрителю понимать фабулу, сцены и контекст в вещательных программах, будь то зрители с расстройством слуха или зрители, прослушивающие саундтрек к программе на иностранном языке.

Отрасль радиовещания давно использует такие системы – они широко распространены в аналоговом ТВ. Переход на цифровое телевидение создает возможности для доставки нескольких наборов субтитров/скрытых субтитров; например, в многоязычных странах могут передаваться отдельные субтитры на каждом языке. Они могут использоваться не только для сопровождения разговорного диалога, но и для передачи другой звуковой информации, важной для понимания программы.

Существуют субтитры разного типа. Например, в стандарте ETSI EN 300 743 [9.79] указан способ кодирования и передачи субтитров в транспортных потоках DVB. Транспортировка закодированных графических элементов основана на системе MPEG-2, описываемой в [9.6], [9.7].

Другие форматы представления субтитров (см. [9.17]):

– стандарты ARIB скрытых субтитров, основанные на усовершенствованиях схемы кодирования символов;
– формат SMPTE синхронизированного текста;
– формат EPC синхронизированного текста (EBU-TT);
– язык разметки синхронизированного текста ARIB (ARIB-TTML);
– TTML-профили текста и изображений для субтитров и скрытых субтитров интернет-передачи 1.0 (IMSC-1);
– субтитры HbbTV.

Дополнительная информация о субтитрах и скрытых субтитрах содержится в главе 14 настоящего Справочника.

Стандарт ETSI TS 102 823 [9.77] содержит определение того, как два или несколько элементарных потоков конкретной службы могут быть закодированы с соблюдением правил модели синхронизации и с обеспечением возможности синхронизации в приемнике. Описание этой модели синхронизации относится к видео- и аудиосигналам, однако она применима к потокам данных любого типа. Она уже используется в существующих спецификациях DVB для передачи телетекста системы B МСЭ-R в битовых потоках DVB и системах субтитров. Однако их затруднительно масштабировать для применения в передачах других видов "вспомогательных" данных, которые необходимо синхронизировать.

9.1.4.3 Протоколы более высокого уровня на основе асинхронных потоков данных

Использование протоколов более высокого уровня для вещательной передачи данных на основе асинхронных потоков данных позволяет передавать протоколы, требующие потоковой доставки асинхронных данных, через радиовещательные сети. Кадры данных этих протоколов переносятся в пакетах PES, которые определяются в системах MPEG-2.

9.1.4.3.1 Карусель данных

Карусель данных используется для применений, в которых требуется циклическая передача по радиовещательной сети данных, которые могут периодически повторяться или время от времени обновляться. Примером такого применения служит телетекст, позволяющий осуществлять навигацию по группе информационных страниц с возможностью выбрать любую из них.

Общая модель карусели данных представлена в таблице 9.4.

ТАБЛИЦА 9.4

Обобщенная модель карусели данных в среде TS MPEG-2

Применения
Вариант для конкретной услуги
Карусель данных
Данные DSM-CC
Секция
Транспортный поток MPEG-2

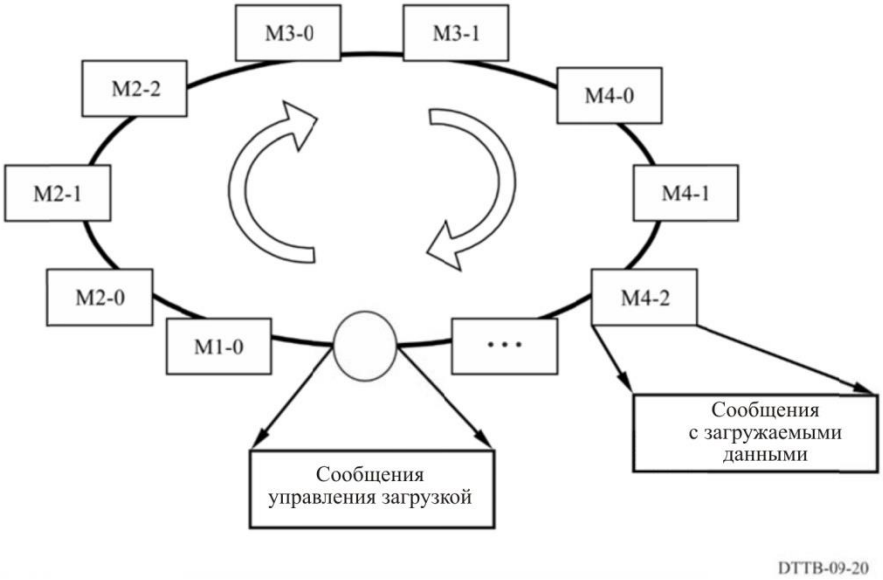
В качестве основы для различных вариантов карусели данных был выбран стандарт ISO/IEC 13818-6, содержащий определяющие принципы карусели DSM-CC. Реализация базовой спецификации карусели данных в различных системах радиовещания была дополнена возможностью введения дополнительной служебной информации, расширения последовательности элементов карусели и т. д.

Элементарным блоком данных какой-либо карусели является модуль, который может передаваться отдельно или в составе групп или/и супергрупп (рисунок 9.20). Для обновления, внесения поправок или замены информации в карусели данных можно вставлять, удалять или обновлять отдельные модули во время работы (оперативно).

Каждый модуль передается циклически и содержит сообщения с загружаемыми данными, каждое из которых определяется с использованием спецификации DSM-CC. Количество таких сообщений зависит от размера модуля и максимальной полезной нагрузки каждого сообщения с загружаемыми данными. Информация, описывающая каждый модуль и любое логическое группирование, передается в сообщениях управления загрузкой.

РИСУНОК 9.20

Принцип карусели данных



Основные принципы передачи телетекста в телевизионных системах определяются в Рекомендации МСЭ-R BT.653 [9.18]. В ней приведена информация о системах телетекста, разработанных для использования в основном в телевизионных системах, указанных в Рекомендации МСЭ-R BT.470 [9.19]. Услуга телетекста предназначена в первую очередь для отображения текстового или изобразительного материала в двухмерной форме, восстановленного из кодированных данных на экранах соответственно оснащенных телевизионных приемников.

В Рекомендации МСЭ-R BT.1301 [9.20] и в ETSI EN 300 472 [9.21] описывается способ, посредством которого телетекст в соответствии с [9.18] может переноситься в битовых потоках цифрового видеовещания. Этот механизм транспортировки должен удовлетворять следующим требованиям:

– при необходимости поддерживать перекодирование данных телетекста в вертикальный интервал гашения (VBI) аналогового видеосигнала;
– чтобы перекодированный сигнал был совместим с существующими ТВ-приемниками, оборудованными декодерами телетекста;
– чтобы механизм передачи имел возможность передавать субтитры, точно синхронизированные относительно видеосигнала (то есть в точном или в почти точном соответствии с частотой кадров).

Данные телетекста передаются в пакетах PES, переносимых пакетами транспортного потока, определяемыми в [9.6], [9.7]. Идентификатор PID потока телетекста, связанного с той или иной услугой, идентифицируется в таблице PMT программной информации PSI для данной услуги.

Обновление системного программного обеспечения. Программное обеспечение приемника становится все более сложным. Чтобы гарантировать функциональные возможности приемника и расширять их после установки на местах, необходима служба обновления программного обеспечения. В ETSI TS 102 006 [9.78] определяются стандартный механизм для сигнализации службы обновления программного обеспечения и средства по передаче данных для такой службы. Они основаны на стандартах ISO/IEC 13818-6, ETR 162 и ETSI EN 300 468 (сигнализация) и ETSI EN 301 192 (передача данных). Протокол передачи основан на спецификации карусели данных DSM-CC (ISO/IEC 13818-6) и спецификации каруселей данных DVB. Для систем ISDB используется ссылка на [9.31].

Несколько обновлений системного программного обеспечения разных производителей передаются группами в двухуровневой карусели данных. В качестве точки входа в эту карусель используется сообщение DownloadServerInitiate (DSI), общее для нескольких производителей. Один производитель может предлагать несколько обновлений, причем каждое обновление в отдельной группе. Предполагается, что все группы и модули могут передаваться в общем элементарном потоке.

9.1.4.3.2 Карусель объектов

Карусель объектов используется для приложений, требующих периодической передачи в радиовещательной сети объектов DSM-CC типа пользователь–пользователь (UU). В этом случае вещательная передача данных осуществляется в соответствии со спецификацией карусели объектов DSM-CC и карусели данных DSM-CC, которые определяются в MPEG-2 DSM-CC (см. ISO/IEC13818-6[9.22]).

Для целей оценки объекты могут классифицироваться в соответствии со спецификацией DSM-CC как объекты каталога, файла, потока или шлюза.

Карусель объектов DSM-CC облегчает передачу структурированной группы объектов от радиовещательного сервера к приемникам (клиентам) с использованием объектов каталога, объектов файла и объектов потока. Фактический каталог и контент (реализации объектов) расположены на сервере. Сервер периодически вставляет указанные объекты в транспортный поток MPEG-2 с использованием протокола карусели объектов. Переданные объекты каталога и файла содержат контент объектов, тогда как передаваемые объекты потока представляют собой ссылки на другие потоки во время вещания. Объекты потока также могут содержать информацию о событиях DSM-CC, которая передается в определенном потоке. События DSM-CC могут передаваться с регулярными данными потока и использоваться для запуска приложений DSM-CC.

9.1.4.4 Инкапсуляция

Инкапсуляция применяется в системах цифрового радиовещания для обеспечения совместимости с системами электросвязи, использующими другие сетевые протоколы. Это позволяет рассматривать радиовещательную систему не только как традиционную платформу для доставки изображения и звука пользователям, но и как платформу для доставки широкого спектра услуг, таких как передача мультимедийных данных и доступ в интернет или к другим интерактивным приложениям.

Сегодня в среде радиовещания определена целая серия реализаций инкапсуляции, главным образом на основе стандарта ISO/IEC 13818-6 [9.22].

Многопротокольная инкапсуляция (MPE). Передача дейтаграмм в соответствии со спецификацией MPE, которая используется в большинстве случаев в системах ЦНТВ первого поколения, выполняется путем инкапсуляции дейтаграмм в секциях DSM-CC (см. [9.22]), которые соответствуют формату закрытой секции MPEG-2 (см. [9.6] и [9.7]).

Общая модель MPE представлена в таблице 9.5.

ТАБЛИЦА 9.5

Общая модель MPE

Применения
Вариант для конкретной услуги
Уровень, зависящий от дейтаграммы
MPE
Закрытые данные DSM-CC
Секция
Транспортный поток MPEG-2

В процессе инкапсуляции необходимые данные преобразуются в системный поток с помощью специальных инструментов, конкретно подходящих для каждого из форматов системных потоков. Так, например, в случае MPEG-2 для вставки данных используются секции транспортного потока.

MPE обеспечивает механизм транспортировки сетевых протоколов передачи данных поверх транспортных потоков MPEG-2. Этот метод оптимизирован для передачи IP, но может использоваться и для транспортировки любого другого сетевого протокола. Он охватывает одноадресную рассылку (дейтаграммы, ориентированные на одного получателя), многоадресную рассылку (дейтаграммы, ориентированные на группу получателей) и вещательную рассылку (дейтаграммы, предназначенные для всех получателей).

В силу широковещательного характера сетей доставки телевизионных программ очень важна безопасность данных. Процесс инкапсуляции обеспечивает безопасную передачу данных, поддерживая шифрование пакетов и динамическое изменение MAC-адресов.

При многопротокольной инкапсуляции определяется таблица уведомлений IP/MAC (INT). Эта таблица предоставляет гибкий механизм передачи информации о местоположении потоков IP/MAC.

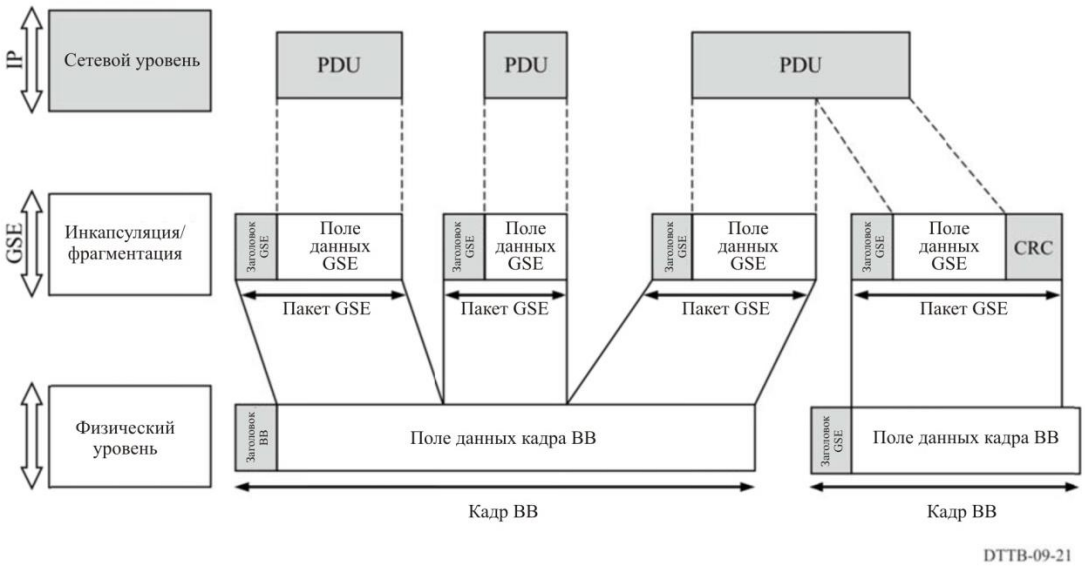
Инкапсуляция общего потока (GSE). В стандарте систем второго поколения в качестве системного потока выбирается поток BB. Это обеспечивает обратную совместимость с форматом потока систем первого поколения и дополнительно определяет использование потока с пакетами переменной длины – общего потока (рисунок 9.21). Поэтому такой поток часто рассматривается с разбивкой на два типа – пакетированный и непрерывный (по своей сути это тот же пакетированный поток, но с длиной пакетов, превышающей длину одного системного кадра). Кроме того, определен механизм введения данных любого другого типа в поток посредством инкапсуляции GSE ([9.9], [9.78], [9.86], [9.129]).

Протокол GSE позволяет эффективно инкапсулировать IP-пакеты и другие пакеты сетевого уровня поверх общего физического уровня. Такой общий физический уровень действует как режим транспортировки, в котором переносится последовательность битов или пакетов данных, возможно организованных в кадры, но без конкретных ограничений по синхронизации.

GSE обеспечивает более эффективную работу интерактивных систем, использующих передовые методы физического уровня, такие как адаптивное кодирование и модуляция (ACM). С учетом изменчивости скоростных характеристик канала, характерной для систем ACM, формат общего потока подходит для них больше, чем формат транспортного потока. GSE обеспечивает гибкий метод фрагментации и инкапсуляции, который позволяет использование интеллектуального планировщика для оптимизации характеристик системы, увеличивая общую пропускную способность и/или сокращая среднюю сквозную задержку пакетов. Кроме того, гибкость GSE приводит к уменьшению потерь пакетов при изменениях затухания, что позволяет планировщику в передатчике динамически изменять параметры передачи (формат модуляции, скорость кодирования и т. д.) для определенного пакета сетевого уровня.

РИСУНОК 9.21

Инкапсуляция GSE в стеках протоколов DVB



Кроме того, инкапсуляция GSE обеспечивает следующие возможности:

– поддержку многопротокольной инкапсуляции (IPv4, IPv6, MPEG, ATM, Ethernet, VLAN 802.1pQ и т. д.);

– прозрачность функций сетевого уровня, включая шифрование IP и сжатие IP-заголовков;

– поддержку нескольких режимов адресации – помимо 6-байтового MAC-адреса (включая многоадресную и одноадресную передачу) она поддерживает режим MAC без указания адреса и факультативный режим 3-байтового адреса;

– механизм фрагментации IP-дейтаграмм или других пакетов сетевого уровня через кадры основной полосы для поддержки ACM/VCM;

– поддержку аппаратной фильтрации;

– расширяемость – могут быть включены дополнительные канальные протоколы через определенные значения типа протокола (безопасность на уровне 2, сжатие IP-заголовка и т. д.);

– меньшую сложность;

– меньшую служебную нагрузку.

В системе цифрового радиовещания определяется возможность одновременной передачи потоков GSE и MPEG (смешанный режим), одного или нескольких потоков GSE (только общий поток).

9.1.5 Передача данных по сетям наземного мультимедийного радиовещания

В общем случае основным механизмом передачи данных в системах мультимедийного радиовещания является инкапсуляция. Типы носителей, соответствующие элементам контента в системах мультимедийного радиовещания для мобильного приема, перечислены в [9.102].

Согласно Рекомендации МСЭ-R BT.2054 [9.23] системы мультимедийного радиовещания для мобильного приема могут использовать те же схемы мультиплексирования и транспортировки, что и для фиксированного приема. Радиовещание и электросвязь могли бы быть гармонизированы, если бы некоторые методы, используемые в системах подвижной связи, использовались бы и в системах мультимедийного радиовещания для мобильного приема.

Мультимедийные сигналы, такие как аудио-, видео- и любые другие данные, передаются в приемник, а затем отображаются в надлежащее время и надлежащим образом. Для передачи и представления контента требуются следующие функции:

инкапсуляция – мультимедийные сигналы инкапсулируются в соответствующие форматы с информацией хронирования для представления;

форматирование – мультимедийные сигналы соответствующим образом форматируются для доставки. Это форматирование включает в себя агрегирование, мультиплексирование и фрагментирование инкапсулированных мультимедийных сигналов;

управление инкапсуляцией, форматированием и представлением – приемнику передается информация об инкапсуляции, форматировании и представлении мультимедийного контента.

Эти функции обеспечиваются транспортными схемами. Транспортные схемы, соответствующие системам мультимедийного радиовещания для мобильного приема, перечислены в таблице 9.6.

ТАБЛИЦА 9.6

Транспортные схемы

Схема	Описание
TS MPEG-2 (транспортный поток)	Широко используется в системах радиовещания для фиксированного приема. Содержит временные характеристики для синхронизации на уровне элементарного потока пакетов (PES) и пакетов фиксированной длины для форматирования
SL MPEG-4 (уровень синхронизации)	Используется на уровне синхронизации для временной и пространственной синхронизации аудиовизуального контента. Может переноситься в пакетах TS MPEG-2 или пакетах транспортного протокола реального времени (RTP)
IP (см. [9.24])	Промежуточный протокол для транспортировки медиаданных. Работает с протоколом верхнего уровня для транспортировки медиаданных и может переноситься пакетами TS MPEG-2
GSE (см. [9.2])	Методы инкапсуляции пакетов разного типа, включая IP-пакеты. Требуется протокол транспортировки медиаданных поверх IP

Протоколы транспортировки медиаданных поверх IP, соответствующие системам мультимедийного радиовещания для мобильного приема, перечислены в таблице 9.7.

ТАБЛИЦА 9.7

Протоколы транспортировки медиаданных поверх IP

Протокол	Описание
RTP (транспортный протокол реального времени)	Протокол Целевой группы по инженерным проблемам интернета (IETF), используемый для потоковых служб
FLUTE (доставка файлов методом однонаправленной транспортировки)	Протокол IETF, используемый для доставки файлов любого типа

Характеристики интенсивности ошибок канала при фиксированном и мобильном приеме различаются, поскольку по мере перемещения приемника условия приема могут меняться. Надежная доставка в таких условиях обеспечивается путем передачи дополнительных данных.

Схемы, обеспечивающие надежную доставку в системах мультимедийного радиовещания для мобильного приема, перечислены в таблице 9.8.

ТАБЛИЦА 9.8

Схемы надежной доставки

Схема	Описание
Карусель данных	Данные передаются периодически, так что пропущенные части могут быть получены в течение следующего цикла передачи
Упреждающая коррекция ошибок на прикладном уровне (AL-FEC)	Способ генерирования избыточных данных от источника данных. Пропущенные участки могут восстанавливаться по избыточным данным с помощью операции FEC

9.1.6 Транспортные интерфейсы систем ЦНТВ

9.1.6.1 Общие сведения

Интерфейс определяется как однонаправленное или двунаправленное соединение между одним или несколькими функциональными блоками оборудования одного и того же или разных типов. Такие соединения могут рассматриваться как на физическом, так и на логическом уровнях. Поскольку за реализацию интерфейса отвечают производители, здесь рассматриваются основные принципы реализации на логическом уровне.

Все интерфейсы можно классифицировать по следующим основным категориям:

– область применения – профессиональные, полупрофессиональные и непрофессиональные интерфейсы;

– по физическому способу передачи – последовательный или параллельный;

– по способу передачи в канале – синхронный или асинхронный;

– по направленности – однонаправленные или двунаправленные интерфейсы.

Принимая во внимание, что в процессе доставки аудиовизуальной информации и/или данных пользователю или при распределении между отдельными частями цепочки радиовещания могут использоваться различные сети электросвязи/радиовещательные сети или любые другие типы сетей, были определены наборы интерфейсов, которые могут использоваться в сети цифрового телевизионного вещания в различных комбинациях.

9.1.6.2 Синхронные интерфейсы

Для приложений, требующих синхронной доставки аудиовизуальной информации, могут использоваться последовательные или параллельные синхронные интерфейсы. Эти интерфейсы обеспечивают совместимость со студийными интерфейсами, что позволяет упростить взаимодействие между студийными и транспортными функциональными блоками оборудования. Эти интерфейсы широко используются при первичном распределении или при обмене цифровыми потоками между функциональными блоками студийного оборудования.

В случае синхронных интерфейсов длина пакета транспортного потока составляет 188 байтов. Передача данных синхронизируется по байтовой тактовой частоте потока данных, который представляет собой транспортный поток MPEG. Синхронный параллельный интерфейс предназначен для покрытия коротких или средних расстояний, то есть для устройств, расположенных рядом друг с другом.

9.1.6.3 Асинхронные интерфейсы

Асинхронный транспортный интерфейс широко используется в оборудовании радиовещательных систем, используемом для доставки транспортного потока MPEG-2 с битовой скоростью 270 Мбит/с.

Основные принципы и требования к интерфейсу физической трассы описываются в стандартах EN 50083-9 [9.26] и ETSI TR 101 891 [9.132]. Асинхронный последовательный интерфейс (ASI) – это однонаправленная линия передачи данных между профессиональным цифровым видеооборудованием.

В процессе передачи по асинхронному интерфейсу могут использоваться два режима работы, оптимизированных для разных приложений. В пакетном режиме, когда данных недостаточно для обеспечения скорости передачи данных в 270 Мбит/с, между пакетами транспортного потока вставляется поле заполнения, содержащее специальную комбинацию двоичных символов. В пакетном режиме поле заполнения вводится по мере необходимости после каждого байта пакета транспортного потока.

9.1.6.4 Интерфейсы сетей кабельного телевидения

Иногда для распространения сигналов ЦНТВ используются кабельные системы распределения (CATV/SMATV/MATV и т. п.). Определены интерфейсы для обеспечения совместимости сетей.

В том случае, если система цифрового телевидения предусматривает использование интерактивной трассы, следует применять интерфейсы в соответствии с Рекомендациями МСЭ-R BT.1436 [9.27] и МСЭ-T J.112 [9.28]. В случае систем условного доступа (CA) и DVB используются ссылки [9.130], [9.131].

9.1.6.5 Интерфейсы для сетей электросвязи

Исторически для передачи студийных сигналов к радиовещательным передатчикам применялись технологии ATM и PDH/SDH. В настоящее время большинство таких соединений основано на IP через наземные или спутниковые радиолинии либо через оптоволоконные линии связи.

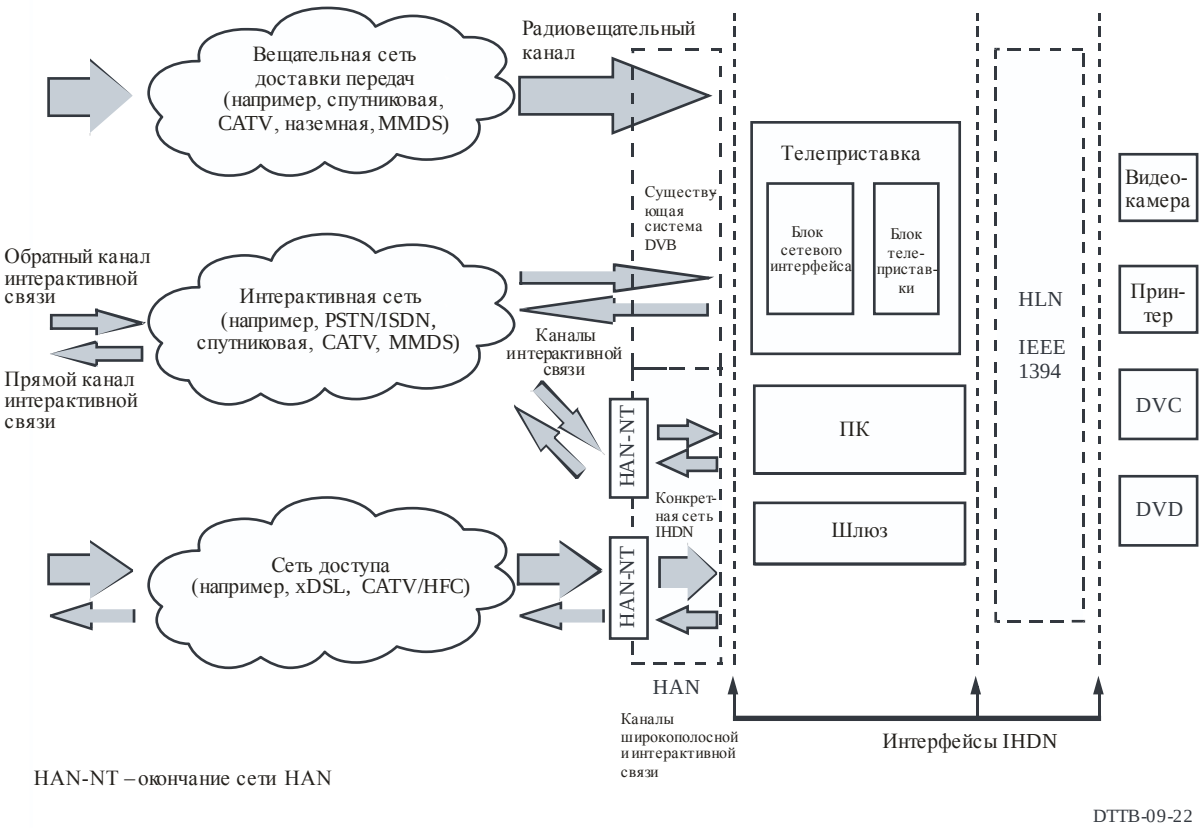
9.1.6.6 Интерфейсы для домашних сетей

Пользователи все чаще обмениваются аудиовизуальной информацией или связываются по домашней сети. Она может соединять несколько устройств или обеспечивать совместное использование одного устройства. С учетом возможностей, которые может обеспечить цифровое телевизионное вещание, задача взаимодействия между радиовещательными и домашними локальными сетями вызывает все более заметный интерес.

В прошлом технические решения часто основывались на стандарте IEEE 1394 (с использованием технологии ATM, товарный знак "Firewire"). Такая конфигурация в сочетании с различными сетями доступа показана на рисунке 9.22.

РИСУНОК 9.22

Общая структура домашней цифровой сети (пример для IEEE 1394)



Следует отметить, что на рисунке 10.3 в главе 10 приведена аналогичная блок-схема, но она ограничена услугами интерактивного телевидения, то есть взаимодействием вещательной системы доставки и сети интерактивной связи.

В настоящее время широко распространены домашние IP-сети, поэтому на рынке доминируют готовые IP-решения. Пример того, как это может быть выполнено, приведен в главе 10 (рисунок 10.2).

Решения, основанные на IEEE 1394, считаются несколько устаревшими. Теперь домашние локальные сети обычно строятся с использованием спецификаций DLNA (Альянс домашних цифровых сетей[29]).

В отличие от стандарта IEEE 1394, который в основном предназначен для кабельных домашних сетей и в котором используются кабель и разъемы определенного типа, инициатива DLNA основана на стандартной IP-технологии. Соответствующая спецификация поддерживает оборудование и протоколы для сетей Ethernet, WLAN и MoCA (Multimedia over Cable Association) (Альянс по вопросам передачи мультимедиа по коаксиальным кабелям) [9.85]. Чаще всего DLNA применяется в сочетании с домашней сетью WLAN, то есть выделенной, управляемой беспроводной IP-сетью. Такая сеть также допускает простое включение преобразователя SAT-IP или DTTB-IP.

В DLNA используются спецификации UPnP (Universal Plug and Play) (универсальное устройство "подключи и работай") [9.80], [9.81], [9.82], однако их применение ограничено аудиовизуальной средой. Подробное описание DLNA и UPnP можно найти в [9.83].

---

[29] Альянс домашних цифровых сетей (DLNA) – это отраслевая инициатива, объединяющая более 150 членов ИТ-индустрии и индустрии развлечений. Основная задача DLNA – это разработка и поддержка директив DLNA, а также сертификация устройств на соответствие стандарту. Эти директивы доступны по адресу: http://www.dlna.org/guidelines.

Сеть HLN альянса DLNA проста в установке, поскольку сертифицированное абонентское оборудование (CPE) DLNA заботится о более или менее автоматической установке и взаимодействии. Благодаря функциям UPnP пользовательские устройства можно добавлять или удалять в любое время стандартным и простым способом. Абонентские устройства работают с IP-адресом, полученным через DHCP или AutoIP. Для автоматического обнаружения абонентских устройств технология UPnP использует функциональные возможности протокола SSDP (Simple Service Discovery Protocol) (протокол обнаружения подключенных периферийных устройств) [9.84]. На рисунке 9.23 показан стек протоколов UPnP.

РИСУНОК 9.23

Стек протоколов UPnP

<table>
<tr><td colspan="6">Поставщик UPnP</td></tr>
<tr><td colspan="6">Форум UPnP</td></tr>
<tr><td colspan="6">Архитектура устройства UPnP</td></tr>
<tr><td colspan="2">HTTP MU
(многоадресный)</td><td>GENA</td><td>SSDP</td><td colspan="2">HTTP U
(одноадресный)</td><td>SSDP</td><td>HTTP</td><td>SOAP</td><td>GENA</td></tr>
<tr><td colspan="4">UDP</td><td colspan="3">TCP</td></tr>
<tr><td colspan="7">IP</td></tr>
</table>

ПРИМЕЧАНИЕ. – SOAP – простой протокол доступа к объектам.

GENA – общая архитектура уведомления о событиях.

GENA делится на две части – издателя и абонента. Абонент (клиент UPnP) подписывается на издателя (UPnP-сервер, обычно маршрутизатор UPnP в домашней локальной сети), чтобы получать информацию о любых изменениях конфигурации.

9.1.7 Разнесенный прием систем ЦНТВ

Другая тенденция в сфере технологий ЦНТВ – растущая популярность применения разнесенного приема. Разнесенный прием сигналов ЦНТВ позволяет существенно повысить показатели покрытия телевизионными услугами. Канал частотно-избирательного замирания особенно влияет на мобильный прием в наземных системах радиовещания, где характеристики распространения быстро меняются. Следовательно, при мобильном приеме флуктуации напряженности поля, вызванные затенением или отражением, больше по величине, чем при фиксированном приеме. Эффективным способом повышения качества приема является использование технологии пространственно-разнесенного приема, когда используется несколько приемных антенн, и принимаемые сигналы выбираются или объединяются.

Основные аспекты испытаний разнесенного приема рассматриваются в Отчете МСЭ-R BT.2139 [9.74] и в разделах 9.4.1 и 9.5.2. В [9.74] также приведены результаты испытаний мобильного приема цифрового наземного телевидения, проведенных в Италии и Японии. Параметры планирования для мобильного приема в разных стандартах ЦНТВ приведены в Рекомендации МСЭ-R BT.1368 [9.42].

9.2 Передающие системы цифрового наземного телевизионного и мультимедийного радиовещания

Было предложено и стандартизировано множество систем цифрового наземного телевизионного и мультимедийного радиовещания. Каждая из них имеет определенные характеристики, особенности и возможные способы реализации. В этом разделе приводятся пояснения касательно возможных вариантов систем, чтобы предоставить в результате соответствующее руководство по современным системам радиовещания и их реализации.

Грань между цифровыми наземными системами телевизионного и мультимедийного радиовещания стирается. Тому есть три основных причины:

– исчезает различие между фиксированным и мобильным приемом, поскольку системы второго поколения рассчитаны на оба режима приема;

– ранние системы мультимедийного радиовещания основывались главным образом на IP. Поскольку более поздние поколения приемников ЦНТВ также имеют IP-интерфейсы для подключения к беспроводным сетям, это различие также исчезает;

– ранние мультимедийные приемники также имели ограниченное разрешение экрана, что соответствовало специфическим радиочастотным характеристикам предназначенных для них сетей. Эти различия между приемниками телевизионного и мультимедийного цифрового наземного радиовещания исчезают – даже недорогие портативные устройства теперь оснащены HD-экранами.

Цифровые радиовещательные и мультимедийные системы, стандартизированные в МСЭ-R, перечислены в таблице 9.9. Информация по каждому стандарту представлена ниже в этой главе и в соответствующих разделах Рекомендаций МСЭ-R.

Системы цифрового наземного телевизионного вещания первого поколения описываются в Рекомендации МСЭ-R BT.1306 [9.33], а второго поколения – в Рекомендации BT.1877 [9.34].

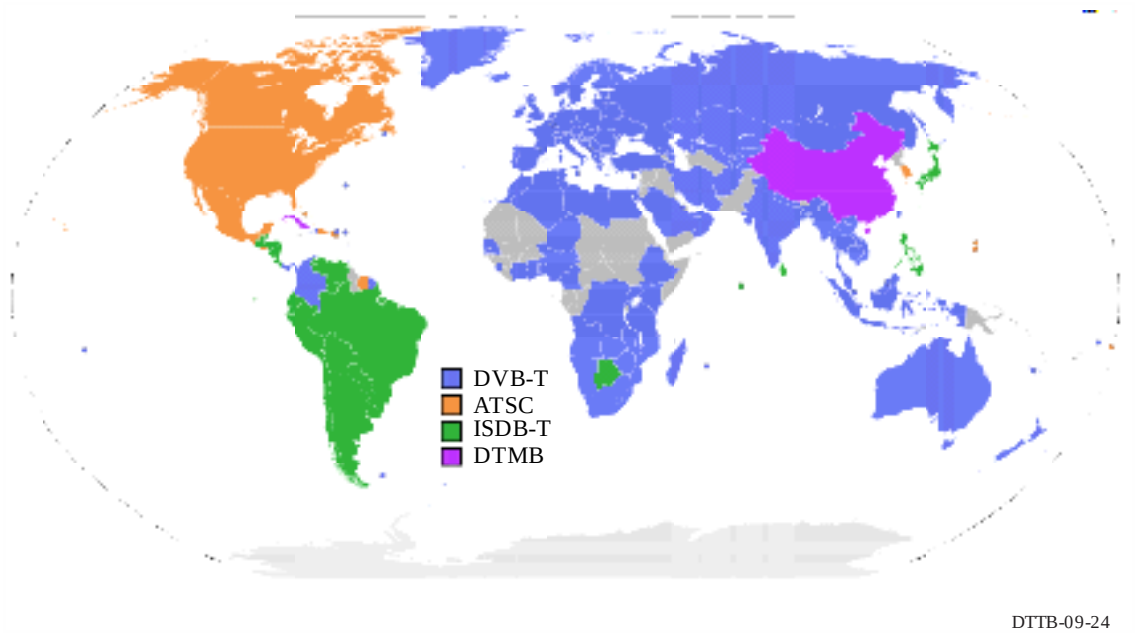
Цифровые наземные мультимедийные системы описываются в Рекомендации МСЭ-R BT.1833 [9.35].

Границы формирования спектра для систем ЦНТВ определяются в Рекомендации МСЭ-R BT.1206 [9.133].

На рисунке 9.24 показано текущее состояние процесса внедрения стандартов ЦНТВ во всем мире.

РИСУНОК 9.24

Состояние процесса внедрения стандартов цифрового телевидения (сентябрь 2016 года)



На рисунке 9.24 ссылки на DVB-T включают стандарт DVB-T2, а ссылки на ISDB-T – стандарт SBTVD.

ТАБЛИЦА 9.9

Стандарты радиовещания МСЭ-R

Национальная/международная система	Система МСЭ-R	Раздел Справочника
Системы цифрового наземного телевидения (ЦНТ)		
ATSC (Примечание 1)	Система A ЦНТ	9.3
DVB-T	Система B ЦНТ	9.4.1
ISDB-T	Система C ЦНТ	9.5
DTMB	Система D ЦНТ	9.6
DTMB-A	Система E ЦНТ	9.6
DVB-T2	Система ЦНТ второго поколения	9.4.2
Системы цифрового наземного мультимедийного радиовещания (ЦНМ)		
T-DMB/AT-DMB	Система A ЦНМ	9.7.8
ATSC-M/H	Система B ЦНМ	9.3
Мультимедийное радиовещание ISDB-T для мобильного приема	Система F ЦНМ	9.5.2
DVB-SH (устарела)	Система I ЦНМ	9.4.1
DVB-H (устарела) (Примечание 2)	Система H ЦНМ	9.4.1
MEDIA FLO (устарела)	Система M ЦНМ	9.9
Профиль T2 Lite системы DVB-T2 (Примечание 2)	Система T2 ЦНМ	9.4.2

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Первоначальный вариант ATSC теперь называется ATSC 1.0. Дальнейшая разработка ATSC для доставки услуг не в реальном времени называется ATSC 2.0; см. раздел 9.3.2. Будущий стандарт радиовещания, называемый ATSC 3.0, описывается в разделе 9.3.3.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Начаты исследования в области разработки стандарта DVB-H следующего поколения (DVB-NGH), и опубликован результирующий проект технической спецификации ETSI EN 303 105 (DVB BlueBook A160, ноябрь 2012 г.) [9.73]. В стандарте DVB-NGH используются практически те же технологии, что и в DVB-T2 Lite, который предназначен для распространения характеристик DVB-T2 на карманные приемные устройства. Следующий стабильный проект стандарта ETSI для этой системы ожидался в октябре 2016 года.

9.3 ATSC

В стандартах Комитета по новейшим телевизионным системам (ATSC) описывается система, предназначенная для передачи высококачественных видео-, аудио- и вспомогательных данных по одному каналу с шириной полосы 6 МГц. Исходная система ATSC (называемая также ATSC 1.0) может доставлять транспортный поток MPEG-2 с пропускной способностью 19,39 Мбит/с по наземному радиовещательному каналу шириной 6 МГц ("система A цифрового наземного телевидения" по терминологии МСЭ-R). Хотя подсистемы передачи ATSC разработаны специально для применения в наземных и кабельных сетях, целью является возможность полезного применения подсистем мультиплексирования/транспортирования видеоизображения, звукового сопровождения и услуг в других приложениях. Для доставки контента ЦТВ на мобильные и портативные устройства в стандарте ATSC используется расширение для мобильных и карманных устройств (Mobile/Handheld – M/H), которое также называется ATSC M/H ("система B цифрового наземного мультимедийного вещания" по терминологии МСЭ-R).

Дальнейшее расширение до стандарта ATSC (ATSC 2.0) предусматривает доставку контента вне реального времени (NRT) на основе файлов, включая программы и клипы как на стационарные, так и на мобильные приемники ЦТВ. ATSC 2.0 также предоставляет интерактивные услуги, позволяющие радиовещательным компаниям соединять радиовещательные программы с дополнительными услугами, связанными с этими программами.

В настоящее время Комитет по новейшим телевизионным системам работает над спецификацией системы ATSC нового поколения под названием ATSC 3.0. В этой системе для улучшения мобильного приема будет использоваться COFDM, а мультиплекс вместо транспортного потока MPEG будет основан на IP (как потоковые службы). На момент создания настоящего Справочника полная спецификация не была завершена. Следовательно, ATSC 3.0 еще не включен в Рекомендацию МСЭ. Стандарты ATSC, которые были завершены и утверждены комитетом ATSC, можно найти на веб-сайте ATSC: www.atsc.org. Краткое описание ожидаемых характеристик системы ATSC 3.0 приведено в разделе 9.3.3.

9.3.1 ATSC 1.0

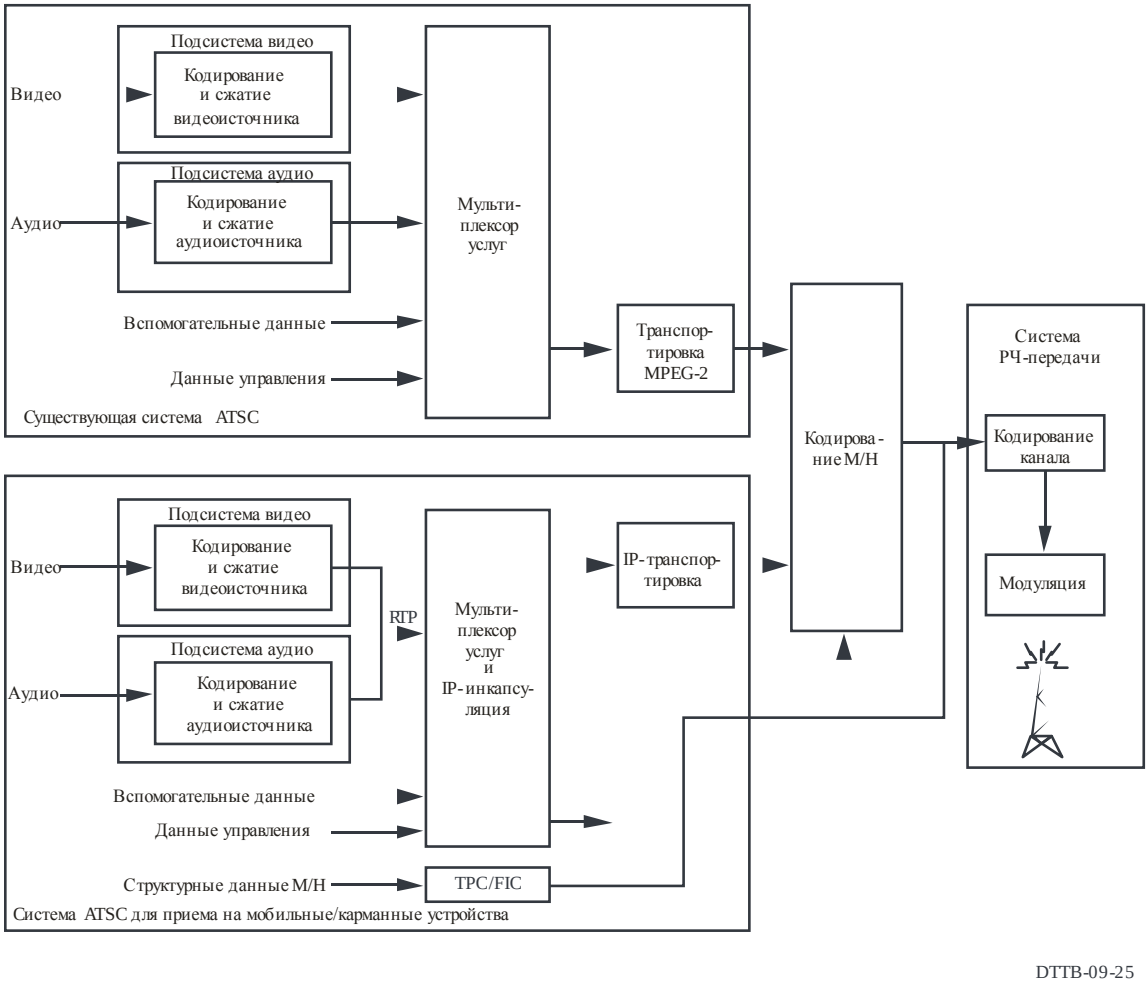
9.3.1.1 Архитектурная модель ATSC 1.0

Радиовещательная система ATSC включает стандарты основной службы ([9.48] – [9.53]) и расширения для мобильных и портативных устройств (M/H) ([9.54] – [9.63]). Блок-схема системы ATSC 1.0 показана на рисунке 9.25. Система цифрового телевидения ATSC состоит из трех подсистем:

– кодирования и сжатия сигналов источника;
– мультиплексирования и транспортировки услуг;
– передачи на радиочастотах.

РИСУНОК 9.25

Радиовещательная система ATSC с основными услугами и услугами для приема на M/H-устройства



Служба радиовещания на мобильные и карманные устройства (M/H) системы ATSC использует тот же РЧ-канал, что и стандартная служба радиовещания ATSC, описываемая в ATSC A/53, называемая также "основная услуга" (или более точно TS-M). Система M/H задействуется путем использования части или общей имеющейся пропускной способности 19,39 Мбит/с и применения доставки по транспортной сети IP.

Важным аспектом расширения M/H являются дополнительные элементы к физическому уровню передающей системы ATSC, которые легко декодируются в условиях значительных доплеровских искажений. Дополнительные настроечные последовательности и дополнительная упреждающая коррекция ошибок (FEC) помогают приему расширенного потока(ов).

9.3.1.2 Ключевые технологии ATSC 1.0

В ATSC 1.0 используются следующие ключевые технологии.

Основная услуга ATSC

– **Формат потока системы** – измененный транспортный поток MPEG-2 с возможностью доставки информации традиционных телевизионных приложений (субтитры, телетекст, электронная программа передач и т. д.) и таких приложений, как дополнительная информация о телевизионных программах (возможно, из интернета), интерактивные приложения и т. д.

– **Алгоритмы FEC** – каскадный блочный код Рида-Соломона (RS) (207, 187, 10) и кодер четырехкратной свертки/дифференциальный кодер со скоростью кодирования 2/3 в составе двенадцати решетчатых кодеров. А также каскадные решетки R = 1/2 или R = 1/4.

– **Перемежение** – обеспечивается перемежение до глубины приблизительно 4 мс. Используемый перемежитель представляет собой сверточный байт-перемежитель со степенью перемежения B = 52 и приростом количества байтов в строке M = 4.

– **Модуляция 8-VSB** – для модуляции одной несущей методом подавленной несущей используются 8-уровневые символы, объединенные с синхросигналами. Нижняя боковая полоса удаляется, за исключением небольшой области перехода. Для формирования спектра в передатчике используется характеристика фильтра Найквиста со среднеквадратичным изменением амплитуды по закону приподнятого косинуса и линейным изменением фазы. VSB-модулятор использует составной сигнал данных с 8-уровневым решетчатым кодированием со скоростью 10,76 мегасимволов/с (с добавлением пилот-сигнала и сигнала синхронизации). Номинально спад в передатчике имеет характеристику линейно-фазового фильтра со среднеквадратичным изменением амплитуды по закону приподнятого косинуса и с крутизной спада $\alpha = 0{,}1152$.

– **Компенсация и синхронизация канала** – к сигналу добавляется небольшой пилот-сигнал на частоте подавленной несущей (номинально 309 кГц от нижнего края полосы) и синфазный с подавленной несущей.

– **Полоса пропускания канала** – для ATSC используется полоса пропускания канала 6 МГц.

– **Одночастотные сети (ОЧС)** – можно реализовать режим ОЧС с синхронизацией кадров, определяемый стандартом ATSC [9.64], с некоторыми дополнительными требованиями к эквалайзерам приемника ATSC.

Расширение ATSC M/H

– **Кодирование источника** – кодирование MPEG-4 AVC/SVC (Рек. МСЭ-Т H.264 | ISO/IEC 14496-10) для видеосигнала и MPEG-4 HE-AAC v2 (ISO/IEC 14496-3 с поправкой 2) для аудиосигнала в режимах стерео и моно.

– **Защита услуги/контента** – система защиты услуги ATSC-M/H основана на профиле OMA BCAST DRM. В профиле OMA BCAST DRM предусмотрены два режима защиты услуги: 1) интерактивный и 2) исключительно радиовещательный. В интерактивном режиме приемник поддерживает интерактивный канал для связи с поставщиком услуг, чтобы получить права на прием услуги и/или на защиту контента. В исключительно радиовещательном режиме приемник не использует интерактивный канал для связи с поставщиком услуг. Запросы к поставщику услуг осуществляются пользователем с помощью того или иного внеполосного механизма, например такого, как вызов поставщика услуг по телефону или подключение к веб-сайту поставщика услуг.

– **Улучшенная подсистема FEC** – для надежного приема на мобильные/карманные устройства используется дополнительное кодирование RS/CRC. Каскадирование дополнительного сверточного кодера с TCM-кодерами обеспечивает турбокод, соответствующий последовательно-каскадному сверточному коду (SCCC). Дополнительная надежность обеспечивается в радиоканалах с изменяющимися во времени характеристиками, используя символьный перемежитель. Для защиты канала сигнализации используется параллельный каскадированный сверточный код (PCCC) со скоростью кодирования 1/4.

– **Улучшенная компенсация канала** – система передачи M/H вставляет длинные и регулярно расположенные настроечные последовательности, обеспечивающие наибольший выигрыш для данного количества обучающих символов в условиях значительных доплеровских искажений. Длина настроечных последовательностей обеспечивает быстрое получение канала при энергосберегающем режиме работы демодулятора.

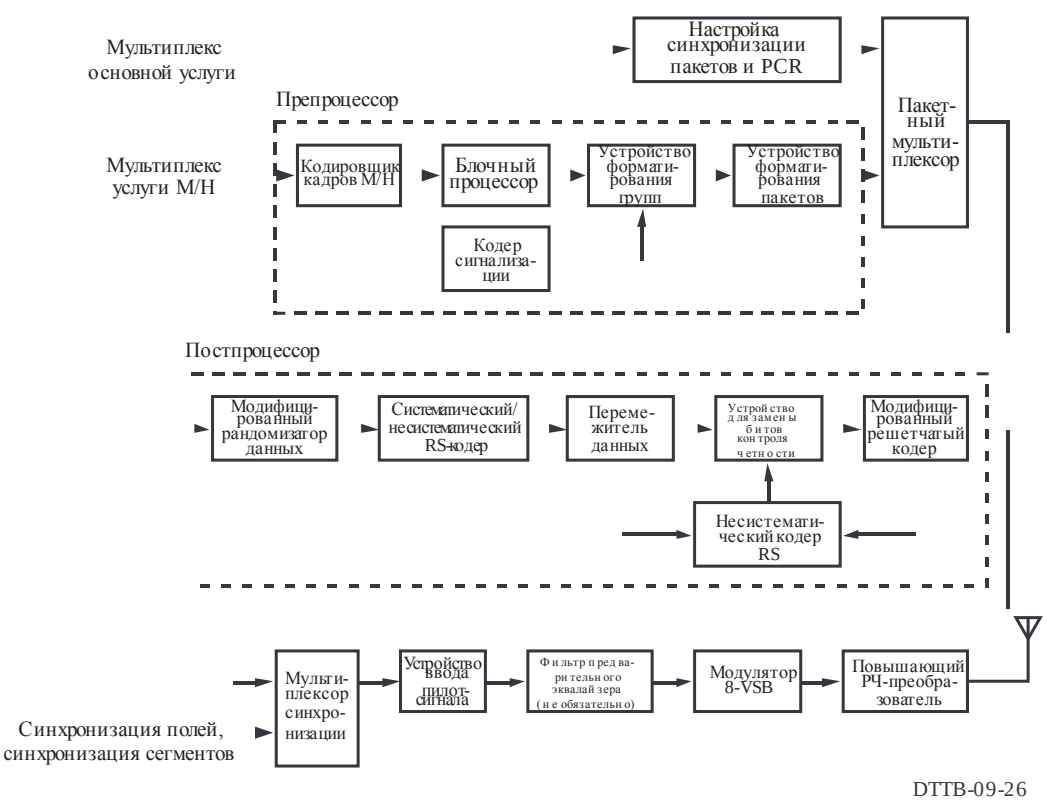
– **Усовершенствованный канал сигнализации** – организация данных системы М/Н определяется информацией в канале сигнализации М/Н. Для сигнализации используются два канала (канал параметров передачи (TPC) и быстрый информационный канал (FIC)). Канал FIC переносит информацию между разными уровнями, обеспечивая быстрое получение услуг М/Н. Канал TPC определяет информацию по восстановлению необходимых данных из кадра М/Н.

9.3.1.3 Физический и канальный уровни ATSC 1.0

На рисунке 9.26 представлена функциональная блок-схема обработки тракта основной услуги ATSC.

РИСУНОК 9.26

Функциональная блок-схема основной услуги и услуги М/Н ATSC



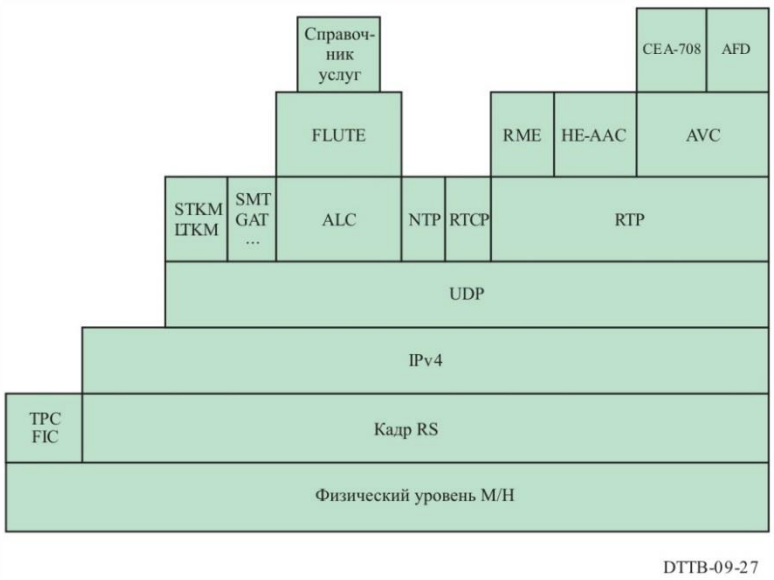
Входящие данные в канале основной услуги рандомизируются, а затем кодируются с использованием кодирования Рида-Соломона для упреждающей коррекции ошибок (FEC), перемежения полей данных один к шести и модуляции с решетчатым кодированием со скоростью 2/3. Процессы рандомизации и FEC не применяются к байтам синхронизации транспортных пакетов, которые при передаче представляются синхронизирующими сигналами сегмента данных. После обработки, включающей в себя рандомизацию и упреждающую коррекцию ошибок, пакеты данных форматируются в циклы данных, к которым добавляется синхронизация сегментов данных и синхронизация полей данных. Сигнал модулируется, и перед повышающим RF-преобразованием вводится пилот-несущая небольшого уровня.

Расширение М/Н для системы передачи принимает два набора входных потоков – один состоит из пакетов транспортного потока (TS) MPEG данных основной услуги, а другой – из данных услуги М/Н. На высоком уровне функция системы передачи М/Н состоит в том, чтобы объединять эти два типа потоков в один поток пакетов TS MPEG, а затем обрабатывать и модулировать их с использованием решетчатого кодирования в обычный сигнал 8-VSB ATSC.

Система ATSC-M/H, разделенная на логические функциональные блоки, соответствующие стеку протоколов, показана на рисунке 9.27. В системе используется мультимедийная передача на основе IP для обеспечения видео- и аудиоуслуг AVC/HE-AAC и персонализированной доставки контента. Для IP-протокола требуется стек протоколов UDP/RTP для видеоуслуг и ALC-регулировка для FLUTE/справочника услуг.

РИСУНОК 9.27

Стек протоколов системы ATSC-M/H



Данные M/H на канальному уровне разделяются на ансамбли, в каждом из которых содержатся данные одной или нескольких услуг. Каждый ансамбль может быть закодирован со своим уровнем защиты от ошибок в зависимости от конкретного применения. Процесс кодирования M/H включает использование FEC как на уровне пакетов, так и на уровне решетки, а также введение в данные M/H длинных и равномерно расположенных настроечных интервалов. Кроме того, добавляются надежные и устойчивые к ошибкам данные управления для использования в приемниках M/H. Система M/H обеспечивает пакетную передачу данных M/H, которая позволяет приемнику M/H в целях экономии энергии выключать и включать питание тюнера и демодулятора.

Данные M/H передаются в рамках сигнала 8-VSB на основе временных интервалов, что облегчает пакетно-монопольный режим приема только что отобранных частей данных M/H приемником M/H. Каждый временной интервал кадра M/H разделяется на 5 подыинтервалов равной длины, называемых подкадрами M/H. Каждый подкадр M/H в свою очередь делится на 4 подраздела длиной 48,4 мс − время, требуемое для передачи одного кадра VSB. Эти временные интервалы кадра VSB в свою очередь делятся на 4 интервала M/H каждый (для получения в общей сложности 16 интервалов M/H в каждом подкадре M/H).

Для совместимости с обычными приемниками 8-VSB данные, касающиеся услуги M/H, инкапсулируются в специальные пакеты транспортного потока MPEG-2, называемые пакетами инкапсуляции M/H (MHE). Система передачи M/H может размещать инкапсулированные данные услуг в любом желаемом формате. Например, услуги, передаваемые в транспортных потоках MPEG, таких как видео/аудио MPEG-2, видео/аудио MPEG-4 и другие данные или услуги, переносимые IP-пакетами.

Мультиплексирование с временным разделением данных основной услуги и M/H изменяет время передачи пакетов потока основной услуги относительно временной привязки, которая имела бы место без потока M/H. Эти изменения необходимы для полной компенсации смещения по времени в точке объединения, с тем чтобы излучаемый сигнал соответствовал стандартам MPEG и ATSC для защиты обычных приемников. Эти функции выполняются блоком настройки синхронизации пакетов и PCR, показанным на рисунке 9.26.

Операции системы передачи М/Н с данными М/Н делятся на два этапа обработки – препроцессором и постпроцессором.

Функция препроцессора состоит в том, чтобы переупорядочить данные, касающиеся услуги М/Н, в структуру данных М/Н, повысив надежность данных услуги М/Н с помощью дополнительных процессов FEC – вставляя настроечные последовательности и затем инкапсулируя обработанные дополненные данные в пакеты транспортного потока МНЕ. В число операций препроцессора входит кодирование кадров М/Н, обработка блоков, форматирование групп, форматирование пакетов и кодирование сигнализации М/Н.

Функция постпроцессора заключается в обработке данных основной услуги с помощью обычного кодирования 8-VSB и в преобразовании предварительно обработанных данных услуги М/Н в объединенном потоке для обеспечения совместимости с приемниками 8-VSB ATSC. Данные основной услуги в объединенном потоке обрабатываются точно так же, как и для обычной передачи 8-VSB – рандомизация, кодирование RS, перемежение и решетчатое кодирование. Данные, касающиеся услуги М/Н, в объединенном потоке обрабатываются не так, как данные основной услуги, – предварительно обработанные данные, касающиеся услуги М/Н, обходят механизм рандомизации данных.

Предварительно обработанные данные, касающиеся услуги М/Н, обрабатываются несистематическим кодером RS. Над предварительно обработанными данными услуги М/Н выполняются дополнительные операции для инициализации памяти решетчатого кодера в начале каждой настроечной последовательности, включенной в предварительно обработанные данные, касающиеся услуги М/Н. Несистематическое кодирование RS позволяет вводить равномерно расположенные длинные настроечные последовательности, не нарушая прием сигналов обычными приемниками.

Канал быстрой информации (FIC) является отделенным от канала данных и доставляется посредством кадров RS. Основная цель FIC − эффективно доставлять необходимую информацию для быстрого получения услуг М/Н. Эта информация в первую очередь включает связующую информацию между услугами М/Н и переносящими их ансамблями М/Н, плюс вариант информации для канала сигнализации услуги М/Н каждого ансамбля М/Н.

9.3.1.4 Характеристики ATSC 1.0

Отношение несущая/шум (*C*/*N*) в канале аддитивного белого гауссовского шума (AWGN) для решетчатого кодирования со скоростью 2/3 составляет 15,19 дБ. Для каскадного решетчатого кодирования со скоростью 1/2 отношение *C*/*N* составляет 9,2 дБ, а для скорости 1/4 – 6,2 дБ. Дополнительная информация о характеристиках приемников ATSC приведена в рекомендуемой практике ATSC A/74 [9.65].

Требования к *C*/*N* для ATSC-M/H в характеристиках мобильных приемников приведены в рекомендуемой практике ATSC A/174 [9.66]. Кроме того, ниже оценивается максимальная чувствительность, называемая общей изотропной чувствительностью (TIS). Эти требования для устройств со встроенными антеннами приведены в таблице 9.10 и таблице 9.11.

ТАБЛИЦА 9.10

Типичные значения TIS для УВЧ-устройств со встроенными антенными системами

Класс устройства	**Запас на реализацию**	**Коэффициент шума**	**Эффективность антенны**	**AWGN *C*/*N* для скорости 1/4**	**TIS на частоте 584 МГц**
Мобильные и карманные	3 дБ	6 дБ	−8,6 дБ	3 дБ	46,5 дБмкВ/м
Персональный плеер	3 дБ	6 дБ	−5,6 дБ	3 дБ	43,5 дБмкВ/м

ТАБЛИЦА 9.11

Типичные значения TIS для ОВЧ-устройств со встроенными антенными системами

Класс устройства	**Запас на реализацию**	**Коэффициент шума**	**Эффективность антенны**	**AWGN *C/N* для скорости 1/4**	**TIS на частоте 584 МГц**
Мобильные и карманные	3 дБ	6 дБ	−25 дБ	3 дБ	53,4 дБмкВ/м
Персональный плеер	3 дБ	6 дБ	−22 дБ	3 дБ	50,4 дБмкВ/м

9.3.1.5 Сводные данные по параметрам ATSC 1.0

В таблице 9.12 приведены характеристики системы ATSC 1.0 (см. также Отчет МСЭ-R BT.2295-1 [9.43]).

ТАБЛИЦА 9.12

Основные характеристики системы ATSC

Характеристики	**ATSC**
Режимы приема: – фиксированный – на портативные устройства – на карманные портативные устройства – мобильный	 + + + +
Полоса пропускания	a) 6 МГц; b) 7 МГц; c) 8 МГц
Чистая скорость передачи данных	В зависимости от модуляции и скорости кодирования: a) 4,23–19,39 Мбит/с b) 4,72–21,62 Мбит/с c) 5,99–27,48 Мбит/с
Эффективность использования спектра (бит/с/Гц)	0,55–1,48
Одночастотные сети	
Типы радиовещания: – звуковое – мультимедийное – ТВ	 + +
Передача данных/виды услуг	Видео, аудио, данные
Диапазоны частот	ОВЧ, УВЧ
Используемая полоса пропускания	При –3 дБ: a) 5,38 МГц; b) 6,00 МГц; c) 7,00 МГц
Количество сегментов	1
Количество поднесущих на сегмент	1
Разнос между поднесущими	–
Длительность активного символа	a) 92,9 нс; б) 83,3 нс; c) 71,4 нс
Продолжительность защитного интервала/ защитное отношение	–
Длительность кадра	a) 48,4 мс; b) 43,4 мс; c) 37,2 мс

ТАБЛИЦА 9.12 (*окончание*)

Характеристики	ATSC
Временная/частотная синхронизация	Синхронизация сегментов, пилот-несущая; синхронизация кадров
Методы модуляции	8-VSB
Внутренняя FEC	Решетчатое кодирование со скоростью 2/3, каскадное кодирование со скоростью 1/2 или решетчатое кодирование со скоростью 1/4
Внутреннее перемежение	Независимо кодированные потоки, перемежаемые во времени: a) 12; b) 24; c) 28
Внешняя FEC	RS (207,187, T = 10), каскадное кодирование RS (184,164, T = 10)
Внешнее перемежение	Сверточное перемежение байтов 52 сегментов, каскадное перемежение байтов 46 сегментов
Рандомизация данных/ рассеивание энергии	16-битовая PRBS
Иерархическая передача	–
Сигнализация параметров передачи	Символы режима в кадровой синхронизации

9.3.1.6 Бюджеты линий для ATSC 1.0

В Рекомендации МСЭ-R BT.1368 [9.42] приведены бюджеты линий, исходя из минимальной напряженности поля для наземного цифрового телевидения ATSC 1.0 (основная услуга), как показано в таблице 9.13.

ТАБЛИЦА 9.13

Получение требуемых данных по методу определения коэффициента добротности для системы ATSC в полосе 6 МГц

Планируемый параметр(1)	Нижняя часть диапазона ОВЧ 54–88 МГц	Верхняя часть диапазона ОВЧ 174–216 МГц	Диапазон УВЧ 470–806 МГц
Частота (МГц)	69	194	615
C/*N* (дБ)	19,5(2)	19,5(2)	19,5(2)
k (дБ)	–228,6	–228,6	–228,6
B (дБ(Гц)) (6 МГц)	67,8	67,8	67,8
G_{1m2} (дБ)	–1,8	7,3	17,2
G_D (дБ)	6	8	10
G_I (дБ)	8,2	10,2	12,2
Потери в линии передачи (дБ) α_{line}	1,1	1,9	3,3
Потери на симметрирующем устройстве антенны 300/75 (дБ) α_{balun}	0,5	0,5	0,5
Коэффициент шума приемника (дБ)	5	5	10
T_{rx} (K)	627,1	627,1	2 610
T_{line} (K)	65,0	102,9	154,4
Коэффициент шума LNA (дБ)	5	5	5
Усиление LNA (дБ)	20	20	20
T_{LNA} (дБ)	627,1	627,1	627,1

ТАБЛИЦА 9.13 (*окончание*)

Планируемый параметр[1]	**Нижняя часть диапазона ОВЧ 54–88 МГц**	**Верхняя часть диапазона ОВЧ 174–216 МГц**	**Диапазон УВЧ 470–806 МГц**
T_{balun} (K)	31,6	31,6	31,6
T_a (K)	9 972,1	569,1	Пренебрежимо мало
$T_a\ \alpha_{balun}$ (K)	8 885,1	507,1	Пренебрежимо мало
$T_{line}/\alpha\ G$ (K)	0,8	1,6	3,3
$T_{rx}/\alpha\ G$ (K)	8,1	9,7	55,8
T_e (K)	9 552,6	1 176,8	717,8
10 log(T_e) (дБ(K))	39,8	30,7	28,6
G_A (дБ)	7,7	9,7	11,7
E_{rx} (дБ(мкВ/м))[2, 3] (TBC)	35	33	39

ПРИМЕЧАНИЕ. – Значения, приведенные в таблице, были рассчитаны для *C*/*N* в условиях типичного ухудшения качества приема из-за многолучевости и при равном распределении шума и помехи. Модель приемной системы – это типичная приемная установка, расположенная возле границы зона охвата и состоящая из внешней смонтированной антенны, размещенного на антенне малошумящего усилителя (LNA), соединительного кабеля и приемника ATSC.

(1) Определения приведены в Дополнении 1 к Приложению 1 Рекомендации МСЭ-R BT.1368 [9.42].

(2) Цифры должны быть скорректированы в меньшую сторону (к лучшим показателям работы) на 6 дБ для каскадного решетчатого кодирования со скоростью 1/2 или на 9 дБ для каскадного решетчатого кодирования со скоростью 1/4.

(3) См. формулу в Дополнении 1 к Приложению 1 Рекомендации МСЭ-R BT.1368 [9.42].

В таблице 9.14 приведен пример оценки бюджета линии ATSC M/H для мобильного (автомобильного) приемника с внешней антенной (с использованием усиления антенны) и устройств со встроенной антенной.

ТАБЛИЦА 9.14

Пример бюджета линии для устройств с внешними автомобильными антеннами

Параметр	**Персональный карманный приемник 584 МГц**	**Персональный карманный приемник 195 МГц**
Эталонная температура системы (K)	298,0	298,0
Мощность шума при эталонной температуре системы (дБм)	−106,5	−106,5
Шумовая температура устройства (коэффициент шума 6 дБ) (K)	1 192,0	1 192,0
Потери на реализацию (самоизлучение) (0 дБ) (K)	0,0	0,0
Шумовая температура окружающей среды (K)	372,5	2 384,0
Общая шумовая температура на входе системы (K)	1 564,5	3 576,0
Эффективная мощность входного шума (дБм)	−99,3	−95,7
Отношение *C*/*N* для смешанной скорости кодирования и условий испытаний TU-6 (дБ)	17,0	17,0
Требуемая мощность на входе приемника (дБм)	−82,3	−78,7

ТАБЛИЦА 9.14 (*окончание*)

Параметр	**Персональный карманный приемник 584 МГц**	**Персональный карманный приемник 195 МГц**
Усиление антенны (дБи)	0,0	−3,0
Рабочая напряженность поля (дБмкВ/м)	50,2	47,3
Эталонная температура системы (К)	298,0	298,0
Мощность шума при эталонной температуре системы (дБм)	−106,5	−106,5
Шумовая температура устройства (коэффициент шума 6 дБ) (К)	1 192,0	1 192,0
Потери на реализацию (самоизлучение) (3 дБ) (К)	1 192,0	1 192,0
Шумовая температура окружающей среды (К)	372,5	2 384,0
Общая шумовая температура на входе системы (К)	2 756,5	4 768,0
Эффективная мощность входного шума (дБм)	−96,9	−94,5
Отношение *C*/*N* для смешанной скорости кодирования и условий испытаний TU-6 (дБ)	17,0	17,0
Необходимая мощность на входе приемника (дБм)	−79,9	−77,5
Усиление антенны (дБи)	−8,6	−25,0
Рабочая напряженность поля (дБмкВ/ м)	61,3	80,0

9.3.2 ATSC 2.0

Система ATSC 2.0 предназначена для переноса опыта ТВ-передач на стационарные приемники на новый уровень благодаря введения ряда усовершенствований, основанных на вновь разработанных стандартах и ориентированных на применение существующих стандартов.

На физическом уровне система ATSC 2.0 обратно совместима с ATSC 1.0. Новые функции представлены главным образом на верхнем уровне (top-level) этой системы ЦНТВ.

Подключенные к интернету абонентские устройства позволяют использовать новые модели распределения и потребления телевизионных развлекательных программ и информации.

Многие изделия бытовой электроники, такие как видеоигровые приставки, проигрыватели дисков Blu-ray™ и персональные компьютеры, можно подключить к интернету, что позволяет им получать контент и услуги от интернет-провайдеров. Телевизоры также могут подключаться к интернету.

Другие более фундаментальные разработки в области видеотехнологий, включенные в ATSC 2.0, значительно улучшают работу телевизионных систем. Если первая широко распространенная технология сжатия видеосигналов MPEG-2 была внедрена несколько десятилетий назад, то теперь широко используется видеокодек AVC (H.264) для высококачественного, высокоэффективного распределения видеосигналов; он задействован в потоковых интернет-услугах, а также в стандарте ATSC Mobile DTV. В самых современных видеоуслугах используются также новые высокоэффективные аудиокодеки.

ATSC 2.0 обеспечивает обратную внутриполосную совместимость, которая означает, что хотя и не ожидается прием услуг ATSC 2.0 с существующими приемниками ATSC, включение услуг ATSC 2.0 в передачи не нарушит способность существующих приемников ATSC принимать в этих передачах существующие услуги ATSC. ATSC A/107 [9.67] содержит общую спецификацию фиксированных вещательных услуг цифрового телевидения ATSC 2.0, которые дополняют услуги цифрового телевидения, определяемые в стандартах ATSC A/53 [9.48] – [9.53].

9.3.2.1 Услуги не в реальном времени

Стандарт телевидения ATSC A/103 [9.68] не в реальном времени (NRT) определяет стандартизированную систему сигнализации, объявления и транспортировки типа NRT. Услуги фиксированного радиовещания не в реальном времени предоставляются в IP-подсетях; конкретные IP-подсети, связанные с данным виртуальным каналом, указываются в виде ссылок в таблице наземных виртуальных каналов (TVCT) и связанных с ней таблицах PAT/PMT. Стандарт NRT определяет семь моделей потребления.

9.3.2.2 Интерактивные услуги

Стандарт интерактивных услуг A/105 системы ATSC позволяет радиовещательным компаниям соединять радиовещательные программы с дополнительными услугами, связанными с этими программами. Центральное место в этой системе занимают декларативные объекты (DO), предоставляющие пользователю возможности приобрести опыт интерактивного режима работы. Изменения состояния жизненного цикла декларативных объектов (например, запуск или уничтожение DO) могут инициироваться как вещателями, так и зрителями. Данная система предусматривает возможность распространения этих служб на второй экран и обеспечивает доставку необходимых ресурсов через интернет-канал.

Помимо услуг, уже ставших частью традиционного наземного вещательного телевидения, в число услуг, описываемых в стандарте интерактивных услуг, входят:

– персонализация;
– отчеты об использовании услуг;
– доступ приемника к веб-серверам;
– поддержка автоматического распознавания контента.

Стандарт интерактивных услуг и соответствующие стандарты ATSC поддерживают три контекста интерактивности:

– ждущие интерактивные вспомогательные информационные услуги;
– прочие интерактивные NRT-услуги;
– интерактивные приложения, не связанные с какой-либо услугой.

В каждом случае интерактивность обеспечивается декларативными объектами (DO), которые соответствуют спецификациям стандарта интерактивных услуг.

9.3.3 ATSC 3.0

На момент написания этого Справочника стандартизация системы ATSC 3.0 все еще продолжалась. Однако, согласно материалам МСЭ-R, ожидается, что ATSC 3.0 будет предоставлять следующие услуги [9.70]:

– телевидение высокой четкости;
– мультимедийное радиовещание;
– цифровой объемный звук формата 5.1;
– электронные программы передач;
– усовершенствованные скрытые субтитры;
– обратно совместимые усовершенствования.

ATSC 3.0 предъявляет следующие требованиями к физическому уровню [9.70]:

– гибкая, надежная система передачи;
– большая пропускная способность (больше битов/Гц);
– возможность изменения пропускной способности за счет надежности;
– надежные средства обнаружения системы и сигнализации;
– встроенные возможности приема на мобильные/карманные устройства;

– гибкий выбор скорости передачи данных и зоны покрытия;
– возможность включения ретрансляторов в совмещенном канале для обеспечения надежного внутреннего и мобильного приема;
– связывание каналов дает возможность совместного использования спектра;
– опция возвратного канала для развивающихся рынков;
– эффективное использование спектра.

Ожидаемые функции физического уровня [9.70]:

– размеры БПФ – 8K, 16K и 32K;
– возможность мультиплексирования с временным разделением;
– концепция конвейера физического уровня остается той же; вероятно, будет поддерживаться режим многопотокового PLP;
– иерархические преамбулы, предшествующие кадрам;
– проверка четности с низкой плотностью для упреждающей коррекции ошибок аналогична, но предусмотрены новые коды с другими скоростями кодирования;
– сигнал самозагрузки имеет надежный показатель *C*/*N* 10 дБ для синхронизации и отслеживания типов систем;
– неравномерные совокупности символов модуляции обеспечивают улучшение эксплуатационных показателей более чем на 1 дБ;
– возможности более высокого порядка модуляции (до 4096-QAM);
– мультиплексирование с многоуровневым разделением обеспечивает надежную зону обслуживания;
– расширенный диапазон рабочих точек SNR (от –6 дБ до более 30 дБ);
– назначение 4 PLP на службу для уверенной работы (надежное аудио, масштабируемые варианты кодирования видеосигналов);
– связывание каналов дает возможность совместного использования спектра.

Ожидаемые средства управления и протоколы [9.70]:

– уровень управления и уровень протоколов;
– доставка и синхронизация услуг;
– объявление и персонализация услуг;
– интерактивные услуги и дополнительные экраны;
– поддержка перераспределения/водяные знаки;
– для вещательной доставки как потокового контента, так и файлов будет использоваться (только) IP-транспорт;
– радиовещание – это часть интернета.

Ожидаемые характеристики видеосигнала ATSC 3.0 [9.70]:

– основной целью ATSC 3.0 является ТСВЧ – сегодня это 4k с возможностью перехода на 8k в будущем;
– разрешение 3840 × 2160;
– частота кадров 60 Гц (рассматривается 120 Гц);
– большой динамический диапазон;
– широкая цветовая гамма (в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R BT.2020);
– 10 бит/пиксель;
– доставка ТВЧ на мобильные и карманные устройства, такие как планшеты.

Видеосистема ATSC 3.0 будет использовать последние достижения в области технологий кодирования:

– MPEG HEVC (тщательно изучается масштабируемое кодирование видеоизосигналов);
– привлекательна с учетом возможного повышения эффективности;
– проблемой может стать сложность системы;
– перспективная система для доставки услуг на несколько платформ;
– HEVC с масштабируемыми расширениями (т. н. SHVC) – двукратная пространственная масштабируемость между базовым уровнем (BL) и уровнем расширения (EL); базовый уровень оптимизирован для мобильного приема; уровень расширения оптимизирован для разрешения СВЧ.

Характеристики аудиосигналов ATSC 3.0 [9.70]:

– поддержка звука с эффектом погружения обеспечит высокое пространственное разрешение для локализации источников звука;
– азимут, высота, расстояние (расширенные возможности режима звукового окружения для более эффективного "устранения недоверия");
– аудиосигналы ATSC 3.0, предназначенные для различных устройств – стационарных, мобильных и карманных;
– различные конфигурации громкоговорителей и наушников, включая субоптимальные варианты;
– аудиосигналы ATSC 3.0 обеспечат возможности выбора и смешивания аудиокомпонентов;
– управление диалогом – лица с нарушениями слуха могут повысить уровень диалога;
– альтернативные аудиодорожки – несколько языковых дорожек, дорожки специального комментария и музыкальных спецэффектов;
– позволяют зрителям выбирать элементы из смеси программ и настраивать их в соответствии со своими предпочтениями.

9.4 DVB-T и DVB-T2

Согласно стандартам ETSI EN 300 744 [9.36] и ETSI EN 302 755 [9.8] системы DVB-T/DVB-T2 определяются как функциональные блоки, которые выполняют адаптацию телевизионных сигналов основной полосы на выходе транспортного мультиплексора к характеристикам наземного канала. Для передачи сигналов телевизионного вещания используются каналы шириной 1,7 МГц и 7 МГц в полосе частот 174–230 МГц и канал шириной 8 МГц в полосе частот 470–862 МГц.

Кроме того, системы DVB-T и DVB-T2 служат эффективным средством доставки цифрового сигнала в условиях многолучевости и могут использоваться в других приложениях, таких как электронный сбор новостей (ENG) или микроволновая распределительная система (для DVB-T см. ETSI EN 301 701 [9.37]). Использование DVB-систем в приложениях ENG рассматривается в главе 15.

Благодаря универсальным форматам ввода передаваемой информации, высокой гибкости при выборе параметров для достижения компромисса между пропускной способностью канала и мощностью входного сигнала приемника, возможности надежно функционировать в радиовещательных сетях разного типа (многочастотных или одночастотных) и при разных условиях приема (фиксированный, прием на портативные устройства и мобильный прием) системы DVB-T и DVB-T2 используются в качестве основных стандартов цифрового наземного телевизионного вещания во многих странах (см. карту на рисунке 9.24). Более подробная информация о состоянии внедрения этих стандартов представлена на веб-сайте проекта DVB (www.dvb.org).

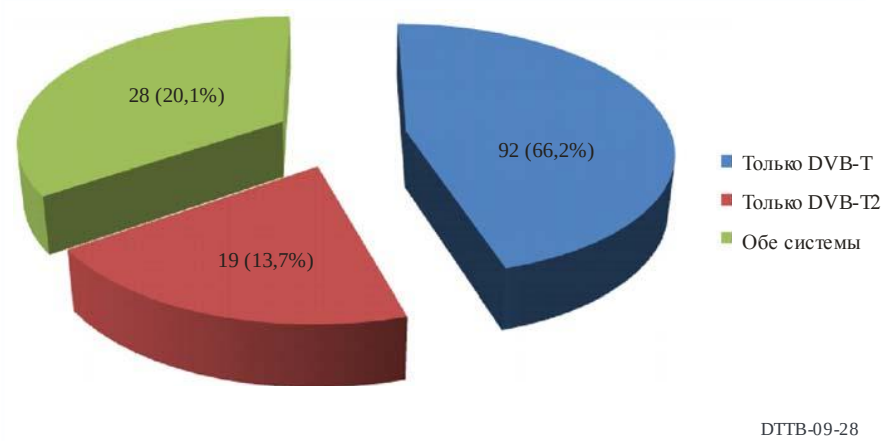
Некоторые статистические данные о внедрении систем DVB-T и DVB-T2, представленные проектом DVB, приведены на рисунках 9.28–9.30.

Анализ по определению количества стран, использующих системы DVB-T или DVB-T2, представлен на рисунке 9.28, где страны сгруппированы следующим образом:

– страны, в которых происходит или завершено внедрение DVB-T;
– страны, в которых происходит или завершено внедрение DVB-T2;
– страны, в которых происходит или завершено внедрение DVB-T и DVB-T2.

РИСУНОК 9.28

Внедрение систем DVB-T и DVB-T2 (сентябрь 2016 года)



Анализ показывает, что в августе 2015 года из 139 стран, где было выбрано DVB, в 92 странах (66,2%) использовались или внедрялись только радиовещательные сети DVB-T, в 19 странах (13,7%) – только DVB-T2 и в 28 странах (20,1%) – оба стандарта.

По состоянию на сентябрь 2016 года имеются статистические данные по 150 странам. В 66 странах (44%) используется только DVB-T, в 30 странах – только DVB-T2 и в 54 странах используются обе системы.

На рисунках 9.29 и 9.30 показано состояние внедрения обоих стандартов (DVB-T и DVB-T2).

РИСУНОК 9.29

Внедрение стандарта DVB-T

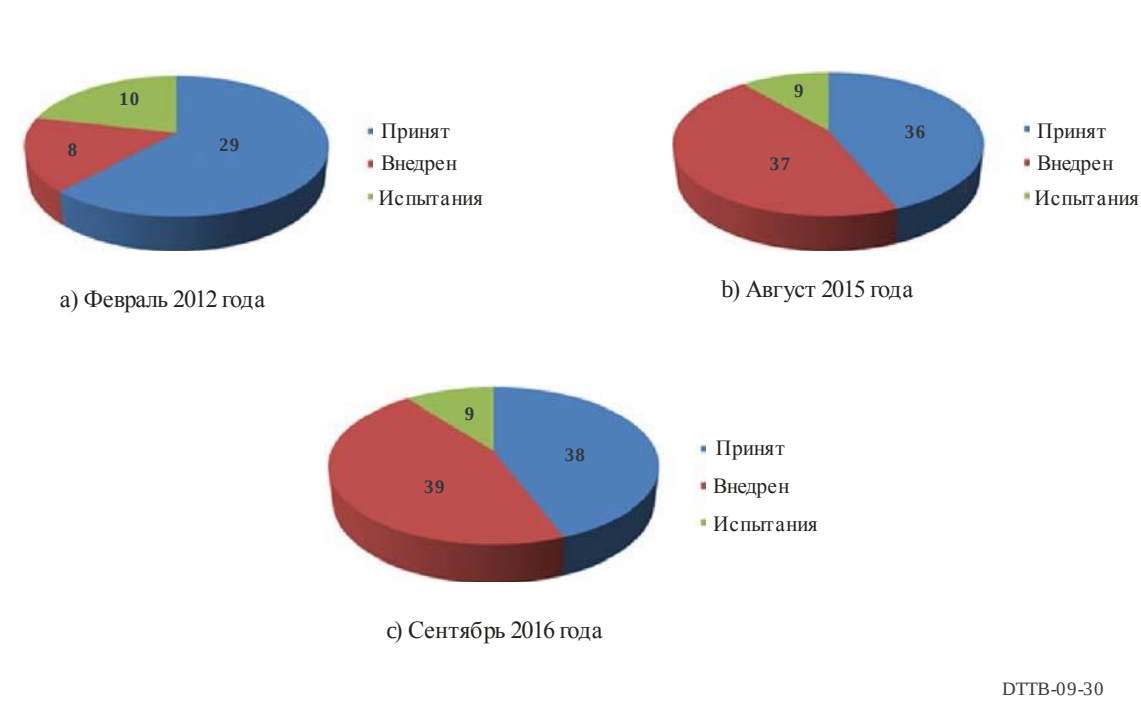


a) Февраль 2012 года

b) Сентябрь 2016 года

РИСУНОК 9.30

Внедрение стандарта DVB-T2



a) Февраль 2012 года

b) Август 2015 года

c) Сентябрь 2016 года

DTTB-09-30

В отличие от DVB-T внедрение DVB-T2 ускоряется. Статистика показывает, что за три года с 2012 по 2016 год количество развернутых сетей увеличилось с 8 до 39. Кроме того, количество стран, которые приняли стандарт DVB-T2, также увеличилось с 29 до 38.

9.4.1 DVB-T и его расширения для мобильных ТВ-услуг

Во многих ранних DVB-системах использовался стандарт DVB-T, вот почему для полноты представлена информация и об этой системе. Ожидается, что в новых реализациях будет использоваться стандарт DVB-T2 (см. раздел 9.4.2).

9.4.1.1 Архитектурная модель и стек протоколов DVB-T/H

В таблице 9.15 приведен пример стека протоколов для системы DVB-T. Основным протоколом передачи аудиовизуальной информации по физическим каналам является транспортный поток MPEG-2.

ТАБЛИЦА 9.15

Пример стека протоколов для передачи сигналов цифрового телевизионного вещания DVB-T

<table>
<tr><td colspan="6">Применение (воспроизведение, запись и т. д.)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">MPEG-4 AVC/HEVC</td><td rowspan="2">Видео MPEG-2</td><td rowspan="2">Аудио MPEG</td><td rowspan="2">AC-3, DTS</td><td>Субтитры, телетекст</td><td>EPG, ESG</td></tr>
<tr><td>PSI</td><td>SI</td></tr>
<tr><td colspan="4">PES MPEG-2</td><td colspan="2">Раздел MPEG-2</td></tr>
<tr><td colspan="6">Транспортный поток MPEG-2</td></tr>
<tr><td colspan="6">Физический уровень DVB-T (RS, M-QAM и т. д.)</td></tr>
</table>

В качестве методов сжатия видеокомпонентов могут использоваться MPEG-2, MPEG-4 AVC или HEVC; для сжатия аудиокомпонентов могут использоваться AC-3, DTS, MPEG-1, MPEG-2 или MPEG-4. Кроме того, в виде элементарных потоков данных в закрытых разделах MPEG-2 доставляются вспомогательные элементарные потоки (субтитры, телетекст и т. д.).

Расширение DVB-T для мобильных ТВ-услуг. Хотя система передачи DVB-T доказала свою способность обслуживать стационарные, портативные и мобильные терминалы, для карманных терминалов (легкие устройства с батарейным питанием, относительно небольшим экраном и встроенной антенной) требуются системы передачи с особыми характеристиками. По этой причине в рамках стандарта DVB разработана специальная система передачи для карманных терминалов (DVB-H). Эта система основана на стандарте DVB-T с дополнительными функциональными блоками, предназначенными конкретно для DVB-H. Таким образом система DVB-H обеспечит тот же географический охват, что и в случае системы DVB-T, и аналогичные сетевые структуры с функцией хендовера (без прерывания соединения) между ячейками DVB-H. Такой вариант системы DVB-H называется DVB-T/H. Возможна также реализация выделенных сетей DVB-H.

В таблице 9.16 приведен пример стека протоколов для системы DVB-H.

ТАБЛИЦА 9.16

Стек протоколов системы DVB-T/H

<table>
<tr><td>Уровень приложения</td><td colspan="2">Приложение на основе видеосигналов в реальном времени</td><td>Приложение на основе файлов</td><td>ESG</td></tr>
<tr><td>Уровень представления</td><td colspan="3">H.264/MPEG-4 AVC (видео) HE-AACv1/v2 (аудио)</td><td>XML, HTML</td></tr>
<tr><td>Сеансовый уровень</td><td colspan="2">RTP</td><td colspan="2">FLUTE/ALC</td></tr>
<tr><td>Транспортный уровень</td><td colspan="4">UDP</td></tr>
<tr><td>Сетевой уровень</td><td colspan="4">IP (IPv4/IPv6)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Канальный уровень</td><td>MPE</td><td colspan="2">Квантование времени</td><td>MPE-FEC</td></tr>
<tr><td colspan="4">Транспортный поток TS MPEG-2</td></tr>
<tr><td>Физический уровень</td><td colspan="4">Физический уровень DVB-T/H (M-QAM, OFDM, RS, CC)</td></tr>
</table>

MPE и MPE-FEC с данными IP и соответствующими секциями данных RS восстанавливаются из транспортного потока TS MPEG-2. Для унификации системы DVB-H и доступа к интерактивным услугам в системе используется типичный для IP-сетей стек протоколов IP/UDP/RTP. На уровне представления декодирование видеоинформации основано только на MPEG-4 (например, H.264/MPEG-4 AVC), а сжатие аудиоинформации – на MPEG-1 и MPEG-2 AAC (аудиокодирование с улучшенным качеством).

В случае применения на основе файлов во время передачи сигналов без необходимости немедленного потребления услуг в системе DVB-H используется стек протоколов FLUTE/ALC. Эти протоколы используются для многоадресной и одноадресной передачи данных на основе IP-протокола (IPDC) для DVB-H. Для операций поиска и приобретения услуг используется электронный справочник услуг (ESG), возможно, на базе представлений XML/HTML.

Спутниковая поддержка для мобильных ТВ-услуг в системе DVB-T/H. *Цифровое телевизионное вещание – спутниковые услуги для приема на карманные устройства* (DVB-SH) – это система, которая предоставляет мультимедийный контент и данные на основе IP для радиовещательных служб через гибридную спутниковую и наземную инфраструктуру, работающую на частотах ниже 3 ГГц, на разнообразные портативные и мобильные терминалы, оснащенные компактными антеннами с весьма ограниченной или отсутствующей направленностью. В число целевых терминалов системы входят карманные устройства, определяемые как легкие устройства с батарейным питанием (карманные компьютеры, мобильные телефоны и т. п.), автомобильные и переносные устройства (ноутбуки, блокнотные компьютеры и т. п.) и стационарные терминалы. В DVB-SH используется набор

стандартов доставки контента, электронного справочника услуг, а также приобретения и защиты услуг DVB IP Datacast (IPDC). Он включает в себя такие функции, как турбокодирование для упреждающей коррекции ошибок и гибкий перемежитель в составе усовершенствованной системы, разработанной для создания гибридной спутниковой/наземной топологии сети.

Покрытие в системе DVB-SH достигается путем объединения спутникового компонента (SC) и, при необходимости, дополнительного наземного компонента (CGC), чтобы обеспечить непрерывность обслуживания в тех районах, где один спутниковый компонент не в состоянии предоставить требуемое качество обслуживания. SC обеспечивает покрытие большой территории, а CGC – такое же покрытие, как в случае радиовещательной или сотовой сети. Таким образом можно обслуживать все виды окружающей среды приема (вне помещения, в помещении, в городских, пригородных и сельских районах). Следует отметить, что зона, обслуживаемая лучом планируемых в настоящее время многолучевых спутников, составляет порядка 600 000 км^2. Гибридный характер систем DVB-SH влияет на несколько аспектов обслуживания – реализацию функции хендовера, обнаружение услуг и доступ к услугам, электронный справочник услуг (ESG). Следует также отметить, что в некоторых странах правила могут допускать развертывание CGC в ожидании запуска спутника. В феврале 2007 года проект DVB опубликовал стандарт DVB-SH, который после публичного обсуждения был утвержден как стандарт ETSI и стал называться ETSI EN 302 583 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz.* Список взаимодополняющих стандартов, включая руководство по внедрению (ETSI TS 102 584), приведен в списке справочных документов [9.103] – [9.110].

9.4.1.2 Основные технологии, используемые в DVB-T

В стандарте DVB-T используются следующие основные технологии:

- формат потока системы – измененный транспортный поток MPEG-2 для доставки информации традиционных телевизионных приложений (субтитры, телетекст, электронная программа передач и т. д.) с дополнительной информацией о телевизионных программах, интерактивными приложениями и т. д.;
- алгоритмы FEC – каскадный блочный код RS (204, 188, 8) и совместимый по скорости выколотый сверточный код (RCPC) (возможные скорости кодирования 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) для обеспечения подсистемы перемежения/модуляции квазибезошибочного режима (QEF), в котором коэффициент ошибок по битам (BER) на выходе декодера внутреннего канала составляет приблизительно 2×10^{-4}, а BER для декодера внешнего канала составляет 10^{-11}–10^{-12};
- перемежение – двухступенчатое перемежение в сверточном перемежителе во временной области (внешнее перемежение) и перемежитель частоты битов/символов (внутреннее перемежение) для уменьшения влияния частотно-избирательного замирания и импульсных помех;
- цифровая модуляция – созвездия сигналов с двоичным циклическим кодом QPSK, 16-QAM, 64-QAM, обеспечивающие различные компромиссы между помехоустойчивостью и эффективностью использования спектра;
- режимы модуляции – однородные (обычные) созвездия сигналов и неоднородное (иерархическое) созвездие сигналов, в которых услуга может передаваться с различной степенью помехоустойчивости;
- уменьшение влияния эффекта многолучевости – использование COFDM с тремя основными режимами (2K и 8K, 4K в качестве расширения для DVB-H) и четырьмя защитными интервалами (доля защитного интервала 1/4, 1/8, 1/16, 1/32), обеспечивающее возможность надежной передачи услуг для приема в различных условиях (стационарный прием, прием на портативные устройства и мобильный прием);
- компенсация канала и автоматическая конфигурация – рассредоточенные и непрерывные пилот-сигналы для оценки и компенсации канала, частотная и временная синхронизация; пилот-сигналы TPS для автоматической конфигурации приемника (настройка режимов OFDM, модуляции, кодирования и т. д.);

– разнесенный прием для улучшения характеристик приемника – не обязательно (не входит в базовый стандарт);
– ширина полосы канала – значения полосы пропускания составляют 5 МГц, 6 МГц, 7 МГц и 8 МГц, что обеспечивает возможность использования системы в разных частотных планах;
– поддерживаемые сетевые режимы – одночастотные и многочастотные сети разных размеров и конфигураций;
– специальные средства синхронизации в одночастотной сети – пакет инициализации мегакадра (MIP).

С учетом того что система DVB-H основана на физическом уровне DVB-T, ниже приведены конкретные технологии, характерные для этой системы мультимедийного радиовещания. Другие технологии практически аналогичны технологиям DVB-T.

Технические решения DVB-H:

– снижение энергопотребления приемника – квантование времени в целях энергосбережения путем декодирования только части общего потока, содержащей данные требуемой услуги. Снижение энергопотребления с помощью определенных параметров канального уровня DVB-H (размер пакета, длительность пакета, время выключения и т. д.) составляет примерно 90%;
– мультипротокольная инкапсуляция (MPE) – главное отличие DVB-H от DVB-T заключается в том, что передача информации любой услуги осуществляется на основе IP-дейтаграмм. IP-дейтаграммы инкапсулируются в TS MPEG-2 посредством процедуры MPE;
– упреждающая коррекция ошибок для данных с многопротокольной инкапсуляцией (MPE-FEC) – факультативная технология MPE-FEC позволяет улучшить пороговое значение C/N, с которым приемник работает в квазибезошибочном режиме (QEF), и уменьшить влияние эффекта Доплера при многолучевом приеме. Это достигается путем включения дополнительной коррекции ошибок на уровне MPE с использованием кода Рида-Соломона (скорости кодирования блоков 1/1 (без кодирования), 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8). Таким образом обеспечивается возможность выбора различных скоростей канального кодирования, так что достигается требуемый компромисс между помехоустойчивостью и скоростью передачи данных;
– расширенный набор режимов OFDM – дополнительный режим передачи, используемый в системе DVB-H на физическом уровне, – это режим 4k. Он вводится для повышения гибкости при планировании сети за счет достижения компромисса между мобильностью приемника и размерами ячеек в одночастотной сети;
– расширенный набор схем перемежения – в дополнение к схемам перемежения, используемым в системе DVB-T, в системе DVB-H используется углубленный перемежитель символов (выбор между обычным и углубленным перемежителем – внутренний перемежитель в DVB-T). Кроме того, при кадрировании DVB-H реализуется виртуальное перемежение блоков секций MPE и MPE-FEC с глубиной перемежения, зависящей от размера кадра;
– расширенная система TPS – для сигнализации параметров элементарного потока в мультиплексе DVB-H используется канал TPS, определенный в DVB-T. Зарезервированный канал данных с информацией о доступности элементарных потоков с квантованием времени DVB-H в общем мультиплексе и использовании MPE-FEC.

Ключевые технологии системы DVB-SH (в дополнение к функциям DVB-T/H, которые рассматривались для наземного сегмента):

– расширенные методы доступа к радиовещательному каналу – в разных сегментах полной сети используются режимы TDM и FDM;
– улучшенная коррекция ошибок – в DVB-SH для исправления ошибок в сегменте спутниковой сети используется турбокод 3GPP со скоростями кодирования 1/5, 2/9, 1/4, 2/7, 1/3, 2/5, 1/2, 2/3;
– увеличенная ширина полосы и расширенные методы модуляции – DVB-SH определено использование полосы пропускания 1,7 МГц и схем модуляции QPSK, 8-PSK, 16-APSK.

9.4.1.3 Физический уровень для DVB-T и расширение для мобильных ТВ-услуг

Спецификация DVB-T предлагает ряд доступных значений чистой битовой скорости от 4,98 Мбит/с до 31,67 Мбит/с (см. ETSI EN 300 744 [9.36]).

К потоку данных на физическом уровне DVB-T должны применяться следующие процессы:

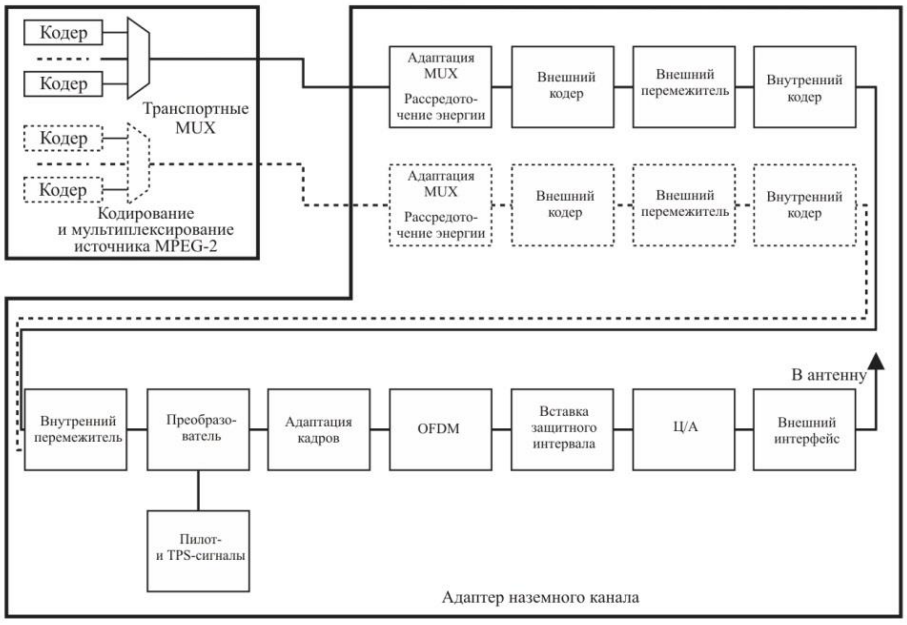
– адаптация транспортного мультиплекса и его рандомизация для рассредоточения энергии;
– внешнее кодирование (то есть код Рида-Соломона);
– внешнее перемежение (то есть сверточное перемежение);
– внутреннее кодирование (то есть перфорированный сверточный код);
– внутреннее перемежение (обычное или углубленное);
– преобразование и модуляция;
– передача с ортогональным частотным разделением (OFDM).

Тракт адаптации системы DVB-T показан на рисунке 9.31. При этом следует учитывать, что наземный канал характеризуется высоким уровнем шума, а тракт адаптации к помехам сложнее по сравнению с системами цифрового радиовещания в других средах распределения программ (кабельного и спутникового). Блок-схема содержит второй параллельный тракт, используемый для иерархического режима передачи (на рисунке он выделен пунктирной линией).

Поскольку эта система предназначена для услуг цифрового наземного телевидения, работающих в рамках существующего распределения спектра ОВЧ и УВЧ для аналоговых передач, требуется, чтобы она обеспечивала достаточную защиту от высоких уровней помех в совмещенном канале (CCI) и помех по соседним каналам (ACI), создаваемых существующими службами PAL/SECAM/NTSC. Также требуется, чтобы данная система обеспечивала максимальную эффективность использования спектра в диапазонах ОВЧ и УВЧ; это требование может быть выполнено путем применения одночастотной сети (ОЧС).

РИСУНОК 9.31

Тракт адаптации системы цифрового наземного телевизионного вещания (DVB-T)



DTTB-09-31

Для соблюдения этих требований предлагается система OFDM с каскадным кодированием и исправлением ошибок. Чтобы достичь максимальной общности с базовыми спецификациями спутниковой (см. EN 300 421) и кабельной (см. EN 300 429) систем, используется одинаковое внешнее кодирование и внешнее перемежение, а внутреннее кодирование выбрано одинаковым с базовой спецификацией спутниковой системы. Чтобы обеспечить оптимальный компромисс между топологией сети и эффективностью использования частот, установлен гибкий защитный интервал. Это позволяет системе поддерживать различные конфигурации сети, такие как крупномасштабная ОЧС и единственный передатчик, сохраняя при этом максимальную эффективность использования частот.

Для передач DVB-T и DVB-H определены два режима работы – режим 2k и режим 8k. Режим 2k подходит для работы с одним передатчиком и для небольших сетей ОЧС с ограниченными расстояниями между передатчиками. Режим 8k может использоваться как для работы с одним передатчиком, так и для небольших и крупных сетей ОЧС.

Исключительно для использования в системах DVB-H в Приложении F определен третий режим передачи – режим 4k, предназначенный для удовлетворения специфических требований терминалов типа карманных устройств. Режим 4k обеспечивает дополнительный компромисс между размером ячейки сотовой сети передачи и возможностями мобильного приема, создавая дополнительную степень гибкости для планирования сетей DVB-H.

Данная система позволяет использовать различные уровни модуляции QAM и различные скорости внутреннего кодирования для обеспечения компромисса между битовой скоростью передачи и устойчивостью к помехам. Эта система также допускает двухуровневое иерархическое канальное кодирование и модуляцию, включая созвездие сигналов с единым и переменным разрешением. В таком случае функциональная блок-схема системы расширяется с добавлением модулей, показанных на рисунке 9.31 пунктиром. Два независимых транспортных потока MPEG, называемые высокоприоритетным и низкоприоритетным потоками, преобразуются в созвездие сигналов с помощью преобразователя и модулятора с соответствующим количеством входов.

Чтобы сигналы, излучаемые такими иерархическими системами, могли гарантированно приниматься простым приемником, иерархическая часть ограничивается иерархическим канальным кодированием и модуляцией без использования иерархического кодирования источника.

Таким образом услуги программы могут одновременно распространяться в виде низкоскоростной устойчивой версии и еще одной версии с повышенной скоростью передачи данных и меньшей устойчивостью. Кроме того, совершенно разные программы могут передаваться в отдельных потоках с разными показателями устойчивости. В любом случае приемнику требуется только один набор элементов обратного преобразования – внутренний деперемежитель, внутренний декодер, внешний деперемежитель, внешний декодер и адаптер мультиплекса. Единственным дополнительным требованием, предъявляемым таким образом к приемнику, является способность демодулятора/обратного преобразователя создавать один поток, выбранный из потоков, преобразованных на передающем конце.

Ценой этой экономии в приемнике является невозможность переключения приема с одного уровня на другой (например, для выбора более устойчивого уровня в случае ухудшения приема) в процессе непрерывного декодирования и представления изображений и звука. Требуется пауза (например, остановка видеокадра примерно на 0,5 секунды, прерывание звука примерно на 0,2 секунды), пока внутренний декодер и различные декодеры источников не перенастроятся соответствующим образом и не восстановят синхронизацию.

Более подробная информация об обработке TS MPEG-2 в тракте адаптации DVB-T приведена в ETSI EN 300 744 [9.36] и ETSI TR 101 190. Другая полезная информация по реализации DVB-T содержится в [9.166], [9.167].

Мобильный прием DVB-T на основе технологий разнесения антенн. В своей простейшей форме разнесение антенн реализуется в приемнике, который в параллельном режиме демодулирует сигналы нескольких (обычно от двух до четырех) приемных антенн. Затем наилучший выходной сигнал из этих принятых сигналов (как правило, с самым низким значением BER) направляется на дальнейшую обработку. Технически примечательным шагом вперед является применение принципа суммирования

когерентных несущих (CCS), когда перед демодуляцией сигналы COFDM от разных приемных антенн объединяются в когерентной форме. Это было продемонстрировано в Италии и более подробно описано в [9.74]. Также можно обеспечить взвешенное суммирование на уровне основной полосы, как продемонстрировано в Японии (см. раздел 9.5.2). Для обоих этих методов объединения были достигнуты значительные улучшения в плане ослабления избирательных замираний и понижения уровня *C*/*N*.

Результаты испытаний показывают, что разнесение значительно улучшает качество приема по сравнению с "классическим" приемом на одну антенну[30]. Возможны разные варианты разнесенного приема (объединение максимальных радиосигналов, когерентное суммирование несущих и т. д.). В таблице 9.17 показаны результаты некоторых испытаний по приему DVB-T с разнесением CCS и без него, причем результаты обоих испытаний выражены как количество прерываний видеосигналов и как процент от общего времени успешного приема на каждой измеренной трассе.

ТАБЛИЦА 9.17

Результат испытаний разнесенного приема для стандарта DVB-T

Трасса	**Общее количество прерываний**		**Процент T_{on}/T_{total}**	
	Одна антенна	**CCS**	**Одна антенна**	**CCS**
Аграте – Дальмине	5	1	13%	100%
Дальмине – Центр управления RaiWay, Монца	18	3	15%	98%
Центр управления RaiWay, Монца, – Сесто-Календе (A4, A8, A26)	22	15	25%	90%
Сесто-Календе – Центр управления RaiWay, Монца (A26, A8, северная объездная дорога)	46	6	43%	95%
Милан – окружная дорога ("третье кольцо")	114	10	51%	99%
Милан – внутригородская трасса (исторический центр)	75	34	36%	91%

Основными элементами канального уровня, характерными для системы DVB-H, являются квантование времени и упреждающая коррекция ошибок для инкапсулированных многопротокольных данных (MPE-FEC). Основными элементами физического уровня, определенного в системе DVB-T, являются сигнализация о параметрах передачи (TPS), режим передачи 4k и углубленное перемежение символов.

Передача на физическом уровне DVB-T осуществляется посредством OFDM с несколькими несущими. Для DVB-H определяется только один новый элемент физического уровня по сравнению с DVB-T – расширенная система сигнализации TPS для элементарных потоков DVB-H в общем мультиплексе. Поток данных DVB-H также совместим с транспортным потоком DVB.

В дополнение к передаче мультимедийного вещания в сетях наземного радиовещания система DVB-H используется в качестве наземного сегмента гибридной системы мультимедийного вещания DVB-SH.

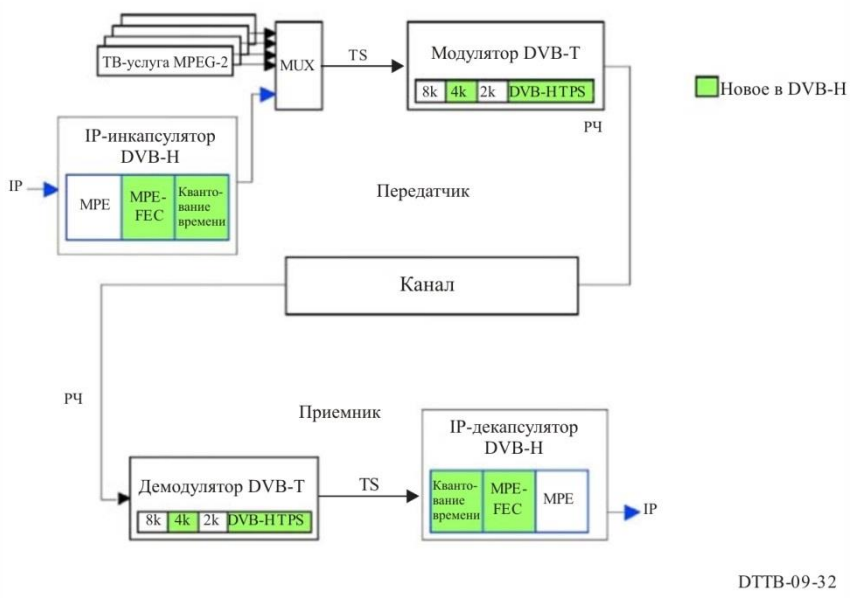
Физический уровень DVB-H основан на физическом уровне системы DVB-T, за исключением входных IP-потоков, состоящих из IP-дейтаграмм. Эталонная архитектура физического уровня DVB-H представлена на рисунке 9.32.

---

[30] Аналогичного улучшения качества можно ожидать и от других систем ЦНТВ, использующих разнесенный прием.

РИСУНОК 9.32

Эталонная архитектура физического уровня DVB-H



В данном случае типичные ТВ-услуги MPEG-2 и услуги с квантованием времени DVB-H могут передаваться в общем мультиплексе. Услуги DVB-H могут передаваться с использованием полной пропускной способности мультиплекса (то есть выделенная сеть DVB-H). Как показано на рисунке 9.32, терминалы типа карманного устройства декодируют и обрабатывают только услуги, основанные на IP-протоколе. Демодулятор DVB-T, поддерживающий режимы 2k, 4k и 8 k с соответствующей сигнализацией TPS DVB-H, восстанавливает пакеты транспортного потока MPEG-2 из радиосигнала. Модуль квантования времени используется для понижения энергопотребления и функции плавного (без прерывания соединения) хендовера услуг в системе DVB-H. Модуль MPE-FEC, предоставляемый DVB-H, обеспечивает дополнительную устойчивость передачи на физическом уровне.

Поскольку квантование времени и MPE-FEC составляют процессы, применяемые на канальном уровне (уровень 2 ВОС), они не создают каких-либо проблем несовместимости и полностью совместимы с существующим физическим уровнем DVB (уровень 1 ВОС) (то есть DVB-T, DVB-S и DVB-C).

Физический уровень для системы со спутниковой поддержкой. Система DVB-SH предназначена для работы на частотах ниже 3 ГГц и поддерживает диапазон УВЧ, диапазон L или диапазон S. Она дополняет и улучшает существующий стандарт физического уровня DVB-H, как описывается в ETSI EN 302 304 [9.111].

Стандарт DVB-SH определяет два режима работы:

– SH-A – определяет использование модуляции COFDM как на спутниковых, так и на наземных линиях связи с возможностью эксплуатации обеих линий в конфигурации ОЧС. Этот режим можно использовать как на прямых, так и на непрямых трассах; два сигнала объединяются в приемнике для улучшения приема в конфигурации ОЧС;

– SH-B – использует мультиплексирование с временным разделением каналов (TDM) в спутниковой линии связи и COFDM в наземной линии связи. Этот режим используется только на прямой трассе. Система поддерживает рекомбинацию кодового разнесения между спутниковым режимом TDM и наземным режимом OFDM для повышения устойчивости передачи к помехам в соответствующих районах (в основном пригородных).

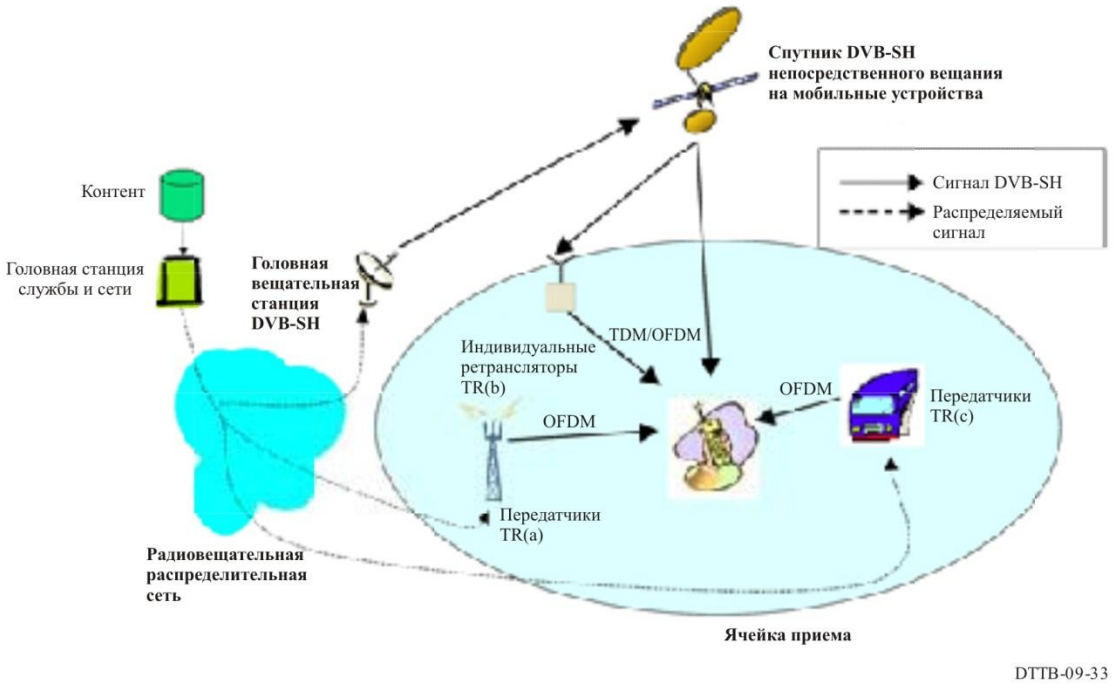
На рисунке 9.33 показана общая схема типичной реализации системы DVB-SH.

В первом случае SH-B использует преимущества спутниковых транспондеров, работающих с полным насыщением, в то время как для SH-A требуются спутниковые транспондеры, работающие в квазилинейном режиме. Во втором случае SH-B не дает или почти не дает никаких эксплуатационных преимуществ по сравнению с SH-A. Помимо этих соображений, связанных исключительно с эксплуатационными характеристиками, на выбор между SH-A и SH-B могут существенно повлиять ограничения частотного планирования, как указано ниже, или гибкость, получаемая благодаря развязке параметров спутниковой и наземной передачи.

Согласно вышеизложенному в соответствии с вариантами сигнала DVB-SH можно различать две разные архитектуры приемников – систему OFDM/OFDM (SH-A) и систему TDM/OFDM (SH-B).

РИСУНОК 9.33

Общая схема типичной реализации DVB-SH



Рисунок, взятый из ETSI TS 102 584.

Основные характеристики физического уровня DVB-SH приведены в таблице 9.18.

ТАБЛИЦА 9.18

Основные характеристики физического и сетевого уровней DVB-SH

Диапазон	УВЧ, диапазон L и S
Ширина полосы	1, 7, 5, 6, 8 МГц
Синхронизация	Пилот-несущие (как в DVB-H) или TDM
Сигналы	TDM или OFDM (1k, 2k, 4k, 8k)
Преобразование OFDM	QPSK, 16-QAM
Преобразование TDM	QPSK, 8-PSK, 16-APSK
Внутреннее кодирование	Турбокодирование
Внутреннее перемежение	Малое
Временное перемежение	От 150 мс до 10 с (PHY + iFEC)
Структура кадра	Служебные символы/квантование времени/ символы OFDM

Топологическая конфигурация DVB-SH. Эта конфигурация заключается в распределении поддиапазонов между топологическими элементами, то есть спутниковыми лучами и наземными ячейками. Во избежание помех смежные лучи не должны иметь общих частот. То же относится и к соседним ячейкам. Однако эти частоты все же можно использовать повторно:

– частоту, используемую в луче/ячейке, можно повторно использовать в другом луче/ячейке, если он(а) достаточно отделен(а) от первого;

– в наземных ячейках может повторно использоваться частота соседнего луча, если они находятся достаточно далеко от этого луча.

Фактическое распределение частот по поддиапазонам может быть довольно сложным из-за возможных помех от смежных спутниковых лучей. В частности, для повторного использования частоты соседнего луча можно рассмотреть возможность повторного наземного использования в центре пятна (вдали от границ), но это возможно не всегда.

Существует два основных подхода к выбору конфигурации сети передатчиков с дополнительным наземным компонентом (CGC):

– подход "высокая плотность, малая мощность" нацелен на повторное использование всех или части существующих передающих станций 3G/2G или создание эквивалентной сети передатчиков с малой или средней высотой антенны. Эти сети, в которых вышки для передающих антенн обычно имеют высоту 30 м, обеспечивают плотное покрытие в черте города в диапазоне ЭИМ от 200 Вт до 1 кВт в пределах от 0,5 км (прием глубоко в помещении) до 2 км (на открытом воздухе);

– подход "низкая плотность, большая мощность" состоит в повторном использовании существующих передающих станций цифрового наземного телевидения или создании эквивалентной сети передатчиков с очень высокими антеннами. Эти сети, в которых вышки для передающих антенн имеют высоту от 100 м до 300 м, обычно обеспечивают покрытие при уровнях ЭИМ от 1 кВт до 4 кВт в пределах от 5 км до 7 км.

Более подробная информация содержится в стандартах ETSI, особенно в ETSI TS 102 584 – *Guidelines for Implementation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3GHz* [9.106].

9.4.1.4 Характеристики системы DVB-T и расширение для мобильных ТВ-услуг

Таким образом в системе DVB-T могут быть выбраны следующие параметры:

– скорость кодирования внутренней защиты от ошибок (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8);

– модуляция несущей (QPSK – 2 бита на несущую; 16-QAM – 4 бита; 64-QAM – 6 битов);

– доля защитного интервала (1/4, 1/8, 1/16, 1/32);

– параметр модуляции α (1 – неиерархическая; 2, 4 – иерархическая);

– длина БПФ; количество несущих (2k – 1705 несущих; 4k – 3409 несущих; 8k – 6817 несущих).

Совокупность этих параметров формирует пространство конфигурации, обеспечивающее определенный компромисс между помехоустойчивостью и чистой скоростью передачи в радиовещательной сети. На рисунке 9.34 иллюстрируется такой компромисс для каждого из трех методов модуляции в канале AWGN. Эти кривые получены путем моделирования [9.153], а пороговые значения отношений *C*/*N* (в режиме QEF) соответствуют стандарту ETSI EN 300 744 v.1.6.1 [9.36].

Кроме того, пороговые значения отношений *C*/*N* и скорости TS MPEG-2 определяются в таблице 9.19. Дополнительную информацию о характеристиках DVB-T в иерархическом режиме см. в ETSI EN 300 744 [9.36].

РИСУНОК 9.34

Зависимость коэффициента ошибок BER после внутреннего декодера Витерби от отношения *C*/*N* для режимов с QPSK (a), 16-QAM (b) и 64-QAM (c)

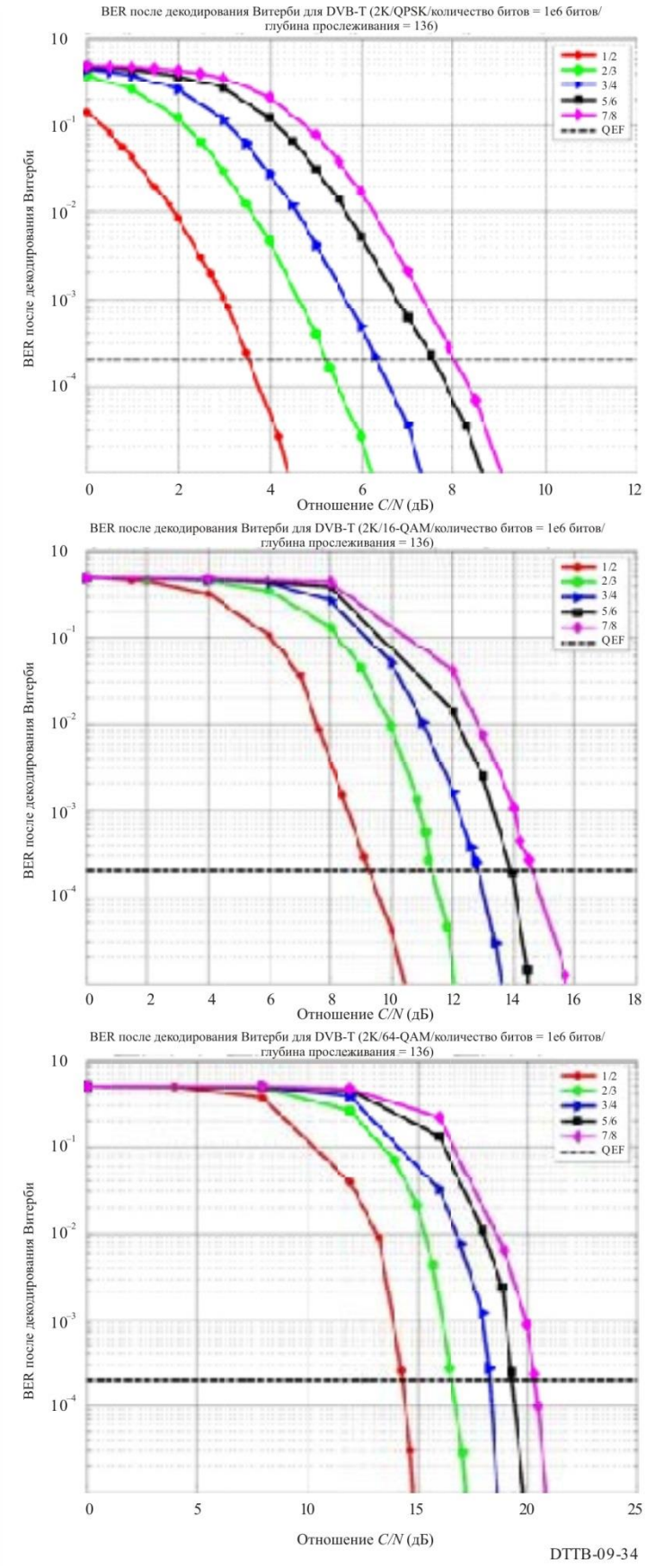


ТАБЛИЦА 9.19

Требуемое отношение *C/N* для неиерархической передачи в целях достижения BER = 2×10^{-4} после декодера Витерби

Модуляция	Скорость кодирования	Требуемое отношение *C/N* (дБ) для BER = 2×10^{-4} после декодера Витерби, QEF после декодера Рида-Соломона			Скорость передачи (Мбит/с) (см. Примечание 3)			
		Гауссов канал	Канал Райса	Канал Рэлея	Δ/T_U = 1/4	Δ/T_U = 1/8	Δ/T_U = 1/16	Δ/T_U = 1/32
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
QPSK	2/3	4,9	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
QPSK	3/4	5,9	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
QPSK	5/6	6,9	8,0	13,1	8,29	9,22	9,76	10,05
QPSK	7/8	7,7	8,7	16,3	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
16-QAM	2/3	11,1	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
16-QAM	3/4	12,5	13,0	16,7	14,93	16,59	17,56	18,10
16-QAM	5/6	13,5	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
16-QAM	7/8	13,9	15,0	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,4	14,7	16,0	14,93	16,59	17,56	18,10
64-QAM	2/3	16,5	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
64-QAM	3/4	18,0	18,6	21,7	22,39	24,88	26,35	27,14
64-QAM	5/6	19,3	20,0	25,3	24,88	27,65	29,27	30,16
64-QAM	7/8	20,1	21,0	27,9	26,13	29,03	30,74	31,67

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Квазибезошибочный (QEF) означает менее одной неисправленной ошибки в час, что соответствует BER = 10^{-11} на входе демультиплексора MPEG-2.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Приведены значения чистой битовой скорости после декодера Рида-Соломона.

Характеристика DVB-H зависит как от параметров канального уровня, так и от конфигурации DVB-T. Для обеспечения достаточного высокого отношения *C/N* и мобильности терминала обычно выбирают порядок цифровой модуляции не выше 16-QAM и скорость сверточного кодирования DVB-T не выше 1/2, 2/3 или 3/4. Возможно также использование других конфигураций системы DVB-T – выбор зависит от организаций, развертывающих сети DVB-T/H, – но с некоторыми ограничениями. Рекомендации по конфигурациям канального и физического уровня приведены в основных стандартах DVB-H.

Чистые скорости передачи данных для DVB-T/H определяются путем соответствующего масштабирования чистых скоростей передачи данных DVB-T с коэффициентом масштабирования, зависящим от относительной скорости кодирования MPE-FEC. Примеры значений чистой скорости передачи данных при скорости кодирования MPE-FEC 1/2 и полной ширине полосы 8 МГц для услуг DVB-H приведены в таблице 9.20.

ТАБЛИЦА 9.20

Чистые скорости передачи данных для DVB-T/H (при скорости кодирования MPE-FEC 1/2)

Модуляция	Скорость кодирования	Защитный интервал			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	2,48	2,76	2,92	3,01
	2/3	3,31	3,68	3,89	4,01
	3/4	3,72	4,14	4,38	4,51
	5/6	4,14	4,60	4,87	5,02
	7/8	4,34	4,83	5,11	5,27
16-QAM	1/2	4,97	5,52	5,84	6,02
	2/3	6,62	7,36	7,79	8,03
	3/4	7,45	8,28	8,76	9,03
	5/6	8,28	9,20	9,74	10,03
	7/8	8,69	9,66	10,23	10,54
64-QAM	1/2	7,45	8,28	8,76	9,03
	2/3	9,93	11,04	11,69	12,04
	3/4	11,18	12,42	13,15	13,55
	5/6	12,42	13,80	14,61	15,05
	7/8	13,04	14,49	15,34	15,80

Ожидается, что приемник DVB-H имеет характеристики, указанные в таблице 9.21, при наложении шума (*N*) на полезную несущую (*C*) в полосе частот сигнала 7,61 МГц. Критерий точки ухудшения составляет 5% от коэффициента ошибок по кадрам при использовании MPE (MFER). Эти значения рассчитаны с использованием теоретических значений *C*/*N*, приведенных в EN 300 744 [9,36], с добавлением запаса на реализацию 1,1 дБ для режима QPSK, 1,3 дБ для режима 16-QAM и 1,5 дБ для режима 64-QAM и исходного значения избыточного шума приемника Рх –33 дБн. Предполагается использование идеального передатчика. Данные значения справедливы для всех скоростей кодирования MPE-FEC. Предполагается, что разность между DVB-T QEF *C*/*N* и процент MFER составляет 1 дБ.

ТАБЛИЦА 9.21

Отношение *C/N* (дБ) для MFER 5% в гауссовом канале

Модуляция	Скорость кодирования	Требуемое значение *C/N* (дБ)			Битовая скорость (Мбит/с)			
		Гауссов канал	Канал Райса	Канал Рэлея	Δ/T_U = 1/4	Δ/T_U = 1/8	Δ/T_U = 1/16	Δ/T_U = 1/32
QPSK	1/2	3,6	3,6	6,5	2,48	2,76	2,92	3,01
QPSK	2/3	5,4	5,7	10,5	3,31	3,68	3,89	4,01
16-QAM	1/2	9,6	9,6	12,8	4,97	5,52	5,84	6,02
16-QAM	2/3	11,7	11,6	16,7	6,62	7,36	7,79	8,03
64-QAM	1/2	14,4	14,7	17,9	7,45	8,28	8,76	9,03
64-QAM	2/3	17,3	17,1	22,4	9,93	11,04	11,69	12,04

9.4.1.5 Сводные данные по параметрам систем

В таблице 9.22 приведены характеристики систем DVB-T и DVB-H (см. также Отчет МСЭ-R BT.2295-1 [9.43]).

ТАБЛИЦА 9.22

Основные характеристики систем DVB-T, DVB-H и DVB-SH

Характеристики	DVB-T, DVB-H, DVB-SH
Режимы приема: – фиксированный – на портативные устройства – на карманные устройства – мобильный	 + + + +
Чистая скорость передачи данных	a) 0,42–3,447 Мбит/с[1] b) 1,332–10,772 Мбит/с[1]; 2,33–14,89 Мбит/с[2] c) 1,60–12,95 Мбит/с[1]; 2,80–23,5 Мбит/с[2] d) 1,868–15,103 Мбит/с[1]; 3,27–27,71 Мбит/с[2] e) 2,135–17,257 Мбит/с[1]; 3,74–31,67 Мбит/с
Эффективность использования спектра (бит/с/Гц)	0,28–2,44[1] 0,46–1,86[2]
Одночастотные сети	Поддерживаются
Типы радиовещания: – звуковое – мультимедийное – ТВ	 + +
Передача данных/виды услуг	Видео, аудио, данные
Диапазоны частот	ОВЧ, УВЧ
Полоса пропускания канала	a) 1,7 МГц[1]; b) 5 МГц; c) 6 МГц; d) 7 МГц; e) 8 МГц
Используемая полоса пропускания	a) 1,52 МГц[1]; b) 4,75 МГц; c) 5,71 МГц; d) 6,66 МГц; e) 7,61 МГц TDM[1]: a) 1,368 МГц; b) 4,27 МГц; c) 5,13 МГц; d) 5,18 МГц; e) 6,838 МГц
Количество сегментов	Настраиваемое количество временных интервалов на полосу пропускания[1]
Количество поднесущих на сегмент	853 (режим 1k)[1]; 1 705 (режим 2k); 3 409 (режим 4k); 6 817 (режим 8k)
Разнос между поднесущими	a) 1 786 kГц (1k)[1] b) 5 580,322 Гц (1k)[1]; 2 790,179 Гц (2k); 1 395,089 Гц (4k); 697,545 Гц (8k) c) 6 696,42 Гц (1k)[1]; 3 348,21 Гц (2k); 1 674,11 Гц (4k); 837,05 Гц (8k) d) 7 812 Гц (1k)[1]; 3 906 Гц (2k); 1 953 Гц (4k); 976 Гц (8k) e) 8 929 Гц (1k)[1]; 4 464 Гц (2k); 2 232 Гц (4k); 1 116 Гц (8k)
Длительность активного символа	a) 560 мкс (1k)[1] b) 179,2 мкс (1k)[1]; 358,40 мкс (2k); 716,80 мкс (4k); 1 433,60 мкс (8k) c) 149,33 мкс (1k)[1]; 298,67 мкс (2k); 597,33 мкс (4k); 1 194,67 мкс (8k) d) 2 128 мкс (1k)[1]; 256 мкс (2k); 512 мкс (4k); 1 024 мкс (8k) e) 112 мкс (1k)[1]; 224 мкс (2k); 448 мкс (4k); 896 мкс (8k)

ТАБЛИЦА 9.22 (*окончание*)

Характеристики	**DVB-T, DVB-H, DVB-SH**
Доля защитного интервала	1/32, 1/16, 1/8, 1/4
Длительность кадра	68 символов OFDM. Один суперкадр состоит из 4 кадров. TDM[1] – 476 слотов физического уровня, каждый из которых содержит по 2176 символов
Временная/частотная синхронизация	Защитный интервал/пилот-сигналы TDM[1]: пилот-символы
Методы модуляции	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, MR-16-QAM, MR-64-QAM[2] TDM[1] – QPSK, 8-PSK, 16-APSK
Внутренняя FEC	a) Сверточный код, скорость материнского кода 1/2 с 64 состояниями. Выкалывание кода для скоростей 2/3, 3/4, 5/6, 7/8[4] b) Турбокод на базе 3GPP2 с емкостью материнского информационного блока 12 282 бита. Скорости, полученные путем выкалывания кода: 1/5, 2/9, 1/4, 2/7, 1/3, 2/5, 1/2, 2/3[3]
Внутреннее перемежение	a) Перемежение битов в сочетании с обычным или углубленным перемежением символов[2] b) Частотное перемежение; временное перемежение (код Форни с 48 ветвями QPSK – 320/9 600 мс 16-QAM – 160/4 800 мс)[1]
Внешняя FEC	Внешний код RS (204, 188, T = 8)[2] Код внешнего IP-канала MPE-FEC RS (255,191)[1]
Внешнее перемежение	Побайтовое сверточное перемежение $I = 12$[1]
Рандомизация данных/ дисперсия энергии	16-битовая PRBS
Иерархическая передача	+
Сигнализация о параметрах передачи	Пилот-несущие TPS

[1] Доступно для DVB-SH.

[2] Доступно для DVB-T, DVB-H.

9.4.1.6 Бюджет линии

Некоторые примеры бюджета линий для DVB-T/H приведены в ETSI TR 102 377 [9.114]. Для иллюстрации бюджета линии минимальная медианная плотность потока мощности и эквивалентные значения минимальной медианной напряженности поля для терминалов категории 3 (карманные портативные конвергентные терминалы), а также различные режимы приема взяты из [9.114] (см. таблицы 9.23 и 9.24). Информация о бюджетах линии в других режимах приема приведена в [9.114].

ТАБЛИЦА 9.23

Минимальная медианная плотность потока мощности и эквивалентная минимальная медианная напряженность поля в диапазоне IV при вероятности охвата мест 70% и 95%

Условие приема: прием на портативные наружные устройства (класс A), город, диапазон IV, категория терминала 3

Частота	***f* МГЦ**	**500**				
Минимально необходимое отношение *C/N* для системы	(дБ)	**2**	**8**	**14**	**20**	**26**
Минимальная мощность входного сигнала приемника	$P_{s\,min}$ (дБВт)	–127,2	–121,2	–115,2	–109,2	–103,2
Минимальное эквивалентное входное напряжение приемника, 75 Ом	$U_{s\,min}$ (дБВт)	12	18	24	30	36
Коэффициент усиления антенны относительно полуволнового диполя	U_a (дБ)	–12				
Эффективная апертура антенны	A_a (дБм^2)	–25,3				
Минимальная плотность потока мощности в месте приема	$ф_{mln}$ (дБВт/м^2)	–101,9	–95,9	–89,9	–83,9	–77,9
Минимальная эквивалентная напряженность поля в месте приема	E_{min} (дБмкВ/м)	44	50	56	62	68
Допустимый уровень индустриального шума	P_{min} (дБ)	0				
Потери из-за уменьшения высоты	L_h (дБ)	22				
Вероятность охвата мест 70%						
Поправочный коэффициент в зависимости от местоположения	C_i (дБ)	3				
Минимальная медианная плотность потока мощности при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	$ф_{med}$ (дБВт/м^2)	–76,9	–70,9	–64,9	–58,9	–52,9
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	E_{med}(дБмкВ/м)	69	75	81	87	93
Вероятность охвата мест 95%						
Поправочный коэффициент в зависимости от местоположения	C_i (дБ)	9				
Минимальная медианная плотность потока мощности при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	$ф_{med}$ (дБВт/м^2)	–70,9	–64,9	–58,9	–52,9	–46,9
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	E_{med}(дБмкВ/м)	75	81	87	93	99

ТАБЛИЦА 9.24

Минимальная медианная плотность потока мощности и эквивалентная минимальная медианная напряженность поля в диапазоне V при вероятности охвата мест 70% и 95%

Условие приема: прием на портативные наружные устройства (класс A), город, диапазон V, категория терминала 3

Частота	***f* МГЦ**	**800**				
Минимально необходимое отношение *C/N* для системы	(дБ)	**2**	**8**	**14**	**20**	**26**
Минимальная мощность входного сигнала приемника	$P_{s\,min}$(дБВт)	–127,2	–121,2	–115,2	–109,2	–103,2
Минимальное эквивалентное входное напряжение приемника, 75 Ом	$U_{s\,min}$ (дБВт)	12	18	24	30	36
Коэффициент усиления антенны относительно полуволнового диполя	U_a (дБ)	–7				
Эффективная апертура антенны	A_a (дБм^2)	–24,4				
Минимальная плотность потока мощности в месте приема	ϕ_{mln} (дБВт/м^2)	–102,8	–96,8	–90,8	–84,8	–78,8
Минимальная эквивалентная напряженность поля в месте приема	E_{min} (дБмкВ/м)	43	49	55	61	67
Допустимый уровень индустриального шума	P_{min} (дБ)	0				
Потери из-за уменьшения высоты	L_h (дБ)	24				
Вероятность охвата мест 70%						
Поправочный коэффициент в зависимости от местоположения	C_i (дБ)	3				
Минимальная медианная плотность потока мощности при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	ϕ_{med} (дБВт/м^2)	–75,8	–69,8	–63,8	–57,8	–51,8
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	E_{med}(дБмкВ/м)	70	76	82	88	94
Вероятность охвата мест 95%						
Поправочный коэффициент в зависимости от местоположения	C_i (дБ)	9				
Минимальная медианная плотность потока мощности при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	ϕ_{med} (дБВт/м^2)	–69,8	–63,8	–57,8	–51,8	–45,8
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	E_{med}(дБмкВ/м)	76	82	88	94	100

Методология определения бюджета линии в разных сценариях реализации сетей подробно описывается в руководящих указаниях ETSI TR 102 584 по внедрению спутниковых услуг для карманных устройств (DVB-SH) в диапазоне частот ниже 3 ГГц.

9.4.1.7 Пример возможного использования системы DVB-T

Существует несколько веб-сайтов (см., например, [9.173]), на которых опубликован фактический состав мультиплексов ЦНТВ. Используя анализатор TS, можно вывести все соответствующие параметры. Типичное измерение обеспечивает, среди прочего, следующие параметры (пример мультиплекса A в Словении от 5 октября 2016 года):

– мультиплекс A – шесть радиовещательных услуг (4 SD и 2 HD):
  - центральная частота 562 МГц;
  - созвездие 64-QAM;
  - скорость кодирования 2/3;

- режим БПФ 8k;
- защитный интервал 1/4;
- полная расчетная полезная битовая скорость 19,9053 Мбит/с.

Система сжатия – MPEG-4 часть 10 (AVC/H.264) и MPEG-4 часть 3 (AAC); для работы с устаревшим оборудованием также предусмотрено аудиокодирование MPEG-1 уровня II.

Ожидается, что услуги радиовещания DVB-T постепенно будут заменяться на DVB-T2 в сочетании со схемой сжатия видеосигналов HEVC (H.265) ввиду ее более высокой эффективности использования спектра. Такой переход цифра–цифра можно осуществить при наличии определенного переходного периода, когда услуги DVB-T и DVB-T2 предоставляются в конфигурации одновременной передачи, или же это может происходить поэтапно, так что всякий раз, когда в заданной зоне начинает работать услуга DVB-T2, передатчик DVT отключается. В любом случае, прежде чем передатчик будет отключен, население должно быть заблаговременно и надлежащим образом уведомлено, поскольку телезрителям потребуется установить новые абонентские приставки или телевизионные приемники.

Например, с июня 2016 года в Германии более чем в 20 городах и агломерациях предварительно транслируются программы по системе DVB-T2/HEVC (только ТВЧ). 29 марта 2017 года эта услуга будет объявлена действующей. Не позднее середины 2019 года будет достигнуто общенациональное покрытие DVB-T2/HEVC. После пуска в эксплуатацию услуги DVB-T2/HEVC во всех пунктах, где такой запуск DVB-T2 произойдет, вещание DVB-T/MPEG-2 будет отключено. При сохранении примерно той же устойчивости каждый мультиплекс (64-QAM) будет содержать не менее 5 программ ТВЧ (1080p50) (плюс дополнительные услуги и поддержка HbbTV) вместо четырех программ ТСЧ на мультиплекс для текущей услуги DVB-T/MPEG-2 (16-QAM). Полезные скорости передачи данных услуг DVB-T2/HEVC в Германии аналогичны этим показателям в Словении (около 20 Мбит/с).

9.4.2 DVB-T2 и расширения для мобильных ТВ-услуг

Наземное цифровое телевизионное вещание второго поколения (DVB-T2) – это наземная система передачи второго поколения для цифрового телевизионного вещания. Она основана на технологиях, используемых в системе DVB-T первого поколения.

Технология DVB-T2 обеспечивает повышенную гибкость при выборе параметров системы, таких как параметры COFDM (размеры БПФ, длительность защитного интервала, количество несущих (нормальное и расширенное)), новые схемы FEC и скорости кодирования, виды модуляции для цифрового наземного вещания, полосы пропускания канала и т. д. Такая гибкость предоставляет более широкий выбор для достижения компромисса между планированием сети, скоростью передачи информации и устойчивостью к помехам при приеме цифрового наземного телевидения.

Кроме того, DVB-T2 значительно сокращает накладные расходы (по сравнению с DVB-T) в случае создания систем с пропускной способностью, близкой к теоретической пропускной способности канала, при наилучшей возможной устойчивости передачи. Ключевой мотивацией внедрения этого стандарта было желание нескольких европейских стран как можно более эффективно и экономично предлагать услуги телевидения высокой четкости (ТВЧ). Переход на ТВЧ неизбежно влечет за собой изменение кодирования источника, что приводит к необходимости приобретать новое бытовое приемное оборудование (абонентские приставки и телевизионные приемники), так что это идеальная возможность одновременно модернизировать систему передачи.

Помимо этого, система DVB-T2 обеспечивает возможность реализации мобильных ТВ-услуг на основе определенного набора параметров системы. Такой режим (система) называется DVB-T2 Lite. Согласно Рекомендации МСЭ-R BT.1833 [9.35] система DVB-T2 Lite (известная как мультимедийная система T2 МСЭ-R), определяется следующим образом:

"*Сквозная система радиовещания для доставки мультимедийного сигнала радиовещания на портативные устройства, основой которой является концепция передачи по каналам физического уровня (PLP) с использованием технологии квантования времени T2. Эта система разработана для оптимизации и существенного повышения эффективности системы мультимедийного радиовещания в плане выбора компромиссного соотношения между параметрами системы, такими как отношение*

несущая/шум (C/N), битовая скорость, сложность приемника и т. д., и обеспечивает возможность одновременной передачи двух разных версий одной услуги с различными битовыми скоростями и уровнями защиты, что позволяет улучшить прием в зонах неуверенного приема".

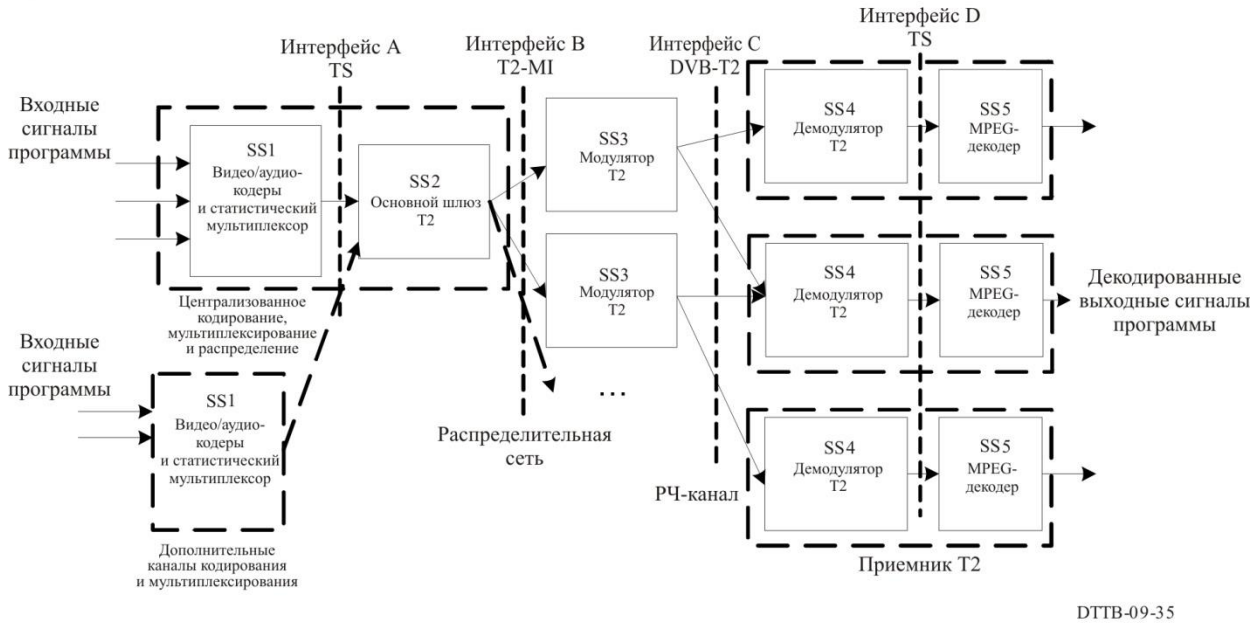
Внедрение T2-Lite может обеспечить прием в автомобилях при более высоких скоростях движения с более устойчивыми режимами БПФ и способами размещениями пилот-сигналов, а также улучшить покрытие для карманных приемников с использованием скоростей кодирования ниже 1/2. Это приводит к сценарию развертывания, при котором одновременно осуществляется вещание для подвижных служб с более низким качеством посредством T2-Lite.

9.4.2.1 Архитектурная модель

Блок-схема верхнего уровня сквозной эталонной цепочки DVB-T2 для случая транспортного потока показана на рисунке 9.35.

РИСУНОК 9.35

Блок-схема цепочки DVB-T2



Всю систему DVB-T2 можно разделить на три основные подсистемы на стороне сети (SS1, SS2, SS3) и две подсистемы на стороне приемника (SS4, SS5). Что касается интерфейсов, то два соответствующих интерфейса (A и B) находятся на стороне сети и один внутренний интерфейс (D) – в приемнике. РЧ-интерфейс (C) – общий для сети и приемника.

На стороне сети имеются три подсистемы.

– **SS1 – подсистема кодирования и мультиплексирования**. Она обеспечивает генерирование транспортных потоков MPEG-2 и/или общих потоков, например GSE. Что касается видеоуслуг, то к ней относятся видео/аудиокодирование плюс соответствующие PSI/SI или другая сигнализация уровня 2. Обычно видеокодирование (а возможно, и аудиокодирование) выполняется с переменной битовой скоростью с общим управлением, обеспечивающим постоянную общую битовую скорость (исключая NULL-пакеты) для всех вместе взятых потоков. Эта подсистема во многом та же, что и для других стандартов DVB, но имеются некоторые аспекты кодирования и мультиплексирования, относящиеся конкретно к T2. Подсистема кодирования и мультиплексирования взаимодействует со шлюзом T2 через интерфейс A (как правило, один или несколько TS MPEG-2 поверх ASI), как указано в [9.8].

– **SS2 – основная подсистема шлюза T2.** Входной интерфейс этой подсистемы в точности совпадает с указанным в [9.8] и применим как к основному физическому уровню DVB-T2, так и к расширению, описанному в Приложении D к [9.8]. Он включает функциональные возможности адаптации режима и адаптации потока для DVB-T2, а также планирование и распределение пропускной способности:
  - основной шлюз T2 обеспечивает на своем выходном интерфейсе (B) поток T2-MI: последовательность пакетов T2-MI, каждый из которых содержит кадр основной полосы, данные вектора *IQ* для любых дополнительных потоков или сигнальную информацию (L1 или ОЧС). Поток T2-MI содержит всю информацию, необходимую для описания контента и моментов времени излучения кадров T2, и один поток T2-MI подается на один или несколько модуляторов в сети. Формат интерфейса T2-MI определяется в [9.150];
  - операции, выполняемые основным шлюзом T2, включают все те части спецификации физического уровня [9.8], которые не полностью предписаны, такие как планирование и распределение. Они должны выполняться в ОЧС централизованно, с тем чтобы все модуляторы гарантированно генерировали один и тот же сигнал.
– **SS3 – подсистема модулятора DVB-T2.** Модуляторы DVB-T2 используют кадры основной полосы и инструкции по сборке кадров T2, содержащиеся во входящем потоке T2-MI, для создания кадров DVB-T2 и излучают их в надлежащее время для правильной синхронизации ОЧС. Эти модуляторы взаимодействуют с приемниками через интерфейс C (передаваемый сигнал DVB-T2).

В приемнике имеются две подсистемы.

– **SS4 – подсистема демодулятора DVB-T2**. Эта подсистема принимает РЧ-сигнал от одного или нескольких (в ОЧС) передатчиков в сети и (в случае транспортного потока) выводит один транспортный поток. SS4 взаимодействует с SS5 через интерфейс D – синтаксически правильный транспортный поток, обычно переносящий одну или несколько услуг, а также любые общие данные сигнализации, полученные из общего PLP. Потоки, проходящие через интерфейс B, идентичны потокам, проходящим через интерфейс D.
– **SS5 – подсистема декодера потока**. Эта подсистема принимает транспортный поток и выводит декодированные видео- и аудиосигналы. Поскольку интерфейс D представляет собой синтаксически правильный транспортный поток, эта подсистема, по существу, та же, что и для других стандартов DVB, за исключением того, что для DVB-T2 были определены некоторые новые элементы сигнализации L2[31].

Система DVB-T2 Lite (известная как цифровая наземная мультимедийная система T2 МСЭ-R) основана на стандарте DVB-T2, поэтому данная система повторно использует инфраструктуру наземного телевизионного вещания на основе общего стандарта (ETSI EN 302 755 v.1.3.1 [9.8]).

Профиль T2-Lite в основном обеспечивает ту же гибкость, что и спецификация DVB-T2, но его эффективность повышена до максимума для мобильного приема и в то же время минимизированы требования, предъявляемые к приемникам. Он спроектирован так, чтобы для поддержки нового профиля потребовались лишь минимальные изменения существующего модулятора и демодулятора DVB-T2, чтобы стимулировать его внедрение производителями оборудования. Таким образом

---

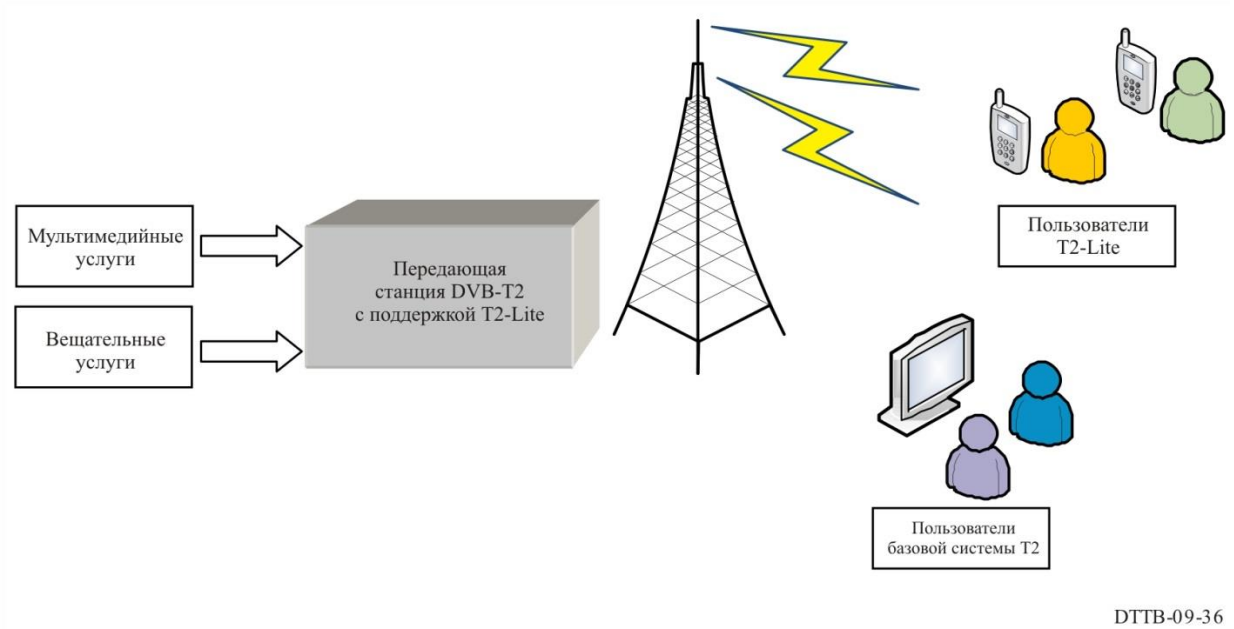
[31] Сигнализация уровня 2 (L2) обеспечивается посредством подпотока для доставки служебной информации транспортного потока. Базовый набор служебной информации L2 был расширен информацией с конкретным описанием DVB-T2 (дескриптор системы доставки T2). Этот дескриптор предоставляет сигнализацию, необходимую для сосуществования нескольких транспортных потоков в одном и том же мультиплексе. Кроме того, он описывает географические ячейки и центральные частоты, используемые для передачи конкретной системы T2 в данном мультиплексе. Также включена параллельная сигнализация нескольких радиоканалов на ячейку; это рассчитано на будущее и не ожидается, что однопрофильные приемники смогут принимать такие сигналы. Дескриптор системы доставки T2 указывается в NIT в той же самой позиции, в которой был зафиксирован соответствующий дескриптор DVB-T.

архитектурная модель T2-Lite соответствует архитектуре базовой системы DVB-T2 с некоторыми минимальными ограничениями.

Инфраструктура наземного телевизионного и мультимедийного радиовещания на основе мультимедийной системы T2 изображена на рисунке 9.36.

РИСУНОК 9.36

Одновременное вещание сигналов профилей DVB-T2 Base и T2-Lite



Сигнал T2-Lite может быть объединен с сигналом базовой системы T2 (и/или с другими сигналами), причем каждый сигнал передается в своих собственных частях кадров перспективного расширения (FEF). Так, например, полный РЧ-сигнал может быть сформирован путем объединения сигнала БПФ 32K профиля T2-base, несущего услуги ТВЧ для стационарных приемников, использующих модуляцию 256-QAM, с сигналом профиля T2-Lite, использующего режим БПФ 8K и модуляцию QPSK для обслуживания мобильных приемников той же сети.

Пример стека протоколов, используемого в системах DVB-T2 Base и T2-Lite, приведен в таблице 9.25. Основным протоколом передачи аудиовизуальной информации по физическим каналам является транспортный поток MPEG-2.

ТАБЛИЦА 9.25

Пример стека протоколов для профилей DVB-T2 Base и T2-Lite

<table>
<tr><td colspan="7">Применение (воспроизведение, запись и т. д.)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">MPEG-4 AVC</td><td rowspan="2">Видео MPEG-2</td><td rowspan="2">Аудио MPEG-2</td><td rowspan="2">AC-3, DTS</td><td>Субтитры, телетекст</td><td>EPG, ESG</td><td rowspan="3">L1, информация ОЧС, дополнительные потоки данных</td></tr>
<tr><td>PSI</td><td>SI</td></tr>
<tr><td colspan="4">MPEG- TS</td><td colspan="2">Секция MPEG-2</td></tr>
<tr><td colspan="6">Передача данных DVB</td></tr>
<tr><td colspan="7">Кадры BB, кадры перспективного расширения (FEF)</td></tr>
<tr><td colspan="7">Данные DVB-T2 (потоки основной полосы)</td></tr>
<tr><td colspan="7">Физический уровень DVB-T2 (BCH, LDPC, M-QAM, OFDM и т. д.)</td></tr>
</table>

Дополнительно к базовым элементам протокола DVB-T2 для заполнения стека протоколов DVB-T2 включены кадры перспективного расширения (FEF). Этот тип кадра T2 предназначен для последующей модернизации системы DVB-T2 в разнообразных будущих приложениях (см., например, раздел 10.4). Одним из таких приложений является мультимедийное вещание (DVB-T2 Lite).

9.4.2.2 Основные технологии, используемые в системе DVB-T2

Спецификация системы DVB-T2 включает в себя следующие основные функции:

– тот же базовый метод модуляции, что и в DVB-T – кодированное ортогональное мультиплексирование на основе разделения частот (COFDM) с защитным интервалом (GI), которое обеспечивает принципиально устойчивую систему передачи для наземного канала;

– для того чтобы сделать DVB-T2 подходящим и для профессионального использования, например для передачи между радиокамерами и мобильными студиями, включена опция с шириной полосы 10 МГц; от потребительских приемников поддержка режима 10 МГц не ожидается. Чтобы систему DVB-T2 можно было использовать для более узких присвоений РЧ-канала, например в диапазоне III и в L-диапазоне, включена также полоса шириной 1,712 МГц. Полоса 1,712 МГц предназначена для мобильных услуг;

– расширенный диапазон размеров быстрого преобразования Фурье (FFT) OFDM для улучшения эксплуатационных характеристик одночастотной сети (ОЧС) (например, для увеличения размера ОЧС) и, вместе с расширением диапазона GI, для значительного повышения эффективности использования полосы пропускания (благодаря меньшему защитному интервалу при бóльших размерах БПФ). Однако ценой является снижение устойчивости приема вещательного сигнала в каналах с изменяющимися во времени параметрами из-за многолучевости;

– те же механизмы формирования кадра и упреждающей коррекции ошибок (FEC) в основной полосе частот, включенные в DVB-S2 [9.151], с добавлением созвездия 256-квадратурной амплитудной модуляции (QAM), чтобы в полной мере использовать эффективность метода коррекции ошибок, и введением концепции повернутого созвездия, позволяющей значительно улучшить характеристики системы в частотно-избирательных наземных каналах;

– способ транспортировки отдельных услуг передачи данных в выделенных логических каналах, называемых каналами физического уровня (PLP), в пределах физического уровня, при котором кодирование с исправлением ошибок и перемежение применяются к каждому PLP отдельно. Это позволяет обеспечить устойчивость в зависимости от конкретных услуг;

– наличие временно́го перемежителя с постоянной времени не менее 70 мс для высокоскоростных услуг передачи данных, чтобы обеспечить повышенную устойчивость к импульсным помехам;

– очень гибкая структура кадров, в которой данные могут быть либо равномерно распределены по всему кадру для максимального разнесения по времени, либо сконцентрированы в пакетах, чтобы использовать методы энергосбережения в приемнике; в структуру кадра входит эффективный механизм сигнализации физического уровня, называемый сигнализацией уровня 1 (L1), который передает в приемник важные параметры системы передачи. Следует отметить, что сначала необходимо декодировать специальный символ преамбулы (символ P1), чтобы получить, например, размер БПФ;

– гибкость построения кадров для новых приложений системы с помощью кадров перспективного расширения (FEF). Таким способом реализуется передача данных DVB-T2 Lite;

– расширенный диапазон опорных сигналов – рассеянные пилот-сигналы (SP) и непрерывные пилот-сигналы (CP) – в целях обеспечения оптимального выбора для любого заданного канала;

– дополнительный механизм разнесения передачи, основанный на схеме Аламоути, улучшает прием в тех зонах, где покрытие от двух передатчиков перекрывается;

– два отдельных механизма понижения отношения пиковой мощности к средней (PAPR) передаваемого сигнала;

– преамбулы для идентификации сигнала T2 среди других сигналов в полосе частот, первичная и вторичная быстрая конфигурация трассы, относящейся к приемнику. Определяется специальная преамбула для идентификации расширения DVB-T2 Lite;

– включена сигнализация, позволяющая использовать в будущих обратно совместимых стандартах части структуры кадра T2: частотно-временное квантование (TFS), позволяющее использовать совместно несколько радиочастотных каналов (РЧ) для увеличения пропускной способности и частотного разнесения; и дополнительные части кадра, содержание которых будет определено в будущем (то есть для передачи кадров DVB-NGH), в качестве части *кадра перспективного расширения* (FEF).

DVB-NGH выполняет следующие функции:

– методы приема на несколько антенн (базовый профиль (режим SISO), профиль MIMO, гибридный профиль (со спутниковым и наземным компонентами, например DVB-SH), гибридный профиль MIMO (режим MIMO с комбинацией наземной и спутниковой передачи);

– модифицированная защита FEC – конкретные скорости кодирования LDPC (3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15) с укороченным кадром LDPC (16 200 битов);

– модифицированные режимы модуляции – использование преобразований QPSK, 16-QAM, 64-QAM и 256-QAM с неравномерными созвездиями, повернутых созвездий 4D и иерархическая модуляция для ввода местных услуг;

– модифицированные параметры OFDM – ограниченные размеры БПФ и конкретные схемы размещения пилот-сигналов;

– варианты ОЧС – наземная ОЧС с eSFN-обработкой (усовершенствованная ОЧС) для декорреляции передаваемого сигнала между несколькими передатчиками; гибридный режим ОЧС с MIMO- и не-MIMO-обработкой;

– расширенные полосы пропускания (для гибридного режима MIMO) от 1,7 МГц до 20 МГц.

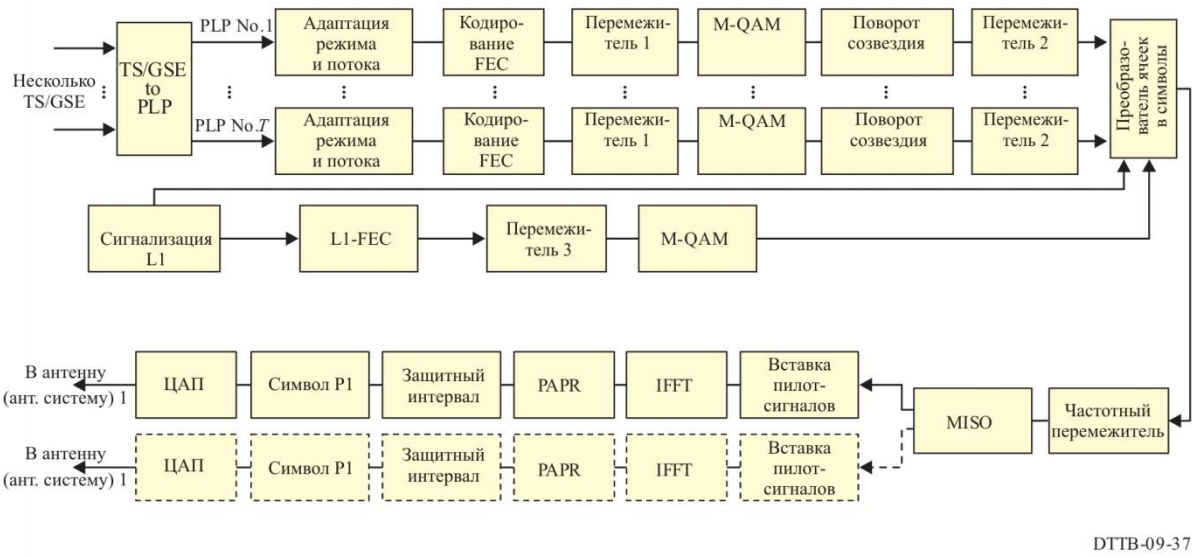
9.4.2.3 Физический уровень в профилях DVB-T2 Base и T2-Lite

Транспортный поток для PLP-преобразования. На рисунке 9.37 показана блок-схема передатчика DVB-T2. Передатчик DVB-T2 обладает возможностями обработки нескольких PLP для предоставления нескольких услуг, в то время как приемник DVB-T2 должен декодировать данные только одного PLP вместе с соответствующим общим PLP (если таковой имеется). DVB-T2 позволяет каждому PLP переносить свой собственный независимый транспортный поток (TS) услуги или общий инкапсулированный поток (GSE).

Однако стандарт DVB-T2 также определяет возможный метод, позволяющий избежать многократной передачи одной и той же информации при обработке нескольких TS – если несколько TS содержат общие пакеты (например, таблицу с информацией о передачах (EIT)), то их можно исключить из TS и преобразовать в общий PLP. Затем приемник объединяет содержимое общего PLP и выбранного пользователем PLP-данных для восстановления истинного TS. Блок *TS/GSE to PLP* на рисунке 9.37 реализует функцию разделения и слияния, которая обеспечивает синхронизацию между выбранными пользователем PLP-данных и общим PLP, а также полную сквозную прозрачность TS с повышенной эффективностью использования полосы пропускания. Следующий блок *адаптации режима и потока* преобразует входной поток в блоки DVB-T2 со сжатием пустых пакетов MPEG-2 и вставкой битов циклической проверки избыточности (CRC).

РИСУНОК 9.37

Блок-схема DVB-T2



Кодирование с защитой от ошибок. Следуя подходу, принятому для семейства стандартов DVB, в механизм упреждающей коррекции ошибок DVB-T2 включен код БЧХ и подмножество кодов с малой плотностью проверок на четность (LDPC) DVB-S2 с новыми схемами перемежения битов. Целевая эксплуатационная характеристика для систем DVB (QEF) определяется как "менее одной неисправленной ошибки на программу за час передачи", что для услуги со скоростью 5 Мбит/с означает коэффициент ошибок по битам (BER) порядка 10^{-10}. Код LDPC сам по себе не всегда гарантирует эту целевую характеристику, поэтому к LDPC последовательно добавлен код БЧХ, чтобы избежать необнаруженных ошибок для удержания низкого уровня BER, но при этом все же сохранить высокую скорость кодирования.

Предусмотрено два значения длины блока – 64 800 битов и 16 200 битов. Характеристика коротких кодов на несколько десятых долей децибела хуже, чем для обычных кодов, но позволяет приложениям с низкой скоростью передачи данных работать с меньшей задержкой. Скорости кодирования LDPC, доступные в DVB-T2, – это набор скоростей кодирования кода DVB-S2: значения 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5 и 5/6 используются для защиты PLP; значение 1/4 – только для коротких кодов, используется для защиты в сигнализации L1.

Для скорости 2/3 была введена новая матрица проверки на четность взамен кода DVB-S2, чтобы улучшить характеристики кода LDPC для этой скорости.

Коды LDPC в DVB-T2 нерегулярны и степень защиты от ошибок каждого бита кода неравномерна и зависит от веса столбца матрицы проверки на четность. Поэтому для преобразования кодируемых битов в символы созвездия используется модуляция кодом с перемежением битов (BICM) путем добавления между кодером и преобразователем каскадов перемежителя и демультиплексора, как показано на рисунке 9.37.

Методы модуляции. В DVB-T2 используется кодированное мультиплексирование OFDM (COFDM) [9.168], как и в стандартах радиовещания DVB-T, цифрового аудиовещания (DAB), цифрового наземного вещания с интеграцией служб (ISDB-T) и Цифрового мирового радио (DRM), а также в других радиосистемах, таких как IEEE 802.11a/n и долгосрочное развитие (LTE) проекта 3GPP. Предлагается более широкий диапазон параметров OFDM, чем для DVB-T, при этом кодирование также изменено (как указывается выше).

Существуют размеры БПФ 1k, 2k, 4k, 8k, 16k и 32k, и каждая поднесущая в каждом символе модулируется с использованием созвездий QAM. Доступен ряд вариантов для данных полезной нагрузки: 4-, 16-, 64- и 256-QAM. Комбинация 256-QAM с новой схемой коррекции ошибок LDPC обеспечивает повышенную пропускную способность с эксплуатационными характеристиками примерно сопоставимыми с характеристиками 64-QAM в DVB-T.

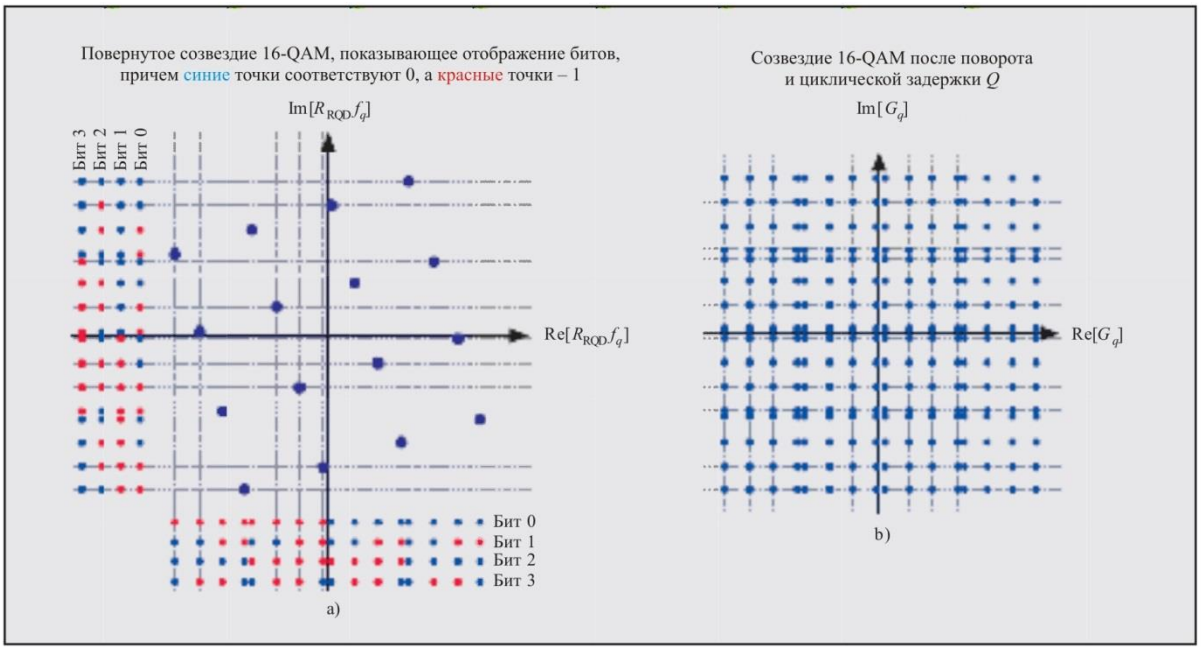
Повернутые созвездия. Коды LDPC DVB-T2 обеспечивают хорошие эксплуатационные характеристики в неизбирательных каналах с использованием более высокой скорости кодирования, чем в DVB-T, что дает в результате повышенную пропускную способность. Однако частотно-избирательные каналы нуждаются в дополнительной избыточности, которую ранее обеспечивало кодирование с более низкой скоростью. DVB-T2 также включает в себя в качестве дополнительной функции повернутое созвездие для улучшения характеристик даже в каналах с очень высокой частотной избирательностью. Поворот созвездия на подходящий угол означает, что каждая точка созвездия отображается на другую точку по каждой из осей *I* и *Q*. Таким образом созвездие 16-QAM имеет 16 разных значений для обеих осей *I* и *Q* (рисунок 9.38).

Само по себе это ничего не меняет. Однако мы исходим из того, что значения *I* и *Q*, полученные при повернутом созвездии, отделены циклической задержкой *Q* перед временным и частотным перемежением.

Фактически созвездия, переданные после перемежения, содержат несвязанные значения *I* и *Q*, полученные из другого исходного повернутого созвездия (рисунок 9.38). Когда значения *I* и *Q* воссоединятся после деперемежения в приемнике, любое частотно-избирательное замирание будет влиять на них по-другому. В качестве крайнего примера предположим, что одно из них полностью потеряно. Оставшаяся ось все еще содержит информацию обо всех возможных точках – она менее надежна, но все же не стерта полностью.

РИСУНОК 9.38

Повернутое созвездие с циклической задержкой *Q*
a) Повернутое созвездие 16-QAM до циклической задержки *Q*;
b) Повернутое созвездие 16-QAM после циклической задержки *Q*,
видно, что теперь имеется 162 = 256 возможных состояний



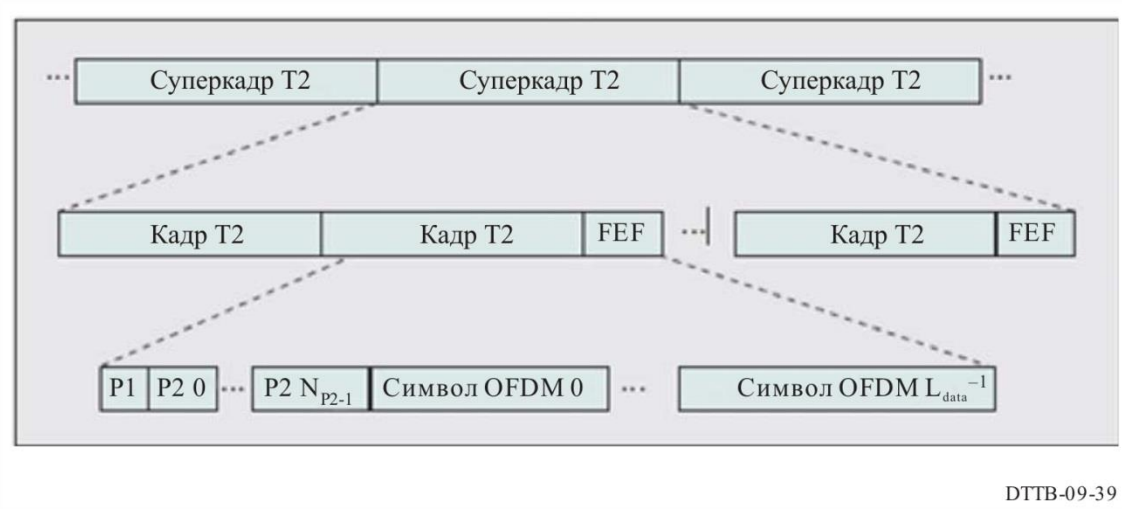
DTTB-09-38

Повернутое созвездие вводит дополнительное разнесение, поскольку один и тот же бит отображается одновременно в большем количестве поднесущих, тем самым достигается более высокая степень разнесения. Это было бы невозможно при более плотных созвездиях и меньших скоростях кодирования, поскольку один бит данных отображался бы на меньшее количество поднесущих (из-за более низкой скорости кодирования). Моделирование [9.169] показывает, что повернутое созвездие обеспечивает выигрыш до 0,75 дБ по сравнению с обычной QAM в радиоканалах при очень ограниченном повышении стоимости реализации.

Планирование. Чтобы обеспечить устойчивость конкретной услуги и оптимизировать требования к памяти временно́го перемежения, систему DVB-T2 можно представить как набор полностью прозрачных PLP, каждый из которых осуществляет независимую адаптацию режима, кодирование FEC, битовое отображение на точки созвездия (ячейки) и временно́е перемежение. Планировщик/построитель кадров представляет собой функциональный элемент, который отображает ячейки данных на выходе временных перемежителей в символы OFDM, добавляя при этом сигнальную информацию для построения кадров и суперкадров DVB-T2 (рисунок 9.39).

РИСУНОК 9.39

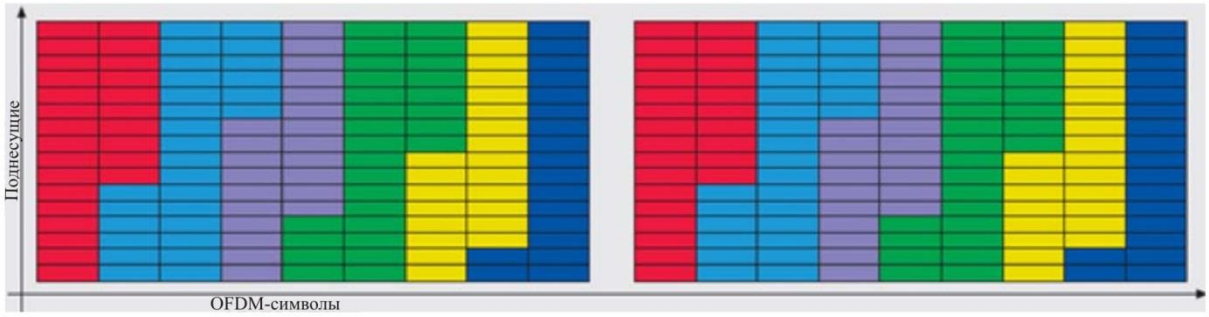
Структура кадра DVB-T2



На рисунке 9.40 показан упрощенный пример того, как ячейки, поступающие из разных PLP, каждый из которых окрашен своим цветом, могут считываться из памяти временного перемежения (TI) и отображаться на символы OFDM (вертикальные блоки); это показано до применения частотного перемежителя. Стратегию отображения ячеек по времени и частоте можно выбирать очень гибким способом. Одной из возможных целей может быть достижение максимального разнесения по времени, то есть распределение ячеек PLP по всем OFDM-символам в кадре или даже в нескольких кадрах – для этого TI-память данного PLP разделяется на несколько подслоев, которые отображаются на символы OFDM, перемежающиеся с подслоями других PLP; это означает, что для приема выбранной услуги приемник должен работать непрерывно для всех OFDM-символов в кадре. Второй целью может быть получение максимальной экономии энергии в приемнике (например, для портативных устройств с батарейным питанием) путем включения приемника только на небольшой промежуток времени – этого можно достичь путем концентрации ячеек PLP во времени для ограниченного количества смежных OFDM-символов без деления на подслои, как показано на рисунке 9.40. Следует отметить, что на рисунке показаны два кадра DVB-T2 с постоянными скоростями передачи данных PLP. Если скорости передачи данных меняются, то размер слоев будет соответственно изменяться от кадра к кадру.

РИСУНОК 9.40

Разные PLP, занимающие разные слои с индивидуальной модуляцией, скоростью кодирования и временным перемежением; показаны два кадра



DTTB-09-40

Структура кадра DVB-T2 показана на рисунке 9.39. На верхнем уровне структура кадра состоит из суперкадров (максимальная длительность 63,75 с, когда FEF не используются, то есть длительность, эквивалентная 255 кадрам за 250 мс), которые делятся на кадры DVB-T2; а те далее делятся на OFDM-символы. Количество кадров DVB-T2 на суперкадр таково, что каждый PLP-данных содержит целое количество перемежающихся кадров на суперкадр. В свою очередь суперкадр может содержать FEF-части, которые представляют собой временные интервалы, оставшиеся не использованными сигналом DVB-T2, что позволяет в будущем создавать другие услуги, которые еще не определены. Кадр начинается с одного опорного символа, обозначаемого P1, и одного или нескольких опорных символов, обозначаемых P2 (подробнее см. в разделе о синхронизации и оценке каналов), за которыми следует настраиваемое количество символов данных. Длительность кадра составляет от 100 до 250 мс.

Данные канала PLP не обязательно полностью перемежаются в пределах одного кадра DVB-T2; они могут распределяться по нескольким кадрам.

Основная задача символов P2 – передача данных сигнализации. Как уже говорилось, пропускная способность PLP меняется со временем; поэтому положение по времени и частоте ячеек, связанных с PLP, изменяется от кадра к кадру. Поскольку приемник должен быть способен извлекать по меньшей мере данные канала PLP, выбранного пользователем, и общего PLP (если он присутствует), должна быть предусмотрена возможность отслеживать положение ячеек данных. Система DVB-T2, даже в случае статического приема, может подвергаться влиянию импульсного шума. Поэтому в конструкции DVB-T2 особое внимание уделяется сигнализации положения ячеек (так называемая информация о *динамике L1*) путем включения различных механизмов передачи на основе обнаружения и исправления ошибок и повторения. Сигнализация L1 фактически передается в каждом кадре внутри символа P2, но в данные PLP также может быть встроена информация, относящаяся к следующему кадру. Эту информацию можно повторять с помощью сигнализации L1 как текущего, так и следующего кадра.

Уменьшение величины PAPR. OFDM имеет тот недостаток, что по мере увеличения количества поднесущих возрастает отношение пиковой мощности к средней из-за повышения коэффициента амплитуды, вызванного, в свою очередь, увеличением разброса значений амплитуды QAM, количества форсированных пилот-сигналов и свойствами самого сигнала OFDM (один из недостатков OFDM заключается в высоком уровне PAPR даже в отсутствие пилот-сигналов). Это налагает высокие требования к усилителю мощности передатчика, особенно по отношению к его линейности. Для смягчения этого эффекта в DVB-T2 добавлены две дополнительные функции, позволяющие уменьшить PAPR.

Расширение активного созвездия (ACE) модифицирует некоторые из передаваемых созвездий путем выборочного перемещения их внешних точек в позиции с большей амплитудой [9.170]. ACE уменьшает PAPR без потери пропускной способности, но не используется вместе с поворотом созвездий.

Уменьшение PAPR за счет резервирования несущей[32] приводит к небольшому снижению пропускной способности из-за резервирования некоторых поднесущих, которые не переносят данные [9.170]. Вместо этого они используются для переноса случайных значений, что позволяет синтезировать форму сигнала, исключающего пиковые значения.

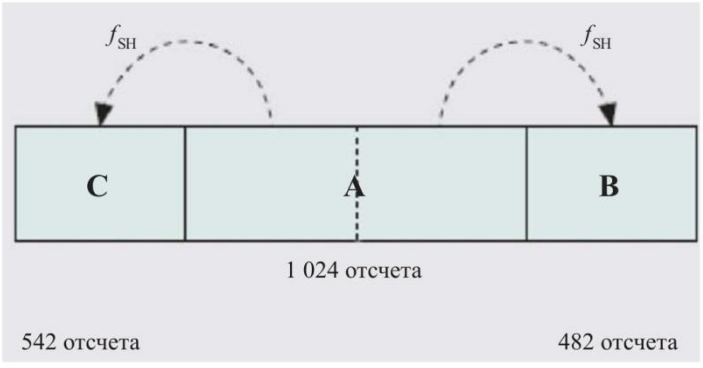
Синхронизация и оценка канала. В стандарте DVB-T2 предусмотрены специальные проектные решения, облегчающие синхронизацию приемника по времени и частоте. Наиболее очевидным из них является использование кадра, состоящего из преамбулы и полезной нагрузки, как схематично показано на рисунке 9.41.

Преамбула состоит из символа P1 и ряда символов P2, количество которых зависит от выбранного размера БПФ. Для размеров 32k и 16k имеется только один символ P2. Для размеров 8k, 4k, 2k и 1k – соответственно 2, 4, 8 и 16 символов P2. За символами P2 следует полезная нагрузка, хотя некоторые данные уже могли быть переданы в составе символов P2; она состоит из символов OFDM, поднесущие которых могут модулироваться данными или известными значениями пилот-сигналов. Использование преамбулы значительно совершенствует некоторые этапы синхронизации, а также обеспечивает гораздо более широкий выбор параметров передатчика без увеличения общего времени синхронизации.

Символ P1 содержит символ OFDM с 1k поднесущими вместе со специальной структурой повторения временной области, как показано на рисунке 9.41. Часть C представляет собой смещенную по частоте версию первых 542 отсчетов символа OFDM, которые образуют часть A. Часть B – это смещенная по частоте версия последних 482 отсчетов части A. Смещение по частоте равно разносу между поднесущими символа OFDM. В пределах символа OFDM только 384 из 1k поднесущих модулируются методом дифференциальной BPSK (DBPSK) и используются для передачи 7 битов информации. Фиксированная структура P1 вместе с ограниченной и весьма защищенной сигнальной частью позволяет быстро сканировать радиовещательные частоты. Приемник может распознавать наличие передачи DVB-T2 и сохранять основные параметры (например, размер БПФ или присутствие кадра FEF). Конкретная структура C → A → B предназначена для повышения устойчивости обнаружения P1 в присутствии наиболее сложных каналов, таких как канал сильного противоположного по фазе эхо-сигнала с нулевым уровнем. Обнаружение символа P1 также используется для получения начальных опорных значений времени и частоты.

РИСУНОК 9.41

Формат символа P1



DTTB-09-41

Основная роль символа P2 заключается в передаче сигнализации для уровня L1, которая может быть довольно значительной по масштабу главным образом потому, что каждому PLP соответствуют свои собственные параметры передачи. Сигнализация L1 захватывает часть сигнализации до уровня L1

[32] В стандарте DVB-T2 зарезервированная несущая называется резервированием тона.

(где, например, сигнализируется длина кадра) и часть сигнализации после уровня L1. Защита битов сигнализации до уровня L1 основана на коде БЧХ, за которым следует выколотый код LDPC. Выбор кода LDPC может показаться избыточным с учетом короткой длины кодового слова.

Тем не менее он обеспечивает отсутствие потерь по сравнению со сверточным кодом при той же скорости кодирования и не требует декодера Витерби, который использовался бы только для декодирования сигнализации L1. Другая важная роль символа P2 – инициировать процесс оценки канала.

Чтобы надлежащим образом извлекать передаваемую информацию, приемник DVB-T2 должен оценивать канал, испытываемый передаваемой формой сигнала. С этой целью стандарт DVB-T2 определяет обычные последовательности рассеянных пилот-сигналов, которые модулируют набор равноразнесенных поднесущих. Основное новшество, введенное системой DVB-T2, заключается в том, что она поддерживает восемь разных способов размещения SP. Главным принципом этого проекта было обеспечить равенство разноса между пилот-сигналами обратной величины длины GI. Хотя SP предназначены главным образом для обеспечения надежной оценки канала, непрерывные пилот-сигналы, соответствующие размеру БПФ, служат средством точной частотной синхронизации и коррекции общей фазовой погрешности. Пилот-сигналы в составе символа P2 фиксированы и предназначены для поддержки максимально возможного размера GI, который предполагается получить с помощью обычных методов, основанных на корреляции. Позиция пилот-сигнала и поднесущих сигналов данных в символе P2 не зависит от других параметров передачи, таких как расширение полосы пропускания и методы PAPR. Для некоторых способов размещения SP требуется, чтобы оценка канала была сформирована из нескольких символов, и пилот-сигналы P2 помогают инициировать этот процесс. Такая ситуация, в частности, имеет место в случае весьма эффективного режима, в основном предназначенного для приема на фиксированную антенну на крыше. В стандарте DVB-T2 определяется вариант, когда в полезной нагрузке передается очень мало пилот-сигналов, а оценка канала основана на начальной оценке, обеспечиваемой символом P2, за которым следует оценка канала с применением вспомогательных данных, когда декодированные биты возвращаются и используются для уточнения оценки канала [9.171]. Этот подход возможен только при наличии полной первоначальной оценки, поэтому без P2 это было бы невозможно. При разных расстояниях между пилот-сигналами также требуется адаптация коэффициентов усиления пилот-сигналов (то есть какой уровень мощности распределяется пилот-сигналами по сравнению с сигналами данных). В стандарте DVB-T2 определено три значения коэффициента усиления для SP и три для CP.

Значения пилот-сигналов зависят от индекса поднесущих так же, как и в DVB-T. Однако в DVB-T2 все пилот-сигналы (CP, SP и P2) в каждом символе OFDM умножаются на плюс или минус единицу в соответствии с последовательностью псевдошума (PN) на уровне кадра и, следовательно, также зависят от индекса символов OFDM. Несмотря на то что в DVB-SH для подсчета символов используются методы свободного перемещения, эта отличительная черта пилот-сигналов обеспечивает альтернативный и более помехоустойчивый подход к синхронизации кадров, который позволяет указывать текущую позицию OFDM в пределах кадра, если преамбула потеряна, например в случае сильного импульсного шума. Кроме того, алгоритмы синхронизации могут использовать эту последовательность на уровне кадров для оценки и отслеживания тактовой, символьной, частотной и кадровой синхронизации. Это достигается без какого-либо влияния на качество оценки канала.

Методы передачи с использованием нескольких антенн. Стандарт DVB-T позволяет передавать один и тот же сигнал несколькими передатчиками одновременно на одной и той же частоте для реализации одночастотной сети (ОЧС). При соблюдении строгих ограничений синхронизации ОЧС позволяет развернуть простую сеть, в которой приемники "видят" эквивалентный канал, полученный путем суперпозиции каналов, относящихся к нескольким передатчикам. Однако, когда приемник получает сигналы одинаковой мощности от двух передатчиков, частотная характеристика канала будет содержать глубокие нули из-за полной интерференции. Для случая ОЧС с радиовещательными станциями, оборудованными одной антенной, и при применении модифицированной формы кодирования Аламоути [9.172] новый стандарт DVB-T2 обеспечивает эффективную возможность использования нескольких передатчиков. Другими словами, мы получаем распределенную систему многоканальный вход/одноканальный выход (MISO). В этой конфигурации

данные от двух передатчиков не идентичны, но тесно связаны друг с другом, что исключает полную интерференцию. В результате улучшаются показатели покрытия ОЧС[33].

В этом случае (обозначаемом как 2 × 1 MISO) пилот-сигналы должны обеспечить две независимых оценки канала. Поэтому количество пилот-сигналов должно быть удвоено. В этом сценарии в стандарте DVB-T2 используется та же структура пилот-сигналов, что и в случае одного передатчика (SISO), но с половиной соответствующего размера GI. Передатчики, действующие в качестве антенны 1, используют одну и ту же структуру пилот-сигналов SISO, в то время как передатчики, действующие в качестве антенны 2, инвертируют пилот-сигналы, модулируя альтернативные пилотные поднесущие.

Физический уровень DVB-T2 Lite. В DVB-T2 Lite, по существу, повторяется физический и канальный уровни DVB-T2 с некоторыми ограничениями, что сводит к минимуму любые изменения в существующем оборудовании. С учетом этого его можно интерпретировать как профиль базовой спецификации DVB-T2 и как самостоятельную систему, предназначенную для мультимедийного радиовещания. Подробная информация о технических параметрах и обработке на стороне передатчика и приемника приведена в Рекомендации МСЭ-R BT.1877 [9.34] и в ETSI EN 302 755 [9.8]. Основные параметры физического и канального уровней представлены в таблице 9.26.

ТАБЛИЦА 9.26

Параметры передачи мультимедийной системы T2 (T2-Lite)

Параметры	Мультимедийная система T2
Справочные документы	Рекомендация МСЭ-R BT.1877 и ETSI EN 302 755
Организация каналов	Каналы физического уровня (PLP)/ кадры основной полосы/кадры FEF
Пропускная способность канала	1,7 МГц, 5 МГц, 6 МГц, 7 МГц, 8 МГц
Количество активных поднесущих OFDM	1 705 (режим 2k), 3 409 (режим 4k), 6 817 (режим 8k), 13 633 (режим 16k)
Длительность защитного интервала	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 от длительности активного символа
Длительность блока передачи (кадра)	Гибкая с возможностью изменения от кадра к кадру. Не более 250 мс
Временная/частотная синхронизация	Символ P1/защитный интервал/пилот-несущие
Методы модуляции	QPSK, 16-QAM, 64-QAM с поворотом или без поворота созвездия конкретно для каждого канала физического уровня
Методы кодирования и исправления ошибок	Комбинация кода БЧХ и кода LDPC (скорости 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4) с длиной кодированного кадра, ограниченной до 16 200 битов. Возможность исправления 10–12 ошибок
Чистая скорость передачи данных	Максимальная возможная входная битовая скорость в случае транспортного потока составляет 4 Мбит/с
Эффективность использования спектра (бит/с/Гц)	От 0,655 бит/с/Гц (QPSK 1/2) до 4,170 бит/с/Гц (64-QAM 7/8)
Стабильный и надежный прием и контроль QoS в различных условиях приема	– Переменные QoS и устойчивость – Высокий уровень мобильности до 300 км/ч в 2k/4k/8k (QPSK 1/2)

[33] Учитывая, что ОЧС в качестве MISO следует отличать от классического случая MISO, когда передача ведется с одной передающей антенной вышки и антенны отстоят друг от друга всего на несколько метров.

9.4.2.4 Эксплуатационные характеристики системы DVB-T2

Стандарт DVB-T2 обеспечивает большой набор конфигураций передачи. Выбор некоторых параметров также определяется процессом развертывания сети, например длительность GI и конфигурация размещения SP (рассеянных пилот-сигналов), обозначаемая как PPx (Pilot Pattern x, где x – порядковый номер способа размещения в ETSI EN 302 755 [9.8]), связаны с максимально допустимым разбросом задержки в канале, включая возможные передачи ОЧС[34]. Для других параметров, таких как скорость кодирования и размер созвездия, выбор зависит от уровня шума и статистики канала.

В таблице 9.27 указана максимальная пропускная способность (в Мбит/с), которая может быть достигнута системой DVB-T2, для некоторых типичных конфигураций параметров.

ТАБЛИЦА 9.27

Достижимая скорость передачи данных (в Мбит/с) для некоторых конфигураций DVB-T2

Размер БПФ Размер GI Схема размещения пилот-сигналов	**Скорость кодирования LDPC**	**16-QAM**	**64-QAM**	**256-QAM**
16k 1/128 PP7	3/5 2/3 3/4	18,07 20,11 22,62	27,11 30,17 33,93	36,14 40,21 45,24
32k 1/16 PP8	3/5 2/3 3/4	17,05 18,97 21,34	25,63 28,52 32,08	34,23 38,08 42,85
32k 1/128 PP7	3/5 2/3 3/4	18,07 20,11 22,62	27,02 30,06 33,82	36,14 40,21 45,24

В таблицах 9.28 и 9.29 (взяты из ETSI TS 102 831 [9.87]) приведены смоделированные характеристики комбинаций канального кодирования и модуляции в предположении идеальной оценки канала, идеальной синхронизации и при отсутствии фазового шума.

Даны результаты для гауссова канала, канала Райса (F1), канала Рэлея (P1) и единственного эхо-канала с уровнем 0 дБ.

Результаты получены при BER = 10^{-7} после LDPC, что соответствует приблизительно 10^{-11} после БЧХ.

Для обеспечения достоверных результатов моделирование проводилось до тех пор, пока не были выполнены следующие два условия:

– минимум 100 ошибочных блоков FEC; и

– минимум 1000 ошибочных битов.

Параметры OFDM DVB-T2, используемые для этих моделирований, были выбраны по возможности аналогичными параметрам DVB-T. Это следующие параметры: размер БПФ составлял 8k с защитным интервалом 1/32, а полоса пропускания – 8 МГц с нормальным режимом несущей. Использовались повернутые созвездия, а методы PAPR не применялись. Моделирование предполагало идеальные условия, то есть идеальную синхронизацию и идеальную оценку канала. При моделировании передаваемый сигнал вообще не содержал пилот-сигналов, и специальные символы не включались ни в начале кадра (то есть P1, P2), ни в конце (то есть символ закрытия кадра). Поэтому значения $(C/N)_0$ были скорректированы для используемых вариантов размера БПФ и схемы размещения пилот-сигналов.

---

[34] Следует отметить, что PP можно использовать довольно гибким образом. Например, в случае PP2 или PP4, когда пилот-сигналов меньше, но они более сильные.

ТАБЛИЦА 9.28

Требуемое исходное отношение $(C/N)_0$ для достижения BER = 1×10^{-7} после декодирования LDPC. Длина блока LDPC 64 800 битов

			Требуемое значение $(C/N)_0$ (дБ) для BER = 1×10^{-7} после декодирования LDPC			
Созвездие	**Скорость кодирования**	**Эффективность использования спектра (см. Примечание 2)**	**Гауссов канал (AWGN)**	**Канал Райса (F_1)**	**Канал Рэлея (P_1)**	**Эхо-канал 0 дБ при GI = 90%**
QPSK	1/2	0,99	1,0	1,2	2,0	1,7
QPSK	3/5	1,19	2,3	2,5	3,6	3,2
QPSK	2/3	1,33	3,1	3,4	4,9	4,5
QPSK	3/4	1,49	4,1	4,4	6,2	5,7
QPSK	4/5	1,59	4,7	5,1	7,1	6,6
QPSK	5/6	1,66	5,2	5,6	7,9	7,5
16-QAM	1/2	1,99	6,0	6,2	7,5	7,2
16-QAM	3/5	2,39	7,6	7,8	9,3	9,0
16-QAM	2/3	2,66	8,9	9,1	10,8	10,4
16-QAM	3/4	2,99	10,0	10,4	12,4	12,1
16-QAM	4/5	3,19	10,8	11,2	13,6	13,4
16-QAM	5/6	3,32	11,4	11,8	14,5	14,4
64-QAM	1/2	2,98	9,9	10,2	11,9	11,8
64-QAM	3/5	3,58	12,0	12,3	14,0	13,9
64-QAM	2/3	3,99	13,5	13,8	15,6	15,5
64-QAM	3/4	4,48	15,1	15,4	17,7	17,6
64-QAM	4/5	4,78	16,1	16,6	19,2	19,2
64-QAM	5/6	4,99	16,8	17,2	20,2	20,4
256-QAM	1/2	3,98	13,2	13,6	15,6	15,7
256-QAM	3/5	4,78	16,1	16,3	18,3	18,4
256-QAM	2/3	5,31	17,8	18,1	20,1	20,3
256-QAM	3/4	5,98	20,0	20,3	22,6	22,7
256-QAM	4/5	6,38	21,3	21,7	24,3	24,5
256-QAM	5/6	6,65	22,0	22,4	25,4	25,8

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Курсивом выделены приближенные значения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эффективность использования спектра не учитывает потери на сигнализацию/синхронизацию/зондирование и защитный интервал.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Целевые значения BER обсуждаются выше.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – К приведенным выше цифрам следует добавить ожидаемые потери на реализацию, связанные с оценкой реального канала. В некоторых случаях это значение будет значительно меньше, чем соответствующая цифра для DVB-T, благодаря лучшей оптимизации увеличения плотности и схемы размещения для DVB-T2.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Записи, затененные голубым цветом, взяты из одной реализации. Все остальные результаты подтверждаются несколькими реализациями.

ТАБЛИЦА 9.29

Требуемое исходное отношение $(C/N)_0$ для достижения BER = 1×10^{-7} после декодирования БЧХ. Длина блока LDPC 16 200 битов

			Требуемое значение $(C/N)_0$ (дБ) для BER = 1×10^{-7} после декодирования LDPC				
Созвездие	**Скорость кодирования**	**Эффективная скорость кодирования**	**Эффективность использования спектра (см. Примечание 2)**	**Гауссов канал (AWGN)**	**Канал Райса (F_1)**	**Канал Рэлея (P_1)**	**Эхо-канал 0 дБ при GI = 90%**
QPSK	1/2	4/9	0,87	0,7	0,9	2,0	1,6
QPSK	3/5	3/5	1,18	2,5	2,7	4,1	3,7
QPSK	2/3	2/3	1,31	3,4	3,6	5,3	4,8
QPSK	3/4	11/15	1,45	4,3	4,6	6,6	6,2
QPSK	4/5	7/9	1,53	4,9	5,3	7,4	7,0
QPSK	5/6	37/45	1,62	5,5	5,9	8,3	7,9
16-QAM	1/2	4/9	1,74	5,5	5,7	6,9	6,6
16-QAM	3/5	3/5	2,36	7,9	8,2	9,6	9,3
16-QAM	2/3	2/3	2,63	9,1	9,4	11,1	10,8
16-QAM	3/4	11/15	2,89	10,3	10,7	12,8	12,5
16-QAM	4/5	7/9	3,07	11,1	11,5	13,9	13,8
16-QAM	5/6	37/45	3,25	11,7	12,2	15,0	15,0
64-QAM	1/2	4/9	2,60	9,2	9,5	11,0	10,8
64-QAM	3/5	3/5	3,54	12,3	12,6	14,4	14,3
64-QAM	2/3	2/3	3,94	13,8	14,1	16,1	15,9
64-QAM	3/4	11/15	4,34	15,5	15,8	18,2	18,0
64-QAM	4/5	7/9	4,60	16,4	16,8	19,5	19,5
64-QAM	5/6	37/45	4,87	17,1	17,6	20,6	20,9
256-QAM	1/2	4/9	3,47	12,6	12,9	14,6	14,6
256-QAM	3/5	3/5	4,72	16,9	17,2	19,0	19,3
256-QAM	2/3	2/3	5,25	18,1	18,4	20,5	20,9
256-QAM	3/4	11/15	5,78	20,3	20,6	22,9	23,3
256-QAM	4/5	7/9	6,14	21,6	22,0	24,5	25,1
256-QAM	5/6	37/45	6,49	22,4	22,9	25,8	26,6

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Курсивом выделены приближенные значения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эффективность использования спектра не учитывает потери на сигнализацию/синхронизацию/зондирование и защитный интервал.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Целевые значения BER обсуждаются выше.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – К приведенным выше цифрам следует добавить ожидаемые потери на реализацию, связанные с оценкой реального канала. В некоторых случаях это значение будет значительно меньше, чем соответствующая цифра для DVB-T, благодаря лучшей оптимизации усиления и плотности размещения для DVB-T2.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Все результаты, приведенные в этой таблице, взяты из одной и той же реализации, поэтому они затенены голубым цветом.

Требуемые значения (*C*/*N*), приведенные в таблицах 9.28 и 9.29, являются исходными и не учитывают уменьшения отношений *C*/*N* данных, вызванного присутствием усиленных пилот-сигналов, поскольку это зависит от используемой схемы размещения пилот-сигналов. Конечные значения *C*/*N* можно получить из исходных значений $(C/N)_0$ путем вычисления поправочного коэффициента Δ_{BP}:

$$\frac{C}{N} = \left(\frac{C}{N}\right)_0 + \Delta_{BP}\,.$$

Этот поправочный коэффициент рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta_{BP} = 10\log_{10}\frac{\left(N_{data} + N_{NBP} + N_{BP}\cdot B_{BP} + N_{CP}B_{CP}\right)}{N_{data} + N_{NBP} + N_{BP} + N_{CP}},$$

где:

N_{data}: количество ячеек данных на символ OFDM;

N_{NBP}: количество неусиленных пилот-сигналов на символ OFDM;

N_{BP}: количество усиленных пилот-сигналов (то есть рассеянных и краевых пилот-сигналов на символ OFDM);

B_{BP}: повышение мощности усиленных пилот-сигналов относительно мощности несущих в ячейках данных, равное A^2_{SP};

N_{CP}: количество непрерывных пилот-сигналов на символ OFDM;

B_{CP}: повышение мощности непрерывных пилот-сигналов относительно мощности несущих в ячейках данных, равное A^2_{CP}.

Следует отметить, что приведенная выше формула выведена для обычных символов данных, но символы P1, P2 и символы закрытия кадра имеют практически такую же мощность, что и у обычных символов (с точностью до 0,1 дБ), так что эта формула применима ко всему кадру T2.

Поправочный коэффициент Δ_{BP} изменяется от 0,29 дБ до 0,53 дБ; значения для каждой комбинации размера БПФ и рассеянного размещения пилот-сигналов PP1–PP8 приведены в таблице 9.30.

ТАБЛИЦА 9.30

Поправочные коэффициенты Δ_{BP} для пилот-сигналов (дБ)

	PP1	**PP2**	**PP3**	**PP4**	**PP5**	**PP6**	**PP7**	**PP8**
1K	0,34	0,32	0,44	0,42	0,48		0,29	
2K	0,35	0,33	0,43	0,42	0,47		0,29	
4K	0,39	0,37	0,47	0,45	0,51		0,34	
8K	0,41	0,39	0,49	0,48	0,53		0,37	0,37
8K Ext	0,41	0,41	0,50	0,48	0,52		0,39	0,38
16K	0,41	0,38	0,49	0,47	0,52	0,49	0,33	0,35
16K Ext	0,42	0,38	0,49	0,47	0,52	0,49	0,34	0,35
32K		0,37	0,48	0,45		0,48	0,33	0,35
32K Ext		0,37	0,48	0,45		0,48	0,33	0,35

Моделирования, описываемые в предыдущем разделе, выполнялись в предположении, что приемник использует идеальный канал связи без помех. Это нереализуемый идеальный вариант, который по крайней мере устанавливает четкий единый критерий качества работы системы. Практические реализации приемников могут быть разными; их выбор определяется компромиссом между двумя или более параметрами эксплуатационных характеристик, так что результаты для реального приемника не устанавливают четкого критерия качества работы.

Тем не менее интересно выяснить, насколько близко реальный приемник может приблизиться к идеальным результатам и при каких условиях [9.87]. Затем полезно определить дополнительный поправочный член Δ_{RCE}, так чтобы из табличных результатов моделирования можно было вывести конечные значения *C*/*N*, необходимые при использовании реальной оценки зашумленного канала:

$$\frac{C}{N} = \left[\frac{C}{N}\right]_0 + \Delta_{BP} + \Delta_{RCE},$$

где:

$$\Delta_{RCE} = 10\log_{10}\frac{SNR_{Data}}{SNR_{EQ-data}}$$

$$\approx 10\log_{10}\left(1+\frac{f_{INT}}{B_{BP}}\right)$$

$SNR_{EQ\text{-}data}$ – это отношение сигнал/шум для скорректированных данных. B_{BP} определяется выбором схемы размещения пилот-сигналов и принимает значения {16/9, 49/16, 49/9} соответственно для способов размещения {PP1 и 2, PP3 и 4, PP5–8}. f_{INT} – это коэффициент, зависящий от интерполятора, используемого для оценки канала. На самом деле, строго говоря, он варьируется от ячейки к ячейке в зависимости от их положения на двумерной схеме размещения рассеянных пилот-сигналов, так как каждый из них соответствует комбинации отдельных фаз частотных и временных интерполяторов. Для получения единственного репрезентативного значения потребуется некоторая форма усреднения с учетом как частотной, так и временно́й интерполяции.

Примеры характеристики профиля DVB-T2 Lite приведены в Отчете МСЭ-R BT.2254 [9.115]. Предполагается, что режим DVB-T2 Lite демонстрирует ту же чувствительность, что и соответствующий базовый режим DVB-T2. Это означает, что для планирования частот и сети в случае профиля DVB-T2 Lite можно использовать значения *C*/*N* и защитные отношения для базового профиля DVB-T2.

На сегодняшний день общедоступные результаты моделирования или измерения для дополнительных скоростей кодирования 1/3 и 2/5 отсутствуют. Однако эти скорости кодирования также доступны в DVB-S2. Результаты моделирования для DVB-S2 в гауссовом канале приведены в таблице 9.31 и сравниваются с исходным отношением *C*/*N* для DVB-T2.

Для более высоких скоростей кодирования значения *C*/*N* идентичны. Поэтому можно ожидать, что значения из таблицы 9.31 применимы и для более низких скоростей кодирования в DVB-T2 Lite.

ТАБЛИЦА 9.31

Исходные значения *C*/*N* для DVB-T2 и DVB-S2 в режимах QPSK (из [EN 302 755-V1.3.1] и [EN 302 307])

Режим	**Исходное значение *C*/*N* (дБ) DVB-T2**	**Исходное значение *C*/*N* (дБ) DVB-S2**
QPSK 1/4	Н/д	–2,4
QPSK 1/3	Н/д	–1,2
QPSK 2/5	Н/д	–0,3
QPSK 1/2	1,0	1,0
QPSK 3/5	2,2	2,2
QPSK 2/3	3,1	3,1
QPSK 3/4	4,1	4,0
QPSK 4/5	4,7	4,7
QPSK 5/6	5,2	5,2
QPSK 8/9	Н/д	6,2
QPSK 9/10	Н/д	6,4

9.4.2.5 Сводные данные по параметрам системы

В таблице 9.32 приведены характеристики систем DVB-T2 и DVB-T2 Lite (см. также Отчет МСЭ-R BT.2295-1 [9.43]).

ТАБЛИЦА 9.32

Основные характеристики систем DVB-T2 и DVB-T2 Lite

Характеристики	DVB-T2
Режимы приема: – фиксированный – на портативные устройства – на карманные устройства – мобильный	 + + + +
Чистая скорость передачи данных	7,5–50,5 Мбит/с
Эффективность использования спектра (бит/с/Гц)	0,98–6,50
Одночастотные сети	Поддерживаются
Типы радиовещания: – звуковое – мультимедийное – ТВ	 + +
Передача данных/виды услуг	Видео, аудио, данные
Диапазоны частот	ОВЧ, УВЧ
Полоса пропускания	a) 1,7 МГц; b) 5 МГц; c) 6 МГц; d) 7 МГц; e) 8 МГц; f) 10 МГц[1]
Используемая полоса пропускания (Примечание 2)	a) 1,52 МГц; b) 4,75 МГц; c) 5,71 МГц; d) 6,66 МГц; e) 7,61 МГц; f) 9,51 МГц[1, 2]
Количество сегментов	Настраиваемое
Количество поднесущих на сегмент (Примечание 2)	853 (режим 1k); 1 705 (режим 2k); 3 409 (режим 4k); 6 817 (режим 8k); 13 633 (режим 16k); 27 265 (режим 32k)[2, 3]
Разнос поднесущих (Примечание 2)	a) 1 802 Гц (режим 1k); 901 Гц (режим 2k); 450 Гц (режим 4k); 225 Гц (режим 8k); 113 Гц (режим 16k); 56 Гц (32k) b) 5 580 Гц (режим 1k); 2 790 Гц (режим 2k); 1 395 Гц (режим 4k); 698 Гц (режим 8k); 349 Гц (режим 16k);174 Гц (режим 32k) c) 6 696 Гц (режим 1k); 3 348 Гц (режим 2k); 1 674 Гц (режим 4k); 837 Гц (режим 8k); 419 Гц (режим 16k); 209 Гц (режим 32k) d) 7 812 Гц (режим 1k); 3 906 Гц (режим 2k); 1 953 Гц (режим 4k); 977 Гц (режим 8k); 488 Гц (режим 16k); 244 Гц (режим 32k) e) 8 929 Гц (режим 1k); 4 464 Гц (режим 2k); 2 232 Гц (режим 4k); 1 116 Гц (режим 8k); 558 Гц (режим 16k); 279 Гц (режим 32k) f) 11 161 Гц (режим 1k); 5 580 Гц (режим 2k); 2 790 Гц (режим 4k); 1 395 Гц (режим 8k); 698 Гц (режим 16k); 349 Гц (режим 32k)[1, 3]

ТАБЛИЦА 9.32 (*окончание*)

Характеристики	DVB-T2
Длительность активного символа (Примечание 2)	a) 554,99 мкс (1k); 1 109,98 мкс (2k); 2 219,97 мкс (4k); 4 439,94 мкс (8k); 8 879,87 мкс (16k); 17 759,75 мкс (32k) b) 179,2 мкс (1k); 358,4 мкс (2k); 716,8 мкс (4k); 1 433,6 мкс (8k); 2 867,2 мкс (16k); 5 734,4 мкс (32k) c) 149,3 мкс (1k); 298,67 мкс (2k); 597,33 мкс (4k); 1 194,67 мкс (8k); 2 389,33 мкс (16k); 4 778,67 мкс (32k) d) 128 мкс (1k); 256 мкс (2k); 512 мкс (4k); 1 024 мкс (8k); 2 048 мкс (16k); 4 096 мкс (32k) e) 112 мкс (1k); 224 мкс (2k); 448 мкс (4k); 896 мкс (8k); 1 792 мкс (16k); 3584 мкс (32k) f) 89,6 мкс (1k); 179,2 мкс (2k); 358,4 мкс (4k); 716,8 мкс (8k); 1 433,6 мкс (16k); 2 867,2 мкс (32k)[1, 3]
Доля защитного интервала	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
Длительность кадра T2	Гибкая с возможностью изменения от кадра к кадру. Не более 250 мс
Временная/частотная синхронизация	Символ P1/защитный интервал/пилот-несущие
Методы модуляции	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM с поворотом или без поворота созвездия конкретно для каждого канала физического уровня
Внутренняя FEC	Код LDPC со скоростями кодирования 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4
Внутреннее перемежение	Перемежение ячеек, временное и частотное перемежение
Внешняя FEC	БЧХ (16 200, x, t), где x зависит от скорости кодирования LDPC. Возможность исправления ошибок t = 12 ошибок
Внешнее перемежение	Перемежение битов (контроль четности и поворот столбцов)
Рандомизация данных/дисперсия энергии	16-битовая PRBS
Иерархическая передача	–
Сигнализация о параметрах передачи	Символ P1 преамбулы

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Конфигурация DVB-T2 с шириной полосы 10 МГц предназначена только для профессиональных приложений, и ее поддержка бытовыми приемниками не ожидается.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значения, приведенные в таблице DVB-T2, относятся к нормальному режиму несущей. Расширенный режим несущей доступен для режимов 8k, 16k и 32k.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Для DVB-T2 Lite используется ограниченное подмножество режимов. Ограничения режимов относятся к размеру БПФ, схемам размещения пилот-сигналов и разрешенным комбинациям этих параметров и защитного интервала. Допустимый набор размеров БПФ для DVB-T2 Lite ограничен значениями 2k, 4k, 8k и 16k.

9.4.2.6 Бюджет линии

В Отчете МСЭ-R BT.2254 [9.115] приведены значения *C*/*N* для гауссова канала, канала Райса и канала Рэлея, оцененные с учетом дополнительных коэффициентов, и таким образом определяющие реальные соотношения. Подробную информацию см. в [9.115].

В таблице 9.33 приведены некоторые примеры минимальных уровней входного сигнала приемника, определенных в [9.115], для полосы пропускания 8 МГц и разных значений *C*/*N*.

ТАБЛИЦА 9.33

Минимальные требуемые уровни входного сигнала для версий полосы 8 МГц и разных значений *C/N*

Диапазоны частот III, IV, V – каналы шириной 8 МГц Нормальный режим несущей: режимы 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k					
Эквивалентная шумовая полоса B (МГц)	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
Коэффициент шума приемника *F* (дБ)	6	6	6	6	6
Входная мощность шума приемника *Pn* (дБВт)	−129,2	−129,2	−129,2	−129,2	−129,2
Отношение РЧ-сигнал/шум *C/N* (дБ)	8,0	11,0	16,0	20,0	24,0
Минимальная мощность входного сигнала приемника *Ps* min (дБВт),	−121,7	−117,7	−113,7	−111,2	−108,2
Минимальное эквивалентное входное напряжение приемника *Us* min (дБмкВ), 75 Ом	17,5	21,5	25,5	29,5	33,5

При определении зон покрытия указывается, что из-за очень быстрого перехода от почти идеального приема к его отсутствию необходимо, чтобы минимальный требуемый уровень сигнала достигался для высокого процента местоположений. Эти проценты установлены на уровне 95% для "хорошего" и 70% для "приемлемого" приема на портативные устройства. Для мобильного приема установленные проценты составляют соответственно 99% и 90%. С учетом того, что этот раздел относится к DVB-T2 Lite, анализируются только три режима приема (см. таблицу 9.34). Другие варианты приведены в Отчете МСЭ-R BT.2254 [9.115].

ТАБЛИЦА 9.34

Режимы приема, пример вариантов DVB-T2, значения *C/N*

Режим приема	**Пример варианта DVB-T2**	***C/N* (дБ)**
Мобильный прием/сельская местность	16-QAM, FEC 1/2, 8k, PP1	10,2
Прием на портативные карманные устройства вне помещения (класс H-A)	16-QAM, FEC 1/2, 16k, PP3	9,8
Прием на портативные мобильные устройства (класс H-D) (то есть терминалы используются в движущемся транспортном средстве)	16-QAM, FEC 1/2, 8k, PP2	10,2

Расчеты выполняются для двух частот, представляющих диапазон III (200 МГц) и диапазоны IV и V (650 МГц), и для полос пропускания 7 МГц в диапазоне III и 8 МГц в диапазонах IV и V. Для диапазона III режим приема "мобильный/сельская местность" рассчитан для полосы пропускания 1,7 МГц, а режим приема "на карманные устройства класса H-D" рассчитан для полос пропускания 1,7 МГц и 7 МГц.

Для режимов приема выбираются соответствующие варианты DVB-T2. Их следует воспринимать как примеры для соответствующих режимов приема, поскольку большое количество вариантов системы DVB-T2 всегда позволяет выбрать из нескольких возможных вариантов.

Варианты DVB-T2, указанные в таблице 9.35, служат примерами возможного выбора конкретного варианта. Для каждого режима приема имеется несколько вариантов DVB-T2 со своими соответствующими скоростями передачи. Кроме того, на скорость передачи влияет выбор защитного интервала, но он не изменяет необходимое отношение *C/N*. Поэтому в таблицах указывается диапазон доступной чистой битовой скорости. Для выбранной схемы размещения пилот-сигналов доступны не все значения длительности защитного интервала. Если это значение изменяется, то *C/N* тоже может

немного измениться. Предоставлена информация для сценариев мобильного приема и приема на карманные устройства в диапазонах IV/V. Сведения для других диапазонов см. в Отчете МСЭ-R BT.2254 [9.115].

В таблице 9.35 показаны два возможных варианта для каждого бюджета линии при разных требуемых процентах мест доступности приема. Они помечены разным цветом.

ТАБЛИЦА 9.35

Бюджет линии DVB-T2 для сценариев приема на мобильные и карманные устройства в диапазонах IV/V

Параметры	**Единицы измерения**	**Мобильный прием/ сельская местность**	**Прием вне помещения на карманные/портативные устройства**	**Прием на карманные мобильные устройства класса H-D/ встроенная антенна**
Частота	МГц	650	650	650
Минимально требуемое отношение *C*/*N* для системы	дБ	10,2	9,8	10,2
Вариант системы (пример)		16-QAM FEC 1/2, 8k, PP1 расширенный	16-QAM FEC 1/2, 16k, PP3 расширенный	16-QAM FEC 1/2, 8k, PP2 расширенный
Битовая скорость (ориентировочные значения)	Мбит/с	11–14	12–15	11–14
Коэффициент шума приемника	дБ	6	6	6
Эквивалентная шумовая полоса	МГц	7,71	7,77	7,71
Входная мощность шума приемника	дБВт	−128,3	−131,6	−127,9
Минимальная мощность входного сигнала приемника	дБВт	−118,9	−119,3	−118,9
Минимальное эквивалентное напряжение на входе приемника, 75 Ом	дБмкВ	19,8	19,5	19,8
Потери в фидере	дБ	0	0	0
Коэффициент усиления антенны относительно полуволнового диполя	дБ	0	−9,5	−9,5
Эффективная апертура антенны	дБм^2	−15,6	−25,1	−25,1
Минимальная плотность потока мощности в месте приема	дБ(Вт/м^2)	−103,3	−94,2	−93,8
Минимальная эквивалентная напряженность поля в месте приема	дБ(мкВ/м)	42,5	51,6	52,0
Допустимый уровень индустриального шума	дБ	0	0	0
Потери на проникновение (в здание или транспортное средство)	дБ	0	0	8
Стандартное отклонение потерь на проникновение	дБ	0	0	2
Усиление за счет разнесенного приема	дБ	0	0	0

ТАБЛИЦА 9.35 (*окончание*)

Параметры	Единицы измерения	Мобильный прием/ сельская местность	Прием вне помещения на карманные/портативные устройства	Прием на карманные мобильные устройства класса H-D/ встроенная антенна
Вероятность охвата мест	%	90	70	90
Коэффициент распределения		1,28	0,5244	1,28
Девиация в зависимости от местоположения	дБ	5,5	5,5	5,9
Поправочный коэффициент в зависимости от местоположения	дБ	7,04	2,8842	7,552
Минимальная медианная плотность потока мощности на высоте приема; 50% времени и 50% мест	дБ(Вт/м^2)	−96,3	−91,3	−78,3
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля на высоте приема; 50% времени и 50% мест	дБ(мкВ/м)	49,5	54,2	67,5
Вероятность охвата мест	%	99	95	99
Коэффициент распределения		2,3263	1,6449	2,3263
Девиация в зависимости от местоположения	дБ	5,5	5,5	5,9
Поправочный коэффициент в зависимости от местоположения	дБ	12,79465	9,04695	13,72517
Минимальная медианная плотность потока мощности на высоте приема; 50% времени и 50% мест	дБ(Вт/м^2)	−90,6	−85,2	−72,1
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля на высоте приема; 50% времени и 50% мест	дБ(мкВ/м)	55,2	60,6	73,7

9.4.2.7 Пример возможного использования системы DVB-T2

Предполагается, что система DVB-T2 будет весьма гибкой, допуская различные компромиссы между пропускной способностью и помехоустойчивостью, а также между гибкостью и служебной информацией. Например, ее можно использовать в очень простой конфигурации для переноса нескольких услуг ТВЧ в пределах одного PLP, предназначенного для фиксированного приема с помощью антенны на крыше. Некоторыми типичными вариантами параметров для этого случая могут быть:

– БПФ 32K с защитным интервалом 1/128 для конфигурации МЧС, что максимизирует доступную пропускную способность;

– БПФ 32K с защитным интервалом 19/128 для национальной конфигурации ОЧС (обеспечивает защитный интервал 532 мкс); или

– 256-QAM с повернутыми созвездиями и скоростью кодирования 3/5 или 2/3; 256-QAM обеспечивает максимально возможную емкость данных и подходит для фиксированного приема с помощью антенны на крыше, а повернутые созвездия обеспечивают дополнительную устойчивость в сложных условиях приема.

Эти конфигурации могут обеспечить приблизительно от 36 Мбит/с до 40 Мбит/с в случае МЧС или от 29 Мбит/с до 32 Мбит/с в случае ОЧС.

Использование БПФ 32k возможно только там, где канал передачи довольно статичен, поэтому для сети, предназначенной для приема на портативные и/или мобильные устройства, вероятно, будут использоваться БПФ меньшего размера и более устойчивое созвездие. Например, БПФ 8K с 64-QAM и скоростью кодирования 1/2 или 3/5 обеспечат хороший прием в более динамичных каналах и с более низким требуемым отношением уровня несущей к шуму. Конечно, негативным результатом этого будет более низкая доступная скорость передачи данных – примерно от 16 Мбит/с до 26 Мбит/с в зависимости от выбора других параметров.

Чтобы понять, при каких условиях канала могут быть достигнуты эти скорости при квазибезошибочном приеме, мы смоделировали два характерных случая и сравнили характеристики DVB-T и DVB-T2 в фиксированном канале Райса [9.36] при квазибезошибочном приеме (или с эквивалентным BER 10^{-4} на выходе сверточного/LDPC-декодера). Первый случай – это развертывание типичной сети ОЧС в стандарте DVB-T (принятом, например, в Италии), включающей БПФ 8K, GI 1/4, созвездие 64-QAM и скорость сверточного кодирования 2/3.

В таблице 9.36 приведено сравнение между DVB-T2 и DVB-T для режима с длительным защитным интервалом (ОЧС) с одним и тем же абсолютным защитным интервалом в обоих случаях. Это обеспечивает увеличение пропускной способности DVB-T2 по сравнению с DVB-T на 67%. Также возможен режим с более длительным защитным интервалом (почти на 20% длиннее), что обеспечит улучшение покрытия ОЧС лишь с небольшой потерей пропускной способности (около 3%).

ТАБЛИЦА 9.36

Пример потенциального увеличения пропускной способности на 67% для режима ОЧС

	Режим DVB-T	**Режим DVB-T2**
Модуляция	64-QAM	256-QAM
Размер БПФ	8K	32K
Защитный интервал	1/4	1/16
FEC	2/3CC + RS	3/5LDPC + BCH
Рассеянные пилот-сигналы	8,3%	4,2%
Непрерывные пилот-сигналы (см. Примечание 1)	2,0%	0,39%
Служебная информация L1 (см. Примечание 2)	1,0%	0,65%
Режим несущей	Стандартный	Расширенный
Пропускная способность	19,9 Мбит/с	33,2 Мбит/с

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Включает только ячейки с непрерывными пилот-сигналами, которые не являются также рассеянными пилот-сигналами.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – TPS для DVB-T; L1-сигнализация, P1 и дополнительная служебная информация в P2, а также символ закрытия кадра для DVB-T2.

Второй случай (таблица 9.37) демонстрирует параметры, используемые в многочастотной сети Соединенного Королевства, в которую входят БПФ 2K, GI 1/32, 64-QAM и скорость кодирования 2/3, что дает 24,1 Мбит/с при SNR 18,9 дБ в канале фиксированной связи Райса для квазибезошибочных условий. Соответственно конфигурация DVB-T2 с расширенной полосой пропускания, БПФ 32K, GI 1/128, 256-QAM и скоростью кодирования LDPC 3/5 обеспечивают скорость передачи данных 36,1 Мбит/с, что примерно на 50% выше.

ТАБЛИЦА 9.37

Увеличение пропускной способности более чем на 66% по сравнению с режимом DVB-T, используемым в Соединенном Королевстве

	Режим DVB-T в Соединенном Королевстве	**Режим DVB-T2 в Соединенном Королевстве**
Модуляция	64-QAM	256-QAM
Размер БПФ	2K	32K
Защитный интервал	1/32	1/128
FEC	2/3CC + RS	2/3LDPC + BCH
Рассеянные пилот-сигналы	8,3%	1,0%
Непрерывные пилот-сигналы (см. Примечание 1)	2,0%	0,53%
Служебная информация L1 (см. Примечание 2)	1,0%	0,53%
Режим несущей	Стандартный	Расширенный
Пропускная способность	24,1 Мбит/с	40,2 Мбит/с

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Включает только ячейки с непрерывными пилот-сигналами, которые не являются также рассеянными пилот-сигналами.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – TPS для DVB-T; L1-сигнализация, P1 и дополнительная служебная информация в P2 для DVB-T2.

В обоих случаях мы отмечаем, что DVB-T2 позволяет передавать сигналы ТВЧ MPEG-4 AVC. В процессе дальнейшего развития методов сжатия видеосигналов в разных странах проводятся испытания возможностей наземного радиовещания ТСВЧ. Последние сведения о некоторых из этих испытаний содержатся в Отчете МСЭ-R BT.2343 [9.116], и сводные данные по ним приведены в таблице 9.38.

ТАБЛИЦА 9.38

Сводные данные по испытаниям ТСВЧ в наземных телевизионных сетях (по состоянию на 2015 год)

Приложение	Страна	Местоположение передатчика	Покрытие	ЭИМ	Система ЦНТ	Полоса пропускания канала	Режим передачи	Пропускная способность мультиплекса	Скорость передачи сигнала	Стандарт видеокодирования	Стандарт изображения	Стандарт аудиокодирования	Используемая частота
A1.1	Япония	Хитоёси	Город Хитоёси	140 Вт (H) 135 Вт (V)	ISDB-T[35]	6 МГц	32k, GI = 1/32, 4096-QAM, FEC 3/4 MIMO с двойной поляризацией	91,8 Мбит/с	91 Мбит/с	MPEG-4 AVC/H.264	7 680 × 4 320p 59,94 кадров/с 8 бит/пиксель	MPEG-4 AAC 384 кбит/с	671 МГц (канал 46 в Японии)
A1.2	Корея, (Республика)[36]	Гора Кван-Ак	Южная муниципальная зона Сеула	36,7 кВт	DVB-T2	6 МГц	32k, расширенный режим, GI = 1/16, PP4, 256-QAM, FEC 3/4, 4/5, 5/6	< 35,0 Мбит/с	Переменная (в некоторых испытаниях 25 ~ 34 Мбит/с)	HEVC Main10 Уровень 5.1, макс. 28 Мбит/с	3 840 × 2 160p 60 кадров/с, 8 бит или 10 бит/пиксель	MPEG-4 AAC-LC или Dolby AC-3, Макс. 5.1 кан., макс. 600 кбит/с	713 МГц (канал 54 в Корее)
				12,9 кВт									701 МГц (канал 52 в Корее)
				40,0 кВт									707 МГц (канал 53 в Корее)
		Гора Нам	Центральная зона Сеула	2,2 кВт									713 МГц (канал 54 в Корее)
		Гора Юн-Мун	Западная муниципальная зона Сеула	8,3 кВт									707 МГц (канал 53 в Корее)
A1.3	Франция	Эйфелева башня	Париж	1 кВт	DVB-T2	8 МГц	32k, расширенный режим, GI = 1/128, 256-QAM, FEC 2/3, PP7	40,2 Мбит/с	Две передаваемые программы: одна на 22,5 Мбит/с и одна на 17,5 Мбит/с	HEVC	3 840 × 2 160p 50 кадров/с 8 бит/пиксель	HE-AAC 192 кбит/с	514 МГц (канал 26 в Районе 1)

[35] Некоторые параметры перенесены из обычной системы ISDB-T (система C в Рекомендации МСЭ-R BT.1306).

[36] Сведения по Корее, приведенные в таблице, соответствуют этапу 3 испытаний. Дополнительные сведения по этапам 1 и 2 см. в Отчете МСЭ-R BT.2343.

ТАБЛИЦА 9.38 (*окончание*)

Приложение	Страна	Местоположение передатчика	Покрытие	ЭИМ	Система ЦНТ	Полоса пропускания канала	Режим передачи	Пропускная способность мультиплекса	Скорость передачи сигнала	Стандарт видеокодирования	Стандарт изображения	Стандарт аудиокодирования	Используемая частота
A1.4	Испания	ETSI Telecomunicación	Университетский городок, Мадрид	125 Вт	DVB-T2	8 МГц	32k, расширенный режим, GI = 1/128, 64-QAM, FEC 5/6, PP7	36,72 Мбит/с	35 Мбит/с (также тестировались другие скорости передачи)	HEVC	3 840 × 2 160p 50 кадров/с 8 бит/пиксель	E-AC-3 5.1	754 МГц (канал 56 в Районе 1)
A1.5	Швеция	Стокгольм Накка	Город Стокгольм	35 кВт	DVB-T2	8 МГц	32k, расширенный режим, GI = 19/256, 256-QAM, FEC 3/5, PP4	31,7 Мбит/с	24 Мбит/с	HEVC	3 840 × 2 160p 29,97 кадра/с 8 бит/пиксель		618 МГц (канал 39 в Районе 1)
A1.6	Соединенное Королевство	Хрустальный дворец	Большой Лондон (обслуживает свыше 4,5 млн. домохозяйств)	40 кВт	DVB-T2	8 МГц	32k, расширенный режим, GI = 1/128, 256-QAM, FEC 2/3, PP7	40,2 Мбит/с	Переменная (в некоторых испытаниях 35 Мбит/с)	HEVC	Сочетание 3 840 × 2 160p 50 кадров/с и 3 840 × 2160p 59,94 кадра/с Бóльшая часть испытаний при 8 бит/пиксель, некоторые при 10 бит/пиксель		586 МГц (канал 35 в Районе 1)
		Уинтер-Хилл	Северо-запад Англии, включая Манчестер и Ливерпуль (обслуживает 2,7 млн. домохозяйств	22,5 кВт		8 МГц							602 МГц (канал 37 в Районе 1)
		Блэк-Хилл	Центральная Шотландия, включая Глазго и Эдинбург (обслуживает 1 млн. домохозяйств)	39 кВт		8 МГц							586 МГц (канал 35 в Районе 1)
A1.7	Бразилия	Гора Сумаре	Пригороды Рио-де-Жанейро муниципальная зона	660 Вт (H) 660 Вт (V)	ISDB-T[1]	6 МГц	32k, GI = 1/32, 4096-QAM, FEC 3/4 MIMO с двойной поляризацией	91,8 Мбит/с	85 Мбит/с	HEVC	7 680 × 4 320p 59,94 кадра/с 10 бит/пиксель	MPEG-4 AAC 1,48 Мбит/с	569 МГц (канал 30 в Бразилии)

GI – защитные интервалы.

Возможность предоставления фиксированных и мобильных услуг в одном и том же мультиплексе DVB-T2 Lite ограничивается тем фактом, что режим БПФ и схему размещения пилот-сигналов нельзя регулировать в пределах одного и того же сигнала T2-Lite. Фиксированные услуги в основном передаются с большими БПФ и разреженными схемами размещения пилот-сигналов для достижения высокой эффективности использования спектра в фиксированных каналах. С другой стороны, в сценариях мобильного приема требуются БПФ меньшего размера и более плотное размещение пилот-сигналов, чтобы следить за быстрыми изменениями во временной и частотной областях и справляться с ICI, вызванными доплеровским расширением.

Для решения этой проблемы сигналы T2-Lite можно передавать в FEF-частях мультиплекса T2. В этом случае сигнал T2-Lite можно оптимизировать с точки зрения режима БПФ и схемы размещения пилот-сигналов для достижения высокой помехоустойчивости в сценариях мобильного приема (например, БПФ 8k и PP1), тогда как остальная часть мультиплекса будет сконфигурирована для достижения высокой пропускной способности в каналах фиксированной связи (например, 32k и PP7). Например, сигналу T2-Lite можно выделить 20% времени передачи, чередуя кадры T2-Lite по 50 мс с кадрами T2 по 200 мс. В предположении, что сигнал T2-Lite передается в режиме БПФ 8k (с расширенным режимом несущей), QPSK 1/2 и схемой размещения пилот-сигналов PP1, общая пропускная способность для услуг T2-Lite составит 1,5 Мбит/с на канал (ширина полосы 8 МГц). Это позволит передавать в сигнале T2-Lite до четырех услуг со скоростью 375 кбит/с.

Следует отметить, что сигнал T2-Lite также можно передавать как самостоятельный сигнал, занимающий весь частотный канал. Для того же (предыдущего) примера общая пропускная способность для услуг T2-Lite составляет 7,5 Мбит/с, что позволит передавать в одном и том же частотном канале до 20 услуг со скоростью 375 кбит/с. T2-Lite также очень хорошо подходит для предоставления услуг цифрового радио. При использовании скоростей кодирования ниже 1/2 можно обеспечить хорошие уровни покрытия с ограниченным объемом сетевой инфраструктуры, а приемники T2-Lite, предназначенные для приема на портативные и мобильные устройства, могут быть предельно простыми. Например, используя в комбинированном мультиплексе T2/T2-Lite 10% времени передачи для T2-Lite, можно разместить около 18 радиоуслуг в режиме HE-AAC v2 со скоростью 64 кбит/с.

9.4.2.8 Пример испытания DVB-T2 Lite

В июле 2011 года *BBC R&D* продемонстрировала пример возможного использования системы DVB-T2 Lite. *Результаты испытаний приведены в статье Керена Грина "DVB-T2 Lite profile tech standard approved: Transmissions are go!"* [9.117]. *Испытания проводились, как описывается ниже.*

7 июля 2011 года инженеры BBC начали передачу DVB-T2-Lite с крыши южной лаборатории здания BBC R&D в западной части Лондона.

Оценка проводится в канале 53 УВЧ (730 МГц) и выполняется по лицензии на испытания, разработку и передачу, выданной Управлением связи. Она абсолютно не зависит от эфирной услуги ЦНТВ BBC. В ходе этих технических испытаний системы T2-Lite инженеры объединили HD-мультиплекс, предназначенный для приема на фиксированные приемники, с более помехоустойчивой услугой мобильного приема сигналов, которые могут быть телевизионными, звуковыми, сигналами данных или любой их комбинацией. В Соединенном Королевстве используемый в настоящее время режим DVB-T2 (см. таблицу 9.37) обеспечивает битовую скорость 40,21 Мбит/с в канале шириной 8 МГц. В этом техническом испытании использовался тот же режим для HD-части мультиплекса, но с добавлением кадров перспективного расширения (FEF) для мобильных услуг. HD-часть мультиплекса состоит из кадра DVB-T2 длительностью 216,9 мс, за которым следует FEF длительностью 44,6 мс.

Мобильная часть этой услуги передавалась в более устойчивом режиме с БПФ меньшего размера (8k 1/32 QPSK 1/2) и с L_DATA = 46. Это дает битовую скорость для мобильной услуги 1,02 Мбит/с.

9.4.2.9 Пример реализации DVB-T2 Lite

25 февраля 2016 года индийская государственная телекомпания Doordarshan запустила в 16 городах услугу бесплатного мобильного телевидения DVB-T2 Lite, нацеленную на растущее количество смартфонов в Индии. Эта услуга была официально запущена в Дели, Мумбаи, Калькутте и Ченнаи, Гувахати, Патне, Ранчи, Каттаке, Лакхнау, Джаландхаре, Райпуре, Индоре, Аурангабаде, Бхопале, Бангалоре и Ахмадабаде. Ее можно принимать в этих городах и их окрестностях с помощью адаптеров DVB-T2/Wi-Fi на ПК, ноутбуках, а также на смартфонах и планшетах с поддержкой OTG[37] или на цифровых ТВ-приемниках с тюнерами DVB-T2. Устройства iDTV предлагают традиционные ТВ-производители, а адаптеры продаются также в интернет-магазинах, таких как Flipkart, Ebay, Snapdeal и т. д., говорится в заявлении Doordarshan. В настоящее время транслируются программы DD National, DD News, DD Bharati, DD Sports, DD Regional/DD Kisan [9.72].

9.5 ISDB-T

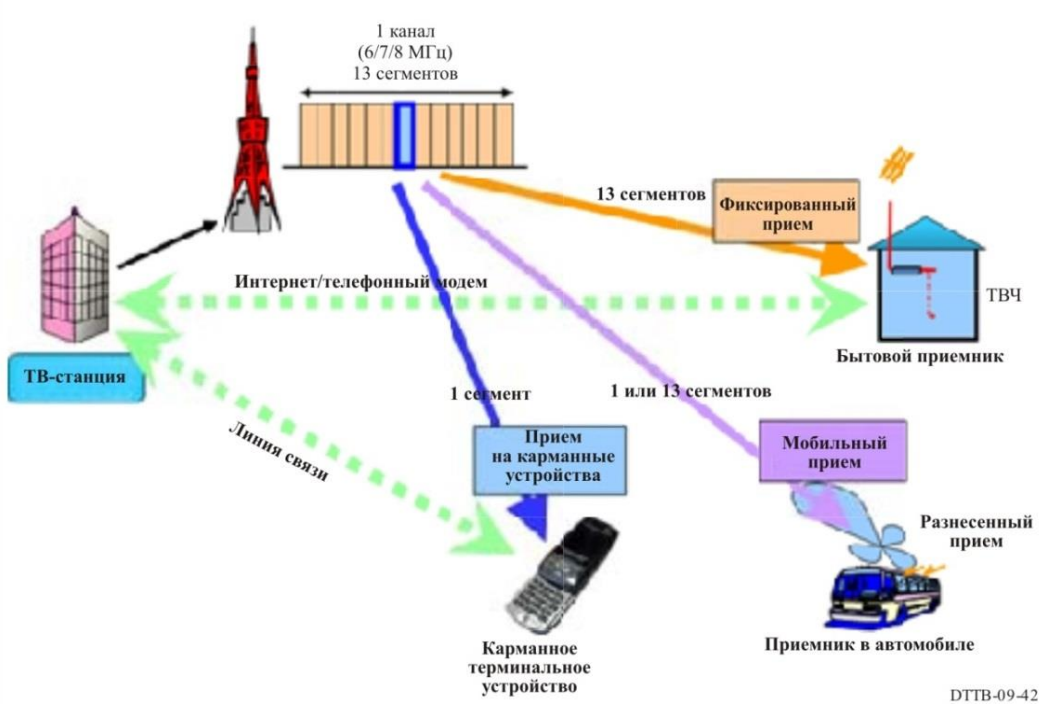
Система цифрового наземного телевизионного вещания ISDB-T (цифровое радиовещание с интеграцией служб – наземное) была разработана в 2000 году и включена в [9.33] в качестве системы C. Она представляет собой систему с множеством несущих и с сегментированием РЧ полосы частот.

Система ISDB-T предназначена для обеспечения надежной высококачественной вещательной передачи сигналов видео, звука и данных не только для фиксированных, но и для мобильных приемников (см. рисунок 9.42). Эта система устойчива, поскольку в ней используется OFDM-модуляция, двумерное (временное и частотное) перемежение и каскадные коды с исправлением ошибок. Ее метод OFDM-передачи с сегментированием полосы частот (BST-OFDM) использует 13 сегментов OFDM. Данная система обладает множеством различных параметров передачи для выбора схемы модуляции несущей, скорости кодирования внутреннего кода коррекции ошибок, длины временного перемежения и т. д. Некоторые несущие – так называемые несущие для управления конфигурацией передачи и мультиплексирования (TMCC) – выделены для управления несущими и передают информацию о параметрах передачи. ISDB-T поддерживает иерархическую передачу глубиной до трех уровней. Параметры передачи могут устанавливаться для этих уровней отдельно, причем каждый уровень состоит из нескольких сегментов. Эта система особо предназначена для гибкого, расширяемого и универсального/совместимого мультимедийного радиовещания.

[37] "On The Go" (готовое к работе) – устройство, используемое в смартфонах и планшетах с интерфейсом USB.

РИСУНОК 9.42

Услуга ISDB-T



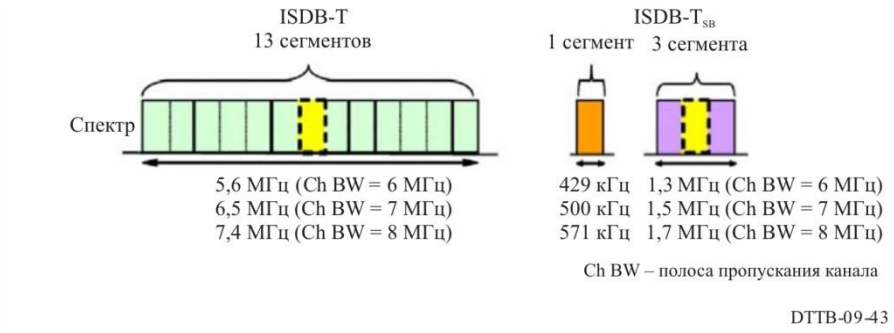
Расширение ISDB для наземного мультимедийного радиовещания, предназначенное для предоставления услуг радиовещания в режиме реального времени, таких как звуковые или видеопрограммы с различными связанными с ними данными, интерактивное радиовещание и вещательная передача файлов данных, определяется как мультимедийная система F МСЭ-R. Фактически эта мультимедийная система представляет собой усовершенствованную систему мультимедийного радиовещания на базе стандарта ISDB-T/T_{SB}[38]. Спецификация физического уровня системы описывается в [9.33] как система C и в Рекомендации МСЭ-R BS.1114 [9.38] как цифровая система F (также известная как ISDB-T_{SB}). Обзор системы и описание приложений в области передачи мультимедиа и данных приведены в [9.35]. Другими полезными справочными материалами по системе ISDB являются [9.134] – [9.139].

Физический уровень системы мультимедийного радиовещания ISDB-T имеет сходство с семейством ISDB-T, то есть односегментным вариантом ISDB-T, ISDB-T_{SB} и ISDB-T. Система мультимедийного радиовещания ISDB-T может использовать разное количество и разные конфигурации сегментов ISDB-T. Основные составляющие системы мультимедийного радиовещания ISDB-T показаны на рисунке 9.43.

[38] ISDB-T_{SB} – это звуковая радиовещательная система.

РИСУНОК 9.43

Три основных составляющих системы мультимедийного радиовещания ISDB-T



В этой системе используется MPEG-2 для инкапсуляции потоков данных, и это означает, что различные цифровые данные (такие, как видео, звук, текст, неподвижные изображения и другие данные) могут передаваться одновременно. Она подобна другим системам ISDB, использующим MPEG-2, таким как ISDB-S, ISDB-C, ISDB-T$_{SB}$ и ISDB-Tmm, и совместима с ними.

9.5.1 Архитектурная модель и модель стека протоколов

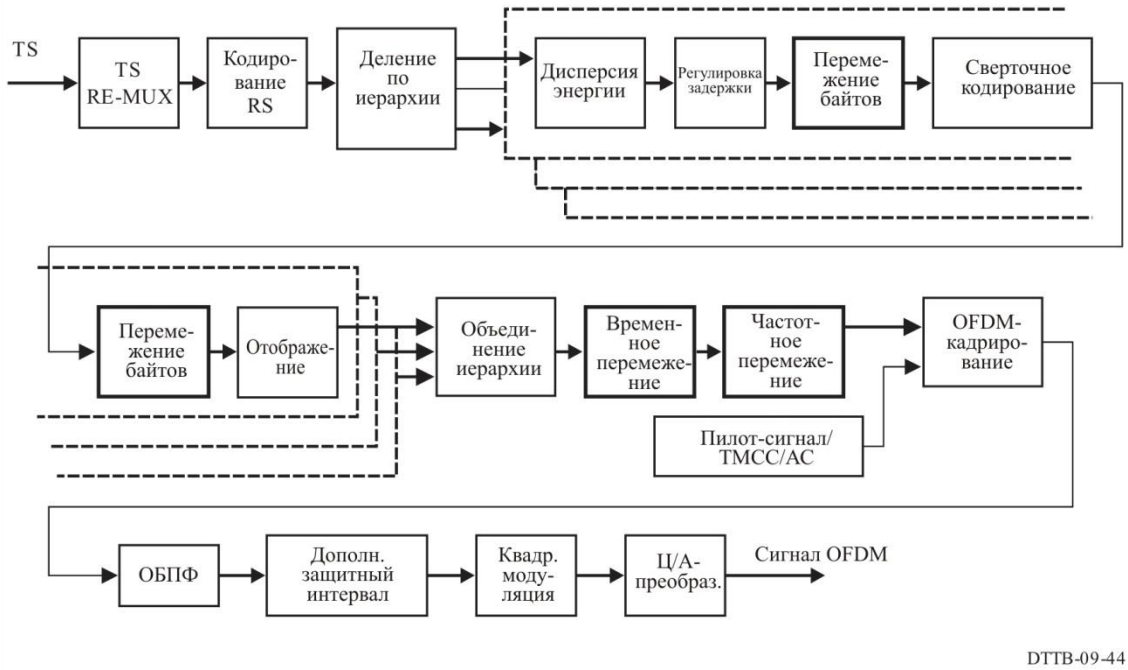
Функциональная блок-схема ISDB-T показана на рисунке 9.44. ISDB-T имеет широкий спектр параметров передачи. Re-Mux потока TS управляет количеством транспортных пакетов, передаваемых в кодер RS, добавляя пустые пакеты TS, независимо от количества пакетов TS на входе.

Система допускает до трех уровней передачи с разной степенью устойчивости путем изменения метода модуляции, скорости кодирования сверточного кода и т. д. на каждом уровне. Используется мощный код коррекции ошибок, называемый каскадным кодом сверточного кодирования/декодирования Витерби и кодирования/декодирования Рида-Соломона (RS).

В системе ISDB-T используется перемежение четырех типов – байтовое, битовое, частотное и временно́е. Эти технологии перемежения описываются в разделе 9.5.3.

РИСУНОК 9.44

Функциональная блок-схема ISDB-T

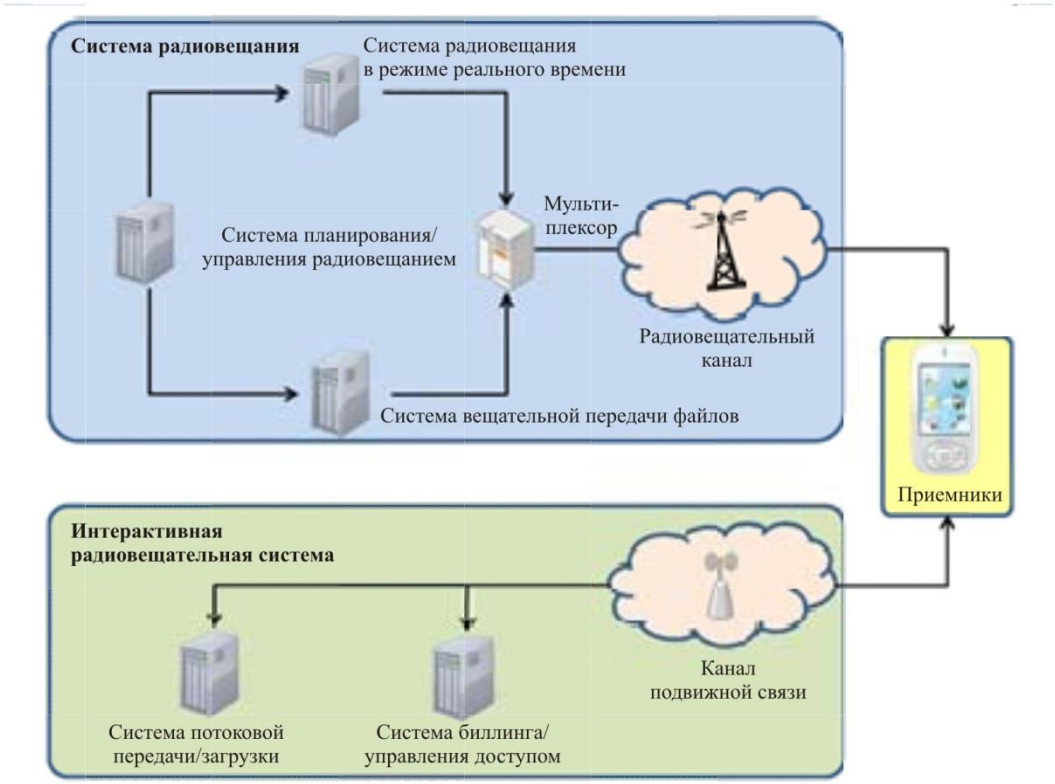


Система имеет три режима передачи (режимы 1, 2 и 3), позволяющие использовать широкий спектр частот передачи, и четыре значения длины защитного интервала для лучшего проектирования сетей ОЧС.

Типичная система мультимедийного радиовещания ISDB-T состоит из трех подсистем: системы радиовещания, системы интерактивного вещания и приемников (рисунок 9.45). Система радиовещания состоит из системы планирования/управления радиовещанием, системы радиовещания в режиме реального времени и системы вещательной передачи файлов. Сигнал радиовещания в режиме реального времени и сигнал вещательной передачи файлов мультиплексируются и передаются одновременно. Типичными приемниками служат сотовые телефоны, музыкальные плееры, автомобильные навигационные системы, цифровые фоторамки и т. д. Система интерактивного вещания состоит из системы биллинга/управления доступом и системы потоковой передачи/загрузки. Система потоковой передачи/загрузки также может добавлять данные, отсутствующие в канале подвижной связи, которые невозможно принять по радиовещательному каналу.

РИСУНОК 9.45

Типичная архитектура мультимедийной системы ISDB-T



В системе мультимедийного радиовещания ISDB-T используется, по существу, та же архитектура мультиплексирования, что и в остальной части семейства ISDB-T, а именно системы MPEG-2 (см. [9.6], [9.7]). На этом уровне контент системы радиовещания в реальном времени и/или контент вещательной передачи файлов мультиплексируются и транспортируются.

На рисунке 9.46 показан стек протоколов системы мультимедийного радиовещания ISDB-T. Контент радиовещания в реальном времени доставляется по тому же протоколу, что и в существующем семействе ISDB-T. Контент вещательной передачи файлов транспортируется по интернет-протоколу (IP) через TS MPEG-2 либо в секции DSM-CC потока TS MPEG-2.

РИСУНОК 9.46

Стек протоколов системы мультимедийного радиовещания ISDB-T

<table>
<tr><td rowspan="2">IP-приложение</td><td colspan="2">Вещательная передача файлов (1)</td><td>Радиовещание в реальном времени</td></tr>
<tr><td>FLUTE/AL-FEC</td><td rowspan="4">Секция
(включая DSM-CC)</td><td rowspan="4">PES</td></tr>
<tr><td colspan="2">UDP/IP</td></tr>
<tr><td colspan="2">ROHC или Рекомендация МСЭ-R BT.1869</td></tr>
<tr><td colspan="2">ULE</td></tr>
<tr><td colspan="4">TS MPEG-2</td></tr>
<tr><td colspan="4">Физический уровень</td></tr>
</table>

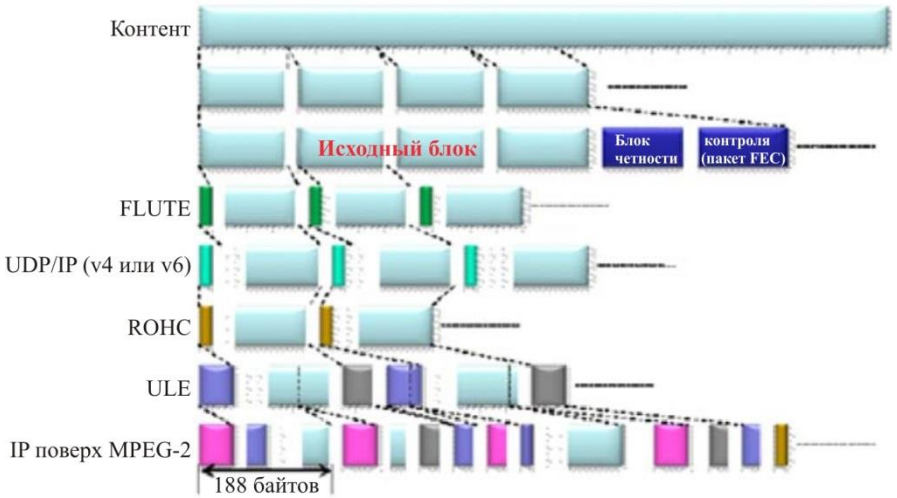
ПРИМЕЧАНИЕ 1. Вещательная передача файлов поддерживается мультимедийной системой F (см. [9.35]).

DTTB-09-46

На рисунке 9.47 показана последовательность прохождения сигналов контента вещательной передачи файлов, транспортируемого посредством IP. Контент вещательной передачи файлов любого типа – аудиовизуальные клипы, электронные книги, газеты и т. д. – разделяется на пакеты фиксированной длины с добавлением пакетов упреждающего исправления ошибок (FEC) для доставки файлов посредством однонаправленного транспортного протокола (FLUTE), как указано в RFC 3926 (схема многоадресной IP-передачи 3GPP и 3GPP2) [9.39]. После удаления избыточности IP-заголовка с помощью U-режима ROHC (RFC 3095 [9.40]) или схемы сжатия заголовка, описываемой в Рекомендации МСЭ-R BT.1869 [9.2], составляются пакеты TS MPEG-2 с однонаправленной облегченной инкапсуляцией (ULE), как указано в RFC 4326 [9.41].

РИСУНОК 9.47

Последовательность прохождения сигналов при вещательной передаче файлов посредством IP

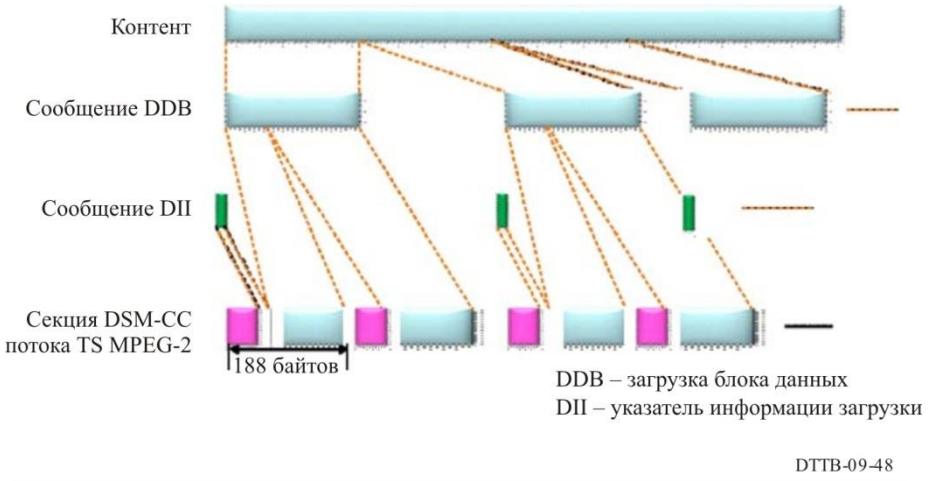


DTTB-09-47

На рисунке 9.48 показана последовательность прохождения сигналов контента вещательной передачи файлов, транспортируемого посредством секции DSM-CC потока TS MPEG-2. Сообщения блока загружаемых данных, составленные из требуемого контента, транспортируются в виде секций DSM-CC.

РИСУНОК 9.48

Последовательность прохождения сигналов при вещательной передаче файлов посредством секций DSM-CC



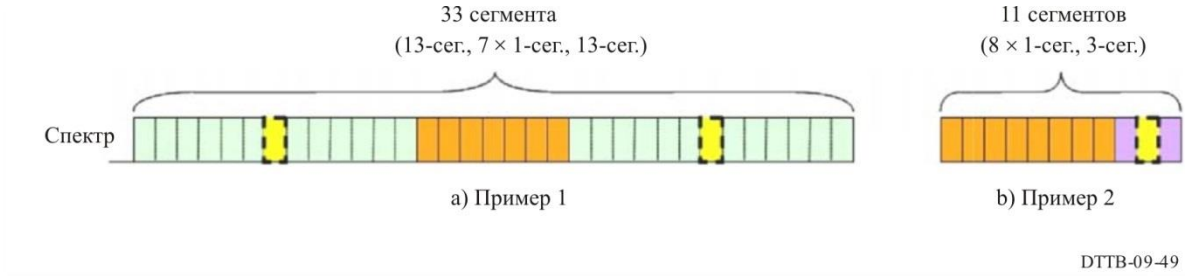
9.5.2 Основные технологии системы ISDB-T и ее расширение для мультимедийного радиовещания

Передача с сегментированием полосы. В системе ISDB-T используется OFDM-модуляция с сегментированием полосы радиочастот BST-OFDM. Система ISDB-T состоит из 13 сегментов OFDM, каждый из которых имеет полосу пропускания B/14 МГц (B – полоса пропускания наземного телевизионного канала, то есть 6, 7 или 8 МГц в зависимости от района), так что один сегмент занимает полосу частот 6/14 МГц (428,57 кГц), 7/14 МГц (500 кГц) или 8/14 МГц (571,29 кГц). Один или несколько сегментов образуют группу сегментов. Для каждой группы сегментов могут быть независимо определены параметры передачи, схемы модуляции несущих OFDM, скорости кодирования внутреннего кода исправления ошибок и длительности временно́го перемежения. Группа сегментов является основной единицей для доставки радиовещательных услуг.

Комбинации сегментных блоков. Количество сегментов для мультимедийной радиовещательной системы ISDB-T можно выбрать в соответствии с конкретным приложением и имеющейся полосой пропускания. Соответствующий спектр формируется путем объединения односегментных, трехсегментных и/или тринадцатисегментных базовых комбинаций без защитных полос. Примеры спектра передачи, объединяющие несколько сегментных блоков, показаны на рисунке 9.49.

РИСУНОК 9.49

Пример комбинаций сегментных блоков мультимедийной радиовещательной системы ISDB-T



Иерархическая передача и частичный прием. Данная система поддерживает иерархическую передачу глубиной до трех уровней (A, B и C). Для каждого из этих уровней можно установить параметры передачи. ISDB-T состоит из 13 сегментов, и эти сегменты разделяются на уровни и выделяются им. Каждый уровень содержит от 1 до 13 сегментов, но общее количество сегментов всех уровней всегда равно 13. Например, когда радиовещательная компания желает предоставить услугу в одном сегменте для карманных приемников, центральный сегмент можно выделить уровню A,

а остальные 12 – уровню B или уровням B и C. В этом случае карманные приемники смогут принимать центральный сегмент лишь частично. Это называется частичным приемом и означает, что приемник может выбрать только часть полосы пропускания передачи. Частичный прием понижает потребляемую мощность карманного приемника, поскольку тот использует низкую тактовую частоту системы.

Технология перемежения. Используется технология перемежения четырех видов:

– перемежитель байтов расположен между внешним и внутренним кодерами. Он рандомизирует ошибки в пакетных сигналах на выходе декодера Витерби;

– перемежитель битов расположен между функциями сверточного кодирования и отображения. Он рандомизирует ошибку символа созвездия перед декодированием Витерби;

– временно́й перемежитель расположен на выходе функции отображения. Он рандомизирует ошибки в пакетных сигналах во временной области, которые вызваны главным образом импульсным шумом и замиранием во время приема на мобильные/портативные устройства;

– частотный перемежитель расположен на выходе временно́го перемежителя. Он рандомизирует ошибки в пакетных сигналах в частотной области, которые вызваны главным образом многолучевыми помехами, помехами несущей и т. д.

Системы MPEG-2. Для инкапсуляции потоков данных в рассматриваемой системе используются системы MPEG-2, что позволяет одновременно передавать различные формы цифрового контента, включая звук, текст и неподвижные изображения. Она подобна другим системам, использующим MPEG-2, таким как ISDB-S, ISDB-C, ISDB-T_{SB} и ISDB Tmm, и совместима с ними. В Японии в этой системе используется видеокодирование MPEG-2 и улучшенное качество аудиокодирования MPEG-2 (AAC) для основных телевизионных программ и улучшенное качество видеокодирования MPEG-4 (MPEG-4 AVC) для односегментной услуги. С другой стороны, в Южной Америке для основных телевизионных программ используются MPEG-4 AVC и MPEG-4 AAC.

Разнесенный прием ISDB-T. Компания Japan Broadcast Corporation (NHK) разработала для своих испытаний прототип приемника сигналов, разнесенных по четырем ветвям на базе суммирования максимальных соотношений сигнал/шум (MRC) для каждой несущей. Полевые испытания проводились в районе города Нагоя в целях сравнения покрытия цифрового наземного радиовещания ТВЧ для мобильного и фиксированного приема с приемником разнесенных сигналов. В случае оценки при показателе приема 95% мобильный прием ТВЧ был практически возможен в контуре фиксированного приема сигналов с уровнями более 75 дБмкВ/м для варианта с четырьмя ветвями разнесения и более 80 дБмкВ/м для варианта с двумя ветвями. Результаты, полученные с использованием движущего транспортного средства, показали значительное ослабление принимаемого сигнала по сравнению с результатами, полученными с использованием фиксированного приема. Это связано с тем, что антенны для мобильного приема находились на высоте трех метров над землей, а антенны для фиксированного приема имели высоту в десять метров; для антенн в мобильных приемниках вероятность блокирования прямых волн была гораздо выше. Напряженность поля принимаемых сигналов при мобильном приеме была на целых 15 дБ ниже расчетной напряженности поля при фиксированном приеме. Подробнее см. в Отчете МСЭ-R BT.2139 [9.74].

9.5.3 Физический и канальный уровни ISDB-T

Для мультиплексирования на канальном уровне в семействе ISDB используются системы MPEG-2, и это означает, что у него общий интерфейс покадрового транспортного потока. Для физического уровня применяются разные способы модуляции и исправления ошибок в зависимости от среды передачи. Для ISDB-T приняты сегментированная система OFDM и каскадное кодирование с исправлением ошибок при применении сверточного кода и кода Рида-Соломона. Для кодирования источника в семействе ISDB принята та же система кодирования источника.

Физический уровень системы мультимедийного радиовещания ISDB-T имеет сходство с семейством ISDB-T, а именно с односегментным вариантом ISDB-T, ISDB-T_{SB} и ISDB-T. Эта система обладает гибкостью в использовании сегментов. Как показано на рисунке 9.49, спектр мультимедийного радиовещания может использоваться наиболее эффективно путем комбинирования тринадцатисегментных, трехсегментных и односегментных блоков без защитных полос. С учетом этой

особенности приемники могут демодулировать односегментный блок или только центральные блоки трех- или тринадцатисегментных блоков, так что ресурсы аппаратного и программного обеспечения для приемников семейства ISDB-T могут использоваться для осуществления мобильного приема передач мультимедийного радиовещания ISDB-T.

9.5.4 Характеристики ISDB-T

В Рекомендациях МСЭ-R BT.1306 [9.33] и МСЭ-R BT.1368 [9.42] описываются характеристики системы, такие как модуляция, пропускная способность, параметры передачи и минимальная напряженность поля.

В Рекомендации МСЭ-R BT.1833 [9.35] приводится списание односегментной услуги.

Местная и широкая зона покрытия. Система мультимедийного радиовещания ISDB-T может охватывать местную зону обслуживания с помощью одного передатчика или широкую зону с помощью одночастотной сети (ОЧС) с использованием нескольких передатчиков. Это позволяет избежать необходимости соблюдения требований при сложных операциях "хендоф" по передаче частот.

Низкое энергопотребление. Портативное терминальное устройство мультимедийного радиовещания ISDB-T может принимать и декодировать сигналы ISDB-TSB и центральный сегмент сигналов ISDB-T. Это узкие полосы, так что карманное терминальное устройство может использовать низкую тактовую частоту и потреблять малый уровень мощности.

Гибкая полоса пропускания. Система мультимедийного радиовещания ISDB-T может адаптировать свою полосу пропускания, объединяя несколько базовых сегментных блоков в соответствии с полосой пропускания выделенного радиочастотного канала.

Несколько программ в одном сегменте. В одном сегменте может передаваться несколько программ. Например, когда параметрами передачи являются модуляция QPSK, скорость кодирования с коррекцией ошибок (FEC) 2/3 и доля защитного интервала 1/8, в одном сегменте может передаваться десять аудиопрограмм (32 кбит/с/программа) или две программы объемного звука 5.1 (например, 160 кбит/с/программа). Более того, в одном сегменте могут одновременно передавать свои программы несколько радиовещательных компаний.

9.5.5 Сводные данные по параметрам системы

В таблице 9.39 приведены характеристики системы ISDB (см. Отчет МСЭ-R BT.2295-1 [9.43]).

ТАБЛИЦА 9.39

Основные характеристики системы ISDB

Характеристики	**Семейство ISDB-T**
Режимы приема: – фиксированный – на портативные устройства – на карманные устройства – мобильный	 + + + +
Чистая скорость передачи данных	*n* × a) от 0,281 до 1,787 Мбит/с b) от 0,328 до 2,085 Мбит/с c) от 0,374 до 2,383 Мбит/с
Эффективность использования спектра (бит/с/Гц)	0,66–4,17
Одночастотные сети	Поддерживаются
Типы радиовещания: – звуковое – мультимедийные – ТВ	 + + +
Передача данных/виды услуг	Видео, аудио, данные
Диапазоны частот	ОВЧ, УВЧ
Полоса пропускания канала	1/14 × *n* из a) 6 МГц; b) 7 МГц; c) 8 МГц $n \geq 1$[1]
Используемая полоса пропускания	Разнос поднесущих + 1/14 × *n* × a) 6 МГц b) 7 МГц c) 8 МГц $n \geq 1$ [1]
Количество сегментов	$n \geq 1$ [1]
Количество поднесущих на сегмент	108 (режим 1); 216 (режим 2); 432 (режим 3)
Разнос поднесущих	a) 3,968 кГц (режим 1)[2]; 1,984 кГц (режим 2); 0,992 кГц (режим 3) b) 4,629 кГц (режим 1); 2,314 кГц (режим 2); 1,157 кГц (режим 3) c) 5,291 кГц (режим 1); 2,645 кГц (режим 2); 1,322 кГц (режим 3)
Длительность активного символа	a) 252 мкс (режим 1)[2]; 504 мкс (режим 2); 1008 мкс (режим 3) b) 216 мкс (режим 1); 432 мкс (режим 2); 864 мкс (режим 3) c) 189 мкс (режим 1); 378 мкс (режим 2); 756 мкс (режим 3)
Доля защитного интервала	1/32, 1/16, 1/8, 1/4
Длительность кадра	204 символа OFDM
Временная/частотная синхронизация	Пилот-несущие

ТАБЛИЦА 9.39 (*окончание*)

Характеристики	Семейство ISDB-T
Методы модуляции	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Внутренняя FEC	Сверточный код, материнская скорость 1/2 с 64 состояниями. Выкалывание кода для скоростей 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Внутреннее перемежение	Частотное перемежение – перемежение внутри и между сегментами Временное перемежение – посимвольное сверточное перемежение 0, 380, 760, 1 520, 3 040 символов (режим 1)[2] 0, 190, 380, 760, 1 520 символов (режим 2) 0, 95, 190, 380, 760 символов (режим 3)
Внешняя FEC	RS (204, 188, T = 8)
Внешнее перемежение	Побайтовое сверточное перемежение, I = 12
Рандомизация данных/дисперсия энергии	PRBS
Иерархическая передача	+
Сигнализация параметров передачи	Пилот-несущие TMCC

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Количество сегментов *n* определяется доступной полосой пропускания.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Режимы 1, 2 и 3 выбираются в зависимости от размера одночастотной сети (ОЧС) и способа приема услуг, например фиксированный или мобильный. Режим 1 можно использовать при работке одного передатчика или небольшой одночастотной сети. Этот режим подходит для мобильного приема. Режим 3 можно использовать для большой одночастотной сети. Этот режим подходит для фиксированного приема. Режим 2 обеспечивает дополнительный компромисс между размером зоны передачи и возможностями мобильного приема. Его следует выбирать, принимая во внимание применяемую радиочастоту, размер ОЧС и способ приема услуг.

9.5.6 Бюджет линии

Критерии планирования ISDB-T описываются в [9.42] как система C.

В таблице 9.40 перечислены примеры бюджетов линий мультимедийной системы ISDB-T. Описание элементов бюджета линии см. в Рекомендации МСЭ-R BS.1660 [9.44].

В случае приема на карманные устройства (вне помещения) 16-QAM и скорости кодирования 1/2 требуемое значение напряженности поля составляет 0,71 мВ (57 дБ(мкВ/м)) или более для односегментного режима и 1,12 мВ (61 дБ(мкВ/м)) или более для трехсегментного режима. Следует отметить, что значение напряженности поля – это значение при высоте приемной антенны 4 м от уровня земли.

ТАБЛИЦА 9.40

Примеры бюджетов линий ISDB-T

Параметр	**Мобильный прием**			**Прием на карманные устройства (вне помещения)**			**Фиксированный прием**		
Частота (МГц)	100			100			100		
Метод модуляции	QPSK	QPSK	16-QAM	QPSK	QPSK	16-QAM	QPSK	QPSK	16-QAM
Внутренний код канала	1/2	2/3	1/2	1/2	2/3	1/2	1/2	2/3	1/2
Требуемое отношение *C*/*N* (QEF после исправления ошибок) (дБ)	4,9	6,6	11,5	4,9	6,6	11,5	4,9	6,6	11,5
Запас на реализацию (дБ)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Запас на помехи (дБ)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Запас на многолучевость (дБ)	–	–	–	–	–	–	1	1	1
Запас на замирания (поправочный коэффициент для мгновенных изменений) (дБ)	9,4	9,4	8,1	9,4	9,4	8,1	–	–	–
Требуемое отношение *C*/*N* для приема (дБ)	18,3	20	23,6	18,3	20	23,6	9,9	11,6	16,5
Коэффициент шума приемника (дБ)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ширина полосы шума приемника (один сегмент) (кГц)	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Мощность теплового шума приемника (дБм)	−112,7	−112,7	−112,7	−112,7	−112,7	−112,7	−112,7	−112,7	−112,7
Мощность внешнего шума (дБм)	−98,1	−98,1	−98,1	−115,1	−115,1	−115,1	−99,1	−99,1	−99,1
Общая мощность шума приемника (дБм)	−97,9	−97,9	−97,9	−110,7	−110,7	−110,7	−98,9	−98,9	−98,9
Напряжение на входе приемника (дБмкВ)	29,2	30,9	34,5	16,4	18,1	21,7	19,8	21,5	26,4
Коэффициент усиления приемной антенны (дБи)	−3	−3	−3	−20	−20	−20	−3	−3	−3
Эффективная длина антенны (дБ)	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4
Потери в фидере; потери, вносимые оборудованием (дБ)	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Минимальная напряженность поля (дБмкВ/м)	39,5	41,2	44,8	43,7	45,4	49,0	31,1	32,8	37,7
Поправочный коэффициент при изменении времени доступности (дБ)	0	0	0	0	0	0	6	6	6
Поправочный коэффициент покрытия (коррекция медианного изменения) (дБ)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	0	0	0
Требуемая напряженность поля ($h2$ = 1,5 м) (дБмкВ/м)	44,3	46,0	49,6	48,5	50,2	53,8			

ТАБЛИЦА 9.40 (*окончание*)

Параметр	**Мобильный прием**			**Прием на карманные устройства (вне помещения)**			**Фиксированный прием**		
Поправочный коэффициент высоты приема (от 1,5 м до 4 м) (дБ)	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3			
Требуемая напряженность поля ($h2$ = 4 м) (дБмкВ/м)	46,6	48,3	51,9	50,8	52,5	56,1	37,1	38,8	43,7
Коэффициент преобразования при переходе от односегментного сигнала к трехсегментному сигналу (дБ)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Требуемая напряженность поля для трехсегментного сигнала ($h2$ = 4 м) (дБмкВ/м)	51,4	53,1	56,7	55,6	57,3	60,9	41,9	43,6	48,5

9.5.7 Пример возможного использования системы ISDB

Ниже приводятся типичные примеры приложений ISDB-T (см. также рисунок 9.50).

– **Программы ТВЧ**. Зрители могут получать удовольствие от приема высококачественных изображений с соотношением сторон 16 × 9 и звуковым сопровождением CD-качества. ISDB-T также поддерживает многоканальное объемное звучание 5.1.

– **Несколько программ ТСЧ**. В одном канале можно передавать до восьми телевизионных программ стандартной четкости.

– **EPG (электронная программа передач)**. Электронная программа передач позволяет зрителям смотреть телевизионные программы и регистрироваться для записи телевизионных программ.

– **Передача данных**. Передача данных обеспечивает предоставление информации по запросу посредством интерактивной деятельности зрителей с использованием дистанционного управления. Она обеспечивает доступ к новостям, информации по дорожному движению, прогнозам погоды, рецептам, экскурсиям и образовательным играм.

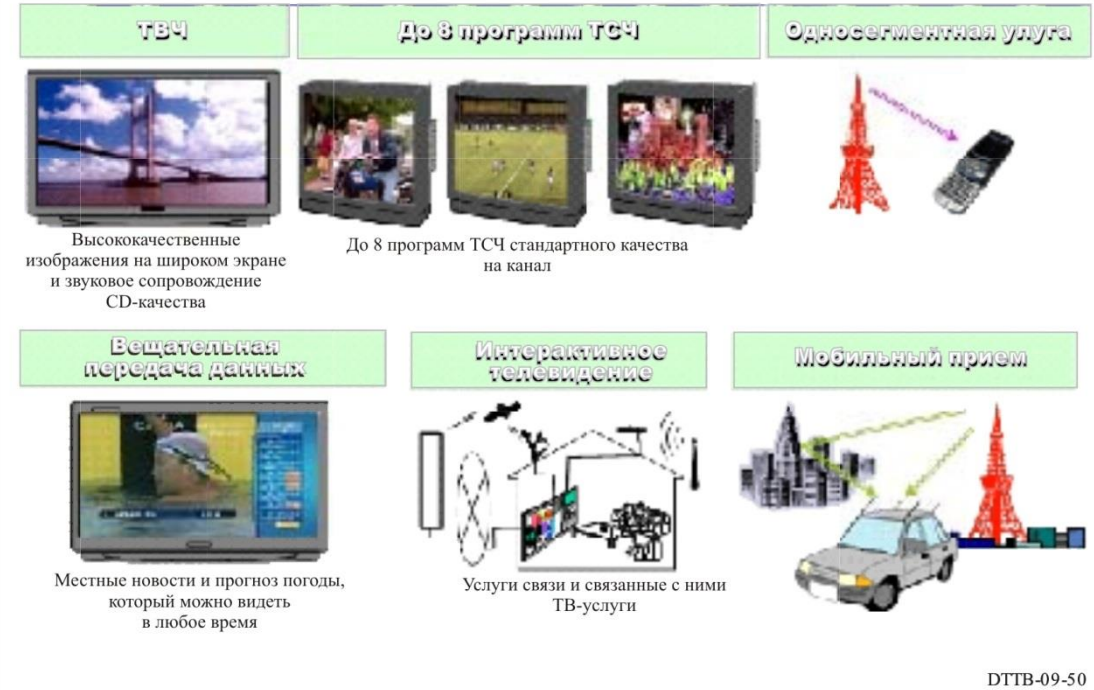
– **Доступ к интернету**. Все телевизионные приемники ISDB-T могут подключаться к интернету для обеспечения доступа к дополнительной информации. Новейшие приемники также поддерживают IPTV.

– **Мобильный прием ТВЧ**. Программы ТВЧ, передаваемые через систему ISDB-T, можно просматривать на мобильных приемниках. В настоящее время на рынке появилось несколько типов автомобильных приемников.

– **Односегментная услуга – ТВ-услуга для карманных и портативных приемников**. Для сотовых телефонов или портативных ТВ-приемников доступна односегментная ТВ-служба. Телефоны с поддержкой односегментной услуги могут также принимать данные с использованием своих функциональных возможностей связи. Для такого способа приема изучаются новые сетевые услуги вещательной передачи данных, объединяющие вещательную передачу данных с информаций, полученной по сети связи. Односегментные приемники также будут оснащены функцией автоматического включения питания для получения оповещений о стихийных бедствиях от вещательной системы раннего предупреждения (EWBS).

РИСУНОК 9.50

Типичные приложения ISDB-T



На рисунке 9.51 показана услуга мультимедийного радиовещания ISDB-T. Различные видеопрограммы, аудиопрограммы и данные могут передаваться на мобильные/карманные приемники. Можно слушать музыку в эфире или после ее загрузки в любом месте и в любое время. Более того, можно получить доступ в интернет с использованием возможностей радиосвязи системы.

РИСУНОК 9.51

Описание услуг мультимедийного радиовещания ISDB-T



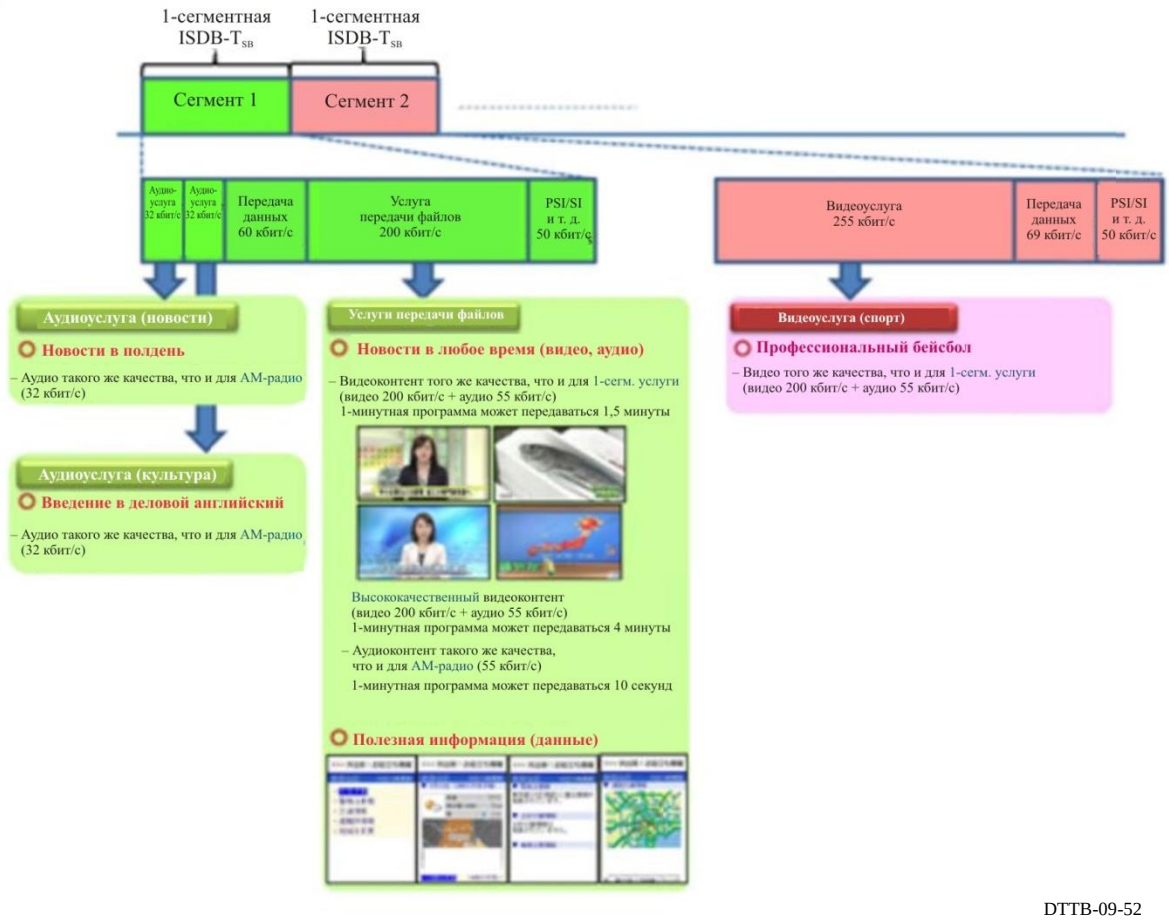
Уникальные преимущества, предлагаемые сегментами ISDB-T в системе мультимедийного радиовещания, делают возможными следующие услуги для портативных терминалов.

9.5.8 Примеры одно- и трехсегментных услуг

Примеры услуг. На рисунке 9.52 показаны примеры односегментых услуг. В сегменте 1 мультиплексируется несколько аудиоуслуг с возможностями вещательной передачи данных, файлов и PSI/SI. В PSI/SI входят два вида электронной программы передач (EPG) – EPG аудиослужб и EPG услуг вещательной передачи файлов. Аудиоуслуги того же качества, что и AM-радиопрограммы (32 кбит/с). Актуальные новости, прогнозы погоды и т. д. передаются услугой вещательной передачи файлов. С другой стороны, можно использовать сегмент 2 для передачи видеоуслуг с таким же качеством, как в случае односегментной услуги.

РИСУНОК 9.52

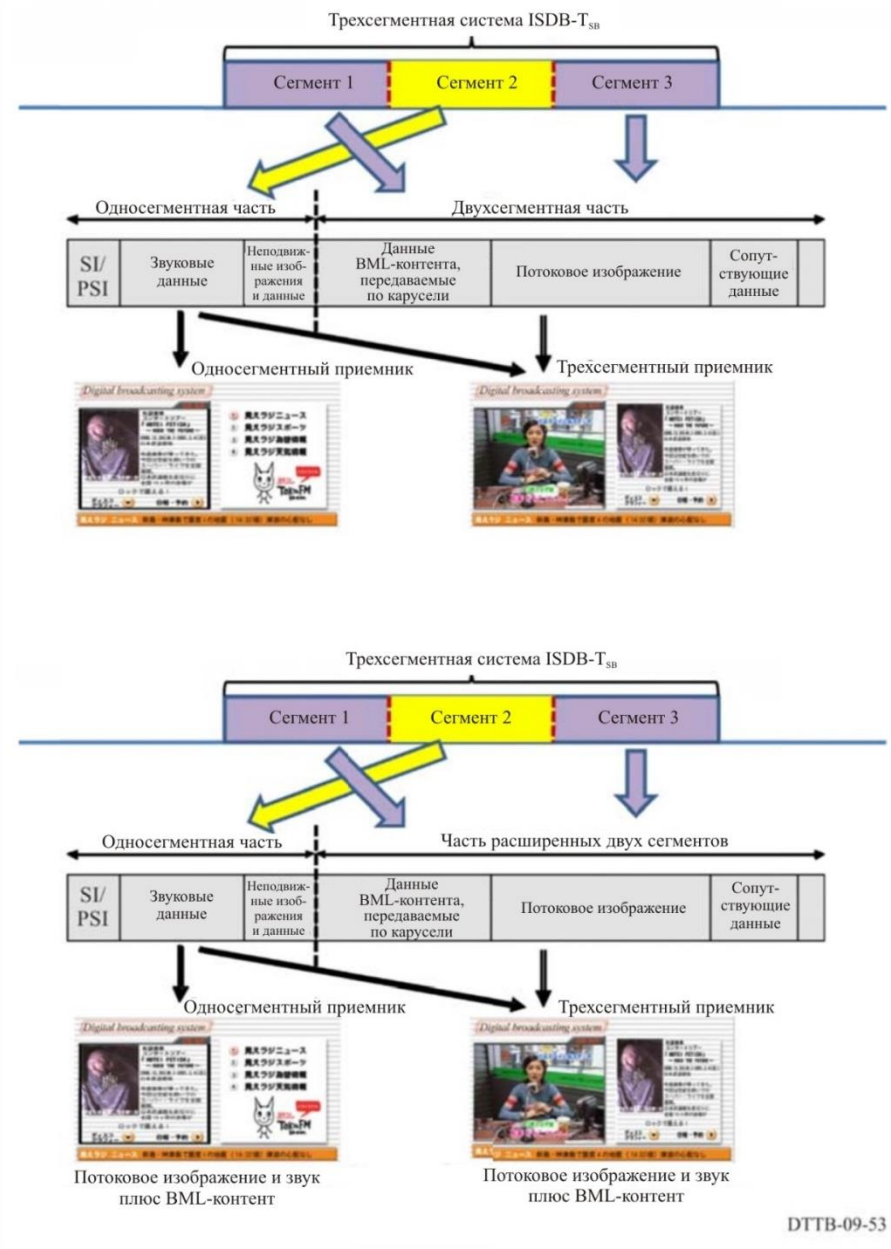
Пример 1-сегментной услуги



Односегментный и трехсегментный приемники. На рисунке 9.53 показан пример разницы в воспроизводимом видеоконтенте между одно- и трехсегментным приемниками. В этом примере программа ISDB-T$_{SB}$ (трехсегментная) состоит из звуковых данных, потокового изображения, PSI/SI и других данных. Звуковые данные, неподвижные изображения и PSI/SI передаются в сегменте 2. Данные для контента на языке вещания разметки (BML), передаваемые по карусели, потоковые изображения и сопутствующие данные передаются в сегментах 1 и 3. Односегментный приемник может принимать звук и неподвижные изображения/данные (показаны в верхней части рисунка 9.53), а трехсегментный – потоковые изображения, звук и BML-контент (нижняя часть рисунка 9.53).

РИСУНОК 9.53

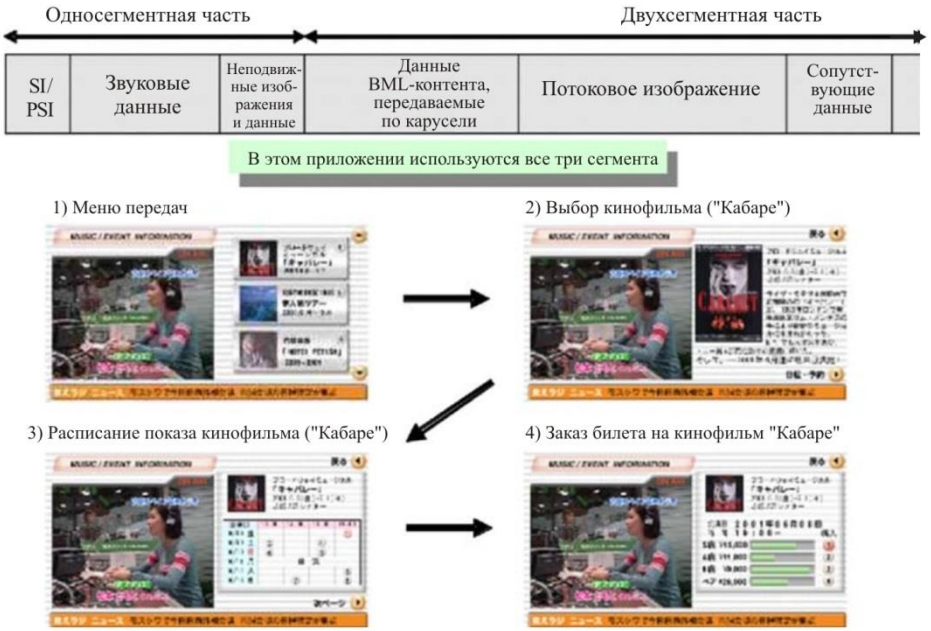
Сравнение трехсегментного и односегментного приемников



Интерактивная радиовещательная служба для карманного приемника, подключенного к сети связи. Для карманных приемников также важны интерактивные приложения. На рисунке 9.54 показан пример с использованием интерактивных возможностей, предоставляемых сетями связи. В этом случае меню передач, информация о кинофильмах и расписание показа кинофильмов отображаются с использованием BML-контента, передаваемого методом карусельной передачи. Кроме того, по сети связи осуществляется бронирование билетов.

РИСУНОК 9.54

Пример приложения интерактивного радиовещания с использованием сети связи



DTTB-09-54

Несколько типов портативных и мобильных приемников. На рисунке 9.55 показаны изображения типичных приемников вместе с краткими пояснениями.

РИСУНОК 9.55

Некоторые типы приемников



a) b) c) d)

DTTB-09-55

a) Простой карманный радиоприемник: только прием звука;

b) карманный/автомобильный радиоприемник с упрощенной функцией отображения лишь нескольких строк символов;

c) сотовый телефон;

d) персональный цифровой секретарь (PDA).

В настоящем Справочнике рассматриваются еще три типа приемников:

a) стереоприемник 5.1-канального объемного звука для автомобильных аудиосистем;

b) фиксированный цифровой звуковой приемник для высококачественных стереофонических звуковых систем;

c) PCMCIA-плата приемника для наращиваемых устройств, таких как PDA и ноутбуки.

9.5.9 Примеры одно- и тринадцатисегментных услуг

Типичной услугой будет комбинация вещательной передачи файлов и радиовещания в реальном времени. Примеры вещательной передачи файлов и радиовещания в реальном времени показаны на рисунках 9.56 и 9.57.

РИСУНОК 9.56

Пример вещательной передачи файлов



DTTB-09-56

РИСУНОК 9.57

Пример многоканального радиовещания в реальном времени

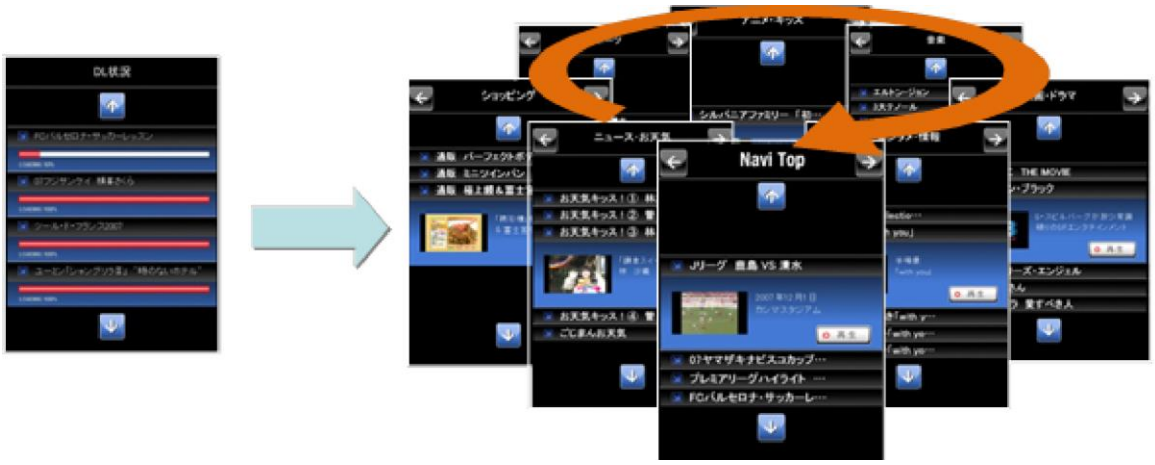


DTTB-09-57

Если имеется миниатюрный (карманный) приемник, способный принимать сигналы мультимедийного радиовещания ISDB-T, то его удобная система навигации помогает пользователю получить доступ к услугам радиовещания в реальном времени и к сохраненным данным, полученным посредством вещательной передачи файлов. На рисунке 9.58 показан пример услуги вещательной передачи файлов. На левом и правом изображениях этого рисунка показаны соответственно проценты загрузки и инструкции по навигации для доступа к данным пользователя.

РИСУНОК 9.58

Пример использования услуги вещательной передачи файлов на карманном приемнике

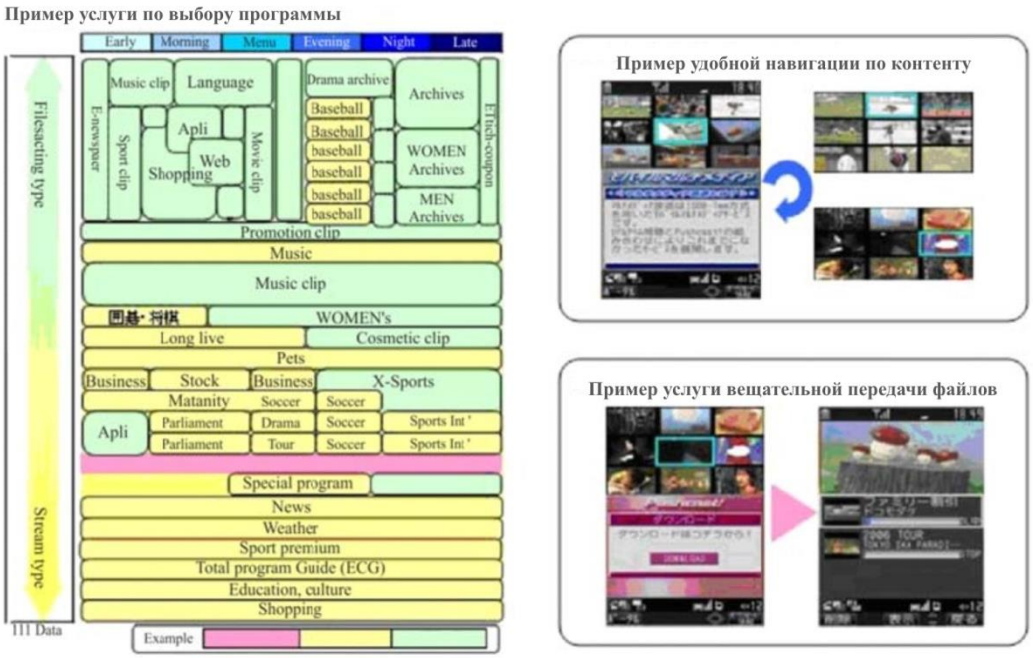


DTTB-09-58

На рисунке 9.59 показан пример программного ряда. Мультимедийное радиовещание ISDB-T может обеспечить богатый контент – от новостей, спортивных передач и кинофильмов до музыки, романов, котировок акций и игр.

РИСУНОК 9.59

Пример программного ряда



DTTB-09-59

9.6 DTMB и DTMB-A

Система DTMB (цифровое телевизионное наземное мультимедийное радиовещание) разработана и утверждена Администрацией по стандартизации Китайской Народной Республики в качестве стандарта GB20600-2006 "Структура деления на кадры, кодирование канала и модуляция в системе цифрового наземного телевизионного вещания" [9.45].

Система DTMB предназначена для обеспечения надежной и высококачественной услуги передачи видеосигналов, звука и данных для любых стационарных, портативных, мобильных и карманных приемников. Благодаря внедрению таких технологий, как мультиплексирование во временной области с синхронно-ортогональным разделением частоты (TDS-OFDM) и каскадные коды коррекции ошибок, объединяющие код проверки четности с низкой плотностью (LPDC) и код БЧХ, система DTMB обладает преимуществами высокой спектральной эффективности, большой зоны покрытия, высокой мобильности и может уверенно противодействовать помехам из-за многолучевости.

Система DTMB обеспечивает широкий выбор параметров передачи, таких как комбинация режимов созвездий, длительность защитного интервала, внутренний код канала и т. д. Благодаря гибкости интерфейса данных, поддерживаемого DTMB, может передаваться весь поток данных со структурой TS, включающей MPEG-2, MPEG-4/H.264, AVS и DRA и т. д. После преобразования могут поддерживаться и другие структуры данных. Стандарт DTMB поддерживает фиксированный и мобильный прием, а также прием внутри/вне помещения телевидения высокой четкости (ТВЧ), телевидения стандартной четкости (ТСЧ) или услуг мультимедийной вещательной передачи данных. Полоса пропускания системы DTMB, используемой в Китае, составляет 8 МГц. DTMB также поддерживает полосу пропускания 6 МГц и 7 МГц. Таким образом DTMB может использоваться в разных странах с различными режимами полосы пропускания. Данные и цифры, приведенные в этом разделе, относятся к системе с полосой пропускания канала 8 МГц.

Новый более эффективный вариант DTMB – это перспективная система DTMB-Advanced (DTMB-A), приведенная в [9.33] как система E. Соответствующим национальным стандартом является китайский стандарт GD/J 068-2015 "Структура деления на кадры, кодирование канала и модуляция в системе улучшенного цифрового телевизионного/наземного мультимедийного радиовещания (DTMB-A)" [9.46]. Этот вариант обеспечивает более высокую эффективность, чем DTMB, с точки зрения устойчивости к шуму и помехам благодаря усовершенствованным методам коррекции ошибок, перемежения и отображения созвездий. Такие усовершенствования расширяют возможности системы вплоть до ТВЧ и вещательной передачи данных с возможностью работы в одно- и многочастотных сетях.

Дополнительная информация о внедрении ЦНТВ в Китае приведена в [9.152].

9.6.1 Архитектурная модель

Пример стека протоколов, используемого в системе DTMB, приведен на рисунке 9.60. Основным протоколом передачи аудиовизуальной информации по физическим каналам является транспортный поток MPEG-2.

РИСУНОК 9.60

Пример стека протоколов DTMB

<table>
<tr><td colspan="6">Приложение (воспроизведение, запись и т. д.)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">MPEG-4
AVC</td><td rowspan="2">Видео
MPEG-2</td><td rowspan="2">Звук
MPEG</td><td rowspan="2">AC-3, DTS</td><td>Субтитры,
телетекст</td><td>EPG,
ESG</td></tr>
<tr><td>PSI</td><td>SI</td></tr>
<tr><td colspan="4">PES MPEG-2</td><td colspan="2">Секция MPEG-2</td></tr>
<tr><td colspan="6">Транспортный поток</td></tr>
<tr><td colspan="6">Физический уровень DTMB (LPDC, M-QAM и т. д.)</td></tr>
</table>

DTTB-09-60

Стандарт DTMB поддерживает ряд битовых скоростей (то есть скоростей передачи данных полезной нагрузки в системе) от 4,813 Мбит/с до 32,486 Мбит/с. Для частотного/сетевого планирования важно знать битовые скорости, необходимые для разных услуг. Поскольку качество видеосигнала зависит от алгоритма сжатия и степени сжатия, количество каскадов сжатия и выбор скорости передачи данных должны основываться на всестороннем рассмотрении всей цепочки ввода, записи, редактирования и модуляции.

Типичные битовые скорости для разных стандартов качества изображения и стандартов кодирования видео и звука приведены в главе 3.

DTMB-A поддерживает повышенные скорости передачи данных на один канал радиовещания (до 49,31 Мбит/с в канале с шириной полосы 8 МГц) с одним или несколькими конвейерами на канал для реализации режима переменного кодирования и модуляции (VCM). Такая дифференцированная защита услуг обеспечивает лучшую эффективность использования канала для различных видов услуг (от фиксированного приема до мобильного телевидения). Также она улучшает характеристики системы с точки зрения количества телевизионных или мультимедийных программ на канал или качества передаваемого аудиовизуального контента (в зависимости от требуемых компромиссов системы).

9.6.2 Основные технологии DTMB/DTMB-A

По сравнению с другими стандартами цифрового наземного телевизионного вещания в DTMB используются следующие основные технологии для улучшения характеристик системы.

Заголовок кадра PN. Для достижения синхронизации системы, оценки и выравнивания характеристик канала в системе DTMB в качестве защитных интервалов вставляются специально разработанные последовательности псевдослучайного шума (PN). Используя PN-последовательности, приемник может обеспечить быструю и устойчивую синхронизацию, а также высокоэффективную оценку канала. Выравнивание в частотной области также достигается очень просто. Заголовок кадра PN может использоваться и в качестве обучающей последовательности в эквалайзере временно́й области. Ввиду отсутствия пилот-сигналов в теле кадра данных система DTMB также обладает повышенной эффективностью использования спектра.

Преимущества и характеристики использования PN-последовательности.

– PN-последовательность, вставленная в качестве защитного интервала, может использоваться для достижения синхронизации и оценки/выравнивания канала системы. Поэтому пилот-сигналы не нужны, и эффективность использования спектра повышается.

– PN-последовательность передается с применением технологии расширенного спектра – линейная автокорреляция и преимущества расширенного спектра делают синхронизацию более устойчивой. С другой стороны, корреляция выполняется во временно́й области, поэтому синхронизация осуществляется очень быстро.

– Благодаря автокорреляции и случайному характеру известной PN-последовательности оценка канала системы DTMB относится только к текущему кадру. Таким образом легко удовлетворить требование высокоскоростного мобильного приема.

– В приемнике PN-последовательность известна, поэтому помехи от PN-последовательности в теле кадра теоретически можно исключить посредством корреляционной процедуры после проведения синхронизации и оценки канала. По результатам такой обработки можно получить тот же сигнал тела кадра с дополненным нулями сигналом OFDM. Теоретически доказано, что характеристики системы защитного интервала с дополнением нулями те же, что и у защитного интервала с циклическим расширением в условиях того же канала.

Суперкадр DTMB-A содержит специальный канал синхронизации, используемый для быстрого установления синхронизации с сигналом, грубой временной синхронизации и оценки смещения несущей частоты. Пилотная информация передается методом DBPSK в одном символе OFDM с двумя циклическими префиксами.

Усовершенствованное кодирование канала. Внешний и внутренний коды, используемые в стандарте DTMB, – это соответственно коды БЧХ и коды LDPC. Длина кодового слова в коде LDPC составляет 7488 битов. В системе используется три скорости кодирования FEC (БЧХ + LDPC), а именно: 0,4 (7488, 3008), 0,6 (7488, 4512) и 0,8 (7488, 6016). Скорость кодирования 0,4 имеет наибольшую избыточность, но обеспечивает самую высокую надежность передачи. Этот режим применяется к каналам с высоким уровнем помех. С другой стороны, скорость кодирования 0,8 имеет малую избыточность, но обеспечивает наихудшую защиту от ошибок. Скорость кодирования 0,6 представляет собой компромиссный вариант.

Внешний код БЧХ помогает адаптировать скорость и снижает минимальный уровень ошибок в системе. По результатам испытаний минимальный уровень ошибок системы DTMB оказался менее 1×10^{-12}.

Защита от ошибок DTMB-A также основана на кодах LDPC/БЧХ, но с другой длиной кодированного кадра (длина короткого кодированного кадра составляет 15 360 битов, а длинного – 61 440 битов). Возможные варианты скорости кодирования: 1/2 (30 720, 30 512), 2/3 (40 960, 40 752) и 5/6 (51 200, 50 992) с возможностью исправления до 13 ошибочных битов.

Защита системной информации. Системная информация – это важная часть кадра сигнала, которая передается в символах тела кадра. Каждый кадр сигнала включает в себя 36 символов системной информации, которые используются для предоставления информации, необходимой информации по демодуляции и декодированию, включая режимы отображения созвездий, скорости LDPC, режимы перемежения и варианты касательно поднесущих (одна или несколько несущих). Используя системную информацию, приемник может автоматически распознать режим системы.

В системах DTMB системная информация передается с использованием технологии расширенного спектра с добавлением кода Уолша для обеспечения надежного восстановления системной информации в условиях зашумленного канала.

В системе DTMB-A используется скорость кодирования LDPC 2/3 для защиты специального канала описания кадра системы и отображение QPSK для повышения помехоустойчивости.

9.6.3 Физический уровень DTMB

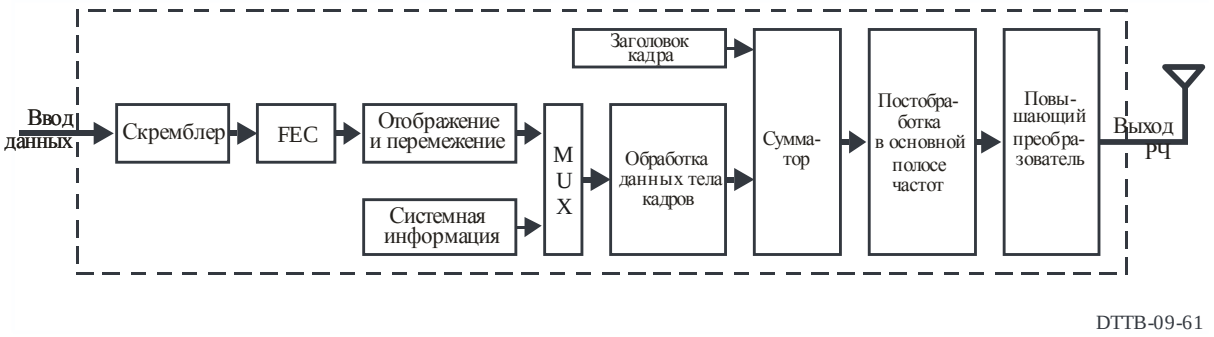
В DTMB ко входному потоку данных последовательно применяется следующая обработка в основной полосе частот:

– скремблирование;
– FEC;
– отображение созвездия;
– перемежение;
– мультиплексирование основного блока данных и системной информации;
– объединение тела кадра и заголовка кадра для создания сигнального кадра;
– использование постобработки в основной полосе частот для генерирования сигнала основной полосы.

После этих процессов сигнал основной полосы преобразуется с повышением частоты в радиосигнал в диапазоне УВЧ или ОВЧ. Блок-схема системы передачи DTMB показана на рисунке 9.61.

РИСУНОК 9.61

Блок-схема системы передачи DTMB



Поскольку данная система предназначена для услуг цифрового наземного телевидения, работающих в рамках существующего выделения спектра ОВЧ и УВЧ для аналоговых передач, требуется, чтобы она обеспечивала достаточную защиту от высоких уровней помех в совмещенном канале (CCI) и помех по соседнему каналу (ACI), исходящих от существующих аналоговых ТВ-услуг.

9.6.4 Характеристики DTMB

Таким образом в системе DTMB можно выбрать следующие параметры:

– количество излучаемых несущих:
  - DTMB – 1 несущая или 3780 несущих;
  - DTMB-A – 4096, 8192 или 32 768 несущих;
– уменьшение отношения пиковой мощности передаваемого сигнала к средней мощности (PAPR) DTMB-A – возможно специальное расширение активного созвездия (ACE) для созвездия APSK;
– скорости кодирования внутреннего канального кода FEC:
  - DTMB: 0,4 – 3009/7488; 0,6 – 4512/7488; 0,8 – 6016/7488;
  - DTMB-A: 1/2, 2/3 и 5/6;
– режимы созвездий:
  - DTMB – 64-QAM – 6 бит/Гц; 32-QAM – 5 бит/Гц; 16-QAM – 4 бита/Гц; 4-QAM – 2 бита/Гц; и 4-QAM-NR – 1 бит/Гц;
  - DTMB-A (конкретный для каждого служебного канала): QPSK – 2 бита/Гц; 16-ASPK – 4 бита/Гц; 64-APSK – 6 бит/Гц; 256-APSK – 8 бит/Гц;
– крутизна спада модулированного символа DTMB-A – 0,05 и 0,025;
– длительность защитного интервала:
  - DTMB – 1/9 – 55,6 мкс; 1/6 – 78,7 мкс; 1/4 – 125 мкс;
  - DTMB-A – 1/128, 1/64, 1/32, 1/16, 1/8 и 1/4 (в зависимости от режима OFDM и крутизны спада, подробнее см. в [9.33]);
– общая длительность символа (сигнального кадра):
  - DTMB – 555,6 мкс; 578,7 мкс; 625 мкс;
  - DTMB-A – 610–4467 мкс (подробнее см. в [9.33]);
– заголовок кадра системы DTMB – 420, 595, 945 мкс;
– глубина перемежения DTMB во временной области – 240, 720;
– специальное перемежение DTMB-A – перемежение битов и перестановка битов, перемежение символов модуляции, временно́е перемежение для конкретного служебного канала;

– гибкость DTMB-A – в DTMB-A используется концепция расширения кадра. Расширение кадра может использоваться в качестве нуль-сигналов или для услуг линии вверх;

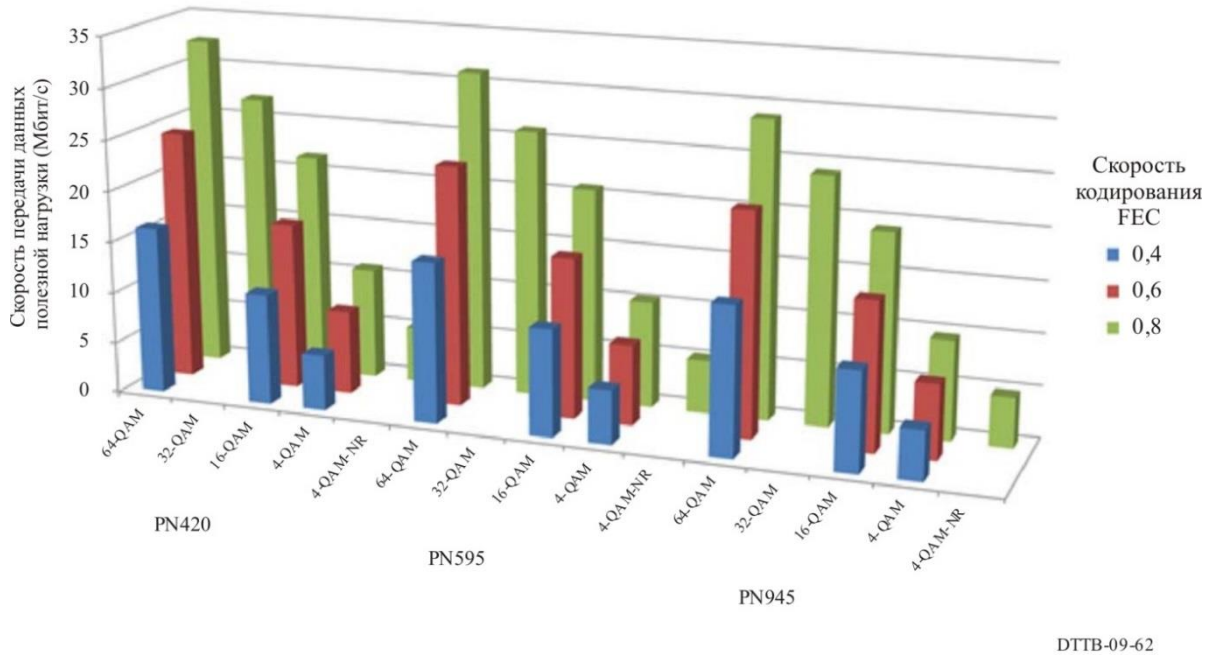
– разнесение передачи DTMB-A – возможны режимы с одной и двумя антеннами для дальнейшего улучшения характеристик приемника. В DTMB-A используется дополнительная конфигурация MISO 2 × 1 с кодированием Аламоути в пространственно-частотной области.

Эти параметры можно комбинировать по мере необходимости, чтобы обеспечить требуемый компромисс между помехоустойчивостью и чистой скоростью передачи в сети TDMB.

Существует пять разных режимов созвездий, используемых в стандарте DTMB для различных требований к передаче, то есть 64-QAM, 32-QAM, 16-QAM, 4-QAM и 4-QAM-NR соответственно с 6, 5, 4, 2 битами и 1 битом на символ созвездия. Для отображения 4-QAM-NR, эквивалентного режиму 4-QAM, перед отображением 4-QAM применяется NR-кодирование. По сравнению с режимом созвездия 4-QAM для данного режима заголовка кадра и скорости кодирования FEC скорость передачи данных полезной нагрузки 4-QAM-NR составляет половину, 16-QAM – удвоенное значение и 64-QAM – утроенное значение скорости созвездия 4-QAM. При заданной скорости кодирования FEC и том же состоянии канала наилучшую помехозащищенность обеспечивает 4-QAM, а наихудшую – 64-QAM. Значения скорости передачи данных полезной нагрузки для системы DTMB во всех режимах приведены на рисунке 9.62.

РИСУНОК 9.62

Скорость передачи данных полезной нагрузки для системы DTMB



Созвездия для DTMB-A основаны на отображениях QPSK и M-PSK (M = 16, 64, 256) с возможностью выбора различных значений M для каждого отдельного подканала (конвейера). Такая операция называется переменным кодированием и модуляцией (VCM) и используется для дифференцированной передачи разных услуг. Стандартный режим модуляции (без дифференцированной передачи) возможен в процессе постоянного кодирования и модуляции (CCM).

Скорость кодирования FEC 0,4 имеет наибольшую избыточность и обеспечивает наилучшую надежность передачи. Этот режим подходит для каналов с высоким уровнем помех. С другой стороны, скорость кодирования FEC 0,8 имеет наименьшую избыточность и обеспечивает наихудшую защиту от ошибок. Та же концепция применима к скоростям LDPC в системе DTMB-A. В целом DTMB-A обеспечивает лучшую защиту от ошибок, чем DTMB, но за счет повышенной сложности алгоритмов и повышенных требований к оборудованию системы.

В заголовке кадра систем DTMB используются PN-последовательности, которые могут применяться для быстрой синхронизации и высокоэффективной оценки/выравнивания канала. Существует три варианта длины заголовка кадра для работы в каналах с многолучевостью. Самый длинный заголовок кадра системы помогает бороться с наиболее длинными эхо-сигналами, но уменьшает скорость передачи данных полезной нагрузки в системе. Самый длинный заголовок кадра системы подходит для работы с ОЧС в большой зоне.

Суперкадр системы DTMB-A имеет более сложную структуру, чем в системах DTMB, со специальным заголовком (называемым каналом синхронизации). Цель такого усложнения – повысить точность синхронизации приемника и предоставить дополнительные средства для идентификации и обнаружения сигнала DTMB-A в радиочастотном канале. В канале синхронизации две специальных PN-последовательности после модуляции DBPSK преобразуются во временную область. Такой подход обеспечивает повышенную надежность в приемнике.

Перемежение во временно́й области нацелено на улучшение защиты от импульсных помех. Перемежение символов во временно́й области выполняется через несколько блоков символов данных. Для перемежения во временно́й области используется сверточное перемежение, основанное на символах созвездий. Имеется два режима перемежения во временно́й области с разными значениями параметра M глубины перемежения (размер буфера основного модуля задержки) для одного и того же количества ветвей перемежения B, равного 52. Режим с M = 720 предназначен для длинного перемежения, а M = 240 – для короткого. Режим длинного перемежения подходит для больших пакетов ошибок передачи. Большие пакеты ошибок передачи могут быть вызваны сильными импульсными помехами или замираниями из-за многолучевости.

Этапы перемежения в DTMB-A более сложны ввиду длинных блоков данных и необходимости надежной передачи данных в меняющихся частотно-временных условиях канала. Имеется три этапа перемежения – перемежение и перестановка битов после кодирования FEC, внутреннее и межсимвольное перемежение модулированных символов QPSK или M-APSK и временно́е перемежение для создания конвейера в режимах одной и нескольких услуг.

Системы DTMB и DTMB-A имеют удовлетворительные характеристики приема в обоих каналах аддитивного белого гауссова шума (AWGN) и в каналах с замираниями из-за многолучевости, которые могут появляться в сложных ситуациях многолучевого распространения и в ОЧС.

На рисунке 9.63 и в таблице 9.41 показаны пороговые значения *C*/*N* для DTMB в каналах AWGN, Райса и Рэлея. В таблице 9.42 приведены пороговые значения *C*/*N* для DTMB-A в тех же трех каналах. Канал Райса, используемый для получения этих цифр, рассматривается в таблице 9.43, а канал Рэлея – в таблице 9.44.

РИСУНОК 9.63

Пороговое значение *C/N* для системы DTMB

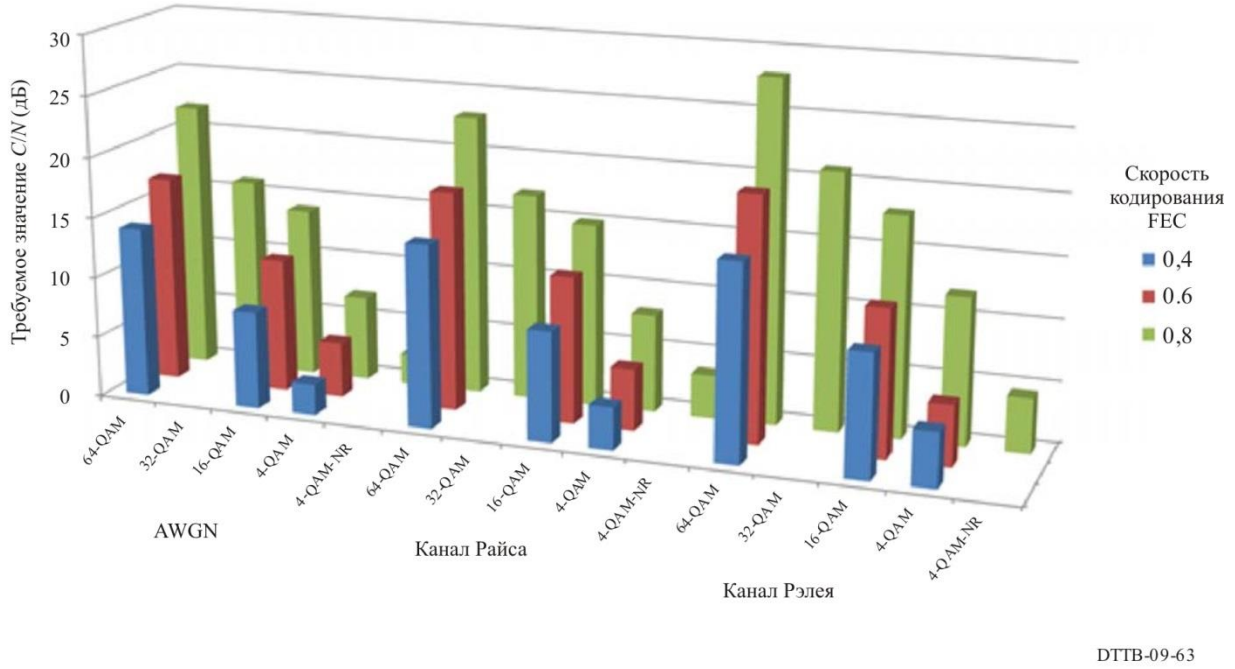


ТАБЛИЦА 9.41

Пороговое значение *C/N* для системы DTMB

Созвездие	**Скорость кодирования FEC**	**Пороговое значение *C/N* (дБ)**		
		AWGN	**Канал Райса**	**Канал Рэлея**
4-QAM	0,4	2,5	3,5	4,5
16-QAM	0,4	8,0	9,0	10,0
64-QAM	0,4	14,0	15,0	16,0
4-QAM	0,6	4,5	5,0	7,0
16-QAM	0,6	11,0	12,0	14,0
64-QAM	0,6	17,0	18,0	20,0
4-QAM-NR	0,8	2,5	3,5	4,5
4-QAM	0,8	7,0	8,0	12,0
16-QAM	0,8	14,0	15,0	18,0
32-QAM	0,8	16,0	17,0	21,0
64-QAM	0,8	22,0	23,0	28,0

ТАБЛИЦА 9.42

Пороговое значение *C/N* для системы DTMB

Созвездие	Скорость кодирования FEC	Количество несущих	Длина LDPC	Пропускная способность (Мбит/с)	Пороговое отношения несущей к шуму (дБ)		
					AWGN	Канал Райса	Канал Рэлея
QPSK	1/2	4K	61 440	6,66	1,2	1,6	3,7
64-APSK	2/3	4K	61 440	26,69	13,3	14,1	16,8
64-APSK	2/3	4K	15 360	26,69	13,7	14,4	17,1
256-APSK	2/3	32K	61 440	39,41	17,9	18,2	21,2
256-APSK	5/6	32K	61 440	49,31	22,4	22,8	27,4

ТАБЛИЦА 9.43

Модель канала Райса для системы DTMB

Трасса	Относительная амплитуда (дБ)	Задержка (мкс)	Фаза (градусы)
Основная трасса	0	0	0
Эхо 1	−19,2	0,518650	336,0
Эхо 2	−36,2	1,003019	278,2
Эхо 3	−26,4	5,422091	195,9
Эхо 4	−21,8	2,751772	127,0
Эхо 5	−23,1	0,602895	215,3
Эхо 6	−35,6	1,016585	311,1
Эхо 7	−27,9	0,143556	226,4
Эхо 8	−26,1	3,324886	330,9
Эхо 9	−19,3	1,935570	8,8
Эхо 10	−22,0	0,429948	339,7
Эхо 11	−20,5	3,228872	174,9
Эхо 12	−23,0	0,848831	36,0
Эхо 13	−24,3	0,073883	122,0
Эхо 14	−26,7	0,203952	63,0
Эхо 15	−27,9	0,194207	198,4
Эхо 16	−23,8	0,924450	210,0
Эхо 17	−30,1	1,381320	162,4
Эхо 18	−24,5	0,640512	191,0
Эхо 19	−23,1	1,368671	22,6

ТАБЛИЦА 9.44

Модель канала Рэлея для системы DTMB

Трасса	Относительная амплитуда (дБ)	Задержка (мкс)	Фаза (градусы)
1	−7,8	0,518650	336,0
2	−24,8	1,003019	278,2
3	−15,0	5,422091	195,9
4	−10,4	2,751772	127,0
5	−11,7	0,602895	215,3
6	−24,2	1,016585	311,1
7	−16,5	0,143556	226,4
8	−25,8	0,153832	62,7
9	−14,7	3,324886	330,9
10	−7,9	1,935570	8,8
11	−10,6	0,429948	339,7
12	−9,1	3,228872	174,9
13	−11,6	0,848831	36,0
14	−12,9	0,073883	122,0
15	−15,3	0,203952	63,0
16	−16,5	0,194207	198,4
17	−12,4	0,924450	210,0
18	−18,7	1,381320	162,4
19	−13,1	0,640512	191,0
20	−11,7	1,368671	22,6

Для мобильного приема выбор режимов отображения и скоростей кодирования FEC зависит от характеристик системы в динамическом канале многолучевого распространения с доплеровским сдвигом частоты. Требуемое значение C/N и соответствующий доплеровский сдвиг частоты в динамическом канале для комбинаций режимов отображения созвездий и скоростей кодирования FEC для системы DTMB приведены в таблице 9.45, где $(C/N)_{min}$ – минимальное значение C/N для нормального приема, когда доплеровская частота составляет 70 Гц. Соответствующая доплеровская частота – это максимальная доплеровская частота для нормального приема, когда C/N на 3дБ выше, чем $(C/N)_{min}$. Модель динамического канала приведена в таблице 9.46.

ТАБЛИЦА 9.45

Характеристики системы DTMB в динамическом канале

Созвездие	Скорость кодирования FEC	f_d = 70 Гц $(C/N)_{min}$ (дБ)	f_d (Гц) для $(C/N)_{min}$ + 3 дБ	Скорость (км/час) для $(C/N)_{min}$ + 3 дБ			
				65 МГц	200 МГц	500 МГц	700 МГц
4-QAM	0,4	6	62	2 692	875	350	250
16-QAM	0,4	12	134	2 226	724	290	207
4-QAM	0,6	10	148	2 459	799	320	228
16-QAM	0,6	17	116	1 927	626	251	179
4-QAM-NR	0,8	6	162	2 692	875	350	250
4-QAM	0,8	14	123	2 044	664	266	190

ТАБЛИЦА 9.46

Модель динамического канала для системы DTMB

Отводы	Усиление (дБ)	Задержка (мкс)	Тип доплеровского сдвига
1	−3	0	Райса
2	0	0,2	Райса
3	−2	0,5	Райса
4	−6	1,6	Райса
5	−8	2,3	Райса
6	−10	5,0	Райса

Характеристики DTMB-A. Требуемое отношение *C*/*N* по каналу AWGN для DTMB-A находится в диапазоне 0,62–21,08 дБ для различных комбинаций модуляции (QPSK, M-APSK) и скорости канального кодирования (1/2, 2/3, 5/6). Эти значения приведены для BER = 1×10^{-5} и полосы пропускания системы 7,56 МГц. Дополнительная информация о характеристиках DTMB-A приведена в отчете "Field test report of Evolution System for DTMB" [9.47].

9.6.5 Сводные данные о параметрах системы

Сводные данные о характеристиках системы DTMB приведены в таблице 9.47 (см. также [9.43]). В таблице 9.48 приведены сводные данные о характеристиках DTMB-A.

ТАБЛИЦА 9.47

Основные характеристики системы DTMB

Характеристики	DTMB
Режимы приема: – фиксированный – на портативные устройства – на карманные устройства – мобильный	 + + + +
Чистая скорость передачи данных	В зависимости от модуляции, заголовка кода и кадра: a) 3,610–24,436 Мбит/с b) 4,211–28,426 Мбит/с c) 4,813–32,486 Мбит/с
Эффективность использования спектра (бит/с/Гц)	0,64–4,30
Одночастотные сети	Поддерживаются
Типы радиовещания: – звуковое – мультимедийное – ТВ	 + +
Передача данных/виды услуг	Видео, аудио, данные
Диапазоны частот	ОВЧ, УВЧ
Полоса пропускания канала	a) 6 МГц; b) 7 МГц; c) 8 МГц
Используемая полоса пропускания	a) 5,67 МГц; b) 6,62 МГц; c) 7,56 МГц
Количество сегментов	1

ТАБЛИЦА 9.47 (*окончание*)

Характеристики	DTMB
Количество поднесущих на сегмент	1 (режим с одной несущей), 3 780 (режим с несколькими несущими)
Разнос поднесущих	Режим с несколькими несущими: a) 1,5 кГц; b) 1,75 кГц; c) 2,0 кГц
Длительность активного символа	a) 0,176 мкс (режим с одной несущей); 666,67 мкс (режим с несколькими несущими) b) 0,151 мкс (режим с одной несущей); 571,43 мкс (режим с несколькими несущими) c) 0,132 мкс (режим с одной несущей); 500 мкс (режим с несколькими несущими)
Доля защитного интервала/ длительность защитного интервала	Заголовок кадра 1/9, 1/6, 1/4 тела кадра: a) 74,07; 104,94; 166,67 мкс b) 63,49; 89,95; 142,86 мкс c) 55,56; 78,70; 125,00 мкс
Длительность кадра	a) 740,74; 771,60; 833,33 мкс b) 634,92; 661,38; 714,29 мкс c) 555,56; 578,70; 625,00 мкс
Временная/частотная синхронизация	PN-последовательность в качестве заголовка сигнального кадра
Методы модуляции	4-QAM-NR, 4-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM
Внутренняя FEC	Код LDPC 0,4 (7 488, 3 008); 0,6 (7 488, 4 512); 0,8 (7 488, 6 016)
Внутреннее перемежение	В частотной области внутри одного сигнального кадра (режим с несколькими несущими)
Внешняя FEC	БЧХ (762, 752), полученный из БЧХ (1 023, 1 013)
Внешнее перемежение	Сверточное чередование во временной области, количество ветвей перемежения B = 52, глубина перемежения M = 240, 720
Рандомизация данных/дисперсия энергии	PRBS
Иерархическая передача	–
Сигнализация параметров передачи	Переносится 36 информационными символами системы на сигнальный кадр

ТАБЛИЦА 9.48

Основные характеристики системы DTMB-A

Характеристики	DTMB-A
Режимы приема: – фиксированный – на портативные устройства – на карманные устройства – мобильный	 + + + +
Чистая скорость передачи данных	В зависимости от модуляции, заголовка кода и кадра: a) 3,75–37 Мбит/с; b) 4,38–43,1 Мбит/с; c) 5,0–49,31 Мбит/с
Эффективность использования спектра (бит/с/Гц)	2–8 (без кодирования FEC)

ТАБЛИЦА 9.48 (*продолжение*)

Характеристики	**DTMB-A**
Одночастотные сети	Поддерживаются
Типы радиовещания: – звуковое – мультимедийное – ТВ	 + +
Передача данных/виды услуг	Видео, аудио, данные
Диапазоны частот	ОВЧ, УВЧ
Полоса пропускания канала	a) 6 МГц; b) 7 МГц; c) 8 МГц
Используемая полоса пропускания	a) 5,67 МГц (крутизна спада 0,05); 5,83 МГц (крутизна спада 0,025) b) 6,62 МГц (крутизна спада 0,05); 6,81 МГц (крутизна спада 0,025) c) 7,56 МГц (крутизна спада 0,05); 7,78 МГц (крутизна спада 0,025)
Количество сегментов	Настраиваемое
Количество поднесущих на сегмент	4 096 (режим 4k); 8 192 (режим 8k); 32 678 (режим 32k)
Разнос поднесущих (см. Примечание 1)	a) 1 846 Гц при крутизне спада 0,05; 1 899 Гц при крутизне спада 0,025 b) 923 Гц при крутизне спада 0,05; 949 Гц при крутизне спада 0,025 c) 231 Гц при крутизне спада 0,05; 237 Гц при крутизне спада 0,025
Длительность активного символа (см. Примечание 1)	a) 541,80 мкс при крутизне спада 0,05; 526,63 мкс при крутизне спада 0,025 b) 1 444,80 мкс при крутизне спада 0,05; 1 404,34 мкс при крутизне спада 0,025 c) 5 779,19 мкс при крутизне спада 0,05; 5 617,37 мкс при крутизне спада 0,025
Доля защитного интервала/ длительность защитного интервала (см. Примечание 1)	a) 1/8; 1/4; 1/2: 67,7; 135; 271 мкс при крутизне спада 0,05; 65,8; 132; 263 мкс при крутизне спада 0,025 b) 1/16; 1/8; 1/4: 67,7; 135; 271 мкс при крутизне спада 0,05; 65,8; 132; 263 мкс при крутизне спада 0,025 c) 1/64; 1/32; 1/16: 67,7; 135; 271 мкс при крутизне спада 0,05; 65,8; 132; 263 мкс при крутизне спада 0,025
Длительность суперкадра	Суперкадр начинается с канала синхронизации суперкадра и канала управления для сигнализации служебного канала. Каждый суперкадр имеет настраиваемое количество сигнальных кадров данных с максимальной длительностью 250 мкс
Временная/частотная синхронизация	Канал синхронизации суперкадра и двойные символы PN-MC каждого сигнального кадра
Методы модуляции	QPSK, 16-APSK, 64-APSK, 256-APSK для каждого служебного канала отдельно

ТАБЛИЦА 9.48 (*окончание*)

Характеристики	DTMB-A
Внутренняя FEC	Код LDPC 1/2 (30 720, 30 512), 2/3 (40 960, 40 752) и 5/6 (51 200, 50 992)
Внутреннее перемежение	Перемежение битов, перестановка битов для каждого служебного канала
Внешняя FEC	Код БЧХ с размером блоков 61 440 или 15 360 битов
Внешнее перемежение	Временно́е перемежение отдельно для каждого служебного канала
Рандомизация данных/дисперсия энергии	PRBS
Иерархическая передача	–
Сигнализация параметров передачи	Сигнализация служебного канала передается по каналу управления в суперкадре. Размер сигнального кадра для канала управления составляет 4096, а длина символа PM-MC равна 1024; данные модулируются методом QPSK и кодируются с использованием выколотого LDPC-кода со скоростью 2/3 и размером блока 15 360 битов для OFDM

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значения указаны для полосы пропускания 8 МГц. Для других размеров полосы пропускания см. [9.33].

9.6.6 Бюджет линии

Критерии планирования DTMB и DTMB-A описываются в [9.42] как системы D и E.

В таблицах 9.49 и 9.50 показаны типичные бюджеты линий для систем DTMB и DTMB-A.

ТАБЛИЦА 9.49

Минимальная медианная плотность потока мощности и эквивалентная минимальная медианная напряженность поля в диапазоне IV при вероятности охвата мест 70% и 95% (условия приема: наружный стационарный, в городе, диапазон IV)

Частота	***f* (МГц)**	**500**				
Минимальное значение *C*/*N*, требуемое для системы	*C*/*N* (дБ)	2	8	14	20	26
Минимальная мощность сигнала на входе приемника	$P_{s\,min}$ (дБВт)	−126,2	−120,2	−114,2	−108,2	−102,2
Минимальное эквивалентное напряжение на входе приемника (75 Ом)	$U_{s\,min}$ (дБмкВ)	13	19	25	31	37
Потери в кабеле	L_f (дБ)	3				
Коэффициент усиления антенны относительно полуволнового диполя	*G* (дБд)	10				
Эффективная апертура антенны	*Aa* (дБм^2)	−3,3				
Минимальная плотность потока мощности в месте приема	Φ_{min} (дБВт/м^2)	−119,9	−113,9	−107,9	−101,9	−95,9

ТАБЛИЦА 9.49 (*окончание*)

Частота	***f* (МГц)**	**500**				
Минимальная эквивалентная напряженность поля в месте приема	E_{min} (дБмкВ/м)	26	32	38	44	50
Допустимый уровень индустриального шума	P_{mmn} (дБ)	0				
Потери из-за уменьшения высоты	L_h (дБ)	0				
Вероятность охвата мест 70%						
Поправочный коэффициент в зависимости от местоположения	C_I (дБ)	2,9				
Минимальная медианная плотность потока мощности при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	Φ_{med} (дБВт/м^2)	−117,0	−111,0	−105,0	−99,0	−93,0
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	E_{med} (дБмкВ/м)	29	35	41	47	53
Вероятность охвата мест 95%						
Поправочный коэффициент в зависимости от местоположения	C_I (дБ)	9				
Минимальная медианная плотность потока мощности при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	Φ_{med} (дБВт/м^2)	−110,9	−104,9	−98,9	−92,9	−86,9
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	E_{med} (дБмкВ/м)	35	41	47	53	59

ТАБЛИЦА 9.50

Минимальная медианная плотность потока мощности и эквивалентная минимальная медианная напряженность поля в диапазоне V при вероятности охвата мест 70% и 95% (условия приема: наружный стационарный, в городе, диапазон V)

Частота	***f* (МГц)**	**700**				
Минимальное значение C/*N*, требуемое для системы	*C*/*N* (дБ)	2	8	14	20	26
Минимальная мощность сигнала на входе приемника	$P_{s\,min}$ (дБВт)	−126,2	−120,2	−114,2	−108,2	−102,2
Минимальное эквивалентное напряжение на входе приемника (75 Ом)	$U_{s\,min}$ (дБмкВ)	13	19	25	31	37
Потери в кабеле	L_f (дБ)	5				
Коэффициент усиления антенны относительно полуволнового диполя	*G* (дБд)	12				
Эффективная апертура антенны	*Aa* (дБм^2)	−4,2				

ТАБЛИЦА 9.50 (*окончание*)

Частота	***f* (МГц)**	**700**				
Минимальная плотность потока мощности в месте приема	Φ_{min} (дБВт/м^2)	−117,0	−111,0	−105,0	−99,0	−93,0
Минимальная эквивалентная напряженность поля в месте приема	E_{min} (дБмкВ/м)	29	35	41	47	53
Допустимый уровень индустриального шума	P_{mmn} (дБ)	0				
Потери из-за уменьшения высоты	L_h (дБ)	0				
Вероятность охвата мест 70%						
Поправочный коэффициент в зависимости от местоположения	C_l (дБ)	2,9				
Минимальная медианная плотность потока мощности при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	Φ_{med} (дБВт/м^2)	−114,1	−108,1	−102,1	−96,1	−90,1
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	E_{med} (дБмкВ/м)	32	38	44	50	56
Вероятность охвата мест 95%						
Поправочный коэффициент в зависимости от местоположения	C_l (дБ)	9				
Минимальная медианная плотность потока мощности при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	Φ_{med} (дБВт/м^2)	−108,0	−102,0	−96,0	−90,0	−84,0
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля при высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и 50% мест	E_{med} (дБмкВ/м)	38	44	50	56	62

Подробное описание методики определения бюджета линии при разных сценариях реализации сетей содержится в стандарте GB/T2666-2011 "Руководящие указания по реализации системы передачи для цифрового наземного телевизионного вещания" [9.174].

9.6.7 Примеры использования DTMB

Во многих городах материкового Китая, включая Пекин и Шанхай, уже развернуты сети радиовещания DTMB. DTMB также используется за пределами материкового Китая, например на Кубе, в Лаосе, Камбодже, Гонконге и Макао. Различные радиовещательные компании выбирают разные параметры и режимы передачи в соответствии со своими требованиями.

Сеть DTMB в Пекине. В Пекине работают четыре радиовещательных РЧ-канала. В канале с центральной частотой 666 МГц с общей скоростью передачи 21,658 Мбит/с передаются шесть программ SD. В каждом из каналов с центральными частотами 674 МГц и 482 МГц передается по одной программе HD. Битовая скорость составляет 20,791 Мбит/с. Для всех трех каналов используется модуляция 16-QAM и скорость кодирования FEC 0,8, но заголовки системного кадра различаются. Все программы кодируются в MPEG-2. Другой канал с центральной частотой 546 МГц ориентирован на мобильный прием; в нем передаются пять программ SD, кодируемых с использованием сжатия по стандарту Audio Video Coding Standard (AVS).

Сеть DTMB в Гонконге. Для сети DTMB в Гонконге используется созвездие 64-QAM со скоростью кодирования FEC 0,6 и PN 945 в качестве заголовка системного кадра при скорости передачи данных во всех каналах 21,658 Мбит/с.

Гибкая комбинация HD- и SD-программ передается в отдельных каналах для удовлетворения требований разных пользователей и экономии ресурса полосы радиочастот. Например, в канале 586 МГц передаются одна HD-программа и две SD-программы, а в канале 602 МГц – одна HD-программа и три SD-программы. В обоих упомянутых каналах реализуется режим ОЧС, и все программы кодируются в стандарте H.264.

В Гонконге также применяется режим МЧС, и в этих каналах передаются несколько программ с кодированием в стандарте H.264.

Сеть DTMB в Шанхае. В Шанхае для канала с центральной частотой 802 МГц используется созвездие 32-QAM, скорость кодирования FEC 0,8 и системный заголовок PN 595. Битовая скорость составляет 25,989 Мбит/с. Реализуется технология видеокодирования AVS – одновременно передается до 16 SD-программ.

В канале 706 МГц используется следующая комбинация параметров: созвездие 16-QAM, скорость кодирования FEC 0,6, заголовок кадра PN 945 и скорости передачи 14,438 Мбит/с. Этот канал в основном используется в коммерческих приложениях, таких как мобильное телевидение, телевизоры в зданиях и метро, электронные рекламные щиты и услуга вещательной передачи данных. Некоторые программы передаются с условным доступом (CA). В этом канале используются различные схемы видеокодирования, включая MPEG-2 и AVS.

9.7 T-DMB

Система T-DMB (наземное цифровое мультимедийное радиовещание) – это расширенная система, совместимая с системой цифрового звукового радиовещания A, которая позволяет предоставлять видеоуслуги для карманных приемников в мобильной среде с использованием сетей T-DAB. В [9.35] она проектируется как мультимедийная система A.

Система T-DMB позволяет одному передатчику покрывать большую территорию, поскольку обычно она реализуется в диапазоне ОВЧ, где требуется относительно низкая напряженность поля полезного сигнала. Низкая напряженность поля требует поэтому пониженную мощность передатчика и меньшие расходы на обслуживание. Если уже существуют сети T-DAB только для аудиослужб, то сети T-DMB можно внедрить без необходимости замены передатчиков T-DAB. Для запуска приложений видео и данных наряду с цифровым аудио достаточно установить мультиплексор ансамбля с видеокодером. Можно экономно предоставлять услуги T-DMB через передатчики T-DAB, и в дополнение к аудиоуслугам система T-DMB обеспечивает мультимедийные услуги.

9.7.1 Архитектурная модель и стек протоколов

Стек протоколов T-DMB представлен в таблице 9.51.

ТАБЛИЦА 9.51

Стек протоколов T-DMB

<table>
<tr><td colspan="5">Воспроизведение и взаимодействие с пользователем</td></tr>
<tr><td colspan="5">Компоновка и рендеринг</td></tr>
<tr><td>Уровень сжатия (MPEG-4 AVC, MPEG-4 ER-BSAC или MPEG-4 HE-AAC)</td><td>Дескриптор объекта</td><td>Информация с описанием сцены</td><td>От аудиовизуальных объектов до данных</td><td>Информация восходящего потока</td></tr>
<tr><td colspan="5">Инкапсуляция (уровень синхронизации MPEG-4)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Уровень доставки</td><td colspan="3">TS MPEG-2 (PES)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Внешний код (код RS и перемежитель)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Потоковый режим T-DAB (ETSI EN 300 401)</td></tr>
</table>

Мультимедийная услуга состоит из трех уровней: уровня сжатия контента, уровня синхронизации и транспортного уровня. Для сжатия видеосигналов используется MPEG-4 AVC; аудиоданные можно кодировать с использованием MPEG-4 ER-BSAC, MPEG-4 HE-AAC или MUSICAM.

Контент MPEG-4 инкапсулируется в TS MPEG-2, как показано в таблице 9.51. Для синхронизации аудиовизуального контента, как временной, так и пространственной, на уровне синхронизации используется ISO/IEC 14496-1 SL (Sync Layer). На транспортном уровне, определяемом в ETSI TS 102 428 [9.118], применяются некоторые ограничения в отношении мультиплексирования сжатых аудиовизуальных данных. Технические характеристики системы приведены в Рекомендации МСЭ-R BT.1833 [9.35], Рекомендации МСЭ-R BT.2016 [9.119], Рекомендации МСЭ-R BT.2054 [9.23], Рекомендации МСЭ-R BT.2055 [9.102] и в Отчете МСЭ-R BT.2049 [9.112].

Информация об этих аудиовизуальных услугах мультиплексируется в TS MPEG-2, и для хорошей характеристики приема видеоданных применяется внешнее канальное кодирование Рида-Соломона (описание механизма защиты от ошибок см. в ETSI TS 102 427 [9.120]). Другая полезная информация о системе T-DMB приведена в [9.154] – [9.165].

9.7.2 Основные технологии

Основные технологии T-DMB – это технологии реализации видеоуслуг через передатчик T-DAB и дополнительной коррекции ошибок для обеспечения надежного приема.

Совместимость с системой DAB (EN 300 401) [9.121]

– Система T-DMB полностью обратно совместима с системой DAB. Поэтому T-DMB можно развернуть с использованием существующей инфраструктуры передачи DAB без каких-либо изменений.

– Видеоуслуга T-DMB может сосуществовать с радиоуслугами DAB с использованием MUSICAM, MPEG-4 ER-BSAC или MPEG-4 HE-AAC в том же ансамбле.

Надежная упреждающая защита от ошибок для обеспечения устойчивого приема при движении с высокой скоростью

– В системе T-DMB применяется дополнительный метод упреждающей коррекции ошибок для обеспечения приема мобильного видеосигнала при движении с высокой скоростью.

– Благодаря применению двух хорошо известных механизмов защиты системы цифрового телевидения от ошибок – кода RS и сверточного перемежителя – услуга T-DMB будет стабильно приниматься даже в поезде, движущемся со скоростью 300 км/ч.

Мультимедийная система с эффективным использованием битов

– Система T-DMB основана на эффективных технологиях сжатия мультимедийной информацией, таких как ISO/IEC 14496-10 AVC и ISO/IEC 14496-3 ER-BSAC или ISO/IEC 14496-3 HE-AAC, для максимального увеличения количества видеоуслуг в ансамбле [9.122] – [9.123].

– Тщательно разработанные механизмы инкапсуляции и мультиплексирования на основе пакетированного потока ISO/IEC 14496-1 [9.124] SL и TS MPEG-2 стандарта ISO/IEC 13818-1 [9.7] дают минимальную служебную информацию при пакетировании и мультиплексировании.

9.7.3 Физический и канальный уровни

Система T-DMB предоставляет мультимедийные услуги, включая видео, аудио, вспомогательные данные и интерактивные услуги, передаваемые через систему T-DAB, определяемую в Рекомендации МСЭ-R BS.1114 [9.125]. T-DMB служит расширением системы T-DAB, и в ней используются те же физический и канальный уровни, что и в системе T-DAB. T-DMB может предлагать интерактивные услуги в сочетании с сетями подвижной связи посредством использования IP-протокола, такого как MOT, IPDC и т. д.

9.7.4 Характеристики системы

Существует компромисс между характеристиками системы и ее пропускной способностью. Характеристики системы зависят от FEC, размера БПФ и используемой полосы частот. Система T-DMB надежнее работает в диапазоне ОВЧ, чем в диапазоне УВЧ, поскольку на ОВЧ требуется меньшая напряженность поля, чем на УВЧ.

Для квазибезошибочного (QEF) приема видеоуслуг требуются характеристики BER 1×10^{-8} после декодера. Система T-DMB может обеспечить стабильный прием видеосигналов с применением внешнего кода Рида-Соломона (188, 204) и сверточного перемежения. Республика Корея провела полевые испытания для оценки характеристик системы T-DMB при приеме видеосигналов в движении. Перед полевыми испытаниями проводились субъективные оценки качества в лаборатории, чтобы определить пороговое значение объективного качества, недостаточного для хорошего качества приема. Лабораторные испытания показали, что для хорошего приема видеосигналов достаточно, чтобы коэффициент ошибок по битам (BER) перед декодером был ниже 2×10^{-4}. В ходе полевых испытаний проверяли, соответствует ли измеренное значение BER пороговой частоте ошибок, полученной в результате лабораторных испытаний, и пришли к выводу, что T-DMB демонстрирует хорошее качество приема видеосигналов.

9.7.5 Сводные данные по параметрам системы

В таблице 9.52 приведены характеристики систем T-DMB/AT-DMB (см. также Отчет МСЭ-R BT.2295-1 [9.43]).

ТАБЛИЦА 9.52

Основные характеристики систем T-DMB/AT-DMB

Характеристики	T-DMB, AT-DMB
Режимы приема: – фиксированный – на портативные устройства – на карманные устройства – мобильный	 + + + +
Чистая скорость передачи данных	T-DMB – от 0,576 до 1,728 Мбит/с AT-DMB – от 0,864 до 2,304 Мбит/с при BPSK поверх DQPSK AT-DMB – от 1,152 до 2,88 Мбит/с при QPSK поверх DQPSK
Эффективность использования спектра (бит/с/Гц)	T-DMB – 0,38–1,13 AT-DMB – 0,56–1,88
Одночастотные сети	Поддерживаются
Типы радиовещания: – звуковое – мультимедийное – ТВ	 + + +
Передача данных/виды услуг	Видео, аудио, данные
Диапазоны частот	ОВЧ, УВЧ
Полоса пропускания канала	1,712 МГц
Используемая полоса пропускания	1,536 МГц
Количество сегментов	1
Количество поднесущих на сегмент	192; 384; 768; 1 536
Разнос поднесущих	a) 8 кГц; b) 4 кГц; c) 2 кГц; d) 1 кГц

ТАБЛИЦА 9.52 (*окончание*)

Характеристики	T-DMB, AT-DMB
Длительность активного символа	a) 156 мкс; b) 312 мкс; c) 623 мкс; d) 1 246 мкс
Длительность защитного интервала	a) 31 мкс; b) 62 мкс; c) 123 мкс; d) 246 мкс
Длительность кадра	96 мс; 48 мс; 24 мс
Временная/частотная синхронизация	Нулевой символ, центральная частота и опорный фазовый символ
Методы модуляции	T-DMB – DQPSK AT-DMB – DQPSK; BPSK поверх DQPSK; QPSK поверх DQPSK
Внутренняя FEC	T-DMB – сверточный код (от 1/4 до 3/4) AT-DMB – сверточный код + турбокод (от 1/4 до 1/2)
Внутреннее перемежение	Временное перемежение и частотное перемежение
Внешняя FEC	Код RS (204, 188, T = 8) для услуги передачи видеосигналов и услуги передачи видеосигналов с масштабированием
Внешнее перемежение	Сверточное перемежение для услуги передачи видеосигналов и услуги передачи видеосигналов с масштабированием
Рандомизация данных/дисперсия энергии	16-битовая PRBS
Иерархическая передача	–
Сигнализация параметров передачи	Опорный фазовый символ

9.7.6 Бюджет линии

Система T-DMB реализуется поверх системы передачи T-DAB с параметрами планирования, указанными в Рекомендации МСЭ-R BS.1660. Режим передачи I разрешает работу региональной ОЧС и передачу услуги T-DMB в диапазоне ОВЧ. T-DMB поддерживает чистую скорость передачи данных 1,729 Мбит/с в ансамбле 1,536 МГц и поэтому доступны три или четыре видеоканала, включая приложения с использованием вспомогательных данных.

Значения напряженности поля полезного сигнала для T-DMB в диапазоне III сопоставимы со значениями для T-DAB, описываемыми в Рекомендации МСЭ-R BS.1660. В этом документе показано, что можно обеспечить хороший прием видеосигналов при напряженности поля 59 дБ(мкВ/м) на основе FEC 1/2 в течение 99% времени при высоте расположения приемной антенны 1,5 м. В густонаселенных местах могут понадобиться ретрансляторы для компенсации теневых зон, таких как метро или закрытые помещения в городских районах. Сети T-DMB с основным передатчиком большой мощности и несколькими маломощными ретрансляторами обеспечивают более эффективный метод передачи мультимедийных сигналов для мобильного приема, чем плотные передающие сети, состоящие лишь из множества маломощных передатчиков.

9.7.7 Примеры возможного использования системы

T-DMB предоставляет разнообразные вспомогательные услуги передачи данных, такие как электронная программа передач (EPG), радиовещательные веб-сайты (BWS) и информационные услуги Группы экспертов транспортного протокола (TPEG), а также аудио/видеоуслуги. Система T-DMB основана на концепции радиовещательного бизнеса, поскольку она охватывает широкую зону с использованием маломощных передатчиков в диапазоне ОВЧ. Однако она может предоставлять и интерактивные услуги в сочетании с сетями подвижной связи. В Корее прием аудио/видеопередач осуществляется бесплатно; однако предлагаются и платные дополнительные услуги передачи данных, включая интерактивные приложения. Оплата может производиться всякий раз, когда зрители получают доступ к приложению, или при покупке приемника, когда первоначальный взнос добавляется к его стоимости.

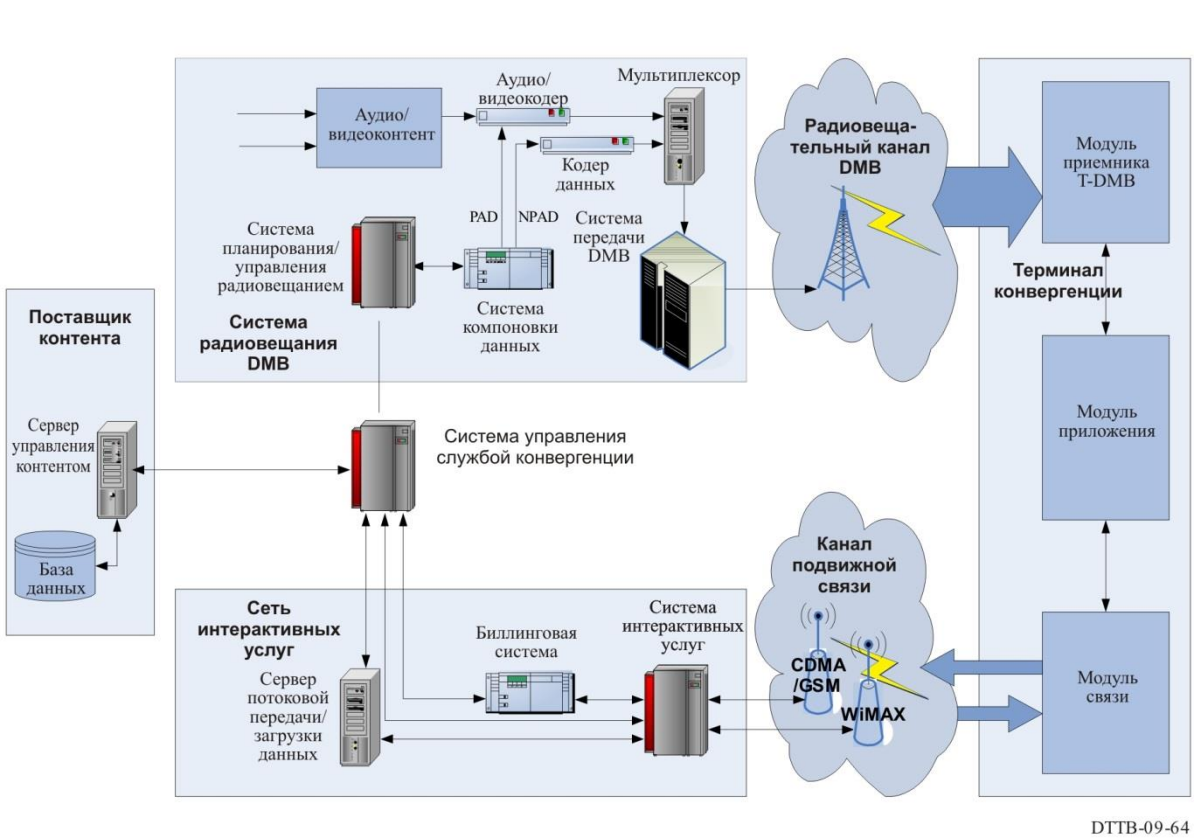
Новости для карманных устройств в режиме реального времени. T-DMB может предоставлять различный контент, такой как новости, уровень цен на фондовом рынке, информация о программах, дорожном движении, погоде, спорте и т. д., используя протокол MOT, определяемый в системе T-DAB. Информация обновляется каждые 15–30 минут. BWS также предоставляет пользователям доступ к интернет-подобным веб-услугам без обратного канала посредством протокола MOT. Приемник T-DMB должен поддерживать веб-браузеры, совместимые с HTML 4.0. В приложении MOT Slideshow используется в основном аудиокадр X-PAD для предоставления таких данных, как статическая информация о программах, обложки альбомов, простые карты, реклама и т. д.

Прием информации в реальном времени о дорожном движении в автомобиле. Приложение TPEG предоставляет информацию в реальном времени о пробках на дорогах, состоянии дорог, местонахождении заправочных станций и т. д. в сочетании с навигацией по сигналам GPS и позволяет находить наиболее короткие маршруты. Данные TPEG состоят из сообщений о дорожном движении (RTM), достопримечательностях (POI), информации о пробках на дорогах и времени в пути (CTT) и сводной информации CTT (CTT-SUM).

Интерактивные услуги. Система T-DMB может предоставлять интерактивные услуги путем комбинирования аудио/видеоуслуг, передаваемых через радиовещательный канал, и услуг передачи данных по каналу подвижной связи, как показано на рисунке 9.64.

РИСУНОК 9.64

Модель интерактивной услуги T-DMB



9.7.8 Усовершенствованная система T-DMB

Для повышения эффективности использования спектра T-DMB была разработана усовершенствованная система T-DMB, так называемая AT-DMB. AT-DMB гарантирует обратную совместимость с T-DMB при использовании механизма иерархической модуляции. Принимая во внимание множество бизнес-моделей, в AT-DMB определены два режима: режим B с использованием отображения символов BPSK поверх DQPK и режим Q с использованием отображения символов QPSK поверх DQPSK. Иерархическая модуляция в режиме B демонстрирует лучшие характеристики в условиях подвижной связи, но повышает эффективную скорость передачи данных только максимум в полтора раза по сравнению с T-DMB. С другой стороны, иерархическая модуляция в режиме Q может вдвое повысить эффективную скорость передачи данных по сравнению с T-DMB, но не гарантирует хорошие характеристики в условиях подвижной связи. Следовательно, иерархическая модуляция в режиме Q выгоднее в условиях фиксированного приема и в низкоскоростной среде.

9.8 RAVIS

Цифровая наземная мультимедийная радиовещательная система RAVIS (аудиовизуальная информационная система в реальном времени) предназначена для использования в полосах наземного ОВЧ-радиовещания. Диапазон частот, используемый системой RAVIS, позволяет развернуть местное радиовещание. В то же время радиус покрытия передатчика достаточно велик, чтобы обеспечить прием в отдаленных местах.

Система RAVIS предназначена для предоставления высококачественных многопрограммных радиовещательных услуг передачи звука, видео с несколькими каналами звукового сопровождения и других данных (как связанных, так и не связанных со звуковыми и видеопрограммами). Эти услуги должны предоставляться в различных условиях, в том числе при вождении в плотной городской среде, в лесистой и горной местности, в водных пространствах; то есть надежный прием должен обеспечиваться в движении в отсутствие прямой видимости антенн передатчика и при многолучевом распространении сигнала.

Система RAVIS включена в Отчеты МСЭ-R BT.2049 [9.112], BS.2214 [9.113] и BT.2295-1 [9.43].

9.8.1 Архитектурная модель и стек протоколов

К услугам RAVIS предъявляются следующие основные требования:

– высокая эффективность использования спектра в системе;
– надежный мобильный прием видео, аудио и других услуг при движении со скоростью до 200 км/ч;
– короткая задержка начала приема или восстановления приема после прерывания в сложных условиях (например, после выезда из туннеля, где прием сигнала был нарушен);
– обеспечение высококачественной вещательной передачи видеосигналов с размерами кадров до 720 × 576, частотой кадров до 25 кадров в секунду, несколькими каналами звукового сопровождения;
– обеспечение высококачественной вещательной передачи аудиосигналов, включая стереозвук CD-качества и многоканальный звук 5.1;
– предоставление дополнительных услуг передачи данных, связанных или не связанных с видео- или аудиопрограммами, таких как:
  • текстовые сообщения;
  • неподвижные изображения;
  • слайд-шоу;
  • информация о дорожном движении, погоде, местные новости и т. д.;
  • EPG;
– предоставление условного доступа к услугам;

– предоставление надежной услуги аварийного оповещения;

– работа ОЧС, в том числе расположенных вдоль автомагистралей и железных дорог.

Приемник системы должен обеспечивать возможность приема новых цифровых программ и программы аналоговых FM-радиовещательных станций с автоматическим определением типа программы.

В настоящее время наиболее перспективными для использования в системах RAVIS являются аудиокодек HE-AAC (включая методы SBR, PS, MPEG Surround) и видеокодеки H.264/AVC, H.265/HEVC. Аудиокодер HE-AAC обеспечивает передачу высококачественного стереозвука со скоростью 32 кбит/с, а видеокодеры H.264/AVC, H.265/HEVC – высококачественную передачу видеосигналов со стандартной ТВ-четкостью и частотой кадров 25 кадров в секунду при скорости передачи около 500 кбит/с.

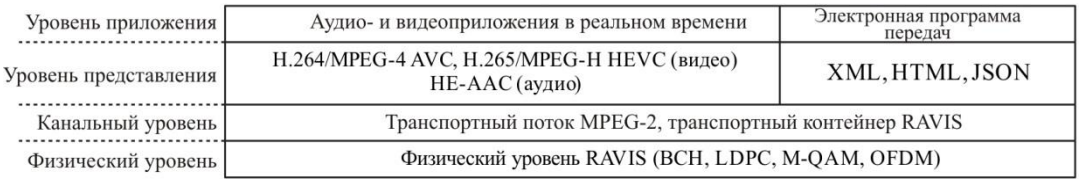
В системе передачи RAVIS определяются физический уровень и другие используемые элементы протоколов нижних уровней стандарта взаимодействия открытых систем (ВОС).

Основными компонентами уровня приложения являются аудио- и аудиовизуальные приложения в реальном времени и некоторые дополнительные услуги, такие как электронная программа передач и т. д. Уровень представления включает кодирование источника. Мультиплексирование аудио, видео и дополнительных данных выполняется на канальном уровне с использованием транспортного потока MPEG-2 или транспортного контейнера RAVIS.

На рисунке 9.65 приведен пример стека протоколов для системы RAVIS.

РИСУНОК 9.65

Стек протоколов RAVIS



DTTB-09-65

9.8.2 Основные технологии

Рассматриваемая система обеспечивает три логических канала передачи данных. Помимо канала основной услуги, RAVIS предоставляет каналы передачи данных с повышенной надежностью – канал с низкой битовой скоростью (~12 кбит/с) и надежный канал передачи данных (~5 кбит/с). Эти дополнительные каналы могут использоваться, например, для аварийного оповещения и т. д.

Система RAVIS обеспечивает различные уровни модуляции QAM и различные скорости канального кодирования в канале основной услуги, которые используются для достижения оптимального баланса между битовой скоростью и надежностью (помехоустойчивостью).

Канал основной услуги предназначен для передачи видео- и аудиоданных. Максимальная скорость передачи данных в этом логическом канале составляет около 900 кбит/с. Низкоскоростной канал предназначен для передачи информации с повышенной надежностью, например для голосового оповещения о чрезвычайной ситуации. Скорость передачи данных составляет около 12 кбит/с. Надежный канал передачи данных предназначен для передачи вспомогательных данных с высокой надежностью. Скорость передачи данных составляет около 5 кбит/с. Низкоскоростной и надежный каналы передачи данных обеспечивают повышенную помехозащищенность и, следовательно, более широкое покрытие и более высокую стабильность приема по сравнению с каналом основной услуги.

Скорости передачи цифровых данных в одном радиоканале для всех комбинаций параметров модуляции и скоростей FEC приведены в таблице 9.53.

ТАБЛИЦА 9.53

Скорости передачи цифровых данных в системе RAVIS

Созвездие	**Скорость FEC**	**Скорость передачи потока данных (кбит/с)**		
		Канал 100 кГц	**Канал 200 кГц**	**Канал 250 кГц**
QPSK	1/2	80	160	200
	2/3	100	210	270
	3/4	120	240	300
16-QAM	1/2	150	320	400
	2/3	210	420	530
	3/4	230	470	600
64-QAM	1/2	230	470	600
	2/3	310	630	800
	3/4	350	710	900

В канале основной услуги может использоваться модуляция QPSK, 16-QAM или 64-QAM и скорости кодирования FEC R = 1/2, 2/3 или 3/4. В низкоскоростном канале используется модуляция QPSK и скорость кодирования FEC R = 1/2. В надежном канале используется модуляция BPSK и скорость кодирования FEC R = 1/2.

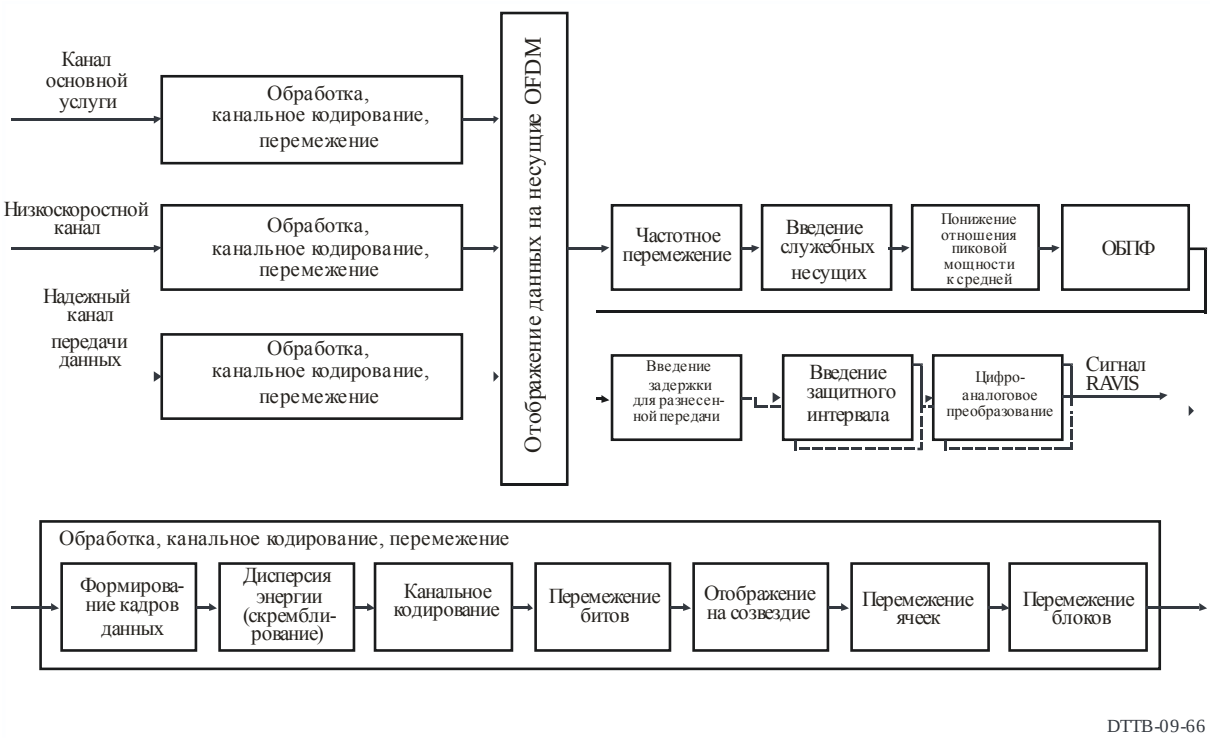
В мультиплексированный поток символов OFDM вставляются пилотные несущие и несущие с параметрами передачи сигнала (служебные несущие). Они обеспечивают синхронизацию, коррекцию искажений в канале и передачу дополнительной информации (включая параметры модуляции и канального кодирования, доступность логических каналов передачи данных и т. д.) на стороне приема.

Уменьшение отношения пиковой мощности передаваемого сигнала к средней не обязательно, но рекомендуется.

На рисунке 9.66 представлена функциональная блок-схема передающей части RAVIS, а на рисунке 9.67 – функциональная блок-схема приемника RAVIS.

РИСУНОК 9.66

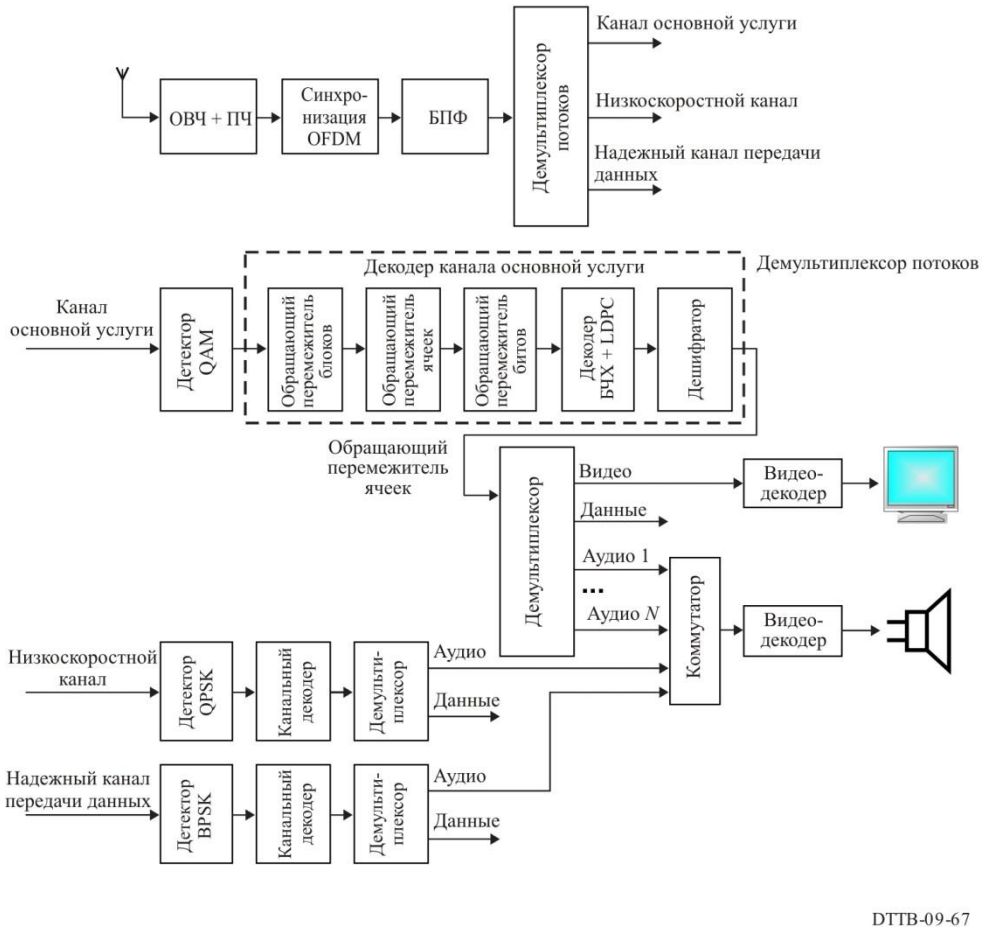
Функциональная блок-схема передатчика RAVIS



DTTB-09-66

РИСУНОК 9.67

Функциональная блок-схема передатчика RAVIS



Выбранная полоса частот и выбранная концепция вещания имеют ряд преимуществ:

– возможность использования одночастотной и многочастотной сетей;

– передача нескольких высококачественных стереофонических звуковых программ или видеопотоков со стереофоническим звуковым сопровождением в городе с использованием только одного передатчика;

– возможность локализовать передачу одной программы, то есть использовать одну и ту же частоту для передачи различных программ в разных городах.

9.8.3 Физический и канальный уровни

На физическом уровне схемы канального кодирования и модуляции OFDM в системе RAVIS определяются как функциональный блок адаптации данных, получаемых от кодера источника, к характеристикам канала передачи. Потоки данных из всех логических каналов подвергаются следующим преобразованиям:

– формирование кадров данных;

– рассредоточение энергии кадров данных;

– внешнее кодирование (блочный код БЧХ);

– внутреннее кодирование (блочный код LDPC);

– перемежение битов;

– отображение битов на ячейки созвездия модуляции;

– перемежение ячеек;

– перемежение блоков;
– отображение логических каналов данных на ячейки OFDM;
– частотное перемежение и введение служебных несущих;
– уменьшение отношения пиковой мощности к средней;
– ОБПФ;
– введение защитного интервала, формирование полного сигнала OFDM.

На канальном уровне кодированные данные источника могут мультиплексироваться с использованием различных форматов, включая пакеты фиксированной длины (в частности TS MPEG-2) и пакеты переменной длиной (в частности транспортный контейнер GSE или RAVIS) или неструктурированный поток данных.

9.8.4 Характеристики системы

Для оценки минимально требуемого отношения несущей к шуму $(C/N)_{min}$ (для BER = 10^{-4} после канального декодера) для различных типов модуляции и скоростей кодирования в канале основной услуги моделировались режимы приема сигнала RAVIS на стационарные, портативные и мобильные устройства с использованием моделей каналов из ETSI ES 201 980 (Annex B.2) [9.126]. Канал 7 (AWGN) моделирует режим фиксированного приема, канал 8 (город) – режим приема на портативные устройства, а канала 11 (холмистая местность) – режим мобильного приема. Результаты такого моделирования для канала с шириной полосы 250 кГц приведены в таблице 9.54.

ТАБЛИЦА 9.54

Значения $(C/N)_{min}$ в системе RAVIS для канала основной услуги с шириной полосы 250 кГц

Модель канала/ режим приема	**$(C/N)_{min}$ (дБ)**								
	QPSK			**16-QAM**			**64-QAM**		
	***R* = 1/2**	***R* = 2/3**	***R* = 3/4**	***R* = 1/2**	***R* = 2/3**	***R* = 3/4**	***R* = 1/2**	***R* = 2/3**	***R* = 3/4**
Канал 7 (AWGN)/ фиксированный прием	1,1	3,3	4,2	6,4	9,1	10,2	10,8	14,0	15,4
Канал 8 (город)/ прием на портативные устройства	6,4	9,4	11,5	12,5	14,9	17,0	16,2	19,4	22,0
Канал 11 (холмистая местность)/ мобильный прием	5,5	8,6	9,8	10,4	13,2	15,6	14,7	17,9	20,5

9.8.5 Сводные данные по параметрам системы

В таблице 9.55 приведены характеристики системы RAVIS (см. также Отчет МСЭ-R BT.2295-1 [9.43]).

ТАБЛИЦА 9.55

Основные характеристики системы RAVIS

Характеристики	RAVIS
Режимы приема: – фиксированный – на портативные устройства – на карманные устройства – мобильный	 + + + +
Чистая скорость передачи данных	В зависимости от типа модуляции и скорости кодирования для разной ширины канала: a) 100 кГц – 75–341 кбит/с b) 200 кГц – 155–703 кбит/с c) 250 кГц – 196–888 кбит/с
Эффективность использования спектра (бит/с/Гц)	0,77–3,64
Одночастотные сети	Поддерживаются
Типы радиовещания: – звуковое – мультимедийное – ТВ	 + +
Передача данных/виды услуг	Видео, аудио, неподвижные изображения, презентации, данные по дорожному движению и т. д.
Диапазоны частот	Диапазоны I, II ОВЧ
Полоса пропускания канала	a) 100 кГц; b) 200 кГц; c) 250 кГц
Используемая полоса пропускания	a) 96,0 кГц; b) 185,6 кГц; c) 246,2 кГц
Количество сегментов	1
Количество поднесущих на сегмент	a) 215; b) 439; c) 553
Разнос поднесущих	4 000/9 Гц
Длительность активного символа	2,25 мс
Доля защитного интервала	1/8
Длительность кадра	103,78125 мс (41 символ OFDM)
Временная/частотная синхронизация	Защитный интервал/ пилот-несущие
Методы модуляции	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Внутренняя FEC	Код LDPC с приблизительными скоростями кодирования 1/2, 2/3, 3/4
Внутреннее перемежение	Перемежение битов, ячеек, временное и частотное перемежение
Внешняя FEC	БЧХ (n, k, t); n, k зависят от ширины полосы канала, скорости кодирования LDPC; возможность коррекции ошибок t = 10 ошибок (для канала основной услуги)
Внешнее перемежение	–
Рандомизация данных/дисперсия энергии	16-битовая PRBS
Иерархическая передача	–
Сигнализация параметров передачи	4 поднесущих на символ OFDM, 41 бит на кадр OFDM

9.8.6 Бюджет линии

Примеры бюджета линии для системы RAVIS приведены в Отчете МСЭ-R BS.2214 [9.113]. Отчет включает методику и результаты расчета минимальных медианных значений напряженности поля для различных режимов передачи RAVIS (диапазон радиовещания, полоса пропускания канала, тип модуляции, скорость кодирования) и различных типов приема (фиксированный, портативный внутренний и наружный, карманный внутренний и наружный, подвижный).

9.9 MediaFLO

Эти данные приведены только для полноты исторической картины.

Технология подвижного мультимедийного радиовещания **Forward Link Only (FLO)** была разработана для доставки высококачественных развлекательных и информационных программ, включая потоковую рассылку видео- и звуковых передач, "клипкастинг", широковещательную IP-рассылку данных и интерактивные услуги.

Технология FLO включена в Рекомендацию МСЭ-R BT.1833 [9.35] как мультимедиа-система M МСЭ-R.

В марте 2011 года сторонники системы MediaFLO отказались от нее, и предоставление всех услуг прекратилось.

Библиография к главе 9

[9.1] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1209-1, *Методы мультиплексирования служебных сигналов для наземного цифрового телевизионного вещания.*

[9.2] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1869, *Схема мультиплексирования для пакетов переменной длины в системах модуляции цифрового мультимедийного радиовещания.*

[9.3] **ITU-R**, Recommendation ITU-R BT.1437, *User requirements for digital coding for multi-programme television transmission.*

[9.4] **ITU-T**, Recommendation ITU-T J.180, *User requirements for statistical multiplexing of several programmes on a transmission channel.*

[9.5] **EBU** Technical Report 35, *An Introduction to Time Frequency Slicing.*

[9.6] **МСЭ-T**, Рекомендация МСЭ-T H.222.0, *Информационная технология – Общее кодирование подвижных изображений и соответствующей аудиоинформации: Системы.*

[9.7] **ISO/IEC** 13818-1 – *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems.*

[9.8] **ETSI** EN 302 755 v.1.3.1 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).*

[9.9] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BO.1784, *Цифровая спутниковая система радиовещания с гибкой конфигурацией (телевизионная, звуковая и передачи данных).*

[9.10] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1207, *Методы доступа к данным для наземного цифрового телевизионного радиовещания.*

[9.11] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1300-3, *Методы мультиплексирования сигналов служб, транспортировки и идентификации для наземного цифрового телевизионного радиовещания.*

[9.12] **ISO/IEC** 23008-1 – *High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments – Part 1: MPEG media transport (MMT).*

[9.13] **ITU-R**, Report ITU-R BT.1223, *A layered model approach for digital television.*

[9.14] **ITU-R**, Recommendation ITU-R BT.1434, *Network independent protocols for interactive systems.*

[9.15] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.807, *Эталонная модель радиовещательной передачи данных.*

[9.16] **ISO** 7498-1 Information technology – *Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model.*

[9.17] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2342, *Production, emission and exchange of closed captions for all worldwide language character sets (latin and non-latin).*

[9.18] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.653, *Системы телетекст.*

[9.19] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.470, *Стандартные системы аналогового телевидения.*

[9.20] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1301, *Услуги передачи данных в цифровом телевизионном радиовещании.*

[9.21] **ETSI** EN 300 472 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams.*

[9.22] **ISO/IEC** 13818-6: Information technology – *Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 6: Extensions for DSM-CC.*

[9.23] **ITU-R**, Recommendation ITU-R BT.2054, *Multiplexing and transport schemes in multimedia broadcasting systems for mobile reception.*

[9.24] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1887, *Передача пакетов IP в транспортных потоках MPEG-2 при мультимедийном радиовещании.*

[9.25] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1299, *Базовые элементы всемирного общего семейства систем для цифрового наземного телевизионного радиовещания*.

[9.26] **CENELEC** EN 50083-9 Cabled distribution systems for television, sound and interactive multimedia signals Part 9: Interfaces for CATV/SMATV headends and similar professional equipment for DVB/MPEG-2 transport streams.

[9.27] **ITU-R**, Recommendation ITU-R BT.1436, *Transmission systems for interactive cable television services.*

[9.28] **ITU-T**, Recommendation ITU-T J.112, *Transmission systems for interactive cable television services.*

[9.29] **ETSI** EN 301 192 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting.*

[9.30] **ETSI** TR 101 202 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for Data Broadcasting.*

[9.31] **ARIB** STD-B24 – *Data coding and transmission specification for digital broadcasting. Association of Radio Industries and Businesses.*

[9.32] **ITU-R**, Report ITU-R BT.956, *Data broadcasting systems: Signal and service quality field trials and theoretical studies.*

[9.33] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1306, *Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для наземного цифрового телевизионного радиовещания*.

[9.34] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1877, *Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения.*

[9.35] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1833, *Радиовещание для приема на подвижные портативные приемники сигналов мультимедийных применений и применений передачи данных.*

[9.36] **ETSI** EN 300 744 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.*

[9.37] **ETSI** EN 301 701 – *Digital Video Broadcasting (DVB); OFDM modulation for microwave digital terrestrial television.*

[9.38] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BS.1114, *Системы наземного цифрового звукового радиовещания на автомобильные, переносные и стационарные приемники в диапазоне частот 30–3000 МГц.*

[9.39] **IETF** RFC 3926 FLUTE – *File Delivery over Unidirectional Transport*.

[9.40] **IETF** RFC 3095 – *RObust Header Compression (ROHC): Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed.*

[9.41] **IETF** RFC 4326 – *Unidirectional Lightweight Encapsulation (ULE) FOr transmission of IP datagrams over an MPEG-2 Transport Stream (TS).*

[9.42] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1368, *Критерии планирования, включая защитные отношения, для услуг наземного цифрового телевидения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.*

[9.43] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2295-1, *Digital terrestrial broadcasting systems*.

[9.44] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BS.1660, *Техническая основа для планирования наземного цифрового звукового радиовещания в полосе ОВЧ.*

[9.45] **Chinese National Standard** GB20600-2006 – *Framing structure, channel coding and modulation for digital television terrestrial broadcasting system.*

[9.46] **Chinese National Standard** GD/J 068-2015 – *Frame Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television/Terrestrial Multimedia Broadcasting-Advanced (DTMB-A).*

[9.47] **Radio Television Hong Kong et al.** – *Field test report of Evolution System for DTMB* – Available at http://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/en/content_669/tr201307_01.pdf.

[9.48] **ATSC** Standard A/53, Part 1:2013, *Digital Television System*.

[9.49] **ATSC** Standard A/53, Part 2:2011, *RF/Transmission System Characteristics*.

[9.50] **ATSC** Standard A/53, Part 3:2013, *Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics.*

[9.51] **ATSC** Standard A/53, Part 4:2009, *MPEG-2 Video System Characteristics.*

[9.52] **ATSC** Standard A/53, Part 5:2014, *AC-3 Audio System Characteristics.*

[9.53] **ATSC** Standard A/53, Part 6:2013, *Enhanced AC-3 Audio System Characteristics.*

[9.54] **ATSC** Standard A/153 Part 1:2013, *ATSC Mobile DTV System.*

[9.55] **ATSC** Standard A/153 Part 2:2011, *RF/Transmission System Characteristics.*

[9.56] **ATSC** Standard A/153 Part 3:2013, *Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics*.

[9.57] **ATSC** Standard A/153 Part 4:2009, *Announcement.*

[9.58] **ATSC** Standard A/153 Part 5:2009, *Application Framework.*

[9.59] **ATSC** Standard A/153 Part 6:2011, *Service Protection.*

[9.60] **ATSC** Standard A/153 Part 7:2012, *AVC and SVC Video System Characteristics*.

[9.61] **ATSC** Standard A/153 Part 8:2012, *HE AAC Audio System Characteristics*.

[9.62] **ATSC** Standard A/153 Part 9:2013, *Scalable Full Channel Mobile Mode*.

[9.63] **ATSC** Standard A/153 Part 10:2013, *Mobile Emergency Alert System*.

[9.64] **ATSC** Standard A/110:2011, *ATSC Standard for Transmitter Synchronization.*

[9.65] **ATSC** Recommended Practice A/74:2010, *Receiver Performance Guidelines*.

[9.66] **ATSC** Recommended Practice A/174:2011, *Mobile Receiver Performance Guidelines*.

[9.67] **ATSC** Standard A/107:2015, *ATSC 2.0 Standard.*

[9.68] **ATSC** Standard A/103:2014, *Non-Real-Time Delivery.*

[9.69] **ATSC** Standard A/105:2015, *Interactive Services.*

[9.70] **Richer, Mark S**. Next Generation DTV: ATSC 3.0., 2015, *ITU International Symposium on the Digital Switchover*. –Available at https://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Session4/402%20%20Richer_ATSC%203_ITU%20Symp.pdf.

[9.71] **ENENSYS** Benefits of using multiple PLP in DVB-T2 Available at http://www.enensys.com/documents/whitePapers/ENENSYS%20Technologies%20-%20Benefits%20of%20using%20multiple%20PLP%20in%20DVB-T2.pdf.

[9.72] **DVB** India Launches Free DVB-T2 Mobile TV Service – Avalable at https://www.dvb.org/news/india-launches-free-dvb_t2-mobile-tv-service/country/india.

[9.73] **DVB** Digital Video Broadcasting (DVB); Next Generation broadcasting system to Handheld, physical layer specification (DVB-NGH) DVB Document A160.

[9.74] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2139, *Diversity reception of digital terrestrial television broadcasting signals.*

[9.75] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.2074-0, *Конфигурация услуг, протокол транспортирования медиаданных и сигнальная информация для радиовещательных систем на базе MMT.*

[9.76] **ISO/IEC** 13818-11:2004 – *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 11: IPMP on MPEG-2 systems.*

[9.77] **ETSI** TS 102 823 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the carriage of synchronized auxiliary data in DVB transport streams.*

[9.78] **ETSI** TS 102 006 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for System Software Update in DVB Systems.*

[9.79] **ETSI** EN 300 743 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems.*

[9.80] **UPnP Forum** UPnP Device Architecture v1.1, October 2008.

[9.81] **UPnP Forum** http://www.upnp.org/ As of January 1, 2016 the UPnP Forum is now included in the Open Connectivity Foundation (OCF). See: http://openconnectivity.org/upnp.

[9.82] **ISO/IEC** 29341-1 – *UPnP Device Architecture Version 1.0*, November 2008.

[9.83] **Sattler, Fabian**. Interoperabilitätstests vernetzter Multimediakomponenten auf Basis von UPnP A/V/DLNA zur Übertragung von Rundfunkinhalten im Heimnetzwerk, Diplomarbeit Hochschule Deggendorf für angewandte Wissenschaften, Fakultät Elektro- und Medientechnik; June 2010 – available in German only.

[9.84] **IETF** Simple Service Discovery Protocol/1.0. October 1999, ftp://ftp.pwg.org/pub/pwg/ipp/new_SSDP/draft-cai-ssdp-v1-03.txt.

[9.85] **Multimedia over Coax Alliance**. The Standard for Home Entertainment Networks over Coax. November 2009 Avaialble at http://www.mocalliance.org/industry/brochure/MoCA_Brochure.pdf.

[9.86] **ETSI** TS 102 771 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) implementation guidelines.*

[9.87] **ETSI** TR 102 831 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).*

[9.88] **ATSC** A/58 – *Recommended practice; Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard.*

[9.89] **ATSC** Standard A/65B – *Program and system information protocol for terrestrial broadcast and cable Revision B.*

[9.90] **ATSC** Standard A/53C – *Digital television standard Revision C*, including Amendment No. 1 (July 2004) and Corrigendum No. 1 (March 2005).

[9.91] **ATSC** Recommended practice A/58 – *Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard.*

[9.92] **ATSC** Recommended Practice A/54A – *Guide to the use of the ATSC digital television standard.*

[9.93] **ETSI** TS 101 162 – *Digital video broadcasting (dvb); allocation of service information (si) codes for digital video broadcasting (dvb) systems.*

[9.94] **ETSI** ETS 300 468 – *Digital video broadcasting (dvb); specification for Service Information (SI) in dvb systems.*

[9.95] **ETSI** TR 101 211 – *Digital video broadcasting (dvb); guidelines on implementation and usage of dvb service information.*

[9.96] **ETSI** TS 101 154 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream.*

[9.97] **ARIB** STD-B10 – *Service information for digital broadcasting system.*

[9.98] **ARIB** STD-B32 – *Video coding, audio coding and multiplexing specifications for digital broadcasting.*

[9.99] **ARIB** TR-B14 – *Operational guidelines for digital terrestrial television broadcasting.*

[9.100] **ATSC** – *Standard A/90 ATSC data broadcast standard.*

[9.101] **ARIB** B24 – *Data Coding and Transmission Specification for Digital Broadcasting.*

[9.102] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.2055, *Элементы контента в системах мультимедийного радиовещания для приема на мобильные устройства*.

[9.103] **ETSI** EN 302 583 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz.*

[9.104] **ETSI** TS 102 585 – *Digital Video Broadcasting (DVB); System Specifications for Satellite services to Handheld devices (SH) below 3 GHz.*

[9.105] **ETSI** TS 102 470-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Program Specific Information (PSI)/Service Information (SI); Part 2: IP Datacast over DVB-SH.*

[9.106] **ETSI** TS 102 584 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines for Imple-mentation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3GHz.*

[9.107] **ETSI** TS 102 585 – *Digital Video Broadcasting (DVB); System Specifications for Satellite services to Handheld devices (SH) below 3 GHz.*

[9.108] **ETSI** TS 102 592-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Electronic Service Guide (ESG); Implementation Guidelines; Part 2: IP Datacast overDVB-SH.*

[9.109] **ETSI** TS 102 611-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Implementation Guidelines for Mobility; Part 2: IP Datacast over DVB-SH (see part 1 in DVB-H references).*

[9.110] **ETSI** TS 102 772 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification of Multi-Protocol Encapsulation – inter-burst Forward Error Correction.*

[9.111] **ETSI** EN 302 304 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H).*

[9.112] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2049, *Broadcasting of multimedia and data applications for mobile reception.*

[9.113] **ITU-R**, Report ITU-R BS.2214, *Planning parameters for terrestrial digital sound broadcasting systems in VHF bands.*

[9.114] **ETSI** TR 102 377 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB handheld services.*

[9.115] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2254, *Frequency and network planning aspects of DVB-T2.*

[9.116] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2343, *Collection of field trials of UHDTV over DTT networks.*

[9.117] **Greene, K.** DVB-T2-Lite profile tech standard approved: Transmissions are go! Available at http://www.bbc.co.uk/blogs/researchanddevelopment/2011/07/dvb-t2-lite-profile-tech-stand.shtml.

[9.118] **ETSI** TS 102 428 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); DMB video service; User Application Specification.*

[9.119] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.2016, *Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для наземного цифрового мультимедийного радиовещания при подвижном приеме на портативные приемники в полосах ОВЧ/УВЧ.*

[9.120] **ETSI** TS 102 427 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Data Broadcasting – MPEG-2 TS Streaming.*

[9.121] **ETSI** EN 300 401 – *Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers.*

[9.122] **ISO/IEC** 14496-3 – *Information Technology – Coding of audio-visual objects: Part 3: Audio.*

[9.123] **ITU-T**, Recommendation ITU-T H.264, *ISO/IEC 14496-10: Information Technology – Coding audio-visual objects: Part 10: Advanced Audio Coding.*

[9.124] **ISO/IEC** 14496-1 – *Information technology Coding of audio-visual objects Part 1: Systems.*

[9.125] **МСЭ-R,** Рекомендация МСЭ-R BS.1114, *Системы наземного цифрового звукового радиовещания на автомобильные, переносные и стационарные приемники в диапазоне частот 30–3000 МГц.*

[9.126] **ETSI** ES 201 980 – *Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification.*

[9.127] **ITU-R**, Report ITU-R BT.1210, *Error-protection strategies for data broadcasting services.*

[9.128] **ITU-R**, Report ITU-R BT.1225, *Data broadcasting systems and services in an HDTV environment.*

[9.129] **ETSI** TS 102 606 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) Protocol.*

[9.130] **CENELEC** EN 50221 – *Common Interface Specification for Conditional Access and other Digital Video Broadcasting Decoder Applications.*

[9.131] **ETSI** TS 101 699 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the Common Interface Specification.*

[9.132] **ETSI** TR 101 891 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Professional Interfaces: Guidelines for the implementation and usage of the DVB Asynchronous Serial Interface (ASI).*

[9.133] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1206, *Огибающая спектра для наземного цифрового телевизионного радиовещания.*

[9.134] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1208, *Кодирование изображения для наземного цифрового телевизионного радиовещания.*

[9.135] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BS.1115, *Кодирование звука с низкой цифровой скоростью.*

[9.136] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1699, *Согласование форматов декларативных приложений для интерактивного ТВ.*

[9.137] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1774, *Использование инфраструктур спутникового и наземного радиовещания для предупреждения населения, смягчения последствий бедствий и оказания помощи при бедствиях.*

[9.138] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2035, *Guidelines and techniques for the evaluation of digital terrestrial television broadcasting systems including assessment of their coverage areas.*

[9.139] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2075, *Protection requirements for terrestrial television broadcasting services in the 620-790 MHz band against potential interference from GSO and non-GSO broadcasting-satellite systems and networks*.

[9.140] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1735 (08/05), *Методы объективной оценки качества в зоне покрытия сигналами цифрового наземного телевизионного вещания системы B, определенной в Рекомендации МСЭ-R BT.1306.*

[9.141] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R SM.1541 (2011-09), *Нежелательные излучения в области внеполосных* излучений.

[9.142] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R SM.1792 (2007-02), *Измерения излучений боковой полосы передатчиков T-DAB и DVB-T для целей контроля*.

[9.143] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R SM.1875 (2010-04), *Измерение покрытия DVB-T и проверка критериев планирования.*

[9.144] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2137 (2008), *Coverage prediction methods and planning software for digital terrestrial television broadcasting (DTTB) networks.*

[9.145] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2138 (2008-11), *Radiation pattern characteristics of UHF television receiving antennas.*

[9.146] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2143-2 (2010-10), *Boundary coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals*.

[9.147] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2215-1 (2011-10), *Measurements of Protection Ratios and Overload Thresholds for Broadcast TV Receivers*.

[9.148] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2247 (2011-10), *Field measurement and analysis of compatibility between DTTB and IMT.*

[9.149] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2248 (2011-10), *A conceptual method for the representation of loss of broadcast coverage.*

[9.150] **ETSI TS** 102 773 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).*

[9.151] **ETSI EN** 302 307 – *Second Generation Framing Structure, Channel Coding and Modulation Systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other Broadband Satellite Applications.*

[9.152] **МСЭ-R**, Отчет МСЭ-R 2140, Переход от аналогового к наземному цифровому радиовещанию.

[9.153] Balyar, V., Gofaizen, O. *Performance comparison of digital terrestrial television systems in DVB-T/DVB-T2 standards*. – Digital Technologies. – 17 p. – 2012.

[9.154] ETSI TR 101 497 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Rules of Operation for the Multimedia Object Transfer Protocol.*

[9.155] ETSI TS 101 759 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Data Broadcasting – Transparent Data Channel (TDC).*

[9.156] ETSI ES 201 735 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Internet Protocol (IP) Datagram Tunnelling.*

[9.157] ETSI TS 101 499 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); MOT Slide Show; User Application Specification.*

[9.158] ETSI TS 101 498-1 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast Website; Part 1: User Application Specification.*

[9.159] ETSI TS 101 498-2 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast Website; Part 2: Basic Profile Specification.*

[9.160] ETSI EN 301 234 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Multimedia Object Transfer (MOT) Protocol*.

[9.161] ETSI TS 102 371 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Transportation and Binary Encoding Specification for DAB Electronic Programme Guide (EPG).*

[9.162] ETSI TS 102 818 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); XML Specification for DAB Electronic Programme Guide (EPG).*

[9.163] Telecommunictions Technology Association of Korea TTAK.KO-07.0070 – *Specification of the Advanced Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting (AT-DMB) to mobile, portable and fixed reception.*

[9.164] **Kim, K.-Y., Lee, G.S., Lim, J.S., Lee, S.I., and Kim, D.G.** *Efficient Generation of Scalable Transport Stream for High Quality in T-DMB Service* ETRI Journal, vol.31, no.1: Feb. 2009, pp.65-67.

[9.165] **IEEE** *Transactions on Broadcasting: Field Trials for Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting System (T-DMB)* Jan. 2007.

[9.166] ETSI TS 101 190 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects*.

[9.167] ETSI TS 101 191 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization.*

[9.168] Le Floch, B., Alard, M., and Berrou, C. *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex* Proc. IEEE, vol. 83, no. 6, June 1986, pp. 587–592.

[9.169] Abdel Nour, C. and Douillard, C. *Rotated QAM Constellations to Improve BICM Performance for DVB-T2* Proc. ISSSTA, Aug. 2008, pp. 354–59.

[9.170] Han, S.H. and Lee, J.H. *An Overview of Peak-to-Average Power Ratio Reduction Techniques for Multicarrier Transmission* IEEE Wireless Commun., vol. 12, no. 2, Apr. 2005, pp. 56–65.

[9.171] Mignone, V. and Morello, A. *CD3-OFDM: A Novel Demodulation Scheme for Fixed and Mobile Receivers*IEEE Trans. Commun., vol. 44, no. 9, Sept. 1996, pp. 1144–51.

[9.172] Alamouti, S.M. – *A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications* IEEE JSAC, vol. 16, no. 8, Oct. 1998, pp. 1451–58.

[9.173] www.igorfuna.com/dvb-t/.

[9.174] **Chinese National Standard** GB/T2666-2011 – *Implementation Guidelines for transmission system of digital terrestrial television broadcasting.*

ГЛАВА 10

Интерактивность и совместная работа систем ЦНТВ и нерадиовещательных систем

10.1 Общие аспекты и возможности совместной работы

Традиционно телевидение было услугой, рассчитанной только на прием, а телевизионный приемник использовался для воспроизведения ТВ-изображения и звука, а также (начиная с 1980-х годов) дополнительной информации, такой как телетекст. С появлением цифровых и вычислительных технологий возможности ТВ-приемников расширились и они стали служить более универсальным пользовательским интерфейсом для выбора и поиска контента.

Различные средства передачи, такие как системы телевизионного вещания и сети двусторонней электросвязи, используются совместно в течение многих лет. Такое совместное использование не означает замену одной сети на другую, скорее оно создает среду, в которой обе системы могут сосуществовать независимо или совместно.

С точки зрения МСЭ-R система радиовещания представляет собой средство однонаправленной доставки населению информации, такой как изображение, звук и данные (Регламент радиосвязи, пункт 1.38). С другой стороны, служба электросвязи обеспечивает персонализированную доставку данных, запрашиваемых пользователями или – более широко – их медиасистемами.

Совместная работа служб электросвязи и радиовещания позволяет осуществлять взаимодействие и персонализацию. Сегодня потребители ожидают, что это будет доступно независимо от местоположения пользователя (в любом месте) и времени суток (в любое время). Следовательно, современные ТВ-приемники, кроме радиовещательной сети, могут для целей интерактивного взаимодействия подключаться к сети электросвязи, обычно IP-сети.

10.2 Совместная работа на уровне услуг

Совместная работа на уровне услуг имеет место в случае, когда радиовещательный и IP-контент взаимосвязаны: например, информация, дополняющая радиовещательный сигнал, передается через интернет. Типичным примером этого являются интерактивные радиовещательные широкополосные (IBB) системы, описываемые в разделе 10.2.1.

Совместная работа на уровне услуг стала общей чертой развития как электросвязи, так и радиовещания. В некоторой степени это связано с тем, что многие пользователи желают иметь приложение с предоставлением нескольких различных услуг, например телевизионное вещание и мультимедийные приложения.

10.2.1 Интегрированные радиовещательные широкополосные системы

Одним из видов совместной работы на уровне услуг является технология IBB, в рамках которой широковещательный контент передается по однонаправленной радиовещательной сети, а дополнительный (часто мультимедийный) контент – по двунаправленным широкополосным сетям. Это значительно расширяет возможности пользователя, который получает высококачественные, гибкие, интерактивные и персонализированные услуги, такие как дополнительная информация о телевизионных программах (например, EPG) или дополнительные услуги для национальных меньшинств и людей с особыми потребностями и т. д. Одно из главных преимуществ – это возможность нелинейного вещания, то есть просмотра пропущенных программ (телевидение вслед за эфиром).

Большинство современных телевизионных приемников оснащены ТВ-тюнерами для одного или нескольких типов распределения вещательных программ (кабельного, спутникового или наземного) и обеспечивают интерфейсы для IP-сетей (WLAN, Ethernet и т. д.).

Опубликовано два основных документа МСЭ-R по современным системам IBB:

– Рекомендация МСЭ-R BT.2075-0 [10.1] "Интегрированная вещательная широкополосная система"; и
– Отчет МСЭ-R BT.2267-5 [10.2] "Интегрированные вещательные широкополосные системы".

В этих документах описываются следующие системы IBB:

– HbbTV (гибридное вещательное широкополосное телевидение);
– Hybridcast;
– платформа Smart TV на базе HTML5;
– интегрированная вещательная широкополосная система на основе промежуточного программного обеспечения Ginga; а также
– интегрированная вещательная широкополосная система, основанная на расширении вещательной передачи данных.

HbbTV (гибридное вещательное широкополосное телевидение) – это стандарт ETSI, обеспечивающий открытую и нейтральную в коммерческом отношении технологическую платформу, которая без проблем объединяет телевизионные услуги, предоставляемые с помощью вещания, и услуги, предоставляемые с помощью широкополосной связи, а также обеспечивает возможность доступа к услугам только интернета для потребителей, использующих подключенные к сети ТВ-приемники и абонентские приставки. Спецификация HbbTV основана на существующих стандартах и веб-технологиях, в том числе OIPF (Открытый Форум IPTV), CEA, DVB и W3C. Этот стандарт обеспечивает характеристики и функциональные возможности, необходимые для предоставления разнообразных услуг радиовещания и интернета. Благодаря использованию стандартной интернет-технологии он позволяет быстро разрабатывать приложения. В нем определяются минимальные требования, упрощающие его реализацию в устройствах и обеспечивающие возможность дифференциации, что тем самым ограничивает объем средств, необходимых производителям абонентского оборудования для создания совместимых устройств.

Наряду с другими характеристиками поддерживается адаптивная потоковая передача (в соответствии с MPEG-DASH). Теперь опубликована версия 2.0 на основе HTML5.

Hybridcast – это система IBB, в которой используется HTML5. Она была стандартизована в Японии в виде версий 1.0 и 2.0 в марте 2013 года и в июне 2014 года соответственно. Эта система облегчает предоставление услуг благодаря сочетанию ресурсов и характеристик радиовещания и широкополосной связи. В последних вариантах спецификаций учтено большинство требований, содержащихся в Рекомендациях МСЭ-R BT.2053 [10.3] и МСЭ-T J.205 [10.4], в том числе сценарий с поддержкой радиовещания. Hybridcast поддерживает HTML5, MPEG-DASH, протокол MMT и др.

Платформа Smart TV на базе HTML5 – это открытый стандарт платформы "умного" ТВ, в котором определяются веб-среды выполнения приложений для "умного" ТВ, основанные на новейших технологиях HTML5. Приложение, соответствующее данной спецификации, может быть разработано и реализовано с использованием характеристик и интерфейсов HTML5, и оно будет обеспечивать одинаковый опыт для пользователя в приемниках "умного" ТВ в различных вещательных системах – наземных, кабельных, спутниковых и IPTV.

Ginga обеспечивает поддержку совместных услуг, используя канал радиовещания и IP-распространения. Ginga – это динамичная среда, поддерживающая различные протоколы интерактивного телевидения.

Система IBB, основанная на совершенствовании вещательной передачи данных, представляет собой классическую интерактивную систему. Для интерактивной доставки данных используется радиовещательный канал. Поскольку радиовещательный канал является однонаправленным, весь контент интерактивного и неинтерактивного телевидения доставляется одновременно. Приемник выбирает требуемые элементы из доставленных данных в соответствии с инструкциями конечных пользователей по представлению данных. Доставляемые элементы контента иногда ограничиваются доступной полосой пропускания радиовещательной передачи. Тогда такие элементы контента передаются по широкополосному каналу, например по интернету.

10.2.2 Промежуточное программное обеспечение

Промежуточное программное обеспечение (ПО) связано с операционной системой телевизионного приемника. Оно позволяет создать потребительскую среду с использованием программных приложений, предоставляемых посредством радиовещательного сигнала, но в основном через IP-соединение. Предоставляется возможность извлекать, потреблять, хранить, редактировать и создавать дополнительный контент путем простого взаимодействия радиовещательной и нерадиовещательной среды, а также участвовать в социальных сетях.

Некоторые из ранних систем, использующих промежуточное ПО, – это MHP/GEM и MHEG-5. В более поздних системах используется промежуточное программное обеспечение, поддерживающее описываемые выше системы IBB. Сегодня такое промежуточное ПО обычно является неотъемлемой частью любого ТВ-приемника, подключенного к сети электросвязи.

Дополнительная информация о реализациях промежуточного программного обеспечения приведена в главе 13.

10.3 Общие технические схемы

Взаимодействию между системами электросвязи и радиовещания способствуют общие для них технологии, например общие схемы кодирования видеосигнала. Они позволяют различным системам (например, LTE и ЦНТВ) эффективно взаимодействовать на разных уровнях – физическом, канальном, прикладном и т. д.

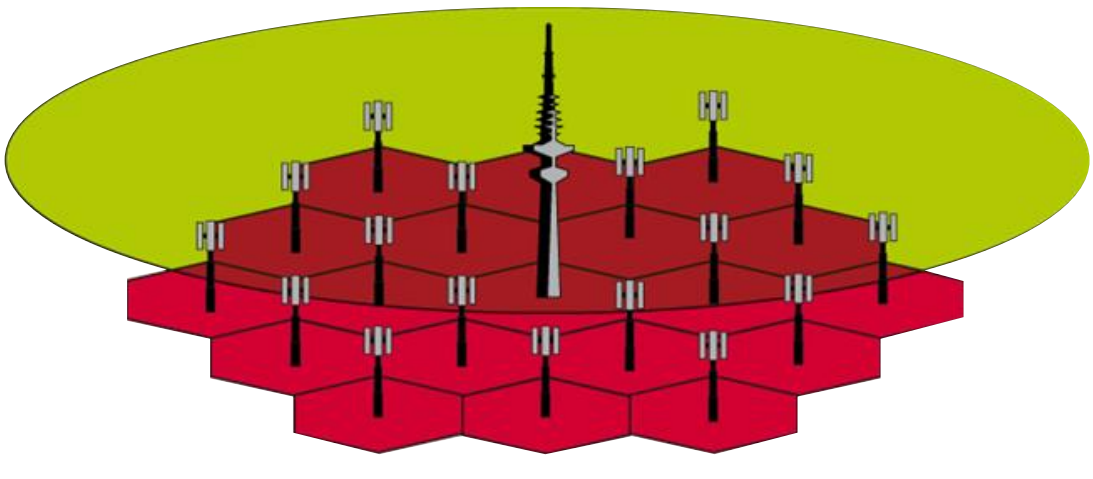
10.4 Совместная работа на сетевом уровне

Доставка радиовещательного контента через радиовещательную сеть (ЦНТВ) и через нерадиовещательную сеть (например, eMBMS) может находиться под контролем одной и той же организации. В зависимости от местонахождения контента (в пределах радиовещательного или IP-сигнала) терминал, используемый потребителем, переключается на соответствующую сеть (см. рисунок 10.1). В качестве альтернативы, радиовещательный контент может одновременно передаваться как по сети ЦНТВ, так и по IP-сети (например, LTE), чтобы обеспечить возможность приема в тех зонах, где радиовещательный или IP-сигнал не может приниматься адекватно.

Процедура управления сетью может быть сложной в отношении нормативных, экономических и/или технических вопросов, особенно при наличии разных операторов услуг и сетей в радиовещательной и нерадиовещательной сетях.

РИСУНОК 10.1

Концепция комбинированной сети



DTTB-10-01

(Схема предоставлена Брауншвейгским техническим университетом)

В будущем возрастающую роль могут играть более интенсивные формы сетевого сотрудничества между радиовещательной службой и подвижной службой. Однако на сегодняшний день такие концепции все еще находятся в стадии разработки.

В частности, важные исследования в этой области провел Брауншвейгский технический университет (Брауншвейг, Германия). Ниже приведены две концепции по результатам данных исследований.

– Использование кадров перспективного расширения (FEF) транспортного потока MPEG-2: в рамках так называемых частных секций поток TS MPEG-2 позволяет вводить пакеты, еще не определенные для конкретного применения в спецификации TS MPEG-2. Существующие телевизионные приемники должны игнорировать такие пакеты. Эти неиспользуемые пакеты (так называемые FEF) резервируются для будущего применения. Пакет из таких FEF можно использовать для переноса радиовещательного контента в режиме LTE. Таким образом мультиплекс MPEG будет передавать радиовещательный сигнал дважды (во временно́м мультиплексе) – один раз в качестве обычного элемента программы и один раз в виде IP-сигнала. Эти повторяющиеся FEF будут задействовать слегка измененные мобильные устройства, такие как планшетные компьютеры, что приведет к извлечению радиовещательного контента. Общая пропускная способность распределяется между обычным радиовещанием и сигналом LTE-типа. Однако в принципе существует возможность непосредственного приема радиовещательного контента на карманные устройства. Система продемонстрирована на лабораторном уровне и на различных торговых ярмарках.

– Технология "Tower overlay" (башенный оверлей): основная идея состоит в том, чтобы динамически распределять инфраструктуру, показанную на рисунке 10.1, для доставки услуг радиовещания. В принципе это совместная работа относительно мощных передатчиков в конфигурации радиовещания (крупные ячейки, обслуживающие каждую крупную зону диаметром порядка 50–70 км) и относительно маломощных базовых станций в конфигурации сети подвижной связи (мелкие ячейки, обслуживающие каждую зону диаметром до нескольких километров). Программы, привлекающие большую аудиторию, передаются через мощную радиовещательную сеть, а для программ, за которыми следит небольшая аудитория, используется конфигурация с маленькими ячейками. Переключение может осуществляться динамически во времени по мере изменения размера аудитории. Преимуществом может быть некоторая экономия спектра или некоторое увеличение пропускной способности для радиовещания [10.5].

Техническое решение для приема ЦНТВ на смартфоны и планшеты заключается в использовании преобразователя ЦНТВ в IP, подключенного к маршрутизатору Wi-Fi.

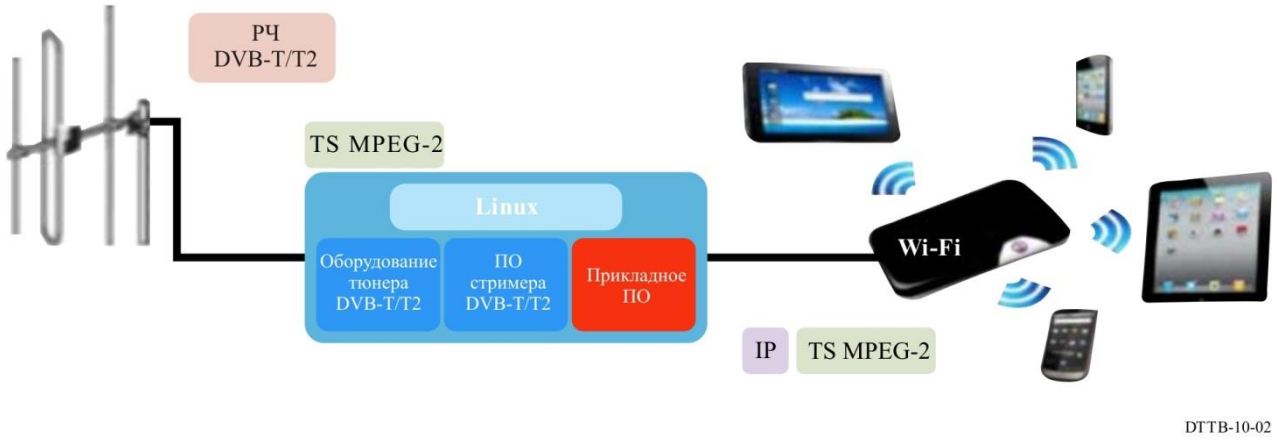
В продаже имеются изделия на основе протокола SAT/IP, которые распространяют услуги DVB-S/S2 на устройства, подключенные к IP-сети через домашние маршрутизаторы Wi-Fi или Ethernet-кабель. Некоторые из этих устройств также работают с DVB-T/T2.

EPC продемонстрировал на ВКР-15 реализацию этого метода, основанную на программном обеспечении с открытым исходным кодом (отличную от SAT/IP[39]). Использование UPnP позволяет охватить большее количество типов медиаустройств, независимо от их операционной системы. Общий принцип показан на рисунке 10.2. Дополнительную информацию о домашних сетях см. в главе 9.

[39] В SAT/IP также используется UPnP, кроме проприетарной информации о типе устройства.

РИСУНОК 10.2

Принцип преобразования ЦНТ в IP для беспроводного распространения в доме



10.5 Подробнее об интерактивном телевидении

10.5.1 Аспекты интерактивности

Роль интерактивности в современном телевидении постоянно растет, что обеспечивается современными цифровыми технологиями электросвязи и телевидения. Интерактивность может обеспечиваться с разной степенью возможностей – от простейшей до максимальной реализации интерактивности.

Классические интерактивные приложения, которые уже работали в аналоговом телевидении, – это телетекст, SMS-голосование и т. д. Дальнейшее развитие интерактивности в телевидении – это сочетание функциональных возможностей цифрового телевидения и интернета – интегрированные вещательные широкополосные системы (см. раздел 10.2).

Однако такая реализация интерактивности является промежуточным этапом пути к "истинной" интерактивности, поскольку взаимодействие пользователей ограничивается операциями с поставщиками интерактивных услуг, у которых уже есть постоянный контент, с которым пользователи будут взаимодействовать. В будущем возможна расширенная реализация интерактивности, которая позволит конечным пользователям взаимодействовать с производимым контентом или создавать свой собственный контент. Однако на момент написания настоящего Справочника такая расширенная интерактивность реализуется лишь в редких случаях.

Отдельную проблему составляет возможность технической реализации так называемого обратного или интерактивного канала. Несмотря на то что такие технологии (например, DVB-RCT) были разработаны около двадцати лет назад, они не нашли широкого распространения в основном из-за повсеместной доступности интернета через широкополосные (кабельные и беспроводные) сети. Кроме того, для организации обратного интерактивного канала в наземной среде требуется выделение дополнительных радиочастотных ресурсов, а это довольно сложная проблема из-за наличия множества услуг радиосвязи (аналоговое и цифровое телевизионное вещание, радиолокационные станции и т. д.). Опыт внедрения и результаты испытаний технологий интерактивного телевидения (включая обратные интерактивные каналы) для систем DVB, ATSC и ISDB в разных странах представлены в [10.3].

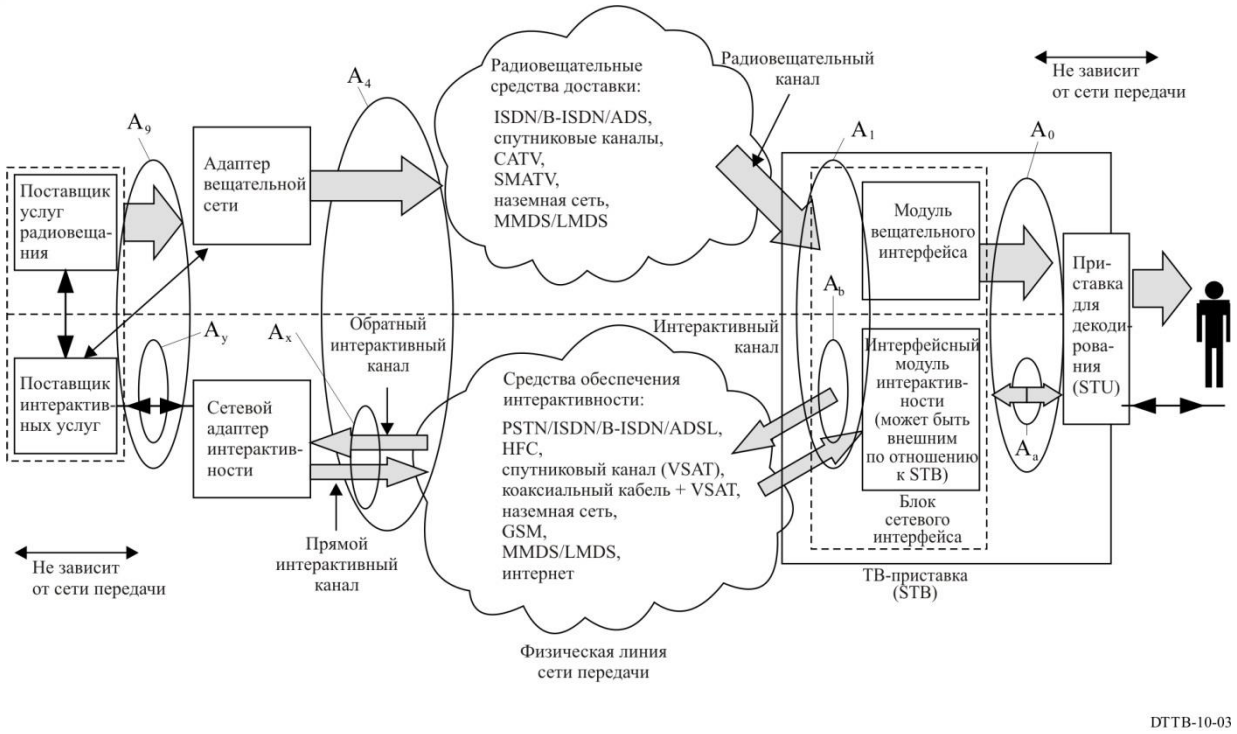
10.5.2 Модель интерактивной системы

В Рекомендации МСЭ-R BT.1369 [10.6] приведены общие руководящие указания по созданию всемирного общего семейства систем для предоставления услуг интерактивного телевидения для населения и, в частности, определяется эталонная модель интерактивного телевидения. Соответствующая модель представлена на рисунке 10.3.

В этой модели предусмотрено два типа каналов – прямой интерактивный канал, который будет реализовываться на основе радиовещательного канала, и обратный интерактивный канал, который может быть реализован на основе другой сети (зачастую сети электросвязи) или в рамках радиовещательной сети с указанием/присвоением определенных ресурсов для целей интерактивности, как описывается в разделе 10.5.1.

РИСУНОК 10.3

Эталонная функциональная модель услуг интерактивного телевидения



(Это модель 1998 года, но по своему принципу она по-прежнему актуальна. В настоящее время физическая линия для интерактивного канала в основном реализуется путем подключения к широкополосным (кабельным или беспроводным) IP-сетям.)

Таким образом эта модель позволяет организовать интерактивную среду для взаимодействия пользователя с поставщиком интерактивных услуг на основе различных средств доставки – наземных, кабельных и спутниковых. В [10.6] описывается гибкая модель. На момент составления настоящего Справочника по цифровому телевизионному вещанию МСЭ-R определяет возможность создания обратного интерактивного канала на основе сетей PSTN/ISDN (см. Рекомендацию МСЭ-R BT.1435 [10.7]), DECT (Рекомендация МСЭ-R BT.1507 [10,8]), GSM (Рекомендация МСЭ-R BT.1508 [10.9]) и LMDS (Рекомендация МСЭ-R BT.1564 [10.10]). Универсальность модели обеспечивается благодаря концепции протоколов доставки, не зависящих от сети. Основные принципы использования таких протоколов определяются в Рекомендации МСЭ-R BT.1434 [10.11].

Для современных IBB-систем роль обратного интерактивного канала расширена в целях обеспечения работы также и в качестве прямого интерактивного канала. Например, по обратному интерактивному каналу от поставщиков услуг на терминал могут доставляться интерактивные приложения и контент по требованию. Такое использование может быть инициировано пользователем или в результате взаимодействия между конкретным приложением и пользователем. Это гораздо более сложное использование каналов. Для такого усложненного использования в Рекомендации МСЭ-R BT.2037 [10.12] определяется, что такое система IBB и каков должен быть режим ее работы. В Рекомендации МСЭ-R BT.2053 [10.3] определяются технические требования к системам IBB и особо рассматривается сценарий радиовещательной передачи с расширенным использованием обратного интерактивного канала.

10.5.3 Формат контента для интерактивных систем

Ниже определяются общие форматы для создания интерактивных мультимедийных приложений и международного обмена ими. Такие форматы позволяют создать общую базу для организации управления и обмена контентом в различных реализациях приложений интерактивных систем путем определения функциональной общности между декларативными условиями применения для спецификаций интерактивных ТВ-приложений ACAP-X, BML и DVB-HTML. Элементы, общие для этих трех стандартов, называются общим ядром. Общее ядро должно помочь авторам программ обмениваться декларативными приложениями на международном уровне с использованием этих стандартов.

Такое общее ядро определяется в Рекомендации МСЭ-R BT.1699-2 [10.13]. Чтобы обеспечить возможность взаимодействия между различными интерактивными платформами, дополнительно определяются общий набор команд (см. Рекомендацию МСЭ-R BT.1722-2 [10.14]) и общая прикладная среда для услуг цифрового интерактивного телевидения, состоящая из базовой архитектуры, механизма выполнения и механизма представления (см. Рекомендацию МСЭ-R BT.1889 [10.15]).

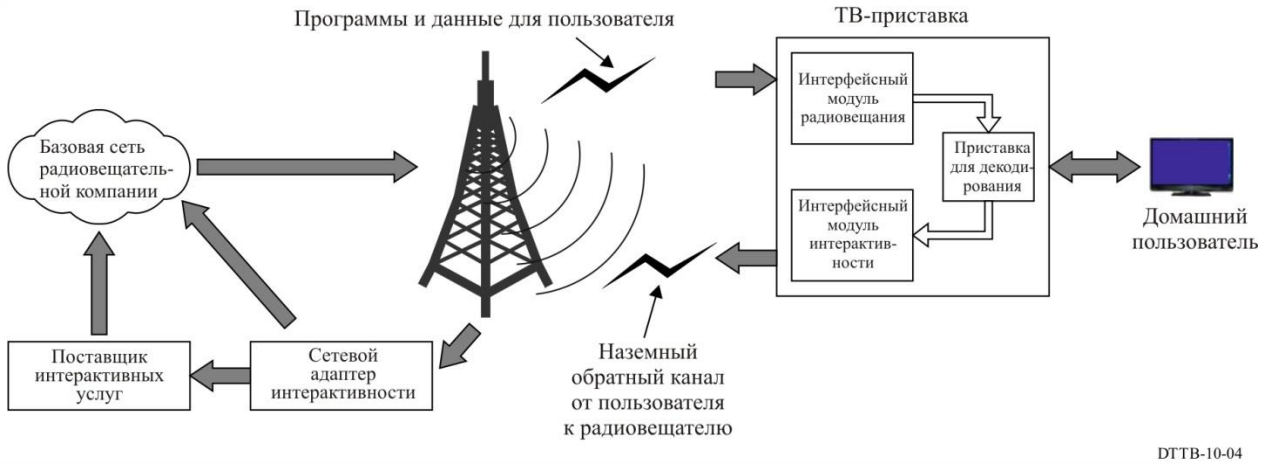
В Рекомендации МСЭ-R BT.2075 [10.1] приведены руководящие указания и техническая информация по выбору подходящей системы IBB. Представлены отличия и сходства разных аспектов систем IBB, таких как отдельная среда, формат приложения и типы приложений.

10.5.4 Интерактивный канал для наземной среды

Для полноты картины здесь дается ссылка на реализацию интерактивности через наземный канал обратной связи (RCT). Для системы DVB выбрана технология DVB-RCT, описываемая в Отчете МСЭ-R BT.2025 [10.16]. Идея заключается в том, чтобы вещательный приемник использовал свою приемную антенну для обратной передачи интерактивной информации в радиовещательный передатчик. Частотная синхронизация DVB-RCT осуществляется по радиовещательному сигналу DVB-T, а синхронизация времени – в результате использования пакетов управления MAC, передаваемых по радиовещательному каналу. Этот принцип показан на рисунке 10.4.

РИСУНОК 10.4

Иллюстрация сети DVB-RCT



Опыт внедрения интерактивных систем через наземную среду описывается в [10.16]. Внедрение таких систем предусматривает соответствующее частотное планирование, некоторые вопросы которого рассмотрены в Рекомендации МСЭ-R BT.1832 [10.17] и в Отчете МСЭ-R BT.2025 [10.16].

Библиография к главе 10

[10.1] Рекомендация **МСЭ-R** BT.2075, *Интегрированная вещательная широкополосная система*.

[10.2] Report **ITU-R** BT.2267, *Integrated broadcast-broadband systems.*

[10.3] Рекомендация **МСЭ-R** BT.2053, *Технические требования к интегрированным вещательным широкополосным системам*.

[10.4] Recommendation **ITU-T** J.205, *Requirements for an application control framework using integrated broadcast and broadband digital television.*

[10.5] Ulrich Reimers Dynamic Broadcasting, **EBU** Forecast 2012, ref. https://tech.ebu.ch/events/forecast12.

[10.6] Recommendation **ITU-R** BT.1369, *Basic principles for a worldwide common family of systems for the provision of interactive television services.*

[10.7] Recommendation **ITU-R** BT.1435, *Digital sound and television broadcasting interaction channel through the PSTN/ISDN.*

[10.8] Recommendation **ITU-R** BT.1507, *Interaction channel using digital enhanced cordless telecommunications (DECT) system.*

[10.9] Recommendation **ITU-R** BT.1508, *Interaction channel using global system for mobile communications (GSM).*

[10.10] Recommendation **ITU-R** BT.1564, *Interaction channel using local multipoint distribution systems.*

[10.11] Recommendation **ITU-R** BT.1434, *Network independent protocols for interactive systems.*

[10.12] Рекомендация **МСЭ-R** BT.2037, *Общие требования к ориентированным на вещание применениям интегрированных широковещательных широкополосных систем и их планируемое использование.*

[10.13] Рекомендация **МСЭ-R** BT.1699, *Согласование форматов декларативных приложений для интерактивного ТВ.*

[10.14] Рекомендация **МСЭ-R** BT.1722, *Согласование набора инструкций для исполняющей подсистемы для интерактивных телевизионных приложений.*

[10.15] Рекомендация **МСЭ-R** BT.1889, *Общая прикладная среда для услуг интерактивного цифрового радиовещания.*

[10.16] Report **ITU-R** BT.2025, *Progress on development and implementation of interactivity in broadcasting systems and services.*

[10.17] Recommendation **ITU-R** BT.1832, *Digital video broadcast-return channel terrestrial (DVB-RCT) deployment scenarios and planning considerations.*

ГЛАВА 11

Условный доступ и защита контента в цифровом телевизионном вещании

11.1 Общие положения

Многие радиовещательные компании считают необходимым шифровать все или часть своих телевизионных программ. Шифрование – это механизм, который позволяет ограничить возможность приема телевизионных программ только авторизованными пользователями. В этой главе описывается основной принцип условного доступа (CA), а также различные системы условного доступа (CAS), включая управление цифровыми правами (DRM).

Имеются две причины, вызывающие необходимость шифрования:

– желание предлагать платные телевизионные услуги;

– желание ограничить прием определенной географической зоной.

Подписка на платное ТВ обычно предлагается на ежегодной, ежемесячной или даже почасовой (по специальному случаю) основе. В частности в случае доступа по специальному случаю (например, для просмотра конкретного кинофильма или спортивного события) подписка зачастую осуществляется через интернет-соединение "умного" телевизора. В других случаях обычно применяется механизм CA, основанный на программном или аппаратном обеспечении.

Шифрование в целях геоблокировки широко известно в сфере спутникового радиовещания, но также находит применение и в ЦНТВ для предотвращения приема конкретных телевизионных программ за пределами той зоны обслуживания, для которой они предназначены. Операция наземной геоблокировки может явиться результатом запроса национального регуляторного органа, она может быть следствием соглашения о неконкуренции между соседними странами или, чаще всего, может затребоваться владельцем IPR на телевизионную программу, когда передающая радиовещательная компания не приобрела или не может приобрести права на передачу для населения вне предварительно определенной зоны обслуживания. В этом случае ключ для расшифровки часто бесплатно предоставляется потребителям в пределах предполагаемой географической зоны.

Шифрование может применяться к одной или нескольким программам, передаваемым в ТВ-канале, или ко всему мультиплексу телевизионных программ (как показано на рисунке 11.1). CA может активироваться круглосуточно (канал подписки) или только в течение определенных интервалов времени. Техническое дешифрование телевизионной программы зависит от используемой системы CA; существуют решения, основанные на программном и аппаратном обеспечении. Программные решения встраиваются в абонентскую приставку или в ТВ-приемник, а аппаратные решения обычно опираются на конкретный интерфейс для модуля условного доступа (CAM). Наиболее распространенный тип такого интерфейса включает модуль CI или CI+ (см. последующие разделы).

МСЭ проводит исследования в области технических, эксплуатационных и других требований к системам условного доступа (CAS), используемым в системах цифрового телевизионного вещания, в соответствии с исследуемым Вопросом МСЭ-R 49-1/6 [11.1].

Основные принципы проектирования CAS для цифрового радиовещания определяются в Рекомендации МСЭ-R BT.1852 [11.2] и в Отчете МСЭ-R BT.1079 [11.3].

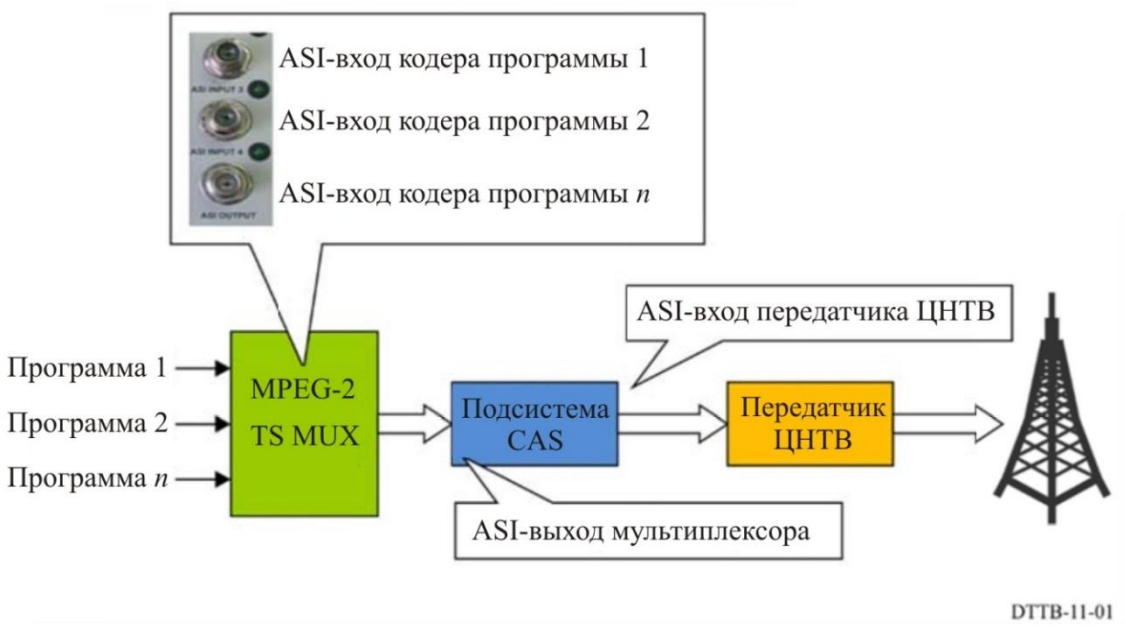
Принципы, описываемые в Рекомендации МСЭ-R BT.1852, призваны способствовать созданию эффективных систем условного доступа для транспортного потока MPEG-2 (TS MPEG-2) согласно Рекомендации МСЭ-T H.222.0[40] (TS MPEG-2).

---

[40] Ожидается, что в будущем эта Рекомендация также будет охватывать систему MPEG Media Transport, определенную в Рекомендации МСЭ-R BT.2074 (и уже используемую для ТСВЧ 8k).

РИСУНОК 11.1

Принципиальная блок-схема применения CA в ЦНТВ
(пример шифрования всего транспортного потока MPEG-2)



Подсистема CAS может быть реализована либо как отдельное устройство, расположенное после мультиплексора (как показано на рисунке 11.1), либо как часть определенных типичных блоков на стороне передачи системы цифрового телевидения (например, в видео/аудиокодере или на головной станции системы кабельного телевидения).

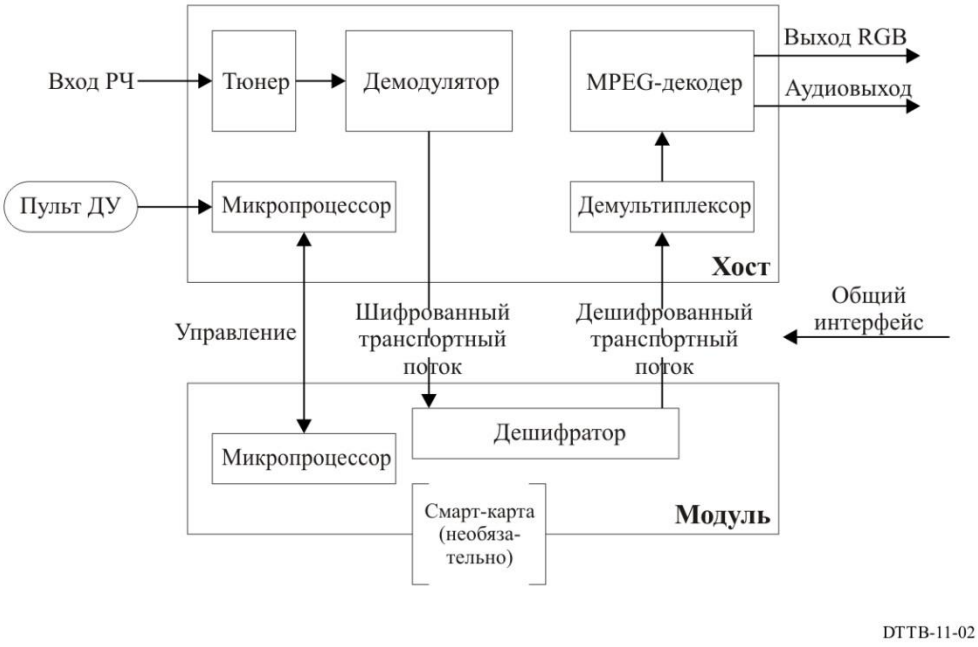
На стороне приемника подсистема CAS может быть реализована с помощью аппаратного модуля или в виде встроенной системы. В настоящее время в ЦНТВ широко используются системы на основе карт, поскольку встроенную систему для большого числа абонентов реализовать сложнее. Во встроенных системах алгоритмы дешифрования уже хранятся в приемниках. Это может быть удобно для потребителей, однако добавление новых алгоритмов (например, для новых поставщиков услуг) требует загрузки данных в устройство конечного пользователя, которое может иметь ограниченную емкость памяти для хранения необходимого количества алгоритмов.

11.2 Подходы к внедрению CAS

Для обеспечения общности с точки зрения поддерживаемых CAS цифровые телевизионные приемники часто оснащаются общим интерфейсом (CI) или, в последнее время, CI+ (см. раздел 11.2.3). Цель реализации CI – стандартизировать формат обмениваемых сообщений CAS и общие алгоритмы шифрования. Общая блок-схема использования общего интерфейса в цифровых телевизионных приемниках представлена на рисунке 11.2.

РИСУНОК 11.2

Пример отдельного модуля, подключенного к хост-устройству (см. EN 50221)



Изображенное на этом рисунке хост-устройство представляет собой типичный цифровой ТВ-приемник, содержащий тюнер, демодулятор, MPEG-декодер, демультиплексор и другие блоки, используемые для восстановления в программах телевизионного вещания. Этот модуль содержит микропроцессор для взаимодействия с блоками хост-устройства, дешифратором и необязательным модулем смарт-карты. Это взаимодействие реализуется с помощью общего интерфейса. Протоколы связи для этого интерфейса определяются на нескольких уровнях, чтобы обеспечить необходимые функциональные возможности. В их число входит возможность поддержки нескольких модулей в одном хост-устройстве, поддержки сложных комбинаций транзакций между модулем и хост-устройством, а также расширяемый набор функциональных примитивов (объектов), которые позволяют хост-устройству предоставлять ресурсы модулю.

11.2.1 CAS для ISDB

Спецификации CAS для систем ISDB определяются в стандарте ARIB STD-B25 [11.6].

Этот стандарт применяется ко всем цифровым стандартным телевизионным передачам в системе ISDB, наземным и спутниковым, включая передачи телевидения высокой четкости.

ARIB STD-B25 определяет систему управления приемом (систему условного доступа) и воспроизведением (систему условного воспроизведения), используемую в системе ISDB. Этот стандарт определяет одно из возможных решений CAS, но системы ARIB STD-B25 считаются основными.

Основные параметры системы ARIB STD-B25 определяются в Рекомендации МСЭ-R BT.1852 [11.2]. CAS для ISDB называется системой CAS-R. В этой системе используется шифр для скремблера и дескремблера на основе MULTI2 (ISO/IEC 9979).

В ARIB STD-B61 [11.7] также определяется подсистема CAS второго поколения, описание которой приведено в Рекомендации МСЭ-R BT.1852 [11.2].

11.2.2 CAS для ATSC[41]

Стандарт ATSC A/70, часть 1 [11.8], определяет подсистему CAS для наземного радиовещания ATSC. В нем определяются только компоновочные блоки (параллельного шифрования, общего скремблирования, программного обеспечения хост-CA, обратного канала и интерфейса модуля CA), необходимые для обеспечения функциональной совместимости (то есть любой модуль CA ATSC может работать с любыми ATSC-совместимыми хост-устройствами, поддерживающими CA ATSC). Поскольку модуль CA ATSC можно сделать сменным, хост-устройства ATSC защищены от устаревания, так как система безопасности обновляется, и можно ожидать, что этот стандарт будет действовать до тех пор, пока действует сам стандарт ATSC.

Стандарт ATSC A/70, часть 2 [11.9], определяет метод использования концепций параллельного шифрования Simulcrypt (для защиты услуг) с разными системами защиты услуг без передачи нескольких зашифрованных разным способом копий услуг [11.10]. Этот стандарт описывает архитектуру, применимую к наземным системам радиовещания с доставкой услуг в рамках IP-структуры. Он может применяться к передаче сигналов и услуг мобильного ЦТВ ATSC, а также других услуг, предоставляемых IP-сетями, и позволяет радиовещательным компаниям предоставлять платные услуги с использованием альтернативных систем защиты услуг.

11.2.3 CAS для DVB

Основные параметры подсистем CAS для DVB-T и -T2 определяются в Рекомендации МСЭ-R BT.1852 [11.2]. В этой Рекомендации данная система называется "IEC 62455 с DVB-системами". В ней используется общий алгоритм скремблирования DVB (DVB-CSA) или AES-128 (обязательный для устройств), а также возможно использование алгоритмов DES, 3DES и MULTI2 (необязательных для устройств). В стандарте IEC 62455 определяется стандартизированная система управления доступом к услугам радиовещания на базе транспортного потока MPEG-2 для систем DVB. В нем также указано, как та же система может использоваться для управления доступом к услугам радиовещания на базе протокола Интернет (IP). Таким образом эта спецификация может широко применяться в различных системах радиовещания, включая системы, в которых защита не может быть выполнена в пакетах транспортного потока MPEG-2 (например, когда IP-услуги доставляются по сетям, не поддерживающим MPEG-2).

CAS для DVB может быть реализована как SimulCrypt или MultiCrypt.

Система DVB SimulCrypt позволяет использовать несколько приемников с разными системами CA, передавая данные авторизации для каждой системы CA одновременно. До сих пор не было выявлено никаких проблем, связанных с возможными ограничениями, которые архитектура SimulCrypt для DVB может налагать на использование общего метода скремблирования и дескремблирования [11.16], [11.17], [11.18].

Система MultiCrypt DVB позволяет использовать несколько систем CA в одном приемнике с общим интерфейсом. Принципы обработки и основные параметры общего интерфейса для систем DVB, а также руководящие принципы реализации приведены соответственно в EN 50221 [11.10] и R206-001 [11.11]. В качестве первого расширения был стандартизирован общий интерфейс версии 2 [11.12]. Он позволяет реализовать дополнительные функции, такие как поддержка функций запроса статуса, управление электропитанием и номерами программы, применение человеко-машинного интерфейса, защита от копирования, загрузка программного обеспечения и поддержка ресурсов конвейера CA. Впоследствии спецификация общего интерфейса была обновлена до версии 3 [11.13].

В настоящее время спецификации общего интерфейса были расширены за счет спецификации CI Plus™ [11.14], в которой приведены универсальные методы (то есть методы, не зависящие от применяемой системы CA восходящего потока) для взаимной аутентификации модуля условного

---

[41] Следует отметить, что на момент публикации настоящего Справочника ATSC разрабатывает новую серию стандартов цифрового телевидения ATSC 3.0. Актуальная информация об этих стандартах, как окончательных, так и потенциальных, доступна на веб-сайте ATSC www.atsc.org.

доступа общего интерфейса (CICAM) и хост-устройства, а также методы шифрования канала через обратный интерфейс от CICAM к хост-устройству.

В качестве расширений CI Plus ™ V1.3 указан следующий перечень функций:

– многопотоковая обработка;
– контент, доставляемый посредством IP;
– расширения браузера CI Plus™;
– запуск приложений CICAM;
– расширения URI (информация о правилах использования);
– возможность использования водяных знаков и транскодирования.

11.3 Защита контента и управление копиями

Помимо управления доступом к телевизионному и другому контенту в среде радиовещания, еще одной важной технической задачей является управление различными аспектами потребления контента конечными пользователями. В частности, это относится к управлению копированием контента в целях управления цифровыми правами (DRM).

Для решения вышеупомянутых технических задач в потоке цифрового радиовещания передается специальная информация, содержащая данные для управления потреблением контента. Эта проблема рассматривается в Отчете МСЭ-R BT.2070-1 [11.5]. В нем описываются "современные" методы защиты цифрового контента для телевизионного вещания и сопутствующих услуг. Информация, представленная в этом Отчете, включает в себя описание коммерческих угроз для радиовещательных компаний и поставщиков контента, связанных с развитием технологий, возможных проблем для законного использования радиовещательного контента, а также определение архитектурной модели и концепций защиты контента в среде радиовещания, приводя в качестве примера решение для реализации защиты контента в Корее.

Системы DRM различаются, но все они основаны на концепции шифрования части или всего контента с использованием ключей для конкретных устройств или конкретных пользователей и обеспечивают доступ к этим ключам только для совместимых реализаций, которые будут соблюдать предоставленные права.

Например, система защиты контента (CPS) для условий ISDB рассматривается в стандарте ARIB STD-B25, часть 3. В этой части стандарта описывается система управления доступом для использования в цифровом радиовещании, система управления приемом, а именно система защиты контента при приеме бесплатных программ, а также определяются спецификации скремблирования, связанной с ними информации, а также соответствующие спецификации приема [11.6].

Система CPS для среды DVB называется DVB-CPCM [11.18]. DVB-CPCM – это система защиты контента и управления копированием коммерческого цифрового контента, доставляемого в качестве потребительских продуктов. CPCM управляет использованием контента от поступления данных в систему CPCM до конечного потребления или экспорта из системы CPCM в соответствии с конкретными правилами использования этого контента. Источниками коммерческого цифрового контента могут быть системы радиовещания (например, кабельные, спутниковые и наземные), интернет-услуги, пакетированные медийные и мобильные услуги и др. CPCM предназначена для использования в целях защиты всех видов коммерческого контента – аудио, видео и соответствующих приложений и данных. CPCM содержит спецификации для обеспечения совместимости такого контента с помощью подключенных к сети бытовых устройств в составе как домашних сетей, так и в системах удаленного доступа[42].

---

[42] Информационный бюллетень DVB-CPCM: https://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-CPCM_Factsheet.pdf.

Защита контента и управление контентом для условий ATSC рассматриваются в стандарте A/98 "Транспортировка системных сообщений о возобновлении" [11.19]. Этот стандарт определяет метод транспортировки системных сообщений о возобновлении. Системное сообщение о возобновлении (SRM) – это сообщение, переданное администратором системы защиты контента (CPS), которое может (при отправке устройством, использующим эту CPS) аннулировать разрешение на получение контента, защищенного этим CPS, определенными устройствами или группами устройств. У разных CPS могут быть свои собственные SRM для поддержания целостности систем, например в случае кражи или клонирования ключей устройства. Кроме того, в стандарте A/65 ATSC "Протокол программной и системной информации для наземного радио- и кабельного вещания" [11.20] описывается "флаг управляемого доступа", указывающий на то, что номера программ, связанные с радиовещательным каналом, могут находиться под контролем доступа.

Библиография к главе 11

[11.1] Вопрос **МСЭ-R** 49-1/6, *Системы радиовещания с условным доступом*.

[11.2] Рекомендация **МСЭ-R** BT.1852, *Системы условного доступа для цифрового радиовещания*.

[11.3] Report **ITU-R** BT.1079-1, *General characteristics of a conditional access broadcasting system.*

[11.4] Report **ITU-R** BT.2052, *Protection of end-users' privacy in interactive broadcasting systems*.

[11.5] Report **ITU-R** BT.2070-1, *Broadcasting of content protection signalling for television.*

[11.6] **ARIB** STD-B25 – *Conditional access system specifications for digital broadcasting.*

[11.7] **ARIB** STD-B61 – *Conditional access systems (second generation) and CAS program download system specifications for digital broadcasting.*

[11.8] **ATSC** Standard A/70 Part 1:2010 – *Conditional Access System for Terrestrial Broadcast.*

[11.9] **ATSC** Standard A/70 Part 2: 2011 – *Conditional Access System for Terrestrial Broadcast Service Protection using Simulcrypt for Internet Protocol-Delivered Services.*

[11.10] **DVB** EN 50221 – *Common Interface Specification for Conditional Access and other Digital Video Broadcasting Decoder Applications.*

[11.11] **CENELEC** R206-001 – *Guidelines for Implementation and Use of the Common Interface for DVB Decoder Applications.*

[11.12] **ETSI** TS 101 699 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the Common Interface Specification.*

[11.13] **ETSI** TS 100 289 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Support for use of the DVB Scrambling Algorithm version 3 within digital broadcasting systems.*

[11.14] **ETSI** TS 103 205 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the CI Plus™ Specification*.

[11.15] **ETSI** TS 101 197 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB SimulCrypt; Head-end architecture and synchronization.*

[11.16] **ETSI** TS 103 197 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Head-end implementation of DVB SimulCrypt.*

[11.17] **ETSI** TR 102 035 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation Guidelines of the DVB Simulcrypt Standard.*

[11.18] **ETSI** TS 102 825 (Parts 1-14) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Content Protection and Copy Management (DVB-CPCM).*

[11.19] **ATSC** Standard A/98: 2007 – *System Renewability Message Transport.*

[11.20] **ATSC** Standard A/65: 2013 – *Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable.*

ГЛАВА 12

Качество сигнала основной полосы частот

12.1 Введение

Для того чтобы выбрать формат видео- и аудиосигнала, а также среднюю скорость передачи, рекомендуется использовать информацию в главе 3 (Требования к реализации сетей ЦНТВ).

Если же необходимо дальнейшее изучение вопроса о том, насколько изменится качество, если не использовать рекомендуемые значения, то руководством может послужить настоящий раздел.

Оценка качества видео- и аудиосигналов в телевизионных системах чаще всего связана с оценкой влияния потенциальных источников ухудшения качества, таких как:

– системы сжатия аудио- и видеосигналов – здесь оценка качества видеосигнала связана с эффективностью алгоритмов сжатия видеосигналов с точки зрения достижения компромисса между скоростью передачи битов и субъективной/объективной оценкой качества;

– канал передачи – в этом случае мы оцениваем точность видеосигнала, восстановленного после прохождения сквозной радиовещательной цепочки. Однако в цифровом радиовещании последнее либо не влияет на качество изображения, либо приводит к полному исчезновению изображения с очень коротким переходом между этими состояниями.

Уровень качества источника аудио/видео можно количественно определить двумя способами:

– объективно (объективная оценка) с использованием математических показателей, которые позволяют рассчитать оценку качества по значениям пикселей на видеовыходе (или выходного аудиосигнала);

– субъективно (субъективная оценка), когда оценка производится посредством выбора зрителями/слушателями согласно заранее определенной методике.

Объективные показатели качества – это более простые и быстрые инструменты оценки качества. Они предназначены для использования в целом ряде приложений, производящих одинаковые результаты по заданному набору видеопоследовательностей. Выбор видеопоследовательностей для использования и интерпретация полученных результатов объективных измерений адаптируются к запланированному приложению. Объективные показатели можно использовать для надежной оценки систем сжатия одного и того же семейства (например, кодеков на основе блоков MPEG-4, MPEG-2 и т. д.), поскольку они могут производить аналогичные визуальные артефакты. Существующие объективные показатели приведены в разделе 12.2.

Методы субъективной оценки качества – это специальные процедуры для определения среднего мнения зрителей по конкретному набору видеопоследовательностей для данного приложения. Их сложнее получить, но они лучше соответствуют уровню качества, воспринимаемого зрителями. Результаты полезны при разработке базовой конструкции и контрольных оценках системы. Субъективные оценки качества для различных приложений с разными условиями испытаний все равно дают значимые результаты; однако оценки мнения по одному и тому же набору видеопоследовательностей могут иметь разные значения [12.1]. Обзор существующих субъективных показателей приведен в разделе 12.3.

Объективные измерения и субъективная оценка качества взаимно дополняют, а не заменяют друг друга. Субъективные оценки необходимы при определении требуемых битовых скоростей для поддержания определенного уровня качества, при выборе битовых скоростей для передачи и т. д. Объективные измерения требуются для определения спецификаций на оборудование и повседневного измерения и мониторинга эксплуатационных характеристик системы.

Наиболее распространены следующие типы процессов контроля качества:

– ручной контроль качества (контроль программы с помощью "золотых глаз/ушей");

– автоматизированный контроль качества (для проверки уровней и стандартов сигнала);

– соблюдение структуры файла (для проверки на соответствии стандартам файлов, например AS11 DPP);
– анализ структуры файла (углубленный анализ, когда обнаружена какая-то ошибка в структуре файла).

В сложном интегрированном сценарии IP-производства и многоплатформенного распределения, когда есть риск нарушения в результате мелких инкрементных обновлений прошивки и кодеков, наиболее практичными могут оказаться регулярные объективные оценки всей цепочки "золотые глаза/уши".

В EPC имеется стратегическая программа контроля качества (QC), направленная на оценку аудиовизуального качества[43].

12.2 Объективная оценка качества для систем сжатия в цифровом телевидении

Объективные методы основаны на параметрах испытательного сигнала и использовании измерительного оборудования. Результаты объективных тестов не дают полной информации о впечатлениях зрителей от просматриваемой программы. Точные корреляции между искажениями изображения и визуальными впечатлениями зрителей могут быть не замечены, особенно в цифровом телевидении [12.1].

Использование технических параметров качества для видео- и аудиопотоков MPEG при оценке объективного качества наземного цифрового телевидения описывается в нормативных документах [12.2] – [12.13].

12.2.1 Объективные измерения для оценки качества сжатия видеосигналов

Это называется объективными измерениями восприятия. Они представляют собой измерение характеристик цепочки программ с использованием соответствующих изображений и объективных (инструментальных) методов измерения для получения значений, которые приближенно соответствуют возможной субъективной оценке. Используются три основных метода объективных измерений:

– полноэталонный метод (FR) – применяется, когда имеется полный эталонный видеосигнал – двусторонний метод;
– неполноэталонный метод (RR) – применяется, когда имеется только ограниченная информация об эталонном видеосигнале – двусторонний метод;
– неэталонный метод (NR) – применяется, когда эталонный видеосигнал и информация о нем отсутствуют – односторонний метод.

На основе работ VQEG[44] подготовлены Рекомендации МСЭ-R по объективному методу измерения качества восприятия видеосигналов для радиовещательных приложений при наличии полного эталонного сигнала: [12.3] для ТСЧ и [12.4] для ТВ пониженной четкости. Об объективном методе измерения восприятия качества видеоизосигналов для радиовещательных приложений с уменьшенной полосой пропускания см. [12.5] для ТВ повышенной четкости и [12.6] для ТСЧ.

12.2.2 Объективные измерения для оценки качества передачи видеосигналов

К ним относятся:

– точность синхронизации потока программ (дрожание и ошибки сигнала синхронизации);
– уровень структурных искажений;

---

[43] Подробнее см. на https://tech.ebu.ch/groups/btf.

[44] VQEG – Video Quality Experts Group (группа экспертов по качеству видеосигналов).

– временные параметры ошибок видеопоследовательности (VFLR[45], VFDR[46], TER[47]).

Для определения уровня структурных искажений можно использовать следующие показатели:

– коэффициент ошибок по пикселям (PxER);
– коэффициент ошибок по блокам MPEG (BLER);
– коэффициент ошибок по макроблокам MPEG (MBLER);
– коэффициент ошибок квантования MPEG (SLER).

Для оценки влияния искажений, возникающих в канале радиовещания на уровне видеопоследовательностей, можно использовать следующие технические показатели качества:

– коэффициент потерь видеокадров (VFLR);
– коэффициент декодирования видеокадров (VFDR);
– коэффициент ошибок синхронизации (TER);
– пиковое значение отношения сигнал/шум видеосигнала (PSNR);
– показатель качества видеосигнала (VQM);
– показатель качества движущихся изображений (MPQM);
– индекс структурного сходства (SSIM);
– измерение шумовых характеристик (NQM).

12.2.3 Объективные измерения для оценки качества аудиосигналов

Для объективной оценки качества аудиосигналов следует учитывать следующее:

– громкость;
– максимальное истинное пиковое значение;
– диапазон громкости;
– частотную характеристику;
– отношение сигнал/шум;
– моносовместимость (разность фаз между каналами)/корреляцию.

Для оценки канала передачи аудиоконтента следует учитывать следующие параметры:

– номинальную полосу пропускания (полосу пропускания, допускаемую кодеком);
– уровень шума;
– скорость передачи данных;
– дрожание;
– коэффициент ошибок по битам;
– колебания групповой задержки;
– амплитудную характеристику;
– нелинейные искажения (THD);
– интермодуляционные искажения.

Объективные методы оценки воспринимаемого качества сжатого звука для аудиосигналов систем цифрового телевидения приведены в Рекомендации МСЭ-R BS.1387 [12.14].

---

[45] VFLR – Video Frame Loss Ratio (коэффициент потерь видеокадров).

[46] VFDR – Video Frame Decoding Ratio (коэффициент декодирования видеокадров).

[47] TER – Timing Error Ratio (коэффициент ошибок синхронизации).

Документ [12.14] – это всестороннее исследование по вопросам объективного измерения аудиосигналов с пониженной битовой скоростью, причем оно и сейчас остается актуальным. Тем не менее данный документ указывает на то, что перед вводом в эксплуатацию каких-то устройств или схем должна проводиться процедура регулирования воспринимаемого качества в целях проверки их функциональных возможностей и обеспечения качества (с точки зрения конечного пользователя). В отношении радиовещания это означает, что каждый элемент, который вносит свой вклад в аудио/видеосигнал (относящиеся к программе аудио- и видеосигналы, субтитры, четкий дикторский текст, голосовое описание аудиосигналов, сурдоперевод/видеообраз и т. д.), производится для потребления в надлежащем качестве. Когда в соответствующем уравнении при оценке учитывается индивидуальный выбор, фактическое (объективное) качество восприятия конечным пользователем может значительно превышать сумму составных частей.

Опасность комплексного подхода к производству и мультиплатформенному распространению аудио/видеоконтента (особенно в IP-инфраструктурах) заключается в том, что параметры операционного программного обеспечения (прошивки) и кодека изменяются. Тривиальная замена прошивки одного элемента во всей цепочке A/V может оказать огромное влияние на качество восприятия конечным пользователем (например, видимые ошибки синхронизации движения губ); поэтому концепция выстраивания модели воспринимаемого качества, выраженная в [12.14], редко используется на практике.

12.2.4 Замечания о перспективных разработках

Развитие аудиотехнологий в телевидении выходит за пределы традиционных стереофонических и 5.1-канальных конфигураций и идет в направлении многоканального, с эффектом присутствия (до 22.2-канальной конфигурации громкоговорителей) воспроизведения, которое в том числе создает ощущение высоты, а также звука, зависящего от сцены и от объекта.

Эта последняя особенность будет в частности способствовать развитию таких услуг радиовещания, как персонализация и доступность для пользователей с нарушениями восприятия. Предполагается, что преимуществом для радиовещательных компаний является то, что производство аудиопрограмм упрощается всего до одного процесса, поскольку элементы аудиосигналов, зависящие от объекта, воспроизводятся в приемнике в соответствии с предпочтениями пользователей и фактическими конфигурациями громкоговорителей.

Не следует также забывать, что современные тенденции потребления ТВ-передач распространяются на нелинейное и мобильное/портативное использование, когда в частности аудиопрограммы принимаются через наушники. Для перехода на эти платформы продвинутым услугам потребуется нечто вроде бинауральной технологии.

Для целей оценки крайне важно иметь стандартизованную подсистему визуализации (рендерер), способную воспроизводить все технологии и все типы контента, упомянутые в Рекомендациях МСЭ-R BS.2051 [12.15], МСЭ-R BS.2076 [12.16] и в Отчете МСЭ-R BS.2388 по усовершенствованным звуковым системам [12.17]. Эта работа в настоящее время ведется в Рабочей группе 6С МСЭ-R. Рендерер будет использоваться для оценки качества в целом, а также для измерения громкости и для производства.

Кроме того, важно разработать и согласовать методы объективной и субъективной оценки усовершенствованных звуковых систем.

Подробнее о параметрах качества передачи см. в главе 7.

12.3 Субъективная оценка качества для систем сжатия в цифровом телевидении

Субъективные оценки основаны на наблюдении оцениваемой программы группами наблюдателей, которые высказывают адекватные мнения о качестве программы, и статистической обработке этих мнений [12.1].

Основные методы субъективной оценки, используемые для тестирования новых и/или существующих кодеков в процессе сжатия видеосигналов в телевизионных системах, определяются в Рекомендации МСЭ-R BT.500-13 [12.8]. Здесь описываются два основных метода:

– DSCQS (метод с двумя источниками воздействия и с использованием непрерывной шкалы качества). Этот метод может, в частности, давать точные результаты при очень небольших различиях в качестве и в тех случаях, когда нарушения оказывают положительное или отрицательное влияние на качество. Он используется для измерения качества реализации системы сжатия относительно эталонного сигнала;

– метод оценки DSIS (метод с двумя источниками воздействия и с использованием шкалы ухудшения качества) на основе согласованных шкал ухудшения качества при психофизическом тестировании телевидения. Эти шкалы используются контролируемым и определенным образом; получаемые результаты испытаний достоверны, надежны и подходят для применения между испытаниями. Этот метод используется для измерения устойчивости систем (то есть характеристик отказов).

Ниже перечислены методы, альтернативные методам DSIS и DSCQS:

– методы с одним источником воздействия (SS) – представляется одно изображение или последовательность – измеряют показатель общего качества демонстрации. Содержат численные методы категориального суждения, методы некатегориального суждения и методы оценки качества;

– методы сравнения источников воздействия – демонстрируются два изображения или две последовательности – измеряют соотношение между двумя демонстрациями. Содержат адъективные методы категориального суждения, методы некатегориального суждения и методы оценки качества;

– непрерывная оценка качества с одним источником воздействия (SSCQE) – непрерывно измеряется цифровой кодированный видеосигнал (зависящий от сцены и изменяющийся во времени), при этом субъекты просматривают материал один раз, не видя исходного эталонного изображения;

– метод одновременного воздействия двух источников для непрерывной оценки (SDSCQE), когда к SSCQE добавляется исходное условие.

В [12.8] описываются общие методы субъективной оценки; подробности, касающиеся приложения для субъективной оценки измеряемых систем, представлены в следующих относящихся к этой тематике Рекомендациях:

– Рекомендация МСЭ-R BT.1128 по субъективной оценке обычных телевизионных систем;

– Рекомендация МСЭ-R BT.1129 по субъективной оценке цифровых телевизионных систем стандартной четкости (ТСЧ);

– Рекомендация МСЭ-R BT.710 по методам субъективной оценки качества изображения в телевидении высокой четкости;

– Рекомендация МСЭ-R BT.812 по субъективной оценке качества буквенно-цифровых и графических изображений в телетексте и подобных услугах;

– Рекомендация МСЭ-R BT.1210 по тестовым материалам, используемым при субъективной оценке качества изображения;

– Рекомендация МСЭ-R BT.2021 по методам субъективной оценки стереоскопических систем 3DTV;

– Рекомендация МСЭ-R BT.2022 "Общие условия просмотра для субъективной оценки качества телевизионных изображений ТСЧ и ТВЧ на дисплеях с плоским экраном";

– Рекомендация МСЭ-R BT.2035 по эталонной среде просмотра для оценки материалов программ ТВЧ или готовых программ;

– Рекомендация МСЭ-R BT.1788 по методике субъективной оценки качества видеосигнала.

Оценка аудиосигнала в телевизионных системах может осуществляться с использованием следующих субъективных методов:

– Рекомендация МСЭ-R BS.1116 – методы субъективной оценки небольшого ухудшения качества в звуковых системах;

– Рекомендация МСЭ-R BS.1284 – общие методы субъективной оценки качества звука;

– Рекомендация МСЭ-R BS.1285 – методы предварительного отбора при субъективной оценке небольшого ухудшения качества в звуковых системах;

– Рекомендация МСЭ-R BS.1286 – методы субъективной оценки звуковых систем с сопроводительным изображением;

– Рекомендация МСЭ-R BS.1534 – метод субъективной оценки промежуточного уровня качества систем кодирования;

– Рекомендация МСЭ-R BS.1679 – субъективная оценка качества звука в приложениях цифрового изображения для большого экрана, предназначенных для демонстраций в театральной среде.

Библиография к главе 12

[12.1] Karwowska-Lamparska, Alina. World progress in video and audio quality evaluation and control in broadcasting systems *Technology of digital broadcasting: strategy of introduction in Ukraine (DBT-2011).* Proceedings of international scientific-technical conference, Odessa, ONAT n.a. A.S. Popov, 20−22 Junes 2011.

[12.2] Recommendation ITU-R BT.1683, *Objective perceptual video quality measurement techniques for standard definition digital broadcast television in the presence of a full reference.*

[12.3] Рекомендация МСЭ-R BT.1721, *Объективное измерение субъективного восприятия качества изображения приложений цифрового изображения для большого экрана, применяемых для сценических демонстраций.*

[12.4] Рекомендация МСЭ-R BT.1866, *Методы объективного измерения воспринимаемого качества изображения для радиовещательных применений с использованием телевидения низкой четкости при наличии полного эталонного сигнала.*

[12.5] Рекомендация МСЭ-R BT.1867, *Технологии управления объективным качеством визуального восприятия для радиовещательных приложений, использующих стандарт ТВ малой четкости в присутствии эталонной полосы с уменьшенной шириной.*

[12.6] Рекомендация МСЭ-R BT.1885, *Методы объективного измерения воспринимаемого качества изображения, предназначенные для цифрового вещательного телевидения стандартной четкости, при наличии эталонного сигнала с уменьшенной полосой частот.*

[12.7] Рекомендация МСЭ-R BT.1907, *Методы объективного измерения воспринимаемого качества изображения для радиовещательных применений с использованием ТВЧ при наличии полного эталонного сигнал.*

[12.8] Рекомендация МСЭ-R BT.500-13, *Методика субъективной оценки качества телевизионных изображений.*

[12.9] Рекомендация МСЭ-R BT.813, *Методы объективной оценки качества изображения с учетом искажений, обусловленных цифровым кодированием телевизионного сигнала.*

[12.10] Recommendation ITU-R BT.1676, *Methodological framework for specifying accuracy and cross-calibration of video quality metrics.*

[12.11] Рекомендация МСЭ-R BT.1790, *Требования к контролю радиовещательных цепей в ходе эксплуатации.*

[12.12] Рекомендация МСЭ-R BT.1908, *Методы объективного измерения качества изображения для радиовещательных применений с использованием ТВЧ при наличии эталонного сигнала с ухудшенными характеристиками.*

[12.13] Report ITU-R BT.2020, *Objective quality assessment technology in a digital environment.*

[12.14] Recommendation ITU-R BS.1387, *Method for objective measurements of perceived audio quality*.

[12.15] Рекомендация МСЭ-R BS.2051, *Усовершенствованная звуковая система для производства программ*.

[12.16] Рекомендация МСЭ-R BS.2076, *Метод определения аудиофайла*.

[12.17] Report ITU-R BS.2388, *Usage guidelines for the audio definition model and multichannel audio files.*

ГЛАВА 13

Приемники цифрового ТВ

13.1 Общие аспекты в отношении приемников ЦНТВ

В настоящее время существует множество возможных реализаций цифровых телевизионных приемников, но все они обязательно должны соответствовать конкретному стандарту системы радиовещания (ATSC, ISDB, DTMB, DVB и т. д.). Это требование предполагает использование для приема цифрового телевизионного сигнала одних и тех же алгоритмов, соответствующих базовому стандарту, как описывается в главе 9 (в случае соблюдения условий успешного приема). Остальная часть функций приемника может различаться от производителя к производителю и определяется его стоимостью и дополнительными требованиями заказчика. Части конструкции приемника, не стандартизированные по базовому стандарту системы (например, блок оценки канала и компенсации), могут быть реализованы разными способами.

При переходе к цифровому радиовещанию возникает проблема обеспечения населения подходящими приемниками. В этом случае может потребоваться информирование населения о преимуществах перехода и определение минимального набора требований к оборудованию для приема цифрового телевизионного сигнала. Важным компонентом успешного перехода является качество радиовещания – как техническое, так и нетехническое. Качество зачастую служит определяющим фактором для пользователей. Кроме того, важна стоимость перехода – слишком высокие цены могут снизить привлекательность для пользователей, поэтому важен компромисс между качеством и функциональными возможностями.

13.2 Требования к приемникам ЦНТВ

В общем случае конструкция приемника ЦНТВ определяется набором требований, который включает следующие компоненты:

– РЧ-тюнер;
– демодулятор;
– аудиодекодер;
– видеодекодер;
– интерфейсы;
– аппаратуру;
– программное обеспечение;
– другие компоненты.

Требования к приемникам цифрового телевизионного вещания должны учитывать взаимосвязь между конкретными требованиями и существующей и будущей национальной нормативной базой технических стандартов и норм. Учет этой взаимосвязи позволит проверить отдельные блоки приемного оборудования на совместимость с определенными национальными и международными стандартами.

Минимальный набор требований к приемнику может быть определен для нескольких профилей сигналов – например, для цифрового телевидения стандартной и высокой четкости, – чтобы предоставить населению разные профили с дифференцированными услугами цифрового радиовещания.

Приемник цифрового телевизионного вещания может содержать один или несколько радиочастотных модулей, обеспечивающих прием программ спутниковой, кабельной или наземной передачи. Во время перехода от одного поколения телевидения к другому (например, от аналогового к цифровому или от цифрового к цифровому, например от DVB-T до DVB-T2), приемники, как правило, могут осуществлять прием ТВ-систем разных поколений.

Скремблирование транспортного потока – это процедура управления платным доступом к услугам цифрового телевизионного вещания. Такой подход также может использоваться для бесплатных услуг, но ограничивая доступ к сети цифрового радиовещания неавторизованных пользователей, и для управления авторскими правами в случае распределения и записи с помощью устройств PVR или VCR. Метод скремблирования (если применяется) определяется каждой конкретной радиовещательной организацией и в общем случае реализуется с помощью модуля условного доступа (CAM). Условный доступ более подробно рассматривается в главе 11.

Необязательным требованием может служить международный радиовещательный роуминг. Радиовещательный роуминг может быть полезен для пользователей, путешествующих по миру. Для осуществления радиовещательного роуминга могут потребоваться дополнительные функции:

– портативность;

– совместимость с разными системами радиовещания; и

– поддержка информации о программах.

Более подробная информация о требованиях к радиовещательному роумингу приведена в Рекомендации МСЭ-R BT.2072 [13.1].

В настоящее время существует несколько международных стандартов цифрового радиовещания. В Рекомендациях МСЭ-R BT.1368 [13.2] и МСЭ-R BT.2033 [13.3] описываются критерии планирования, включая защитные отношения, соответственно для систем цифрового наземного телевидения первого и второго поколений. Кроме того, в Рекомендации МСЭ-R BT.2036 [13.4] представлены подробные характеристики приемника, важные для успешного телевизионного приема. В Отчете МСЭ-R BT.2215 [13.5] представлены результаты лабораторных измерений эксплуатационных характеристик, выполненных для разных цифровых телевизионных приемников.

В следующих разделах описываются доступные стандарты для цифровых телевизионных приемников, работающих в диапазонах ОВЧ и УВЧ. Сводный перечень общих требований приведен в разделе 13.2.5.

13.2.1 Приемники ATSC

Для системы ATSC требования к приемнику определяются следующими документами[48].

– Рекомендуемая практика A/74:2010 "Receiver Performance Guidelines" [13.6]. В этом документе рассматриваются входные каскады фиксированного приемника цифрового наземного телевизионного вещания. Соблюдение рекомендуемых руководящих указаний по характеристикам, приведенным в этом документе, гарантирует надежный прием. Руководящие указания по подавлению помех основаны на факторах планирования FCC, которые использовались в целях анализа покрытия и помех для первоначальных выделений каналов ЦТВ. Руководящие указания по обработке данных о чувствительности и многолучевом распространении отражают опыт, накопленный в процессе испытаний, проводившихся ATTC, MSTV, NAB и производителями приемников.

– Рекомендуемая практика A/174:2010 "Mobile Receiver Performance Guidelines" [13.7]. В этом документе рассматриваются условия приема сигнала, которые могут возникать при оценке потенциального воздействия на входные каскады приемника мобильных цифровых телевизионных передач на основе стандарта A/153 (ATSC-M/H). В данном документе приведены рекомендуемые руководящие указания по характеристикам, обеспечивающим максимальное качество приема. В целом эти рекомендации основаны на рекомендациях, содержащихся в документе A/74 (который относится к фиксированным наземным приемникам) с добавлением новых руководящих указаний, относящихся к мобильному приему. В число областей, к которым относятся новые или отличающиеся рекомендации,

---

[48] Следует отметить, что в настоящее время ATSC разрабатывает новую серию стандартов ATSC 3.0 цифрового телевидения. Актуальная информация об этих стандартах, как окончательных, так и потенциальных, публикуется на веб-сайте ATSC www.atsc.org.

входят динамический многолучевой прием, конфигурации антенн мобильных приемников, влияние источников питания с ограниченной мощностью, возможная близость мешающих сигналов и присутствие нелицензированных устройств, излучающих в телевизионных полосах частот.

– Стандарт ATSC A/53, части 1–6 "ATSC – Digital Television Standard" [13.8]. В стандарте цифрового телевидения описываются характеристики системы усовершенствованного телевидения (ATV). Этот документ и его нормативные части содержат подробную спецификацию параметров системы, включая форматы сканирования входного сигнала видеокодера и параметры предварительной обработки и сжатия видеокодера, формат входного сигнала аудиокодера и параметры предварительной обработки и сжатия аудиокодера, характеристики и нормативные спецификации уровня мультиплексирования и транспортировки услуг, а также параметров подсистемы РЧ-передачи VSB.

13.2.2 Приемники ISDB-T/SBTVD

Требования к приемникам системы ISDB-T/SBTVD определяются следующими документами.

– ARIB STD-B21: 2007 "Receiver for Digital Broadcasting" [13.9]. Стандарт ARIB применяется к приемникам цифрового радиовещания наряду с различными типами стандартного телевизионного вещания, телевизионного вещания высокой четкости, радиовещания в диапазонах УВЧ и передачи данных, осуществляемой радиовещательными спутниковыми станциями в полосе частот 11,7–12,2 ГГц (цифровое радиовещание BS); приемникам стандартного телевизионного вещания, телевизионного вещания высокой четкости, радиовещания в диапазоне УВЧ и вещательной передачи данных с полосой пропускания 34,5 МГц, осуществляемой радиовещательными спутниковыми станциями в полосе частот 12,2–12,75 ГГц (широкополосное цифровое радиовещание CS); а также к приемникам цифрового радиовещания и телевидения высокой четкости на основе различных стандартов телевизионного вещания, осуществляемого радиовещательными станциями.

– Согласованные документы ARIB STD-B21 и ABNT NBR 15604 [13.10]. Эти документы характеризуют приемник для цифрового наземного телевизионного вещания, стандартизированный в Бразилии (SBTVD – Sistema Brasileiro de Televisão Digital) и Японии (ISDB-T) по состоянию на июнь 2009 года. Они служат справочным материалом для описания конкретных особенностей бразильских и японских стандартов цифрового наземного телевидения в рамках совместной бразильско-японской рабочей группы по цифровому телевидению.

13.2.3 DVB-T/DVB-T2

Требования к приемникам системы DVB-T/DVB-T2 определяются следующими документами.

– ETSI EN 303 340 (2016) [13.11] Digital Terrestrial TV Broadcast Receivers – согласованный стандарт, охватывающий основные требования статьи 3.2 Директивы 2014/53/EU. Этот документ применяется к приемникам цифрового наземного телевизионного вещания, оснащенным входом внешней антенны (порт тюнера) или тестовым РЧ-разъемом, способным принимать сигналы DVB-T и/или DVB-T2. Он содержит требования к приемникам цифрового наземного телевизионного вещания в соответствии с основными требованиями статьи 3.2 Директивы по радиооборудованию (Директива 2014/53/EU [13.29]), чтобы радиооборудование обеспечивало режим эффективного использования радиочастотного спектра в целях избежания вредных помех[49]. В данном документе также рассматриваются помехи от передачи LTE в диапазонах 700 МГц и 800 МГц. Требования к системной установке (антенна, фидерный кабель, усилители и т. д.) не рассматриваются.

---

[49] См. http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/regulation-legislation/red.

– ETSI TR 103 288 (2016) [13.12] Electromagnetic compatibility and Radio sperctrum Matters (ERM); Отчет объединенной рабочей группы CENELEC/ETSI в ответ на письмо EC ECTRP/F5/DP/MM/entr.f5.(2013)43164, адресованное ESO. В этом документе:

  • исследуются и документируются ожидаемые и/или запланиров анные изменения в использовании частот в полосе 470–862 МГц, включая соответствующие характеристики ожидаемых радиотехнологий, которые будут внедряться в этих и соседних полосах частот, в частности в полосе частот 863–870 МГц, используемой устройствами малого радиуса действия (SRD);

  • приводится описание новой электромагнитной среды в вышеуказанных полосах частот и оценка влияния этих изменений на совместную работу услуг, систем и оборудования;

  • даются рекомендации комитетам CENELEC и ETSI по пересмотру в случае необходимости затронутых Согласованных стандартов и других европейских стандартов для улучшения совместимости соответствующих услуг и оборудования.

– IEC 62216 (2009) Digital terrestrial television receivers for the DVB-T system [13.13]. В этом документе приводится описание приемников стандартной четкости и высокой четкости для системы DVB-T. Субтитры и телетекст считаются компонентами телевизионных услуг. Данный документ посвящен наземной доставке цифровых передач и развертыванию сетей в странах, где используются языки, основанные на европейских латинских шрифтах. Рассматриваются системы двух типов:

  • стандартные системы, в которых все услуги – это услуги стандартной четкости (SD); а также

  • использование хорошо отлаженных кодеков.

  Для этих систем – усовершенствованных систем, в которых некоторые службы могут использовать новейшие кодеки, например для приема видеосигналов высокой четкости (HD), – подходят стандартные приемники, способные декодировать стандартные услуги. Для этих систем также подходят усовершенствованные приемники, способные декодировать самые современные услуги[50].

– ETSI TS 101 154 (2009) Digital Video Broadcasting (DVB) [13.14]. Этот документ представляет собой спецификацию для использования кодирования видео- и аудиосигналов в радиовещательных приложениях на основе транспортного потока MPEG-2. Представленные в документе руководящие указания по интегрированному приемнику-декодеру (IRD) определяют минимальные функциональные возможности, которыми должны обладать все IRD определенного класса. Чтобы обеспечить использование определенных функций, необходимо указать минимальные функциональные возможности IRD для базовых параметров.

– EBU Tech 3307 Service Requirements for Free-to-Air High Definition Television Receivers [13.15]. В этом документе излагаются общие требования (с точки зрения членов EPC) радиовещательных компаний с использованием открытых каналов по предоставлению услуг ТВЧ, будь то DVB-T, DVB-S или S2 или другие системы. Он предназначен для обсуждения производителями, радиовещательными компаниями, операторами сетей и представителями национальных платформ ТВЧ.

– EBU Tech 3333 EBU HDTV – Receiver Requirements [13.16]. Этот документ содержит минимальные требования членов EPC (радиовещательных организаций) к приемникам ТВЧ и подробно обсуждался с представителями DIGITALEUROPE (EICTA). Организациям медиаотрасли, разрабатывающим автономные приемники (абонентские приставки – STB или интегрированные приемники-декодеры – IRD) или приемники со встроенными цифровыми телевизорами (iDTV), рекомендуется соблюдать этот набор требований, чтобы обеспечить функциональную совместимость между передачами членов EPC и приемным устройством.

---

[50] Существуют аналогичные спецификации на национальном уровне: например, DTG D-Book в Соединенном Королевстве, NorDig в странах Северной Европы.

– ETSI TS 102 201 (1999) Digital Video Broadcasting (DVB); интерфейсы для интегрированного приемника-декодера DVB (DVB-IRD) [13.17]. Этот документ служит стандартом приложения, который определяет рекомендуемые интерфейсы для подключения оборудования интегрированного приемника-декодера системы цифрового телевизионного радиовещания (DVB-IRD).

13.2.4 DTMB

Требования к приемникам для системы DTMB определяются следующими документами.

– GB/T 26686-2011 – General specification for digital terrestrial television receiver [13.18]. Этот стандарт описывает функциональные и эксплуатационные требования, правила проверки, маркировку, пакеты программ, транспортировку и хранение информации в приемниках наземного ЦТВ, поддерживающих стандарт DTMB GB20600-2006.

– GB/T 26685-2011 – Methods of measurement for digital terrestrial television receiver [13.19]. Этот стандарт относится к приемникам наземного ЦТВ и описывает элементы, условия и методы измерения характеристик приемников наземного ЦТВ, поддерживающих стандарт DTMB GB20600-2006.

– GB20600-2006 – Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System (DTMB) [13.20]. Этот стандарт описывает структуру кадров, кодирование и модуляцию каналов цифрового наземного телевизионного вещания в диапазонах УВЧ (ультравысокие частоты) и ОВЧ (очень высокие частоты) с полосой пропускания 8 МГц для каждого РЧ (радиочастотного) канала. Стандарт DTMB можно применять к системам цифрового наземного телевизионного вещания, передающим несколько программ ТСЧ или ТВЧ как для мобильного, так и для стационарного приема.

13.2.5 Общие требования

В таблице 13.1 даны обобщенные требования к приемнику ЦНТВ. В ней указаны возможные значения конкретных параметров, приведенные в соответствующих стандартах, но все эти требования не обязательно должны соблюдаться для всех приемников. Параметры, характерные для конкретной системы ЦНТВ, и РЧ-параметры для каждой системы передачи не указываются. Подробная информация о конкретной системе ЦНТВ содержится в соответствующих документах, перечисленных в ссылках для этого раздела, а также в соответствующих разделах главы 9 настоящего Справочника.

ТАБЛИЦА 13.1

Сводная таблица возможных требований к приемникам цифрового наземного телевизионного вещания

Параметр	Значение	Примечание
Соотношение сторон изображения	4 : 3, 16 : 9	Изображение можно перемасштабировать для разных значений соотношения сторон, поддерживаемых дисплеем
Оптическое разрешение	ТВЧ, ТСЧ, ТСВЧ 4K и 8K	
Частота кадров/ развертка	25P, 50I, 50P, 30P, 59.94I, 60I, 60P, 120P	
Видеоуслуги	Обычное ТВ, 3DTV	
Сжатие видеосигнала	MPEG-2, MPEG-4 AVC/H.264, SVC, HEVC/H.265, AVS	

ТАБЛИЦА 13.1 (*окончание*)

Параметр	Значение	Примечание
Колориметрия	Рекомендации МСЭ-R BT.601, BT.709, BT.2020	
Дополнительные функциональные возможности при приеме видеосигналов	Вылеты развертки на экране (оверскан), масштабирование между UHD, HD и SD, активный дескриптор формата (AFD), функция определения широкоформатности изображения (WSS), персональный видеорекордер (PVR), смещение по времени, HDR, HFR	Приводятся в качестве примеров
Режим аудиовоспроизведения	Моно, стерео, многоканальный	
Сжатие аудиосигналов	MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, HEVC, AC3, DTS	
Промежуточное ПО	MHP, GEM, Ginga, MHEG-5	(или любая другая реализация промежуточного ПО)
Функциональные возможности обслуживания	EPG, субтитры и телетекст (в режимах для лиц с нормальным слухом и для лиц с нарушениями слуха), чистое звучание, скрытые титры, обновление ПО, доступ к ЛВС (быстрый Ethernet, беспроводная ЛВС или связь по ЛЭП), гибридное вещательное широкополосное телевидение (например, HbbTV)	Приводятся в качестве примеров
Интерфейсы	Общий интерфейс (CI) и CI+, Ethernet, S/PDIF (оптический или электрический), HDMI, YPbPr, разъем RF loop-through (проходной вход), SCART	Приводятся в качестве примеров

13.3 Промежуточное ПО для приемников ЦТВ

Промежуточное ПО – это уровень программного обеспечения между кодом приложения и инфраструктурой времени исполнения (аппаратной платформой и операционной системой). Промежуточное ПО для приложений цифрового телевидения обычно состоит из языковых механизмов и библиотек функций. Промежуточное программное обеспечение – это необходимое условие простой и быстрой разработки телевизионных приложений.

Промежуточное ПО приемника ЦНТВ служит основным элементом взаимодействия пользователя с аппаратурой приемника. Требования, предъявляемые к промежуточному ПО, включают в себя гибкость, широкие функциональные возможности и простоту программного интерфейса. Довольно часто возникает ситуация, когда невозможно удовлетворить одно требование, не усложняя соблюдение другого. Поэтому в большинстве случаев реализуется компромиссный вариант промежуточного ПО. Во время внедрения новых услуг желательна возможность обновления программного обеспечения приемника, особенно таких обновлений, которые требуют дополнения промежуточного ПО новыми функциями или когда исправляются ошибки, допущенные в процессе разработки промежуточного ПО. Обновления могут выполняться непосредственно поставщиком услуг через радиовещательный канал без выхода в эфир или пользователями абонентской приставки или устройства с интегрированным приемником-декодером с использованием официальных сайтов производителя.

К вариантам промежуточного ПО первого поколения относятся MHP/GEM и MHEG-5 [13.21], [13.22]. Они, как правило, заменены системами, описываемыми в главе 10, такими как HbbTV, Hybridcast, HTML5, платформа Smart TV на базе HTML5 и Ginga [13.26], [13.27], [13.23].

13.4 Интегрированная вещательная широкополосная система

Технологии интегрированной вещательной широкополосной системы (IBB) относятся к реализации подхода интерактивного ТВ. Такие технологии основаны на конвергентных телевизионных приемниках, способных не только обрабатывать радиовещательный сигнал, но и работать с приложениями, доставляемыми посредством услуг широкополосной электросвязи. Это позволяет приемнику управлять взаимодействием с пользователем и обеспечить максимальное удовлетворение конечного пользователя за счет предоставления ряда новых услуг.

Все основные функции и требования к приложениям IBB определяются в Рекомендации МСЭ-R BT.2037 "Общие требования к ориентированным на вещание применениям интегрированных широковещательных широкополосных систем и их планируемое использование" [13.24] и Рекомендации МСЭ-R BT.2053 "Технические требования к интегрированным вещательным и широкополосным системам" [13.25].

Для предоставления услуг IBB необходимы специальные модульные блоки приемника, интерфейсы и промежуточное ПО. Модули приемника включают в себя блоки обработки радиовещательных сигналов (необходим спутниковый, кабельный и/или наземный встроенный или внешний приемник) и блок обработки широкополосного сигнала (в большинстве случаев на основе IP-протокола). Эти приемники оснащаются потребительскими интерфейсами как радиовещательными, так и широкополосными.

Необходимо специальное ПО для реализации обычных функций или функций, связанных промежуточным ПО. Такие элементы обеспечивают совместную обработку и соответствующую координацию между радиовещательной и широкополосной средами, связанными интерактивными приложениями для пользователя и другими полезными функциональными возможностями. Согласно требованиям к функциональным возможностям приложений, изложенным в [13.24], системы IBB должны:

– обеспечивать целостность радиовещательного контента и услуг без несанкционированных накладок;
– четко определять источник контента, а также бесплатные и платные услуги;
– обеспечивать пользователям незатрудненный доступ к предоставляемым ими контенту и услугам в неизмененной форме;
– защищать авторские права;
– гарантировать пользователю осведомленность относительно того, какие собираются данные, кем и в каких целях, в том числе данные по просмотру, использованию или поиску, и информация о профиле, при уважении неприкосновенности частной жизни пользователя;
– избегать непреднамеренного поведения вследствие злонамеренной деятельности, такой как вирусы, вредоносное программное обеспечение и т. д.

Системы IBB также должны обладать следующими возможностями:

– доносить до пользователей новые услуги, расширяя одновременно функциональные возможности радиовещания и интернета;
– поддерживать линейные и нелинейные услуги и контент;
– должным образом предоставлять радиовещательный контент в чрезвычайных ситуациях;
– поддерживать интеграцию связи с помощью "второго экрана" и ее синхронизацию с услугами, предоставляемыми на основном дисплее звука и изображения;
– гарантировать лицам с ограниченными возможностями беспрепятственный доступ к контенту;
– обеспечивать механизмы для предложения адресных услуг и контента.

Таким образом подобные функциональные возможности предъявляют связанные с ними требования к компонентам промежуточного ПО и ПО приемника. При внедрении соответствующих приемников все эти аспекты должны учитываться.

Библиография к главе 13

[13.1] Recommendation ITU-R BT.2072, M*ain functionalities of consumer receivers for worldwide broadcasting roaming.*

[13.2] Рекомендация МСЭ-R BT.1368, *Критерии планирования, включая защитные отношения, для услуг наземного цифрового телевидения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.*

[13.3] Рекомендация МСЭ-R BT.2033, *Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.*

[13.4] Рекомендация МСЭ-R BT.2036, *Характеристики эталонной приемной системы для планирования частот систем цифрового наземного телевидения*.

[13.5] Report ITU-R BT.2215, *Measurements of protection ratios and overload thresholds for broadcast TV receivers.*

[13.6] ATSC Recommended Practice A/74:2010 – *Receiver Performance Guidelines.*

[13.7] ATSC Recommended Practice A/174:2010 – *Mobile Receiver Performance Guidelines.*

[13.8] ATSC Standard A/53, Parts 1 through 6: ATSC – *Digital Television Standard.*

[13.9] ARIB STD-B21:2007 – *Receiver for digital broadcasting.*

[13.10] Harmonized documents ARIB STD-B21 and ABNT NBR 15604.

[13.11] ETSI EN 303 340 (2016) – *Digital Terrestrial TV Broadcast Receivers; Harmonized Standard covering the essential requirements of article 3.2 of the Directive 2014/53/EU.*

[13.12] ETSI TR 103 288 (2016) – *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Report of the CENELEC/ETSI Joint Working Group in response to the EC letter ENTRP/F5/DP/MM/entr.f5.(2013)43164 to the ESOs.*

[13.13] IEC 62216 – *Digital terrestrial television receivers for the DVB-T system.*

[13.14] ETSI TS 101 154:2009 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream.*

[13.15] EBU Tech 3307 – *Service Requirements for Free-to-Air High Definition Television Receivers.*

[13.16] EBU Tech 3333 EBU HDTV – *Receiver Requirements.*

[13.17] ETSI TS 102 201 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Interfaces for DVB Integrated Receiver Decoder (DVB-IRD).*

[13.18] Chinese National Standard GB/T 26686-2011 – *General specification for digital terrestrial television receiver.*

[13.19] Chinese National Standard GB/T 26685-2011 – *Methods of measurement for digital terrestrial television receiver.*

[13.20] DTMB GB20600-2006 – *Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System (DTMB).*

[13.21] MHP/GEM official web-site: www.mhp.org.

[13.22] MHEG-5 official web-site: www.mheg.org.

[13.23] Ginga official web-site: http://www.ginga.org.br.

[13.24] Рекомендация МСЭ-R BT.2037, *Общие требования к ориентированным на вещание применениям интегрированных широковещательных широкополосных систем и их планируемое использование.*

[13.25] Рекомендация МСЭ-R BT.2053, *Технические требования к интегрированным вещательным широкополосным системам.*

[13.26] Рекомендация МСЭ-R BT.2075-0, *Интегрированная вещательная широкополосная система*.

[13.27] Report ITU-R BT.2267-5, *Integrated broadcast-broadband systems.*

[13.28] ETSI ES 202 184 MHEG-5 – *Broadcast Profile.*

[13.29] Директива № 2014/53/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского союза от 16 апреля 2014 года о гармонизации законодательства государств – членов ЕС относительно рынка радиооборудования и об отмене Директивы 1999/5/ЕС, см. http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/53/oj.

ГЛАВА 14

Аспекты доступности

14.1 МСЭ и необходимость доступа к услугам

На Земле более одного миллиарда человек имеют нарушения физического или психического развития [14.1]. Около 15% мирового населения страдают более или менее серьезными нарушениями дееспособности, которые препятствуют их доступу к услугам электросвязи. Около 16% взрослых жителей Европы имеют проблемы со здоровьем, которые затрудняют или делают невозможным доступ к радиовещательным программам и их потребление.

Естественно, что с возрастом все большее число людей испытывает проблемы из-за нарушений слуха и/или зрения, а также снижения подвижности, что затрудняет управление устройствами, например телевизором с помощью пульта дистанционного управления. К 2020 году 50% населения Европы будет старше 50 лет. Вряд ли любой из наших сограждан, которым за 80, имеет достаточно хороший слух. Международные организации в течение многих лет работают над тем, чтобы обеспечить дополнительные услуги доступа и технические средства, облегчающие или открывающие доступ к услугам телевидения лицам с ограниченными возможностями, престарелым, а также национальным меньшинствам.

Во многих странах телевизионные радиовещательные компании обязаны (или берут на себя обязательство) предлагать конкретные услуги доступа для лиц с пониженной дееспособностью, то есть лиц с ограниченными возможностями, включая пожилых людей, с тем чтобы обеспечить (или улучшить) им доступ к услугам радиовещания по эфиру и в онлайновом режиме.

Как орган ООН, МСЭ, естественно, должен соблюдать Конвенцию Организации Объединенных Наций о правах инвалидов[51] (UNCRPD). Сам МСЭ издал ряд соответствующих Резолюций: Резолюцию 70 (Йоханнесбург, 2008 год) Всемирной ассамблеи по стандартизации электросвязи, Резолюцию 58 (Хайдарабад, 2010 год) Всемирной конференции по развитию электросвязи и Резолюцию 175 (Гвадалахара, 2010 год) Полномочной конференции МСЭ. Последняя озаглавлена "Доступ к электросвязи/информационно-коммуникационным технологиям для лиц с ограниченными возможностями и лиц с особыми потребностями" и требует от всех трех секторов МСЭ "учитывать в работе МСЭ потребности лиц с ограниченными возможностями".

МСЭ сотрудничает с другими организациями в сфере разработки стандартов для людей с ограниченными возможностями, имеющих особые потребности в потреблении/использовании электронных средств массовой информации. Примером может служить совместная с G3ict публикация "Обеспечение доступности телевидения"[52]. Более общим примером является так называемый "розовый отчет" "Возможности ИКТ в области разработок, основанных на принципах доступности для людей с ограниченными физическими возможностями", в подготовку которого МСЭ внес вклад как член Комиссии по широкополосной электросвязи[53].

---

[51] Организация Объединенных Наций, "Конвенция ООН о правах инвалидов", 2006 г., см. http://www.un.org/disabilities/.

[52] Совместный отчет МСЭ и G3ict "Making Television Accessible", Бюро развития электросвязи МСЭ, ноябрь 2011 года, пресс-релиз МСЭ, Женева, 5 декабря 2011 г., см. http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2011/51.aspx и http://www.itu.int/ITU-D/sis/PwDs/Documents/Making_TV_Accessible-E-BAT.pdf.
ПРИМЕЧАНИЕ. – Этот отчет подготовил Питер Олаф Лумс (Peter Olaf Looms), Председатель Целевой группы МСЭ-Т по доступности аудиовизуальных медийных средств (https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ava/Pages/default.aspx).

[53] См. https://www.itu.int/en/action/accessibility/Pages/hlmdd2013.aspx.

В своем последнем документе "New European Media Initiative" NEM[54] составила обширный список социально-политических аспектов по услугам доступа к аудивизуальными средствам информации (с особым акцентом на Европу) [14.2].

14.2 Доступность услуг, относящихся к телевизионному вещанию

Внедрение цифрового телевидения привело к расширению возможностей по предоставлению услуг доступа по сравнению с аналоговым ТВ с точки зрения и объема данных и функций, таких как персонализированное (регулируемое потребителем) представление. К типичным услугам доступа относятся:

– субтитры для лиц с нарушениями слуха (а также для национальных меньшинств);

– голосовое описание для лиц с нарушениями зрения;

– чистое звучание (улучшенная разборчивость диалога) для пожилых людей и лиц с пониженной остротой слуха;

– сурдоперевод для лиц с полной потерей слуха, общающихся на языке жестов;

– дополнительные звуковые дорожки для национальных меньшинств.

В современных системах цифрового телевидения все услуги доступа предоставляются только по запросу заинтересованных в них конечных пользователей. Пользователи услуг доступа должны иметь возможность выбирать их (простым и удобным способом). Для тех, кто не желает пользоваться той или иной конкретной услугой доступа, она должна оставаться незаметной. Иными словами, услуги доступа должны быть скрыты и видимы/слышны только в случае, когда они выбраны.

Что касается звукового и телевизионного вещания, то Рабочие группы 6-й Исследовательской комиссии (ИК6) активно участвуют в создании технических Отчетов и Рекомендаций, способствующих повышению доступности. В 2010 году ИК6 МСЭ-R опубликовала Отчет МСЭ-R BT.2207 "Обеспечение возможности доступа к услугам радиовещания для лиц с ограниченными возможностями", который обновлялся в 2011 и в 2012 годах[55]. В этом Отчете конкретно рассматриваются проблемы лиц с ограниченными возможностями, которые затрудняют потребление аудиовизуальных средств информации:

– нарушения слуха;

– нарушения зрения;

– возрастные нарушения;

– когнитивные нарушения;

– затрудненное обращение с человеко-машинным интерфейсом и затруднения при использовании приемника или терминала.

Таким образом данный Отчет посвящен использованию субтитров/скрытых субтитров, сурдоперевода и преобразованию речевой информации в текст, чтобы помочь лицам с нарушениями слуха; голосового писания для лиц с нарушениями зрения, а также использованию специальных средств для пожилых людей. Специальный раздел посвящен удобству управления приемником. Растет интерес к "устройствам универсального дизайна", простым в обращении для каждого пользователя. Отчет дополняется Приложением, в шести разделах которого рассматриваются различные технологии для повышения доступности услуг радиовещания, особенно в Японии. Раздел 1 посвящен преобразованию скорости речи для пожилых людей, раздел 2 – скрытым титрам в режиме реального времени

---

[54] Инициатива NEM (Networked Electronic Media) была создана в качестве одной из европейских технологических платформ в рамках седьмой рамочной программы ЕК для содействия конвергенции потребительской электроники, радиовещания и электросвязи. Позднее она была переименована в "New European Media", и ее деятельность распространилась на "ассоциированные, конвергированные и интерактивные медийные и творческие отрасли" (см. http://nem-initiative.org/).

[55] Все Отчеты ИК6 МСЭ-R можно загрузить на странице https://www.itu.int/pub/R-REP-BT/en.

с использованием распознавания речи, а в разделе 3 рассматривается система просмотра мультимедийной информации для лиц с нарушениями зрения. В разделе 4 Приложения приведен пример машинного сурдоперевода с анимацией на основе компьютерной графики (CG), а в разделе 5 представлена информация об устройстве для оценки баланса звукового фона в радиопередачах для слушателей преклонного возраста (улучшение разборчивости путем регулировки громкости фоновых звуков (шумовых и/или музыкальных) до приемлемого уровня). Наконец, в разделе 6 сообщается об исследованиях в области технологии услуг радиовещания на простом для понимания языке и поддержки программ преобразования языка, способствующих пониманию сложных японских текстов.

В процессе планирования пропускной способности ЦНТВ необходимо учитывать тип и количество услуг доступа. Предполагается, что администрации будут резервировать достаточную скорость передачи данных для будущих услуг доступа, особенно голосового описания и скрытых титров.

14.3 Услуги доступа, основанные на обработке в приемнике, по сравнению с услугами доступа на основе радиовещательных передач

Большинство услуг доступа должны подготавливаться и предоставляться радиовещательными компаниями (субтитры, голосовое описание, сурдопереводчик). Другие, такие как чистый звук или преобразование субтитров в речь, могут быть реализованы путем дополнительного потока программы, предоставляемого радиовещательной компанией, или получены в приемнике с помощью соответствующего программного обеспечения. В настоящее время разрабатываются алгоритмы, которые позволят получить сгенерированное в компьютере изображение сурдопереводчика (так называемого аватара), например переводящего с помощью жестов субтитры или текст, преобразованный в приемнике из речевой информации. Однако испытания показали, что большинство людей, для которых родным языком является язык жестов, пока не удовлетворены сурдопереводом с помощью аватаров на телевидении, особенно ввиду отсутствия мимики, воспроизведение которой остается проблематичным. Пример, иллюстрирующий современное состояние этого вопроса, можно найти в европейском научно-исследовательском проекте HBB4ALL[56].

Управление движением или речью в ТВ-устройстве является чрезвычайно полезной функцией для лиц с когнитивными или двигательными ограничениями, но ее может реализовать только производитель приемников. В целом для оказания максимальной помощи людям с особыми потребностями радиовещательные компании и производители потребительских товаров должны сотрудничать в сфере разработки услуг и функций доступности.

14.4 Использование субтитров/скрытых субтитров

Существуют разные режимы субтитров, хотя дополнительные звуковые или визуальные дорожки – это просто новые элементарные потоки программы. В качестве примера можно взять DVB – в настоящее время используются два стандарта субтитров: стандарт EN 300 472 [14.8] (впервые опубликован в 1994 году) определяет транспортировку субтитров телетекста аналоговой телевизионной системы B MCЭ-R в транспортном потоке MPEG-2.

Приемники отображают текст в соответствии с хранящимся в них шрифтом. Стандарт EN 300 743 [14.9] (опубликован в 1997 году) определяет побитовый подход. Символы и графика пересылаются строка за строкой в побитовом представлении. Хранить в приемнике шрифт не нужно. Однако в обоих случаях – телетекста и так называемых субтитров DVB – у пользователя нет никаких возможностей настройки (например, индивидуальной настройки расположения субтитров, размера, цвета, шрифта или прозрачности фона).

---

[56] HBB4ALL – The new Avatar Signing Application, Newsletter 6, http://www.hbb4all.eu/hbb4all-newsletters/.

Для решения этих проблем EPC разработал форматы на основе TTML – EBU Timed Text (EBU-TT) для радиовещания и EBU-TT-D для онлайн-доставки, в которых используется XML для отображения субтитров в соответствии с предпочтениями пользователя [14.3]. Субтитры EBU-TT-D можно транспортировать в MPEG-DASH в качестве дополнительного потока. Текстовый профиль IMSC1 [14.4] служит альтернативным подходом к формату W3C на основе TTML, и DVB также рассматривает его в качестве потенциального кандидата на перспективу, особенно для ТСВЧ [14.5]. Следует отметить, что ИК6 МСЭ-R работает над возможностью согласования обоих подходов – EBU-TT и IMSC1 для создания единой всемирной спецификации субтитров в цифровом телевидении (что особенно важно для международного обмена программами).

14.5 Особо важное значение систем IBB (интегрированная вещательная широкополосная система)

Услуги доступа могут предоставляться вместе с радиовещательным сигналом, то есть в качестве компонентов мультиплекса цифрового радиовещания, но это не обязательно. В принципе, во всех случаях возможен гибридный подход, если ТВ-приемник или абонентскую приставку можно дополнительно подключать к интернету – интегрированные вещательные широкополосные системы (IBB) позволяют предоставлять услуги доступа через онлайн-интерфейс интеллектуального (подключенного к интернету) ТВ-приемника или абонентской приставки (см. рисунок 14.1). Подробнее системы IBB рассматриваются в главе 10.·

РИСУНОК 14.1

Принцип IBB – взаимосвязь радиовещательной программы и услуг веб-портала со стороны радиовещательной компании (приведен пример HbbTV)



DTTB-14-01

Системы IBB имеют первостепенное значение для поиска и предоставления услуг доступа. В Рекомендации МСЭ-R BT.2075 [14.10] предлагаются европейская система HbbTV версий 1.5 и 2.0, японская система Hybridcast, а также корейская система Smart TV Platform на базе HTML5. В этом документе особо упоминаются услуги доступа через IBB. До утверждения Рекомендации МСЭ-R BT.2075 была выпущена Рекомендация по техническим требованиям к системам IBB (Рекомендация BT.2053) [14.11], а также Рекомендация "Общие требования к ориентированным на вещание применениям интегрированных широковещательных широкополосных систем и их планируемое использование" (Рекомендация BT.2037) [14.12]. Кроме того, в Отчете МСЭ-R BT.2267 "Интегрированные вещательные широкополосные системы" [14.13] приводятся примеры того, как IBB можно применять для сурдоперевода, голосового описания или персонализированных (настраиваемых пользователем) субтитров (см. рисунок 14.2). Конкретная информация по HbbTV приведена в [14.6].

РИСУНОК 14.2

Тестовая услуга для передачи субтитров в системе IBB

На экране отображается меню для выбора размера, фона и расположения субтитров, доставляемых через интернет (в примере выбраны субтитры на черном фоне с прозрачностью 85% и средним размером шрифта, расположенные в нижней части ТВ-изображения).



DTTB-14-02

14.5.1 Услуги через радиовещательный мультиплекс по сравнению с услугами через IBB

Услуги доступа через IBB проще персонализировать (благодаря использованию веб-технологий), чем услуги доступа в составе радиовещательного мультиплекса. Однако их недостатком является требование широкополосного интернет-соединения. В действительности применяется сбалансированная смешанная структура. Субтитры или голосовое описание на основном языке целевой аудитории обычно передаются вместе с радиовещательным сигналом. Изображение же сурдопереводчика однако зачастую передается через IBB из-за относительно высокой требуемой скорости передачи данных. Если в приемнике конечного пользователя имеется второй видеоплеер, то видеосигнал с изображением сурдопереводчика, получаемый через IBB, можно смешать (например, в форме альфа-наложения или в отдельном окне) с текущей телевизионной программой, как показано на рисунке 14.3. Система IBB обычно способна обеспечить надлежащую синхронизацию.

РИСУНОК 14.3

Пример видеоизображения сурдопереводчика, полученного с использованием IBB



DTTB-14-03

Новости по каналу телевизионного вещания, видеосигнал с изображением сурдопереводчика – через интернет. Размер и расположение окна с изображением сурдопереводчика можно настраивать. Оба видео синхронизированы по времени.

14.5.2 Когда IBB-решения непригодны (нет широкополосного соединения)

Когда речь идет об услугах доступа, ключевыми решениями служат системы IBB, такие как HbbTV или Hybridcast. Тем не менее МСЭ-R и МСЭ-T при содействии МСЭ-D должны также рассмотреть решения для тех стран (или ситуаций), где у населения (пока) нет доступа к широкополосным соединениям. Одно из таких решений – использование значительной части карусели данных (DSM-CC) для дополнительного контента, который в этой конфигурации будет передаваться через радиовещательную сеть (передача видеосигнала по запросу). Конечно, это уменьшит возможное количество телевизионных программ в мультиплексе, но позволит предоставлять ряд дополнительных услуг, а также информацию.

Прекрасное решение по предоставлению субтитров IBB (например, HbbTV) – их включение в DSM-CC. Это займет не более 10–20 кбит/с, но позволит приемникам с поддержкой IBB воспроизводить субтитры при отсутствии интернет-соединения. Кроме того, в этом случае нет необходимости в синхронизации по времени между широкополосным и радиовещательным сигналами, поскольку вся информация содержится в общем радиовещательном мультиплексе.

Другим вариантом для большего объема данных может служить использование протокола доставки файлов (FDP), который, например, доступен в HbbTV версии 2.0. FDP позволяет передавать контент в SSD-накопитель ТВ-приемника или на жесткий диск в периоды, когда телевизионные программы не занимают весь радиовещательный мультиплекс (например, в ночное время). Такие файлы могут содержать конкретный контент для лиц с особыми потребностями, например голосовое описание к ожидаемой радиовещательной программе. Если в абонентской приставке или в ТВ-приемнике имеется второй видеоплеер, то можно даже сохранять видеосигнал с изображением сурдопереводчика до телевизионной передачи и на следующий день отображать его вместе с радиовещательным сигналом. О необходимой синхронизации позаботится HbbTV 2.0.

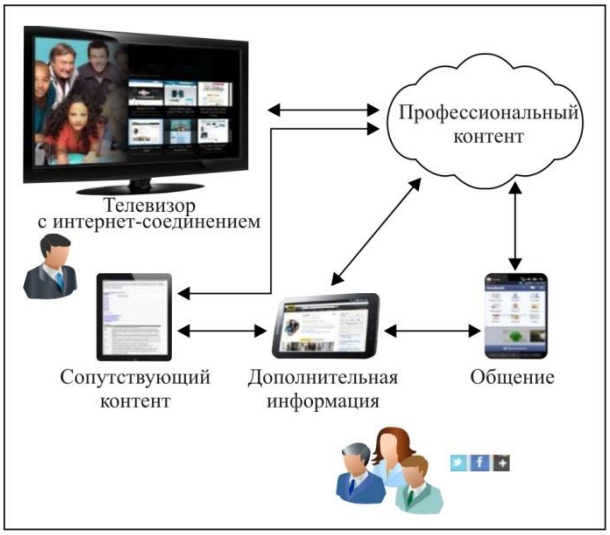
В том случае, если в потребительском ТВ-устройстве нет второго видеоплеера, радиовещательные компании могут вставлять видео с изображением сурдопереводчика в студии и передавать этот составной поток либо в радиовещательном мультиплексе (в режиме одновременной передачи с телевизионной программой без сурдопереводчика), либо сделать его доступным как видеопоток в конфигурации IBB. В обоих случаях ни второй видеоплеер, ни синхронизация радиовещательного и широкополосного потоков не требуются. Индивидуальная настройка конечным пользователем

(например, выбор размера или расположения сурдопереводчика на экране) в этом случае, конечно, невозможна.

Иногда альтернативой может служить предоставление услуг онлайн-доступа на втором экране, например планшетном ПК или смартфоне, и опять же синхронизация радиовещательного и широкополосного потоков (см. рисунок 14.4). Это может быть полезно для голосового описания, когда человек, нуждающийся в этой услуге, слушает аудиодорожку с голосовым описанием, а другие члены семьи или группы – обычное звуковое сопровождение по телевизору без голосового описания. Таким образом может осуществляться реальное электронное вовлечение.

РИСУНОК 14.4

Принцип действия схемы со вторым экраном[57]



14.6 Производство услуг доступа – некоторые аспекты

Другой аспект касается производства и оценки качества услуг доступа. Сделать их мейнстримом также означает сделать их рентабельными и общедоступными. Экономической эффективности можно достичь только при стандартизованных продуктах и процедурах. Услуги доступа должны планироваться и включаться в повседневное аудиовизуальное производство и лишь в исключительных случаях подвергаться особым и дорогостоящим операциям постпроизводства. Кроме того, для международного обмена программами стандартизованные решения являются не только желательным, но и необходимым условием.

14.7 Выводы

Согласованные стандарты для услуг доступа – это один из факторов, обеспечивающих экономию за счет масштаба, необходимую для появления недорогих и совместимых аудиовизуальных устройств, доступных для населения. Другим фактором является общая интеграция этих решений в устройства широкого потребления. Только тогда могут появиться широко доступные и полезные услуги для населения.

Все услуги доступа, предоставляемые радиовещательными компаниями лицам с ограниченными возможностями – с возможным исключением сурдоперевода, – приносят выгоду всем нам. Дети, национальные меньшинства и иностранные граждане извлекают пользу от субтитров (благодаря пониманию, а также обучению чтению и иностранным языкам); голосовое описание помогает понять телевизионную программу, когда просмотр изображения затруднен (например, находясь за рулем

---

[57] Схема предоставлена проектом ЕК FI-CONTENT [14.7].

или во время выполнения домашней работы); чистое звучание и замедленное воспроизведение звука улучшают разборчивость речи при неблагоприятных условиях прослушивания или записи.

Радиовещательные компании, производители потребительского оборудования и органы по стандартизации должны продолжать сотрудничество в этой области. Реализацию некоторых функций можно оставить производителям (например, управление ТВ-приемником с помощью жестов или голоса); другие – имеющие характер услуг – должны быть стандартизованы, чтобы обеспечить постоянное внедрение услуг и систем доступа на благо лиц с ограниченными возможностями и для всех нас. МСЭ, как специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, наилучшим образом подходит для оказания помощи всем странам в отношении соответствующих стандартов и спецификаций.

Разработки, которые помогают лицам с особыми потребностями, будут продолжаться, особенно в отношении персонализации (например, настройки цвета текста для дальтоников или обработки аудиосигналов в соответствии с возможностями лиц с ограничениями по слуху). Есть надежда, что будущие видеотехнологии, такие как виртуальная и дополненная или смешанная реальность, или использование информации о глубине в 3D- (голографических) системах, будут и дальше помогать лицам с ограниченными возможностями в потреблении продукции медийных средств. Важнейшим требованием является превращение систем доступа в мейнстрим (чтобы каждый мог пользоваться их преимуществами) и разработка стандартов качества для услуг доступа.

Библиография к главе 14

[14.1] **Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ).** *Всемирный доклад об инвалидности, 2011, см.* http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/en/.

[14.2] **NEM** Position Paper on Access Policy Suggestions – *Opening doors to Universal Access to the Media*, February 2016, ref. http://nem-initiative.org/wp-content/uploads/2016/03/NEM-ACCESS-Policy-suggestions.pdf.

[14.3] **EBU** TT, ref. https://tech.ebu.ch/ebu-tt and https://tech.ebu.ch/docs/factsheets/ebu_tech_fs_ebu-tt.pdf.

[14.4] **W3C** Recommendation – *TTML Profiles for Internet Media Subtitles and Captions* 1.0 (IMSC1), 21 April 2016, ref. https://www.w3.org/TR/ttml-imsc1/.

[14.5] **Peter Cherriman**. *Subtitling for UHDTV*, DVB Scene No. 48 (Sept. 2016), ref. https://www.dvb.org/resources/public/scene/dvb-scene48.pdf.

[14.6] **Christoph Dosch**. *Convergence of Broadcasting and Broadband Internet – A Benefit for People with Disabilities (and for us all)*, ITU Academic Conference Kaleidoscope 2014, St. Petersburg, Conference proceedings, pp. 89-95, ref. https://www.itu.int/en/ITU-T/academia/kaleidoscope/2014/Documents/Kaleidoscope2014Proceedings.pdf.

[14.7] http://www.fi-content.eu/ and http://mediafi.org/.

[14.8] **ETSI** EN 300 472 V1.3.1 (2003-05) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams.*

[14.9] **ETSI** EN 300 743 V1.5.1 (2014-01) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems.*

[14.10] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.2075, *Интегрированная вещательная широкополосная система.*

[14.11] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.2053, *Технические требования к интегрированным вещательным широкополосным системам*.

[14.12] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.2037, *Общие требования к ориентированным на вещание применениям интегрированных широковещательных широкополосных систем и их планируемое использование.*

[14.13] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2267, *Integrated broadcast-broadband systems.*

ЧАСТЬ 3

АСПЕКТЫ ДОСТАВКИ МАТЕРИАЛОВ И ЭЛЕКТРОННОГО СБОРА НОВОСТЕЙ ПРИ ЦИФРОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОГРАММ

Введение в часть 3

Системы производства телевизионных программ, как и системы радиовещания, постоянно развиваются. В сфере услуг радиовещания идет постоянное совершенствование методов передачи, аудиовизуального кодирования и обработки, а также соответствующей обработки данных и метаданных.

С внедрением цифровых технологий получения сигнала, его формирования и передачи в студию выросла эффективность таких систем. Внестудийное производство, внестудийное радиовещание и электронный сбор новостей должны идти в ногу с внедрением технологий ТВЧ, ТСВЧ или стереоскопического телевидения (3DTV) в потребительской сфере. Современные эффективные технологии передачи, такие как DVB-T2, и эффективные схемы сжатия аудиовизуальной информации (например, MPEG HEVC и HE-AAC v2), позволяют предоставлять материал программ по наземным каналам в форматах самого высокого качества. Следовательно, имеет место явное движение к полностью цифровым решениям.

Характеристики систем производства телевизионных программ и дополнительной обработки оказывают существенное влияние на характеристики сигнала телевизионного вещания на всем пути его следования. Однако требования к системам доставки материалов и сбора новостей часто отличаются от требований, предъявляемых к радиовещательной службе. Устойчивость сигнала или время задержки с момента создания контента до момента его доставки оказывают большое влияние на выбор параметров. Еще один аспект касается требования подвижности при доставке видеоматериалов и сборе новостей.

Вспомогательные службы, связанные с производством программ и радиовещанием, зачастую предъявляют очень высокие требования к качеству, например в случае применения беспроводных микрофонов. Многие такие PMSE-системы используют на совместной основе для своей передачи диапазоны УВЧ-радиовещания. Другие используют диапазоны подвижной службы или фиксированного наземного или спутникового радиовещания.

Часть 3 содержит единственную главу; однако это важная информация для телевизионного производства и (международного) обмена радиовещательным контентом и программами. В части 3 представлена информация о внестудийном производстве, электронном сборе новостей и о различных формах доставки сигнала. Специальный раздел посвящен опыту сбора и обработки сигналов ТСВЧ 4k и 8k.

ГЛАВА 15

Системы доставки видеоматериалов и сбора новостей

15.1 Введение

Важным компонентом телевизионной технологии является производство программ и внестудийное радиовещание, а также предоставление и распределение программных материалов студиям и/или непосредственно во вторичную распределительную сеть наземных передающих станций. Развитие этих систем происходит непрерывно и динамично вместе с другими частями цепи телевизионного вещания благодаря развитию технологий передачи и обработки.

В настоящее время в телевизионных применениях используются аналоговые или цифровые системы сбора и обработки информации. Выбор формата аудиовизуальной информации определяется на стадии разработки процесса производства программ и внестудийного радиовещания. Полный переход к цифровым технологиям произойдет в процессе перехода к цифровым системам распределения и другим частям цепочки телевизионного вещания.

Для сбора новостей и доставки программных материалов в студию можно использовать все существующие средства передачи (наземные, кабельные и спутниковые). Также может использоваться любая комбинация перечисленных средств. Выбор средств определенного типа или их комбинации определяется требованиями передаваемого применения (необходимая полоса пропускания канала, критичность времени доставки, расстояние до места размещения оборудования по сбору аудиовизуальной информации, местонахождение освещаемого телевидением события и т. д.).

Важным компонентом этих требований к применениям является степень мобильности и доступный частотный ресурс, который можно задействовать для производства программ и внестудийного радиовещания. В этой связи применения для производства программ и внестудийного радиовещания могут быть организованы в рамках радиовещательной (РС), подвижной (ПС) или фиксированной (ФС) служб.

В зависимости от назначения телевизионного применения, в рамках которого осуществляется производство программ, внестудийное радиовещание и другие соответствующие процессы, службы можно классифицировать следующим образом:

– службы, вспомогательные по отношению к производству программ (SAP);

– службы, вспомогательные по отношению к радиовещанию (SAB).

Эти службы определяются следующим образом (согласно Отчету МСЭ-R BT.2069 [15.1]).

Службы, вспомогательные по отношению к производству программ (SAP), поддерживают деятельность, осуществляемую при создании программ, таких как производство фильмов, рекламные ролики, корпоративные видеоролики, концерты, театральные представления и другие аналогичные материалы, не предназначенные изначально для передачи широкой публике.

Службы, вспомогательные по отношению к радиовещанию (SAB), поддерживают деятельность радиовещательных компаний, осуществляющих производство собственного программного материала.

Первоначально к службам SAB относились только те службы, которые требуются государственным радиовещательным компаниями для подготовки программного материала, а службы SAP охватывали изготовление программ силами независимых компаний наряду с изготовлением рекламных роликов и видеозаписей театральных представлений, концертов и спортивных мероприятий. Несмотря на некоторые различия в характере этих двух типов бизнес-деятельности, их требования к спектру почти идентичны.

Определения SAP/SAB предполагают более бизнес-ориентированную классификацию процессов производства программ. С технической точки зрения к этой картине добавляется еще один аспект, поскольку многие пользователи SAP и SAB задействуют для своих применений одну и ту же

технологию. На рисунке 15.1 показана такая двухуровневая структура SAP и SAB, включая ENG/OB-применения.

При описании технического уровня различных применений SAP/SAB предполагаются следующие определения.

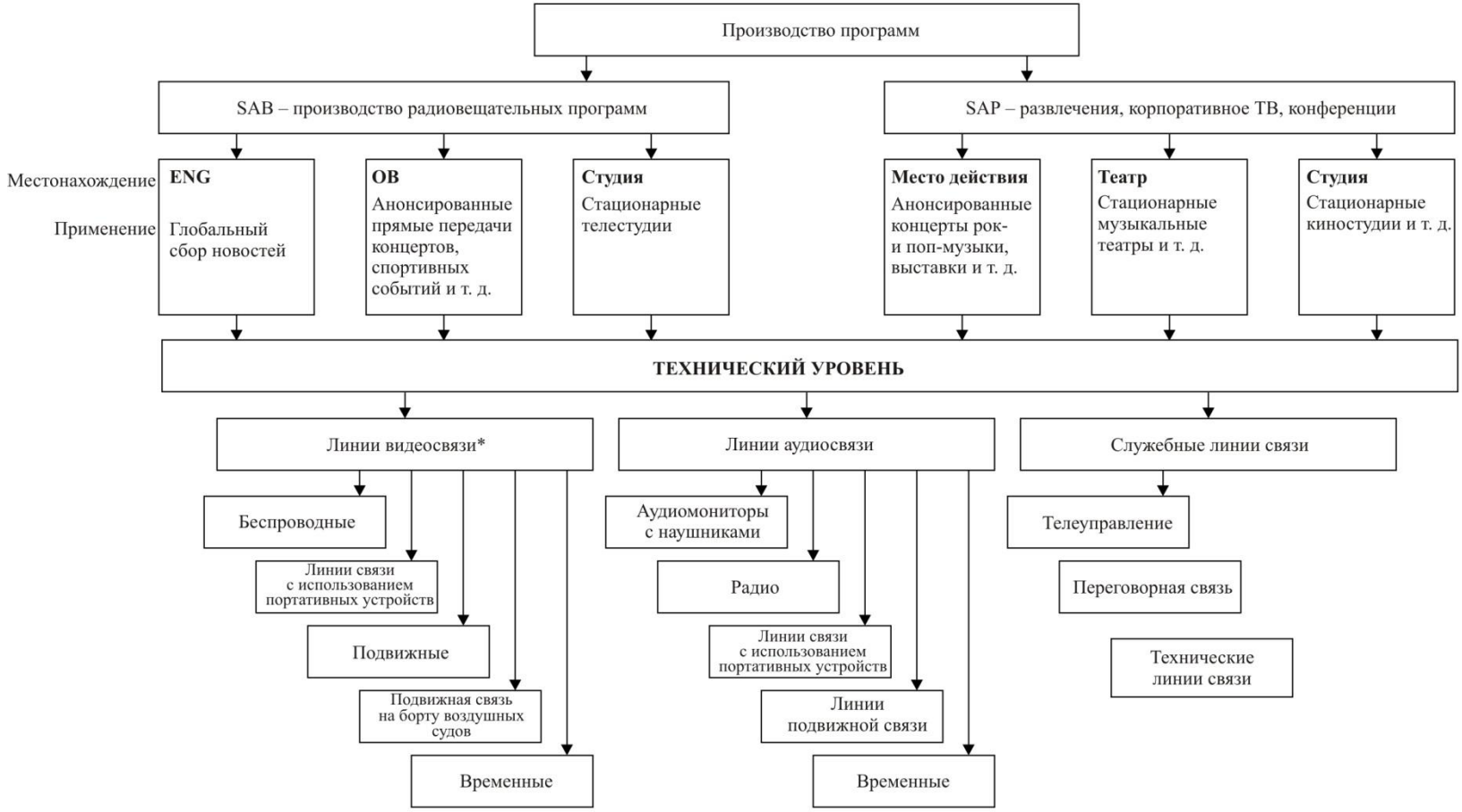
ТАБЛИЦА 15.1

Определения применений SAP/SAB

Термин	Определение
Радиомикрофон	Ручной или носимый под одеждой микрофон со встроенным или носимым под одеждой передатчиком. Требования пользователя к радиомикрофонам приведены в [15.23]
Аудиомонитор с наушниками	Носимый под одеждой миниатюрный приемник с наушниками для персонального прослушивания одноканальной или двухканальной звуковой дорожки
Портативная линия аудиосвязи	Носимый под одеждой передатчик, используемый с одним или несколькими микрофонами, с возможностью работы на большей дальности, чем радиомикрофоны
Линия подвижной аудиосвязи	Система передачи аудиосигналов, в которой применяются радиопередатчики, установленные в/на мотоциклах, велосипедах, автомобилях, гоночных автомобилях, лодках и т. д. Во время движения могут использоваться одно или оба оконечных устройства линии
Временная линия аудиосвязи из пункта в пункт	Временная линия между двумя пунктами (например, часть линии между пунктом ОВ и студией), которая используется для доставки аудиосигналов вещательного качества или для доставки служебных (голосовых) сигналов. Оконечные устройства линии устанавливаются на штативах, временных платформах, специализированных автомобилях или гидроподъемниках. Часто требуются двусторонние линии
Беспроводная камера	Ручная или закрепляемая камера со встроенным передатчиком, блоком питания и антенной для доставки видеосигналов вещательного качества вместе со звуковыми сигналами на небольшие расстояния
Линия видеосвязи с использованием портативных устройств	Ручная камера с отдельным носимым под одеждой передатчиком, блоком питания и антенной
Линия подвижной видеосвязи на борту воздушных судов	Система передачи видеосигналов, в которой используются радиопередатчики, установленные на вертолетах или других летательных аппаратах
Линия подвижной видеосвязи на автотранспортных средствах	Система передачи видеосигналов, в которой используются радиопередатчики, установленные на мотоциклах, велосипедах, в автомобилях, гоночных автомобилях или лодках. Во время движения могут использоваться одно или оба оконечных устройства линии
Временные линии видеосвязи из пункта в пункт	Временная линия между двумя пунктами (например, часть линии между пунктом ОВ и студией), которая используется для доставки видео/аудиосигналов вещательного качества. Оконечные устройства линии устанавливаются на штативах, временных платформах, специализированных автомобилях или гидроподъемниках. Часто требуются двусторонние линии
Переговорная связь	Для немедленной передачи распоряжений режиссера всем сотрудникам, участвующим в подготовке программы; в их число входят ведущие программ, репортеры, кинооператоры, звукооператоры, осветители и инженеры. Для обеспечения различных видов деятельности могут одновременно использоваться несколько каналов переговорной связи. Для переговорной связи, как правило, применяется постоянная передача
Телеуправление/ дистанционное управление	Линии радиосвязи для дистанционного управления камерами и другим оборудованием для производства программ и для сигнализации

РИСУНОК 15.1

Общая схема пользовательских секторов и применений SAP/SAB



* ПРИМЕЧАНИЕ. Линии видеосвязи часто включают в себя аудиоканалы для передачи звуковых программ.

DTTB-15-01

15.2 Наземные системы сбора новостей и доставки видеоматериалов

15.2.1 Общие концепции

Электронный сбор новостей (ENG) используется для сбора видео- и/или звуковых материалов без использования кинопленки или магнитофонов с помощью компактных, зачастую ручных электронных камер и/или микрофонов, имеющих каналы радиосвязи с новостной студией и/или переносным магнитофоном или другим записывающим оборудованием.

Благодаря использованию цифровых технологий и более эффективным способам сжатия можно уменьшить скорость передачи данных, требуемую для передачи широкополосного телевизионного сигнала, поэтому область применения систем сбора новостей охватывает телевидение не только стандартной (ТСЧ) и высокой (ТВЧ) четкости, но может распространяться и на телевидение сверхвысокой четкости (ТСВЧ).

15.2.2 Требования пользователей к наземной системе сбора новостей и доставки видеоматериалов

Требования к наземной системе сбора новостей и доставки материалов охватывают различные аспекты, такие как кодирование источника, качество изображения и звука, требования к скорости передачи данных и частотам и т. д. Определение таких требований должно осуществляться с учетом продолжающегося прогресса в области технологий цифрового телевидения, таких как кодирование источника, передача и т. д. Ситуация с внедрением цифровых наземных систем сбора новостей и доставки видеоматериалов весьма неоднозначна, и в настоящее время сосуществуют как аналоговые, так и цифровые системы SAP/SAB. Параллельно идет внедрение ЦНТВ. Все эти и многие другие факторы дополнительно ограничивают требования к наземным системам сбора новостей и доставки видеоматериалов на некоторый период времени. Такие требования и ограничения для наземных систем сбора новостей и доставки видеоматериалов содержатся в Рекомендациях, Отчетах МСЭ и других документах (см. библиографию). Некоторые основные требования приведены в нижеследующих разделах.

15.2.2.1 Требования пользователей к наземной системе сбора новостей для ТВЧ/ТСЧ

Рекомендация МСЭ-R BT.1868 [15.2] содержит требования пользователей к кодекам для передачи телевизионных сигналов по сетям доставки, первичного распределения и сетям ENG/SNG.

Требования пользователей, которые должны учитываться при определении технических характеристик, разработке и тестировании систем передачи телевизионных сигналов по сетям доставки, первичного распределения и ENG/SNG как часть цепочки радиовещания, приведены в таблице 15.2.

ТАБЛИЦА 15.2

Требования пользователей к кодекам для передачи телевизионных сигналов

Тип сети передачи	**Доставка**	**Первичное распределение**	**SNG/ENG**
Входной формат видеосигнала	Дискретизация 4 : 2 : 2 (Y, C_B, C_R) 8 или 10 битов на выборку для каждого компонента		
Входной формат аудиосигнала	Дискретизация 48 кГц 20 битов или более	Дискретизация 48 кГц 18 битов или более	Дискретизация 48 кГц 16 битов или более
Звуковой канал	Восемь каналов (типичный вариант)	Шесть каналов (типичный вариант)	Два канала (минимум)
Дополнительные данные	Скорость около 100 кбит/с		

ТАБЛИЦА 15.2 (*продолжение*)

<table>
<tr><th>Тип сети передачи</th><th>Доставка</th><th>Первичное распределение</th><th>SNG/ENG</th></tr>
<tr><td>Максимальная относительная задержка звука/изображения</td><td colspan="3">± 2 мс на кодек</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Базовое качество изображения (для данного количества кодеков в тандеме при условии отсутствия ошибок)</td><td>Три кодека в тандеме</td><td>Два кодека в тандеме</td><td>Один кодек</td></tr>
<tr><td colspan="3">Разница в качестве ≤ 12% на основе метода с двумя источниками воздействия и с использованием непрерывной шкалы качества (DSCQS) с использованием как минимум четырех последовательностей, выбранных из Рекомендации МСЭ-R BT.1210, не менее половины из которых должны составлять последовательности высокоактивного характера. Данный уровень качества должен обеспечиваться за счет использования не менее 75% выбранных последовательностей; остальные должны достигать ≤ 20%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Факультативные требования в отношении качества изображения (для данного количества кодеков в тандеме при условии отсутствия ошибок)</td><td rowspan="2">Неприменимы</td><td rowspan="2">Неприменимы</td><td>Два кодека в тандеме</td></tr>
<tr><td>Разница в качестве ≤ 18% на основе метода DSCQS или не менее четырех последовательностей из Рекомендации МСЭ-R BT.1210, не менее половины из которых должны составлять последовательности высокоактивного характера. Данный уровень должен обеспечиваться за счет использования не менее 75% выбранных последовательностей; остальные должны достигать ≤ 36%</td></tr>
<tr><td>Качество изображения после цветовой рирпроекции, после изменения геометрии изображения или после замедленного воспроизведения</td><td>Разница в качестве ≤ 18% на основе метода DSCQS с использованием двух последовательностей переднего плана и надлежащего материала заднего плана, взятых на основе Рекомендации МСЭ-R BT.1210, между двумя кодеками</td><td>Неприменимо</td><td>Неприменимо</td></tr>
<tr><td>Базовое качество звука</td><td colspan="3">См. Рекомендацию МСЭ-R BS.1548 [15.3], Приложение 1</td></tr>
<tr><td>Характеристика сбоев/ помехозащищенность</td><td colspan="3">Практически без ошибок на выходе из декодера при нормальных условиях.
Для декодеров должны быть предусмотрены функциональные возможности для маскирования ошибок. Должна быть обеспечена функция подачи сигнала об ошибке</td></tr>
<tr><td>Характеристики сбоя изображения/аудио</td><td colspan="3">Сначала сбой изображения</td></tr>
</table>

ТАБЛИЦА 15.2 (*окончание*)

Тип сети передачи	**Доставка**	**Первичное распределение**	**SNG/ENG**
Время восстановления	≤ 500 мс после прерывания на 50 мс		< 1 с после прерывания на 50 мс
Изменение общей задержки после прерывания сигнала/ серьезного сбоя	Менее 20 мкс		

Подробнее см. в [15.2].

Требования к кодированию источника для наземной системы сбора новостей в отношении разрешения изображения и звука определены в Рекомендации МСЭ-R BT.1203 [15.4]. Такие требования к системам доставки и наземным системам сбора новостей для кодеков H.262/H.264/H.265 приведены в таблице 15.3.

ТАБЛИЦА 15.3

Функциональные и эксплуатационные требования для кодеков H.262/H.264/H.265

Элемент	**SNG/ENG**		**Доставка**		
	Режим 1(1)	**Режим 2(2)**			
Количество отсчетов в строке и количество строк в кадре (примеры)	ТСЧ – 720 × 576 в системе 50/60 Гц с прогрессивной или чересстрочной разверткой ТВЧ – 1280 × 720 в системе 50/60 Гц с прогрессивной или чересстрочной разверткой ТВЧ – 1920 × 1080 в системе 50/60 Гц с прогрессивной или чересстрочной разверткой				
Формат цветности	Для цифрового интерфейса следует использовать 4 : 2 : 2 или 4 : 4 : 4				
Количество звуковых каналов BT.709/HDTV BT.1543/BT.1847 BT.601 и BT.1358/SDTV	 Не менее 2 Не менее 2 Не менее 2		 Не более 8 Не более 8 Не более 8		
Диапазон битовых скоростей	Рек. МСЭ-Т H.262	Рек. МСЭ-Т H.264	Рек. МСЭ-Т H.265	Рек. МСЭ-Т H.262	Рек. МСЭ-Т H.264	Рек. МСЭ-Т H.265
BT.709/HDTV	До 140 Мбит/с	До 14 или 21 Мбит/с	До 7 или 12 Мбит/с	До 140 Мбит/с	До 35 или 48 Мбит/с	До 17 или 24 Мбит/с
BT.1543/BT.1847	До 140 Мбит/с	До 14 или 21 Мбит/с	До 7 или 12 Мбит/с	До 140 Мбит/с	До 35 или 48 Мбит/с	До 17 или 24 Мбит/с
BT.601 и BT.1358/SDTV	До 34 или 45 Мбит/с	До 12 Мбит/с	До 6 Мбит/с	До 34 или 45 Мбит/с	До 12 Мбит/с	До 6 Мбит/с
Режим прогнозирования	I, P (Рек. МСЭ-Т H.262); I, P, B, Intra (Рек. МСЭ-Т H.264)					
Качество изображения (DSCQS)	12%(3)	36%(3)		12%(4)		
Совместимость	Не требуется					
Иерархическое кодирование	Не требуется					
Масштабируемость	Не требуется, но в случае необходимости с пространственным интерполятором может быть получено более низкое качество					
Взаимодействие	Не требуется					

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Режим 1 – хорошие условия передачи.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Режим 2 – неудовлетворительные условия передачи.

В таблице 15.3 используются следующие определения.

- *Обобщенное кодирование* – цифровое кодирование изображений, основанное на семействе связанных между собой методов кодирования.
- *Количество отсчетов в строке* – количество отсчетов яркости в активной строке.
- *Количество строк в кадре* – количество вертикальных строк в активном кадре.
- *Формат цветности* – соотношение между количеством пикселей яркости и количеством совмещенных с ними в пространстве пикселей цветоразностных сигналов или соотношение между цветными пикселями *R, G* и *B*.
- *Количество аудиоканалов* – общее количество звуковых каналов на программу вместе с описанием того, как эти каналы могут быть скомбинированы для различных применений.
- *Диапазон битовых скоростей* – минимальные и максимальные битовые скорости на выходе кодера для нескольких входных форматов.
- *Режим прогнозирования* – тип прогнозирования, используемый в кодере. Он очень сильно влияет на максимально достижимое качество изображения в последующих кодеках.
- *Качество изображения* – результаты субъективной оценки характеристик кодирования и декодирования в канале без ошибок.
- *Совместимость* – описание того, позволяет ли синтаксис битового потока раздельную обработку сигналов частей общего битового потока в последующих кодеках.
- *Иерархическое кодирование* – метод достижения различных уровней разрешения на стороне декодера.
- *Масштабируемость* – доступ к качеству изображения различных уровней в одном битовом потоке.
- *Взаимодействие* – описание степени общности между различными битовыми потоками в цепи радиовещания.
- *Возможность редактирования* – возможность редактировать программу, принимая во внимание структуру выходных данных кодера.
- *Гибкость битовой скорости* – алгоритм кодирования может допускать использование либо CBR (постоянная скорость цифрового потока), либо VBR (переменная битовая скорость) – кодирование.
- *Задержка кодека* – задержка, вносимая алгоритмами кодирования/декодирования.
- *Время восстановления* – интервал времени между физическим прерыванием передачи в цепи радиовещания и достижением полной функциональности этой цепи.
- *Время захвата* – максимально допустимое время ожидания от начала декодирования до воспроизведения изображения на экране. Оно может влиять на выбор обобщенной схемы кодирования.
- *Маскирование ошибок* – возможность декодера реагировать особым образом на сигналы тревоги, пришедшие от участка FEC декодера.
- *Постепенное ухудшение* – для того чтобы избежать резкого ухудшения качества изображения на стороне декодера, выходной сигнал масштабируемых кодеров может быть защищен при помощи различных схем FEC или схем нелинейной модуляции. Возможна также комбинация обоих методов.
- *Задержка при переключении каналов* – время ожидания, вводимое из-за переключения между различными ТВ-каналами.

В таблице 15.4 представлены требования пользователей и технические характеристики для обеспечения базового видео- и аудиокачества при передаче цифровых сигналов ТВЧ/ТСЧ с использованием систем ENG.

ТАБЛИЦА 15.4

Требования пользователей и технические параметры для обеспечения базового видео- и аудиокачества при передаче цифровых сигналов ТВЧ/ТСЧ

Пункт	Требования пользователей	Технические характеристики
Базовое качество видеосигнала	Ухудшение качества изображения ≤ 12% с использованием метода DSCQS, как указано в [15.2] (См. также [15.4])	ТВЧ [15.19]
		Битовая скорость видеосигнала для трех кодеков в тандеме: – 52 Мбит/с (при использовании ISO/IEC 13818-2, H.262, 4 : 2 : 2P@HL) – 35 Мбит/с (при использовании ISO/IEC 14496-10, H.264, Level 4/ High 4 : 2 : 2) – 75 Мбит/с (при использовании ISO/IEC 23008-2 MPEG-H, H.265, Level 5/High 4 : 4 : 4, 12 ,бит, см. Рек. МСЭ-Т H.265 [15.5]) (см. Примечание 1)
		Битовая скорость видеосигнала для одиночного кодека 21 Мбит/с (при использовании ISO/IEC 14496-10, H.264, Level 4/High 4 : 2 : 2)
		ТСЧ [15.18]
		Битовая скорость видеосигнала 15 Мбит/с (при использовании ISO/IEC 13818-2, H.262, 4:2:2P@ML with long-GOP)
		Битовая скорость видеосигнала 10 Мбит/с (при использовании ISO/IEC 14496-10, H.264, Level 3/High 4 : 2 : 2)
		Битовая скорость видеосигнала 18 Мбит/с (при использовании ISO/IEC 23008-2 MPEG-H, H.265, Level 3/High 4 : 4 : 4, 12 бит) (см. Примечание 1)
Базовое качество звукового сигнала	Качество аудиосигнала ≥ 4,5 по пятибалльной шкале искажений, как указано в [15.3]. Сопоставимо с качеством линейной ИКМ без сжатия (48 кГц, 16 бит/канал)	Без сжатия 768 кбит/с на канал MPEG-1 уровень II 250 кбит/с на канал MPEG-4 HE-AAC v2 96 кбит/с на канал

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Известно, что MPEG HEVC эффективнее предыдущих кодеков MPEG. Однако видно, что битовая скорость для HEVC выше, чем для MPEG-4 AVC. Это связано с разными параметрами цифрового кодирования – пример HEVC приведен для более высокого качества, чем пример MPEG-4 AVC (для 4 : 4 : 4 и 12 битов на пиксель). Ожидается, что битовая скорость на выходе MPEG HEVC при равных условиях (например, 4 : 2 : 2) составит приблизительно половину битовой скорости на выходе кодера MPEG-4 AVC.

15.2.2.2 Требования пользователей к наземной системе сбора новостей для ТСВЧ

Комбинация новых методов сжатия и высокоэффективных цифровых наземных систем телевизионной передачи может привести к широкому внедрению ТСВЧ. В настоящее время поддержка ТСВЧ включена в алгоритмы сжатия MPEG-4 AVC (комбинации профиля/уровня ТСВЧ соответствуют Hi422P или Hi444P и L5.1) и HEVC.

В таблице 15.5 представлены некоторые примеры требований пользователей и технических параметров для обеспечения базового качества видеосигнала при передаче сигналов ТСВЧ.

ТАБЛИЦА 15.5

Требования пользователей и технические параметры для обеспечения базового качества видеосигнала при передаче сигналов ТСВЧ

Пункт	Требования пользователей	Технические характеристики
Базовое качество видеосигнала	Ухудшение качества изображения, как указано в [15.25]: для 75% выбранных последовательностей DSCQS ≤ 12% для остальных DSCQS ≤ 30%	ТСВЧ
		Битовая скорость видеосигнала для одиночного кодека (пример): 960 Мбит/с (при использовании ISO/IEC 14496-10, H.264, Level 4/High 4 : 2 : 2 or High 4 : 4 : 4) 480 Мбит/с (при использовании ISO/IEC 23008-2 MPEG-H, H.265 Level 5.1/High 4 : 4 : 4 12 бит)

В последние годы многие радиовещательные компании и производители программ начали создавать программы ТСВЧ. В этом разделе рассказывается о некоторых ранних новаторских экспериментах с программами ТСВЧ 4K, проводившихся в Италии уже в 2009 году, а также о недавнем опыте производства программ 8K в Японии.

15.2.2.2.1 Опыт производства программ в Италии, 2009 год

В сентябре 2009 года научно-исследовательский центр RAI продемонстрировал прямую передачу видеосигналов 4K по цифровому наземному каналу в районе Турина [15.24]. Это максимальное разрешение, которого можно достичь в цифровом наземном канале с использованием самых современных технологий с кодированием изображений MPEG-4 и форматом передачи DVB-T2. Для этой цели производственным центром RAI в Турине был специально подготовлен 12-минутный видеоклип 4K, содержащий снятые в Турине художественные и натуральные видеофрагменты. Целью RAI при производстве клипа 4K было изучение типичных условий телевизионного производства на местах с привлечением специалистов, работающих главным образом в неконтролируемых условиях, типичных для съемки натуральных сцен при сжатых сроках производства.

Для съемок использовалась видеокамера Red One формата 4K (4096 × 2304 пикселей при 25 кадрах/с с прогрессивной разверткой) с вариообъективами Angenieux (моделей HR 25-250 T3.5 и 17-102 T2.9). Камера Red One оснащена 12-мегапиксельным сенсором Bayer (такого же размера, как формат Super 35 мм), а видеосигнал сжимается с помощью технологии JPEG2000 со скоростью 288 Мбит/с и записывается на встроенные жесткие диски. Для целей мониторинга кинооператорам и художественным ассистентам была доступна только HD-версия живого эфирного сигнала (1280 × 720p50).

Для доставки контента требовались самые современные технологии кодирования, передачи, декодирования и воспроизведения. Поэтому был выбран стандарт DVB-T2, который обеспечивает достаточную пропускную способность для доставки четырех сигналов ТВЧ (1920 × 1080) по наземному УВЧ-каналу. Это эквивалентно суммарному разрешению 3840 × 2160, которое очень близко к разрешению, обеспечиваемому 4K-камерой Red One. Таким образом после масштабирования формата с 4096 × 2304 в 3840 × 2160 пикселей с прогрессивной разверткой 25 Гц полученный результирующий видеоклип был разделен на четыре полных потока ТВЧ (1920 ×1080), каждый из которых кодировался по программе с использованием технологии H.264 (High Profile Level 4). Затем четыре потока 1920 × 1080, полученных в результате кодирования, мультиплексировались для создания мультипрограммного транспортного потока. Создавались разные конфигурации полезных битовых скоростей 36 Мбит/с и 45 Мбит/с.

РИСУНОК 15.2

Опыт RAI наземной передачи ТСВЧ



DTTB-15-02

Особое внимание уделялось поддержанию синхронизации потоков по всей сквозной цепочке, чтобы разделение изображения на четыре квадранта оставалось незаметным на экране. В ближайшем будущем использование технологии H.264 с High Profile Level 5.1, которая в настоящее время тестируется, позволит обрабатывать весь кадр 4K целиком, что устранит любые проблемы синхронизации.

Фактическая передача по каналу УВЧ 29 от передающей станции Эремо под Турином велась с использованием DVB-T2 со следующими параметрами: созвездие 256-QAM, режим 32K OFDM и защитный интервал 1/128. Использовались два разных значения FEC для проверки двух конфигураций с полезной битовой скоростью от 36 Мбит/с (FEC 3/5) до 45 Мбит/с (FEC 3/4), что позволило обеспечить среднюю пропускную способность каждого из четырех потоков ТВЧ от 9 до 11 Мбит/с. Четыре HD-квадранта собирались и отображались с использованием 56-дюймового ЖК-монитора Astro Design DM-3400 4K × 2K (3840 × 2160) и высококачественного цифрового кинопроектора Sony 4K, создающего поистине впечатляющие изображения на 200-дюймовом экране.

15.2.2.2.2 Японский опыт производства программ формата 8K

Ниже представлен более поздний пример ТСВЧ-передачи наземной системы сбора новостей в Японии [15.9]. Существенным требованием прямой трансляции в полевых условиях является передача несжатых видео- и аудиосигналов (сигналов основной полосы) от камеры, и ТСВЧ не является исключением. С учетом высокой скорости передачи несжатых сигналов ТСВЧ потребуется огромная дополнительная емкость. Полосы частот, используемые в настоящее время для временных видеоканалов ТВЧ, широко используются существующими службами и не имеют потенциала расширения в будущем.

Поэтому в Японии был разработан временный видеоканал ТСВЧ с применением диапазона 120 ГГц, чтобы использовать более широкую полосу пропускания и повышенную пропускную способность миллиметрового диапазона. Этот видеоканал в диапазоне 120 ГГц переносит несжатые сигналы Dual Green 8K (отформатированные с использованием набора цветофильтров Bayer, очень близкого по качеству к полному 8K) со скоростью передачи данных 24 Гбит/с.

Временные видеоканалы можно применять, когда трудно или невозможно использовать кабель, например на стадионе, на поле для гольфа или при наличии какого-то крупного препятствия.

На рисунках 15.3–15.5 показаны примеры использования на стадионе (расстояние передачи 250 м), поле для гольфа (расстояние передачи 1 км) и передачи через препятствие (расстояние передачи 4 км).

РИСУНОК 15.3

Стадион

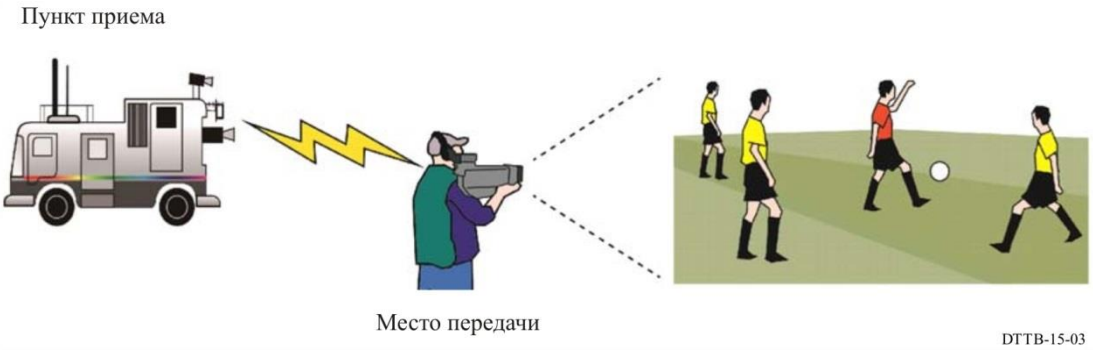


РИСУНОК 15.4

Поле для гольфа

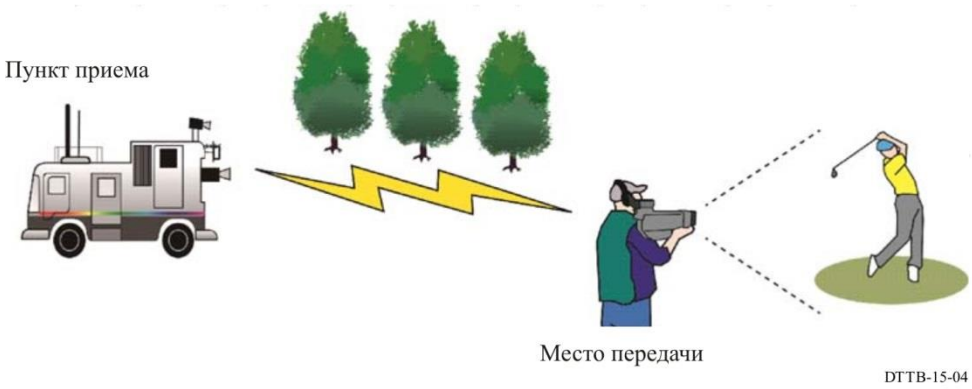


РИСУНОК 15.5

Передача через препятствия

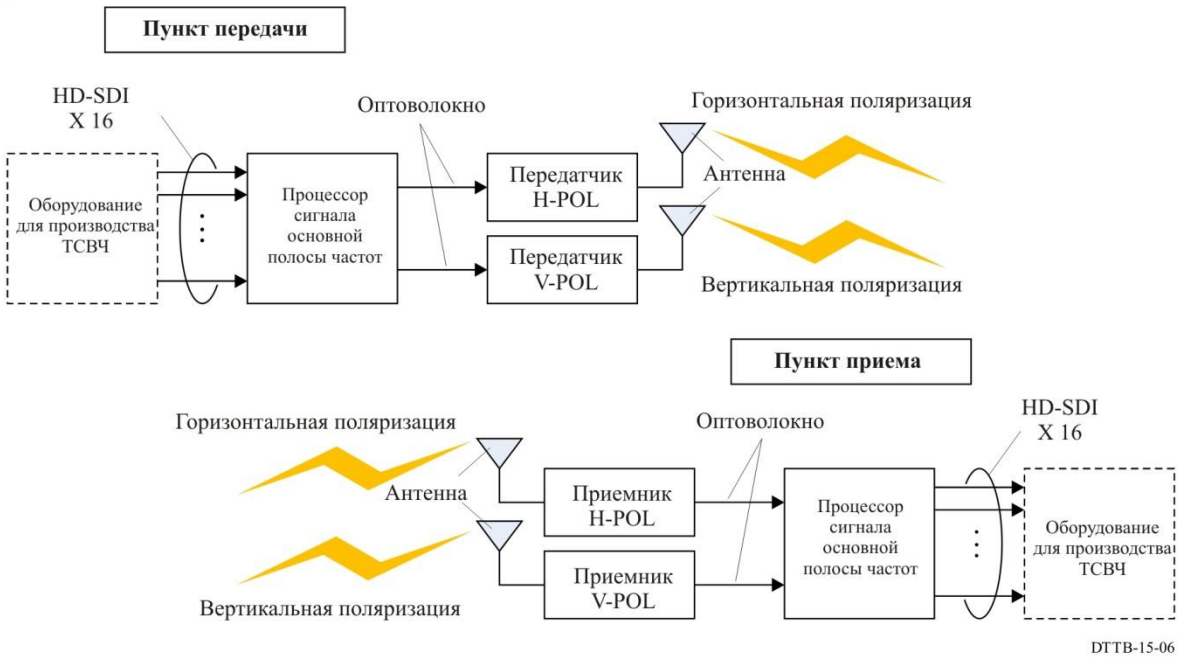


Как показано на рисунке 15.6, 16 сигналов HD-SDI, состоящих из сигналов Dual Green 8K, мультиплексируются в две группы. Каждая группа, содержащая восемь сигналов HD-SDI, передается по видеоканалам в диапазоне 120 ГГц с вертикальной или горизонтальной поляризацией.

Основным преимуществом видеоканала в диапазоне 120 ГГц является высокая пропускная способность передачи. Несжатый сигнал 8K передается целиком в полосе шириной 17 ГГц. Использование передачи несжатого сигнала позволяет сохранить полное качество видео- и аудиосигнала 8K, а также минимизирует задержку передачи.

РИСУНОК 15.6

Схема временного видеоканала в диапазоне 120 ГГц для сигнала 8K



Когда процессор основной полосы частот мультиплексирует 8 сигналов HD-SDI в один последовательный поток данных, для исправления ошибок применяется код Рида-Соломона (986, 966). На стороне приема этот последовательный поток данных демультиплексируется в исходные 8 сигналов HD-SDI, и ошибки, возникающие во время передачи, исправляются до BER = 1×10^{-4}. Это улучшает требуемое отношение *C/N* примерно на 4 дБ по сравнению с передачей без исправления ошибок.

Технические параметры временного видеоканала приведены в таблице 15.6.

ТАБЛИЦА 15.6

Технические параметры временного видеоканала в диапазоне 120 ГГц

Центральная частота (ГГц)	125		
Полоса пропускания (ГГц)	18 (116–134)		
Поляризация	Горизонтальная, вертикальная, круговая		
Максимальная мощность Tx (Вт)	1,0		
Модуляция	ASK	BPSK	QPSK
Максимальная битовая скорость (Гбит/с)	12,0	12,0	24,0
Требуемый уровень входного сигнала Rx (дБм)	–30,4	–36,4	–31,5
Требуемое отношение *C/N* (дБ) (Примечание 1)	25,0	19,0	23,9

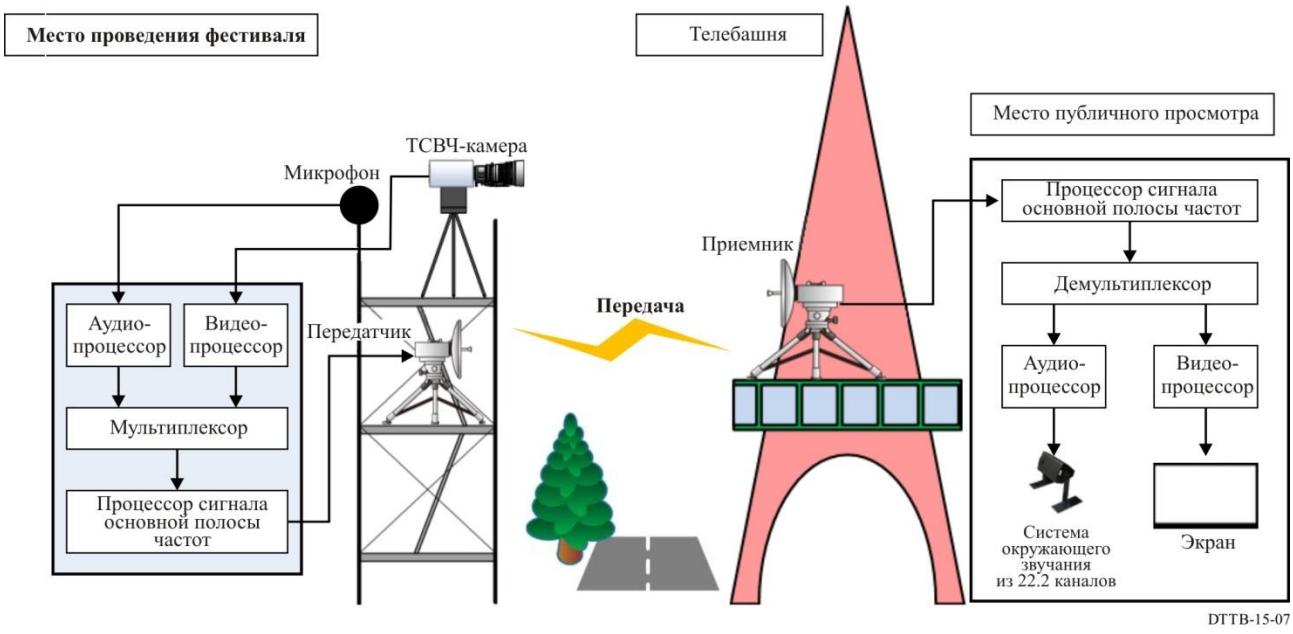
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Без исправления ошибок.

В феврале 2015 года был организован публичный просмотр (на основе сигналов 8K) 66-го Снежного фестиваля в Саппоро. Исследование на местности показало, что оптический кабель между местом проведения фестиваля и местом публичного просмотра не проложен, а использование временного кабеля неосуществимо из-за интенсивного дорожного движения вокруг интересующей площадки.

Поэтому для данного публичного просмотра был выбран временный канал связи в диапазоне 120 ГГц, и система была настроена так же, как для прямой трансляции. Схема системы показана на рисунке 15.7.

РИСУНОК 15.7

Схема системы для публичного просмотра на основе сигналов 8K



Сигналы ТСВЧ 8K мультиплексировались на производственном стенде вблизи места проведения фестиваля и передавались на передатчики по оптоволоконной линии. Затем сигналы передавались по временному каналу видеосвязи в диапазоне 120 ГГц через дорогу на расстояние около 160 м. Принятые на телевизионной башне сигналы направлялись в место публичного просмотра по существующей оптоволоконной линии связи (см. рисунок 15.8).

РИСУНОК 15.8

Передатчик и приемник



DTTB-15-08

Погода во время этого эксперимента с использованием видеоканала в диапазоне 120 ГГц была дождливой. Миллиметровые волны очень восприимчивы к воздействию осадков из-за короткой длины волны, и для обоих типов поляризации было зарегистрировано затухание приблизительно на 4 дБ. Однако при проектировании данного испытания был оставлен запас отношения *C/N* в 17 дБ, и этого хватило для передачи сигналов 8K без неисправимых ошибок. Кроме того, во время мероприятия был сильный снегопад, но он не оказал видимого влияния на мощность принимаемых сигналов. Это испытание подтвердило, что канал видеосвязи в диапазоне 120 ГГц может использоваться для передачи сигналов ТСВЧ 8K даже в сложных погодных условиях.

Другой полезный пример приведен в Отчете МСЭ-R BT.2246 "Современное состояние телевидения сверхвысокой четкости" [15.25].

15.2.3 Потребности в частотах для наземного сбора новостей

При наземном режиме система ENG работает в полосах, распределенных радиовещательным, фиксированным и подвижным службам.

По своему характеру ENG в конкурентной среде может предусматривать участие нескольких радиовещательных компаний/организаций/сетей, пытающихся осветить одну и ту же ситуацию в том или ином географическом районе, для чего требуются несколько радиочастотных каналов для одновременной передачи, зачастую по одной и той же радиотрассе. При освещении того или иного события необходимо выполнять требования, связанные с совместным размещением нескольких линий ENG.

Конкретные полосы частот, используемые для ENG, обладают рядом неотъемлемых и полезных технических свойств. Однако могут возникать условия, которые уменьшают их эффективность, или проблемы управления использованием спектра, отрицательно сказывающиеся на внедрение ENG. Например, ENG в полосах радиочастотного спектра ниже 3 ГГц, как правило, обеспечивает лучшие характеристики распространения на пересеченных трассах, тем самым увеличивая вероятность успешной передачи из любого конкретного места событий. Кроме того, в этих более низких полосах частот может использоваться новое цифровое оборудование для мобильных применений с более высокими скоростями передвижения. Однако с ростом интенсивности использования частотных полос между 500 МГц и 10 ГГц многими службами радиосвязи появляется вероятность перегрузки и помех со стороны других служб, работающих в том же географическом районе, что может препятствовать использованию оборудования ENG в этих полосах более низких частот. С другой стороны, использование полос более высоких частот может налагать серьезные ограничения при неблагоприятных погодных условиях. Следует также учитывать, что спрос на требуемый частотный ресурс для текущих и будущих применений постоянно растет.

Основным параметром для определения потребностей в частотах считается диапазон настройки. Для ENG термин "диапазон настройки" означает диапазон частот, на которых, как предполагается, радиооборудование способно работать. Возможность использования в этом диапазоне настройки радиооборудования из другой страны ограничена диапазоном частот, определенных для ENG на национальном уровне, и оно будет работать в соответствии с национальными условиями и требованиями. Определение диапазона настройки для ENG не препятствует использованию в этом же диапазоне частот других применений и не создает приоритета по отношению к любому другому способу использования этих полос. Администрации предоставили некоторую информацию о частотах/диапазонах частот и предпочтительных диапазонах настройки, используемых для ENG-применений. Эта информация приведена в [15.1].

Определение потребностей в частотах основано на двух подходах – согласовании и рационализации. Термины "согласование" и "рационализация" определяются следующим образом.

Рационализация – использование имеющихся технологий для обеспечения максимально возможной эффективности и гибкости использования частот. Это означает применение стандартизации оборудования и передовых технологий для обеспечения наиболее эффективного использования частот в рамках принятых администрациями регуляторных положений при развертывании оборудования.

Согласование – глобальное или региональное соглашение о применении согласованного использования спектра в конкретных полосах частот.

В целях оценки осуществимости согласования полос частот применения ENG можно разделить на следующие широкие категории:

- видеоприменения;
- аудиоприменения.

При отсутствии какого-либо значимого согласования частот между странами имеет место огромное разнообразие оборудования ENG от разных производителей для целого ряда диапазонов частот. В результате радиовещательным организациям, чтобы ездить из страны в страну, приходится содержать различное оборудование, работающее во многих из этих диапазонов частот. Эта проблема может быть смягчена путем использования передовых технологий, обеспечивающих сокращение затрат для радиовещательных организаций, экономию за счет масштаба для производителей оборудования и снижение вероятности создания помех.

Некоторые администрации считают, что рационализация спектра, в зависимости от конкретного применения ENG, может быть более эффективной, если в зависимости от ситуации предоставлять иностранным радиовещательным организациям и/или операторам ENG информацию о требуемом спектре, а также доступ к такому спектру в конкретной стране/регионе. Эта информация позволит радиовещательным организациям и/или операторам ENG обращаться за лицензией до того, как произойдет запланированное событие, которое следует включить в выпуск новостей, что предоставит им возможность получать доступ к спектру, когда это необходимо. Эта информация также позволит радиовещательным компаниям и/или операторам ENG обращаться за лицензией для освещения важных экстренных событий. Эти меры гарантировали бы освещение событий. Исследования были посвящены тем полосам, которые уже используются для применений ENG. Требуемые диапазоны настройки в целях содействия выполнению приграничных потребностей ENG других администраций могут быть существенно ниже, чем потребности принимающих администраций на национальном уровне.

Согласование спектра может обеспечивать многие преимущества, такие как сокращение затрат для радиовещательных организаций, экономию за счет масштаба для производителей оборудования и снижение вероятности создания помех. Это не предполагает непосредственного доступа к спектру в рамках отдельных администраций. Доступ к спектру возможен только в соответствии с политикой и регуляторными положениями конкретной администрации. При определении осуществимости такого согласования потребуется учитывать неодинаковое использование спектра многими участвующими странами и различающиеся характеристики систем ENG, используемых в администрациях.

15.2.4 Адаптация к условиям наземной среды

Наземная среда для электронного сбора новостей и доставки видеоматериалов в основном характеризуется влиянием многолучевых сигналов, работой со значительными погрешностями частоты, вносимыми доплеровским сдвигом, использованием недорогой всенаправленной передающей антенны, работой с сигналами переменной мощности и весьма низкими отношениями сигнал/шум, а также шумом окружающей среды и другими факторами. Поскольку передавать аудиовизуальную информацию в таких условиях очень трудно, используемая система передачи должна обеспечивать достаточно высокие показатели помехозащищенности, чтобы минимизировать влияние канала распространения радиоволн. Учитывая, что существующие системы передачи наземного радиовещания в состоянии обеспечить такие характеристики, предпочтительным вариантом для наземных систем электронного сбора новостей и доставки видеоматериалов является использование тех же этапов обработки, что и для систем наземного радиовещания. По этой причине многие разработчики цифровых систем ENG выбрали кодовую модуляцию с ортогональным частотным разделением (COFDM).

Наземные модуляторы COFDM разработаны в соответствии со стандартами ETSI EN 300 744 (DVB-T) [15.12] и EN 302 755 [15.13] (DVB-T2). Более подробная информация о характеристиках систем DVB-T и -T2 приведена в разделе 9.4 настоящего Справочника и в [15.12], [15.13]. Европейский технический стандарт наземного радиовещания DVB-T [15.12] предлагает различные уровни модуляции QAM и внутренних скоростей кодирования при ширине полосы частот 6, 7 или 8 МГц для возможности повышения полезной битовой скорости (для видеокодера) за счет устойчивости линии. Так как линии OB/ENG находятся на входной или собирающей стороне системы радиовещания, для сведения к минимуму влияния каскадного включения в цепи радиовещания нескольких циклов кодирования/декодирования предпочтительно использовать наиболее высокую скорость передачи битов. Следовательно, предпочтительным является план спектра на основе каналов 8 МГц, обеспечивающий диапазон используемых скоростей передачи данных от 4,976 Мбит/с до 31,668 Мбит/с путем выбора полосы пропускания, защитного интервала, метода упреждающей коррекции ошибок и типа модуляции. Выбор метода упреждающей коррекции ошибок, типа модуляции и полосы пропускания канала может использоваться для повышения полезной скорости передачи битов за счет устойчивости линии. Смежные каналы 6/7/8 МГц можно объединить в более широкий канал в целях создания линий с более высокими полезными битовыми скоростями для видеотрактов высокой четкости. Например, в случае 8 МГц в канале с шириной полосы 24 МГц можно передавать сигнал с битовой скоростью до 95,51 Мбит/с, а при использовании канала шириной 32 МГц возможно достижение скоростей передачи свыше 126,72 Мбит/с. Широко доступны системы кодирования видеосигналов высокой четкости с использованием MPEG-2, которые обеспечивают удовлетворительное качество изображения при таких битовых скоростях. Однако более современные методы кодирования снижают битовые скорости, требуемые для каналов высокой четкости.

Стандарт DVB-T2 также подходит для профессионального использования, например передачи между радиокамерами и мобильными студиями. Для этой цели добавлена поддержка варианта 10 МГц; поддерживать режим 10 МГц в потребительских приемниках не планируется.

В таблицах 15.7 и 15.8 представлены требования пользователей и пример технических параметров для передачи цифровых видеосигналов ТВЧ/ТСЧ с использованием систем ENG, когда частоты для них присвоены в пределах полос фиксированной и подвижных служб [15.6], [15.7], [15.8]. На практике может использоваться широкий диапазон значений рабочих параметров, но эти примеры соответствуют параметрам современных систем.

Для работы в стационарных системах и для передачи с вертолетов используются системы QAM с одной несущей (ARIB STD-B11 [15.14]). Для мобильной передачи и беспроводных камер используются системы OFDM (ARIB STD-B33 [15.15]). Каждая система имеет в своем составе ТВЧ-кодер или декодер сжатия размером с почтовую открытку. Параметры системы для цифровых СВЧ-линий ТВЧ/ТСЧ приведены в таблице 15.9.

В [15.15] определена цифровая наземная система передачи OFDM для полевого приемника (FPU) – своего рода портативного радиопередающего оборудования для сбора материалов телевизионных программ с использованием фиксированной и мобильной передачи. Этот стандарт предназначен для применения только в период, когда аналоговые и цифровые системы FPU используются одновременно. Поэтому в будущем, когда будет использоваться только цифровая система, может быть определен другой стандарт. В [15.15] определяется использование каскадного кодирования с применением модуляции OFDM-PSK или OFDM-QAM, что обеспечивает максимальную битовую скорость до 105 Мбит/с (в полном режиме с полосой пропускания 18 МГц).

ТАБЛИЦА 15.7

Требования пользователей и примеры значений технических параметров для передачи цифровых сигналов стандартов ТВЧ/ТСЧ в фиксированной службе

Пункт		**Требования пользователей**	**Примеры технических параметров**
Время задержки		Максимально короткая задержка	< 500 мс
Ширина полосы частот передачи		8 МГц, 9 МГц, 18 МГц и 24 МГц	См. Рек. МСЭ-R F.1777 [15.16]
Мощность передачи		1,76–7 дБВт	
Частота		Полосы 6–7 ГГц, 10 ГГц и 13 ГГц	
Антенна	Tx	Зеркальная 0,6 м	Расстояние передачи: 6–7 ГГц – 50–100 км (в зависимости от необходимого запаса) 10 ГГц – 7 км (с необходимым запасом на дождь) 13 ГГц – 5 км (с необходимым запасом на дождь)
	Rx	Зеркальная 0,6 м	
Модуляция		Multi-QAM (16, 32, 64); QPSK-OFDM	См. [15.16]
Пропускная способность передатчика		Для поддержки всех указанных параметров передачи	До 66 Мбит/с (в зависимости от ширины полосы и модуляции, см. [15.16])
Надежность при воздействии окружающей среды		Система должна быть надежной во всех возможных условиях окружающей среды (температура, влажность и т. д.)	Температура от 0 °C до 50 °C (внешние блоки) От 5 °C до 45 °C (внутренние блоки) Относительная влажность воздуха 95% без конденсации
Простота настройки		Система должна иметь встроенное устройство для генерирования определенных тестовых сигналов	Генератор цветных полос с 16 символами идентичности
Размер и вес		Компактные размеры и легкий вес для легкого и быстрого развертывания	
Носители записи		Должны быть устройства для записи с использованием всех доступных видов носителей	Кассеты, диски DVD, диски Blu-Ray, а также жесткие диски

ТАБЛИЦА 15.8

Требования пользователей и примеры значений технических параметров для передачи цифровых сигналов стандартов ТВЧ/ТСЧ в подвижной службе

Пункт		**Требования пользователей**	**Примеры технических параметров**
Время задержки		Максимально короткая задержка	< 500 мс
Ширина полосы частот передачи		9 МГц, 18 МГц, 27 МГц и 80 МГц	См. Рек. МСЭ-R M.1824 [15.17]
УВЧ	Мощность передачи	7 дБВт	Расстояние передачи 4 км
	Частота	Диапазон 800 МГц	
	Антенна Tx	Коллинеарная	
	Антенна Rx	Волновой канал	
СВЧ	Мощность передачи	4 дБВт, 7 дБВт	Расстояние передачи 4 км
	Частота	Диапазоны 6–7 ГГц, 10 ГГц и 13 ГГц	
	Антенна Tx	Рупорная, параболическая, спиральная	
	Антенна Rx	Зеркальная 0,3 м	
На борту воздушного судна	Антенна Tx	Зеркальная 0,2 м	Расстояние передачи: 6–7 ГГц – 50–65 км (в зависимости от необходимого запаса) 10 ГГц – 7 км (с необходимым запасом на дождь) 13 ГГц – 5 км (с необходимым запасом на дождь)
	Антенна Rx	Зеркальная 1,2 м	
Модуляция		Multi-QAM (16, 32, 64), QPSK-OFDM	См. [15.17]
Пропускная способность передатчика		Для поддержки всех указанных параметров передачи	До 60 Мбит/с (в зависимости от ширины полосы частот и модуляции, см. [15.17])
Надежность при воздействии окружающей среды		Система должна быть надежной во всех возможных условиях окружающей среды (температура, влажность и т. д.)	Температура от 0 °C до 50 °C (внешние блоки) От 5 °C до 45 °C (внутренние блоки) Относительная влажность воздуха 95% без конденсации
Простота настройки		Система должна иметь встроенное устройство для генерирования определенных тестовых сигналов в целях облегчения процесса настройки	Генератор цветных полос с 16 символами идентичности
Размер и вес		Компактные размеры и легкий вес для легкого и быстрого развертывания	

ТАБЛИЦА 15.9

Параметры цифровой наземной системы электронного сбора новостей ТВЧ/ТСЧ (ARIB STD-B11 и B33)

Диапазон частот	**800 МГц**	**5, 6, 7, 10 и 13 ГГц**			
Стандарт ARIB	STD-B33	STD-B33	STD-B33	STD-B11	
Разнос каналов	9 (ТСЧ)	9 (ТСЧ)	18 (ТВЧ)	18 (ТВЧ)	МГц
Пропускная способность (полезная нагрузка)	До 16	До 30	До 60	До 66	Мбит/с
Модуляция	QPSK-OFDM 16-QAM-OFDM 32-QAM-OFDM	QPSK-OFDM 16-QAM-OFDM 32-QAM-OFDM 64-QAM-OFDM		QPSK 16-QAM 32-QAM 64-QAM	Цифровая
Типичный коэффициент усиления передающей антенны	5–10	29–35	29–35	29–35	дБи
Потери в фидере передатчика (мин.)	1	1	1	1	дБ
Тип передающей антенны	Коллинеарная/ волновой канал	Парабо-лическая	Парабо-лическая	Парабо-лическая	
Мощность передачи (макс.)	7	4	7	1,76	дБВт
ЭИММ (макс.)	11–16	32–38	35–41	30–36	дБВт
Типичный коэффициент усиления приемной антенны	10–15	29–35	29–35	29–35	дБи
Тип приемной антенны	Волновой канал	Парабо-лическая	Парабо-лическая	Парабо-лическая	
Потери в фидере приемника (макс.)	1	1	1	1	дБ
Полоса пропускания приемника по ПЧ	9	9	18	18	МГц
Коэффициент шума приемника	4	4	4	4	дБ
Тепловой шум приемника	−130,5	−130,5	−127,4	−127,4	дБВт

Со времени публикации [15.1] в области технологий, используемых для SAB/SAP, достигнут значительный технический прогресс. Это привело к использованию новых технологий SAB/SAP:

- внедрению цифровых видеоканалов как для линий пункт–пункт, так и для линий подвижной связи;
- внедрению беспроводных цифровых микрофонов;
- возможности использования для доставки материалов программ общедоступных сетей, таких как TETRA, GSM, UMTS и т. д.

Технические параметры и другие вопросы такого применения SAB/SAP в наземной среде рассматриваются в Отчете МСЭ-R BT.2344-1 "Информация о технических параметрах, эксплуатационных характеристиках и сценариях развертывания SAB/SAP, используемых в радиовещании" [15.9]. Дополнительная расширенная информация по аудиоканалам SAB/SAP приведена в Отчете МСЭ-R BT.2338-0 "Использование спектра службами, вспомогательными по отношению к радиовещанию/службами, вспомогательными по отношению к производству программ, в Районе 1 и последствия осуществления распределения подвижной службе на равной первичной основе в полосе частот 694−790 МГц" [15.10]. Информация о частотах и диапазонах настройки, которые используются в различных администрациях МСЭ-R, представлена в [15.1] и [15.11].

15.2.5 Спутниковая поддержка доставки видеоматериалов и производства программ для применений ENG

Для доставки сигнала вещательного качества (до качества ТСВЧ) при ведении передачи с места событий в региональных, национальных и международных телевизионных вещательных системах в рамках системы ENG могут использоваться спутниковые ретрансляторы. Передача в таких системах называется спутниковым сбором новостей (SNG) и обычно организуется как система связи "из пункта в пункт" или "из пункта во множество пунктов" (обычно устанавливается соединение между студией и ОВ через земную станцию подвижной спутниковой службы) с доставкой радиовещательного контента и сигналов управления/координации.

В передачах SNG используются радиовещательные системы (например, система DVB-S [15.20]), конкретный стандарт для спутникового сбора новостей (например, DVB-DSNG [15.21]) или специальная конфигурация радиовещательных систем (например, система DVB-S2 в конфигурации DSNG (S2) [15.22]). Тенденция последнего времени – переход на универсальные (обобщенные) решения, которые могут использоваться для передачи радиовещательных и профессиональных применений, доступа в интернет и т. д. Это позволяет создать общую экосистему с возможностью взаимодействия между отдельными вариантами (например, для интерактивного телевидения). Однако все еще широко используются два других решения (стандарты радиовещания первого поколения DVB-S, ISDB-S и т. д., а также профессиональная спутниковая система сбора новостей).

Системы SNG предъявляют особые требования, в том числе:

- необходимость установления надежной линии связи из пункта в пункт или из пункта во множество пунктов в любом месте и в любое время для передачи контента телевизионной программы стандартной, высокой или сверхвысокой четкости с соответствующим звуковым сопровождением;
- необходимость организации каналов двусторонней связи для координации и управления данными;
- портативность и мобильность оборудования при минимальном количестве сотрудников.

В таблице 15.10 приведен пример технических характеристик цифровой системы сбора новостей с возможными параметрами передачи, а также характеристик передаваемых телевизионных сигналов.

ТАБЛИЦА 15.10

Сравнительный анализ технических характеристик стандартов спутникового сбора новостей DVB-DSNG, DVB-DSNG (S2) и DVB-DSNG (S2X)

Параметр	**Цифровая система сбора новостей**		
	DVB-DSNG	**DVB-DSNG (S2)**	**DVB-DSNG (S2X)**
Кодирование и модуляция каналов			
Формат входного потока	Транспортный поток	Транспортный поток, общий инкапсулированный поток	
Модуляция	QPSK, 8-PSK, 16-QAM	QPSK, 8-PSK, 16-APSK, 32-APSK	QPSK, 8-PSK, 16-APSK, 32-APSK, 64-APSK, 128-APSK, 256-APSK
Режим кодирования и модуляции каналов	Постоянное кодирование и модуляция	Постоянное кодирование и модуляция, переменное кодирование и модуляция, адаптивное кодирование и модуляция	
Длина обработанного блока данных	Пакеты по 188 байтов, включая 1 байт синхронизации, заголовок из 3 байтов и 184 байта полезной нагрузки	Кадр состоит из полезной нагрузки длиной 64 800 или 16 200 битов и заголовка (80 битов)	

ТАБЛИЦА 15.10 (*продолжение*)

Параметр	**Цифровая система сбора новостей**		
	DVB-DSNG	**DVB-DSNG (S2)**	**DVB-DSNG (S2X)**
Внешнее кодирование	Внешний код Рида-Соломона (RS) (204,188, 8), получаемый путем сокращения исходного кода RS (255, 239, 8)	Код БЧХ с возможностью исправления от 8 до 12 ошибочных символов	Код БЧХ
Внутреннее кодирование	Сверточный код	LDPC	
Скорость кодирования	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	Скорость LDPC 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	Скорость LDPC 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 5/9, 7/9, 9/20, 13/45, 11/20, 23/36, 25/36, 13/18, 26/45, 28/45, 77/90, 8/15, 32/45, 11/15, 29/45, 31/45
Коррекция канала	Эквалайзер	Пилот-сигналы	
Полоса пропускания канала, МГц	1,5–72		
Использование полосы частот ретранслятора	Ретранслятор с частотным (FDM) и временным (TDM) разделением каналов		
Требуемое значение BER на выходе внутреннего декодера	BER ≈ 2×10^{-4}	BER ≈ 1×10^{-7}	
Коэффициент спада характеристики	α = 0,25; α = 0,35	α = 0,2; α = 0,25; α = 0,35	α = 0,05; α = 0,15; α = 0,1
Отношение сигнал/шум, дБ	4,5…10,7	−2,35…16,05	−2,85…19,57
Сжатие видео/аудиосигнала (собранные примеры)			
Уровень оптического разрешения	ТСЧ	ТВЧ	
Разрешение	720 × 576; 704 × 576; 640 × 576; 576 × 576; 544 × 576; 576 × 528; 576 × 352; 352 × 288; 320 × 288; 352 × 240; 320 × 240	1920 × 1080i/25; 1440 × 1080i/25; 1280 × 1080i/25; 960 × 1080i/25; 1280 × 720p/50; 960 × 720p/50; 720 × 640p/50	
Конфигурация сжатия MPEG	MPEG-2 MP @ ML MPEG-4/AVC MP@L3	MPEG-2 422P @ ML MPEG-4 AVC HP@L4	
Битовая скорость видеосигналов, Мбит/с	1…15 (MPEG-2 MP@ML) 1…10 (MPEG-4/AVC MP@L3)	1,5…30 (50 для 4 : 2 : 2) (MPEG-2 422P@ML) 1…25 Мбит/с (MPEG-4 AVC HP@L4)	
Хроматическая выборка	4 : 2 : 2	4 : 2 : 0/4 : 2 : 2	

ТАБЛИЦА 15.10 (*окончание*)

Параметр	**Цифровая система сбора новостей**		
	DVB-DSNG	**DVB-DSNG (S2)**	**DVB-DSNG (S2X)**
Режим воспроизведения аудиосигналов	Моно/стерео		
Количество аудиосигналов	До 8 каналов		
Сжатие аудиосигналов	MPEG-1 Layer II; Dolby Digital® (AC-3) 2.0; Dolby Digital® (AC-3) 1 – 5.1; MPEG-2 AAC-LC; MPEG-4 HE-AAC		
Битовая скорость аудиосигналов	64...256 кбит/с		

Другие параметры SNG определяются в [15.20], [15.21] и [15.22].

Библиография к главе 15

[15.1] **ITU-R**, 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.*

[15.2] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1868, *Требования пользователей к кодекам для передачи телевизионных сигналов по сетям доставки, первичного распределения и спутникового сбора новостей (ССН).*

[15.3] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BS.1548, *Требования пользователей к системам кодирования звуковых сигналов для цифрового радиовещания.*

[15.4] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1203, *Требования пользователя к общему кодированию цифровых ТВ-сигналов со снижением битовой скорости передачи видеосигнала в телевизионной системе сквозной передачи.*

[15.5] **ITU-T**, Recommendation ITU-T H.265, *High Efficiency Video Coding.*

[15.6] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1872, *Пользовательские требования к цифровому электронному сбору новостей.*

[15.7] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.800-2, *Пользовательские требования для передачи по сетям подачи и первичного распределения сигналов цифрового телевидения, определенных в соответствии со стандартом 4:2:2, описанном в Рекомендации МСЭ-R BT.601 (часть A).*

[15.8] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1121-1, *Пользовательские требования к передаче цифровых сигналов ТВЧ по сетям подачи программ и первичного распределения.*

[15.9] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2344-1, *Information on technical parameters, operational characteristics and deployment scenarios of SAB/SAP as utilized in broadcasting.*

[15.10] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2338-0, *Services ancillary to broadcasting/services ancillary to programme making spectrum use in Region 1 and the implication of a co-primary allocation for the mobile service in the frequency band 694-790 MHz.*

[15.11] **ERC** Recommendation 25-10 – *Frequency ranges for the use of temporary terrestrial audio and video SAP/SAB links (incl. ENG/OB).*

[15.12] **ETSI** EN 300 744 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.*

[15.13] **ETSI** EN 302 755 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure, channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).*

[15.14] **ARIB** STD-B11 Version 2.1 – *Portable microwave digital transmission system for television programme contribution.*

[15.15] **ARIB** STD-B33 Version 1.0 – *Portable OFDM digital transmission system for television programme contribution.*

[15.16] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R F.1777, *Характеристики систем внестудийного телевизионного вещания, электронного сбора новостей и внестудийного видеопроизводства в фиксированной службе, используемые для исследования совместного использования частот*.

[15.17] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R M.1824, *Характеристики систем внестудийного телевизионного вещания, электронного сбора новостей и внестудийного видеопроизводства в подвижной службе для применения в исследованиях совместного использования частот*.

[15.18] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1380-1, *Стандарты систем кодирования с пониженной скоростью передачи данных для ТСЧ.*

[15.19] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1737, *Использование метода кодирования источника видеосигнала из Рекомендации МСЭ-Т H.264 (MPEG-4/AVC) для транспортирования программного материала ТВЧ.*

[15.20] **ETSI** EN 300 421 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services.*

[15.21] **ETSI** EN 301 210 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for Digital Satellite News Gathering (DSNG) and other contribution applications by satellite.*

[15.22] **ETSI** EN 302 307 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2).*

[15.23] **МСЭ-R**, Рекомендация МСЭ-R BT.1871, *Пользовательские требования к беспроводным микрофонам*.

[15.24] **Alberico, Gino and Airola Gnota, Daniele** – RAI-Radiotelevisione Italiana, R&D Department – 4K vision. – DVB SCENE Edition No.33 March 2010.

[15.25] **ITU-R**, Report ITU-R BT.2246-5, *The present state of ultra-high definition television.*

Список сокращений

3DTV	Three Dimensional Television		Трехмерное телевидение
3G	Third Generation of Mobile systems		Системы подвижной связи третьего поколения
4G	Fourth Generation of Mobile systems		Системы подвижной связи четвертого поколения
A/V	Audio Visual		Аудиовизуальный
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas		Бразильский национальный орган по стандартизации
AC3	Audio Coding 3		Стандарт 3 кодирования аудиосигнала
ACAP-X	Advanced Common Application Platform composed of XHTML markup, style rules, scripts and embedded graphics, video and audio		Расширенная общая платформа приложений, состоящая из языка разметки XHTML, правил стиля, языка сценариев и встроенной графики, видео и аудиосигналов
ACM	Adaptive Coding and Modulation		Адаптивное кодирование и модуляция
AFD	Active Format Descriptor		Дескриптор активного формата
AL-FEC	Application Layer Forward Error Correction		Упреждающая коррекция ошибок на прикладном уровне
APSK	Amplitude and phase-shift keying		Амплитудно-фазовая манипуляция
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses (Japan)		Ассоциация радиопромышленности и бизнеса (Япония)
AS11-DPP	Application Specification AS-11 Digital Production Partnership (DPP)		Спецификация приложений AS-11 Партнерство цифрового производства (DPP)
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations	АСЕАН	Ассоциация государств Юго-Восточной Азии
ASI	Asynchronous Serial Interface		Асинхронный последовательный интерфейс
ASK	Amplitude-shift keying		Амплитудная манипуляция
ASMG	Arab Spectrum Management Group		Арабская группа по управлению использованием спектра
ASO	Analogue switch off		Отключение аналогового радиовещания
ATSC	Advanced Television Systems Committee		Комитет по передовым телевизионным системам
ATSC-M/H	Advanced Television Systems Committee Mobile/Handheld		Комитет по передовым телевизионным системам для мобильных и карманных устройств
ATTC	Advanced Television Test Center		Испытательный центр передовых телевизионных систем
ATU	African Telecommunication Union	АСЭ	Африканский союз электросвязи

ATV	Advanced Television		Усовершенствованное телевидение
AVC	Advanced Video Coding		Усовершенствованное кодирование видеосигнала
AVS	Audio Video Standard		Стандарт сжатия аудио- и видеоизображения
AWGN	Additive white Gaussian noise		Аддитивный белый гауссов шум
BB	Baseband		Основная полоса частот
BBC	British Broadcasting Corporation	Би-би-си	Британская радиовещательная корпорация
BCH	Bose, Chaudhuri, and Hocquenghem codes	БЧХ	Коды Боуза–Чоудхури–Хоквингхема
BER	Bit Error Rate		Коэффициент ошибок по битам
BLER	MPEG Block Error Ratio		Коэффициент ошибок по блокам MPEG
BML	Broadcast Mark-up Language		Язык разметки для радиовещания
BPSK	Binary Phase Shift Keying		Двухпозиционная фазовая манипуляция
BR	ITU Radiocommunication Bureau	БР	Бюро радиосвязи МСЭ
BRIFIC	International Frequency Information Circular of the Radiocommunication Bureau	ИФИК БР	Международный информационный циркуляр по частотам Бюро радиосвязи
BS	Broadcasting Service	РС	Радиовещательная служба
BSS	Broadcasting Satellite Service	РСС	Радиовещательная спутниковая служба
BST-OFD	Band-segmented transmission OFDM		Передача OFDM в сегментированном диапазоне
C/*N*	Carrier to Noise Ratio		Отношение несущей к шуму
CA	Conditional Access		Условный доступ
CAM	Control Access Module		Модуль управления доступом
CAS	Conditional Access System		Система условного доступа
CAT	Conditional Access Table		Таблица условного доступа
CBR	Constant bit-rate		Постоянная битовая скорость
CCM	Constant Coding and Modulation		Постоянное кодирование и модуляция
CEA	Consumer Electronics Association (now renamed Consumer Technology Association (CTA))		Ассоциация потребительской электроники (переименована в Ассоциацию потребительских технологий (CTA))
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization		Европейский комитет по стандартизации электротехники
CEPT	European Conference of Posts and Telecommunications	СЕПТ	Европейская конференция администраций почт и электросвязи
CI	Common Interface		Общий интерфейс
CICAM	Common Interface Conditional Access Module		Модуль условного доступа с общим интерфейсом

CIR	Channel Impulse response		Импульсная характеристика канала
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing		Кодированное ортогональное мультиплексирование с разделением по частоте
CPCM	Content Protection and Copy Management		Защита контента и управление копиями
CRC	Cyclic Redundancy Check		Циклическая проверка по избыточности
CSA	DVB Common Scrambling Algorithm		Общий алгоритм скремблирования DVB
DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP		Динамическая адаптивная потоковая передача по протоколу HTTP
DBPSK	Differential Binary Phase Shift Keying		Дифференциальная двоичная фазовая манипуляция
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications		Система улучшенной цифровой беспроводной электросвязи
DFL	Data Field Length		Длина поля данных
DRM	Digital Rights Management		Управление цифровыми правами
DSCQS	Double stimulus continuous quality-scale		Метод двух источников воздействия с непрерывной шкалой качества
DSI	DownloadServerInitiate message		Сообщение DownloadServerInitiate
DSIS	Double stimulus impairment scale		Двойная шкала стимулов искажений
DSL	Digital Subscriber Line		Цифровая абонентская линия
DSM-CC	Digital storage media command and control		Передача команд и управление в цифровой запоминающей среде
DSNG	Digital Satellite News Gathering		Цифровая спутниковая система сбора новостей
DTMB	Digital Terrestrial Multimedia Broadcast		Цифровое наземное мультимедийное радиовещание
DTMB-A	Digital Terrestrial Multimedia Broadcast-Advanced		Улучшенное цифровое наземное мультимедийное радиовещание
DTS	Decoding Time Stamp		Метка времени декодирования
DTS	DTS is the audio format of the company DTS (Dedicated To Sound)		Аудиоформат компании DTS (относится к звуковым сигналам)
DTTB	Digital Terrestrial Television Broadcasting	ЦНТВ	Цифровое наземное телевизионное вещание
DTV	Digital Television	ЦТВ	Цифровое телевидение
DVB	Digital Video Broadcasting		Цифровое видеовещание
DVB-H	Digital Video Broadcasting – Handheld		Цифровое видеовещание на карманные устройства
DVB-RCT	Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial		Цифровое видеовещание с наземным обратным каналом
DVB-S	Digital Video Broadcasting – Satellite		Цифровое спутниковое видеовещание

DVB-S2	Digital Video Broadcasting – Satellite second generation		Цифровое спутниковое видеовещание второго поколения
DVB-SH	Digital Video Broadcasting – Satellite services to Handhelds		Услуги цифрового спутникового видеовещания для карманных устройств
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial		Цифровое наземное видеовещание
DVB-T2	Digital Video Broadcasting – Terrestrial second generation		Цифровое наземное видеовещание второго поколения
DVB-T2 Lite	Digital Video Broadcasting – Terrestrial second generation Lite Profile		Цифровое наземное видеовещание второго поколения с профилем Lite
DVD	Digital versatile disc or digital video disc		Универсальный цифровой диск или цифровой видеодиск
EACO	East African Communications Organization		Восточноафриканская организация электросвязи
EBU	European Broadcasting Union	ЕРС	Европейский радиовещательный союз
EC	European Commission	ЕК	Европейская комиссия
ECOWAS	Economic Community Of West African States		Экономическое сообщество западноафриканских государств
EICTA	European ICT Industry Association, became DIGITALEUROPE		Европейская ассоциация индустрии ИКТ, ныне DIGITALEUROPE
eMBMS	Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service		Усовершенствованная многоадресная услуга мультимедийного радиовещания
ENG	Electronic News Gathering		Электронный сбор новостей
EPG	Electronic Programme Guide		Электронная программа передач
ERM	Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (cf. ETSI)		Вопросы электромагнитной совместимости и радиочастотного спектра (ср. ETSI)
ES	Elementary stream		Элементарный поток
ESO	European Standardization Organization		Европейская организация по стандартизации
ETSI	European Telecommunication Standardization Institute	ЕТСИ	Европейский институт стандартизации электросвязи
FCC	Federal Communications Commission	ФКС	Федеральная комиссия по связи
FDM	Frequency Division Multiplex		Мультиплексирование с частотным разделением
FDP	File Delivery Protocol		Протокол доставки файлов
FEC	Forward Error Correction		Упреждающая коррекция ошибок
FEF	Future Extension Frames		Кадры перспективного расширения
FFT	Fast Fourier Transform	БПФ	Быстрое преобразование Фурье
FLUTE	File Delivery Over Unidirectional Transport		Доставка файлов методом однонаправленной транспортировки

FOBTV	Future of Broadcasting Television		Будущее вещательного телевидения
FPU	Field Pick-Up Unit		Полевой датчик
FR	Full Reference		Полный эталон
FS	Fixed Service	ФС	Фиксированная служба
FSS	Fixed Satellite Service	ФСС	Фиксированная спутниковая служба
GE06	Geneva Regional Agreement 2006		Женевское региональное соглашение 2006 года
GEM	Globally Executable MHP		Глобально реализуемая платформа MHP
GI	Guard Interval		Защитный интервал
GS	Generic stream		Общий поток
GSE	Generic Stream Encapsulation		Инкапсуляция общего потока
GSM	Global System for Mobile communications		Глобальная система подвижной связи
GSO	Geostationary orbit		Геостационарная орбита
HBB4ALL	Hybrid Broadcast Broadband For ALL		Гибридная радиовещательная широкополосная система для всех
HbbTV	Hybrid Broadcast-Broadband Television		Гибридное вещательное широкополосное телевидение
HDR	Higher Dynamic Range		Расширенный динамический диапазон
HD-SDI	High Definition Serial Digital Interface		Цифровой последовательный интерфейс высокой четкости
HDTV	High Definition Television	ТВЧ	Телевидение высокой четкости
HE-AAC	High-Efficiency Advanced Audio Coding		Высокоэффективное перспективное кодирование аудиосигналов
HEVC	High Efficiency Video Coding		Высокоэффективное кодирование видеосигналов
HFR	Higher Frame Rate		Повышенная частота кадров
Hi422P	High 4 : 2 : 2 Profile		Высокий профиль 4 : 2 : 2
Hi444P	High 4 : 4 : 4 Profile		Высокий профиль 4 : 4 : 4
HL	High Layer		Верхний уровень
HP	High Profile		Высокий профиль
HTML	HyperText Markup Language		Язык гипертекстовой разметки
IBB	Integrated Broadcast Broadband		Интегрированная вещательная широкополосная система
ICIT	IPMP Control Information Table		Таблица управляющей информации IPMP
iDTV	Integrated digital television		Интегрированное цифровое телевидение
IEC	International Electrotechnical Commission	МЭК	Международная электротехническая комиссия
IF	Intermediate Frequency	ПЧ	Промежуточная частота

IF-x	InterFace number x in the broadcasting chain		Номер x интерфейса в цепи радиовещания
IHDN	In-Home Digital Network		Домашняя цифровая сеть
IMSC1	Internet Media Subtitles and Captions 1.0		Субтитры и скрытые субтитры через интернет, версия 1.0
IMT	International Mobile Telecommunication		Международная подвижная электросвязь
INT	IP/MAC Notification Table		Таблица уведомлений IP/MAC
IP	Internet protocol		Протокол Интернет
IPMP	Intellectual Property Management and Protection		Управление и защита интеллектуальной собственности
IPTV	Internet protocol Television		Телевидение на основе протокола Интернет
IRD	Integrated Receiver-Decoder		Интегрированный приемник-декодер
ISDB-S	Integrated Services Digital Broadcasting – Satellite		Цифровое спутниковое радиовещание с интеграцией служб
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting		Цифровое радиовещание с интеграцией служб
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial		Цифровое наземное радиовещание с интеграцией служб
ISDN	Integrated Services Digital Network	ЦСИС	Цифровая сеть с интеграцией служб
ISED	Innovation, Science and Economic Development (Canada)		Департамент инноваций, науки и экономического развития (Канада)
ISO	International Organization for Standardization	ИСО	Международная организация по стандартизации
ITU	International Telecommunication Union	МСЭ	Международный союз электросвязи
ITU-D	International Telecommunication Union – Development Sector	МСЭ-D	Сектор развития Международного союза электросвязи
ITU-R	International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector	МСЭ-R	Сектор радиосвязи Международного союза электросвязи
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector	МСЭ-T	Сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи
LAN	Local Area Network	ЛВС	Локальная вычислительная сеть
LCD	Liquid Crystal Display		Жидкокристаллический дисплей
LDPC	Low-density parity-check code		Код проверки четности низкой плотности
LFE	Low frequency effects		Низкочастотные эффекты
LMDS	Local Multipoint Distribution Service		Локальная услуга многоточечного распределения
LPDC	Low-Density Parity-Check		Код проверки четности низкой плотности

LSDI	Large-Screen Digital Imagery		Крупноформатное цифровое изображение
LTE	Long Term Evolution		Долгосрочная эволюция
M/H	Mobile/Handheld		Мобильные/карманные
MAC	Media access control		Управление доступом к среде передачи
MBLER	MPEG Macroblock Error Ratio		Коэффициент ошибок по макроблокам MPEG
MERCOSUR	Mercado Común del Sur		Общий рынок стран Южной Америки
MFN	Multi-Frequency Network	МЧС	Многочастотная сеть
MFU	Media fragment unit		Блок фрагмента медиаданных
MHP	Multimedia Home Platform		Домашняя платформа мультимедиа
MIFR	Master International Frequency Register	МСРЧ	Международный справочный регистр частот
MIMO	Multiple-Input, Multiple-Output		Многоканальный вход, многоканальный выход
MISO	Multiple Input, Single Output		Многоканальный вход, одноканальный выход
ML	Main Layer		Основной уровень
MMT	MPEG Media Transport		Транспортирование медиаданных MPEG
MMTP	MMT protocol		Протокол MMT
MP	Main Profile		Основной профиль
MPE	Multi-protocol encapsulation		Многопротокольная инкапсуляция
MPEG	Moving Pictures Expert Group		Экспертная группа по движущимся изображениям
MPQM	Moving Pictures Quality Metric		Показатель качества движущихся изображений
MPU	Media Processing Unit		Блок обработки медиаданных
MS	Mobile Service	ПС	Подвижная служба
MSS	Mobile Satellite Service	ПСС	Подвижная спутниковая служба
MSS-ATC	(MSS – Ancillary Terrestrial Component)		(ПСС – вспомогательный наземный сегмент)
MSTV	Association for Maximum Service Television		Ассоциация телевидения максимальных услуг
MUFS	Minimum Useable Field Strength		Минимальная полезная напряженность поля
NAB	National Association of Broadcasters (USA)		Национальная ассоциация радиовещательных организаций (США)
NEDDIF	North East Digital Dividend Implementation Platform		Северовосточная платформа по реализации цифрового дивиденда
NIT	Network Information Table		Информационная таблица сети

Nordig	Digital TV platform for the Nordic region and Ireland		Платформа цифрового телевидения для Северного региона и Ирландии
NQM	Noise Quality Measure		Измерение качества шума
NR	Nordstrom-Robinson		[Алгоритм] Нордстрома–Робинсона
NR	No reference		Нет ссылок
NRT	Non Real-Time		Не в режиме реального времени
NTIA	National Telecommunications and Information Administration (USA)		Национальное управление связи и информации (США)
OB	Outside Broadcast		Внестудийные передачи
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing		Ортогональное мультиплексирование с разделением по частоте
OIPF	Open IPTV Forum		Открытый Форум IPTV
OSI	Open Systems Interconnection	ВОС	Взаимодействие открытых систем
OTT	Over the Top (TV streaming over the Internet)		Технология "Over the Top" (потоковое ТВ через интернет)
PAL	Phase Alternating Line (Analogue TV system)		Построчное изменение фазы (система аналогового ТВ)
PAT	Programme Association Table		Таблица соответствия программ
PCM	Pulse-code modulation	ИКМ	Импульсно-кодовая модуляция
PCR	Program Clock Reference		Временная метка программы
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	ПЦИ	Плезиохронная цифровая иерархия
PES	Packetized elementary stream		Пакетированный элементарный поток
PID	Packet identifier		Идентификатор пакета
PLC	Power Line Communication		Связь по сети электропередачи
PLP	Physical Layer Pipe		Канал физического уровня
PMSE	Programme Making and Special Events		Создание программ и трансляция особых событий
PMT	Programme Map Table		Таблица соответствия программ
PN	Pseudo-random Noise		Псевдослучайный шум
PP	Pilot Pattern		Схема размещения пилот-сигналов
PS	Programme streams		Программные потоки
PSI	Programme-Specific Information		Информация по конкретной программе
PSNR	Peak-Signal-to-Noise-Ratio		Пиковое отношение сигнал/шум
PSTN	Public switched telephone network	КТСОП	Коммутационная телефонная сеть общего пользования
PTS	Presentation Time Stamp		Штамп времени представления
PVR	Personal Video Recorder		Персональный видеомагнитофон
PxER	Pixel Error Ratio		Коэффициент ошибок по пикселям
QAM	Quadrature Amplitude Modulation		Квадратурная амплитудная модуляция

QC	Quality Control		Контроль качества
QoS	Quality of Service		Качество обслуживания
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying		Квадратурная фазовая манипуляция
RAI	Radiotelevisione Italiana		
RAVIS	Real-time Audio-Visual Information System		Аудиовизуальная информационная система в реальном времени
RF	Radio Frequency	РЧ	Радиочастота
RF	Reduced reference		Ограниченный эталон
RN	Reference Network		Эталонная сеть
ROHC	Robust Header Compression		Устойчивая компрессия заголовков
ROO	Rules of operations		Правила работы
RPC	Reference Planning Configuration		Эталонная конфигурация планирования
RRC	Regional Radiocommunication Conference	РКР	Региональная конференция по радиосвязи
RS	Reed Solomon (code)		(Код) Рида-Соломона
RTP	Real-time Transport Protocol		Транспортный протокол в реальном времени
Rx	Receiver		Приемник
S/PDIF	Sony/Philips Digital Interface Format		Формат цифрового интерфейса Sony/Philips
SAB	Services Ancillary to Broadcasting		Службы, вспомогательные по отношению к радиовещанию
SADC	Southern African Development Community		Сообщество по вопросам развития стран юга Африки
SAP	Services Ancillary to Programme-making		Службы, вспомогательные по отношению к производству программ
SAT/IP	Satellite over IP		Спутниковая связь через IP-сеть
SBTVD	Sistema Brasileiro de Televisão Digital		Бразильская система цифрового телевидения
SCART	Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs – Video Connector		Видеоразъем
SDH ATM	Synchronous Digital Hierarchy – Asynchronous Transfer Mode		Синхронная цифровая иерархия – асинхронный режим передачи
SDR	Software Defined Radio		Радио с программируемыми параметрами
SDSCQE	Simultaneous double stimulus for continuous evaluation method		Метод одновременного воздействия двух источников для метода непрерывной оценки
SDT	Service Description Table		Таблица описания услуг
SDTV	Standard Definition Television	ТСЧ	Телевидение стандартной четкости
SECAM	Séquentiel Couleur à Mémoire (Analogue TV system)		Система аналогового телевидения

SEDDIF	South East Digital Dividend Implementation Platform		Юговосточная платформа по реализации цифрового дивиденда
SES	Satellite Earth Stations and Systems		Земные станции и системы спутниковой связи
SFN	Single Frequency Network	ОЧС	Одночастотная сеть
SI	Service Information		Служебная информация
SIMO	Single-Input, Multiple-Output		Одноканальный вход, многоканальный выход
SLER	MPEG Slice Error Ratio		Коэффициент ошибок квантования MPEG
SNG	Satellite News Gathering		Спутниковая система сбора новостей
SRD	Short Range Devices		Устройства связи малого радиуса действия
SRM	System Renewability Message		Системное сообщение о возобновлении
SS	Single-stimulus		Одиночное воздействие
SSCQE	Single stimulus continuous quality evaluation		Непрерывная оценка качества с одним источником воздействия
SSD	Solid State Drive/Solid State Disc		Полупроводниковый накопитель/диск
SSIM	Structural Similarity Index		Индекс структурного сходства
STB	Set-Top Box		Абонентская приставка
STD	Standard		Стандартный
SVC	Scalable Video Coding		Масштабируемое кодирование видеосигналов
TDM	Time Division Multiplex		Мультиплексирование с временным разделением
T-DMB	Terrestrial – Digital Multimedia Broadcasting		Цифровое наземное мультимедийное радиовещание
TDS-OFDM	Time-Domain Synchronous OFDM		Синхронное мультиплексирование OFDM во временной области
TER	Timing Error Ratio		Коэффициент ошибок синхронизации
TETRA	Terrestrial Trunked Radio		Цифровая наземная транкинговая радиосвязь
TFS	Time-Frequency Slicing		Частотно-временная нарезка
THD	Total Harmonic Distortion		Полный коэффициент гармонических искажений
TIES	Telecommunication Information Exchange Service (ITU)		Служба обмена информацией в области электросвязи (МСЭ)
TLV	Type-length value		Тип/длина/значение
TMCC	Transmission and Multiplexing Configuration Control		Управление конфигурацией передачи и мультиплексирования
TS	Transport stream		Транспортный поток

TSDT	Transport Stream Description Table		Таблица описания транспортных потоков
TTML	Timed Text Markup Language		Язык разметки синхронизированного текста
Tx	Transmitter		Передатчик
UHDTV	Ultra-High Definition Television	ТСВЧ	Телевидение сверхвысокой четкости
UHF	Ultra-High Frequency	УВЧ	Ультравысокая частота
ULE	Unidirectional lightweight encapsulation		Однонаправленная легкая инкапсуляция
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System		Универсальная система подвижной связи
UNCRPD	United Nations Convention on the Rights of Persons with Disabilities		Конвенция Организации Объединенных Наций о правах инвалидов
UP	User packets		Пакеты пользователя
UPL	User packet length		Длина пакета пользователя
UPnP	Universal Plug and Play		Универсальная система "подключи и работай"
URI	Usage Rules Information		Информация о правилах использования
U-U	User-User		Пользователь–пользователь
UWB	Ultra Wide Band		Ультраширокий диапазон
VBR	Variable bit-rate		Переменная битовая скорость
VCM	Variable Coding and Modulation		Переменное кодирование и модуляция
VCR	Video Cassette Recorder		Кассетный видеомагнитофон
VFDR	Video Frame Decoding Ratio		Коэффициент декодирования видеокадров
VFLR	Video Frame Loss Ratio		Коэффициент потерь видеокадров
VHF	Very High Frequency	ОВЧ	Очень высокая частота
VQEG	Video Quality Experts Group		Группа экспертов по качеству видеосигналов
VQM	Video Quality Metric		Показатель качества видеосигнала
VSAT	Very Small Aperture Terminal		Терминал с очень малой апертурой
VSB	Vestigial Side Band		Частично подавленная боковая полоса
W3C	World Wide Web Consortium		Консорциум World Wide Web
WEDDIP	Western European Digital Dividend Implementation Platform		Западноевропейская платформа по реализации цифрового дивиденда
WLAN	Wireless Local Area Network		Беспроводная локальная вычислительная сеть
WRC	World Radiocommunication Conference		Всемирная конференция радиосвязи

WSD	White Space Devices		Устройства отображения пробелов между словами
WSS	Wide Screen Signalling		Функция определения широкоформатности изображения
XML	EXtensible Markup Language		Расширяемый язык разметки
YPbPr	Luminance (Y) and differential colour coded video (Y minus Red, Y minus Blue)		Яркостный (Y) и цветоразностные кодированные видеосигналы (Y минус красный, Y минус синий)

Международный
союз электросвязи
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

ISBN 978-92-61-23484-3 SAP id 41307

Отпечатано в Швейцарии
Женева, 2017 г.

Фотографии представлены: Shutterstock