



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

J.210

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

(11/2006)

СЕРИЯ J: КАБЕЛЬНЫЕ СЕТИ И ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ
ТЕЛЕВИЗИОННЫХ И ЗВУКОВЫХ ПРОГРАММ И
ДРУГИХ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СИГНАЛОВ

Интерактивные системы для распределения цифрового
телевидения

**Радиоинтерфейс нисходящего канала для
систем завершения вызова кабельного
модема**

Рекомендация МСЭ-Т J.210

Рекомендация МСЭ-Т J.210

Радиоинтерфейс нисходящего канала для систем завершения вызова кабельного модема

Резюме

В настоящей Рекомендации определяются спецификации радиоинтерфейса нисходящего канала (DRFI) для:

- модульного устройства граничного QAM-модулятора (edgeQAM (EQAM)); или
- интегрированной системы завершения вызова для кабельного модема (CMTS) с несколькими нисходящими каналами на один радиопорт; или
- интегрированной системы CMTS для стандартов, отличных от DOCSIS 2.0.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т J.210 утверждена 29 ноября 2006 года 9-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции I ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" ("shall") или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" ("must"), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2009

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1	Сфера применения	1
	1.1 Сфера применения	1
	1.2 Применение во всем мире	1
2	Справочные документы	2
	2.1 Нормативные справочные документы	2
	2.2 Информативные справочные документы	3
	2.3 Источники справочных документов	3
3	Термины и определения	3
4	Акронимы, сокращения и условные обозначения	5
	4.1 Акронимы и сокращения	5
	4.2 Условные обозначения	5
5	Рабочие предположения	6
	5.1 Широкополосная сеть доступа	6
	5.2 Предположения относительно оборудования	6
	5.3 Предположения относительно оборудования нисходящего канала передачи	7
6	Спецификация подуровня, зависящая от физической среды передачи	8
	6.1 Сфера применения	8
	6.2 Отличительные особенности модулятора EdgeQAM (EQAM) в сравнении с системой CMTS	9
	6.3 Нисходящий канал передачи	9
7	Подуровень конвергенции передачи в нисходящем канале	18
	7.1 Введение	18
	7.2 Формат пакета MPEG	18
	7.3 Заголовок MPEG для протокола передачи данных по кабельным сетям DOCSIS	19
	7.4 Полезная нагрузка MPEG для протокола передачи данных по кабельным сетям DOCSIS	19
	7.5 Взаимодействие с подуровнем MAC	20
	7.6 Взаимодействие с физическим уровнем	21
Приложение А – Дополнения и изменения к спецификации, принятой в Европе		22
	А.1 Сфера применения и цель	22
	А.2 Справочные документы	22
	А.3 Термины и определения	22
	А.4 Акронимы и сокращения	22
	А.5 Рабочие предположения	22
	А.6 Спецификация подуровня, зависящая от физической среды передачи	24
	А.7 Подуровень конвергенции передачи в нисходящем канале	31
Приложение В – Дополнения и изменения к спецификации, принятой в Японии		32
	В.1 Сфера применения и цель	32
	В.2 Справочные документы	32
	В.3 Термины и определения	32

	Стр.
В.4 Акронимы и сокращения	32
В.5 Рабочие предположения.....	32
В.6 Спецификация подуровня, зависящая от физической среды передачи.....	33
В.7 Подуровень конвергенции передачи в нисходящем канале	41

Рекомендация МСЭ-Т J.210

Радиоинтерфейс нисходящего канала для систем завершения вызова кабельного модема

1 Сфера применения

1.1 Сфера применения

Стандарт DOCSIS (Рекомендации МСЭ-Т J.112 и [ITU-T J.122]) определяет требования к двум основным компонентам, которые образуют систему высокоскоростной передачи данных по кабельным сетям: кабельному модему (CM) и системе завершения вызова кабельного модема (CMTS). В настоящей Рекомендации описаны требования физического уровня к передатчикам CMTS в архитектуре DOCSIS. Она применима к компонентам головных станций, построенных по архитектуре M-CMTS ([ITU-T J.212] и [ITU-T J.211]), а также к интегрированным системам CMTS.

В настоящей Рекомендации определяются спецификации радиоинтерфейса нисходящего канала (DRFI) для:

- модульного устройства граничного QAM-модулятора (edgeQAM (EQAM)); или
- интегрированной системы завершения вызова для кабельного модема (CMTS) с несколькими нисходящими каналами на один радиопорт; или
- интегрированной системы CMTS для стандартов, отличных от DOCSIS 2.0.

1.2 Применение во всем мире

Для различных сетей в мире приняты различные методы планирования спектра в кабельных системах. Поэтому в Рекомендации рассмотрено три варианта технологии физического уровня, которые имеют равные приоритеты и для которых не требуется обеспечивать взаимодействие. Один из вариантов технологии основан на многопрограммной системе распределения телевизионных программ, которая развернута в Америке и использует каналы шириной 6 МГц. Второй вариант технологии основан на аналогичной многопрограммной системе распределения телевизионных программ, использующей каналы шириной 8 МГц. Третий вариант технологии основан на аналогичной японской многопрограммной системе распределения телевизионных программ, использующей каналы шириной 6 МГц. Все варианты имеют одинаковый статус, несмотря на то что структура документа этого равенства не отражает. Первый вариант описывается в пунктах 5, 6, 7, тогда как второй и третий описаны при помощи замены содержания этих пунктов содержанием Приложений А и В, соответственно. Аналогично Рекомендация [ITU-T J.83-B] и стандарт [CEA-542-B] относятся только к первому варианту, стандарт [ETSI EN 300 429] относится только ко второму, а Рекомендация [ITU-T J.83-C] относится только к третьему варианту. Для обеспечения соответствия настоящей Рекомендации требуется соответствие как минимум одному из перечисленных документов, нет необходимости обеспечивать соответствие сразу с несколькими. Не требуется, чтобы оборудование, созданное в соответствии с одним вариантом, могло взаимодействовать с оборудованием, созданным в соответствии с другими вариантами.

Устройство, которое соответствует DRFI, может быть простым одноканальным устройством, или это может быть многоканальное устройство, способное создавать одновременно на одном радиочастотном порту один или несколько радиочастотных нисходящих каналов. Модулятор EQAM может быть либо модулем модульной системы завершения вызова для кабельного модема (M-CMTS) и использоваться для доставки цифрового телевидения, высокоскоростных услуг передачи данных, либо компонентом системы цифрового телевидения или системы "видео по запросу" (VoD), доставляющей абонентам высококачественный видеосигнал. Эти спецификации были разработаны таким образом, чтобы EQAM мог бы использоваться без ограничений как в любом из сценариев доставки информации, так и одновременно в обоих. "Одновременный" в первых вариантах реализации означает, что если выходной радиочастотный порт имеет несколько каналов QAM, то в некотором(ых) канале(ах) могут передаваться высокоскоростные данные, тогда как в некотором(ых) другом(их) канале(ах) могут передаваться сигналы цифрового телевидения. Эта спецификация позволяет будущим пользователям, используя один и тот же канал QAM, совместно использовать полосу пропускания для передачи высокоскоростных данных и передачи цифрового телевидения в одном транспортном потоке MPEG.

По существу EQAM сможет принимать данные по каналу Ethernet, интегрировать входящие данные, объединяя их в транспортный поток MPEG, модулировать одну или несколько РЧ несущих в соответствии с этими спецификациями и передавать сигнал на РЧ соединительный элемент, который

используется одновременно всеми модуляторами. Можно предположить, что один радиоканал модулятора EQAM может быть использован для одновременной передачи данных и видео. Причина, позволяющая использовать радиоканал модулятора EQAM для любого из этих видов передачи, заключается в том, что оба цифровых нисходящих потока – цифрового видео и передачи данных по стандарту DOCSIS – основаны на Рекомендации [ITU-T J.83-B] для кабельных сетей в Америке, на стандарте [ETSI EN 300 429] для кабельных сетей в Европе и на Рекомендации [ITU-T J.83-C] для кабельных сетей в Японии. Как правило, в нисходящих каналах, соответствующих Рекомендации [ITU-T J.83-B], одно-единственное различие между радиоканалом EQAM, работающим в видеорежиме, и радиоканалом EQAM, работающим в режиме передачи данных DOCSIS, заключается в глубине перемежения (см. пункты 6.3.1 и 6.3.3). Данные DOCSIS передаются в режиме с малым временем ожидания, с неглубоким перемежением за счет снижения защиты пакетов. Для данных DOCSIS это вполне допустимо, так как если возникает ошибка передачи, то протоколы более высокого уровня запросят повтор передачи пропущенных данных. В случае передачи видеосигнала необходимо сохранять время передачи и последовательность передачи кадров программы, и пропущенные кадры нельзя передавать повторно. По этой причине для передачи видео применяется более глубокое перемежение, обеспечивающее более сильную защиту пакетов и безошибочную доставку большего процента содержания программы. За это преимущество видеорежим расплачивается временем задержки. Как правило, общий контент программы задерживается на несколько миллисекунд, что не заметно для зрителя. Именно различные требования по глубине перемежения не позволяют обеспечить оптимальное использование радиоканала EQAM для одновременной передачи видео и данных DOCSIS. Однако традиционная интегрированная CMTS используется только для передачи данных по стандарту DOCSIS.

2 Справочные документы

2.1 Нормативные справочные документы

В нижеследующих Рекомендациях МСЭ-Т и других справочных документах содержатся положения, которые посредством ссылок в настоящем тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На время публикации указанные здесь издания были действительными. Все Рекомендации и другие справочные документы постоянно пересматриваются, поэтому всем пользователям настоящей Рекомендации настоятельно рекомендуется изучить возможность использования последних изданий перечисленных ниже Рекомендаций и других справочных документов. Перечень действующих Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка в настоящей Рекомендации на какой-либо документ не придает этому отдельному документу статуса Рекомендации.

- [ITU-T H.222.0] ITU-T Recommendation H.222.0 (2006) | ISO/IEC 13818-1:2006, *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems.*
- [ITU-T J.83-B] ITU-T Recommendation J.83 (1997), *Digital multi-programme systems for television, sound and data services for cable distribution. Annex B: Digital multi-programme System B.*
- [ITU-T J.83-C] ITU-T Recommendation J.83 (1997), *Digital multi-programme systems for television, sound and data services for cable distribution. Annex C: Digital multi-programme System C.*
- [ITU-T J.122] Рекомендация МСЭ-Т J.122 (2002 г.), *Передающие системы второго поколения для служб интерактивного кабельного телевидения – кабельные IP-модемы.*
- [ITU-T J.211] ITU-T Recommendation J.211 (2006), *Timing interface for cable modem termination systems.*
- [ETSI EN 300 429] ETSI EN 300 429 V1.2.1 (1998), *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems.*
- [IEC 60169-24] IEC 60169-24 (1991), *Radio-frequency connectors – Part 24: Radio-frequency coaxial connectors with screw coupling, typically for use in 75 ohm cable distribution systems (Type F).*

2.2 Информативные справочные документы

[ITU-T J.212]	ITU-T Recommendation J.212 (2006), <i>Downstream external physical layer interface for modular cable modem termination systems</i> .
[NSI]	<i>Cable Modem Termination System Network Side Interface</i> , SP-CMTS-NSI-I01-960702, 2 July 1996, Cable Television Laboratories, Inc.
[M-OSSI]	<i>Modular CMTS Operations Support System Interface</i> , CM-SP-M-OSSI-I02-051209, 9 December 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
[CEA-542-B]	CEA-542-B: <i>CEA Standard: Cable Television Channel Identification Plan</i> , July 2003.
[CMCI]	<i>Cable Modem to Customer Premises Equipment Interface</i> , CM-SP-CMCI-I10-050408, 8 April 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
[ERMI]	<i>Edge Resource Manager Interface</i> , CM-SP-ERMI-I02-051209, 9 December 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
[Article 23-(1)]	<i>Regulations for Enforcement of the Cable Television Article 23-(1)</i> , Ministry of Internal Affairs and Communications (MIC), Japan.

2.3 Источники справочных документов

- Лаборатория кабельного телевидения, Inc., <http://www.cablelabs.com/>.
- EIA: Ассоциация электронной промышленности, http://www.eia.org/new_contact/.
- ETSI: Европейский институт стандартизации электросвязи, http://www.etsi.org/services_products/freestandard/home.htm.
- МСЭ: Международный союз электросвязи (МСЭ), <http://www.itu.int/home/contact/index.html>.
- ИСО: Международная организация по стандартизации (ИСО), <http://www.iso.org/iso/en/xsite/contact/contact.html>.
- МИС: Министерство внутренних дел и электросвязи (МИС), http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/eng/index.html.

3 Термины и определения

В настоящей Рекомендации определяются следующие термины:

3.1 округление вверх (ceiling (ceil)): Функция округления вверх округляет число до ближайшего целого или ближайшего значащего кратного. Использование: функция округления вверх (число, значимость).

3.2 кабельный модем (cable modem (CM)): Модулятор-демодулятор на стороне пользователя, предназначенные для обеспечения передачи данных в системе кабельного телевидения.

3.3 оборудование, устанавливаемое в помещении абонента (customer premises equipment (CPE)): Оборудование, устанавливаемое в помещении конечного абонента, может быть предоставлено провайдером услуг.

3.4 отношение несущая-шум (carrier-to-noise ratio (C/N или CNR)): Отношение мощности сигнала к мощности шума в определенной ширине полосы измерений. Для цифровой модуляции $CNR = E_s/N_0$ – отношение энергии в одном символе к плотности шума; мощность сигнала измеряется в занимаемой полосе, а мощность шума нормализуется относительно ширины полосы для данной модуляции. Для аналоговой модуляции видеосигнала NTSC ширина полосы измерения шума = 4 МГц.

3.5 децибелы (дБ) (decibels (dB)): Отношение двух уровней мощности, математически выраженное следующим образом $дБ = 10 \log_{10}(P_{OUT}/P_{IN})$.

- 3.6 децибел-милливольты (дБмВ) (decibel-millivolt (dBmV)):** Единица мощности радиосигнала, выраженная в децибелах относительно 1 милливольты на нагрузке 75 Ом, где $\text{дБмВ} = 20\log_{10}$ (значение, выраженное в мВ относительно 1 мВ (мВ/1 мВ)).
- 3.7 децибел-микровольты (дБмкВ) (decibel-microvolt (dBμV)):** Единица мощности радиосигнала, выраженная в децибелах относительно 1 микровольты на нагрузке 75 Ом, где $\text{дБмкВ} = 20\log_{10}$ (значение, выраженное в мкВ относительно 1 мкВ (мкВ/1 мкВ)).
- 3.8 Ассоциация электронной промышленности (Electronic Industries Alliance (EIA)):** Добровольное объединение производителей, которое помимо других действий готовит и публикует стандарты.
- 3.9 граничный QAM-модулятор (edgeQAM modulator (EQAM)):** Устройство головной или узловой станции, которое принимает пакеты цифрового видеосигнала или данных. Оно распаковывает пакеты цифрового видеосигнала или данных, превращая их в транспортный поток MPEG, и выполняет цифровую модуляцию цифрового транспортного потока, преобразуя его в радиосигнал нисходящего канала передачи, использующий квадратурную амплитудную модуляцию (QAM).
- 3.10 предупреждающая коррекция ошибок (forward error correction (FEC)):** Набор методов для регулирования числа ошибок в системе связи. Вместе с данными FEC передает информацию проверки четности, которую может использовать приемник для проверки и корректировки данных.
- 3.11 гармонически связанные несущие (harmonic related carriers (HRC)):** Метод разнесения каналов в системе кабельного телевидения, когда все несущие связаны с одной опорной частотой.
- 3.12 гибридная система оптоволоконно/кабель (hybrid fibre/coax system (HFC)):** Широкополосная двунаправленная система передачи с общей средой передачи данных, в которой между головной и узловыми станциями используются оптоволоконные магистральные каналы, а от узловых станций до помещений пользователей применяются коаксиальные распределительные сети.
- 3.13 несущие, связанные посредством сдвига каналов (incremental related carriers (IRC)):** Метод разнесения каналов в системе кабельного телевидения стандарта NTSC, при котором все каналы сдвинуты на 12,5 кГц по отношению к стандартному плану размещения каналов [CEA-542-B], за исключением каналов 5 и 6.
- 3.14 управление доступом к среде передачи данных (media access control (MAC)):** Используется для обозначения элемента системы 2-го уровня, который включает в себя формирование кадров и сигнализацию стандарта DOCSIS.
- 3.15 коэффициент ошибок модуляции (modulation error ratio (MER)):** Отношение числа символов к среднему числу ошибочных символов.
- 3.16 M/N:** Отношение целых чисел M и N, которое представляет собой отношение частоты синхронизации символов в нисходящем канале к частоте синхронизации задающего генератора стандарта DOCSIS.
- 3.17 мультисистемный оператор (multiple system operator (MSO)):** Юридическое лицо, которое владеет или является оператором нескольких кабельных систем.
- 3.18 национальный комитет по телевизионным системам (national television systems committee (NTSC)):** Комитет, который определил аналоговый стандарт цветного телевизионного вещания в Северной Америке. Именем этого комитета был назван стандартный для Северной Америки формат видеосигнала, состоящего из 525 строк.
- 3.19 архитектура сетей последующих поколений (NGNA LLC):** Общество, организованное операторами кабельных сетей для определения архитектуры сетей последующих поколений для удовлетворения требований будущего рынка кабельной промышленности и бизнеса.
- 3.20 подуровень, зависящий от физической среды передачи (physical media dependent sublayer (PMD)):** Подуровень физического уровня, который отвечает за передачу битов или групп битов по линии передачи определенного типа между открытыми системами и который определяет порядок выполнения электрических и механических процедур, а также процесса установления соединения.
- 3.21 канал QAM (QAM channel (QAM ch)):** Аналоговый радиоканал, в котором для передачи информации используется квадратурная амплитудная модуляция (QAM).
- 3.22 квадратурная амплитудная модуляция (quadrature amplitude modulation (QAM)):** Метод модуляции, в котором для передачи информации, например цифровых данных, изменяется амплитуда и фаза аналогового сигнала.
- 3.23 радиочастота (РЧ) (radio frequency (RF)):** Участок электромагнитного спектра от нескольких килогерц до частоты, предшествующей частоте инфракрасного света.

3.24 радиointерфейс (radiointerface (RFI)): Этот термин включает в себя радиointерфейсы нисходящего и восходящего каналов передачи.

3.25 среднеквадратический (root mean square (RMS)): Квадратный корень среднего значения квадрата функции.

3.26 аутоагрегация (self-aggregation): Метод, используемый для расчета уровня собственных шумов одного устройства в определенном диапазоне частот.

3.27 стандартный план размещения каналов (standard channel plan (STD)): Метод разнесения телевизионных каналов NTSC в системе кабельного телевидения, определенный в стандарте [CEA-542-B].

3.28 дескриптор восходящего канала (upstream channel descriptor (UCD)): Управляющее сообщение MAC, используемое для передачи на кабельные модемы информации о характеристиках физического уровня восходящего канала.

3.29 видео по запросу (video-on-demand (VoD)): Система, которая позволяет потребителям выбирать и просматривать передаваемый в сети видеоконтент при помощи интерактивной телевизионной системы.

4 Акронимы, сокращения и условные обозначения

4.1 Акронимы и сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы:

CMCI	Cable Modem to CPE Interface		Интерфейс между кабельным модемом и оборудованием на стороне пользователя
CMTS	Cable Modem Termination System		Система завершения вызова кабельного модема
CW	Continuous Wave		Непрерывный сигнал
dBc	Decibels relative to carrier power		Децибелы относительно мощности несущей
DEPI	Downstream External-PHY Interface		Внешний физический интерфейс нисходящего канала
DOCSIS	Data-Over-Cable Service Interface Specification		Спецификация передачи данных по кабелю
DRFI	Downstream Radio Frequency Interface		Радиointерфейс нисходящего канала
DTI	DOCSIS Timing Interface		Интерфейс синхронизации DOCSIS
ERMI	Edge Resource Manager Interface		Интерфейс пограничного менеджера ресурсов
M-CMTS	Modular Cable Modem Termination System		Модульная система завершения вызова кабельного модема
MPEG	Moving Picture Experts Group		Группа экспертов по вопросам кинотехники
NGNA	Next Generation Network Architecture, see <i>NGNA LLC</i>	АСПП	Архитектура сетей последующих поколений, см. <i>NGNA LLC</i>
OSSI	Operations Support System Interface		Интерфейс системы оперативной поддержки
PHY	Physical Layer		Физический уровень
ppm	parts per million	10^{-6}	Миллионных частей
Q	Quadrature modulation component		Квадратурный компонент модуляции
S-CDMA	Synchronous Code Division Multiple Access		Синхронный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов

4.2 Условные обозначения

В тексте данной Рекомендации слова, используемые для определения значимости специфических требований, выделяются прописными буквами. К таким словам относятся:

"ДОЛЖЕН" ("MUST" или "SHALL")	Данное слово или прилагательное "ТРЕБУЕМЫЙ" означает, что данное положение является безусловным требованием настоящей Рекомендации.
"НЕ ДОЛЖЕН" ("MUST NO" или "SHALL NOT")	Данная фраза означает, что данное положение является безусловным запретом, налагаемым настоящей Рекомендацией.

"СЛЕДУЕТ"
("SHOULD")

Данное слово или прилагательное "РЕКОМЕНДОВАННЫЙ" означает, что при определенных условиях могут существовать веские причины, для того чтобы не принимать во внимание данное положение, однако следует осознать все последствия и тщательно взвесить ситуацию до выбора иного образа действия.

"НЕ СЛЕДУЕТ"
("SHOULD NOT")

Данная фраза означает, что при определенных условиях могут существовать веские причины приемлемости и даже пользы отмеченного поведения, однако следует осознать все последствия и тщательно взвесить ситуацию до реализации любого поведения, описываемого этой фразой.

"МОЖЕТ"
("MAY")

Данное слово или прилагательное "ВОЗМОЖНЫЙ" означает, что это положение на самом деле является дополнительным. Один поставщик может решить включить такое положение, поскольку, например, оно требуется на конкретном рынке или поскольку оно улучшает продукт, другой поставщик может то же самое положение проигнорировать.

5 Рабочие предположения

В настоящем пункте описываются характеристики оборудования кабельного телевидения, которое, как предполагается, предназначено для обеспечения работы систем передачи данных по кабельным сетям. Он не является описанием параметров EQAM или CMTS. Система передачи данных по кабельным сетям ДОЛЖНА иметь возможность взаимодействия с окружающими устройствами, описанными в настоящем пункте.

В любом месте настоящего пункта, где упоминаются частотные планы или совместимость с другими службами, или конфликты с любыми законодательными требованиями, действующими в области обслуживания системы, последние имеют преимущества. Любое упоминание аналоговых сигналов NTSC с каналами шириной 6 МГц не подразумевает, что такие сигналы существуют физически.

5.1 Широкополосная сеть доступа

Предполагается, что используется коаксиальная широкополосная сеть доступа. Она может иметь вид либо коаксиальной сети, либо гибридной – оптоволоконной-коаксиальной (HFC) сети. Для обозначения всех вариантов здесь используется общий термин "кабельная сеть".

В случае аналоговой передачи кабельная сеть работает в совместно используемой среде передачи с разветвленной архитектурой. В настоящей Рекомендации предполагаются следующие ключевые функциональные характеристики:

- Двусторонняя передача.
- Максимальное оптическое/электрическое расстояние между устройством, соответствующим требованиям DRFI, и наиболее удаленным кабельным модемом составляет 100 миль в каждую сторону, хотя типичное максимальное расстояние может составлять 10–15 миль.
- Максимальное дифференциальное оптическое/электрическое расстояние между устройством, соответствующим требованиям DRFI, и самым близким и наиболее удаленным кабельными модемами составляет 100 миль в каждую сторону, хотя, как правило, оно ограничивается 15 милями.

При скорости распространения в оптоволокне, равной примерно 1,5 фут/нс, для кабеля длиной 100 миль в каждом направлении получим задержку распространения в обоих направлениях, равную примерно 1,6 мс. Более подробная информация приведена в Дополнении VIII Рекомендации [ITU-T J.122].

5.2 Предположения относительно оборудования

5.2.1 Частотный план

Предполагается, что в нисходящем направлении кабельная система имеет полосу пропускания, нижняя граница которой расположена между 50 и 54 МГц, а верхняя граница зависит от варианта реализации, но, как правило, лежит в пределах от 300 до 870 МГц. Предполагается, что в пределах

этой полосы пропускания имеются аналоговые телевизионные сигналы NTSC с каналами шириной 6 МГц, которые расположены в соответствии со стандартным (STD) частотным планом или в соответствии с частотными планами HRC или IRC, а также другие узкополосные и широкополосные цифровые сигналы.

5.2.2 Совместимость с другими службами

Кабельный модем (CM) и модулятор EQAM или система CMTS ДОЛЖНЫ сосуществовать с другими службами, использующими данную кабельную сеть, например:

- a) они ДОЛЖНЫ обеспечивать взаимодействие в том участке спектра кабельной системы, который распределен для взаимодействия EQAM или CMTS с CM, в то время как остальная часть спектра кабельной системы занята под передачу телевизионных и иных сигналов в любой комбинации; и
- b) они НЕ ДОЛЖНЫ создавать вредных помех любым другим службам, которым распределен спектр в данной кабельной сети за пределами того спектра, который выделен для работы EQAM или CMTS. Последнее утверждение подразумевает, что:
 - 1) нет поддающихся измерению ухудшений качества (высший уровень совместимости);
 - 2) нет ухудшения качества ниже допустимого уровня искажений для всех услуг (стандартный или средний уровень совместимости); или
 - 3) нет ухудшения качества ниже минимальных стандартных уровней, допускаемых в промышленности (например, стандарт FCC для услуг аналогового телевидения) или другими поставщиками услуг (минимальный уровень совместимости).

5.2.3 Влияние локализации ошибок на других пользователей

Поскольку передачи в нисходящем канале ведутся в совместно используемой среде передачи систем "пункт–многие пункты", процедуры локализации ошибок должны учитывать возможное вредное влияние ошибок и процедур локализации ошибок на многих пользователей услуг передачи данных по кабелю, передачи видеоизображений и других услуг.

Описание вредного влияния дается в пункте 5.2.2, выше.

5.3 Предположения относительно оборудования нисходящего канала передачи

При разработке спецификаций DRFI были сделаны предположения относительно оборудования нисходящего канала передачи, перечисленные в настоящем пункте.

5.3.1 Уровни передачи

Номинальный уровень мощности радиосигнала(ов) нисходящего канала в пределах канала шириной 6 МГц (средняя мощность) должен лежать диапазоне от -10 dBc до -6 dBc относительно уровня аналогового видеосигнала (пиковая мощность) и, как правило, не будет превышать уровень аналогового видеосигнала.

5.3.2 Инверсия частоты

На трассе передачи не будет выполняться инверсия частоты ни в нисходящем, ни в восходящем направлениях (т. е. увеличение частоты на входе кабельной сети приводит к увеличению частоты на ее выходе).

5.3.3 Схема размещения аналоговых и цифровых каналов

При разработке настоящей Рекомендации предполагалось, что на головной станции будет развернуто максимум 119 цифровых каналов. В расчетах величины CNR (защиты для аналоговых каналов) предполагалось, что аналоговые каналы размещаются на нижних частотах схемы размещения каналов, в отличие от цифровых каналов.

5.3.4 Требуемое значение защиты для аналоговых каналов

Одной из целей Рекомендации по DRFI является обеспечение минимальной требуемой защиты для аналогового канала $CNR = 60$ дБ для систем, использующих до 119 каналов QAM, соответствующих DRFI.

В настоящей Рекомендации предполагается, что уровень передаваемой мощности цифровых каналов будет на 6 дБ ниже пиковой мощности огибающей видеосигнала аналоговых каналов, что является

типовым условием для передачи с модуляцией 256QAM. Далее предполагалось, что согласно схеме размещения каналов аналоговые каналы будут располагаться на более низких частотах, чем цифровые каналы. Для того чтобы учесть различия по требованиям к ширине полосы шума, в цифровых и аналоговых каналах используется поправочный коэффициент $10 \cdot \log_{10}(6 \text{ МГц}/4 \text{ МГц})$. При вышеупомянутых предположениях для системы со 119 каналами QAM спецификация, приведенная в пункте 5 таблицы 6-5, соответствует защите аналоговых каналов $\text{CNR} = 60 \text{ дБ}$.

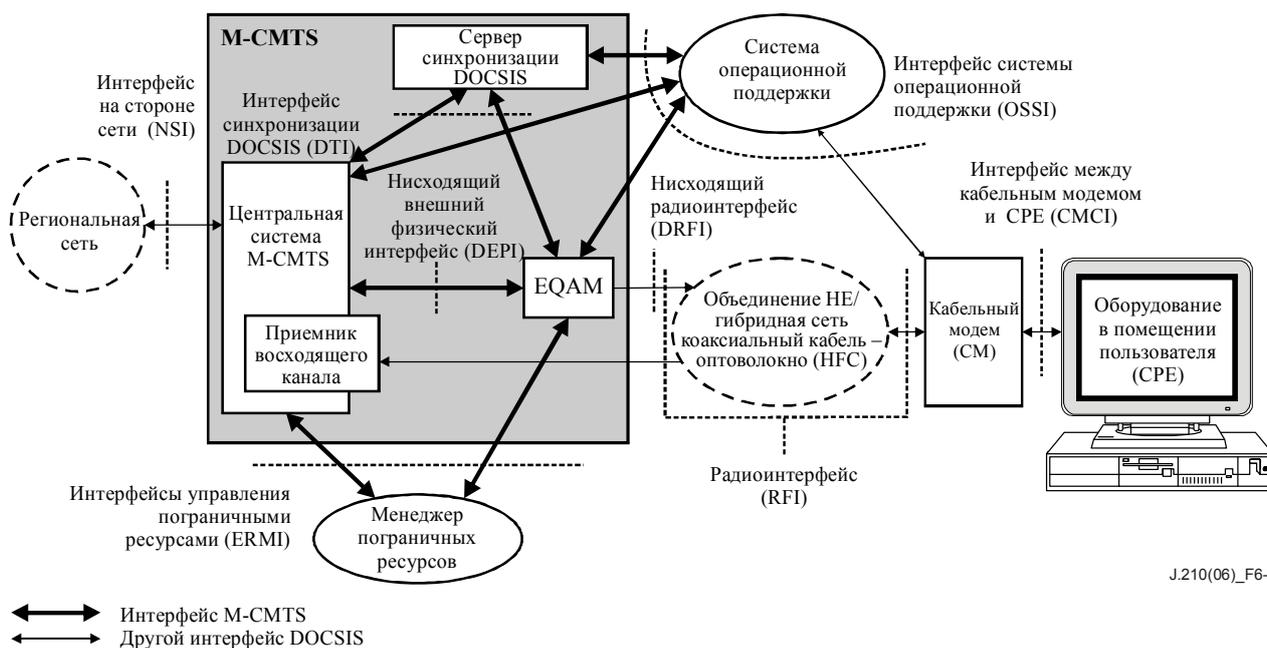
6 Спецификация подуровня, зависящая от физической среды передачи

6.1 Сфера применения

Настоящий пункт относится к первому варианту технологии, указанной в пункте 1. Второй вариант описан в Приложении А.

В настоящей Рекомендации определяются электрические характеристики радиointерфейса нисходящего канала передачи (DRFI), системы завершения вызова кабельного модема (CMTS) или граничного модулятора edgeQAM (EQAM). Задача настоящей Рекомендации заключается в том, чтобы определить такое устройство, способное к взаимодействию и совместимое с DRFI, чтобы кабельный модем (CM) любого варианта реализации мог бы работать с любыми модулятором EQAM или системой CMTS. Настоящая Рекомендация не ставит своей целью определять какой-либо конкретный вариант реализации. На рисунке 6-1 показана структура и интерфейсы модульной системы завершения вызова кабельного модема (M-CMTS).

В любом месте настоящего пункта, где упоминаются побочные излучения, вступая в конфликт с любыми законодательными требованиями, действующими в области обслуживания системы, последние имеют преимущества.



J.210(06)_F6-1

Рисунок 6-1 – Логический вид модульной системы CMTS и интерфейсов

Интерфейс системы CMTS на стороне сети (NSI), интерфейс модульной системы операционной поддержки CMTS (M-OSSI), радиointерфейс (RFI) и интерфейс между кабельным модемом и CPE (CMCI) описаны в существующих Рекомендациях DOCSIS (см. пункт 2.2). Для интерфейса синхронизации DOCSIS (DTI), интерфейса в нисходящем канале между внешней средой и физическим уровнем [ITU-T J.212], интерфейса в нисходящем канале (настоящая Рекомендация) и интерфейса менеджера пограничных ресурсов (ERMI) необходимы новые спецификации, учитывающие особенности работы модульной системы M-CMTS в условиях архитектуры сетей последующих поколений (АСПП).

6.2 Отличительные особенности модулятора EdgeQAM (EQAM) в сравнении с системой CMTS

Модулятор EQAM представляет собой, главным образом, модуль, выделенный из общей системы CMTS и выполняющий модуляцию и передачу радиосигнала. Поскольку система CMTS была разделена на составляющие части в модулях, то для EQAM требуется новый интерфейс для связи с модулем MAC модульной системы CMTS (M-CMTS). Этот новый интерфейс является интерфейсом Ethernet, определенным в [ITU-T J.212], требуемым для связи с EQAM, который теперь стал удаленным. Конструктивные элементы, семантика и синтаксис интерфейса DEPI, а также любые новые компоненты и процедуры EQAM определяются в документации интерфейса DEPI.

Модуляторы EQAM могут также связываться с серверами видеосигналов через интерфейс Ethernet и выполнять радиопередачу в нисходящем канале с целью доставки цифровых видеослужб. Протоколы, необходимые для предоставления видеослужб через модуляторы EQAM, в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

В настоящей Рекомендации поддерживается несколько новых возможностей. В Рекомендациях DOCSIS 1.x и 2.0 не предусмотрена возможность оборудования, предлагаемого производителями, поддерживать передачу нескольких каналов на один физический РЧ порт. В настоящей Рекомендации приведены требования и дополнительные функции, которые позволяют испытать, измерить и при успешном результате определить соответствие установленным требованиям модулятора EQAM или системы CMTS с несколькими каналами на одном физическом РЧ порту.

Обеспечить синхронизацию модуля в модульной системе M-CMTS не так просто, как в интегрированной системе CMTS. Модулятор EQAM, совместимый с DRFI, имеет порт синхронизации, который позволяет использовать высокоточные интерфейсы синхронизации DOCSIS (DTI) для распределения сигналов общего задающего генератора и сигналов синхронизации. Такая возможность, благодаря высокой стабильности и малому фазовому дрожанию внешнего задающего генератора и системы распределения, позволяет использовать модулятор EQAM во всех режимах, включая режим S-CDMA. Интерфейс синхронизации DOCSIS определяется в [ITU-T J.211].

6.3 Нисходящий канал передачи

6.3.1 Протокол нисходящего канала передачи

Подуровень, зависящий от физической среды передачи (PMD) ДОЛЖЕН соответствовать [ITU-T J.83-B], за исключением пункта В.6.2. Значения глубины перемежения определяются в пункте 6.3.3. Применимость конкретного значения глубины перемежения зависит от услуги передачи данных, предоставляемой в определенном радиоканале QAM. Применимость значений глубины перемежения для доставки услуги, не являющейся высокоскоростной передачей данных DOCSIS, в настоящей Рекомендации не рассматривается.

6.3.2 Формат спектра

Модулятор нисходящего канала для каждого канала QAM модулятора EQAM или системы CMTS ДОЛЖЕН обеспечивать возможность работы со следующим форматом радиочастотного сигнала $S(t) = I(t) \cdot \cos(\omega t) + Q(t) \cdot \sin(\omega t)$, где t обозначает время, ω – угловую радиочастоту, а $I(t)$ и $Q(t)$ представляют собой, соответственно, низкочастотный и квадратурный компоненты сигнала после фильтра с характеристикой, соответствующей квадратному корню характеристики Найквиста, определенные в [ITU-T J.83-B].

6.3.3 Масштабируемое перемежение для предоставления видеослужб и услуг высокоскоростной передачи данных

Подуровень PMD в CMTS или EQAM нисходящего канала ДОЛЖНЫ поддерживать перемежение с переменной глубиной. В [ITU-T J.83-B] в таблице В.2/J.83 определяются переменные значения глубины перемежения для перемежения на уровне 2.

CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ поддерживать набор значений глубины перемежения, показанный в таблицах 6-1 и 6-2. Требования к операционной готовности значений глубины перемежения приведены в пункте 6.3.5.1.2 (1).

Таблица 6-1 – Значения глубины перемежения для малого времени задержки

Кодовое слово	Секции перемежения	Шаг перемежения	64QAM 5,056941 Мсимв/с 6 битов на символ		256QAM 5,360537 Мсимв/с 8 битов на символ	
			Защита пакета	Задержка	Защита пакета	Задержка
Четыре бита	I	J				
1001	8	16	5,9 мкс	0,22 мс	4,1 мкс	0,15 мс
0111	16	8	12 мкс	0,48 мс	8,2 мкс	0,33 мс
0101	32	4	24 мкс	0,98 мс	16 мкс	0,68 мс
0011	64	2	47 мкс	2,0 мс	33 мкс	1,4 мс
0001	128	1	95 мкс	4,0 мс	66 мкс	2,8 мс

Таблица 6-2 – Значения глубины перемежения для защиты продолжительных пакетов от воздействия шумов

Кодовое слово	Секции перемежения	Шаг перемежения	64QAM 5,056941 Мсимв/с 6 битов на символ		256QAM 5,360537 Мсимв/с 8 битов на символ	
			Защита пакета	Задержка	Защита пакета	Задержка
Четыре бита	I	J				
0000	128	1	95 мкс	4,0 мс	66 мкс	2,8 мс
0010	128	2	190 мкс	8,0 мс	132 мкс	5,6 мс
0100	128	3	285 мкс	12 мс	198 мкс	8,4 мс
0110	128	4	380 мкс	16 мс	264 мкс	11 мс
1000	128	5	475 мкс	20 мс	330 мкс	14 мс
1010	128	6	570 мкс	24 мс	396 мкс	17 мс
1100	128	7	664 мкс	28 мс	462 мкс	20 мс
1110	128	8	759 мкс	32 мс	528 мкс	22 мс

Глубина перемежения, которая кодируется при помощи 4-битового кодового слова в заключительной части кадра синхронизации FEC, всегда касается перемежения в кадре, следующем непосредственно после него. Кроме того, допускается передача ошибок в то время, когда сбрасывается память устройства перемежения после указания смены формата перемежения.

Спецификация битов управления, необходимых для определения используемого режима перемежения, приводится в [ITU-T J.83-B].

6.3.4 Частотный план нисходящего канала передачи

Частотный план нисходящего канала передачи ДОЛЖЕН соответствовать частотному плану, используемому в кабельной системе, в которой будет работать этот канал. Например, это может быть частотный план на основе гармонически связанных несущих (HRC), частотный план на основе несущих, связанных посредством сдвига каналов (IRC) или стандартный северо-американский частотный план (STD) для цифровых сигналов QAM. Рабочие частоты МОГУТ включать в себя все каналы с центральными частотами от 57 МГц до 999 МГц включительно. Рабочие частоты ДОЛЖНЫ включать в себя как минимум каналы с центральными частотами от 91 МГц до 867 МГц.

6.3.5 Электрический выход DRFI

Модуляторы EQAM и системы CMTS могут существовать в двух различных вариантах:

- Одноканальные устройства, которые могут создавать только один РЧ канал на одном физическом РЧ порту.
- Многоканальные устройства, способные создавать на одном физическом РЧ порту одновременно несколько каналов. Многоканальное устройство может использоваться для создания одного канала, но и в этом случае оно остается многоканальным устройством.

Устройство, создающее N каналов на одном РЧ порту, ДОЛЖНО соответствовать всем требованиям, связанным с работой с N каналами на одном РЧ порту, и ДОЛЖНО соответствовать всем требованиям к устройству, создающему N' каналов на одном РЧ порту, который работает с N' каналами для всех четных значений N' меньше N и для $N' = 1$. Одноканальные устройства ДОЛЖНО соответствовать всем требованиям к устройству, создающему N каналов, для которого $N = 1$.

В этих спецификациях предполагается, что устройство DRFI будет нагружено на нагрузку 75 Ом.

Если в стойке размещено несколько систем CMTS или модуляторов EQAM, то каждая система CMTS или каждый модулятор EQAM ДОЛЖЕН иметь определенные параметры, соответствующие определениям, данным в настоящей Рекомендации, вне зависимости от числа других CMTS или EQAM, их положения в стойке или их конфигурации.

6.3.5.1 Электрический выход CMTS или EQAM

CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ иметь на своем выходе модулированный РЧ сигнал с характеристиками, определенными в таблицах 6-3, 6-4 и 6-5. Условием выполнения этих требований, за исключением требований к фазовому шуму и требований по подавлению несущей в одном активном канале в целях диагностики (таблица 6-4), является то, что все N комбинированных каналов должны иметь одинаковую среднюю мощность.

Таблица 6-3 – Требования к электрическому РЧ выходу

Параметр	Значение
Центральная частота (f_c) любого РЧ канала в CMTS или EQAM	МОЖЕТ быть от 57 МГц до 999 МГц ± 30 кГц (Примечание 1) ДОЛЖНА быть как минимум от 91 МГц до 867 МГц ± 30 кГц
Уровень	Регулируемый. См. таблицу 6-4
Тип модуляции	64QAM, 256QAM
Символьная скорость (номинальное значение) 64QAM 256QAM	5,056941 Мсимв/с 5,360537 Мсимв/с
Номинальное разнесение каналов	6 МГц
Частотная характеристика 64QAM 256QAM	$\sim 0,18$ приподнятый корень квадратный из косинуса $\sim 0,12$ приподнятый корень квадратный из косинуса
Внутриполосные побочные излучения, искажения и шумы	MER без предискажений (Примечание 2) > 35 дБ MER с предискажениями > 43 дБ
Внутриполосные побочные излучения и шумы	≤ -48 дБс; где каналные побочные излучения и шумы включают в себя все дискретные побочные излучения, шумы, просачивание несущей, линии синхросигнала, продукты синтезатора и другие нежелательные продукты передатчика. Побочные излучения и шумы в пределах полосы ± 50 кГц от несущей из рассмотрения исключаются. Когда $N > 1$, шум за пределами ширины полосы Найквиста из рассмотрения исключается
Внеполосные побочные излучения и шумы	См. таблицу 6-5

Таблица 6-3 – Требования к электрическому РЧ выходу

Параметр	Значение
Фазовый шум Один активный канал, $N - 1$ каналов подавлены (см. пункт 6.3.5.1.2 (6)) 64QAM и 256QAM	1 кГц – 10 кГц: –33 dBc двусторонняя мощность шума 10 кГц – 50 кГц: –51 dBc двусторонняя мощность шума 50 кГц – 3 МГц: –51 dBc двусторонняя мощность шума
Все N каналов активны, (см. пункт 6.3.5.1.2 (7)) 64QAM и 256QAM	1 кГц – 10 кГц: –33 dBc двусторонняя мощность шума 10 кГц – 50 кГц: –51 dBc двусторонняя мощность шума
Выходное сопротивление	75 Ом
Потери из-за отражения от выхода (Примечание 3)	> 14 дБ в пределах активного выходного канала от 88 МГц до 750 МГц (Примечание 4) > 13 дБ в пределах активного выходного канала от 750 МГц до 870 МГц (Примечание 5) > 12 дБ в каждом неактивном канале от 54 МГц до 870 МГц > 10 дБ в каждом неактивном канале от 870 МГц до 1 002 МГц
Соединительный элемент	Соединительный элемент F в соответствии с [IEC 60169-24]
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значение 30 кГц включает в себя допуск величиной 25 кГц для наибольшего частотного сдвига, который обычно предусмотрен в конверторах частоты вверх.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – MER (коэффициент ошибок модуляции) определяется отклонениями в кластере, обусловленными передаваемым сигналом на выходе идеально согласованного фильтра приемника. MER включает в себя все дискретные побочные излучения, шумы, просачивание несущей, гармоники синхросигнала, продукты синтезатора, искажения и другие нежелательные продукты передатчика. Кроме того, MER без предскажений включает в себя искажения линейной фильтрации, которые компенсируются эквалайзером приемника. Из рассмотрения исключается фазовый шум в полосе до ± 50 кГц от несущей, определенной внутрисполосной спецификацией, для того чтобы максимально возможно отделить друг от друга требования к фазовому шуму и требования к внутрисполосным побочным излучениям. При измерении величины MER продолжительность записи или ширина полосы системы автоматического слежения за несущей должна быть такой, чтобы исключить из измерений низкочастотный фазовый шум. Для MER с предскажениями коэффициенты эквалайзера приемника вычисляются и применяются для приемника, к которому присоединено испытываемое устройство. Для MER без предскажений при необходимости выравнивания АЧХ приемника также могут быть вычислены коэффициенты эквалайзера приемника, которые после присоединения испытываемого устройства остаются фиксированными. Требования MER предполагают, что измерения выполнены при помощи калиброванного измерительного оборудования, в котором исключено влияние остаточного собственного MER.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Диапазоны частот указаны от границы до границы.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Если EQAM или CMTS предоставляют услуги в канале с центральной частотой 57 МГц (строка 1 в таблице), то эти EQAM или CMTS ДОЛЖНЫ обеспечить потери на отражение > 14 дБ в пределах активного выходного канала в диапазоне частот от 54 МГц до 750 МГц (f_{edge}).</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Если EQAM или CMTS предоставляют услуги в канале с центральной частотой 999 МГц (строка 1 в таблице), то эти EQAM или CMTS ДОЛЖНЫ обеспечить потери на отражение > 12 дБ в пределах активного выходного канала в диапазоне частот от 870 МГц до 1002 МГц (f_{edge}).</p>	

6.3.5.1.1 Мощность на канал CMTS или EQAM

EQAM или CMTS ДОЛЖНЫ создавать выходной радиосигнал со значениями мощности, определенными в таблице 6-4. Мощность в радиоканале МОЖЕТ регулироваться для каждого канала в отдельности, при этом в каждом канале соответствие значениям мощностей, определенным в таблице 6-4, обеспечивается независимо от других каналов. Если модуляция в EQAM или CMTS осуществляется для каждого канала отдельно, то мощность радиоканала ДОЛЖНА регулироваться для каждого канала отдельно, при этом в каждом канале соответствие значениям мощностей, определенных в таблице 6-4, обеспечивается независимо от других.

Таблица 6-4 – Выходная мощность устройства DRFI

Параметр	Значение
Диапазон регулируемой мощности, передаваемой в одном канале	На ≥ 8 дБ ниже требуемого уровня мощности, определенного ниже, при поддержании полного качества в диапазоне 8 дБ
Размер шага регулировки мощности на канал	$\leq 0,2$ дБ строго равномерное изменение
Разница в мощности между двумя соседними каналами в блоке (если мощность каждого канала регулируется независимо от других, то регулируемая разница в мощности исключается)	$\leq 0,5$ дБ
Разница в мощности между любыми двумя не соседними каналами в блоке (если мощность каждого канала регулируется независимо от других, то регулируемая разница в мощности исключается)	≤ 1 дБ
Абсолютная точность установки величины мощности в канале	± 2 дБ
Подавление несущей в целях диагностики (3 режима) Режим 1: Подавлен один канал Режим 2: Подавлены все каналы, кроме одного Режим 3: Подавлены все каналы	1) Подавление несущей на ≥ 50 дБ в пределах полосы Найквиста в любом одном канале блока шириной 6 МГц. Это ДОЛЖНО выполняться без нарушения непрерывности передачи или причинения вреда другим каналам в блоке 2) Подавление несущей на 50 дБ в пределах полосы Найквиста во всех каналах блока шириной 6 МГц, за исключением одного. Это ДОЛЖНО выполняться без нарушения непрерывности передачи или причинения вреда оставшемуся каналу в блоке 3) Подавление несущей на 50 дБ в пределах полосы Найквиста во всех каналах блока шириной 6 МГц
Подавление блока радиоканалов	Подавление на ≥ 73 дБ ниже суммарной мощности блока при отсутствии подавления в каждом канале блока шириной 6 МГц
Требуемая мощность на канал для N каналов, объединенных на одном РЧ порту. " N " = числу объединенных каналов: $N = 1$ $N = 2$ $N = 3$ $N = 4$ $N > 4$	Требуемая мощность на канал в дБмВ 60 дБмВ 56 дБмВ 54 дБмВ 52 дБмВ 60 – предел округления $[3,6 * \log_2(N)]$ дБмВ

6.3.5.1.2 Независимость отдельного канала среди множества каналов одного РЧ порта

Возможным вариантом использования CMTS или EQAM является создание универсальной платформы, которая может быть использована для предоставления как услуг высокоскоростной передачи данных, так и видеослужб. По этой причине и с целью обеспечения соответствующего необходимого для нормальной работы формата передачи видеосигнала и данных чрезвычайно важно, чтобы глубина перемежения устанавливалась для каждого канала в отдельности. Любой N -канальный блок в системе CMTS или модуляторе EQAM ДОЛЖЕН иметь возможность конфигурирования как минимум с двумя различными значениями глубины перемежения, которыми могут быть любые значения глубины перемежения, показанные в таблицах 6-1 и 6-2. Хотя это не так важно, как регулировка глубины перемежения для каждого канала в отдельности, оператору очень удобно, когда EQAM имеет возможность устанавливать РЧ мощность, центральную частоту и тип модуляции для каждого канала в отдельности.

- 1) Многоканальные CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ иметь возможность конфигурирования как минимум с двумя различными значениями глубины перемежения для N каналов выходного РЧ порта, при этом в каждом канале может использоваться одно из двух (или большего числа) значений глубины перемежения, выбираемое отдельно для каждого канала, информация о значениях глубины перемежения приведена в таблицах 6-1 и 6-2.

- 2) Многоканальные CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ поддерживать 3 режима подавления РЧ мощности несущей для целей диагностики и испытаний, описания режимов работы и уровня подавления РЧ мощности несущей приведены в таблице 6-4.
- 3) Многоканальные CMTS или EQAM МОГУТ обеспечить независимую регулировку РЧ мощности для каждого канала в отдельности, при этом каждая РЧ несущая самостоятельно обеспечивает выполнение требований, определенных в таблице 6-4.
- 4) Многоканальные CMTS или EQAM МОГУТ обеспечить независимый выбор центральной частоты для каждого канала в отдельности, формируя, таким образом, не непрерывное назначение частот для каналов, при этом выполнение требований, определенных в таблице 6-3, обеспечивается в каждом канале самостоятельно.
- 5) Многоканальные CMTS или EQAM МОГУТ обеспечить независимый выбор степени модуляции – либо 64QAM, либо 256QAM – для каждого канала в отдельности, при этом выполнение требований, определенных в таблице 6-3, обеспечивается в каждом канале самостоятельно.
- 6) Система CMTS или модулятор EQAM ДОЛЖНЫ предусматривать тестовый режим работы для испытаний на отключенном оборудовании, сконфигурированном для N каналов, но в котором создается только по одному непрерывному сигналу на канал и по одному каналу в данный момент времени на центральной частоте выбранного канала; все остальные объединенные каналы подавляются. Одной из целей этого тестового режима является поддержка одного из методов проверки выполнения требований к фазовому шуму, приведенных в таблице 6-3. Таким образом, в схеме генерирования сигнала формирование непрерывного испытательного сигнала ДОЛЖНО максимально возможно выполняться, так чтобы воссоздавались характеристики фазового шума, типичные для реальных условий работы; например, представляется, что повторяющийся выбор символа в группировке с мощностью, близкой к среднеквадратическому уровню группировки, будет более реально воспроизводить схему модуляции и преобразования частоты вверх. Тестовый режим ДОЛЖЕН позволять создание непрерывного тонального сигнала с любой центральной частотой, лежащей в полном диапазоне центральных частот, показанном в таблице 6-3.
- 7) Система CMTS или модулятор EQAM ДОЛЖНЫ предусматривать тестовый режим работы для испытаний на отключенном оборудовании, при котором создается по одному непрерывному сигналу на канал, с центральной частотой выбранного канала, при этом все остальные $N - 1$ объединенных каналов активны и содержат достоверные модулированные данные с рабочими уровнями мощности. Одной из целей этого тестового режима является поддержка одного из методов проверки выполнения требований к фазовому шуму, приведенных в таблице 6-3. Таким образом, в схеме генерирования сигнала формирование непрерывного испытательного сигнала ДОЛЖНО максимально возможно выполняться, так чтобы воссоздавались характеристики фазового шума, типичные для реальных условий работы. Например, представляется, что повторяющийся выбор символа в группировке с мощностью, близкой к среднеквадратическому уровню группировки, будет более реально воспроизводить схему модуляции и преобразования частоты вверх. Для этого тестового режима допускается, чтобы все каналы работали с одинаковой средней мощностью, включая каждый из $N - 1$ рабочих каналов и один канал с непрерывным тональным сигналом на центральной частоте канала. Тестовый режим ДОЛЖЕН позволять создание непрерывного тонального сигнала с любой центральной частотой, лежащей в полном диапазоне центральных частот, показанном в таблице 6-3.

Если либо центральная частота 4), либо тип модуляции 5), либо оба эти значения регулируются независимо для каждого канала, то CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ предусматривать независимую регулировку РЧ мощности 3) в каждом канале, при этом каждая РЧ несущая самостоятельно обеспечивает выполнение требований, определенных в таблице 6-3.

6.3.5.1.3 Требования к CMTS или EQAM по внеполосным шумам и побочным излучениям

Одной из целей Рекомендации для радиointерфейса нисходящего канала (DRFI) является обеспечение минимальной защиты CNR в полезном аналоговом канале = 60 дБ для систем, развернутых с использованием до 119 каналов QAM, соответствующих DRFI.

В настоящей Рекомендации предполагается, что уровень передаваемой мощности цифровых каналов будет на 6 дБ ниже пиковой мощности огибающей видеосигнала аналоговых каналов, что является типовым условием для передачи с модуляцией 256QAM. Далее предполагается, что в частотном

плане аналоговые каналы будут размещаться на более низких частотах, чем цифровые каналы. Для учета различия ширины полосы шума в цифровых и аналоговых каналах используется поправочный коэффициент $10 \cdot \log_{10}(6 \text{ МГц}/4 \text{ МГц})$. При вышеупомянутых предположениях для системы со 119 каналами QAM спецификация, приведенная в пункте 5 таблицы 6-5, соответствует защите аналоговых каналов $\text{CNR} = 60 \text{ дБ}$.

В таблице 6-5 приведен перечень требований по внеполосным побочным излучениям. В тех случаях, когда N объединенных каналов передаются с различным уровнем мощности, единица "дВс" обозначает число децибелов по отношению к наиболее мощной несущей в этом блоке каналов. Требования по внеполосным побочным излучениям приведены для тестовых условий, когда блок из N смежных объединенных каналов передается с одинаковым уровнем мощности, и для этих тестовых условий единица "дВс" ДОЛЖНА определяться для мощности канала, усредненной по данному блоку. Это сделано для того, чтобы уменьшить влияние изменения мощности каналов в блоке (см. таблицу 6-4), которое допускается, если все каналы передаются с одинаковой мощностью.

В пунктах 1–4 перечислены требования для каналов, смежных с каналами управления.

В пункте 5 перечислены требования для всех остальных каналов, расположенных дальше от каналов управления. Для некоторых из этих "остальных" каналов допускается, чтобы требования, приведенные в спецификации пункта 5, не выполнялись. Все исключения, например 2-я и 3-я гармоники канала управления, четко указаны в таблице.

В пункте 6 перечислены требования для каналов 2-й гармоники $2N$ и 3-й гармоники $3N$.

Таблица 6-5 – Требования к выходному внеполосному шуму и побочным излучениям EQAM или CMTS

Пункт	Полоса частот	N, число объединенных каналов на одном РЧ порту				
		1	2	3	4	N > 4 Все уравнения даны для верхнего предела (мощность; 0,5) дВс
1	Смежный канал на расстоянии до 750 кГц от границы блока каналов	< -58 дВс	< -58 дВс	< -58 дВс	< -58 дВс	$< 10 \cdot \log_{10} [10^{-58/10} + (0,75/6) \cdot (10^{-65/10} + (N-2) \cdot 10^{-73/10})]$
2	Смежный канал (на расстоянии от 750 кГц до 6 МГц от границы блока каналов)	< -62 дВс	< -60 дВс	< -60 дВс	< -60 дВс	$< 10 \cdot \log_{10} [10^{-62/10} + (5,25/6) \cdot (10^{-65/10} + (N-2) \cdot 10^{-73/10})]$
3	Канал, следующий после смежного (на расстоянии от 6 МГц до 12 МГц от границы блока каналов)	< -65 дВс	< -64 дВс	< -63,5 дВс	< -63 дВс	$< 10 \cdot \log_{10} [10^{-65/10} + (N-1) \cdot 10^{-73/10}]$
4	Канал через один после смежного (на расстоянии от 12 МГц до 18 МГц от границы блока каналов)	< -73 дВс	< -70 дВс	< -67 дВс	< -65 дВс	Для $N = 5$: -64,5 дВс; Для $N = 6$: -64 дВс; Для $N \geq 7$: $< -73 + 10 \cdot \log_{10}(N)$ дВс
5	Шум в других каналах (от 47 МГц до 1 000 МГц), измеренный в каждом канале шириной 6 МГц за исключением следующих: а) Полезный(е) канал(ы); б) 1-й, 2-й и 3-й смежные каналы (см. пп. 1, 2, 3, 4 в настоящей таблице); в) Каналы, совпадающие со 2-й и 3-й гармониками (см. п. 6 в настоящей таблице)	< -73 дВс	< -70 дВс	< -68 дВс	< -67 дВс	$< -73 + 10 \cdot \log_{10}(N)$
6	В каждом из $2N$ смежных каналов шириной 6 МГц или в каждом из $3N$ смежных каналов шириной 6 МГц, совпадающих с компонентами 2-й и 3-й гармоник, соответственно (до 1 000 МГц)	$< -73 + 10 \cdot \log_{10}(N)$ или -63 дВс в зависимости от того, какой из результатов больше				

6.3.5.2 Дрожание в задающем синхροгенераторе CMTS или EQAM для асинхронной работы

Граничный QAM-модулятор (EQAM) ДОЛЖЕН создавать DTI клиента и интерфейс клиента в соответствии с [ITU-T J.211]. Спецификации синхροгенератора определяются в [ITU-T J.211]. Клиент DTI обеспечивает синхροгенератор. Интегрированная система завершения вызова кабельного модема (CMTS), которая не обслуживается активно сервером DTI, ДОЛЖНА включать в свой состав синхροгенератор со следующим спецификацией:

Задающий синхροгенератор на частоте 10,24 МГц ДОЛЖЕН обеспечивать в диапазоне температур от 0°C до 40°C и в течение десяти лет с момента выпуска (см. Примечание, ниже):

- Точность воспроизведения частоты $\leq \pm 5 \cdot 10^{-6}$;
- Скорость ухода частоты $\leq 10^{-8}$ в секунду; и
- Дрожание границ ≤ 10 нс в размахе (± 5 нс).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Настоящая спецификация МОЖЕТ выполняться также при помощи синхронизации интерфейса DRFI от задающего синхροгенератора или от внешнего источника опорной частоты. Если используется такой подход, то внутренний синхροгенератор интерфейса DRFI ДОЛЖЕН обладать точностью воспроизведения частоты $= \pm 20 \cdot 10^{-6}$ в диапазоне температур от 0°C до 40°C в течение десяти лет с момента выпуска внешнего источника опорной частоты. Скорость ухода частоты и дрожание границ ДОЛЖНЫ быть такими, как определено выше.

Требования по скорости ухода частоты и дрожанию границ для задающего синхροгенератора интерфейса DRFI предполагают, что изменение продолжительности двух смежных сегментов по 10 240 000 циклов не превысит 30 нс, т. е. 10 нс – из-за дрожания для продолжительности каждого сегмента и 10 нс – из-за ухода частоты. Можно также вывести продолжительности для других длительностей счетчика: смежные сегменты из 1 024 000 циклов – ≤ 21 нс; сегменты длиной 1 024 000 циклов, между которыми расположен один сегмент цикла 10 240 000 – ≤ 30 нс; смежные сегменты длиной 102 400 000 циклов – ≤ 120 нс. Задающий синхροгенератор интерфейса DRFI ДОЛЖЕН удовлетворять этим тестовым пределам в 99% и более измерений.

6.3.5.3 Дрожание в задающем синхροгенераторе CMTS или EQAM для синхронной работы

В дополнение к требованиям, приведенным в пункте 6.3.5.2, задающий CMTS синхροгенератор с частотой 10,24 МГц ДОЛЖЕН удовлетворять следующим требованиям по двухполосному шуму из-за нестабильности фазы в указанных диапазонах частот:

- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$ dBc (*m. e.* $< 0,05$ нс RMS) от 10 Гц до 100 Гц;
- $< [-58 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$ dBc (*m. e.* $< 0,02$ нс RMS) от 100 Гц до 1 кГц;
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$ dBc (*m. e.* $< 0,05$ нс RMS) от 1 кГц до 10 кГц;
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$ dBc (*m. e.* $< 0,05$ нс RMS) от 10 кГц до $f_{MC}/2$.

f_{MC} – частота измеряемого задающего синхροгенератора в МГц. Значение f_{MC} ДОЛЖНО быть целым числом, кратным 10,24 МГц, или результатом деления величины 10,24 МГц на целое число. Например, если в качестве источника опорной частоты синхροгенератора используется генератор с частотой 20,48 МГц, и не существует явной частоты синхронизации 10,24 МГц, которую следует измерить, тогда в вышеприведенных уравнениях может использоваться синхροгенератор 20,48 МГц с $f_{MC} = 20,48$.

Спецификации для дрожания в задающем синхροгенераторе EQAM содержатся в [ITU-T J.211].

6.3.5.4 Уход частоты в задающем синхροгенераторе CMTS или EQAM для синхронной работы

Частота задающего синхροгенератора CMTS НЕ ДОЛЖНА уходить более чем на 10^{-8} в секунду.

Спецификации для ухода частоты в задающем синхροгенераторе EQAM содержатся в [ITU-T J.211].

6.3.6 Генерация синхросигнала для CMTS или EQAM

В том случае, когда интерфейс DTI содержит задающий синхροгенератор с частотой 10,24 МГц, устройство, совместимое DRFI, ДОЛЖНО установить синхронизацию символов в нисходящем потоке на частоте 10,24 МГц задающего синхροгенератора, используя делители частоты M/N, показанные в таблице 6-6.

6.3.6.1 Генерация синхросигнала для CMTS

Система CMTS ДОЛЖНА установить синхронизацию символов в нисходящем потоке на частоте 10,24 МГц задающего синхрогенератора CMTS, используя делители частоты M/N, показанные в таблице 6-6.

6.3.6.2 Генерация синхросигнала для EQAM

Поскольку EQAM работает с активным интерфейсом DTI, модулятор EQAM ДОЛЖЕН установить синхронизацию символов в нисходящем потоке в соответствии с частотой синхрогенератора, используя делители частоты M/N, показанные в таблице 6-6.

6.3.6.3 Символьная скорость в нисходящем канале передачи

Пусть f'_b – скорость синхросимволов в нисходящем канале передачи, которая определяется синхрогенератором, и пусть f'_m – частота синхрогенератора, которая синхронизирована с частотой синхросимволов в нисходящем канале передачи. Пусть f_b – номинальная определенная в спецификации символьная скорость в нисходящем канале передачи, и пусть f_m – номинальная скорость задающего синхрогенератора (10,24 МГц). Когда скорость символов в нисходящем канале синхронизируется синхрогенератором, ДОЛЖНО выполняться следующее уравнение:

$$f'_b = f_m * M/N.$$

Когда синхрогенератор синхронизирован синхросимволами в нисходящем канале передачи, ДОЛЖНО выполняться следующее уравнение:

$$f'_m = f_b * N/M.$$

Отметим, что M и N в таблице 6-6 – это целые числа без знака, каждое из которых представлено 16 битами и приводит к появлению значения f'_b или f'_m , которые отличаются от указанного в спецификации номинального значения не более чем на $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

Стандартная девиация ошибки синхронизации радиочастотных импульсов устройства EQAM/CMTS по отношению к задающему синхрогенератору сервера DTI ДОЛЖНА быть менее чем 1,5 нс за 100 секунд.

В таблице 6-6 перечислены режимы работы нисходящего канала, их соответствующие номинальные символьные скорости (f_b), значения M и N, результирующие скорости синхроимпульсов и их сдвиги относительно номинальных значений.

Таблица 6-6 – Символьные скорости и параметры для синхронизации с задающим синхрогенератором в нисходящем канале передачи

Режим работы нисходящего канала передачи	Номинальная символьная скорость по спецификации, f_b (МГц)	M/N	Частота задающего синхрогенератора, f'_m (МГц)	Символьная скорость в нисходящем канале передачи, f'_b (МГц)	Сдвиг относительно номинала
Дополнение B, 64QAM	5,056941	401/812	10,239990...	5,056945...	$0,95 \cdot 10^{-6}$
Дополнение B, 256QAM	5,360537	78/149	10,240000...	5,360536...	$0,02 \cdot 10^{-6}$

6.3.7 Дрожание синхросимвола в нисходящем канале передачи для синхронной работы

Синхросимволы в нисходящем канале ДОЛЖНЫ соответствовать следующим требованиям по мощности двухполосного шума из-за нестабильности фазы в указанных диапазонах частот:

- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,057)]$ dBc (*m. e.* $< 0,07$ нс RMS) от 10 Гц до 100 Гц;
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,057)]$ dBc (*m. e.* $< 0,07$ нс RMS) от 100 Гц до 1 кГц;
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,057)]$ dBc (*m. e.* $< 0,07$ нс RMS) от 1 кГц до 10 кГц;
- $< [-36 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,057)]$ dBc (*m. e.* $< 0,5$ нс RMS) от 10 кГц до 100 кГц;
- $< [-30 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,057)]$ dBc (*m. e.* < 1 нс RMS) от 100 кГц до $(f_{DS}/2)$.

f_{DS} – измеренная частота синхрогенератора в МГц. Значение f_{DS} ДОЛЖНО целым числом, кратным частоте синхросимволов в нисходящем канале, или результатом деления этой частоты на целое число. Например, если невозможно явно получить частоту синхронизации 5,056941 МГц, можно использовать $f_{DS} = 20,227764$ МГц.

Устройство, совместимое с DRFI, ДОЛЖНО содержать средства для измерения частоты синхронизации, в которых:

- Это устройство предоставляет точки измерений для прямого доступа к синхрогенератору и к частоте синхросимволов в нисходящем канале.

В другом варианте устройство, совместимое с DRFI, ДОЛЖНО обеспечивать работу в режиме испытаний, в котором:

- Последовательность символов QAM в нисходящем канале заменяется чередующейся бинарной последовательностью (1, -1, 1, -1, 1, -1...) с номинальной амплитудой в обоих каналах I и Q.
- Это устройство генерирует частоту синхросимволов в нисходящем канале из опорной частоты 10,24 МГц, как и при нормальной синхронной работе.

Если имеется явная возможность получить в нисходящем канале частоту синхронизации, которая отвечает вышеприведенным требованиям к шуму из-за нестабильности фазы (например, равномерная частота синхронизации без дрожания синхросимволов), то этого режима испытаний не требуется.

6.3.8 Дрейф частоты синхросимволов в нисходящем канале передачи для синхронной работы

Частота синхросимволов в нисходящем канале НЕ ДОЛЖНА уходить более чем на 10^{-8} в секунду.

7 Подуровень конвергенции передачи в нисходящем канале

7.1 Введение

Уровень конвергенции передачи в нисходящем канале, используемый в M-CMTS, определен как непрерывная последовательность пакетов MPEG длиной 188 байтов [ITU-T H.222.0]. Эти пакеты состоят из 4-байтового заголовка, за которым следует 184 байта полезной нагрузки. Заголовок идентифицирует полезную нагрузку как принадлежащую уровню MAC для передачи данных по кабелю. Другие значения заголовка могут указывать другие виды полезной нагрузки. Такая смесь видов полезной нагрузки уровня MAC и видов полезной нагрузки других услуг не является обязательной и регулируется при помощи CMTS.

На рисунке 7-1 показано перемежение MAC байтов DOCSIS с другой цифровой информацией (на приведенном примере показано цифровое видео).

заголовок = DOC	Полезная нагрузка DOC MAC
заголовок = video	Полезная нагрузка цифровое видео
заголовок = video	Полезная нагрузка цифровое видео
заголовок = DOC	Полезная нагрузка DOC MAC
заголовок = video	Полезная нагрузка цифровое видео
заголовок = DOC	Полезная нагрузка DOC MAC
заголовок = video	Полезная нагрузка цифровое видео
заголовок = video	Полезная нагрузка цифровое видео
заголовок = video	Полезная нагрузка цифровое видео

Рисунок 7-1 – Пример перемежения пакетов MPEG в нисходящем канале передачи

7.2 Формат пакета MPEG

Формат пакета MPEG, в котором передаются данные DOCSIS, показан на рисунке 7-2. Этот пакет состоит из 4-байтового заголовка MPEG, поля указателя (pointer_field) (не во всех пакетах) и полезной нагрузки DOCSIS.

Заголовок MPEG (4 байта)	pointer_field (1 байт)	Полезная нагрузка DOCSIS (183 или 184 байта)
-----------------------------	---------------------------	---

Рисунок 7-2 – Формат пакета MPEG

7.3 Заголовок MPEG для протокола передачи данных по кабельным сетям DOCSIS

Формат заголовка транспортного потока MPEG определяется в пункте 2.4 Рекомендации [ITU-T H.222.0]. Значения конкретных полей, которые отличают потоки уровня MAC для передачи данных по кабелю, определяются в таблице 7-1. Названия полей взяты из [ITU-T H.222.0].

Заголовок MPEG состоит из 4 байтов, расположенных в начале 188-байтового пакета MPEG. Формат заголовка, используемый в PID формата DOCSIS передачи данных по кабелю, ДОЛЖЕН быть таким, как показано в таблице 7-1. Формат заголовка соответствует стандарту MPEG, но его использование в настоящей Рекомендации ограничено в том, что не допускается включение в пакеты MPEG поля `adaptation_field`.

Таблица 7-1 – Формат заголовка MPEG для пакетов DOCSIS передачи данных по кабелю

Поле	Длина (биты)	Описание
<code>sync_byte</code>	8	0x47; байт синхронизации пакета MPEG
<code>transport_error_indicator</code>	1	Показывает, что при приеме пакета возникла ошибка. Этот бит переустанавливается в ноль отправителем и устанавливается в единицу, когда возникла ошибка при передаче пакета
<code>payload_unit_start_indicator</code>	1	Значение = 1 указывает наличие поля <code>pointer_field</code> как первого байта полезной нагрузки (пятый байт пакета)
<code>transport_priority</code>	1	Резервный; установлен в ноль
PID	13	Общеизвестный идентификатор протокола DOCSIS передачи данных по кабелю (PID) (0x1FFE)
<code>transport_scrambling_control</code>	2	Резервный; установлен в "00"
<code>adaptation_field_control</code>	2	"01"; не допускается использование в DOCSIS PID поля <code>adaptation_field</code>
<code>continuity_counter</code>	4	Циклический счетчик в пределах данного PID

7.4 Полезная нагрузка MPEG для протокола передачи данных по кабельным сетям DOCSIS

Доля полезной нагрузки MPEG в пакете MPEG содержит кадры DOCSIS MAC. Первым байтом полезной нагрузки MPEG будет поле `"pointer_field"`, если в пакете MPEG установлен индикатор начала блока полезной нагрузки (`payload_unit_start_indicator` (PUSI)).

7.4.1 `stuff_byte`

В настоящем стандарте определен шаблон байта заполнения (`stuff_byte`), имеющий значение (0xFF), который используется внутри полезной нагрузки DOCSIS для заполнения любых пробелов между кадрами DOCSIS MAC. Это значение выбрано в качестве неиспользуемого значения первого байта кадра DOCSIS MAC. Байт "FC" в заголовке MAC по определению никогда не может иметь такое значение. (FC_TYPE = "11" обозначает кадр MAC, а FC_PARM = "11111" в настоящее время не используется и в соответствии с настоящей Рекомендацией определяется как недопустимое значение для поля FC_PARM.)

7.4.2 `pointer_field`

Поле `pointer_field` является пятым байтом пакета MPEG (первый байт после заголовка MPEG), если указатель PUSI в заголовке MPEG установлен в единицу. Поле `pointer_field` интерпретируется следующим образом:

Поле `pointer_field` содержит данные о числе байтов этого пакета, которые следуют непосредственно за полем `pointer_field` и которые декодер СМ будет пропускать, прежде чем искать начало кадра DOCSIS MAC. Поле указателя ДОЛЖНО быть представлено, если имеется возможность начать в этом пакете кадр MAC передачи данных по кабелю, и ДОЛЖНО указывать на:

- 1) начало первого кадра MAC, который начинается в этом пакете; или
- 2) любой байт заполнения (`stuff_byte`), предшествующий кадру MAC.

7.5 Взаимодействие с подуровнем MAC

Кадры MAC могут начинаться в любом месте пакета MPEG. Кадры MAC могут простираются на несколько пакетов MPEG, и в одном пакете MPEG может находиться несколько кадров MAC.

На следующих рисунках показан формат пакетов MPEG, в которых предаются кадры MAC стандарта DOCSIS. Во всех случаях флаг PUSI указывает наличие поля `pointer_field` в первом байте полезной нагрузки MPEG.

На рисунке 7-3 показан кадр MAC, который располагается сразу после баята `pointer_field`. В этом случае поле `pointer_field` = 0, и декодер DOCSIS начнет поиск достоверного баята FC начиная с баята, расположенного сразу после поля `pointer_field`.

Заголовок MPEG (PUSI = 1)	<code>pointer_field</code> (= 0)	Кадр MAC (до 183 байтов)	<code>stuff_byte(s)</code> (0 или более)
------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------	---

Рисунок 7-3 – Формат пакета, в котором кадр MAC расположен сразу после поля `pointer_field`

На рисунке 7-4 показан более общий случай, в котором кадру MAC предшествует окончание предыдущего кадра MAC, и последовательность байтов заполнения. В этом случае поле `pointer_field` указывает первый байт после окончания кадра #1 (`stuff_byte`) как позицию, с которой декодер ДОЛЖЕН начинать поиск законного значения FC на подуровне MAC. Этот формат допускает операцию мультиплексирования в СМТS для безотлагательного введения кадра MAC, который готов для передачи, если этот кадр появляется сразу после того, как переданы заголовок MPEG и поле `pointer_field`.

В целях упрощения мультиплексирования потока пакетов MPEG, в которых передаются данные DOCSIS, с другими данным в кодировке MPEG система СМТS НЕ ДОЛЖНА передавать пакеты MPEG с DOCSIS PID, которые в области полезной нагрузки содержат только байты `stuff_byte`. Вместо этого должны передаваться нулевые пакеты MPEG.

ПРИМЕЧАНИЕ. – На подуровне MAC стандарта DOCSIS существуют скрытые зависимости синхронизации, которые также должны быть сохранены в любой операции мультиплексирования MPEG.

Заголовок MPEG (PUSI = 1)	<code>pointer_field</code> (= M)	Окончание кадра MAC #1 (M байтов)	<code>stuff_byte(s)</code> (0 или более)	Начало кадра MAC #2
------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	---	---------------------

Рисунок 7-4 – Формат пакета, в котором кадру MAC предшествуют байты заполнения

На рисунке 7-5 показано, что в одном пакете MPEG может содержаться несколько кадров MAC. Кадры MAC могут следовать друг за другом или могут быть разделены дополнительной последовательностью байтов заполнения.

Заголовок MPEG (PUSI = 1)	<code>pointer_field</code> (= 0)	Кадр MAC #1	Кадр MAC #2	<code>stuff_byte(s)</code> (0 или более)	Кадр MAC #3
------------------------------	-------------------------------------	----------------	----------------	---	----------------

Рисунок 7-5 – Формат пакета, показывающий несколько кадров MAC в одном пакете

На рисунке 7-6 показан случай, когда кадр MAC простирается на несколько пакетов MPEG. В этом случае поле `pointer_field` следующего кадра указывает на байт, расположенный после последнего байта окончания первого кадра.

Заголовок MPEG (PUSI = 1)	<code>pointer_field</code> (= 0)	<code>stuff_byte(s)</code> (0 или более)	Начало кадра MAC #1 (до 183 байтов)	
Заголовок MPEG (PUSI = 0)	Продолжение кадра MAC #1 (184 байта)			
Заголовок MPEG (PUSI = 1)	<code>pointer_field</code> (= M)	Окончание кадра MAC #1 (M байтов)	<code>stuff_byte(s)</code> (0 или более)	Начало кадра MAC #2 (M байтов)

Рисунок 7-6 – Формат пакета, в котором кадр MAC простирается на несколько пакетов

Подуровень конвергенции передачи должен работать в тесном взаимодействии с подуровнем MAC в целях введения в синхросообщение точной метки времени.

7.6 Взаимодействие с физическим уровнем

Поток пакетов MPEG-2 ДОЛЖЕН быть закодирован в соответствии с [ITU-T J.83-B], включая деление транспортного потока MPEG-2 на кадры с использованием суммы проверки четности, описанной в [ITU-T J.83-B].

Приложение А

Дополнения и изменения к спецификации, принятой в Европе

(Настоящее Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

Настоящее Приложение относится ко второму варианту технологии, указанному в пункте 1. Первый вариант описан в пунктах 5, 6 и 7.

В настоящем Приложении описываются спецификации физического уровня, необходимые для системы CMTS, интегрированной в EuroDOCSIS, и для системы EQAM EuroDOCSIS. Это Приложение является дополнительным и никоим образом не влияет на сертификацию оборудования, отвечающего варианту технологии для Северной Америки, описанному в пунктах, перечисленных выше.

Нумерация параграфов сохранена, так чтобы цифра, стоящая после буквы, обозначающей Приложение, соответствовала тому пункту настоящей Рекомендации, к которому относятся описываемые изменения. Вследствие этого в настоящем Приложении могут быть пропущены некоторые номера пунктов, если не требуется внесение изменений в соответствующие параграфы основного текста Рекомендации.

А.1 Сфера применения и цель

См. пункт 1.

А.2 Справочные документы

См. пункт 2.

А.3 Термины и определения

См. пункт 3.

А.4 Акронимы и сокращения

См. пункт 4.

А.5 Рабочие предположения

В настоящем пункте описываются характеристики оборудования кабельного телевидения, которое, как предполагается, предназначено для обеспечения работы систем передачи данных по кабельным сетям. Он не является описанием параметров EQAM или CMTS. Система передачи данных по кабельным сетям ДОЛЖНА иметь возможность взаимодействия с окружающими устройствами, описанными в настоящем пункте.

В любом месте настоящего пункта, где упоминаются частотные планы или совместимость с другими службами, или конфликты с любыми законодательными требованиями, действующими в области обслуживания системы, последние имеют преимущества. Любое упоминание аналоговых сигналов NTSC с каналами шириной 6 МГц не подразумевает, что такие сигналы существуют физически.

А.5.1 Широкополосная сеть доступа

Предполагается, что используется коаксиальная широкополосная сеть доступа. Она может иметь вид либо коаксиальной сети, либо гибридной – оптоволоконной-коаксиальной (HFC) сети. Для обозначения всех вариантов здесь используется общий термин "кабельная сеть".

В случае аналоговой передачи кабельная сеть работает в совместно используемой среде передачи с разветвленной архитектурой. В настоящей Рекомендации предполагаются следующие ключевые функциональные характеристики:

- Двусторонняя передача.
- Максимальное оптическое/электрическое расстояние между устройством, соответствующим требованиям DRFI, и наиболее удаленным кабельным модемом составляет 160 км (погонных) в каждом направлении.

- Максимальное дифференциальное оптическое/электрическое расстояние между устройством, соответствующим требованиям DRFI, и самым близким и наиболее удаленным кабельными модемами составляет 160 км (погонных) в каждом направлении.

При скорости распространения в оптоволокне, равной примерно 5 м/нс, для кабеля длиной 160 км в каждом направлении получим задержку распространения в обоих направлениях, равную примерно 1,6 мс. Более подробная информация приведена в Дополнении VIII Рекомендации [ITU-T J.122].

А.5.2 Предположения относительно оборудования

А.5.2.1 Частотный план

В нисходящем направлении предполагается, что кабельная система имеет полосу пропускания, нижняя граница которой расположена между 47 и 87,5 МГц, а верхняя граница зависит от варианта реализации, но, как правило, лежит в пределах от 300 до 862 МГц. Предполагается, что в пределах этой полосы пропускания имеются аналоговые телевизионные сигналы PAL/SECAM с каналами шириной 7/8 МГц и ЧМ радиовещательные сигналы, а также другие узкополосные и широкополосные цифровые сигналы. Каналы шириной 8 МГц используются для передачи данных.

А.5.2.2 Совместимость с другими службами

Кабельный модем (CM) и модулятор EQAM или система CMTS ДОЛЖНЫ сосуществовать с другими службами, использующими данную кабельную сеть, например:

– *Приложение А*

они ДОЛЖНЫ обеспечивать совместную работу в том участке спектра кабельной системы, который распределен для взаимодействия модулятора EQAM или системы CMTS с CM, в то время как остальная часть спектра кабельной системы занята под передачу телевизионных и иных сигналов в любой комбинации; и

– *Приложение В*

они НЕ ДОЛЖНЫ создавать вредных помех любым другим службам, которым в данной кабельной сети распределен спектр за пределами того спектра, который выделен для работы EQAM или CMTS. Последнее утверждение подразумевает, что:

- нет поддающихся измерению ухудшений качества (высший уровень совместимости);
- нет ухудшения качества ниже допустимого уровня искажений для всех услуг (стандартный или средний уровень совместимости); или
- нет ухудшения качества ниже минимальных стандартных уровней, допускаемых в промышленности или другими поставщиками услуг (минимальный уровень совместимости).

А.5.2.3 Влияние локализации ошибок на других пользователей

См. пункт 5.2.3.

А.5.3 Предположения относительно оборудования нисходящего канала передачи

См. пункт 5.3.

А.5.3.1 Уровни передачи

Номинальный средний уровень мощности радиосигнала(ов) нисходящего канала в пределах канала шириной 8 МГц должен лежать диапазоне от –13 dBc до 0 dBc относительно пикового уровня аналогового видеосигнала и, как правило, не будет превышать пиковый уровень аналогового видеосигнала (обычно от –10 и –6 dBc для 64QAM и от –6 до –4 dBc для 256QAM).

А.5.3.2 Инверсия частоты

См. пункт 5.3.2.

А.5.3.3 Схема размещения аналоговых и цифровых каналов

При разработке этого варианта технологии предполагалось, что на головной станции будет развернуто максимум 85 цифровых каналов. В расчетах величины CNR (защиты для аналоговых

каналов) предполагалось, что аналоговые каналы размещаются на нижних частотах схемы размещения каналов, в отличие от цифровых каналов.

А.5.3.4 Требуемое значение защиты для аналоговых каналов

Одной из целей Рекомендации по DRFI является обеспечение минимальной требуемой защиты для аналогового канала $CNR = 59$ дБ, измеренной в полосе шириной 5,08 МГц для систем, использующих до 85 каналов QAM, соответствующих DRFI.

В расчетах предполагается, что уровень передаваемой мощности цифровых каналов будет на 5 дБ ниже пиковой мощности огибающей видеосигнала аналоговых каналов, что является типовым условием для передачи с модуляцией 256QAM. Далее предполагалось, что согласно схеме размещения каналов аналоговые каналы будут располагаться на более низких частотах, чем цифровые каналы. Для учета различия требований к ширине полосы шума в цифровых каналах QAM, соответствующих DRFI, и аналоговых каналах используется поправочный коэффициент $10 \cdot \log_{10}(8 \text{ МГц} / 5,08 \text{ МГц})$. Для системы с 85 каналами QAM при вышеупомянутых предположениях спецификация, приведенная в пункте 5 таблицы А.4, соответствует защите аналоговых каналов $CNR = 59$ дБ.

А.6 Спецификация подуровня, зависящая от физической среды передачи

А.6.1 Сфера применения

Настоящий пункт относится ко второму варианту технологии, указанной в пункте 1 (1.1 Сфера применения). В тех случаях, когда требования для обоих вариантов технологии идентичны, приводится ссылка на основной текст.

Остальные сведения, относящиеся к данному пункту, приведены в пункте 6.1.

А.6.2 Отличительные особенности модулятора EdgeQAM (EQAM) в сравнении с системой CMTS

См. пункт 6.2.

А.6.3 Нисходящий канал передачи

А.6.3.1 Протокол нисходящего канала передачи

Подуровень PMD ДОЛЖЕН соответствовать стандарту [ETSI EN 300 429].

А.6.3.2 Формат спектра

Модулятор нисходящего канала для каждого канала QAM модулятора EQAM или системы CMTS ДОЛЖЕН обеспечивать возможность работы с форматом радиочастотного сигнала RF, передаваемого в кабельной системе, низкочастотные квадратурные компоненты которого образуют диаграмму группировки, определенную в [ETSI EN 300 429].

А.6.3.3 Масштабируемое перемежение для предоставления видеослужб и услуг высокоскоростной передачи данных

Подуровень PMD в системе CMTS или модуляторе EQAM нисходящего канала ДОЛЖЕН поддерживать перемежение с характеристиками, определенными в таблице А.1. Такой режим работы устройства перемежения полностью соответствует стандарту [ETSI EN 300 429].

Таблица А.1 – Характеристики устройства перемежения

Секции перемежения	Шаг перемежения	64QAM 6,952 Мсимв/с 6 битов на символ		256QAM 6,952 Мсимв/с 8 битов на символ	
		Защита пакета	Задержка	Защита пакета	Задержка
I	J				
12	17	18 мкс	0,43 мс	14 мкс	0,32 мс

А.6.3.4 Частотный план нисходящего канала передачи

Принятие решение о том, какие частоты использовать для того, чтобы выполнялись национальные требования и требований сети, зависит от оператора.

А.6.3.5 Электрический выход DRFI

См. пункт 6.3.5.

А.6.3.5.1 Электрический выход CMTS или EQAM

CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ передавать на свой выход радиочастотный модулированный сигнал, характеристики которого определены в таблицах А.2, А.3 и А.4.

А.6.3.5.1.1 Электрический выход каждого РЧ порта

Условием выполнения требований из таблицы А.2 является то, что все N каналов, доставленных на РЧ порт, должны иметь одинаковую среднюю мощность. Это условие неприменимо к требованиям для фазового шума в одном активном канале.

Таблица А.2 – Требования к электрическому выходу каждого РЧ порта

Параметр	Значение
Центральная частота (f_c) любого РЧ канала в CMTS или EQAM	МОЖЕТ быть от 85 МГц до 999 МГц ± 30 кГц с шагом приращения = 250 кГц ДОЛЖНА быть от 112 МГц до 858 МГц ± 30 кГц с шагом приращения = 250 кГц
Уровень	Регулируемый. См. таблицу А.3
Тип модуляции	64QAM, 256QAM
Символьная скорость (номинальное значение) 64QAM 256QAM	6,952 Мсимв/с 6,952 Мсимв/с
Номинальное разнесение каналов	8 МГц
Частотная характеристика 64QAM 256QAM	$\sim 0,15$ приподнятый корень квадратный из косинуса $\sim 0,15$ приподнятый корень квадратный из косинуса
Внутриполосные побочные излучения, искажения и шумы	MER без предискажений (Примечание 1) > 35 дБ MER с предискажениями > 43 дБ
Внутриполосные побочные излучения и шумы ($f_c \pm 4$ МГц)	$\leq -46,7$ dBc; где канальные побочные излучения и шумы включают в себя все дискретные побочные излучения, шумы, просачивание несущей, линии синхросигнала, продукты синтезатора и другие нежелательные продукты передатчика. Побочные излучения и шумы в пределах полосы ± 50 кГц от несущей из рассмотрения исключаются. Когда $N > 1$, шум за пределами ширины полосы Найквиста из рассмотрения исключается
Внеполосные побочные излучения и шумы	См. таблицу А.4
Фазовый шум Один активный канал, $N - 1$ каналов подавлены (см. пункт 6.3.5.1.2 (6)), 64QAM и 256QAM	1 кГц – 10 кГц: –33 dBc двусторонняя мощность шума 10 кГц – 50 кГц: –51 dBc двусторонняя мощность шума 50 кГц – 3 МГц: –51 dBc двусторонняя мощность шума
Все N каналов активны (см. пункт 6.3.5.1.2 (7)), 64QAM и 256QAM	1 кГц – 10 кГц: –33 dBc двусторонняя мощность шума 10 кГц – 50 кГц: –51 dBc двусторонняя мощность шума
Выходное сопротивление	75 Ом

Таблица А.2 – Требования к электрическому выходу каждого РЧ порта

Параметр	Значение
Потери из-за отражения от выхода	> 14 дБ в пределах активного выходного канала в диапазоне частот от 108 МГц до 862 МГц (Примечание 2) > 12 дБ в каждом неактивном канале от 81 МГц до 862 МГц > 10 дБ в каждом неактивном канале выше 862 МГц
Соединительный элемент	Соединительный элемент F в соответствии с [IEC 60169-24]
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – MER (коэффициент ошибок модуляции) определяется отклонениями в кластере, обусловленными передаваемым сигналом на выходе идеально согласованного фильтра приемника. MER включает в себя все дискретные побочные излучения, шумы, просачивание несущей, линии синхросигнала, продукты синтезатора, искажения и другие нежелательные продукты передатчика. MER без предискажений, кроме того, включает в себя искажения линейной фильтрации, которые компенсируются эквалайзером приемника. Из рассмотрения исключается фазовый шум в полосе до ± 50 кГц от несущей, определенной внутриполосной спецификацией, для того чтобы максимально возможно отделить друг от друга требования к фазовому шуму и внутриполосным побочным излучениям. При измерении величины MER продолжительность записи или ширина полосы системы автоматического слежения за несущей должна быть настроена так, чтобы исключить из измерений низкочастотный фазовый шум. Для MER с предискажениями коэффициенты эквалайзера приемника вычисляются и применяются для приемника, к которому присоединено испытываемое устройство. Для MER без предискажений при необходимости для выравнивания АЧХ приемника также могут быть вычислены коэффициенты эквалайзера приемника, которые после присоединения испытываемого устройства остаются фиксированными. Требования MER предполагают, что измерения выполнены при помощи калиброванного измерительного оборудования, в котором исключено влияние остаточного собственного MER.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Если EQAM или CMTS предоставляют услуги в канале с центральной частотой 85 МГц (строка 1 в таблице), то эти EQAM или CMTS ДОЛЖНЫ обеспечить потери на отражение > 14 дБ в пределах активного выходного канала в диапазоне частот от 81 МГц до 108 МГц. Если EQAM или CMTS предоставляют услуги в канале с центральной частотой 999 МГц (строка 1 в таблице), то эти EQAM или CMTS ДОЛЖНЫ обеспечить потери на отражение > 14 дБ в пределах активного выходного канала в диапазоне частот от 862 МГц до 1003 МГц.</p>	

А.6.3.5.1.2 Мощность на канал CMTS или EQAM

Модулятор EQAM или система CMTS ДОЛЖНЫ создавать выходной радиосигнал со значениями мощности, определенными в таблице А.3. Мощность в радиоканале МОЖЕТ регулироваться для каждого канала в отдельности, при этом в каждом канале соответствие значениям мощностей, определенных в таблице А.3, обеспечивается независимо от других. Если модуляция в EQAM или CMTS осуществляется для каждого канала отдельно, то мощность радиоканала ДОЛЖНА регулироваться для каждого канала отдельно, при этом в каждом канале соответствие значениям мощностей, определенных в таблице А.3, обеспечивается независимо от других.

Таблица А.3 – Выходная мощность устройства DRFI

Параметр	Значение
Диапазон регулируемой мощности, передаваемой в одном канале	На ≥ 8 дБ ниже требуемого уровня мощности, определенного ниже, при поддержании полного качества в диапазоне 8 дБ
Размер шага регулировки мощности на канал	$\leq 0,2$ дБ строго равномерное изменение
Разница в мощности между двумя соседними каналами в блоке (если мощность каждого канала регулируется независимо от других, то регулируемая разница в мощности исключается)	$\leq 0,5$ дБ
Разница в мощности между любыми двумя не соседними каналами в блоке (если мощность каждого канала регулируется независимо от других, то регулируемая разница в мощности исключается)	≤ 1 дБ
Абсолютная точность установки величины мощности в канале	± 2 дБ

Таблица А.3 – Выходная мощность устройства DRFI

Параметр	Значение
Подавление несущей в целях диагностики (3 режима) Режим 1: Подавлен один канал Режим 2: Подавлены все каналы, кроме одного Режим 3: Подавлены все каналы	1) Подавление несущей на ≥ 50 дБ в пределах полосы Найквиста в любой одном канале блока шириной 8 МГц. Это ДОЛЖНО выполняться без нарушения непрерывности передачи или причинения вреда другим каналам в блоке 2) Подавление несущей на ≥ 50 дБ в пределах полосы Найквиста во всех каналах блока шириной 8 МГц, за исключением одного. Это ДОЛЖНО выполняться без нарушения непрерывности передачи или причинения вреда оставшемуся каналу в блоке 3) Подавление несущей на ≥ 50 дБ в пределах полосы Найквиста во всех каналах блока шириной 8 МГц
Подавление блока радиоканалов	Подавление на $\geq 71,5$ дБ ниже суммарной мощности блока при отсутствии подавления в каждом канале блока шириной 8 МГц
Требуемая мощность на канал для N каналов, объединенных на одном РЧ порту: $N = 1$ $N = 2$ $N = 3$ $N = 4$ $N > 4$	Требуемая мощность на канал в дБмВ 60 дБмВ 56 дБмВ 54 дБмВ 52 дБмВ 60 – предел округления $[3,6 * \log_2(N)]$ дБмВ

А.6.3.5.1.3 Независимость отдельного канала среди множества каналов одного РЧ порта

Возможным вариантом использования CMTS или EQAM является создание универсальной платформы, которая может быть использована для предоставления услуг высокоскоростной передачи данных или видеослужб. Оператору очень удобно, когда EQAM имеет возможность устанавливать РЧ мощность, центральную частоту и тип модуляции для каждого канала в отдельности.

- 1) Многоканальные CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ поддерживать 3 режима подавления РЧ мощности несущей для целей диагностики и испытаний, описания режимов работы и уровня подавления РЧ мощности несущей приведены в таблице А.3.
- 2) Многоканальные CMTS или EQAM МОГУТ обеспечить независимую регулировку РЧ мощности для каждого канала в отдельности, при этом каждая РЧ несущая самостоятельно обеспечивает выполнение требований, определенных в таблице А.3.
- 3) Многоканальные CMTS или EQAM МОГУТ обеспечить независимый выбор центральной частоты для каждого канала в отдельности, формируя, таким образом, механизм не непрерывного назначения частот каналам, при этом выполнение требований, определенных в таблице А.3, каждый канал обеспечивает самостоятельно.
- 4) Многоканальные CMTS или EQAM МОГУТ обеспечить независимый выбор порядка модуляции – либо 64QAM, либо 256QAM – для каждого канала в отдельности, при этом выполнение требований, определенных в таблице А.2, каждый канал обеспечивает самостоятельно.
- 5) CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ предусматривать тестовый режим работы для испытаний на отключенном оборудовании, сконфигурированном для N каналов, при котором создается только по одному непрерывному сигналу на канал и только по одному каналу в данный момент времени на центральной частоте выбранного канала; все остальные объединенные каналы подавляются. Одной из целей этого тестового режима является поддержка одного из методов проверки выполнения требований к фазовому шуму, приведенных в таблице А.2. Таким образом, формирование непрерывного испытательного сигнала в схеме генерирования сигнала ДОЛЖНО максимально возможно выполняться, так чтобы воссоздать

характеристики фазового шума, типичные для реальных условий работы; например, представляется, что повторяющийся выбор символа в группировке с мощностью, близкой к среднеквадратическому уровню группировки, будет более реально воспроизводить схему модуляции и преобразования частоты вверх. Тестовый режим ДОЛЖЕН позволять создание непрерывного тонального сигнала с любой центральной частотой, лежащей в полном диапазоне центральных частот, показанном в таблице А.2.

- б) CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ предусматривать тестовый режим работы для испытаний на отключенном оборудовании, при котором генерируется по одному непрерывному сигналу на канал с выбранной центральной частотой, при этом все остальные $N - 1$ объединенных каналов активны и содержат достоверные данные модуляции с рабочими уровнями мощности. Одной из целей этого тестового режима является поддержка одного из методов проверки выполнения требований к фазовому шуму, приведенных в таблице А.2. Таким образом, формирование непрерывного испытательного сигнала в схеме генерирования сигнала ДОЛЖНО максимально возможно выполняться, так чтобы воссоздавались характеристики фазового шума, типичные для реальных условий работы. Например, представляется, что повторяющийся выбор символа в группировке с мощностью, близкой к среднеквадратическому уровню группировки, будет более реально воспроизводить схему модуляции и преобразования частоты вверх. Для этого тестового режима допускается, чтобы все каналы работали с одинаковой средней мощностью, включая каждый из $N - 1$ рабочих каналов и один канал с непрерывным тональным сигналом на центральной частоте канала. Тестовый режим ДОЛЖЕН позволять создание непрерывного тонального сигнала с любой центральной частотой, лежащей в полном диапазоне центральных частот, показанном в таблице А.2.

Если либо центральная частота 3), либо тип модуляции 4), либо оба эти значения регулируются независимо для каждого канала, то CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ предусматривать независимую регулировку РЧ мощности 2) в каждом канале, при этом выполнение требований, определенных в таблице А.2, каждая РЧ несущая обеспечивает самостоятельно.

А.6.3.5.1.4 Требования к CMTS или EQAM по внеполосным шумам и побочным излучениям

Одной из целей Рекомендации для радиointерфейса нисходящего канала (DRFI) является обеспечение минимальной защиты CNR в полезном аналоговом канале = 59 дБ, измеренной в полосе частот шириной 5,08 МГц, для систем, развернутых с использованием до 85 каналов QAM, соответствующих DRFI.

В расчетах предполагается, что уровень передаваемой мощности цифровых каналов будет на 5 дБ ниже пиковой мощности огибающей видеосигнала аналоговых каналов, что является типовым условием для передачи с модуляцией 256QAM. Далее предполагается, что в частотном плане аналоговые каналы будут размещаться на более низких частотах, чем цифровые каналы. Для учета различия ширины полосы шума в цифровых каналах QAM, соответствующих DRFI, и аналоговых каналах PAL используется поправочный коэффициент $10 \cdot \log_{10}(8 \text{ МГц}/5,08 \text{ МГц})$. При вышеупомянутых предположениях для системы с 85 каналами QAM спецификация, приведенная в пункте 5 таблицы А.4, соответствует защите аналоговых каналов CNR = 59 дБ.

В таблице А.4 приведен перечень требований по внеполосным побочным излучениям. В тех случаях, когда N объединенных каналов передаются с различным уровнем мощности, единица "dBc" обозначает логарифм отношения мощности сигнала к мощности наиболее сильного сигнала в этом блоке каналов. Требования по внеполосным побочным излучениям приведены для тестовых условий, когда блок из N смежных объединенных каналов передается с одинаковым уровнем мощности, и для этих тестовых условий единица "dBc" ДОЛЖНА определяться для мощности канала, усредненной по данному блоку, для того чтобы уменьшить влияние изменения мощности каналов в блоке (см. таблицу А.3), которое допускается, если все каналы передаются с одинаковой мощностью.

В пунктах 1–4 перечислены требования для каналов, смежных с каналами управления.

В пункте 5 перечислены требования для всех остальных каналов, расположенных дальше от каналов управления. Для некоторых из этих "остальных" каналов допускается, чтобы требования, приведенные в спецификации пункта 5, не выполнялись. Все исключения, например 2-я и 3-я гармоники канала управления, четко указаны в таблице.

В пункте 6 перечислены требования для каналов 2-й гармоники $2N$ и 3-й гармоники $3N$.

**Таблица А.4 – Требования к выходному внеполосному шуму
и побочным излучениям EQAM или CMTS**

Пункт	Полоса	N, число объединенных каналов на одном РЧ порту				
		1	2	3	4	N > 4 Все уравнения даны для верхнего предела (мощность; 0,5) dBc
1	Смежный канал на расстоянии до 750 кГц от границы блока каналов	< -58 dBc	< -58 dBc	< -58 dBc	< -58 dBc	$< 10 * \log_{10} [10^{-58/10} + (0,75/8)^* (10^{-63,5/10} + (N-2) * 10^{-71,5/10})]$
2	Смежный канал (на расстоянии от 750 кГц до 8 МГц от границы блока каналов)	< -60,5 dBc	< -59 dBc	< -58,5 dBc	< -58,5 dBc	$< 10 * \log_{10} [10^{-60,5/10} + (7,25/8)^* (10^{-63,5/10} + (N-2) * 10^{-71,5/10})]$
3	Канал, следующий после смежного (на расстоянии от 8 МГц до 16 МГц от границы блока каналов)	< -63,5 dBc	< -63 dBc	< -62,5 dBc	< -62 dBc	$< 10 * \log_{10} [10^{-63,5/10} + (N-1) * 10^{-71,5/10}]$
4	Канал через один после смежного (на расстоянии от 16 МГц до 24 МГц от границы блока каналов)	< -71,5 dBc	< -68,5 dBc	< -65,5 dBc	< -64 dBc	Для N = 5: < -63 dBc; Для N = 6: < -62,5 dBc; Для N ≥ 7: < -71,5 + 10*log ₁₀ (N) dBc
5	Шум в других каналах (на расстоянии от 80 МГц до 1 003 МГц), измеренный в каждом канале шириной 8 МГц за исключением следующих: а) Полезный(е) канал(ы); б) 1-й, 2-й и 3-й смежные каналы (см. пп. 1, 2, 3, 4 в настоящей таблице); в) Каналы, совпадающие со 2-й и 3-й гармониками (см. п. 6 в настоящей таблице)	< -71,5 dBc	< -68,5 dBc	< -66,5 dBc	< -65,5 dBc	< -71,5 + 10*log ₁₀ (N) dBc
6	В каждом из 2N смежных каналов шириной 8 МГц или в каждом из 3N смежных каналов шириной 8 МГц, совпадающих с компонентами 2-й и 3-й гармоник, соответственно (до 1 000 МГц)	< -71,5 + 10*log ₁₀ (N) или -63 dBc в зависимости от того, какой из результатов больше				

А.6.3.5.2 Дрожание в задающем синхрогенераторе CMTS или EQAM для асинхронной работы
См. пункт 6.3.5.2.

А.6.3.5.3 Дрожание в задающем синхрогенераторе CMTS или EQAM для синхронной работы
См. пункт 6.3.5.3.

А.6.3.5.4 Уход частоты в задающем синхрогенераторе CMTS или EQAM для синхронной работы
См. пункт 6.3.5.4.

А.6.3.6 Генерация синхросигнала для CMTS или EQAM

В том случае, когда интерфейс DTI содержит задающий синхрогенератор с частотой 10,24 МГц, устройство, совместимое DRFI, ДОЛЖНО установить синхронизацию символов в нисходящем потоке на частоте 10,24 МГц задающего синхрогенератора, используя делители частоты M/N, показанные в таблице А.5.

А.6.3.6.1 Генерация синхросигнала для CMTS

Система CMTS ДОЛЖНА установить синхронизацию символов в нисходящем потоке на частоте 10,24 МГц задающего синхрогенератора CMTS, используя делители частоты M/N, показанные в таблице А.5.

А.6.3.6.2 Генерация синхросигнала для EQAM

Поскольку EQAM работает с активным интерфейсом DTI, модулятор EQAM ДОЛЖЕН установить синхронизацию символов в нисходящем потоке в соответствии с частотой синхрогенератора, используя делители частоты M/N, показанные в таблице А.5.

А.6.3.6.3 Символьная скорость в нисходящем канале передачи

Пусть f'_b – скорость синхросимволов в нисходящем канале передачи, которая определяется синхрогенератором, и пусть f'_m – частота синхрогенератора, которая синхронизирована с частотой синхросимволов в нисходящем канале передачи. Пусть f_b – номинальная определенная в спецификации символьная скорость в нисходящем канале передачи, и пусть f_m – номинальная скорость задающего синхрогенератора (10,24 МГц). Когда скорость символов в нисходящем канале синхронизируется синхрогенератором, ДОЛЖНО выполняться следующее уравнение:

$$f'_b = f_m * M/N.$$

Когда синхрогенератор синхронизирован синхросимволами в нисходящем канале передачи, ДОЛЖНО выполняться следующее уравнение:

$$f'_m = f_b * N/M.$$

Отметим, что M и N в таблице А.5 – это целые числа без знака, каждое из которых представлено 16 битами и приводит к появлению значения f'_b или f'_m , которые отличаются от указанного в спецификации номинального значения не более чем на $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

Стандартная девиация ошибки синхронизации радиочастотных импульсов устройства EQAM/CMTS по отношению к задающему синхрогенератору сервера DTI ДОЛЖНА быть менее чем 1,5 нс за 100 секунд.

В таблице А.5 перечислены режимы работы нисходящего канала, их соответствующие номинальные символьные скорости (f_b), значения M и N, результирующие скорости синхроимпульсов и их сдвиги относительно номинальных значений.

Таблица А.5 – Символьные скорости и параметры для синхронизации с задающим синхрогенератором в нисходящем канале передачи

Режим работы исходящего канала передачи	Номинальная символьная скорость по спецификации, f_b (МГц)	M/N	Частота задающего синхрогенератора, f'_m (МГц)	Символьная скорость в нисходящем канале передачи, f'_b (МГц)	Сдвиг относительно номинала
ETSI EN 300 429, 64QAM	6,952	869/1 280	10,240...	6,952	$0 \cdot 10^{-6}$
ETSI EN 300 429, 256QAM	6,952	869/1 280	10,240...	6,952	$0 \cdot 10^{-6}$

А.6.3.7 Дрожание синхросимвола в нисходящем канале передачи для синхронной работы

Синхросимволы в нисходящем канале ДОЛЖНЫ соответствовать следующим требованиям по мощности двухполосного шума из-за нестабильности фазы в указанных диапазонах частот:

- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/6,952)]$ dBc (*m. e.* $< 0,07$ нс RMS) от 10 Гц до 100 Гц;
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/6,952)]$ dBc (*m. e.* $< 0,07$ нс RMS) от 100 Гц до 1 кГц;
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/6,952)]$ dBc (*m. e.* $< 0,07$ нс RMS) от 1 кГц до 10 кГц;
- $< [-36 + 20 \cdot \log(f_{DS}/6,952)]$ dBc (*m. e.* $< 0,5$ нс RMS) от 10 кГц до 100 кГц;
- $< [-30 + 20 \cdot \log(f_{DS}/6,952)]$ dBc (*m. e.* < 1 нс RMS) от 100 кГц до $(f_{DS}/2)$.

f_{DS} – измеренная частота синхрогенератора в МГц. Значение f_{DS} ДОЛЖНО быть целым числом, кратным частоте синхросимволов в нисходящем канале, или результатом деления этой частоты на целое число. Например, если невозможно явно получить частоту синхронизации 6,952 МГц, можно использовать частоту $f_{DS} = 27,808$ МГц.

Устройство, совместимое с DRFI, ДОЛЖНО содержать средства для измерения частоты синхронизации, в которых:

- Это устройство предоставляет точки измерений для прямого доступа к синхрогенератору и к частоте синхросимволов в нисходящем канале.

В другом варианте устройство, совместимое с DRFI, ДОЛЖНО обеспечивать работу в режиме испытаний, в котором:

- Последовательность символов QAM в нисходящем канале заменяется в обоих каналах I и Q последовательностью чередующихся битов (1, -1, 1, -1, 1, -1...) с номинальной амплитудой.
- Это устройство генерирует частоту синхросимволов в нисходящем канале из опорной частоты 10,24 МГц, как и при нормальной синхронной работе.

Если имеется явная возможность получить в нисходящем канале частоту синхронизации, которая отвечает вышеприведенным требованиям к шуму из-за нестабильности фазы (например, равномерная частота синхронизации без дрожания синхросимволов), то этого режима испытаний не требуется.

A.6.3.8 Дрейф частоты синхросимволов в нисходящем канале передачи для синхронной работы

См. пункт 6.3.8.

A.7 Подуровень конвергенции передачи в нисходящем канале

A.7.1 Введение

См. пункт 7.1.

A.7.2 Формат пакета MPEG

См. пункт 7.2.

A.7.3 Заголовок MPEG для протокола передачи данных по кабельным сетям DOCSIS

См. пункт 7.3.

A.7.4 Полезная нагрузка MPEG для протокола передачи данных по кабельным сетям DOCSIS

См. пункт 7.4.

A.7.5 Взаимодействие с подуровнем MAC

См. пункт 7.5.

A.7.6 Взаимодействие с физическим уровнем

Поток пакетов MPEG-2 ДОЛЖЕН быть закодирован в соответствии со стандартом [ETSI EN 300 429].

Приложение В

Дополнения и изменения к спецификации, принятой в Японии

(Настоящее Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

Настоящее Приложение относится к третьему варианту технологии, указанному в пункте 1 (1.1 Сфера применения). Первый вариант описан в пунктах 5, 6 и 7. Второй вариант описан в Приложении А.

В настоящем Приложении описываются спецификации физического уровня, необходимые для системы CMTS и EQAM, интегрированной в спецификацию для Японии. Это Приложение является дополнительным и никоим образом не влияет на сертификацию оборудования, отвечающего варианту технологии для Северной Америки, описанному в пунктах, перечисленных выше.

Нумерация параграфов сохранена, так чтобы цифра, стоящая после буквы, обозначающей Приложение, соответствовала тому пункту настоящей Рекомендации, к которому относятся описываемые изменения. Вследствие этого в настоящем Приложении могут быть пропущены некоторые номера пунктов, если не требуется внесение изменений в соответствующие параграфы основного текста Рекомендации.

В.1 Сфера применения и цель

См. пункт 1.

В.2 Справочные документы

См. пункт 2.

В.3 Термины и определения

См. пункт 3.

В.4 Акронимы и сокращения

См. пункт 4.

В.5 Рабочие предположения

См. пункт 5.

В.5.1 Широкополосная сеть доступа

См. пункт 5.1.

В.5.2 Предположения относительно оборудования

В.5.2.1 Частотный план

В нисходящем направлении предполагается, что кабельная система имеет полосу пропускания с нижней границей 90 МГц и верхней границей, зависящей от варианта реализации, но, как правило, лежащей в пределах от 350 до 770 МГц. Предполагается, что в пределах этой полосы пропускания имеются аналоговые телевизионные сигналы NTSC с каналами шириной 6 МГц, размещенные согласно частотному плану Японии, а также другие узкополосные и широкополосные цифровые сигналы.

В.5.2.2 Совместимость с другими службами

См. пункт 5.2.2.

В.5.2.3 Влияние локализации ошибок на других пользователей

См. пункт 5.2.3.

В.5.3 Предположения относительно оборудования нисходящего канала передачи

См. пункт 5.3.

В.5.3.1 Уровни передачи

См. пункт 5.3.1.

В.5.3.2 Инверсия частоты

См. пункт 5.3.2.

В.5.3.3 Схема размещения аналоговых и цифровых каналов

При разработке этого варианта технологии предполагалось, что на головной станции будет развернуто максимум 110 цифровых каналов. В расчетах величины CNR (защиты для аналоговых каналов) предполагалось, что аналоговые каналы размещаются на нижних частотах схемы размещения каналов, в отличие от цифровых каналов.

В.5.3.4 Требуемое значение защиты для аналоговых каналов

Одной из целей Рекомендации по DRFI является обеспечение минимальной требуемой защиты для аналогового канала $CNR = 60$ дБ для систем, использующих до 110 каналов QAM, соответствующих DRFI.

В настоящей Рекомендации предполагается, что уровень передаваемой мощности цифровых каналов будет на 6 дБ ниже пиковой мощности огибающей видеосигнала аналоговых каналов, что является более строгим требованием, чем типовое значение для цифровой передачи (на 10 дБ ниже). Далее предполагалось, что согласно схеме размещения каналов аналоговые каналы будут располагаться на более низких частотах, чем цифровые каналы. Для учета различия требований к ширине полосы шума в цифровых и аналоговых каналах используется поправочный коэффициент $10 \cdot \log_{10}(6 \text{ МГц}/4 \text{ МГц})$. При вышеупомянутых предположениях для системы с 110 каналами QAM спецификация, приведенная в пункте 5 таблицы В.4, соответствует защите аналоговых каналов $CNR = 60$ дБ.

В.6 Спецификация подуровня, зависящая от физической среды передачи

В.6.1 Сфера применения

Настоящий пункт относится к третьему варианту технологии, указанной в пункте 1 (1.1 Сфера применения). В тех случаях, когда требования для всех вариантов технологии идентичны, приводится ссылка на основной текст.

Остальные сведения, относящиеся к данному пункту, приведены в пункте 6.1.

В.6.2 Отличительные особенности модулятора EdgeQAM (EQAM) в сравнении с системой CMTS

См. пункт 6.2.

В.6.3 Нисходящий канал передачи

В.6.3.1 Протокол нисходящего канала передачи

Подуровень PMD ДОЛЖЕН соответствовать Рекомендации [ITU-T J.83-C]. Значения глубины перемежения определяются в пункте В.6.3.3. Применимость конкретного значения глубины перемежения зависит от услуги передачи данных, предоставляемой в определенном радиоканале QAM. Применимость значений глубины перемежения для доставки услуги, не являющейся высокоскоростной передачей данных DOCSIS, в настоящем Приложении не рассматривается.

В.6.3.2 Формат спектра

Модулятор нисходящего канала для каждого канала QAM модулятора EQAM или системы CMTS ДОЛЖЕН обеспечивать возможность работы с группировкой 64QAM, определенной в Рекомендации [ITU-T J.83-C], и группировкой 256QAM, определенной в пункте J.6.3.4.2 Рекомендации [ITU-T J.122].

В.6.3.3 Масштабируемое перемежение для предоставления видеослуж и услуг высокоскоростной передачи данных

Подуровень PMD в CMTS или EQAM нисходящего канала ДОЛЖЕН поддерживать перемежение с характеристиками, определенными в таблице В.1.

Метод перемежения для 256QAM соответствует Рекомендации [ITU-T J.83-C], за исключением значений глубины перемежения. CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ поддерживать глубину перемежения $I = 12$. CMTS или EQAM МОГУТ поддерживать значения глубины перемежения $I = 34$ или $I = 204$. В таблице В.1 показаны характеристики устройства перемежения со скоростью 5,274 Мсимв/с.

Таблица В.1 – Характеристики устройства перемежения

I (Число шагов)	J (Шаг увеличения)	Защита пакета 64QAM/256QAM	Задержка 64QAM/256QAM
12	17	24 мкс/18 мкс	0,57 мс/0,43 мс
34	6	-/51 мкс	-/1,28 мс
204	1	-/300 мкс	-/7,85 мс

В.6.3.4 Частотный план нисходящего канала передачи

Частотный план нисходящего канала передачи ДОЛЖЕН соответствовать частотному плану, используемому кабельной системой, в которой он будет работать. Например, это может быть японский частотный план для цифровых каналов QAM [Статья 23-(1)]. Рабочие частоты ДОЛЖНЫ включать все каналы от 90 МГц до 770 МГц.

В.6.3.5 Электрический выход DRFI

См. пункт 6.3.5.

В.6.3.5.1 Электрический выход CMTS или EQAM

CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ иметь на своем выходе модулированный РЧ сигнал с характеристиками, определенными в таблицах В.2, В.3 и В.4. Условием выполнения этих требований, за исключением требований к фазовому шуму и требований по подавлению несущей в одном активном канале в целях диагностики (таблица В.3), является то, что все N комбинированных каналов должны иметь одинаковую среднюю мощность.

Таблица В.2 – Требования к электрическому РЧ выходу

Параметр	Значение
Центральная частота (fc) любого РЧ канала в CMTS или EQAM	ДОЛЖНА быть от 93 МГц до 767 МГц
Уровень	Регулируемый. См. таблицу В.3
Тип модуляции	64QAM, 256QAM
Символьная скорость (номинальное значение) 64QAM 256QAM	5,274 Мсимв/с 5,274 Мсимв/с
Номинальное разнесение каналов	6 МГц
Частотная характеристика 64QAM 256QAM	~ 0,13 приподнятый корень квадратный из косинуса ~ 0,13 приподнятый корень квадратный из косинуса

Таблица В.2 – Требования к электрическому РЧ выходу

Параметр	Значение
Внутриполосные побочные излучения, искажения и шумы	MER без предискажений (Примечание 2) > 35 дБ MER с предискажениями > 43 дБ
Внутриполосные побочные излучения и шумы	$\leq -48\text{dBc}$; где канальные побочные излучения и шумы включают в себя все дискретные побочные излучения, шумы, просачивание несущей, линии синхросигнала, продукты синтезатора и другие нежелательные продукты передатчика. Побочные излучения и шумы в пределах полосы ± 50 кГц от несущей из рассмотрения исключаются. Когда $N > 1$, шум за пределами ширины полосы Найквиста из рассмотрения исключается
Внеполосные побочные излучения и шумы	См. таблицу В.4
Фазовый шум Один активный канал, $N - 1$ каналов подавлены (см. пункт В.6.3.5.1.2 (6)) 64QAM и 256QAM	1 кГц – 10 кГц: -33 dBc двусторонняя мощность шума 10 кГц – 50 кГц: -51 dBc двусторонняя мощность шума 50 кГц – 3 МГц: -51 dBc двусторонняя мощность шума
Все N каналов активны, (см. пункт В.6.3.5.1.2 (7)) 64QAM и 256QAM	1 кГц – 10 кГц: -33 dBc двусторонняя мощность шума 10 кГц – 50 кГц: -51 dBc двусторонняя мощность шума
Выходное сопротивление	75 Ом
Потери из-за отражения от выхода (Примечание 3)	> 14 дБ в пределах активного выходного канала от 90 МГц до 770 МГц (Примечание 4)
Соединительный элемент	Соединительный элемент F в соответствии с [IEC 60169-24]
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значение 30 кГц включает в себя допуск величиной 25 кГц для наибольшего частотного сдвига, который обычно предусмотрен в конверторах частоты вверх.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – MER (коэффициент ошибок модуляции) определяется отклонениями в кластере, обусловленными передаваемым сигналом на выходе идеально согласованного фильтра приемника. MER включает в себя все дискретные побочные излучения, шумы, просачивание несущей, линии синхросигнала, продукты синтезатора, искажения и другие нежелательные продукты передатчика. MER без предискажений, кроме того, включает в себя искажения линейной фильтрации, которые компенсируются эквалайзером приемника. Из рассмотрения исключается фазовый шум в полосе до ± 50 кГц от несущей, определенной внутриполосной спецификацией, для того чтобы максимально возможно отделить друг от друга требования к фазовому шуму и внутриполосным побочным излучениям. При измерении величины MER продолжительность записи или ширина полосы системы автоматического слежения за несущей должна быть настроена так, чтобы исключить из измерений низкочастотный фазовый шум. Для MER с предискажениями коэффициенты эквалайзера приемника вычисляются и применяются для приемника, к которому присоединено испытываемое устройство. Для MER без предискажений при необходимости для выравнивания АЧХ приемника также могут быть вычислены коэффициенты эквалайзера приемника, которые после присоединения испытываемого устройства остаются фиксированными. Требования MER предполагают, что измерения выполнены при помощи калиброванного измерительного оборудования, в котором исключено влияние остаточного собственного MER.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Диапазоны частот указаны от границы до границы.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Если EQAM или CMTS предоставляют услуги в канале с центральной частотой 93 МГц (строка 1 в таблице), то эти EQAM или CMTS ДОЛЖНЫ обеспечить потери на отражение > 14 дБ в пределах активного выходного канала в диапазоне частот от 90 МГц до 770 МГц (f_{edge}).</p>	

В.6.3.5.1.1 Мощность на канал CMTS или EQAM

EQAM или CMTS ДОЛЖНЫ создавать выходной радиосигнал со значениями мощности, определенными в таблице В.3. Мощность в радиоканале МОЖЕТ регулироваться для каждого канала в отдельности, при этом в каждом канале соответствие значениям мощностей, определенных в таблице В.3, обеспечивается независимо от других каналов. Если модуляция в EQAM или CMTS осуществляется для каждого канала отдельно, то мощность радиоканала ДОЛЖНА регулироваться для каждого канала отдельно, при этом в каждом канале соответствие значениям мощностей, определенных в таблице В.3, в каждом канале обеспечивается независимо от других.

Таблица В.3 – Выходная мощность устройства DRFI

Параметр	Значение
Диапазон регулируемой мощности, передаваемой в одном канале	На ≥ 8 дБ ниже требуемого уровня мощности, определенного ниже, при поддержании полного качества в диапазоне 8 дБ
Размер шага регулировки мощности на канал	$\leq 0,2$ дБ строго равномерное изменение
Разница в мощности между двумя соседними каналами в блоке (если мощность каждого канала регулируется независимо от других, то регулируемая разница в мощности исключается)	$\leq 0,5$ дБ
Разница в мощности между любыми двумя не соседними каналами в блоке (если мощность каждого канала регулируется независимо от других, то регулируемая разница в мощности исключается)	≤ 1 дБ
Абсолютная точность установки величины мощности в канале	± 2 дБ
Подавление несущей в целях диагностики (3 режима) Режим 1: Подавлен один канал Режим 2: Подавлены все каналы, кроме одного Режим 3: Подавлены все каналы	1) Подавление несущей на ≥ 50 дБ в пределах полосы Найквиста в любой одном канале блока шириной 6 МГц. Это ДОЛЖНО выполняться без нарушения непрерывности передачи или причинения вреда другим каналам в блоке 2) Подавление несущей на 50 дБ в пределах полосы Найквиста во всех каналах блока шириной 6 МГц, за исключением одного. Это ДОЛЖНО выполняться без нарушения непрерывности передачи или причинения вреда оставшемуся каналу в блоке 3) Подавление несущей на 50 дБ в пределах полосы Найквиста во всех каналах блока шириной 6 МГц
Подавление блока радиоканалов	Подавление на ≥ 73 дБ ниже суммарной мощности блока при отсутствии подавления в каждом канале блока шириной 6 МГц
Требуемая мощность на канал для N каналов, объединенных на одном РЧ порту. " N " = числу объединенных каналов: $N = 1$ $N = 2$ $N = 3$ $N = 4$ $N > 4$	Требуемая мощность на канал в дБмкВ 120 дБмкВ 116 дБмкВ 114 дБмкВ 112 дБмкВ $120 - \text{предел округления } [3,6 * \log_2(N)] \text{ дБмкВ}$

В.6.3.5.1.2 Независимость отдельного канала среди множества каналов одного РЧ порта

Возможным вариантом использования СМТS или EQAM является создание универсальной платформы, которая может быть использована для предоставления услуг высокоскоростной передачи данных или видеослужб. По этой причине для обеспечения соответствующего необходимого для нормальной работы формата передачи видеосигнала и данных чрезвычайно важно, чтобы глубина перемежения устанавливалась для каждого канала в отдельности. Любой N -канальный блок в СМТS или EQAM ДОЛЖЕН иметь возможность конфигурирования как минимум со значением глубины перемежения $I = 12$. Хотя это не так важно, как регулировка глубины перемежения для каждого канала в отдельности, оператору очень удобно, когда EQAM имеет возможность устанавливать РЧ мощность, центральную частоту и тип модуляции для каждого канала в отдельности.

- 1) Многоканальные СМТS или EQAM ДОЛЖНЫ иметь возможность конфигурирования как минимум со значением глубины перемежения $I = 12$ для N каналов выходного РЧ порта, при этом в каждом канале может использоваться одно из двух (или большего числа) значений глубины перемежения, выбираемое отдельно для каждого канала, информация о значениях глубины перемежения приведена в таблице В.1.

- 2) Многоканальные CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ поддерживать 3 режима подавления РЧ мощности несущей для целей диагностики и испытаний, описания режимов работы и уровня подавления РЧ мощности несущей приведены в таблице В.3.
- 3) Многоканальные CMTS или EQAM МОГУТ обеспечить независимую регулировку РЧ мощности для каждого канала в отдельности, при этом каждая РЧ несущая самостоятельно обеспечивает выполнение требований, определенных в таблице В.3.
- 4) Многоканальные CMTS или EQAM МОГУТ обеспечить независимый выбор центральной частоты для каждого канала в отдельности, формируя, таким образом, механизм не непрерывного назначения частот каналам, при этом каждый канал самостоятельно обеспечивает выполнение требований, определенных в таблице В.2.
- 5) Многоканальные CMTS или EQAM МОГУТ обеспечить независимый выбор порядка модуляции – либо 64QAM, либо 256QAM – для каждого канала в отдельности, при этом каждый канал самостоятельно обеспечивает выполнение требований, определенных в таблице В.2.
- 6) CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ предусматривать тестовый режим работы для испытаний на отключенном оборудовании, сконфигурированном для N каналов, но при котором создается по одному непрерывному сигналу на канал, по одному каналу в данный момент времени на центральной частоте выбранного канала; все остальные объединенные каналы подавляются. Одной из целей этого тестового режима является поддержка одного из методов проверки выполнения требований к фазовому шуму, приведенных в таблице В.2. Таким образом, формирование непрерывного испытательного сигнала в схеме генерирования сигнала ДОЛЖНО максимально возможно выполняться, так чтобы воссоздавались характеристики фазового шума, типичные для реальных условий работы; например, представляется, что повторяющийся выбор символа в группировке с мощностью, близкой к среднеквадратическому уровню группировки, будет более реально воспроизводить схему модуляции и преобразования частоты вверх. Тестовый режим ДОЛЖЕН позволять создание непрерывного тонального сигнала с любой центральной частотой, лежащей в полном диапазоне центральных частот, показанном в таблице В.2.
- 7) CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ предусматривать тестовый режим работы для испытаний на отключенном оборудовании, при котором генерируется по одному непрерывному сигналу на канал с центральной частотой выбранного канала, когда все остальные $N - 1$ объединенных каналов активны и содержат достоверные данные модуляции с рабочими уровнями мощности. Одной из целей этого тестового режима является поддержка одного из методов проверки выполнения требований к фазовому шуму, приведенных в таблице В.2. Таким образом, формирование непрерывного испытательного сигнала в схеме генерирования сигнала ДОЛЖНО максимально возможно выполняться, так чтобы воссоздавались характеристики фазового шума, типичные для реальных условий работы. Например, представляется, что повторяющийся выбор символа в группировке с мощностью, близкой к среднеквадратическому уровню группировки, будет более реально воспроизводить схему модуляции и преобразования частоты вверх. Для этого тестового режима допускается, чтобы все каналы работали с одинаковой средней мощностью, включая каждый из $N - 1$ рабочих каналов и один канал с непрерывным тональным сигналом на центральной частоте канала. Тестовый режим ДОЛЖЕН позволять создание непрерывного тонального сигнала с любой центральной частотой, лежащей в полном диапазоне центральных частот, показанном в таблице В.2.

Если либо центральная частота 4), либо тип модуляции 5), либо оба эти значения регулируются независимо для каждого канала, то CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ предусматривать независимую регулировку РЧ мощности 3) в каждом канале, при этом каждая РЧ несущая самостоятельно обеспечивает выполнение требований, определенных в таблице В.2.

В.6.3.5.1.3 Требования к CMTS или EQAM по внеполосным шумам и побочным излучениям

Одной из целей Рекомендации для радиointерфейса нисходящего канала (DRFI) является обеспечение минимальной защиты CNR в полезном аналоговом канале = 60 дБ для систем, развернутых с использованием до 110 каналов QAM, соответствующих DRFI.

В настоящей Рекомендации предполагается, что уровень передаваемой мощности цифровых каналов будет на 6 дБ ниже пиковой мощности огибающей видеосигнала аналоговых каналов, что является более строгим требованием, чем типовое значение для цифровой передачи (на 10 дБ ниже). Далее предполагалось, что согласно схеме размещения каналов аналоговые каналы будут располагаться на

более низких частотах, чем цифровые каналы. Для учета различия требований к ширине полосы шума в цифровых и аналоговых каналах используется поправочный коэффициент $10 \cdot \log_{10}(6 \text{ МГц}/4 \text{ МГц})$. При вышеупомянутых предположениях для системы с 110 каналами QAM спецификация, приведенная в пункте 5 таблицы В.4, соответствует защите аналоговых каналов $\text{CNR} = 60 \text{ дБ}$.

В таблице В.4 приведен перечень требований по внеполосным побочным излучениям. В тех случаях, когда N объединенных каналов передаются с различным уровнем мощности, единица "дВс" обозначает количество децибел по отношению к наиболее мощной несущей в этом блоке каналов. Требования по внеполосным побочным излучениям приведены для тестовых условий, когда блок из N смежных объединенных каналов передается с одинаковым уровнем мощности, т. е. для этих тестовых условий единица "дВс" ДОЛЖНА определяться для мощности канала, усредненной по данному блоку, для того чтобы уменьшить влияние изменения мощности каналов в блоке (см. таблицу В.3), которое допускается, если все каналы передаются с одинаковой мощностью.

В пунктах 1–4 перечислены требования для каналов, смежных с каналами управления.

В пункте 5 перечислены требования для всех остальных каналов, расположенных дальше от каналов управления. Для некоторых из этих "остальных" каналов допускается, чтобы требования, приведенные в спецификации пункта 5, не выполнялись. Все исключения, например 2-я и 3-я гармоники канала управления, четко указаны в таблице.

В пункте 6 перечислены требования для $2N$ каналов 2-й гармоники и $3N$ каналом 3-й гармоники.

Таблица В.4 – Требования к выходному внеполосному шуму и побочным излучениям EQAM или CMTS

Пункт	Полоса	N, число объединенных каналов на одном РЧ порту				
		1	2	3	4	N > 4 Все уравнения даны для верхнего предела (мощность; 0,5) дВс
1	Смежный канал на расстоянии до 750 кГц от границы блока каналов	< -58 дВс	< -58 дВс	< -58 дВс	< -58 дВс	$< 10 \cdot \log_{10} [10^{-58/10} + (0,75/6) \cdot (10^{-65/10}) + (N-2) \cdot 10^{-73/10}]$
2	Смежный канал (на расстоянии от 750 кГц до 6 МГц от границы блока каналов)	< -62 дВс	< -60 дВс	< -60 дВс	< -60 дВс	$< 10 \cdot \log_{10} [10^{-62/10} + (5,25/6) \cdot (10^{-65/10}) + (N-2) \cdot 10^{-73/10}]$
3	Канал, следующий после смежного (на расстоянии от 6 МГц до 12 МГц от границы блока каналов)	< -65 дВс	< -64 дВс	< -63,5 дВс	< -63 дВс	$< 10 \cdot \log_{10} [10^{-65/10} + (N-1) \cdot 10^{-73/10}]$
4	Канал через один после смежного (от 12 МГц до 18 МГц от границы блока каналов)	< -73 дВс	< -70 дВс	< -67 дВс	< -65 дВс	Для $N = 5$: -64,5 дВс; Для $N = 6$: -64 дВс; Для $N \geq 7$: $< -73 + 10 \cdot \log_{10}(N)$ дВс
5	Шум в других каналах (от 80 МГц до 780 МГц), измеренный в каждом канале шириной 6 МГц за исключением следующих: а) Полезный(е) канал(ы); б) 1-й, 2-й и 3-й смежные каналы (см. пп. 1, 2, 3, 4 в настоящей таблице); в) Каналы, совпадающие со 2-й и 3-й гармониками (см. п. 6 в настоящей таблице)	< -73 дВс	< -70 дВс	< -68 дВс	< -67 дВс	$< -73 + 10 \cdot \log_{10}(N)$

**Таблица В.4 – Требования к выходному внеполосному шуму
и побочным излучениям EQAM или CMTS**

Пункт	Полоса	N, число объединенных каналов на одном РЧ порту				
		1	2	3	4	N > 4 Все уравнения даны для верхнего предела (мощность; 0,5) dBc
6	В каждом из 2N смежных каналов шириной 6 МГц или в каждом из 3N смежных каналов шириной 6 МГц, совпадающих с компонентами 2-й и 3-й гармоник, соответственно (до 1 000 МГц)	$< -73 + 10 \cdot \log_{10}(N)$ или -63 dBc в зависимости от того, какой из результатов больше				

В.6.3.5.2 Дрожание в задающем синхροгенераторе CMTS или EQAM для асинхронной работы

Граничный QAM-модулятор (EQAM) ДОЛЖЕН создавать DTI клиента и интерфейс клиента в соответствии с [ITU-T J.211]. Спецификации синхροгенератора определяются в [ITU-T J.211]. Клиент DTI обеспечивает синхροгенератор. Интегрированная система завершения вызова кабельного модема (CMTS), которая не обслуживается активно сервером DTI, ДОЛЖНА включать в свой состав синхροгенератор со следующее спецификацией:

Задающий синхροгенератор на частоте 9,216 МГц ДОЛЖЕН обеспечивать в диапазоне температур от 0°C до 40°C и в течение десяти лет с момента выпуска (см. Примечание, ниже):

- точность воспроизведения частоты $\leq \pm 5 \cdot 10^{-6}$;
- скорость ухода частоты $\leq 10^{-8}$ в секунду; и
- дрожание границ ≤ 10 нс в размахе (± 5 нс).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Настоящая спецификация МОЖЕТ выполняться также при помощи синхронизации интерфейса DRFI от задающего синхροгенератора или от внешнего источника опорной частоты. Если используется такой подход, то внутренний синхροгенератор интерфейса DRFI ДОЛЖЕН обладать точностью воспроизведения частоты $= \pm 20 \cdot 10^{-6}$ в диапазоне температур от 0°C до 40°C в течение десяти лет с момента выпуска внешнего источника опорной частоты. Скорость ухода частоты и дрожание границ ДОЛЖНЫ быть такими, как определено выше.

Требования по скорости ухода частоты и дрожанию границ для задающего синхροгенератора интерфейса DRFI предполагают, что изменение продолжительности двух смежных сегментов по 9 216 000 циклов не превысит 30 нс, т. е. 10 нс – из-за дрожания для продолжительности каждого сегмента и 10 нс – из-за ухода частоты. Можно также вывести продолжительности для других длительностей счетчика: смежные сегменты из 921 600 циклов – ≤ 21 нс; сегменты длиной 921 600 циклов, между которыми расположен один сегмент цикла 9 216 000 – ≤ 30 нс; смежные сегменты длиной 92 160 000 – ≤ 120 нс. Задающий синхροгенератор интерфейса DRFI ДОЛЖЕН удовлетворять этим тестовым пределам в 99% и более измерений.

В.6.3.5.3 Дрожание в задающем синхροгенераторе CMTS или EQAM для синхронной работы

В дополнение к требованиям, приведенным в пункте В.6.3.5.2, задающий CMTS синхροгенератор с частотой 9,216 МГц ДОЛЖЕН удовлетворять следующим требованиям по двухполосному шуму из-за нестабильности фазы требования в указанных диапазонах частот:

- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$ dBc (*m. e.* $< 0,05$ нс RMS) от 10 Гц до 100 Гц;
- $< [-58 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$ dBc (*m. e.* $< 0,02$ нс RMS) от 100 Гц до 1 кГц;
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$ dBc (*m. e.* $< 0,05$ нс RMS) от 1 кГц до 10 кГц;
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$ dBc (*m. e.* $< 0,05$ нс RMS) от 10 кГц до $f_{MC}/2$.

f_{MC} – частота измеряемого задающего синхροгенератора в МГц. Значение f_{MC} ДОЛЖНО быть целым числом, кратным 9,216 МГц, или результатом деления величины 9,216 МГц на целое число. Например, если в качестве источника опорной частоты синхροгенератора используется генератор с частотой 18,432 МГц, и не существует явной частоты синхронизации 9,216 МГц, которую следует измерить, тогда в вышеприведенных уравнениях может использоваться синхροгенератор 18,432 МГц с $f_{MC} = 18,432$.

Спецификации для дрожания в задающем синхροгенераторе EQAM содержатся в [ITU-T J.211].

В.6.3.5.4 Уход частоты в задающем синхροгенераторе CMTS или EQAM для синхронной работы

См. пункт 6.3.5.4.

В.6.3.6 Генерация синхросигнала для CMTS или EQAM

В том случае, когда интерфейс DTI содержит задающий синхροгенератор с частотой 9,216 МГц, устройство, совместимое DRFI, ДОЛЖНО установить синхронизацию символов в нисходящем потоке на частоте 9,216 МГц задающего синхροгенератора, используя делители частоты M/N, показанные в таблице В.5.

В.6.3.6.1 Генерация синхросигнала для CMTS

Система CMTS ДОЛЖНА установить синхронизацию символов в нисходящем потоке на частоте задающего синхροгенератора CMTS, используя делители частоты M/N, показанные в таблице В.5.

В.6.3.6.2 Генерация синхросигнала для EQAM

Поскольку EQAM работает с активным интерфейсом DTI, модулятор EQAM ДОЛЖЕН установить синхронизацию символов в нисходящем потоке в соответствии с частотой синхροгенератора, используя делители частоты M/N, показанные в таблице В.5.

В.6.3.6.3 Символьная скорость в нисходящем канале передачи

Пусть f'_b – скорость синхросимволов в нисходящем канале передачи, которая определяется синхροгенератором, и пусть f'_m – частота синхροгенератора, которая синхронизирована с частотой синхросимволов в нисходящем канале передачи. Пусть f_b – номинальная определенная в спецификации символьная скорость в нисходящем канале передачи, и пусть f_m – номинальная скорость задающего синхροгенератора (9,216 МГц). Когда скорость символов в нисходящем канале синхронизируется синхροгенератором, ДОЛЖНО выполняться следующее уравнение:

$$f'_b = f_m * M/N.$$

Когда синхροгенератор синхронизирован синхросимволами в нисходящем канале передачи, ДОЛЖНО выполняться следующее уравнение:

$$f'_m = f_b * N/M.$$

Отметим, что M и N в таблице В.5 – это целые числа без знака, каждое из которых представлено 16 битами и приводит к появлению значения f'_b или f'_m , которые отличаются от указанного в спецификации номинального значения не более чем на $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

Стандартная девиация ошибки синхронизации радиочастотных импульсов устройства EQAM/CMTS по отношению к задающему синхροгенератору сервера DTI ДОЛЖНА быть менее чем 1,5 нс за 100 секунд.

В таблице В.5 перечислены режимы работы нисходящего канала, их соответствующие номинальные символьные скорости (f_b), значения M и N, результирующие скорости синхροимпульсов и их сдвиги относительно номинальных значений.

Таблица В.5 – Символьные скорости и параметры для синхронизации с задающим синхροгенератором в нисходящем канале передачи

Режим работы нисходящего канала передачи	Номинальная символьная скорость по спецификации, f_b (МГц)	M/N	Частота задающего синхροгенератора, f'_m (МГц)	Символьная скорость в нисходящем канале передачи, f'_b (МГц)	Сдвиг относительно номинала
64QAM и 256QAM	5,274	293/512	9,216	5,274	$0 \cdot 10^{-6}$

В.6.3.7 Дрожание синхросимвола в нисходящем канале передачи для синхронной работы

Синхросимволы в нисходящем канале ДОЛЖНЫ соответствовать следующим требованиям по мощности двухполосного шума из-за нестабильности фазы в указанных диапазонах частот:

- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,274)]$ dBc (*m. e.* $< 0,07$ нс RMS) от 10 Гц до 100 Гц;
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,274)]$ dBc (*m. e.* $< 0,07$ нс RMS) от 100 Гц до 1 кГц;
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,274)]$ dBc (*m. e.* $< 0,07$ нс RMS) от 1 кГц до 10 кГц;
- $< [-36 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,274)]$ dBc (*m. e.* $< 0,5$ нс RMS) от 10 кГц до 100 кГц;
- $< [-30 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,274)]$ dBc (*m. e.* < 1 нс RMS) от 100 кГц до $(f_{DS}/2)$.

f_{DS} – измеренная частота синхрогенератора в МГц. Значение f_{DS} ДОЛЖНО целым числом, кратным частоте синхросимволов в нисходящем канале, или результатом деления этой частоты на целое число. Например, если невозможно явно получить частоту синхронизации 5,274 МГц, можно использовать $f_{DS} = 21,096$ МГц.

Устройство, совместимое с DRFI, ДОЛЖНО содержать средства для измерения частоты синхронизации, в которых:

- Это устройство предоставляет точки измерений для прямого доступа к синхрогенератору и к частоте синхросимволов в нисходящем канале.

В другом варианте устройство, совместимое с DRFI, ДОЛЖНО обеспечивать работу в режиме испытаний, в котором:

- Последовательность символов QAM в нисходящем канале заменяется чередующейся бинарной последовательностью (1, -1, 1, -1, 1, -1...) с номинальной амплитудой в обоих каналах I и Q.
- Это устройство генерирует частоту синхросимволов в нисходящем канале из опорной частоты 9,216 МГц, как и при нормальной синхронной работе.

Если имеется явная возможность получить в нисходящем канале частоту синхронизации, которая отвечает вышеприведенным требованиям к шуму из-за нестабильности фазы (например, равномерная частота синхронизации без дрожания синхросимволов), то этого режима испытаний не требуется.

В.6.3.8 Дрейф частоты синхросимволов в нисходящем канале передачи для синхронной работы

См. пункт 6.3.8.

В.7 Подуровень конвергенции передачи в нисходящем канале

В.7.1 Введение

См. пункт 7.1.

В.7.2 Формат пакета MPEG

См. пункт 7.2.

В.7.3 Заголовок MPEG для протокола передачи данных по кабельным сетям DOCSIS

См. пункт 7.3.

В.7.4 Полезная нагрузка MPEG для протокола передачи данных по кабельным сетям DOCSIS

См. пункт 7.4.

В.7.5 Взаимодействие с подуровнем MAC

См. пункт 7.5.

В.7.6 Взаимодействие с физическим уровнем

Поток пакетов MPEG-2 ДОЛЖЕН быть закодирован в соответствии с [ITU-T J.83-C], включая деление транспортного потока MPEG-2 на кадры с использованием суммы проверки четности, описанной в [ITU-T J.83-C].

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи