

Международный союз электросвязи

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

Серия J

Добавление 11

(04/2021)

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

**Руководящие указания по развертыванию
услуг цифрового телевидения в кабельных
сетях на основе Рекомендаций МСЭ-Т**

Рекомендации МСЭ-Т серии J – Добавление 11

Добавление 11 к Рекомендациям МСЭ-Т серии J

Руководящие указания по развертыванию услуг цифрового телевидения в кабельных сетях на основе Рекомендаций МСЭ-Т

Резюме

В ряде развивающихся стран планируется развертывание волоконно-оптической инфраструктуры и передовых цифровых систем передачи данных по гибридным волоконно-коаксиальным (HFC) сетям в целях организации предоставления услуг цифрового кабельного телевидения на этой основе. Добавление 11 к Рекомендациям МСЭ-Т серии J содержит руководящие указания, которые следует учитывать странам, разрабатывающим свои системы на основе Рекомендаций МСЭ-Т.

Хронологическая справка

| Издание | Рекомендация | Утверждено | Исследовательская комиссия | Уникальный идентификатор* |
|---------|-----------------|---------------|----------------------------|---|
| 1.0 | МСЭ-Т J Доб. 11 | 28.04.2021 г. | 9-я | 11.1002/1000/14640 |

Ключевые слова

Кабельные сети, развертывание, цифровое ТВ, HFC, гибридные волоконно-коаксиальные сети, внедрение, оптическое волокно.

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL-адрес <http://handle.itu.int/>, а затем уникальный идентификатор Рекомендации.
Например: <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

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 в целях 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 1 ВАСЭ.

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

ПРИМЕЧАНИЕ

Эта публикация МСЭ-Т носит информационный характер. Обязательные положения, например те, которые содержатся в Рекомендациях МСЭ-Т, выходят за рамки настоящей публикации. Ссылки на эту публикацию в Рекомендациях МСЭ-Т следует давать только в разделе "Библиография".

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение положений настоящей публикации 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 публикации.

На момент утверждения настоящей публикации МСЭ не получил извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения положений настоящей публикации. Однако те, кто будет применять публикацию, 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 2021

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 |
| 2 Справочные документы | 1 |
| 3 Определения | 1 |
| 3.1 Термины, определенные в других документах | 1 |
| 3.2 Термины, определенные в настоящем Добавлении | 1 |
| 4 Сокращения и акронимы | 2 |
| 5 Соглашения по терминологии | 3 |
| 6 Рекомендации МСЭ-Т, касающиеся передачи сигналов цифрового ТВ по кабельным сетям | 3 |
| 6.1 Обзор Рекомендаций | 5 |
| 6.2 Выбор Рекомендаций | 7 |
| Дополнение I – Оптическая система для передачи сигналов цифрового телевизионного радиовещания | 9 |
| I.1 Введение | 9 |
| I.2 Эталонная модель оптической системы | 9 |
| I.3 Точки измерения и измеряемые параметры | 12 |
| I.4 Спецификация оптической системы для передачи вещательного сигнала | 13 |
| I.5 Стандарты МЭК | 14 |
| I.6 Международная партнерская программа МЭК | 15 |
| Дополнение II – Доставка услуг телевидения на основе протокола Интернет (IPTV) по сетям HFC и FTTH | 16 |
| II.1 Введение | 16 |
| II.2 Классификация IPTV | 16 |
| II.3 Доставка IPTV по сетям PON | 16 |
| II.4 Доставка IPTV по сетям DOCSIS | 17 |
| II.5 Другие варианты доставки IPTV | 18 |
| Дополнение III – Услуги ТСВЧ 4К/8К | 20 |
| III.1 Доставка услуг ТСВЧ 4К/8К по линиям доступа HFC | 20 |
| III.2 Доставка услуг ТСВЧ 4К/8К по волоконно-оптическим линиям доступа/ линиям доступа FTTH | 21 |
| III.3 Абонентская приставка (STB) 4К | 21 |
| Библиография | 22 |

Введение

В настоящее время многие развивающиеся страны развертывают волоконно-оптическую инфраструктуру и соответственно предусматривается развертывание услуг цифрового телевидения (ТВ), предоставляемых по волоконно-оптическим сетям. Предполагается, что сигналы цифрового ТВ, передаваемые по волоконно-оптическим сетям, будут соответствовать, среди прочих, Рекомендациям МСЭ-Т J.185, J.186, J.83, J.382, но для соблюдения требований каждой страны важен правильный выбор Рекомендаций.

Добавление 11 к Рекомендациям МСЭ-Т серии J

Руководящие указания по развертыванию услуг цифрового телевидения в кабельных сетях на основе Рекомендаций МСЭ-Т

1 Сфера применения

В настоящем Добавлении приводится список имеющихся Рекомендаций и даются указания по их применению с целью помочь в развертывании услуг цифрового телевидения в волоконно-оптических и гибридных волоконно-коаксиальных (HFC) кабельных сетях.

2 Справочные документы

| | |
|-----------------------|--|
| [ITU-T J.83] | Рекомендация МСЭ-Т J.83 (2007 г.), <i>Цифровые многопрограммные системы для кабельного распределения сигналов при предоставлении услуг телевизионного, звукового вещания и передачи данных.</i> |
| [ITU-T J.94] | Recommendation ITU-T J.94 (2016), <i>Service information for digital broadcasting in cable television systems.</i> |
| [ITU-T J.183] | Recommendation ITU-T J.183 (2016), <i>Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams and generic formats of transport streams over cable television systems.</i> |
| [ITU-T J.185] | Recommendation ITU-T J.185 (2012), <i>Transmission equipment for transferring multi-channel television signals over optical access networks by frequency modulation conversion.</i> |
| [ITU-T J.186] | Recommendation ITU-T J.186 (2008), <i>Transmission equipment for multi-channel television signals over optical access networks by sub-carrier multiplexing (SCM).</i> |
| [ITU-T J.288] | Recommendation ITU-T J.288 (2019), <i>Encapsulation of type length value (TLV) packet for cable transmission systems.</i> |
| [ITU-T J.382] | Recommendation ITU-T J.382 (2018), <i>Advanced digital downstream transmission systems for television, sound and data services for cable distribution.</i> |
| [ITU-R BT.1869] | Рекомендация МСЭ-R BT.1869 (2010 г.), <i>Схема мультиплексирования для пакетов переменной длины в системах модуляции цифрового мультимедийного радиовещания.</i> |
| [IEC 60728-x] | IEC 60728 (all parts), <i>Cable networks for television signals, sound signals and interactive services.</i> |
| [ISO/IEC/IEEE 8802-3] | ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021, <i>Telecommunications and exchange between information technology systems – Requirements for local and metropolitan area networks – Part 3: Standard for Ethernet.</i> |

3 Определения

Отсутствуют.

3.1 Термины, определенные в других документах

Отсутствуют.

3.2 Термины, определенные в настоящем Добавлении

Отсутствуют.

4 Сокращения и акронимы

В настоящем Добавлении используются следующие сокращения и акронимы.

| | | | |
|--------|--|-----|--|
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line | | Асимметричная цифровая абонентская линия |
| CAS | Conditional Access System | | Система условного доступа |
| CATV | Cable Television | КТВ | Кабельное телевидение |
| CM | Cable Modem | | Кабельный модем |
| CMTS | Cable Modem Terminating System | | Оконечная система кабельных модемов |
| CPE | Customer Premises Equipment | | Оборудование в помещении пользователя |
| DOCSIS | Data Over Cable Service Interface Specifications | | Спецификации интерфейса передачи данных по кабельным системам |
| DVB | Digital Video Broadcasting | | Цифровое телевизионное радиовещание |
| END | Equivalent Noise Degradation | | Эквивалентные шумовые потери |
| EPON | Ethernet Passive Optical Network | | Пассивная оптическая сеть Ethernet |
| EVM | Error Vector Magnitude | | Величина вектора ошибки |
| FDM | Frequency Division Multiplexing | | Мультиплексирование с частотным разделением |
| FEC | Forward Error Correction | | Упреждающая коррекция ошибок |
| FTTH | Fibre to the home | | Волоконные линии до жилого помещения |
| FM | Frequency Modulation | ЧМ | Частотная модуляция |
| GPON | Gigabit Passive Optical Network | | Гигабитная пассивная оптическая сеть |
| GSE | Generic Stream Encapsulation | | Инкапсуляция общего потока |
| HD | High Definition | | Высокая четкость |
| HFC | Hybrid Fibre/Coaxial | | Гибридные волоконно-коаксиальные сети |
| IF | Intermediate Frequency | ПЧ | Промежуточная частота |
| IM | Intensity Modulation | | Модуляция интенсивности |
| IPVB | IP Video Broadcasting | | Цифровое телевизионное радиовещание на основе протокола Интернет |
| IP | Internet Protocol | | Протокол Интернет |
| IPTV | Internet Protocol Television | | Телевидение на основе протокола Интернет |
| LDPC | Low Density Parity Check code | | Код с малой плотностью проверок на четность |
| MER | Modulation error ratio | | Коэффициент ошибок модуляции |
| MDU | Multi-Dwelling Units | | Многоквартирные дома |

| | | | |
|---------|--|----|--|
| MPEG | Moving Picture Expert Group | | Группа экспертов по кинематографии |
| NM | Noise Margin | | Запас помехоустойчивости |
| OFDM | Orthogonal Frequency Division Multiplexing | | Ортогональное частотное разделение |
| ONT/ONU | Optical Network Termination/Unit | | Оконечное устройство оптической сети/оптический сетевой блок |
| OTT | Over The Top | | Технология Over The Top (OTT) |
| PD | Photo Detector | | Фотодетектор |
| PON | Passive Optical Network | | Пассивная оптическая сеть |
| QAM | Quadrature Amplitude Modulation | | Квадратурная амплитудная модуляция |
| RF | Radio Frequency | РЧ | Радиочастота |
| SCM | Sub-Carrier Multiplexing | | Мультиплексирование поднесущей |
| SI | Service Information | | Служебная информация |
| STB | Set Top Box | | Абонентская приставка |
| TDM | Time Division Multiplexing | | Мультиплексирование с временным разделением |
| UDP | User Datagram Protocol | | Протокол датаграмм пользователя |
| TLV | Type Length Value | | Тип – длина – значение |
| TS | Transport Stream | | Транспортный поток |
| UHD | Ultra-High Definition | | Сверхвысокая четкость |
| VOD/VoD | Video on Demand | | Видео по запросу |
| V-ONT | Video-optical Network Terminal | | Оконечное устройство видеооптической сети |
| VSБ | Vestigial SideBand | | Частично подавленная боковая полоса |
| WDM | Wavelength Division Multiplexing | | Мультиплексирование с разделением по длине волны |

5 Соглашения по терминологии

Отсутствуют.

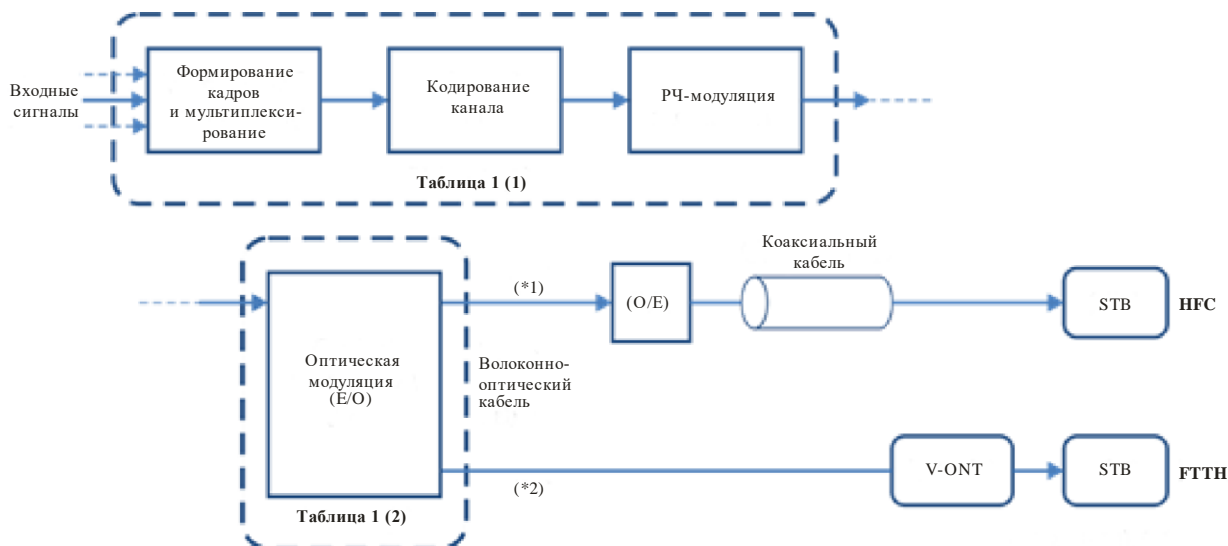
6 Рекомендации МСЭ-Т, касающиеся передачи сигналов цифрового ТВ по кабельным сетям

Сигналы цифрового кабельного ТВ передаются по гибридным волоконно-коаксиальным (HFC) или чисто волоконно-оптическим системам, например волоконным линиям до жилого помещения (FTTH). Элементы этих систем показаны на рисунке 1.

Независимо от типа головной станции (HFC или волоконно-оптический) один или несколько сигналов цифрового кабельного ТВ, которые, как правило, имеют вид транспортных потоков (TS) MPEG-2, мультиплексируются с образованием кадровой структуры, а затем модулируются для формирования радиочастотного (РЧ) сигнала с несущей частотой, обычно не превышающей 770 МГц, в зависимости от нормативно-правовой базы каждой страны. Ряд РЧ-сигналов на различных частотах подвергается мультиплексированию с частотным разделением (FDM), и

получившаяся сигнальная пачка преобразуется в оптический сигнал для передачи по волоконно-оптическим кабелям.

В системе НФС этот оптический сигнал преобразуется обратно в электрический для передачи по коаксиальным кабелям, служащим в качестве последней мили абонентской линии доступа. В чисто волоконно-оптических системах, таких как FTTH, исходный оптический сигнал поступает непосредственно в помещении пользователя.



ПРИМЕЧАНИЕ. – Передача по волоконно-оптическому кабелю в (*1) и (*2) осуществляется на разной длине волны.

J Suppl.11(21)_F01

Рисунок 1 – Системы кабельного телевидения на базе НФС и FTTH

В таблице 1 содержится список Рекомендаций МСЭ-Т, применимых к этим системам.

Их можно разделить на две группы. Первая группа Рекомендаций касается функций от формирования кадров до РЧ-модуляции, а вторая относится к оптической модуляции получившегося РЧ-сигнала.

Таблица 1 – Рекомендации МСЭ-Т, применимые к системам цифрового кабельного телевидения на базе волоконно-оптических и НФС-сетей

(1) Формирование кадров – РЧ-модуляция

| | Название | Описание |
|-------------|--|---|
| МСЭ-Т J.83 | Цифровые многопрограммные системы для кабельного распределения сигналов при предоставлении услуг телевизионного, звукового вещания и передачи данных | Один транспортный поток MPEG-2 по QAM-каналу |
| МСЭ-Т J.183 | Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams and generic formats of transport streams over cable television systems (Мультиплексирование с временным разделением нескольких транспортных потоков MPEG-2 и общие форматы транспортных потоков в системах кабельного телевидения) | Мультиплексирование с временным разделением нескольких транспортных потоков MPEG-2 и структура формирования кадров для высокоскоростной передачи с использованием технологии связывания каналов |
| МСЭ-Т J.288 | Encapsulation of type length value (TLV) packet for cable transmission systems (Инкапсуляция пакета тип – длина – значение (TLV) в системах передачи по кабелю) | Инкапсуляция пакета TLV в кабельных каналах МСЭ-Т J.83 и МСЭ-Т J.183 для передачи пакетов переменной длины, таких как IP-пакеты |

Таблица 1 (окончание)

| | Название | Описание |
|----------------|---|---|
| МСЭ-Т J.382 | Advanced digital downstream transmission systems for television, sound and data services for cable distribution (Передовые цифровые системы передачи в нисходящем направлении для услуг телевизионного, звукового вещания и передачи данных для кабельного распределения) | Передовые цифровые кабельные системы передачи с высокой спектральной эффективностью на базе OFDM и LDPC, известные также как DVB-C2 |

(2) Оптическая модуляция

| | Название | Описание |
|----------------|--|--|
| МСЭ-Т J.185 | Transmission equipment for transferring multi-channel television signals over optical access networks by frequency modulation conversion (Передающее оборудование для передачи многоканальных телевизионных сигналов по оптическим сетям доступа с использованием преобразования по частотной модуляции) | Частотная модуляция до модуляции интенсивности |
| МСЭ-Т J.186 | Transmission equipment for multi-channel television signals over optical access networks by sub-carrier multiplexing (SCM) (Передающее оборудование для многоканальных телевизионных сигналов, передаваемых по оптическим сетям доступа при помощи мультиплексирования поднесущих частот (SCM)) | Модуляция интенсивности |

Кроме того, цифровые телевизионные сигналы могут передаваться в виде IP-пакетов по сетям HFC с использованием системы передачи данных по кабелю (DOCSIS) или пассивной оптической сети (PON) FTTH. Этот сценарий использования не является основной темой настоящего Добавления, но в Дополнении I дается краткое описание DOCSIS и PON.

6.1 Обзор Рекомендаций

1) Рекомендация МСЭ-Т J.83

В [ITU-T J.83] даны определения структуры формирования кадров, кодирования каналов и модуляции для цифровых мультипрограммных сигналов при предоставлении услуг телевидения, передачи звука и данных, распространяемых по кабельным сетям.

Рекомендация содержит четыре приложения (Приложения А, В, С и D), в которых приведены спецификации для четырех цифровых телевизионных кабельных систем, используемых в различных регионах. В Приложениях А, В и С описываются кабельные системы с передачей одиночного транспортного потока MPEG-2 по QAM-каналу, а в Приложении D – цифровая передача с модуляцией в формате 16-VSB. При развертывании новых цифровых мультипрограммных услуг в существующих и будущих кабельных сетях данная Рекомендация предлагает использовать одну из систем, для которых информация по структуре формирования кадров, кодированию каналов и модуляции приведена в Приложениях А, В, С и D.

2) Рекомендация МСЭ-Т J.183

В [ITU-T J.183] описаны формат мультиплексирования с временным разделением (TDM) для передачи нескольких транспортных потоков MPEG-2 и/или общие форматы транспортных потоков с использованием простой реализации физического интерфейса систем MPEG-2 в системах кабельного телевидения. Кадр TDM инкапсулирует транспортные потоки MPEG-2 и/или общие форматы транспортных потоков, которые перед передачей организуются в 188-байтовые пакеты. Также описана структура формирования кадров для высокоскоростной передачи с использованием технологии связывания каналов.

Этот формат кадра позволяет оператору кабельного телевидения упаковать несколько транспортных потоков в один или несколько каналов. Возможность интеграции услуг на основе транспортных потоков обеспечивает гибкость в эксплуатации кабельной распределительной сети.

3) Рекомендация МСЭ-Т J.288

В [ITU-T J.288] предложена схема инкапсуляции пакета тип – длина – значение (TLV) – структуры данных, которая определена в Рекомендации МСЭ-Р ВТ.1869, для систем передачи по кабелю, проектируемых на основании [ITU-T J.83].

Многие существующие цифровые системы радиовещания используют транспортный поток (TS) по стандарту MPEG-2 в качестве формата своего входного потока. В отличие от этого форматы пакетов переменной длины, такие как TLV, определены для эффективной передачи пакетов IP по радиовещательным каналам в форме агрегирования пакетов переменной длины. Для передачи TLV существующей системой передачи, соответствующей Рекомендации МСЭ-Т J.83, необходимо, чтобы пакеты TLV переменной длины были фрагментированы и инкапсулированы в 188-байтовые пакеты фиксированной длины.

4) Рекомендация МСЭ-Т J.382

В [ITU-T J.382] приведены спецификации, которые следует учитывать при использовании перспективных технологий цифровой кабельной передачи в нисходящем направлении для обеспечения схем с высокой спектральной эффективностью, позволяющих экономить ресурсы передачи, в нисходящем направлении в сетях на базе гибридных волоконно-коаксиальных кабелей (HFC). Эта Рекомендация охватывает общее определение структуры формирования кадров, кодирования каналов и модуляции для услуг телевидения, передачи звука и данных, включая услуги широковещательной и многоадресной передачи высокого качества, распространяемые по сетям на базе HFC.

Рекомендация [ITU-T J.382] эквивалентна стандарту DVB-C2 – цифровой многопрограммной системе передачи по кабелю второго поколения, разработанной в рамках Европейского проекта цифрового телевизионного радиовещания (DVB). Эта система повышает пропускную способность кабельного канала благодаря применению высокоэффективного кода с упреждающей коррекцией ошибок (FEC), называемого кодом с малой плотностью проверок на четность (LDPC), и модуляции с ортогональным частотным разделением (OFDM). Она поддерживает транспортные потоки, любые пакетные и непрерывные входные форматы, а также инкапсуляцию общего потока (GSE).

5) Рекомендация МСЭ-Т J.186

[ITU-T J.186] описывает метод передачи сигналов многоканального телевидения по оптическим сетям доступа. Передающее оборудование МСЭ-Т J.186 способно передавать сигналы многоканальной системы с модуляцией 64-QAM и 256-QAM, а также другие видеосигналы при помощи мультиплексирования поднесущих частот (SCM).

В методе SCM роль основной несущей играет несущая сигнала оптического диапазона; на поднесущих в оптической боковой полосе передаются электрически мультиплексированные видеосигналы с FDM. Формат сигналов на выходе фотодетектора оконечного устройства оптической сети (ONT) такой же, как и у сигналов на входе модулятора оптического передатчика. Метод SCM применяется на магистральных линиях гибридных волоконно-коаксиальных (HFC) систем.

6) Рекомендация МСЭ-Т J.185

В [ITU-T J.185] содержится описание методов передачи многоканальных телевизионных сигналов по оптическим сетям доступа. Оборудование для передачи МСЭ-Т J.185 способно обеспечивать многоканальную передачу сигналов 64-QAM и 256-QAM, а также других видов сигналов путем использования преобразования частотной модуляции.

В этой передающей ЧМ-системе многоканальные телевизионные сигналы, подвергшиеся мультиплексированию с частотным разделением (FDM), одновременно преобразуются в один широкополосный ЧМ-сигнал. Полученный ЧМ-сигнал передается по оптической сети доступа с применением метода модуляции интенсивности. Оконечное устройство видеооптической сети (V-ONT) в помещении пользователя преобразует принятый одиночный ЧМ-сигнал в исходные многоканальные FDM-видеосигналы коаксиального кабельного телевидения. Интерфейс для этой передающей ЧМ-системы такой же, как и для АМ-системы с мультиплексированием поднесущих (АМ-SCM), определенной в [ITU-T J.186].

6.2 Выбор Рекомендаций

1) Мультиплексирование цифровых многопрограммных телевизионных сигналов

Для передачи цифрового многопрограммного телевизионного сигнала по кабельному QAM-каналу используется [ITU-T J.83] или [ITU-T J.183] в зависимости от состава этого многопрограммного сигнала.

В [ITU-T J.83] на вход поступает одиночный входной транспортный поток (TS) MPEG-2, а с выхода передается одиночный QAM-канал. Транспортный поток содержит одну или несколько цифровых телевизионных и звуковых программ. Программы различаются по идентификатору услуги, который представляет собой один из элементов служебной информации (SI) в структуре кадра [ITU-T J.83]. Подробные сведения о служебной информации содержатся в Рекомендации МСЭ-Т J.94 "Service information for digital broadcasting in cable television systems" (Служебная информация для цифрового радиовещания в системах кабельного телевидения).

Транспортные потоки MPEG-2, исходящие из разных источников, таких как телевизионные станции, имеют разные идентификаторы TS ID. Если размер (скорость передачи) каждого потока таков, что он занимает один QAM-канал, применяется [ITU-T J.83]. Если же суммарная скорость передачи двух или более транспортных потоков находится в пределах, допускающих передачу по одному QAM-каналу, разумно мультиплексировать эти потоки по [ITU-T J.183], чтобы они занимали только один QAM-канал. В [ITU-T J.183] определен так называемый кадр мультиплексирования транспортных потоков (TSMF), в котором мультиплексируются два или более транспортных потока MPEG-2 с образованием единого потока, который передается по одному QAM-каналу.

Рекомендация [ITU-T J.83] содержит четыре приложения. Приложение А используется главным образом в Европе, Африке, Азии и Южной Америке, Приложение В – в Северной Америке, а Приложение С – в Японии. Приложение D, в котором описывается передача с модуляцией в формате 16-VSB, предназначено для Северной Америки, но не используется. Правильный выбор приложения необходимо сделать, принимая во внимание такой фактор, как обеспечение функциональной совместимости между различными операторами на рассматриваемой территории, а также другие факторы.

2) Оптические системы передачи

Для передачи РЧ-сигнала с QAM-модуляцией по волоконно-оптическому сегменту сети HFC или FTTH его необходимо преобразовать из электрической формы в оптическую в соответствии с [ITU-T J.186] или [ITU-T J.185].

Рекомендация [ITU-T J.186] озаглавлена "Transmission equipment for multi-channel television signals over optical access networks by sub-carrier multiplexing (SCM)" (Передающее оборудование для многоканальных телевизионных сигналов, передаваемых по оптическим сетям доступа при помощи мультиплексирования поднесущих частот (SCM)). Термин SCM здесь используется для описания системы, в которой несколько РЧ-сигналов кабельного телевидения (поднесущих) мультиплексируются с частотным разделением (FDM), а затем полученный сигнал модулируется по интенсивности одноволновым оптическим сигналом.

В [ITU-T J.185] FDM-сигнал сначала подвергается частотной модуляции, а затем модулируется по интенсивности одноволновым оптическим сигналом, как в [ITU-T J.186].

Сравнительные характеристики передачи с модуляцией интенсивности (МСЭ-Т J.186) и частотной модуляцией (МСЭ-Т J.185) приведены в таблице 2. В целом можно сказать, что применение частотной модуляции усложняет оборудование и повышает стоимость, но ослабляет негативное влияние шума и искажений. Окончательный выбор между [ITU-T J.186] или [ITU-T J.185] следует делать с учетом этих факторов.

Таблица 2 – Сравнение МСЭ-Т J.186 и МСЭ-Т J.185

| | МСЭ-Т J.186 | МСЭ-Т J.185 |
|------------------------------|--|---|
| Модуляция | Модуляция интенсивности | Частотная модуляция (ЧМ) перед модуляцией интенсивности |
| Сложность оборудования | Простое оборудование | Сложное оборудование |
| Восприимчивость к помехам | Система восприимчива к воздействию шума, поэтому: – требуется более высокая мощность сигнала на приемнике; – требуется больше повторителей | Система устойчива к шуму, поэтому: – требуется меньшая мощность сигнала на приемнике; – при передаче на большие расстояния можно обойтись меньшим числом повторителей |
| Восприимчивость к искажениям | Система восприимчива к искажениям, поэтому: – требуется высококачественный оптический усилитель | Система устойчива к искажениям, поэтому: – можно использовать оптический усилитель обычного качества |
| Ширина полосы частот | До 3,2 ГГц | До 1 ГГц |

При проектировании и развертывании оптической системы передачи на основе Рекомендации МСЭ-Т J.186 можно руководствоваться серией международных стандартов ИЕС 60728, которая содержит практическую информацию о конфигурации системы, основных ее параметрах, методах измерения и т. д. Эти документы кратко описываются в Приложении I. Следует иметь в виду, что, хотя Рекомендация [ITU-T J.186] применима как к аналоговым, так и к цифровым видеосигналам, стандарты серии ИЕС 60728 в Дополнении I рассматриваются только применительно к сигналам с цифровой модуляцией.

Дополнение I

Оптическая система для передачи сигналов цифрового телевизионного радиовещания

(Серия стандартов IEC 60728)

I.1 Введение

В серии международных стандартов [IEC 60728-x] "Кабельные сети для передачи телевизионных и звуковых сигналов и интерактивных услуг" описываются конфигурация, технические характеристики, методы измерения параметров и принципы проектирования практических систем на базе передающего оборудования, определенного в [ITU-T J.186].

Некоторые из этих стандартов, в том числе части 113 и 115, применимы к оптическим системам передачи радиовещательных сигналов, состоящим из головной станции, оптических линий передачи, внутренней проводки и абонентских ответвителей. В отличие от Рекомендации [ITU-T J.186], которая применима как к аналоговым, так и к цифровым видеосигналам, последние стандарты МЭК ориентированы главным образом на телевизионные сигналы, передаваемые с использованием только цифровых технологий. Кроме того, в этих стандартах устанавливаются основные параметры оптических распределительных систем на участке от головной станции до абонентских ответвителей, а также методы их измерения для оценки рабочих характеристик системы и их предельных значений. Верхняя частота сигнала в этих стандартах ограничена значением приблизительно 3300 МГц.

В них описывается РЧ-передача полностью оцифрованных сигналов широкого и ограниченного вещания (то есть вещания на ограниченной территории) по сетям FTTH, а также представляется система xPON в качестве среды передачи физического уровня. Подробное описание физического уровня выходит за рамки этих стандартов – они ограничиваются передачей РЧ-сигналов по сетям FTTH, то есть не включают транспортные технологии IP, такие как многоадресная передача по IP-протоколу и связанные с этим протоколы, но применимы также к передаче по сети электросвязи вещательных сигналов, удовлетворяющих этим стандартам в оптической их части.

I.2 Эталонная модель оптической системы

На рисунке I.1 показана эталонная модель системы FTTH для передачи вещательного сигнала. Хотя число оптических усилителей и разветвителей зависит от масштабов оптической системы или числа подключаемых абонентов, в основе своей конфигурация системы должна следовать эталонной модели. Кроме того, уровни оптических сигналов, требуемые для работы системы, относительно высоки, и поэтому необходимо уделить особое внимание вопросам обеспечения безопасности в соответствии с [IEC 60825-1], [IEC 60825-2] и [IEC 60825-12].

Вообще говоря, есть два решения для построения оптической системы передачи – одноволоконное и двухволоконное. Эталонная модель, представленная на рисунке I.1, включает систему передачи вещательного сигнала и систему передачи сигнала данных. В системе передачи сигнала данных используются оба способа передачи по оптическому волокну на разных оптических длинах волн. Сигналы обеих систем комбинируются на фильтрах-мультиплексорах с разделением по длине волны (WDM), которые могут быть установлены, например, на входе и выходе распределительной сети. Учитывая необходимость обслуживания и возможность будущего расширения системы, распределительная сеть должна состоять из пассивных оптических компонентов, таких как волоконно-оптические кабели и оптические разветвители.

В некоторых случаях используется одноволоконный оптический сетевой блок (ONU) с поддержкой тройной услуги (V-ONU, ONU для данных и телефонное оконечное устройство). Иногда ONU располагаются вне домов абонентов. (Примечание. – Термин "оптический сетевой блок" (ONU) употребляется в стандартах МЭК взамен термина "оконечное устройство оптической сети" (ONT), который используется в Рекомендациях МСЭ-Т.)

Существует несколько способов подключения многоквартирных домов (MDU) к системам FTTH (см. рисунок I.1). Один из них – подключить MDU к электрическому порту за выходом V-ONU, а другой – присоединить MDU оптически к наружной установке.

В одноволоконном решении это необходимо, чтобы избежать оптических и электрических переходных помех.

Оптические переходные помехи между сигналом данных на длине волны 1490 нм и сигналом кабельного телевидения (КТВ), которые передаются в нисходящем направлении, возникают в том случае, если WDM-мультиплексор, работающий на длине волны 1550 нм, не обеспечивает достаточной развязки от сигнала на длине волны 1490 нм.

Электрические переходные помехи между сигналом с формирователя линии передачи данных, работающего на длине волны 1310 нм, и входным сигналом фотодетектора приемника КТВ, работающего на длине волны 1550 нм, возникают из-за электромагнитного излучения в очень компактном корпусе триплексера.

Оптические длины волн и полосы частот электрических сигналов, перечисленные в таблицах I.1 и I.2, считаются подлежащими использованию.

Таблица I.1 – Оптические длины волн системы FTTH

| Оптический сигнал | Длина волны | Документ |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Передача видеосигнала | 1550 нм | [IEC 60728-113] |
| Возвратный РЧ-тракт (RFoG) | 1610 нм | [IEC 60728-14] |
| Данные (нисходящее направление) | 1490 нм/1577 нм | [ISO/IEC/IEEE 8802-3] |
| Данные (восходящее направление) | 1310 нм/1270 нм | [ISO/IEC/IEEE 8802-3] |

Таблица I.2 – Полосы частот

| Полоса частот | Документ |
|---|---|
| 47–862 МГц (только сигналы с цифровой модуляцией) | [IEC 60728-101], [IEC 60728-113] [IEC 60728-115] |
| 950–3300 МГц (передача спутникового сигнала) | [IEC 60728-13-1], [IEC 60728-115] |

ПРИМЕЧАНИЕ. – Стандарты [IEC 60728-113 Ed1] (полоса частот 47–862 МГц) и [IEC 60728-13-1 Ed2] (полоса частот 950–3300 МГц) будут через несколько лет объединены в стандарт [IEC 60728-113 Ed2] (полоса частот 47–3300 МГц).

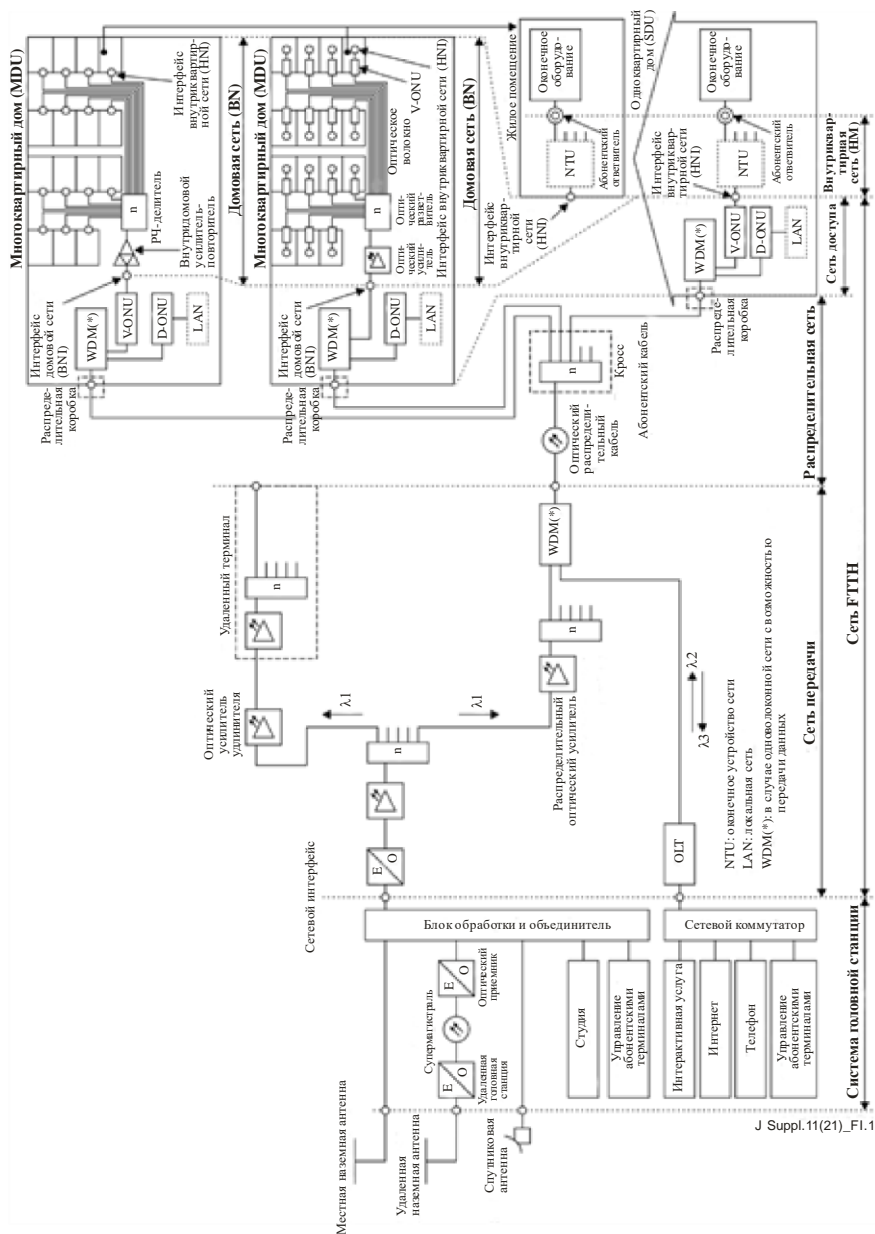


Рисунок I.1 – Пример системы FTTH для телевизионного и звукового сигналов

Точки установления нормируемых характеристик оптической системы показаны на рисунке I.2.

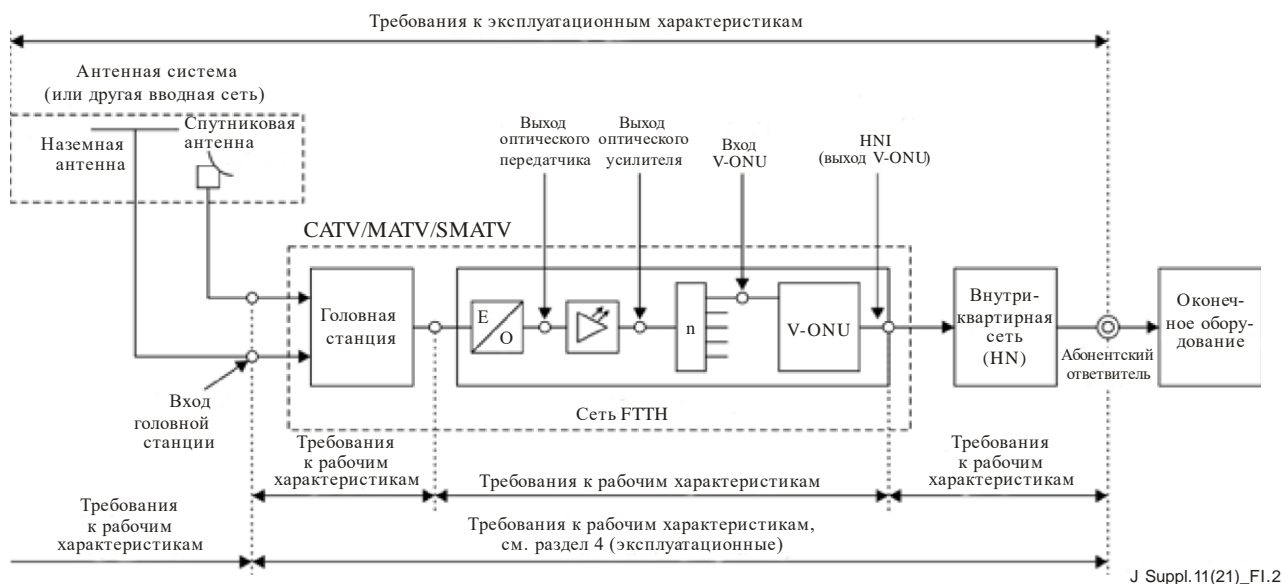


Рисунок I.2 – Точки установления нормируемых характеристик системы FTTH

I.3 Точки измерения и измеряемые параметры

В данном пункте описываются методы измерения, специально предназначенные для систем FTTH.

Точки измерения, описываемые в настоящем Добавлении, ограничены частью системы от выхода оптического передатчика до абонентского ответвителя.

I.3.1 Точки измерения

Для полного контроля рабочих характеристик системы требуется измерение оптической мощности в точках (1)–(5) и уровня электрического сигнала в точках (6) и (7), представленных на рисунке I.3. Измерения в точках (5), (6) и (7) выполняются для контроля рабочих характеристик системы в конечной точке оптического участка и в месте сопряжения с оборудованием в помещении пользователя. В точках (1)–(5) следует измерять относительный шум интенсивности (RIN), а в точках (6) и (7) – отношение сигнал/шум (S/N) для электрического сигнала.

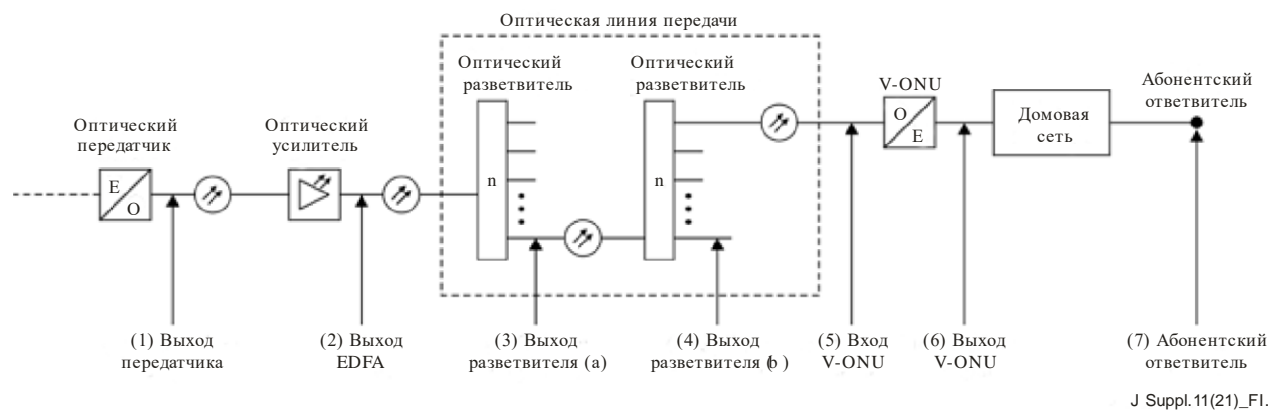


Рисунок I.3 – Точки измерения в видеораспределительной системе

I.3.2 Измеряемые параметры

Точки измерения и измеряемые параметры перечислены в таблице I.3.

Измерения в точках (5), (6) и (7) являются обязательными, а измерения в других точках требуются для контроля рабочих характеристик системы.

Таблица I.3 – Точки измерения и измеряемые параметры

| Измеряемые параметры (примеры) | Точки измерения | | | | | | |
|--|--------------------------|-------------------|---|---|-------------------|--------------------|--------------------------------|
| | (1) Выход передатчика | (2) Выход EDFA | (3) Выход оптического разветвителя (а) | (4) Выход оптического разветвителя (b) | (5) Вход V-ONU | (6) Выход V-ONU | (7) Абонентский ответвитель |
| Оптическая мощность | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | – | – |
| Отношение S/N (электрическое) | – | – | – | – | – | ○ | ○ |
| Отношение S/N (RIN) (см. Примечание) | ○ | ○ | Δ | Δ | Δ | – | – |
| BER, MER | – | – | – | – | – | ○ | ○ |

○ В этих точках измерения возможны.
 Δ Измерения в этих точках возможны, когда уровень оптической мощности превышает –3 дБ (мВт).
 ПРИМЕЧАНИЕ. – Теоретическая оценка отношения S/N в точке (6), на выходе V-ONU, основана на результатах измерений, выполненных на отдельных элементах оборудования.

I.4 Спецификация оптической системы для передачи вещательного сигнала

Для доставки услуг цифрового вещания по оптическим сетям применяются главным образом методы модуляции 64/256-QAM или OFDM с 256/1024/4096-QAM. На рисунке I.2 показаны точки типовой системы FTTH, в которых устанавливаются ее нормируемые характеристики. На нем также показаны основные точки измерения (те же, что и точки установления нормируемых характеристик) и дополнительные точки измерения, предназначенные для контроля эксплуатационных характеристик оптической системы. Минимальные значения отношения S/N на выходе головной станции, выходе V-ONU и абонентском ответвителе, а также отношение S/N на участке линии передачи и домашней сети приведены в таблице I.4. (Это данные для многоквартирного дома (SDU); для случая многоквартирного дома (MDU) в IEC 60728-113 есть отдельная таблица.)

Для сигналов с цифровой модуляцией коэффициент ошибок по битам (BER) должен использоваться в качестве нормируемого параметра только на входе головной станции. Для вещательных сигналов с цифровой модуляцией требуется значение BER 1×10^{-4} до FEC при использовании кода RS (204, 188) и 1×10^{-11} после FEC при использовании других методов упреждающей коррекции ошибок. Дополнительно на входе головной станции могут оцениваться такие параметры, как эквивалентные шумовые потери (END), запас помехоустойчивости (NM), коэффициент ошибок модуляции (MER) и величина вектора ошибки (EVM).

**Таблица I.4 – Минимальные требуемые эксплуатационные значения отношения S/N
(для случая многоквартирного дома и полосы частот 47–1000 МГц)**

| Вещательный сигнал | | | S/N на выходе головной станции дБ | S/N на оптической линии передачи (5) дБ | S/N на выходе V-ONU (6) дБ | S/N на интерфейсе домовой сети дБ | S/N на абонентском ответителе (7) дБ |
|--------------------------|-----------|----------------|---|--|--|--|--|
| Система | Модуляция | Поднесущая | | | | | |
| ISDB-T | OFDM | 64-QAM | 27 | 30 | 25 | 45 | 24 |
| ISDB-C [ITU-T J.83] | 64-QAM | – | 35 | 28 | 27 | 45 | 26 |
| | 256-QAM | – | 43 | 37 | 36 | 51 | 32 |
| ISDB-C2 [ITU-T J.382] | OFDM | 256-QAM | 35 | 28 | 27 | 45 | 26 |
| | | 1024-QAM | 42 | 36 | 35 | 51 | 33 |
| | | 4096-QAM(4/5) | 46 | 39 | 38 | 53 | 37 |
| | | 4096-QAM(5/6) | 49 | 42 | 41 | 55 | 40 |
| DVB-T | COFDM | 64-QAM | 27 | – | 25 | – | 24 |
| DVB-T2 | COFDM | 25-6QAM | 33 | – | 31 | – | 30 |
| DVB-C | 64-QAM | – | 36 | – | 29 | – | 28 |
| | 256-QAM | – | 42 | – | 35 | – | 34 |
| DVB-C2 | COFDM | 256-QAM | 35 | – | 29 | – | 28 |
| | | 1024-QAM | 42 | – | 35 | – | 34 |
| | | 4096-QAM(5/6) | 46 | – | 38 | – | 37 |
| | | 4096-QAM(9/10) | 49 | – | 41 | – | 40 |

ПРИМЕЧАНИЕ. – Эти значения нормируемых характеристик представляют собой пример для случая многоквартирного дома (SDU) и диапазона частот до 1 ГГц.

I.5 Стандарты МЭК

Ниже приведен список стандартов МЭК, которые могут оказаться полезными при построении и эксплуатации системы FTTH. Вместе с тем большую часть содержащейся в настоящем Дополнении информации можно найти в [IEC 60728-113] и [IEC 60728-13-1].

В случае датированных ссылок применимо только указанное издание, а в случае недатированных – последнее издание указанного документа со всеми поправками.

IEC 60728-13-1:2017, Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 13-1: Bandwidth expansion for broadcast signal over FTTH system

IEC 60728-101:2016, Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 101: System performance of forward paths loaded with digital channels only

IEC 60728-106 (разрабатывается), Optical equipment for systems loaded with digital channels only

IEC 60728-113:2018, Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 113: Optical systems for broadcast signal transmissions loaded with digital channels only

IEC 60728-115:2021, Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 115: In-Building Optical systems for broadcast signal transmission

IEC 60068-1:1988, Environmental testing – Part 1: General and guidance

IEC 60825-1, Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements

IEC 60825-2, Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)

IEC 60825-12, Safety of laser products – Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information

IEC 61755-1:2005, Fibre optic connector optical interfaces – Part 1: Optical interfaces for single mode non-dispersion shifted fibres – General and guidance

IEC TR 61930, Fibre optic graphical symbology

IEC TR 61931:1998, Fibre optic – Terminology

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В стандарт IEC 60728-113 Ed.2, работа над которым должна завершиться в 2022 году, будет включен диапазон частот до 3,3 ГГц для передачи спутниковых сигналов ПЧ, но стандарты передачи аналоговых сигналов [IEC 60728-13] и [IEC 60728-13-1] останутся без изменений.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Стандарт IEC 60728-115 в настоящее время находится в стадии разработки. Ожидается, что работа над ним завершится к концу 2021 года.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Стандарт IEC 60728-106 в настоящее время находится в стадии разработки. Ожидается, что работа над ним завершится к концу 2022 года.

I.6 Международная партнерская программа МЭК

Международная партнерская программа – это система, которая позволяет странам, не являющимся членами МЭК, принимать участие в деятельности этой Комиссии.

Программа была запущена в 2001 году, с тем чтобы побудить развивающиеся страны к участию в работе МЭК и дать им возможность эффективно и с наименьшими затратами пользоваться преимуществами технологий. По состоянию на 2019 год в Международной партнерской программе участвуют 86 стран, а ее главой с января 2018 года является г-н Рохас Маньяме (Намибия).

К преимуществам участия в программе относятся:

- возможность получать электронные версии документов МЭК (а также больше бесплатных стандартов МЭК при переходе в статус "Партнер плюс");
- возможность установки и использования библиотеки МЭК;
- упрощенный метод принятия по сравнению со стандартом МЭК;
- отсутствие обязательных членских взносов и т. д.

Дополнение II

Доставка услуг телевидения на основе протокола Интернет (IPTV) по сетям HFC и FTTH

II.1 Введение

Основная часть настоящих руководящих указаний относится к услугам цифрового ТВ, доставляемым по традиционной однонаправленной сети кабельного телевидения, состоящей из волоконно-оптической и гибридной волоконно-коаксиальной (HFC) инфраструктуры. Однако в настоящее время кабельные сети переходят на двунаправленную IP-инфраструктуру, реализуемую как DOCSIS по сети HFC или PON по волоконно-оптической сети, и в этих сетях развертываются услуги так называемого телевидения на основе протокола Интернет (IPTV). В настоящем Дополнении дается обзор доставки услуг телевидения на основе протокола Интернет (IPTV) по сетям PON FTTH и DOCSIS.

II.2 Классификация IPTV

IPTV существует во многих формах. Это может быть линейная услуга, или услуга в режиме реального времени, или нелинейная услуга, например видео по запросу (VoD). Доставка ее может осуществляться на негарантированной основе через открытый интернет или через управляемую IP-сеть. Эта классификация иллюстрируется на рисунке II.1.

Для нелинейных услуг всегда используются одноадресные соединения, или соединения "один к одному". Большинство линейных услуг в настоящее время используют одноадресные соединения, но из соображений эффективности использования полосы пропускания более удачной технологией для этой цели являются многоадресные соединения, или соединения пункта со многими пунктами.

| | Линейные услуги | Нелинейные услуги |
|--|---|--|
| Управляемая IP-сеть | Многоадресное соединение | VoD |
| Открытый интернет (на негарантированной основе) | Одноадресное соединение • Например, DAZN (спорт) | VoD (одноадресное соединение) • Например, Netflix, Amazon |

J Suppl.11(21)_F11.1

Рисунок II.1 – Классификация IPTV

II.3 Доставка IPTV по сетям PON

Под пассивной оптической сетью (PON) может пониматься любая оптическая сеть, состоящая из пассивных устройств, но в данном контексте этот термин относится либо к GPON, либо E-PON.

GPON – это пассивная оптическая сеть с возможностью передачи данных на гигабитных скоростях, определенная в серии Рекомендаций [b-ITU-T G.984.x] и используемая в качестве сети доступа для подключения пользователя кабельной сети или сети электросвязи к базовой сети. Скорость передачи данных на нисходящей линии GPON составляет 2,4 Гбит/с, на восходящей линии – 1,2 или 2,4 Гбит/с (обычно 1,2 Гбит/с). Как правило, она обеспечивает обслуживание до 64 абонентов в радиусе от 10 до 20 км.

E-PON – это сеть Ethernet-PON, определенная в [b-IEEE 802.3av]. Назначение у нее такое же, как и у GPON, но скорость передачи данных на нисходящей и восходящей линиях составляет 1,2 Гбит/с, а максимальное число абонентов – 32.

На сегодняшний день существуют версии стандартов и модификации оборудования GPON и E-PON со скоростью передачи данных 10 Гбит/с. Например, подробную информацию о 10-гигабитной сети G-PON, которая носит название XG-PON, можно найти в серии Рекомендаций [b-ITU-T G.987.x], а о 10-гигабитной сети E-PON – в [b-IEEE 802.3av].

Системы GPON и E-PON в кабельной сети состоят из системы оконечных устройств оптических линий (OLT) на головной кабельной станции, которая соединена пассивной оптической распределительной сетью (ODN) с оптическим сетевым блоком (ONU) в помещении абонента. Обобщенная структура этих систем показана на рисунке П.2.

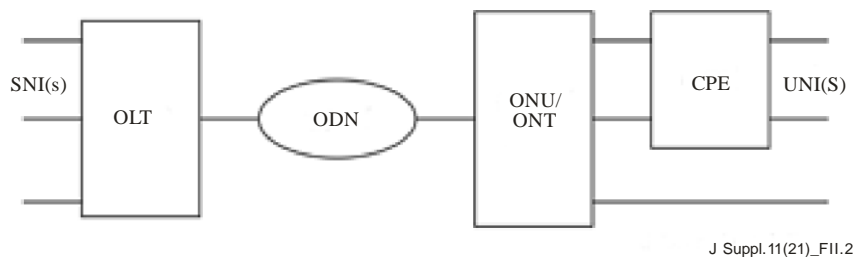


Рисунок П.2 – Обобщенная система GPON (из Рекомендации МСЭ-Т G.983)

Наиболее распространенная форма IPTV – передача транспортного потока MPEG-2 (MPEG2-TS) по IP-протоколу путем добавления IP-заголовка к каждому из пакетов TS. Эта система называется MPEG2-TS поверх IP.

Как в системах GPON, так и в системах E-PON абоненты делят между собой полосу пропускания нисходящей и восходящей линий. Если все абоненты пользуются нисходящей линией одновременно, средняя скорость передачи данных для каждого из них составляет приблизительно 30 Мбит/с. Этого достаточно для передачи сигналов IPTV хорошего качества, но использование многоадресных соединений позволит сократить общую потребную полосу пропускания.

П.4 Доставка IPTV по сетям DOCSIS

Спецификации интерфейса передачи данных по кабельным системам (DOCSIS) разрабатываются компанией CableLabs. Это технология сетей доступа, предназначенная для передачи и приема данных по кабельной сети HFC. Стандарт DOCSIS пересматривался несколько раз, и последняя его утвержденная версия – это Рекомендация МСЭ-Т J.224, устанавливающая требования к высокоскоростным системам передачи данных по кабелю пятого поколения. Системы передачи пятого поколения вводят ряд новых функций, основанных на спецификациях, представленных в предшествующих Рекомендациях МСЭ-Т, включая серию Рекомендаций МСЭ-Т J.222.x (DOCSIS 3.0) и Рекомендацию МСЭ-Т J.225 (DOCSIS 3.1). В Рекомендации [b-ITU-T J.224] описаны ключевые новые функции физического уровня (PHY) и введен полнодуплексный (FDX) режим работы DOCSIS.

Взаимосвязь и соотношение между различными поколениями спецификаций DOCSIS, разработанных CableLabs, и Рекомендациями МСЭ-Т серии J, посвященными DOCSIS, описываются в [b-ITU-T J series Sup 10].

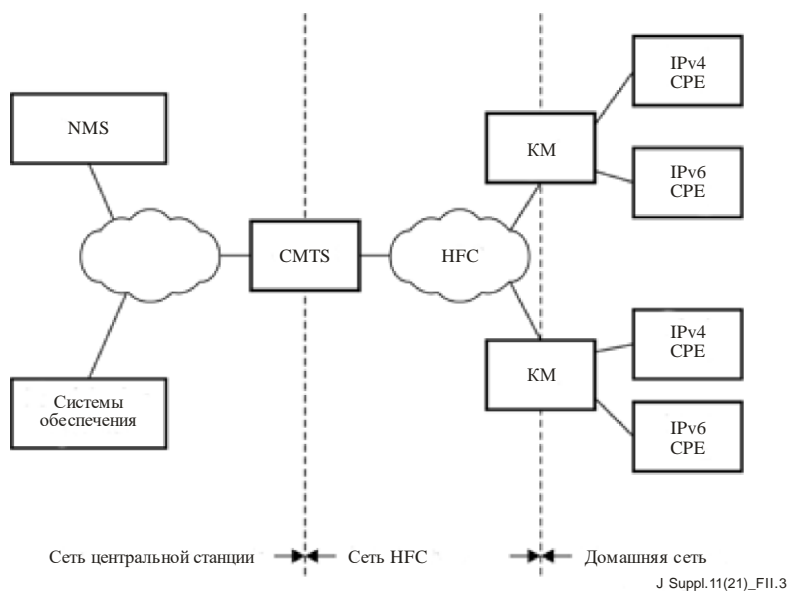


Рисунок II.3 – Сеть DOCSIS (из [b-ITU-T J.222.1])

Как показано на рисунке II.3, система DOCSIS состоит из оконечной системы кабельных модемов (CMTS) на головной кабельной станции, кабельного модема (CM) в помещении пользователя и сети HFC, соединяющей CMTS и CM.

Доставка IPTV по сетям DOCSIS осуществляется так же, как и по сетям PON.

II.5 Другие варианты доставки IPTV

1) Доставка IPTV по линиям ADSL

Асимметричная цифровая абонентская линия (ADSL) – это технология сетей доступа на базе металлических (медных) абонентских линий. Она называется асимметричной потому, что скорость передачи данных на нисходящей линии у нее ниже, чем на восходящей.

Первая Рекомендация МСЭ-Т по ADSL – [b-ITU-T G.992.1] – была утверждена в 1999 году. Эта версия устанавливала скорость передачи данных около 6 Мбит/с в нисходящем направлении и около 640 кбит/с в восходящем направлении, хотя фактическая скорость передачи данных зависит от расстояния между телефонной станцией и абонентом, а также от других факторов.

С тех пор технология ADSL эволюционировала и стала поддерживать более высокие скорости передачи данных, как видно из таблицы II.2.

Таблица II.2 – Эволюция технологии ADSL

| | Рекомендация МСЭ-Т | Год утверждения | Скорость передачи данных |
|---------|--------------------|-----------------|---|
| ADSL | [b-ITU-T G.992.1] | 1999 | 6 Мбит/с/640 кбит/с |
| ADSL 2+ | [b-ITU-T G.992.5] | 2009 | 16 Мбит/с/800 кбит/с |
| VDSL | [b-ITU-T G.993.1] | 2004 | 52 Мбит/с/2,3 Мбит/с |
| VDSL 2 | [b-ITU-T G.993.2] | 2019 | 100 Мбит/с |
| G.fast | [b-ITU-T G.9701] | 2019 | 1 Гбит/с (суммарно по нисходящей и восходящей линиям) |

Уже первой версии ADSL хватало для передачи видео высокой четкости (HD) в формате МСЭ-Т H.265/HEVC на скорости 4–6 Мбит/с. Однако ее было недостаточно для одновременной передачи нескольких каналов или передачи видео более высокого разрешения, например 4К. Поэтому ADSL рассматривается как временное решение в условиях, когда полномасштабные линии доступа FTTH или HFC еще не развернуты.

2) Цифровое телевизионное радиовещание на основе протокола Интернет (IPVB)

IPVB – это схема доставки видеослужб на базе IP в сетях кабельного телевидения, определенная в [b-ITU-T J.1210] и [b-ITU-T J.1211]. Она заключается в простом добавлении однонаправленной системы радиовещательной передачи видео на базе IP к существующим недорогим двунаправленным сетям КТВ. В совокупности с восходящим каналом, предоставляемым существующими двунаправленными сетями доступа, она обеспечивает доставку видеослужб на базе IP с высокой битовой скоростью по сетям кабельного телевидения до мест проживания абонентов.

Архитектура IPVB показана на рисунке II.4. Система IPVB состоит из двух основных частей: головной станции IPVB и оконечного устройства IPVB. В промежутке между ними сети кабельного телевидения в нисходящем направлении используются только для передачи видеосигналов в IP-форматах.

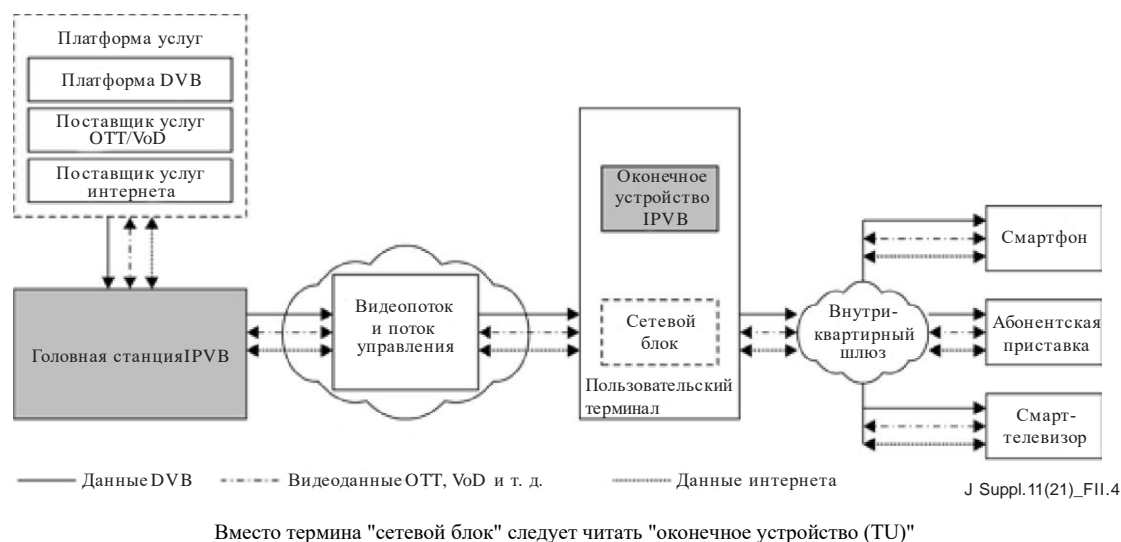


Рисунок II.4 – Архитектура IPVB (из Рекомендации МСЭ-Т J.1210)

Платформа услуг инкапсулирует программы DVB, таблицы служебной информации (SI) и другие соответствующие данные (например, информацию CA) в пакеты UDP/IP, а затем конвергирует эти данные путем назначения видеоканалов и доставляет их на головную станцию IPVB.

Головная станция IPVB принимает эти IP-пакеты (например, видеопотоки) от платформы услуг системы DTV, преобразует одноадресные адреса в многоадресные (в случае одноадресных пакетов потоков, в том числе VOD, OTT и других потоков по требованию), а затем передает конвергированные IP-данные по вещательному каналу нисходящей линии сети кабельного телевидения на оконечные устройства IPVB.

Оконечное устройство IPVB обычно встроено в пользовательский терминал. Оно принимает многоадресные UDP-пакеты по нисходящей линии от сетей КТВ, отбирает и распределяет служебные пакеты оборудованию в помещении пользователя (CPE) с различением по многоадресным IP-адресам и номерам UDP-портов назначения в соответствии с требованиями одного конечного пользователя или более.

В типичном применении системы IPVB могут использовать оптическую сеть передачи с физическим уровнем 10GE, и тогда пропускная способность вещательного канала на нисходящей линии IPVB составляет 10 Гбит/с.

В сочетании с пассивной оптической сетью Ethernet (EPON) или гигабитной пассивной оптической сетью (GPON) система IPVB может поддерживать более требовательные к пропускной способности интерактивные услуги, такие как VOD или OTT. Такая система без труда обеспечивает передачу видео с разрешением 4K, 8K, VR и других разновидностей видео (в реальном времени и по запросу) с высокой битовой скоростью.

Дополнение III

Услуги ТСВЧ 4К/8К

Услуги телевидения сверхвысокой четкости (ТСВЧ) 4К обеспечивают более высокое качество видеосигнала по сравнению с телевидением высокой четкости (ТВЧ) 2К. Они уже развернуты в странах Европы, Северной Америки и Азии с использованием сетей спутникового, наземного и кабельного вещания и обслуживают целый ряд мультимедийных рынков, таких как киноиндустрия, подвижная связь и персональные компьютеры.

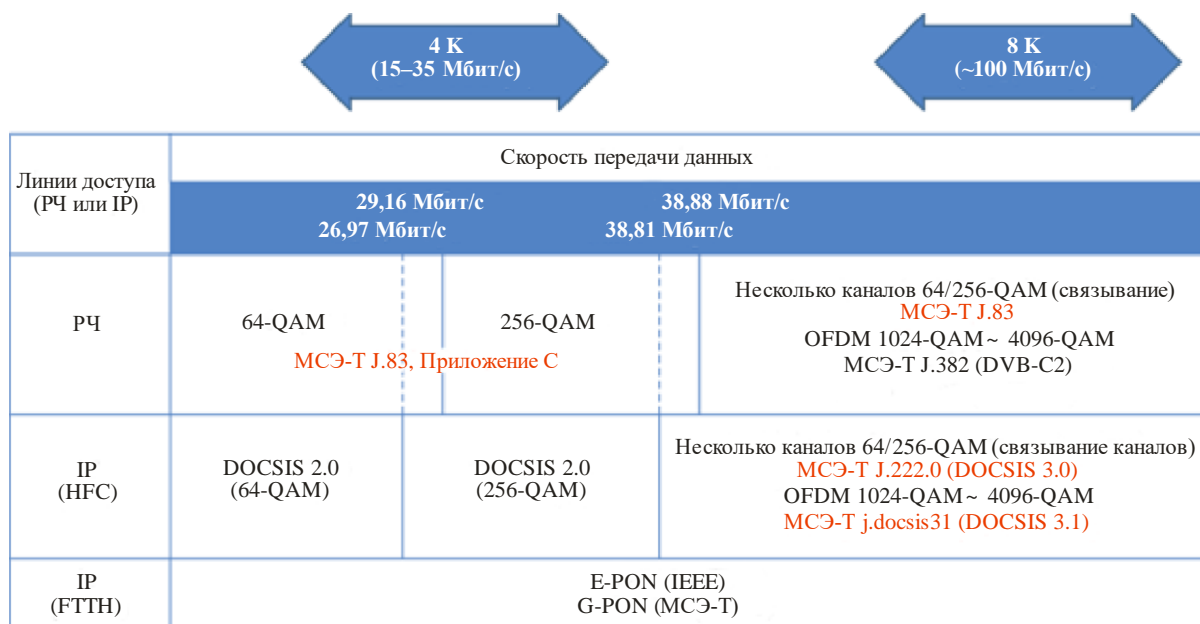
Для доставки услуг ТСВЧ 4К обычно используется новый метод видеокодирования – HEVC [b-ITU-T H.265]. Эта технология обеспечивает вдвое большую эффективность сжатия по сравнению с AVC [b-ITU-T H.264] и зачастую позволяет передавать видеопотоки 4К на высоких битовых скоростях с использованием существующих средств вещания.

В настоящем Дополнении рассматривается доставка услуг ТСВЧ 4К/8К по инфраструктуре HFC и FTTH (РЧ) в соответствии с [ITU-T J.83] (256-QAM), [ITU-T J.183] (связывание каналов), [ITU-T J.186] и [b-ITU-T J.297] (STB 4К).

Поддержка декодирования видео в формате HEVC в оконечном устройстве телевидения на основе протокола Интернет (IPTV) с разрешением 4К определена в [b-ITU-T H.721].

III.1 Доставка услуг ТСВЧ 4К/8К по линиям доступа HFC

Необходимо выбрать надлежащий метод передачи канала ТСВЧ 4К в формате HEVC с битовой скоростью от 15 до 35 Мбит/с в зависимости от желаемого качества изображения. На рисунке III.1 показана максимальная битовая скорость, достижимая при разных методах передачи. Например, если канал 4К имеет битовую скорость 35 Мбит/с, его можно передавать по одному каналу 64-QAM в соответствии с Приложениями А и В к [ITU-T J.83], но для систем, использующих Приложение С (Япония), необходимо использовать либо канал 256-QAM, либо связывание каналов 64-QAM согласно [ITU-T J.183].



J Suppl.11(21)_FIII.1

ПРИМЕЧАНИЕ. – При использовании Приложения А к Рекомендации MC3-T J.83 скорость передачи превышает указанные выше значения в 8/6 раз (на 33%).

Рисунок III.1 – Технология кабельного доступа и скорость передачи

Для передачи канала 8К, который обычно имеет битовую скорость 100 Мбит/с, требуется связывание каналов 64/256QAM или использование OFDM-канала согласно [ITU-T J.382].

III.2 Доставка услуг ТСВЧ 4К/8К по волоконно-оптическим линиям доступа/линиям доступа FTTH

Услуги ТСВЧ 4К/8К, доставляемые по спутниковым и наземным каналам, могут (ре)транслироваться по волоконно-оптическим линиям доступа/линиям доступа FTTH с мультиплексированием поднесущих (SCM) и модуляцией интенсивности (IM) согласно [ITU-T J.186].

Спутниковая линия вниз с приемом на домашнюю антенну (DTH) обычно работает на частоте около 12 ГГц. Для ретрансляции этого сигнала по волоконно-оптической кабельной линии доступа он переводится на более низкую промежуточную частоту (ПЧ) – примерно от 1 до 3,2 ГГц – на выходе приемной спутниковой антенны. Полученный электрический сигнал ПЧ преобразуется в оптический сигнал согласно [ITU-T J.186], передается по волоконно-оптической линии доступа, преобразуется обратно в электрический сигнал и поступает на абонентские приставки 4К/8К или непосредственно на телевизионные приемники. Для предоставления этой услуги требуется система передачи РЧ-сигнала по волоконно-оптическому кабелю на основе [ITU-T J.186], поддерживающая максимальный диапазон частот спутникового сигнала ПЧ.

Поскольку большинство каналов наземного вещания использует диапазон УВЧ, этот сигнал можно передавать по линиям доступа FTTH без преобразования частоты.

III.3 Абонентская приставка (STB) 4К

Для приема телевизионного сигнала разрешением 4К необходима абонентская приставка (STB) с поддержкой разрешения 4К, например та, что определены в [b-ITU-T J.297]. На рисунке III.2 показан пример блок-схемы STB 4К. Одной из наиболее важных частей такой приставки является видеодекодер МСЭ-Т H.265 и выходной видеointерфейс HDMI стандарта HDCP2.2 (мультимедийный интерфейс высокой четкости), которые обеспечивают защиту контента с разрешением 4К от пиратства.

Еще одним важным ее компонентом является система условного доступа (CAS). В соответствии с требованиями спецификации системы расширенной защиты контента (ЕСР) MovieLabs (США), в ней должно использоваться шифрование AES-128 или более стойкое.

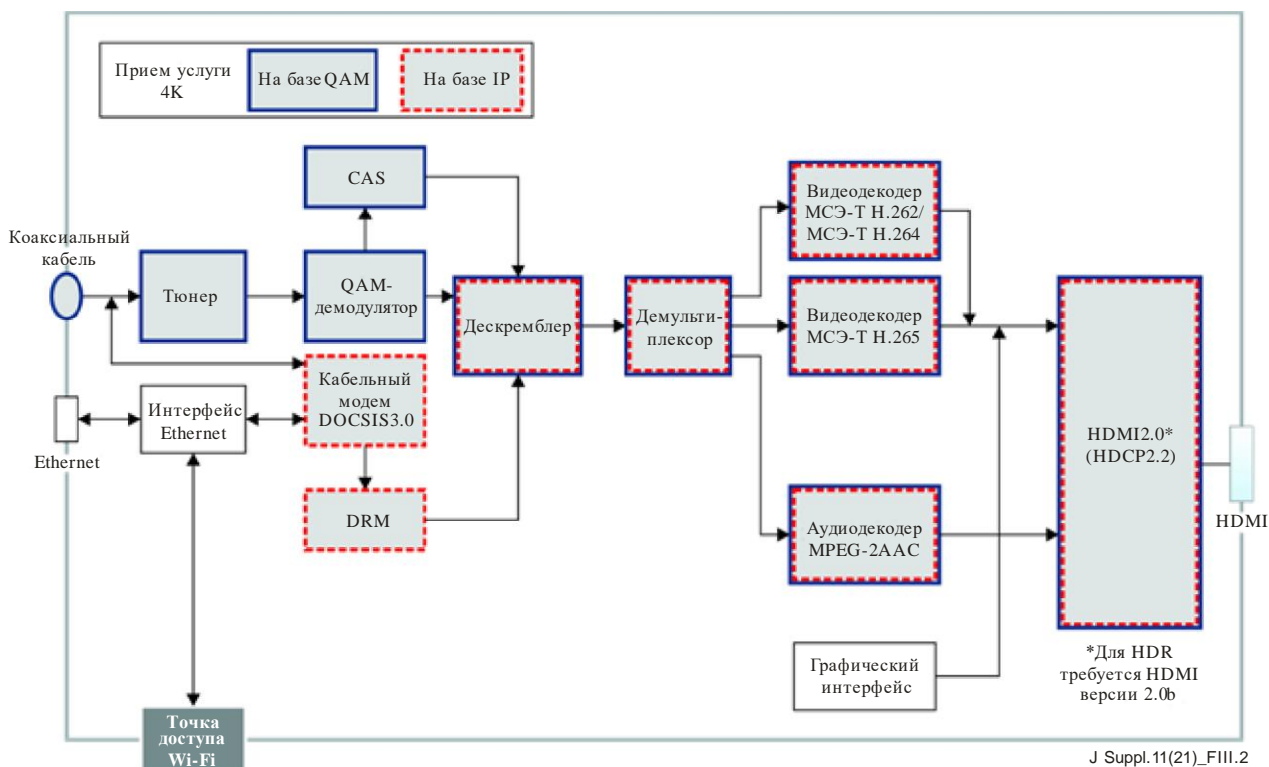


Рисунок III.2 – Пример блок-схемы кабельной абонентской приставки (STB) 4К (из [b-ITU-T J.297])

Библиография

- [b-ITU-T G.984.1] Recommendation ITU-T G.984.1 (2012), *Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): General Characteristics*.
- [b-ITU-T G.987] Recommendation ITU-T G.987 (2012), *10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems*.
- [b-ITU-T G.992.1] Recommendation ITU-T G.992.1 (1999), *Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers*.
- [b-ITU-T G.992.5] Рекомендация МСЭ-Т G.992.5 (2009 г.), *Приемопередатчики асимметричной цифровой абонентской линии (ADSL2) – ADSL2 с расширенной полосой (ADSL2plus)*.
- [b-ITU-T G.993.1] Recommendation ITU-T G.993.1 (2004), *Very high speed digital subscriber line transceivers (VDSL)*.
- [b-ITU-T G.993.2] Recommendation ITU-T G.993.2 (2019), *Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)*.
- [b-ITU-T G.9701] Recommendation ITU-T G.9701 (2019), *Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Physical layer specification*.
- [b-ITU-T H.264] Recommendation ITU-T H.264 (2019), *Advanced video coding for generic audiovisual services*.
- [b-ITU-T H.265] Recommendation ITU-T H.265 (2019), *High efficiency video coding*.
- [b-ITU-T H.721] Recommendation ITU-T H.721 (2015), *IPTV terminal devices: Basic model*.
- [b-ITU-T J.122] Recommendation ITU-T J.122 (2007), *Second-generation transmission systems for interactive cable television services – IP cable modems*.
- [b-ITU-T J.222.0] Рекомендация МСЭ-Т J.222.0 (2007 г.), *Системы передачи третьего поколения для услуг интерактивного кабельного телевидения – Кабельные IP-модемы: обзор*.
- [b-ITU-T J.222.1] Рекомендация МСЭ-Т J.222.1 (2007 г.), *Системы передачи третьего поколения для услуг интерактивного кабельного телевидения – кабельные IP-модемы: спецификация физического уровня*.
- [b-ITU-T J.222.2] Recommendation ITU-T J.222.2 (2007), *Third-generation transmission systems for interactive cable television services – IP cable modems: MAC and Upper Layer protocols*.
- [b-ITU-T J.222.3] Recommendation ITU-T J.222.3 (2007), *Third-generation transmission systems for interactive cable television services – IP cable modems: Security services*.
- [b-ITU-T J.224] Recommendation ITU-T J.224 (2020), *Fifth-generation transmission systems for interactive cable television services – IP cable modems*.
- [b-ITU-T J.225] Recommendation ITU-T J.225 (2020), *Fourth-generation transmission systems for interactive cable television services – IP cable modems*.
- [b-ITU-T J series Sup 10] ITU-T J-series Recommendations – Supplement 10, *Correspondence between CableLabs DOCSIS Specifications and ITU-T J-series Recommendations*.
- [b-ITU-T J.297] Recommendation ITU-T J.297 (2018), *Requirements and functional specification of cable set top box for 4K ultra high definition television*.
- [b-ITU-T J.1210] Recommendation ITU-T J.1210 (2019), *Requirements of IP video broadcast (IPVB) for cable TV networks*.

- [b-ITU-T J.1211] Recommendation ITU-T J.1211 (2020), *Specifications of IP video broadcast (IPVB) for cable TV networks.*
- [b-IEEE 802.3ah] b-IEEE 802.3ah (2004), *Gigabit Ethernet-Passive Optical Network.*
- [b-IEEE 802.3av] b-IEEE 802.3av (2009), *10 Gbit/s Ethernet Passive Optical Network.*

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

| | |
|----------------|---|
| Серия А | Организация работы МСЭ-Т |
| Серия D | Принципы тарификации и учета и экономические и стратегические вопросы международной электросвязи/ИКТ |
| 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 | Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; 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, а также соответствующие измерения и испытания |
| 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, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города |
| Серия Z | Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи |