



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

**МСЭ-Т**

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

**J.212**

(11/2006)

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

Интерактивные системы для распределения  
цифрового телевидения

---

**Внешний интерфейс физического уровня  
нисходящего потока для модульных систем  
завершения кабельного модема**

Рекомендация МСЭ-Т J.212

---



## **Рекомендация МСЭ-Т J.212**

### **Внешний интерфейс физического уровня нисходящего потока для модульных систем завершения кабельного модема**

#### **Резюме**

В настоящей Рекомендации описывается интерфейс, называемый внешним интерфейсом физического уровня нисходящего потока (DEPI), а также соответствующие требования к протоколу в отношении транспортировки данных пользователя нисходящего потока между "ядром модульной системы завершения кабельного модема (M-CMTS)" и граничным квадратурным амплитудным модулятором (EQAM). В данной Рекомендации дается характеристика параметров интерфейса DEPI, и предоставляются требования, которым должны соответствовать "Ядро M-CMTS" и EQAM, а также описываются различные аспекты технических вопросов, возникающих при реализации и развертывании системы технических требований к интерфейсу службы передачи данных по кабелю (DOCSIS) с использованием архитектуры M-CMTS.

#### **Источник**

Рекомендация МСЭ-Т J.212 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 1 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 ВАСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2010

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 Область применения .....	1
2 Справочные документы .....	2
2.1 Нормативные справочные документы .....	2
2.2 Информативные справочные документы .....	2
2.3 Источники получения справочных документов .....	3
3 Термины и определения .....	3
4 Сокращения, акронимы и соглашения .....	6
4.1 Сокращения и акронимы .....	6
4.2 Соглашения о терминах .....	8
5 Технический обзор .....	9
5.1 Архитектура системы .....	9
5.2 Модель служб соединения .....	13
5.3 Модель множественных служб .....	13
6 Архитектура DEPI .....	14
6.1 Тракт данных DEPI .....	14
6.2 Сетевые факторы .....	18
6.3 Факторы синхронизации системы .....	20
7 Плоскость управления DEPI .....	20
7.1 Топология .....	21
7.2 Адресация .....	21
7.3 Формат управляющего сообщения .....	23
7.4 Сигнализация .....	27
7.5 Определения AVP .....	33
8 Плоскость переадресации DEPI .....	47
8.1 Формат пакета передачи данных L2TPv3 .....	47
8.2 Режим MPT DOCSIS .....	50
8.3 Режим PSP .....	51
8.4 Заголовок подуровня измерения запаздывания (DLM) интерфейса DEPI .....	52
8.5 Скорость выходного сигнала ядра M-CMTS .....	53
Приложение А – MTU DEPI .....	54
А.1 Величина полезной нагрузки нижнего уровня L2TPv3 .....	54
А.2 Максимальный размер кадра для DEPI .....	54
А.3 Обнаружение MTU тракта .....	55
Приложение В – Параметры и константы .....	55
Дополнение I – DEPI и характеристики системы DOCSIS .....	56
I.1 Введение .....	56
I.2 Время на передачу и подтверждение приема и характеристики .....	56

	<b>Стр.</b>
I.3 Элементы времени на передачу и подтверждение приема .....	56
I.4 Параметры CIN .....	58
I.5 Задержки при организации очередности в элементах сети .....	59
I.6 Назначение приоритета трафика и задержки сети.....	60
I.7 Инерционность очередности в потоке данных DEPI .....	60
I.8 Режим PSP .....	62
Дополнение II – Начальное принятие и использование развертки устройств EQAM.....	63
II.1 Разработка EQAM: категория А (без DTI) .....	63
II.2 Разработка EQAM: категория В (с DTI) .....	64
II.3 Допустимое фазирование характеристик М-СМТS .....	64
II.4 Дополнительный уровень UDP .....	65

## Рекомендация МСЭ-Т J.212

### Внешний интерфейс физического уровня нисходящего потока для модульных систем завершения кабельного модема

#### 1 Область применения

Данная Рекомендация является частью серии Рекомендаций DOCSIS<sup>®</sup>, в которых дается характеристика архитектуры модульной системы завершения кабельного модема (M-CMTS<sup>™</sup>) для компонентов центрального блока управления, соответствующих DOCSIS.

В Рекомендациях DOCSIS [J.122] определяются требования для двух основных компонентов, которые содержат высокоскоростную систему передачи данных по кабелю: кабельный модем и систему завершения кабельного модема (CMTS). Архитектура M-CMTS была спроектирована как дополнение к Рекомендациям DOCSIS для обеспечения гибкости и независимого масштабирования конкретных функций CMTS, а также более эффективного использования операторами доступных ресурсов сети.

Одним из ключевых элементов архитектуры M-CMTS является отделение модуляции QAM физического уровня нисходящего потока и функций преобразования с повышением частоты от CMTS и размещение ее функциональных средств в устройстве "граничный QAM". Это разделение позволяет разрабатывать продукты EQAM, обеспечивающие работу видео и DOCSIS, что в свою очередь позволяет операторам использовать одни и те же ресурсы сети для оказания услуг различных типов, таких как данные, голос и видео.

В настоящей Рекомендации описывается интерфейс, называемый внешним интерфейсом физического уровня нисходящего потока (DEPI) и соответствующие требования к протоколу в отношении транспортировки данных пользователя нисходящего потока между "ядром M-CMTS" и EQAM. В данной Рекомендации дается характеристика параметров интерфейса DEPI, и предоставляются требования, которым должны удовлетворять "Ядро M-CMTS" и EQAM, а также описываются различные аспекты технических вопросов, возникающих при реализации и развертывании системы DOCSIS с использованием архитектуры M-CMTS.

В рамках архитектуры M-CMTS доступны две различные опции частоты синхронизирующих импульсов. Первая опция с синхронизирующим импульсом 10,24 МГц используется в странах Америки, Европы и других регионах. Вторая опция с синхронизирующим импульсом 9,216 МГц используется в Японии. В соответствии с данной Рекомендацией необходимо использовать одну или другую опцию, но не две одновременно. Взаимодействия оборудования, настроенного на одну опцию, с оборудованием, настроенным на другую опцию, не требуется.

Ниже приводится список документов в серии Рекомендаций, касающейся интерфейса модульной системы CMTS.

Обозначение	Название
J.212	Внешний интерфейс PHY нисходящего уровня
J.211	Интерфейс синхронизации DOCSIS
CM-SP-ERMI	Граничный интерфейс управления ресурсами, CM-SP-ERMI-I02-051209, 9 декабря 2005 года, Лаборатория кабельного телевидения, зарегистрированная как корпорация.
CM-SP-M-OSSI	Интерфейс системы обеспечения функционирования M-CMTS, CM-SP-M-OSSI-I02-051209, 9 декабря 2005 года, Лаборатория кабельного телевидения, зарегистрированная как корпорация.

## 2 Справочные документы

### 2.1 Нормативные справочные документы

В перечисленных ниже Рекомендациях МСЭ-Т и другой справочной литературе содержатся положения, которые посредством ссылок на них в этом тексте составляют основные положения данной Рекомендации. На момент опубликования, действовали указанные редакции документов. Все Рекомендации и другая справочная литература, являются предметом корректировки, в связи с чем пользователям данной Рекомендации настоятельно рекомендуется изыскать возможность для использования самых последних изданий Рекомендации и справочной литературы, перечисленной ниже. Регулярно публикуется перечень действующих Рекомендаций МСЭ-Т. Ссылка на документ в рамках этой Рекомендации не дает ему, как отдельному документу, статуса Рекомендации.

- [H.222.0] Рекомендация МСЭ-Т H.222.0 (2006) | организация ISO/комитет МЭК 13818-1:2007, Информационные технологии – *Стандартное кодирование передаваемых изображений и связанной аудиоинформации: системы.*
- [J.83] Рекомендация МСЭ-Т J.83 (1997), *Цифровые мультипрограммные системы для кабельного распределения телевизионных, звуковых и информационных услуг.*
- [J.122] Рекомендация МСЭ-Т J.122 (2002), *Системы передачи второго поколения для интерактивных услуг кабельного телевидения – Кабельные модемы протокола IP.*
- [J.210] Рекомендация МСЭ-Т J.210 (2006), *Интерфейс РЧ нисходящего потока для систем завершения кабельного модема.*
- [J.211] Рекомендация МСЭ-Т J.211 (2006), *Интерфейс синхронизации для систем завершения кабельного модема.*
- [IANA-PORTS] Организация IANA (2004), *Номера портов.*
- [IEEE-802.1Q] Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике, зарегистрированный как корпорация (IEEE), Стандарт 802.1Q-2005, *Стандарт IEEE для локальных и региональных сетей – Виртуальные шунтирующие локальные сети.*
- [IEEE-802.3] IEEE, Стандарт 802.3-2005, *Стандарт IEEE для информационных технологий – Электросвязь и обмен информацией между системами – Локальные и региональные сети – Специальные требования – Часть 3: Многостанционный доступ с контролем несущей (МДКН) и обнаружением конфликтов в сети (CSMA/CD), Метод доступа и спецификация физического уровня.*
- [RFC-IP] Запрос на комментарий (RFC) комитета IETF 791 (1981), *Протокол Интернета – программа интернета агентства перспективных исследований МО США (DARPA) – Спецификация протокола.*
- [RFC-L2TP-DSCP] RFC IETF 3308 (2002), *Протокол туннелирования второго уровня (L2TP), Дифференцированное расширение услуг.*
- [RFC-L2TPv3] RFC IETF 3931 (2005), *Протокол туннелирования второго уровня – Версия 3 (L2TPv3).*
- [RFC-MTU] RFC IETF 1191 (1990), *Обнаружение MTU тракта.*
- [RFC-PHBID-AF] RFC IETF 2597 (1999), *Страховая группа переадресации PHB.*
- [RFC-PHBID-EF] RFC IETF 3246 (2002), *Срочная переадресация PHB (режим работы переходом).*
- [RFC-UDP] RFC IETF 768 (1980), *Пользовательский протокол данных.*

### 2.2 Информативные справочные документы

- [DVB-RF] Европейский институт стандартов по телекоммуникациям (ETSI), Европейская норма (EN) 300 429 V1.2.1 (1998), *Проект цифровой видеотрансляции (DVB); Структура кадровой синхронизации, кодирование каналов и модуляция для кабельных систем.*



[ERMI]	<i>Интерфейс управления ресурсами фронта импульсов, CM-SP-ERMI-I02-051209, 9 декабря 2005 года, Лаборатория кабельного телевидения, зарегистрированная как корпорация.</i>
[ISO 8802-2]	<i>Организация ISO/комитет МЭК 8802-2:1998 IEEE, Стандарт 802.2:1994) – Информационные технологии – Обмен информацией и электросвязью между системами – Локальные и региональные сети – Специальные требования – Часть 2: Логический контроль соединения.</i>
[MOSSI]	<i>Интерфейс обеспечения функционирования M-CMTS DOCSIS, CM-SP-M-OSSI-I02-051209, 9 декабря 2005 года, Лаборатория кабельного телевидения, зарегистрированная как корпорация.</i>
[RFC-DSCP-1]	<i>RFC IETF 2983 (2000), Дифференцированные службы и туннели.</i>
[RFC-DSCP-2]	<i>RFC IETF 3260 (2002), Новая терминология и распознавание для дифференцированного сервера.</i>
[VCCV]	<i>Комитет IETF draft-ietf-pwe3-vccv-12.txt, Контроль подключаемости виртуальной схемы электропроводки (VCCV), январь 2007 года.</i>

### 2.3 Источники получения справочных документов

- Лаборатория кабельного телевидения, зарегистрированная как корпорация, адреса в интернете: <http://www.cablelabs.com/>; <http://www.cablemodem.com/specifications/>.
- Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE), зарегистрированный как корпорация, адрес в интернете: <http://standards.ieee.org>.
- Комитет по инженерным вопросам интернета (IETF), адрес в интернете: <http://www.ietf.org>.
- Центр по присвоению номеров интернета (IANA), адрес в интернете: <http://www.iana.org>.
- Европейский институт стандартов по телекоммуникациям (ETSI), адрес в интернете: <http://www.etsi.org>.

### 3 Термины и определения

В этой Рекомендации дается определение следующих терминов:

**3.1 bonded channels – объединенные каналы:** логический канал связи, включающий в себя множество отдельных каналов.

**3.2 cable modem (CM) – кабельный модем:** модулятор-демодулятор местоположения абонента сети, предназначенный для использования при передаче данных по системе кабельного телевидения.

**3.3 converged interconnect network – конвергированная сеть межсоединений:** сеть, соединяющая ядро M-CMTS с EQAM (как правило, по технологии gigabit Ethernet).

**3.4 customer premises equipment (CPE) – оборудование в помещении пользователя:** оборудование в помещении конечного пользователя; может предоставляться поставщиком услуг.

**3.5 data rate – скорость передачи данных:** пропускная способность, данные, передаваемые за единицу времени; обычно выражается в битах в (бит/с).

**3.6 decibels (dB) – децибелы (дБ):** отношение двух уровней мощности, выраженное математически в виде:  $dB = 10 \log_{10}(P_{\text{на выходе}}/P_{\text{на входе}})$ .

**3.7 decibel-millivolt (dBmV) – децибел-милливольт (дБмВ):** единица мощности РЧ, выражаемая в децибелах относительно 1 мВ, где  $dBmV = 20 \log_{10}$  (величина в мВ/1 мВ).

**3.8 downstream (DS) – нисходящий поток:**

- 1) Передача от CMTS к CM. Она включает в себя передачу от ядра M-CMTS к EQAM, а также передачу РЧ от EQAM к CM.
- 2) Спектр РЧ, используемый для передачи сигналов от головного узла сети оператора или концентратора к местоположению абонента.

**3.9 edge QAM modulator (EQAM) – граничный квадратурный амплитудный модулятор:** головной узел сети или концентратор, который принимает пакеты цифрового видео или информации. Это устройство повторно пакетирует видео или информацию в транспортный поток данных MPEG и модулирует в цифровом виде цифровой поток данных в несущую РЧ нисходящего потока с использованием квадратурной амплитудной модуляции (QAM).

**3.10 flow – поток:** поток пакетов данных в DEPI, используемый для передачи данных, имеющих определенную приоритетность, от ядра M-CMTS к конкретному каналу граничной QAM. В операции PSP может существовать несколько потоков данных на один канал QAM.

**3.11 GigE (GE) – технология Gigabit Ethernet:** (1 Гбит/с).

**3.12 hybrid fibre/coax (HFC) system – гибридная волоконно-оптическая/коаксиальная система:** широкополосная двунаправленная совместно использующая среду передачи система передачи, использующая оптические волоконные магистрали между головным узлом сети и волоконными узлами, а также передачу по коаксиальному кабелю от волоконных узлов к местоположению клиента.

**3.13 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) – Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике:** добровольная организация, которая, помимо всего прочего, оказывает поддержку комитетам по стандартизации; аккредитована Национальным институтом стандартизации США. (ANSI).

**3.14 Internet Engineering Task Force (IETF) – Комитет по инженерным вопросам интернета:** организация, которая, помимо всего прочего, отвечает за разработку стандартов, используемых в интернете.

**3.15 Internet Protocol (IP) – протокол Интернет:** протокол сетевого уровня интернета.

**3.16 L2TP access concentrator (LAC) – концентратор доступа по протоколу L2TP:** Если конечная точка контрольного соединения протокола L2TP (LCCE) используется для кроссирования сеанса протокола L2TP напрямую с линией передачи данных, мы рассматриваем ее как концентратор доступа по протоколу L2TP (LAC). LCCE может действовать как сетевой сервер L2TP (LNS) для нескольких сеансов и как LAC для других сеансов. Таким образом, эти условия должны использоваться только в контексте заданного набора сеансов, в том случае если LCCE не является единственным назначением для заданной топологии.

**3.17 L2TP attribute value pair (AVP) – парное значение атрибута протокола L2TP:** сцепление переменной длины протокола L2TP однозначно определяемого атрибута (представленного целым числом), длины поля и значения, содержащего действительное значение, определяемое атрибутом.

**3.18 L2TP control connection – контрольное соединение протокола L2TP:** контрольное соединение протокола L2TP является надежным каналом, который используется для установки, обслуживания и освобождения отдельных сеансов L2TP, а также собственно контрольного соединения.

**3.19 L2TP control connection endpoint (LCCE) – конечная точка контрольного соединения протокола L2TP:** узел L2TP, который существует в любом конце контрольного соединения L2TP. Также может рассматриваться как LAC или LNS, в зависимости от того обрабатываются ли туннелированные кадры в линии передачи (LAC) или на сетевом уровне (LNS).

**3.20 L2TP control connection ID – идентификационный номер контрольного соединения протокола L2TP:** поле идентификационного номера контрольного соединения содержит идентификатор контрольного соединения, имеет 32-битовое значение. Присвоенный идентификационный номер контрольного соединения AVP, тип атрибута 61, содержит идентификатор, присваиваемый этому контрольному соединению отправителем. Идентификационный номер, заданный в AVP, должен вводиться в поле идентификатора контрольного соединения всех контрольных пакетов данных, отправленных одноранговому пользователю сети в период существования контрольного соединения. Поскольку нулевое значение идентификатора контрольного соединения используется таким особым способом, его нельзя отправлять как присвоенное значение идентификационного номера контрольного соединения.

**3.21 L2TP control message – контрольное сообщение L2TP:** сообщение L2TP, используемое контрольным соединением.

**3.22 L2TP data message – информационное сообщение L2TP:** сообщение L2TP, используемое каналом данных.

**3.23 L2TP endpoint – конечная точка L2TP:** узел, который действует как одна сторона туннеля L2TP.

**3.24 L2TP network server (LNS) – сетевой сервер L2TP:** если заданный сеанс L2TP завершается узлом L2TP и сформированным пакетом данных (L3) сетевого уровня, обрабатываемым на виртуальном интерфейсе, мы рассматриваем этот узел L2TP как сетевой сервер L2TP (LNS). Заданная LCCE может действовать как LNS для одних сеансов и как LAC для других сеансов. Таким образом, эти условия должны использоваться только в контексте заданного набора сеансов, если LCCE не является единственным назначением для заданной топологии.

**3.25 L2TP pseudowire (PW) – псевдопроводка L2TP:** эмулированная схема, пересекающая сеть с коммутацией пакетов. Для одного сеанса L2TP предназначена одна псевдопроводка.

**3.26 L2TP pseudowire type – тип псевдопроводки L2TP:** тип полезной нагрузки, передаваемой в пределах сеанса L2TP. Примеры включают в себя протокол передачи от точки к точке (PPP), сеть Ethernet и ретрансляцию кадров (FR).

**3.27 L2TP session – сетевое соединение L2TP:** сеанс L2TP представляет собой объект, создаваемый между двумя LCSE для обмена параметрами и обслуживания эмулированного соединения L2. С одним контрольным соединением может быть связано множество сеансов.

**3.28 L2TP session ID – идентификационный номер сетевого соединения L2TP:** 32-битовое поле, содержащее ненулевой идентификатор для сеанса. Сеансы L2TP обозначаются идентификаторами, имеющими лишь локальную значимость, то есть одинаковым логическим сеансам посредством каждого конца контрольного соединения задаются различные идентификационные номера на срок длительности сеанса. Если контрольное соединение L2TP используется для установки сеанса, то выбираются идентификационные номера сеанса, которые обмениваются как AVP идентификатора локального сеанса в процессе создания сеанса. Один идентификатор сеанса обеспечивает необходимый контекст для всех последующих обработок пакета данных, включая наличие, размер и значение куки-файла (Cookie), тип специального подуровня L2 и тип туннелируемой полезной нагрузки.

**3.29 MAC domain – домен управления доступом к среде передачи данных (УДС):** группировка устройств второго уровня, которые могут осуществлять связь друг с другом без использования ответителя или туннелирования. В DOCSIS каналы восходящего и нисходящего потока, связанные вместе посредством объекта переадресации УДС, используются группой модемов CM.

**3.30 maximum transmission unit (MTU) – максимальный размер передаваемого блока данных:** полезная нагрузка третьего уровня кадра второго уровня.

**3.31 media access control (MAC) – управление доступом к среде передачи данных (УДС):** используется для обращения к элементу второго уровня системы, которая будет включать в себя сигнализацию и кадрирование DOCSIS.

**3.32 modulation error ratio (MER) – коэффициент погрешности модуляции:** отношение средней мощности символа к средней мощности погрешности.

**3.33 physical media dependent (PMD) sublayer – подуровень, зависимый от физического носителя:** подуровень физического уровня, который связан с передачей битов или групп битов через конкретные типы линии передачи между открытыми системами, на этом подуровне осуществляются электрические, механические процедуры и процедуры подтверждения связи.

**3.34 QAM channel (QAM ch) – канал QAM:** канал аналоговой РЧ, в котором для передачи информации используется квадратурная амплитудная модуляция (QAM).

**3.35 quadrature amplitude modulation (QAM) – квадратурная амплитудная модуляция:** способ модуляции, при котором для передачи информации такой, как цифровые данные, амплитуда аналогового сигнала и фаза варьируются.

**3.36 radio frequency (RF) – радиочастота (РЧ):** в системах кабельного телевидения она относится к электромагнитным сигналам в диапазоне от 5 до 1000 МГц.

**3.37 radio frequency interface (RFI) – интерфейс радиочастоты:** термин, объединяющий интерфейсы радиочастоты нисходящего и восходящего потока.

**3.38 request for comments (RFC) – запрос на комментарий:** документ технической стратегии комитета IETF; доступ к этим документам можно получить во всемирной "паутине" на сайте <http://www.rfc-editor.org/>.

**3.39 session – сеанс:** Подключение плоскости данных L2TP от Ядра M-CMTS к каналу QAM. На один канал QAM должен приходиться один сеанс. Для одного сеанса предусмотрен один тип псевдопроводки DEPI. Для одного сеанса также может быть предусмотрен один поток МРТ или один и более потоков PSP. Множественные сеансы могут относиться к одному контрольному соединению.

**3.40 StopCCN – отключение контрольного соединения:** уведомление об отключении контрольного соединения L2TPv3.

**3.41 upconverter – повышающий преобразователь:** устройство, используемое для изменения диапазона частоты аналогового сигнала, обычно преобразуемого из частоты генератора колебаний в радиочастоту передачи.

**3.42 upstream (US) – восходящий поток:**

- 1) передача данных от CM к CMTS. Включает в себя передачу от EQAM к ядру M-CMTS, а также передачу РЧ от CM к EQAM.
- 2) диапазон РЧ, используемый для передачи сигналов от местоположения абонента к главному кабельному узлу сети оператора или концентратору.

**3.43 upstream channel descriptor (UCD)** – дескриптор канал восходящего потока: управляющее сообщение MAC, используемое для передачи кабельным модемам характеристик физического уровня восходящего потока.

**3.44 video-on-demand (VoD) system** – видео по запросу: система, позволяющая отдельным пользователям выбрать и просмотреть содержание видео по сети с помощью интерактивной системы телевидения.

## 4 Сокращения, акронимы и соглашения

### 4.1 Сокращения и акронимы

В данной Рекомендации используются следующие сокращения

ACK	L2TPv3 Explicit Acknowledgement message	Уведомление L2TPv3
AVP	L2TPv3 Attribute Value Pair	Парное значение атрибута L2TPv3
CDN	L2TPv3 Call-Disconnect-Notify message	Уведомление об отключении вызова L2TPv3
CIN	Converged Interconnect Network	Конвергированная сеть межсоединений
CLI	Command Line Interface	Интерфейс командной строки
CM	Cable Modem	Кабельный модем
CMCI	Cable Modem CPE Interface	Интерфейс CPE кабельного модема
CMTS	Cable Modem Termination System	Система завершения кабельного модема
CPE	Customer Premises Equipment	Оборудование в помещении пользователя
CRC	Cyclic Redundancy Check	Циклический избыточный код (ЦИК)
CRC-16	CRC of length 16	Шестнадцатеричный ЦИК
CSMA	Carrier Sense Multiple Access	Многостанционный доступ с контролем несущей (МДКН)
DEPI	Downstream External PHY Interface	Внешний физический интерфейс нисходящего потока
DOCSIS	Data-Over-Cable Service Interface Specifications	Технические требования интерфейса службы передачи данных по кабелю
DOCSIS-MPT (D-MPT)	DOCSIS MPT Mode	Режим MPT DOCSIS
DRFI	Downstream Radio Frequency Interface	Интерфейс радиочастоты нисходящего потока
DS	Downstream	Нисходящий поток
DSCP	Differentiated Services Code Point	Шифр дифференцированных услуг
DTI	DOCSIS Timing Interface	Интерфейс синхронизации DOCSIS
DTS	DOCSIS Time Stamp, 32 bits	Отметка времени DOCSIS, 32 бита
EQAM	Edge QAM	Граничный QAM
ERM	Edge Resource Manager	Граничное управление ресурсами
ERMI	Edge Resource Manager Interface	Интерфейс граничного управления ресурсами
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Европейский институт стандартов по телекоммуникациям
FQDN	Fully Qualified Domain Name	Полное доменное имя машины
GE	Gigabit Ethernet (GigE)	Технология Gigabit Ethernet
HELLO	L2TPv3 Hello message	Приветствие L2TPv3
HFC	Hybrid Fibre/Coax	Технология HFC (оптово-волоконная/ коаксиальная технология)
ICCN	L2TPv3 Incoming-Call-Connected message	Сообщение о подключении входящего вызова L2TPv3
ICRP	L2TPv3 Incoming-Call-Reply message	Сообщение об ответе на входящий вызов L2TPv3
ICRQ	L2TPv3 Incoming-Call-Request message	Сообщение о запросе входящего вызова L2TPv3

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике
IETF	Internet Engineering Task Force	Комитет по инженерным вопросам интернета
IP	Internet Protocol	Протокол Интернет
IPv4	Internet Protocol version 4	Протокол Интернет, версия 4
ISO	International Organization for Standardization	Международная организация по стандартизации
ITU	International Telecommunication Union	Международный союз электросвязи (МСЭ)
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector	Сектор стандартизации электросвязи МСЭ
L2TP	Layer 2 Transport Protocol	Транспортный протокол второго уровня
L2TPv3	Layer 2 Transport Protocol – Version 3	Транспортный протокол второго уровня, версия 3
L3	Layer 3	Третий уровень
LAC	L2TP Access Concentrator	Концентратор доступа L2TP
LCCE	L2TP Control Connection Endpoint	Конечная точка контрольного соединения протокола L2TP
LNS	L2TP Network Server	Сетевой сервер L2TP
LSB	Least Significant Bit	Младший значащий бит
M/N	Relationship of integer numbers M,N that represents the ratio of the downstream symbol clock rate to the DOCSIS master clock rate	Отношение целых чисел M,N, представляющее собой соотношение тактовой частоты символа нисходящего потока к частоте главного тактового генератора DOCSIS
MAC	Media Access Control	Управление доступом к среде передачи данных (УДС)
M-CMTS	Modular Cable Modem Termination System	Модульная система завершения кабельного модема.
MER	Modulation Error Ratio	Коэффициент погрешности модуляции
MIB	Management Information Base	База управляющей информации
MPEG	Moving Picture Experts Group	Экспертная группа по вопросам движущегося изображения
MPEG-TS	Moving Picture Experts Group Transport Stream	Транспортный поток экспертной группы по вопросам движущегося изображения
MPT	MPEG-TS mode of DEPI	Режим MPEG-TS интерфейса DEPI
MPTS	Multi-Program Transport Stream	Многопрограммный транспортный поток
MSB	Most Significant Bit	Старший значащий бит
MTU	Maximum Transmission Unit	Максимальный размер передаваемого блока данных
OSSI	Operations Support System Interface	Интерфейс системы обеспечения функционирования
PCR	Program Clock Reference. A time stamp in the Video Transport Stream from which decoder timing is derived	Начало отсчета программных часов. Отметка времени в транспортном потоке видео, из которого выводится синхронизация декодера
PHY	Physical Layer	Физический уровень
PID	Packet Identifier; PID (system)	Идентификатор пакета данных; ПИД-система: уникальное целое значение, используемое для идентификации элементарных потоков программы в однопрограммном или многопрограммном транспортном потоке, как это описывается в пункте 2.4.3 [H.222.0   ISO 13818-1]
PMD	Physical Media Dependent Sublayer	Подуровень среды передачи
PPP	Point-to-Point Protocol	Протокол соединения "точка-точка", протокол PPP

PSI	Program Specific Information	Специальная информация о программе
PSP	Packet Streaming Protocol	Протокол потоковой передачи
PW	Pseudowire	Псевдопроводка
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Квадратурная амплитудная модуляция
RF	Radio Frequency	Радиочастота (РЧ)
RFC	Request For Comments	Запрос на комментарий
RFI	Radio Frequency Interface	Интерфейс радиочастоты
SCCCN	L2TPv3 Start-Control-Connection-Connected message	Сообщение о подключении пускового контрольного соединения L2TPv3
SCCRP	L2TPv3 Start-Control-Connection-Reply message	Ответное сообщение пускового контрольного соединения L2TPv3
SCCRQ	L2TPv3 Start-Control-Connection-Request message	Сообщение о запросе пускового контрольного соединения L2TPv3
S-CDMA	Synchronous Code Division Multiple Access	Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов (МДКР)
SLI	L2TPv3 Set Link Info message	Информационное сообщение об установке соединения L2TPv3
SPTS	Single Program Transport Stream	Транспортный поток отдельной программы
StopCCN	L2TPv3 Stop-Control-Connection-Notification message	Отключение контрольного соединения L2TPv3
TSID	MPEG2 Transport Stream ID	Идентификатор транспортного потока MPEG2
UCD	Upstream Channel Descriptor	Дескриптор канала восходящего потока
UDP	User Datagram Protocol	Протокол дейтаграмм пользователя
US	Upstream	Восходящий поток
VoD	Video-on-Demand	Видео по запросу

## 4.2 Соглашения о терминах

При выполнении данной Рекомендации ключевые слова "ДОЛЖЕН" и "СЛЕДУЕТ", так же как и "НЕОБХОДИМО", должны интерпретироваться как указывающие на обязательный аспект данной Рекомендации.

Ниже приведен перечень ключевых слов, используемых в данной Рекомендации для указания на определенный уровень значимости отдельного требования:

"ДОЛЖЕН"	Данное слово, наречие "НЕОБХОДИМО" или глагол "ТРЕБУЕТСЯ" означает, что условие является абсолютным требованием этой Рекомендации.
"НЕ ДОЛЖЕН"	Данное словосочетание означает, что на условие этой Рекомендацией налагается абсолютный запрет.
"СЛЕДУЕТ"	Данное слово или глагол "РЕКОМЕНДУЕТСЯ" означает, что при определенных обстоятельствах могут существовать веские условия для игнорирования данного пункта, но перед тем, как выбрать другой вариант, необходимо полностью осознать последствия и тщательно взвесить ситуацию.
"НЕ СЛЕДУЕТ"	Данное словосочетание означает, что при определенных обстоятельствах могут существовать веские условия, при которых описанный образ действий приемлем или даже полезен, но перед тем, как выполнить действия, отмеченные этим обозначением, необходимо полностью осознать последствия и тщательно взвесить ситуацию.
"МОЖЕТ"	Данное слово или слова "МОЖНО", "НЕОБЯЗАТЕЛЬНО" означают, что это условие является необязательным. Один поставщик вправе использовать его, потому что этого будет требовать рыночная ситуация или, например, приведет к улучшению продукта, а другой поставщик может опустить это условие.

## 5 Технический обзор

Данный пункт является информативным.

### 5.1 Архитектура системы

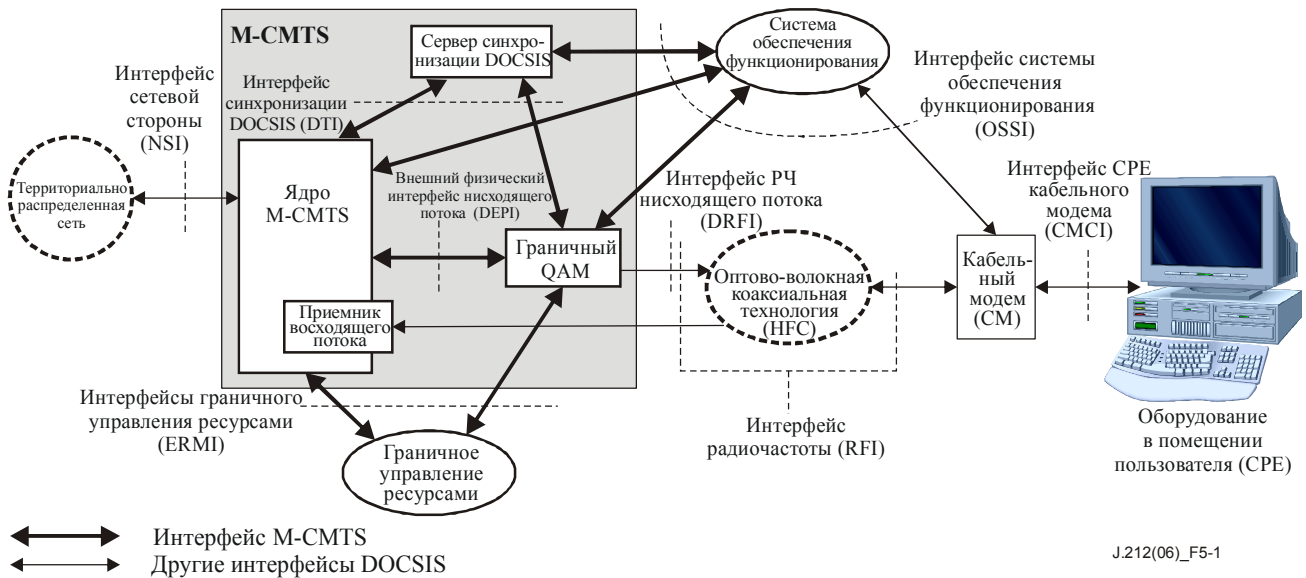


Рисунок 5-1/J.212 – Эталонная архитектура модульной CMTS

Устройство в архитектуре M-CMTS, рассматриваемое как Ядро M-CMTS, содержит УДС DOCSIS. Оно включает в себя все сигнальные функции, планирование полосы пропускания нисходящего потока и кадрование DOCSIS. Блок EQAM, главным образом, содержит схемы, связанные с PHY, такие как модуляторы QAM и логическую схему туннелирования для подключения к Ядру M-CMTS.

#### 5.1.1 Эталонная архитектура

Эталонная архитектура для модульной системы CMTS показана на рисунке 5-1. Данная архитектура содержит несколько элементов оборудования, а также интерфейсы между этими элементами оборудования. В данном пункте кратко описывается каждое устройство и интерфейс.

**Устройство граничного QAM** или коротко EQAM, берет свое начало из среды VoD. Это устройство обычно имеет один или более интерфейсов по технологии gigabit Ethernet и множество модуляторов QAM, а также повышающих преобразователей РЧ. Устройство EQAM приспособлено для использования в модульной среде CMTS. Каждый отдельный выход этого устройства часто называют Каналом QAM, а не комбинацией "Модулятора QAM и повышающего преобразователя РЧ".

**Ядро M-CMTS** содержит все традиционные компоненты CMTS, за исключением функций, выполняемых в EQAM. Ядро M-CMTS включает в себя УДС нисходящего потока и все программное обеспечение, связанное с инициализацией и работой DOCSIS.

На данной схеме показаны Приемники восходящего потока каналов восходящего потока DOCSIS, расположенные внутри Ядра M-CMTS. Тем не менее, ничто не может препятствовать реализации модульной CMTS в использовании собственного внешнего интерфейса приемника восходящего потока. В дальнейшем, интерфейс может определяться между Ядром M-CMTS и внешними приемниками восходящего потока.

**Сервер интерфейса синхронизации DOCSIS (DTI)** предоставляет общую частоту главного тактового генератора и штамп времени DOCSIS другим элементам M-CMTS.

**DEPI**, внешний физический интерфейс нисходящего потока, это интерфейс между ядром M-CMTS и EQAM, а именно это туннель протокола Интернет между УДС и физическим уровнем в модульной системе CMTS, которая содержит как тракт данных для кадров DOCSIS, так и тракт управления установкой, техобслуживанием и освобождением сеансов.



**DRFI**, или интерфейс радиочастоты нисходящего потока, предназначен для фиксации всех текущих и будущих требований РЧ в направлении нисходящего потока для обеих интегрированных систем CMTS DOCSIS, модульных систем CMTS DOCSIS и систем EQAM VoD.

**DTI**, или интерфейс синхронизации DOCSIS, это интерфейс двухточечной связи сервера DTI с другими элементами M-CMTS. В Рекомендации DTI [J.211] дается определение сервера DTI, режимов работы и протоколов клиента DTI. Сервер DTI – это генератор сигнала синхронизации. При этом каждое ядро M-CMTS и EQAM имеют клиента DTI. Сервер DTI распределяет синхронизирующий импульс DOCSIS и штамп времени DOCSIS по неэкранированной витой паре (UTP). Протокол DTI автоматически компенсирует длину кабеля и обеспечивает наличие одинакового определения времени и частоты у всех элементов M-CMTS.

**ERMI**, или интерфейс граничного управления ресурсами, включает в себя три интерфейса: интерфейс регистрации между EQAM и ERM (граничное управление ресурсами), интерфейс управления между EQAM и ERM и интерфейс управления между Ядром M-CMTS и ERM. Первый интерфейс используется для регистрации и снятия с регистрации ресурсов EQAM (т. е. каналов QAM) на ERM. Второй интерфейс используется ERM для запроса ресурсов канала QAM у EQAM и EQAM для доставки ресурсов к ERM. Третий интерфейс используется Ядром M-CMTS для запроса специальных ресурсов канала QAM у ERM и ERM для ответа на такие запросы с получением информации о расположении ресурсов канала QAM.

**MOSSI**, или модульный интерфейс системы обеспечения функционирования, обеспечивает каждый компонент системы интерфейсом управления. Этот интерфейс является расширением OSSSI, которое приводится в Рекомендациях DOCSIS для мониторинга управления функциями CMTS. Данный интерфейс можно использовать вместо ERM и ERMI для статической конфигурации и связывания ресурсов канала QAM с Ядрами M-CMTS. Интерфейс позволяет модифицировать параметры физического уровня канала QAM посредством Ядра M-CMTS или EQAM и предоставляет механизм, с помощью которого оператор может "закрыть" некоторые параметры на EQAM таким образом, что их можно будет модифицировать только там. В данной Рекомендации дается определение механизма для передачи этих параметров другой стороне связи.

**NSI**, или интерфейс сетевой стороны, остается неизменным и является физическим интерфейсом, который используется CMTS для подключения к магистральной сети Ethernet. В настоящее время это, как правило, 100 Мбит/с или 1 Гбит/с сети Ethernet.

**CMCI**, или интерфейс оборудования в помещении пользователя кабельного модема, также остается без изменений и обычно имеет скорость соединения 10/100 Мбит/с сети Ethernet или шины USB.

### 5.1.2 Функционирование DEPI

DEPI – это туннель IP, который расположен между УДС DOCSIS в Ядре M-CMTS и PHY DOCSIS, который находится в EQAM. Работа DEPI заключается в приеме отформатированных кадров DOCSIS или пакетов MPEG, их передаче по сети уровня 2 или 3 и доставке их EQAM для осуществления процесса передачи.

Базовый протокол, используемый для DEPI, это протокол туннелирования второго уровня версии 3, сокращенно L2TPv3 [RFC-L2TPv3]. L2TPv3 – это протокол IETF, который является общим протоколом для создания псевдопроводки. Псевдопроводка – это механизм для прозрачной передачи протокола второго уровня по сети третьего уровня. Примерами протоколов, поддерживаемых L2TPv3, являются протоколы ATM (асинхронный режим передачи данных), HDLC (высокоуровневое управление каналом передачи данных), Ethernet, Frame Relay (ретрансляция кадров), PPP (протокол прямой связи) и т. д.

В пункте 8.1 "Формат пакета передачи данных L2TPv3" представлен формат пакета данных L2TPv3. Каждый пакет данных содержит 32-битовый идентификатор сеанса, связанный с отдельным каналом QAM на EQAM. Заголовок UDP не является обязательным для протокола L2TPv3. В протоколе DEPI требуется, чтобы и EQAM, и ядро M-CMTS поддерживали возможность включения заголовка UDP как в плоскость управления, так и в плоскость переадресации (см. пункт 7.3). Обеспечение функционирования DEPI без заголовка UDP не является обязательным как для EQAM, так и для ядра M-CMTS, и может использоваться, если поддерживается обоими концами связи, как описано в пунктах 7.3 и 8.



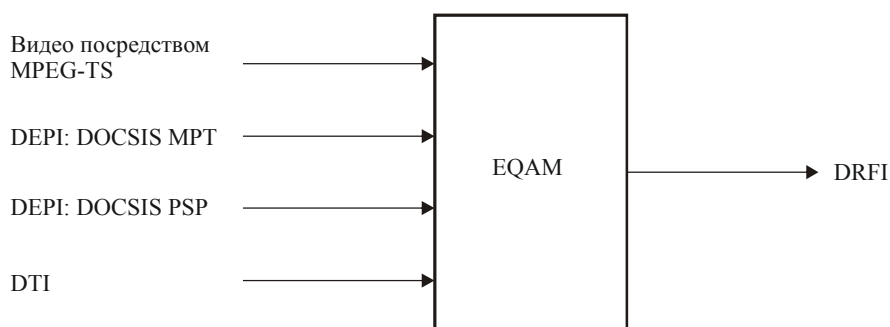
L2TPv3 допускает существование подзаголовка, который определяется реализуемой полезной нагрузкой. Канал управления разрешает передачу сигнальных сообщений между Ядром M-CMIS и EQAM. Типичные управляющие сообщения установят "контрольное соединение" между ядром M-CMIS и EQAM, а затем создадут множество сеансов данных (по одному для каждого нисходящего канала QAM). Каждый сеанс может использовать различные шифры дифференцированных услуг (DSCP) и поддерживать различные протоколы инкапсуляции.

Существует два основных метода туннелирования, определенных DEPI. Первый метод, известный как режим D-MPT, осуществляет передачу множества пакетов данных MPEG-TS (188 байт), помещая их в полезную нагрузку L2TPv3 с уникальным подзаголовком, содержащим порядковый номер для обнаружения потери пакетов. Инкапсуляция кадров DOCSIS в пакеты данных MPEG-TS выполняется в Ядре M-CMIS. Второй метод, известный как протокол потоковой передачи (PSP), передает кадры DOCSIS в полезной нагрузке L2TPv3. Затем кадры DOCSIS инкапсулируются в пакеты данных MPEG-TS на EQAM. Режим PSP позволяет кадрам DOCSIS быть одновременно и соединенными для повышения показателей работы сети, и фрагментированными, в случае, если туннелированные пакеты данных превышают размер MTU сети.

Одним из технических аспектов архитектуры модульной CMIS является ее воздействие на время задержки передачи и подтверждения запроса. Это время представляет собой временной отрезок от момента, когда CM запрашивает полосу пропускания, используя нереализованный запрос полосы пропускания (REQ), до момента, когда CM получает сообщение MAP с предоставленной возможностью передачи.

Во избежание замедления работы протокола MAP из-за другого трафика в CIN, трафик DOCSIS (или его подмножество, содержащее сообщения MAP) может быть отправлен независимым потоком L2TPv3, имеющим уникальный DSCP. Данный DSCP будет иметь "режим работы с интервалом связи" (PHB), который обеспечит MAP высшим приоритетом и услугой минимального запаздывания.

### 5.1.3 Функционирование EQAM



J.212(06)\_F5-2

Рисунок 5-2/J.212 – Блок-схема EQAM

На рисунке 5-2 показана блок-схема высокого уровня модулятора EQAM, способного управлять трафиком видео MPEG или трафиком DOCSIS. Выражение "D-MPT" – это сокращение для передачи данных MPEG DOCSIS.

Первый интерфейс является транспортом VoD. Потоки SPTS или MPTS VoD принимаются с форматом пакетов MPEG по UDP/IP. Функции обработки видео, главным образом, включают устранение дрожания, повторное установление PID ремультимплексирования, вставку PSI MPEG-2 и коррекцию штампа времени PCR. Эти функции в данной Рекомендации не приводятся.

Следующим набором интерфейсов являются интерфейсы DEPI.

Первый интерфейс – D-MPT (режим MPEG-TS интерфейса DEPI). Это режим, при котором EQAM должен искать во входящих кадрах D-MPT сообщения SYNC DOCSIS и корректировать значение штампа времени в этих сообщениях, основываясь на внутреннем штампе времени DOCSIS EQAM, который была получена из DTI. Получающиеся в результате кадры D-MPT впоследствии копируются в канал QAM без последующей интерпретации или модификации. Этот режим предназначен для кадров DOCSIS, в которых в поток вводится протокол MAP, а запаздывание сети или дрожание несущественны.

Поскольку в режиме D-MPT все типы трафика DOCSIS инкапсулируются в один поток DEPI, это не позволяет осуществлять дифференциацию различных типов трафика ни по сети CIN, ни внутри EQAM. Например, при использовании режима D-MPT невозможно осуществить ускорение протокола MAP относительно других данных DOCSIS. Приемлемые показатели работы можно получить, когда оператор определяет достаточно низкие параметры для задержки и дрожания, помещаемые CIN и EQAM в пакеты данных DEPI.

Некоторые архитектуры и/или условия сети могут снижать задержку сети и/или ее дрожание. При этом увеличивается вероятность того, что режим MPT DOCSIS обеспечит приемлемые показатели работы системы. Например:

- сети с очень незначительным количеством переходов (например: 1 или 2 перехода), особенно если все эти переходы являются коммутаторами (которые обычно вызывают меньшую задержку и дрожание, чем маршрутизаторы);
- сети, широко использующие передачу видео от серверов VoD к EQAM, на которых большая часть трафика это видео, и есть возможность назначить приоритет всему трафику DEPI в сети над всем трафиком VoD;
- сети с небольшой нагрузкой. Таким образом, задержки по причине перегрузки линии связи маловероятны.

Такие условия могут существовать в современных CIN. Возникновение этих условий становится менее вероятным по причине возможного уплотнения сети и увеличения общего трафика протокола Интернет. Оценка состояния сети и принятие решений в отношении приемлемого уровня показателей работы в режиме MPT DOCSIS остается на усмотрение оператора связи.

Следующий интерфейс – PSP DOCSIS. Этот интерфейс передает данные DOCSIS и MAP отдельными потоками, которые Ядро M-CMTS преобразует в однородный поток байтов. Механизм повторной сборки пакета PSP устраняет потери и восстанавливает кадры DOCSIS. Планировщик PSP позволяет размещать протоколы MAP по порядку, перед данными и сообщениями SYNC. В режиме PSP все сообщения SYNC генерируются EQAM, что подробно описано в п. 6.1.1. Затем выходной сигнал доставляется на уровень сходимости передачи, где результаты конвертируются в поток MPEG DOCSIS.

Последним является интерфейс DTI, который предоставляет общую частоту и штамп времени DOCSIS. Опорный сигнал необходим для синхронизации скорости символов нисходящего потока и штампа времени DOCSIS для использования с кабельными модемами DOCSIS. Штамп времени используется для корректировки SYNC DOCSIS.

Выходной сигнал, поступающий от EQAM, состоит из потока кадров MPEG, в которых передается видео и/или данные DOCSIS. Также эти кадры модулируются в несущую РЧ согласно Рекомендации [J.210] DRFI.

## 5.2 Модель служб соединения

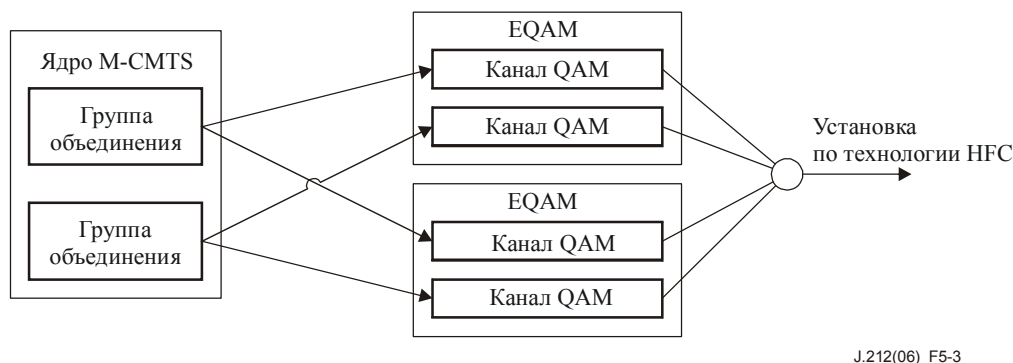


Рисунок 5-3/J.212 – Модель служб соединения

Объединение каналов нисходящего потока относится к переадресации потока кадров DOCSIS через многочисленные несущие QAM.

В архитектуре модульной CMTS объединение каналов нисходящего потока реализуется в Ядре M-CMTS. Что касается ядра M-CMTS, то пакеты данных из магистрали IP размещаются в кадре DOCSIS. Затем этот кадр DOCSIS отправляется одному из нескольких каналов QAM в Группе объединения. Кадр может передаваться при помощи D-MPT или PSP.

В данной системе EQAM выполняет объединение без учета выполняемых действий, в том числе всех деталей Протокола объединения.

## 5.3 Модель множественных служб

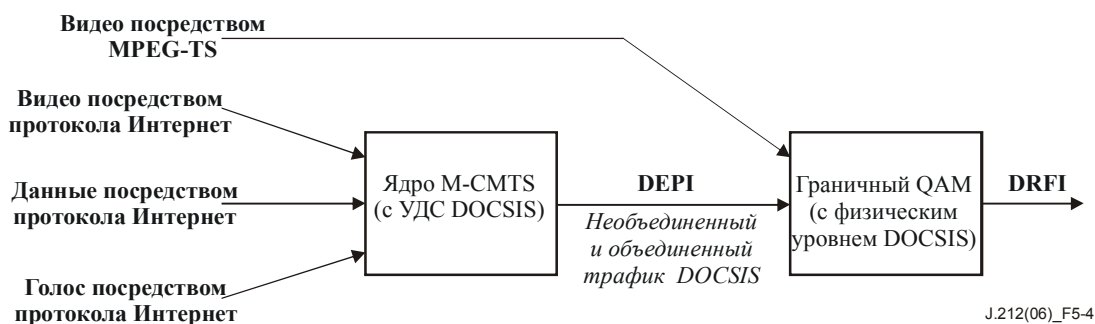


Рисунок 5-4/J.212 – Модель множественных служб

Архитектура модульной CMTS (M-CMTS) отражает попытку объединения приложений видео по запросу (VoD) и высокоскоростных данных (HSD). Данная попытка направлена на достижение максимально возможной эффективности работы с двумя отдельными сетями передачи, вводимыми в кабельную установку. В частности, действия M-CMTS направлены на перераспределение традиционной CMTS таким образом, чтобы технология передачи, общая как для среды VoD, так и для среды HSD, позволила совместно использовать одинаковые устройства EQAM.

В системе представления видео EQAM используется для доставки потоков в формате MPEG-TS к набору телевизионных преобразователей STB (set top box) в помещении абонентов. Эти функциональные средства будут и дальше использоваться в будущем и действуют независимо от других процессов, описанных в данной Рекомендации. Архитектура M-CMTS добавляет новые интерфейсы, которые являются характерными только для службы HSD. Эти интерфейсы поддерживают как традиционные, так и многоканальные (объединенные) полезные нагрузки DOCSIS, принимаемые от устройства Ядра M-CMTS.

Ядро M-CMTS предоставляет функциональные средства шлюза между сетью ядра на базе IP и CIN. Тем самым, ядро M-CMTS обеспечивает поддержку для множества услуг, включая (но не ограничиваясь) видео по IP, голос по IP (VoIP), электронную почту, игры, видеотелефонию и т. д.

## 6 Архитектура DEPI

Данный раздел является нормативным.

### 6.1 Тракт данных DEPI

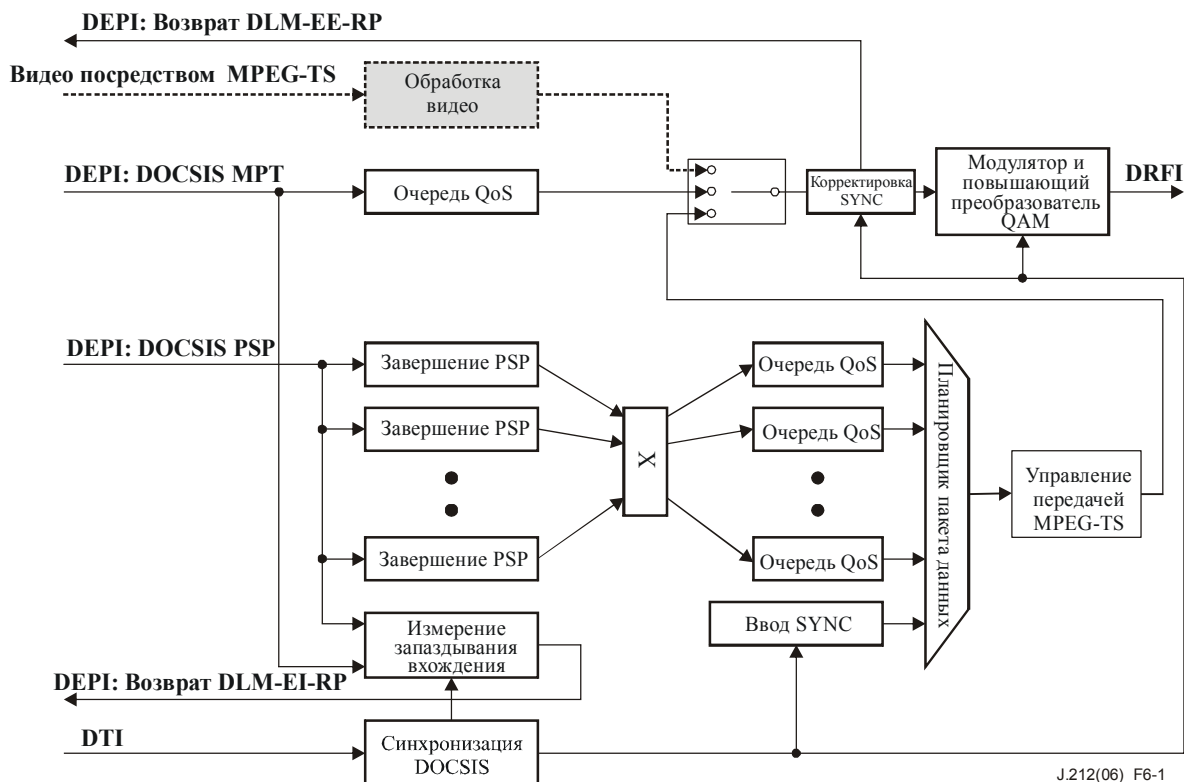


Рисунок 6-1/J.212 – Блок-схема EQAM нисходящего потока

На рисунке 6-1 показана упрощенная логическая блок-схема внутреннего тракта данных EQAM.

Формально признан, но не рассматривается в данной Рекомендации тот факт, что EQAM может принимать элементарные потоки формата MPEG, не относящиеся к DOCSIS, которые были инкапсулированы в пакеты данных MPEG и размещены в дейтаграмме UDP. В данной Рекомендации определяются требования, предъявляемые к передаче подобного типа традиционного видео формата MPEG. Впрочем, известно, что реализации EQAM M-CMTS может быть (и, вероятно, будет) способна передавать традиционное видео MPEG (перемежающихся с трафиком DOCSIS в одном канале QAM или в отдельных каналах QAM в пределах одного шасси EQAM).

Ядро M-CMTS ДОЖНО поддерживать режим PSP и D-MPT, либо оба режима. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать режим PSP и D-MPT, либо оба режима.

В рамках сеанса Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать либо один уровень приоритета D-MPT, либо, как минимум, два уровня приоритета PSP, где каждый уровень приоритета имеет различный DSCP. Ядро M-CMTS ДОЛЖНО предоставлять механизм установления соответствия между трафиком DOCSIS и множеством уровней приоритета PSP. Ядро M-CMTS НЕ ДОЛЖНО пытаться установить сеанс, одновременно включающий в себя потоки PSP и D-MPT.

В рамках сеанса EQAM ДОЛЖЕН поддерживать либо один уровень приоритета D-MPT, либо, как минимум, два уровня приоритета PSP, где каждый уровень приоритета имеет различный DSCP. EQAM не предназначен для одновременной поддержки D-MPT и PSP в рамках одного сеанса и ДОЛЖЕН отклонять любую попытку создания такого сеанса. Между каждым уровнем приоритета для каждого типа DEPI и одним или более потоками DEPI устанавливается соответствие. EQAM ДОЛЖЕН обеспечивать создание одного потока DEPI на каждый уровень приоритета. EQAM МОЖЕТ поддерживать создание более одного потока DEPI на каждый уровень приоритета. Установление соответствий между отдельными потоками и уровнями приоритета (очереди QoS) зависит от каждого конкретного поставщика (см. рисунок 7-3). Установление соответствий между потоками реализуется посредством конфигурации локального интерфейса командной строки (CLI) EQAM.

Для режимов D-MPT и PSP EQAM ДОЛЖЕН вводить нулевые пакеты данных MPEG, если EQAM не имеет данных для отправки. EQAM НЕ СЛЕДУЕТ вводить нулевой пакет данных MPEG, если он имеет данные для отправки. Отметим, что введение нулевого пакета MPEG должно происходить до корректировки сообщения SYNC DOCSIS (см. п. 6.1.1).

### 6.1.1 Тракт данных D-MPT DOCSIS

Потоки D-MPT DOCSIS DEPI содержат кадры DOCSIS, использующие формат, описанный в пункте 8.2. Все кадры DOCSIS, включая кадры на базе пакетов данных и кадры на базе управления протоколом MAC, включаются в один поток D-MPT. EQAM осуществляет поиск каких-либо сообщений SYNC DOCSIS в полезной нагрузке D-MPT и выполняет коррекцию SYNC, как описано в пункте 6.1.3.2. Затем он переадресует пакет данных D-MPT к интерфейсу РЧ.

Режим D-MPT предназначен для того, чтобы EQAM мог получать пакеты данных MPEG и переадресовывать их напрямую интерфейсу РЧ без необходимости завершения и регенерации кадрирования MPEG. Единственной обработкой полезной нагрузки D-MPT является корректировка SYNC.

### 6.1.2 Тракт данных PSP

Протокол потоковой передачи (PSP) – это протокол уровня сходимости третьего уровня, который позволяет передавать пакеты данных непрерывным потоком и фрагментировать их согласно произвольным границам. Режим PSP предназначен для того, чтобы облегчить исполнение качества услуг. Этот режим должен использоваться для передачи традиционных данных DOCSIS и сигнальных сообщений, в которых используется одно или более значений DSCP. Например, для того, чтобы сократить запаздывание предоставления запроса, можно отправлять управляющие сообщения MAC протокола MAP, используя отличное значение DSCP в потоке PSP, отличным от остальной части канала DOCSIS. Для получения более подробной информации см. пункт 6.2.1. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать минимум два приемника PSP на каждый модулятор QAM. Два приемника предназначены для того, чтобы реализовывать потоки PSP с более высоким и более низким показателями запаздывания.

Каждый поток PSP завершается, а Кадры DOCSIS в пределах потока извлекаются. Кадры DOCSIS помещаются в соответствующие очереди QoS выходного сигнала. Выходной сигнал очередей QoS поступает к планировщику пакета данных, который решает, какую очередь обслуживать на базе PHB (согласованную между Ядром M-CMTS и EQAM) потока PSP, перемещающего кадры DOCSIS. Планировщик пакета данных также отвечает за вставку сообщений SYNC DOCSIS во временной интервал, заданный значением AVP контрольного сообщения SYNC DOCSIS (см. рисунок 7-31). Планировщику пакета данных СЛЕДУЕТ поддерживать планировщик строгого приоритета. Планировщик пакета данных МОЖЕТ поддерживать другой порядок планирования очереди.

Словосочетание "планировщик пакета данных" – это общий термин, обозначающий метод применения приоритетов к различным очередям по мере того, как пакеты данных перемещаются от различных очередей входа к очереди выхода. Примером типичного алгоритма планирования пакета данных является создание взвешенной значимой очередности (WFQ), при которой некоторым потокам отдается приоритет над другими потоками, но лишь до определенного предела. Его не следует путать с более сложным планировщиком восходящего потока DOCSIS, который обрабатывает запросы и разрешения.

Выходной сигнал планировщика пакета данных поступает к устройству сходимости передачи, которое помещает кадры DOCSIS в пакеты данных MPEG в соответствии с требованиями

Рекомендации [J.210]. Этот процесс включает в себя вставку подстановочных байтов и сообщения SYNC DOCSIS, описанное в пункте 6.1.3. Выходной сигнал устройства сходимости передачи (ТС) отправляется интерфейсу РЧ.

Режим PSP, главным образом, обеспечивает ускорение протоколов MAP через сеть с целью снижения запаздывания при предоставлении запроса. Режим PSP наиболее полезен при перемещении всего или большей части трафика к DOCSIS. Поэтому отметка протоколов MAP осуществляется с помощью очередей QoS более высокого уровня по сравнению с другим трафиком DOCSIS, который необходим для обеспечения более низкого запаздывания для MAP при прохождении полностью абонированной сети. Как следствие, PSP имеет ценность для долгосрочного действия и используется для отправки в случае перемещения всего или большей части трафика на начальную страницу узла через DOCSIS.

### 6.1.3 Сообщение SYNC DOCSIS

#### 6.1.3.1 Формат сообщения SYNC

Сообщение УДС синхронизации времени DOCSIS (SYNC) передается модульной системой CMTS через регулярные интервалы времени для синхронизации подуровня УДС в кабельных модемах. Это сообщение ДОЛЖНО использовать поле FC с FC\_TYPE = Специальному заголовку УДС и FC\_PARM = Заголовку УДС синхронизации. За ним ДОЛЖЕН следовать модуль данных протокола (PDU) в формате, показанном на рисунке 6-2.

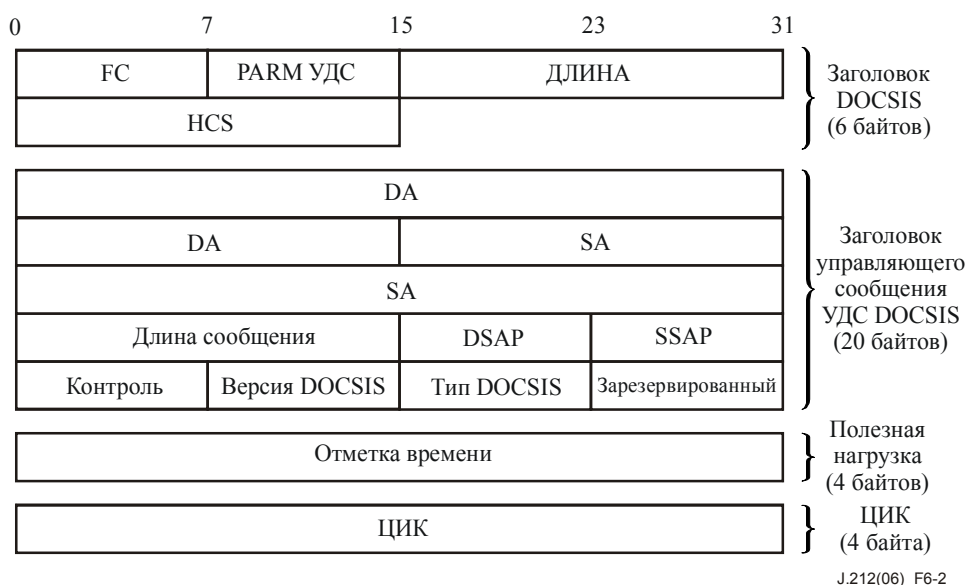


Рисунок 6-2/J.212 – Формат сообщения УДС SYNC DOCSIS

Поля ДОЛЖНЫ быть определены следующим образом:

**FC, PARM УДС, LEN, HCS:** Общий заголовок кадра УДС с полем FC\_PARM для указания заголовка синхронизации (для получения более подробной информации см. J.122).

**Адрес назначения (DA):** установлен на значение адреса групповой передачи УДС DOCSIS 01-E0-2F-00-00-01.

**Адрес источника (SA):** адрес УДС Ядра М-СМТS. В режиме PSP EQAM узнает соответствующий адрес УДС Ядра М-СМТS посредством явной сигнализации во время установки сеанса L2TPv3.

**Длина сообщения:** длина сообщения УДС от протокола DSAP до конца полезной нагрузки.

**DSAP:** Протокол извещения об услугах нулевого назначения (SAP (00)) при управлении логическим каналом (LLC) согласно [ISO 8802-2].

**SSAP:** Протокол извещения об услугах нулевого источника (SAP (00)) при управлении логическим каналом (LLC) согласно [ISO 8802-2].

**Контроль:** нумерованный кадр информации (03) согласно [ISO 8802-2].

**Версия DOCSIS:** Установлено на значение 1.

**Тип DOCSIS:** Установлено на значение 1, обозначает сообщение SYNC.

**Штамп времени CMTS:** Состояние подсчета приращения 32-битового бинарного счетчика, синхронизированного с главным тактовым генератором согласно Рекомендации [J.211].

Штамп времени CMTS отражает состояние подсчета в момент, когда первый байт (или фиксированное смещение времени от первого байта) управляющего сообщения УДС синхронизации времени передается от подуровня сходимости передачи нисходящего потока к физическому зависимому подуровню средств связи нисходящего потока, описанным в Рекомендации [J.210].

### 6.1.3.2 Исправления и вставка

EQAM ДОЛЖЕН выводить локальный штамп времени DOCSIS из клиента DTI, заданного в Рекомендации [J.211]. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать частоту главного тактового генератора 10,24 МГц или 9,216 МГц в зависимости от региона, в котором она будет работать. В режиме D-MPT EQAM должен быть способен корректировать все встроенные сообщения SYNC в потоке DOCSIS. Для режима PSP DOCSIS EQAM ДОЛЖЕН быть способен вставлять сообщения SYNC DOCSIS на базе их внутреннего штампа времени в потоке MPEG-TS нисходящего потока согласно спецификациям пункта 6.1.3.3. В режиме PSP EQAM ДОЛЖЕН вставлять сообщение SYNC, начиная с 6-ого байта кадра MPEG-TS (5-ый байт будет указателем поля MPEG). Ссылаясь на использование временной развертки для ввода или корректировки штампа времени SYNC, EQAM ДОЛЖЕН использовать временную развертку таким образом, чтобы задержка составляла не менее 0 и не более 100 тактов (приблизительно 10 мкс) главного тактового генератора по сравнению со временем, установленным через выход испытательного порта клиента DTI.

Эта разница между временем, установленным через выход испытательного порта клиента DTI и временной ссылкой, применяемой EQAM, должна быть в высшей степени постоянной. Все требования к синхронизации и дрожанию, которые имеются в данной Рекомендации и [J.210], используются до сих пор. Требования данной Рекомендации не мешают EQAM обрабатывать передаваемое время более чем за 100 тактов. Однако в данном случае EQAM потребуются внутренняя настройка генератора развертки с задержкой от 0 до 100 тактов передающего DTI.

При использовании режима D-MPT Ядро M-CMTS ДОЛЖНО генерировать сообщения SYNC и включать их в полезную нагрузку D-MPT. Ядро M-CMTS ДОЛЖНО вводить сообщения SYNC, начиная с 6-ого байта кадра MPEG-TS (5-ый байт будет указателем поля MPEG). Это действие выполняется с целью упрощения реализации EQAM, позволяя EQAM проверять только биты индикатора блока полезной нагрузки и 5 и 6-ой байт пакета данных MPEG-TS (которые вместе составят 0x00C0) для размещения сообщения SYNC DOCSIS. Отметим, точного отображения текущего штампа времени, полученного через клиента DTI в Ядре M-CMTS, штампом времени CMTS в сообщениях SYNC не требуется. Например, для Ядра M-CMTS допускается использование нулевого значения для отметки времени CMTS во всех сообщениях SYNC. При использовании режима PSP DOCSIS Ядро M-CMTS НЕ ДОЛЖНО генерировать сообщения SYNC как часть полезной нагрузки PSP.

### 6.1.3.3 Дрожание штампа времени

Дрожание штампа времени DOCSIS ДОЛЖНО быть менее 500 нс полной амплитуды на выходе подуровня сходимости передачи нисходящего потока. Это дрожание относится к идеальному подуровню сходимости передачи нисходящего потока, который передает пакет данных MPEG к физическому зависимому подуровню средств связи нисходящего потока с исключительно непрерывным и ровным тактовым сигналом на скорости пакета данных MPEG. Обработка физического зависимого подуровня средств связи нисходящего потока НЕ ДОЛЖНА рассматриваться в генерировании штампа времени и передаче физическому зависимому подуровню средств связи нисходящего потока.

Таким образом, любые два штампа времени N1 и N2 ( $N2 > N1$ ), которые передавались к физическому зависимому подуровню средств связи нисходящего потока в промежутки времени T1 и T2 соответственно, должны удовлетворять следующему отношению:

$$|(N2 - N1)/f_{\text{CMTS}} - (T2 - T1)| < 500 \times 10^{-9}$$

В уравнении значение  $(N2 - N1)$  принимается для вычисления действия прокрутки счетчика временной развертки, а  $T1$  и  $T2$  представляют время в секундах.  $f_{\text{CMTS}}$  – это рабочая частота главной временной развертки CMTS. Она может включать смещение фиксированной частоты от номинальной частоты синхронизирующего импульса. Это смещение частоты ограничивается требованием, приведенным ниже в данном пункте.

Дрожание включает в себя погрешность значения штампа времени и дрожание во всех тактовых генераторах. Значение 500 нс, заданные на выходе подуровня сходимости передачи нисходящего потока, ДОЛЖНО быть снижено любым дрожанием, вводимым физическим зависимым подуровнем средств связи нисходящего потока.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Дрожание является ошибкой (измеримой) относящейся к главному синхронизирующему импульсу CMTS.

## **6.1.4 Запаздывание и требования к искажению**

### **6.1.4.1 Запаздывание**

Для сеансов DEPI PSP запаздывание определяется как абсолютная разница во времени, начиная с момента, когда последний бит пакета данных DEPI, содержащий последний бит одного кадра УДС DOCSIS, попадает в порт DEPI EQAM, и заканчивая моментом, когда первый бит кадра УДС DOCSIS выходит из порта RFI EQAM. Для сеансов DEPI D-MPT запаздывание определяется как абсолютная разница во времени, начиная с момента, когда последний бит пакета данных DEPI попадает в порт DEPI EQAM, и заканчивая моментом, когда первый бит пакета данных MPEG, хранящегося в пределах оговоренного пакета DEPI, выходит из порта RFI EQAM. На входе EQAM последний бит поступающего пакета данных DEPI используется, потому что интерфейс второго уровня EQAM (т. е. порт по технологии Ethernet) должен получить весь пакет данных до того, как EQAM сможет начать обработку. На выходе EQAM первый бит первого пакета данных MPEG (в режиме D-MPT) или кадр DOCSIS (в режиме PSP) внутри пакета данных DEPI используется для гарантирования соответствия данных определению "изолированные пакеты данных" (см. следующий абзац). Если данное действие не было выполнено, то измерение может быть нарушено задержками, вызванными установлением очередности данных, расположенных позади других данных, заданных для того же самого интерфейса РЧ. EQAM СЛЕДУЕТ предоставить достаточное количество буферной памяти на каждый канал QAM для буферизации по крайней мере 20 мс трафика по всем сеансам L2TPv3, предназначенным для данного канала QAM.

В сеансах DEPI PSP множественные потоки, поддерживаемые в EQAM, предоставляют приоритетный доступ к модулятору. При отсутствии трафика более высокого приоритета и без учета нагрузки трафика более низкого приоритета EQAM ДОЛЖЕН переадресовывать изолированные пакеты данных в поток DEPI с запаздыванием менее 500 мкс плюс запаздывание устройства перемежения. Изолированные пакеты данных расположены с промежутками таким образом, что при номинальной скорости данных нисходящего потока EQAM завершит передачу текущего потока данных до прибытия следующего пакета.

### **6.1.4.2 Искажение**

Искажение определяется как разница между максимальным запаздыванием и минимальным запаздыванием через EQAM, вычисляемая из двух битов ссылки на сетевой интерфейс на те же биты на двух отдельных выходах РЧ. Искажение необходимо измерять, установив все параметры физического уровня в измеряемом канале QAM, на одинаковое значение.

Искажение между двумя любыми соединенными каналами QAM в пределах EQAM ДОЛЖНО быть менее 500 мкс. Требования к искажению для EQAM неявно соблюдаются при выполнении EQAM требований по запаздыванию, изложенных в пункте 6.1.4.1. Это требование предназначено для передачи трафика, восприимчивого к искажению, такого, как, например, соединенный трафик.

## **6.2 Сетевые факторы**

### **6.2.1 Использование режима работы с интервалом связи**

Идентификатор режима работы с интервалом связи (PHVID) используется сетевыми устройствами для подачи сигнала о корректном режиме работы (PHV) между ними. PHV разрешает использовать высокоприоритетную переадресацию (EF), как описано в (RFC) [EF PHVID], гарантированную переадресацию (AF), как описано в (RFC) [AF PHVID], или улучшенную переадресацию согласно (RFC) [AF PHVID]. Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать высокоприоритетную переадресацию



PHBID для режима PSP. Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать улучшенную переадресацию PHBID для обоих режимов DEPI. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать PHBID EF для режима PSP. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать улучшенную переадресацию PHBID для обоих режимов DEPI.

Интерфейс DEPI поддерживает множество типов трафика, включая УДС DOCSIS и трафик данных DOCSIS. В пределах обоих типов трафика могут присутствовать различные уровни приоритета. Для работы режима PSP Ядру M-CMTS СЛЕДУЕТ обеспечивать механизм установления соответствия между трафиком различных приоритетов и потоками DEPI с различными значениями PHB. Ядру M-CMTS НЕ СЛЕДУЕТ использовать один и тот же PHB для множества потоков DEPI в пределах сеанса.

CIN следует обеспечивать соответствующий режим работы с интервалом связи для типов дифференцированного трафика. Уровень модульности, предоставляемый для дифференцированного трафика, определяется оператором сети, но, как минимум, ожидается, что сообщения MAP DOCSIS и трафик данных VoIP получат приоритет над улучшенным трафиком данных.

EQAM использует PHB, подающий сигнал при установлении потока DEPI в процессе планирования множества потоков PSP DEPI на один канал QAM, как описано в п. 6.1.2.

### **6.2.2 Использование кодовой отметки дифференцированного сервера (DiffServ)**

DSCP – это значение, размещенное в 6-битовом поле дифференцированного сервера (DiffServ) заголовка IP. DSCP пакета данных L2TPv3 СЛЕДУЕТ присвоить на выходе Ядра M-CMTS для обеспечения качества услуг для трафика DEPI в пределах CIN. DSCP МОЖЕТ использоваться на входе EQAM.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО маркировать все пакеты данных в пределах потока DEPI сеанса L2TPv3 с тем же DSCP.

Кадры DOCSIS, инкапсулированные в пакеты L2TPv3, могут содержать пакеты IP, которые также имеют присвоенный DSCP. Планировать пакеты данных на базе исходного DSCP, содержащегося в кадре DOCSIS, модулятору EQAM не требуется.

### **6.2.3 Последовательность пакетов данных**

Для потока пакетов данных, передаваемых в потоке DEPI, порядковый номер пакета возрастает на один для каждого отправленного пакета согласно параграфу 8.2 и 8.3. Если EQAM выявляет разрыв в порядковых номерах пакетов данных, указывающий на то, что один или более пакетов были утеряны или задержаны, то появляется сообщение об ошибке, и EQAM СЛЕДУЕТ передать текущий пакет данных каналу QAM, не ожидая потерянных пакетов данных. Если EQAM выявляет разрыв в порядковых номерах пакетов данных, указывающий на то, что один или более пакетов поступили поздно, эти пакеты СЛЕДУЕТ отбросить. EQAM НЕ ДОЛЖЕН переадресовывать пакеты данных, которые были пропущены из-за разрыва в порядковых номерах. Сохранение пакетов данных в памяти и их повторное упорядочивание с возможностью доставки к каналу QAM в правильной последовательности не запрещается данными требованиями, и EQAM МОЖЕТ выполнить такое переупорядочивание согласно требованиям по запаздыванию, приведенным в п. 6.1.4.

### **6.2.4 Сеть MTU**

Сеть между Ядром M-CMTS и EQAM будет иметь определенный максимальный размер передаваемого блока данных. Если кадр DOCSIS максимального размера должен быть туннелирован от Ядра M-CMTS к EQAM без фрагментации, то размер получающегося в результате пакета данных может быть больше, чем способна обработать CIN. Режимы D-MPT и PSP могут аннулировать это несоответствие при помощи потоковой передачи и фрагментации. Таким образом, фрагментация IP не требуется. Она также нежелательна, потому что EQAM может переадресовывать пакеты данных на базе порта назначения UDP, и порт UDP доступен только в первом фрагменте IP.

Определение MTU с целью его использования для туннеля L2TPv3 между Ядром M-CMTS и EQAM является двухэтапным процессом. Первый этап представляет собой часть установления сеанса L2TPv3 (см. раздел 7) с использованием AVP MTU DEPI. Когда Ядро M-CMTS запускает установку сеанса при помощи сообщения ICRQ, оно ДОЛЖНО снабжать локальный AVP MTU DEPI размером полезной нагрузки, которая меньше ее возможностей приема и возможностей приема, заданных ее нижним уровнем. Возможности приема Ядра M-CMTS определяются его внутренними ограничениями и любыми сконфигурированными максимальными значениями. Возможности приема, заданные его

нижним уровнем, представляют собой вычисление со ссылкой на ограничения размера полезной нагрузки интерфейса, ниже которого создается этот туннель, как определено в Приложении А.1. Ядро М-СМТС ДОЛЖНО поддерживать размер MTU – 1500 байтов как минимум. EQAM ДОЛЖЕН отправлять кадры L2TPv3 с размером полезной нагрузки менее этого значения или равно данному максимуму. Если EQAM не может удовлетворять этому критерию, тогда при генерировании сообщения CDN он ДОЛЖЕН отказать в создании сеанса. EQAM необходимо учитывать тот же самый критерий при подсчете его MTU. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать размер MTU как минимум 1500 байтов, согласно расчетам в Приложении А.1. EQAM ДОЛЖЕН вводить удаленный AVP MTU DEPI в сообщение ICRP с размером MTU. Ядро М-СМТС ДОЛЖНО отправлять кадры L2TPv3 с размером полезной нагрузки меньшим или равным этому максимальному значению. Если Ядро М-СМТС не может удовлетворить данному критерию, то при генерировании сообщения CDN оно ДОЛЖНО отказать в создании сеанса.

Вторым этапом является определение MTU тракта между Ядром М-СМТС и EQAM. Ядро М-СМТС ДОЛЖНО поддерживать механизм предотвращения отправки пакетов данных большего размера, чем MTU сети. Это действие СДЕДУЕТ выполнять с использованием обнаружения MTU тракта, как описано в [RFC-MTU]. В пункте А.3 приводится краткий обзор протокола обнаружения тракта MTU. В качестве альтернативы данное действие МОЖНО выполнить при помощи опции статической конфигурации. Как Ядро М-СМТС, так и EQAM ДОЛЖНЫ иметь в наличии способ статической конфигурации MTU для каждого сеанса L2TPv3. Во избежание фрагментации IP Ядро М-СМТС и EQAM ДОЛЖНЫ установить бит нефрагментации (DF) в заголовке IPv4 для всех передач по псевдопроводке L2TPv3.

### **6.3 Факторы синхронизации системы**

Для обеспечения правильного функционирования системы Ядру М-СМТС СЛЕДУЕТ использовать временную развертку, которая задерживается на не менее 0 и не более 100 тактов синхронизирующего импульса (приблизительно 10 мкс) по сравнению со временем, передаваемым посредством выхода испытательного порта клиента DTI. Ядро М-СМТС ДОЛЖНО поддерживать либо частоту синхронизирующего импульса 10,24 МГц, либо 9.216 МГц в зависимости от региона, в котором она будет действовать.

Эта разница во времени между временем, передаваемым посредством выхода испытательного порта клиента DTI и временной ссылкой, применяемой Ядром М-СМТС, по существу должна быть постоянной величиной. Данные требования не препятствуют обработке Ядром М-СМТС времени, передаваемого DTI, более чем за 100 тактов. Однако в этом случае Ядру М-СМТС понадобится внутренняя настройка применяемой временной развертки, которая задерживается от 0 до 100 тактов временной развертки, передаваемой DTI.

## **7 Плоскость управления DEPI**

ПРИМЕЧАНИЕ. – Данный раздел является нормативным.

Плоскость управления DEPI опирается на сигнализацию L2TPv3. Целью данной Рекомендации является следование положениям [RFC-L2TPv3]. Данный раздел включает несколько примеров того, как используется сигнализация L2TPv3, а также дополнения и объяснения спецификации [RFC-L2TPv3], применяемой к DOCSIS.

Все требования из [RFC-L2TPv3] ДОЛЖНЫ соблюдаться как Ядром М-СМТС, так и EQAM, если в Рекомендации не будет четкого подтверждения того, что специальное требование из [RFC-L2TPv3] не требует выполнения.

## 7.1 Топология

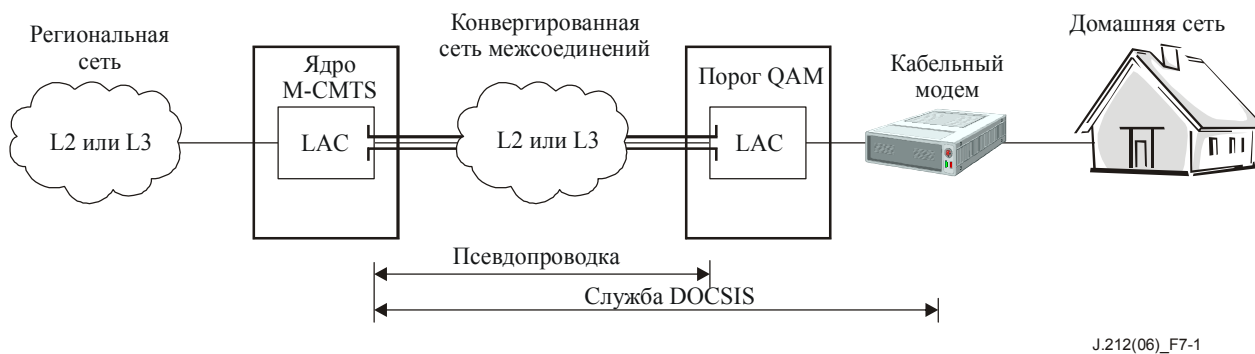


Рисунок 7-1/J.212 – Топология L2TP для модульной CMTS

На рисунке 7-1 показано соответствие архитектуры CMTS топологии L2TP. В терминологии L2TPv3 Ядро M-CMTS и EQAM известны как концентраторы доступа по протоколу L2TP (LAC). Ядро M-CMTS и EQAM рассматриваются как одноранговые пользователи сети, а также как узлы L2TP или конечные точки контрольного соединения протокола L2TP (LCCE). Для целей, заданных в этой Рекомендации, каждая LCCE идентифицируется в сети одним адресом IP. Соединения между двумя LCCE известны как псевдопроводки (PW).

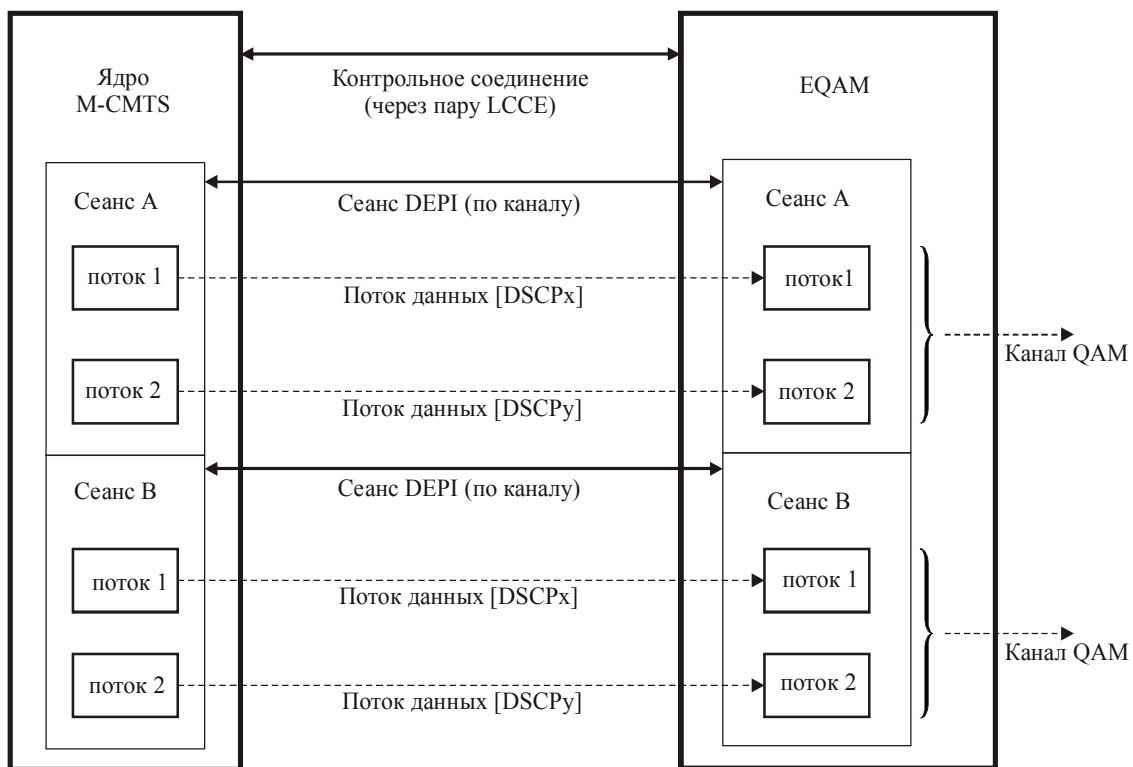
L2TP поддерживает как тракт данных, так и тракт контроля внутренней полосы частот. В терминологии L2TPv3 информационные сообщения отправляются через контрольное соединение.

Сначала контрольное соединение устанавливается между двумя LCCE, затем устанавливается сеанс. Сеанс L2TP устанавливается до начала переадресации протоколом L2TP кадров сеанса для данных. С одним контрольным соединением может быть связано множество сеансов.

## 7.2 Адресация

Ядру M-CMTS СЛЕДУЕТ использовать адрес IP EQAM и TSID канала QAM для однозначной идентификации канала QAM в пределах EQAM во время первоначального конфигурирования.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО установить не более одного контрольного соединения для каждой пары LCCE. Это контрольное соединение будет управлять всеми сеансами между Ядром M-CMTS и EQAM. Если используется заголовок UDP, то контрольному соединению СЛЕДУЕТ использовать порт UDP 1701.

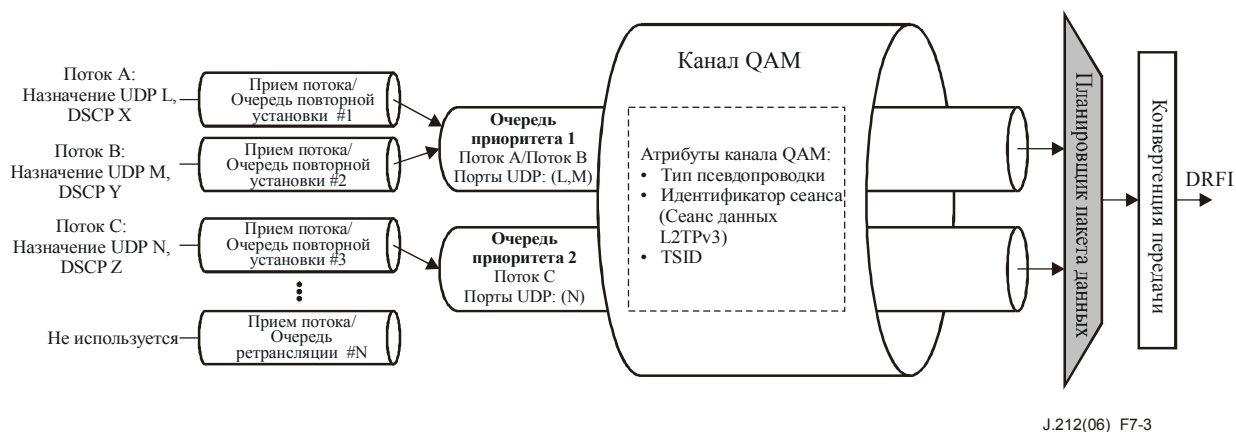


J.212(06)\_F7-2

**Рисунок 7-2/J.212 – Иерархия адресации DEPI**

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО обеспечивать создание одного сеанса на каждый канал QAM. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать один сеанс на каждый канал QAM. Каждый сеанс DEPI использует один из имеющихся типов псевдопроводки, описанных в п. 7.5.1.1. Согласно [RFC-L2TPv3] как Ядро M-CMTS, так и EQAM присваивают однозначный идентификатор сеанса L2TPv3 для каждого сеанса. Ядро M-CMTS НЕ ДОЛЖНО пытаться создать сеанс по каналу QAM, для которого Ядро M-CMTS уже имеет действующий сеанс. EQAM ДОЛЖЕН отклонить попытку установить сеанс по каналу QAM, для которого сеанс уже был установлен.

Ядро M-CMTS МОЖЕТ создавать для каждого сеанса множество потоков PSP. Различные реализации EQAM могут поддерживать различное количество потоков PSP на любом заданном сеансе DEPI, что подробно описывается в параграфе 6.1. В процессе установки сеанса L2TPv3 EQAM ДОЛЖЕН присваивать каждому потоку однозначный идентификатор потока. Повторная сборка пакета данных, если она применима, выполняется посредством идентификатора потока в EQAM. EQAM МОЖЕТ присваивать каждому потоку уникальный порт назначения UDP. Ядро M-CMTS ДОЛЖНО передавать пакеты данных DEPI, используя порт назначения UDP (если используется заголовок UDP), идентификатор сеанса L2TPv3 и идентификатор потока, присвоенный EQAM. Этот процесс показан на рисунке 7-2 и подробно описывается на рисунке 7-3.



J.212(06)\_F7-3

Рисунок 7-3/J.212 – Иерархия адресации DEPI

### 7.3 Формат управляющего сообщения

Формат управляющего пакета DEPI, как показано на рисунках 7-4 и 7-5, основывается на [RFC-L2TPv3] с дополнениями для DOCSIS. Поля, которые являются общими с пакетом данных DEPI, описываются в пункте 8.1. Поля, которые используются иным образом или новые поля, описываются ниже. Все значения приводятся в десятичной системе исчисления, если не указано иначе.

Выбор использования или неиспользования заголовка UDP осуществляется посредством конфигурирования системы и не является согласуемым параметром DEPI. Версия UDP DEPI предназначена для систем, которые используют порт UDP для предоставления потоков каналу QAM в пределах EQAM. Версия, не относящаяся к UDP DEPI, предназначена для систем, которые используют идентификатор сеанса L2TPv3 для предоставления потоков каналу QAM в пределах EQAM.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать DEPI с заголовком UDP. M-CMTS МОЖЕТ поддерживать DEPI без заголовка UDP. EQAM МОЖЕТ поддерживать DEPI без заголовка UDP. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать DEPI с заголовком UDP.



## 7.3.2 Управляющее сообщение без заголовка UDP

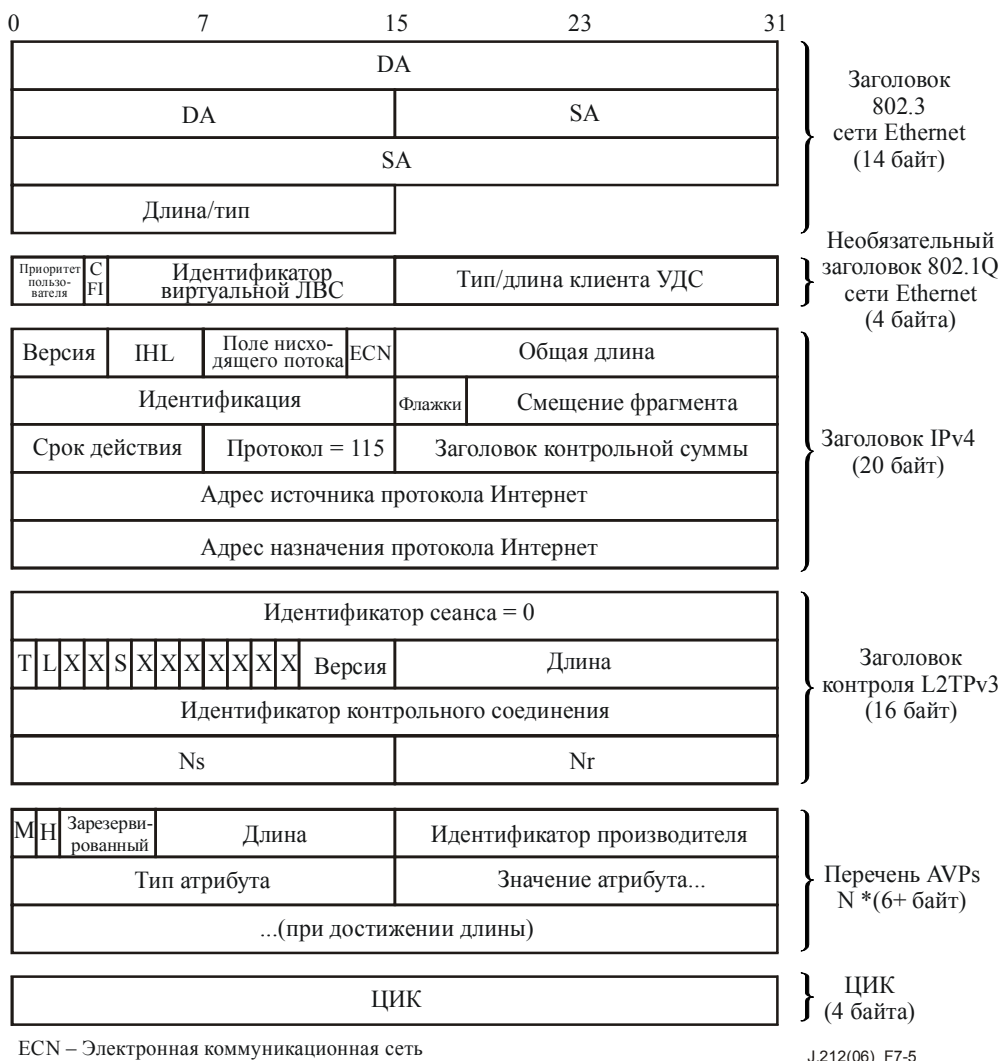


Рисунок 7-5/J.212 – Пакет управления DEPI без UDP

## 7.3.3 Общие заголовки для управляющих и информационных сообщений

### 7.3.3.1 Заголовок 802.3 сети Ethernet

Заголовок Ethernet описывается в [IEEE-802.3]. Адрес назначения Ethernet является отдельным адресом. Работа с DEPI через адреса группы Ethernet в настоящее время не определена. Адрес назначения Ethernet может управляться в локальном и глобальном масштабе.

При передаче этого кадра Ядром M-CMTS адрес назначения Ethernet станет адресом Ethernet EQAM или следующего маршрутизатора переходов. После получения данного кадра через EQAM адрес источника Ethernet станет адресом Ethernet порта выходного сигнала ядра M-CMTS или предыдущего маршрутизатора переходов.

Если сетевой интерфейс это Ethernet, то ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать заголовок Ethernet. Если сетевой интерфейс это Ethernet, то EQAM ДОЛЖЕН поддерживать заголовок Ethernet. Если вместо Ethernet используется другой интерфейс физического уровня, то заголовки Ethernet будут заменяться заголовками с форматом, относящимся к данному физическому уровню.

### 7.3.3.2 Заголовок 802.1Q сети Ethernet

Заголовок Ethernet 802.1Q описывается в [IEEE-802.1Q]. Использование этого заголовка необязательно и обеспечивает назначение приоритета кадра и поддержку VLAN на втором уровне 2. Ядро M-CMTS ДОЛЖНО быть способно поддерживать заголовок Ethernet 802.1Q. Ядру M-CMTS СЛЕДУЕТ

поддерживать предоставление 802.1Q приоритета пользователя туннелированных пакетов данных на основе величины DSCP пакета IP туннеля. EQAM СЛЕДУЕТ поддерживать заголовок Ethernet 802.1Q.

### 7.3.3.3 Заголовок IPv4

Заголовок IP описывается в [RFC-IP]. Адрес источника IP – это адрес IP, относящийся к ядру M-CMTS. Адрес назначения IP в настоящее время является индивидуальным и представляет собой адрес IP, относящийся к EQAM. Работа с DEPI посредством группового IP не может задаваться одновременно.

С точки зрения реализации и совместимости со стратегиями сети, которые не подчиняются фрагментации IP, EQAM не требуются для выполнения повторной сборки пакета IP. Ядро M-CMTS НЕ ДОЛЖНО использовать фрагментацию IP. Ядро M-CMTS ДОЛЖНО установить бит DF IP (не фрагментировать).

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать конфигурируемый 6-битовый шифр дифференцированных услуг (DSCP), который должен использоваться в поле нисходящего потока. Поле нисходящего потока (DS) и DSCP подробно описываются в [RFC-DSCP-1] (RFC 2983) и [RFC-DSCP-2] (RFC 3260).

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать заголовок IPv4. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать заголовок IPv4.

### 7.3.3.4 Заголовок UDP

Заголовок UDP описывается в [RFC-UDP]. Величина порта источника UDP и порт назначения UDP определяются посредством плоскости управления L2TPv3 между ядром M-CMTS и EQAM. Этому значению СЛЕДУЕТ соответствовать [IANA-PORTS].

При передаче пакетов данных как EQAM, так и Ядро M-CMTS ДОЛЖНЫ поддерживать генерирование контрольных сумм UDP, описываемых в [RFC-UDP]. Отправитель МОЖЕТ выбрать контрольную сумму UDP "0" для сообщений данных L2TPv3. Это значение зарезервировано [RFC-UDP] для обозначения, того, что подсчет контрольной суммы отсутствует. Отправитель НЕ ДОЛЖЕН устанавливать контрольную сумму UDP на "0" для управляющих сообщений L2TPv3. Приемник ДОЛЖЕН поддерживать проверку достоверности поля контрольной суммы UDP согласно [RFC-UDP].

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать заголовок UDP. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать заголовок UDP.

### 7.3.3.5 ЦИК

ЦИК – это ЦИК-32, который описывается [IEEE-802.3].

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать поле ЦИК. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать поле ЦИК.

## 7.3.4 Специальные заголовки для управляющих сообщений

### 7.3.4.1 Заголовок управления L2TPv3

Эти поля определяются в [RFC-L2TPv3] и приводятся здесь в качестве ссылок. Поля имеют следующее значение:

- |               |   |
|---------------|---|
| <b>T</b>      | Бит типа (T). ДОЛЖЕН устанавливаться на величину "1", указывающую на то, что это управляющее сообщение.   |
| <b>L</b>      | Бит длины (L). ДОЛЖЕН устанавливаться на величину "1", указывающую на то, что присутствует поле длины.  |
| <b>S</b>      | Бит последовательности (S). ДОЛЖЕН устанавливаться на величину "1", указывающую на то, что присутствуют порядковые номера (Ns и Nr).  |
| <b>X</b>      | Зарезервированный бит. Все зарезервированные биты ДОЛЖНЫ устанавливаться на величину "0" для исходящих сообщений и игнорироваться на входящих сообщениях.   |
| <b>Версия</b> | Версия. 4 бита. Установлены на величину "3".  |
| <b>Длина</b>  | 2 байта. Поле длины указывает на общую длину сообщения в октетах, которые всегда вычисляются с момента запуска заголовка управляющего сообщения, начиная с бита T. Он не содержит идентификатор сеанса (см. рисунок 7-5). |
| <b>SSID</b>   | Идентификатор контрольного соединения. 4 байта. Согласуется для каждого контрольного соединения.  |



- Ns** Номер последовательности отправки. 2 байта. Указывает последовательность отправки данного управляющего сообщения.
- Nr** Номер последовательности получения. 2 байта. Указывает следующий ожидаемый принятый порядковый номер.

#### 7.3.4.2 Парное значение атрибута (AVP)

Для управляющего сообщения DEPI возможно наличие одного или нескольких парных значений атрибута (AVP). Поля имеют следующее значение:

- M** Обязательный бит. Если этот бит установлен на "1", и данное AVP отклоняется, то контрольное соединение или установка сеанса, в котором реализуются AVP, будут отключены.
- H** Скрытый бит. Этот бит устанавливается на "1", когда содержание сообщения AVP зашифровывается, и на "0", когда содержание сообщения AVP не зашифровывается. Для DEPI шифровка сообщений не требуется.
- Зарезервированный** Зарезервированный. 4 бита. Устанавливается на все "0" при передаче. Игнорируется при приеме.
- Длина** 10 бит. Равна длине поля значения атрибута плюс 6 байтов.
- Идентификатор производителя** 2 байта. Для AVP, описанных в [RFC-L2TPv3], это поле устанавливается на "0". Для AVP, описанных в данной Рекомендации, это поле устанавливается по присвоенному идентификатору производителя 4491 (0x118B)IANA. Для AVP, описанных вне цели этой Рекомендации, поле может устанавливаться по специальному идентификатору производителя.
- Тип атрибута** 2 байта.
- Значение атрибута** N байт.
- Зарезервированный** 8 бит. Если AVP имеет зарезервированное поле, то биты в этом поле следует устанавливать на "0" при передаче и игнорироваться при приеме.

Если LCCE принимает AVP с идентификатором производителя, который его не распознает, она ДОЛЖНА отвергнуть AVP или отключить сеанс, в зависимости от значения обязательного бита.

#### 7.4 Сигнализация

Поддерживаемые сообщения L2TPv3 для плоскости управления DEPI показаны в таблице 7-1:

**Таблица 7-1/J.212 – Управляющие сообщения DEPI**

#	Mnemonic	Обозначение
<b>Управление контрольным соединением</b>		
1	SCCRQ	Запрос пускового контрольного соединения
2	SCCRP	Ответ пускового контрольного соединения
3	S CCCN	Подключение пускового контрольного соединения
4	StopCCN	Отключение пускового контрольного соединения
6	HELLO	Приветствие
20	ACK	Уведомление
<b>Управление сеансом</b>		
10	ICRQ	Запрос входящего вызова
11	ICRP	Ответ на входящий вызов
12	ICCN	Подключение входящего вызова
14	CDN	Уведомление об отключении вызова
16	SLI	Информационное сообщение об установке соединения

Поддержки исходящих сообщений вызова (OCRQ, OCRP, OCCN) о L2TPv3 и сообщений WAN-Error-Notify (WEN) не требуется.

Существует надежный механизм доставки контрольных сообщений, который осуществляется либо путем отправки сообщения Explicit Acknowledgement (ACK) после любого из контрольных сообщений, либо путем совмещения передачи прямых и обратных пакетов подтверждения с полями Nr и Ns в более позднем контрольном сообщении. Если подтверждения Контрольных Сообщений не происходит в течение нерабочего времени Управляющего сообщения (см. Приложение В), тогда Контрольное Сообщение ДОЛЖНО быть повторно передано столько раз, сколько указано в Счетчике повторных попыток управляющего сообщения (см. Приложение В). Например, Контрольное Сообщение должно быть передано повторно в общей сложности 10 раз, используя экспоненциальное значение отсрочки передачи, начинающееся с 1 секунды и увеличивающееся до максимального значения – 8 секунд.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В данной схеме будет 7 интервалов по 8 секунд.

МОЖЕТ осуществляться аутентификация контрольного сообщения. Если предусматривается Аутентификация Контрольного Сообщения, необходимо следовать принципам, описанным в [RFC-L2TPv3], раздел 5.4.1.

На следующих диаграммах потока данных показан типичный обмен сообщениями DEPI, а также обмен с требуемыми AVP от L2TPv3 и DEPI. Необязательные AVP не показаны, но могут присутствовать.

#### 7.4.1 Сигнализация контрольного соединения

##### 7.4.1.1 Установка контрольного соединения

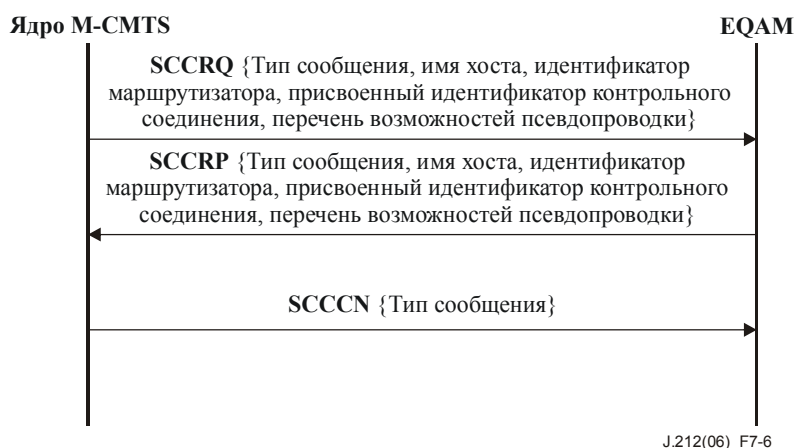


Рисунок 7-6/J.212 – Установка контрольного соединения DEPI

Для туннелирования кадров DOCSIS по IP при помощи L2TPv3, сначала устанавливается Контрольное Соединение L2TPv3 как описано в [RFC-L2TPv3]. Установление контрольного соединения включает в себя обмен значениями AVP, в ходе которого определяется одноранговый пользователь сети и его возможности. Каждое контрольное соединение имеет ID Контрольного соединения, который присваивается получателем, и согласуется со значениями AVP ID Соединения во время создания контрольного соединения.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать возможность инициирования сигнализации контрольного соединения (вызывающий L2TPv3). Модулятор EQAM ДОЛЖЕН поддерживать возможность получения входящих запросов контрольного соединения от Ядра M-CMTS (вызываемый L2TPv3). Для DEPI установление контрольных соединений при помощи EQAM не требуется, также эта функция не входит в область применения данной Рекомендации.

### 7.4.1.2 Освобождение контрольного соединения

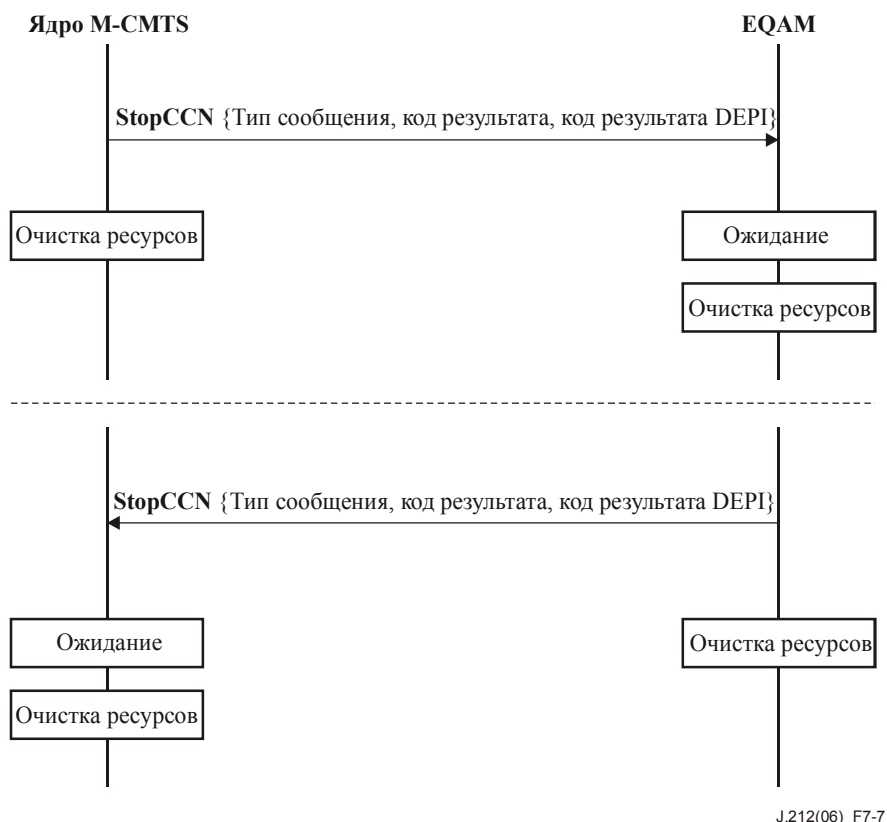


Рисунок 7-7/J.212 – Освобождение контрольного соединения DEPI

Освобождение контрольного соединения может быть инициировано любым из LCCE, оно осуществляется путем отправки одного контрольного сообщения StopCCN. Реализация может полностью разорвать контрольное соединение и все сеансы, связанные с данным контрольным соединением, путем отправки сообщения StopCCN. Таким образом, нет необходимости завершать все сеансы по отдельности при освобождении всего контрольного соединения. Одноранговый пользователь сети, получающий сообщение StopCCN ДОЛЖЕН сохранять сеанс и контрольное состояние в течение периода времени, равного Нерабочему времени StopCCN (Приложение В) после подтверждения StopCCN. Это позволяет управлять потерянными подтверждениями.

### 7.4.1.3 Сохранение действующим контрольного соединения

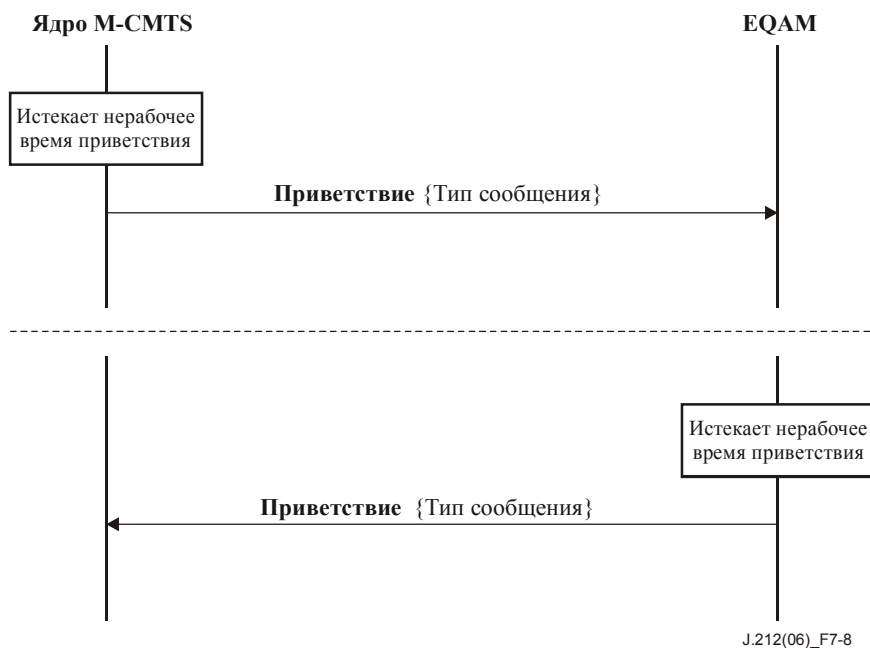


Рисунок 7-8/J.212 – Сохранение действующим DEPI

Периодическое сохранение действующим контрольного соединения реализуется путем отправки сообщения Hello, если в период времени, известный, как Нерабочее время приветствия (см. Приложение А), от однорангового пользователя сети не было получено ни одного сообщения (данные или контрольное сообщение).

### 7.4.2 Сигнализация сеанса

#### 7.4.2.1 Установка

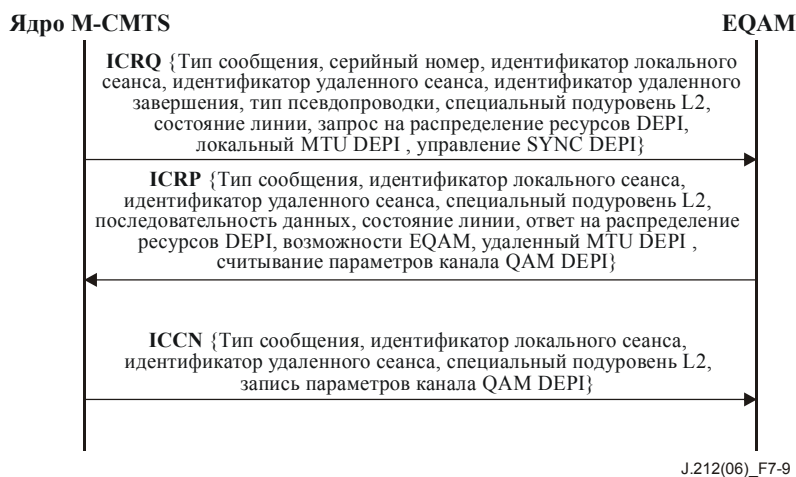


Рисунок 7-9/J.212 – Установка сеанса DEPI

После успешного установления контрольного соединения могут быть созданы отдельные сеансы. Каждый сеанс соответствует одному потоку данных между двумя LCSE. В дополнение к обязательным и необязательным значениям AVP в [RFC-L2TPv3], в качестве установки сеанса используются следующие AVP, характерные для DEPI.

ICRQ содержит значение AVP Удаленного идентификатора завершения, которое содержит TSID Канала QAM для которого предназначен данный сеанс.

ICRP содержит значение AVP Удаленного Сеанса, которое обозначает ID сеанса, который желает использовать EQAM. ICRP также содержит набор значений AVP Канала QAM (см. п. 7.5.2), которые обозначают текущую конфигурацию EQAM, параметры которой могут быть изменены, возможности EQAM, а также связанные значения такие, как значения порта UDP. Если эти значения не приемлемы для Ядра M-CMTS, Ядро M-CMTS возвратит сообщение CDN с соответствующим кодом ошибки.

ICCN содержит параметры, которые Ядро M-CMTS желает изменить. Если данные параметры приемлемы для EQAM, EQAM возвратит ACK (в явном или неявном виде). Если данные параметры неприемлемы для EQAM, EQAM возвратит сообщение CDN с соответствующим кодом ошибки.

Получение и обработка ICCN инициирует отправку данных в EQAM для сеанса. EQAM НЕ ДОЛЖЕН передавать данные по каналу QAM до тех пор, пока сеанс не будет сконфигурирован в соответствии с параметрами, указанными в сообщении ICCN. EQAM НЕ СЛЕДУЕТ буферизировать данные во время конфигурирования сеанса.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать возможность генерирования сигнализации создания сеанса. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать возможность получения входящих запросов о создании сеанса от Ядра M-CMTS. Создание сеансов L2TP модулятором EQAM не входит в область применения данной Рекомендации.

#### 7.4.2.2 Освобождение сеанса

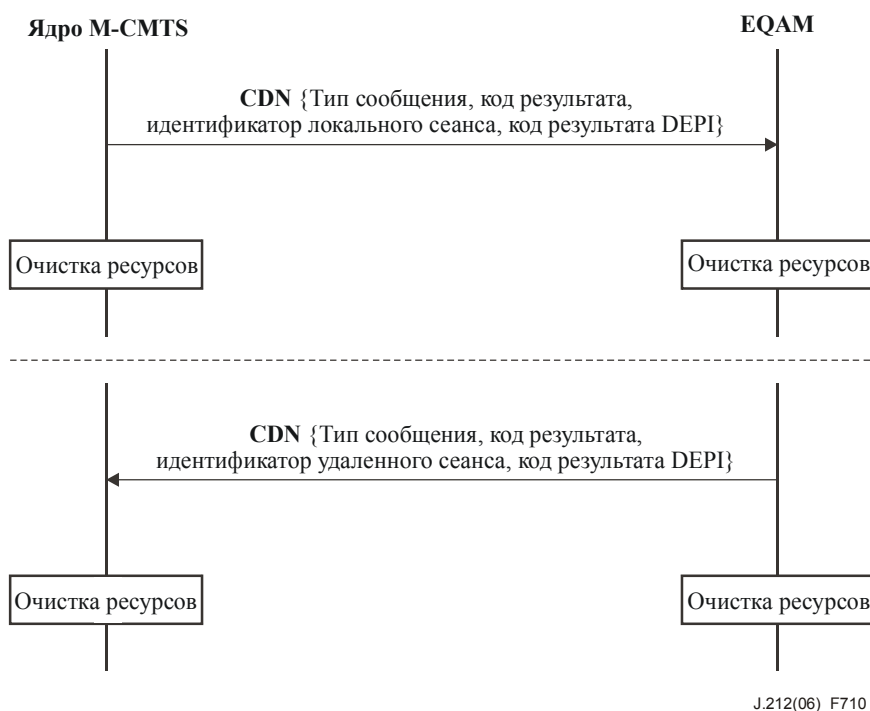
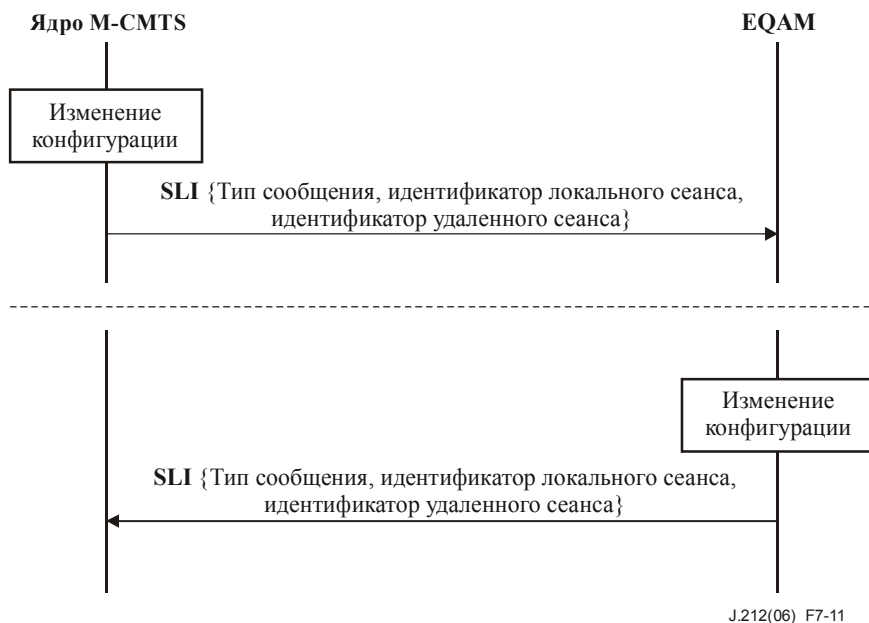


Рисунок 7-10/J.212 – Освобождение сеанса DEPI

Освобождение сеанса может быть инициировано любым из LCCE, оно осуществляется путем отправки одного контрольного сообщения CDN. Реализация может завершить контрольное соединение полностью, а также все сеансы, связанные с данным контрольным соединением, путем отправки StopCCN. Таким образом, при освобождении всего контрольного соединения нет необходимости завершать все сеансы по отдельности.

### 7.4.2.3 Обновления сеанса



**Рисунок 7-11/J.212 – Обновления сеанса DEPI**

Если происходит изменение конфигурации одного из параметров EQAM, описываемых значением AVP DEPI, Ядро M-CMIS ДОЛЖНО отправить EQAM обновленное AVP с информационным сообщением об установке соединения (SLI). Если изменения конфигурации одного из параметров EQAM, описываемых AVP DEPI, EQAM ДОЛЖЕН отправить обновленное AVP Ядру M-CMIS при помощи сообщения SLI.

### 7.4.3 Обязательные и необязательные AVP

В дополнение к обязательным и необязательным AVP, перечисленным в [RFC-L2TPv3] и модифицированным в таблице 7-3, следующие AVP DEPI, перечисленные в таблице 7-2 ДОЛЖНЫ присутствовать в контрольном сообщении DEPI, если они являются обязательными, и МОГУТ присутствовать в контрольном сообщении DEPI, если они являются необязательными.

**Таблица 7-2/J.212 – Обязательные и необязательные AVP DEPI**

<b>Управляющее сообщение DEPI</b>	<b>Обязательные AVP DEPI</b>	<b>Необязательные AVP DEPI</b>
ICRQ	Запрос на распределение ресурсов DEPI Локальный MTU DEPI Управление SYNC DOCSIS канала QAM нисходящего потока	Локальный порт UDP
ICRP	Ответ на распределение ресурсов DEPI Удаленный MTU DEPI Возможности EQAM Частота канала QAM нисходящего потока Мощность канала QAM нисходящего потока Модуляция канала QAM нисходящего потока Приложение J.83 канала QAM нисходящего потока Частота символов канала QAM нисходящего потока Глубина устройства перемежения канала QAM нисходящего потока Отключение РЧ канала QAM нисходящего потока	Группа TSID канала QAM нисходящего потока
ICCN		Частота канала QAM нисходящего потока Мощность канала QAM нисходящего потока Модуляция канала QAM нисходящего потока Приложение J.83 канала QAM нисходящего потока Частота символов канала QAM нисходящего потока Глубина устройства перемежения канала QAM нисходящего потока Отключение РЧ канала QAM нисходящего потока
CDN		Код результата DEPI
SLI		Управление SYNC DOCSIS канала QAM нисходящего потока DS QAM Частота канала QAM нисходящего потока Мощность канала QAM нисходящего потока Модуляция канала QAM нисходящего потока Приложение J.83 канала QAM нисходящего потока Частота символов канала QAM нисходящего потока Глубина устройства перемежения канала QAM нисходящего потока Отключение РЧ канала QAM

## 7.5 Определения AVP

### 7.5.1 Стандартные AVP L2TPv3

Типы AVP из [RFC-L2TPv3] и [RFC-L2TP-DSCP], поддерживаемые как часть данной Рекомендации, показаны в таблице 7-3.

**Таблица 7-3/J.212 – Поддерживаемые AVP L2TPv3 DEPI**

Тип атрибута	Управление (C), сеанс (S)	Характеристика	Обязательно	Необязательно
0	C, S	Тип сообщения	•	
1	S	Код результата	•	
5	C, S	Управление/ выключатель сеанса		•
7	C	Имя хоста	•	
8	C	Имя производителя		•
10	C	Размер окна приема		•
15	S	Серийный номер	•	
25	S	Физический идентификатор канала		•
34	S	Ошибки на линии		•
36	C, S	Случайный вектор		•
47	C	DSCP контрольного соединения		•
48	S	DSCP сеанса		•
58	C, S	Расширенные AVP идентификатора производителя		•
59	C, S	Список сообщений		•
60	C	Идентификатор маршрутизатора	•	
61	C	Присвоенный идентификатор контрольного соединения	•	
62	C	Перечень возможностей псевдопроводки	•	
63	S	Локальный идентификатор сеанса	•	
64	S	Удаленный идентификатор сеанса	•	
65	S	Присвоенный куки-файл		•
66	S	Удаленный идентификатор завершения	•	
68	S	Тип псевдопроводки	•	
69	S	Специальный подуровень L2	•	
70	S	Последовательность данных	•	
71	S	Состояние линии	•	
72	C	Предпочтительный язык		•
73	C	Заданное время аутентификации управляющего сообщения		•
74	S	Скорость соединения при передаче		•
75	S	Скорость соединения при приеме		•

Традиционные AVP, использование которых характерно для DEPI, описаны ниже. Более полное описание, а также требования, предъявляемые к традиционным AVP, приводятся в [RFC-L2TPv3].

**7.5.1.1 Тип сообщения (Все сообщения)**

0		7		15		23		31	
M	H	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 0				
Тип атрибута = 0					Тип сообщения				

**Рисунок 7-12/J.212 – AVP типа сообщения**



Данный тип сообщения идентифицирует определенное Контрольное Сообщение L2TPv3. Данный тип всегда является первым AVP.

### 7.5.1.2 Код результата (StopCCN, CDN)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 8 + N		Идентификатор производителя = 0				
			Тип атрибута = 1			Код результата			
			Код ошибки (необязательно)			Сообщение об ошибке ...			
... Сообщение об ошибке (необязательно)									

**Рисунок 7-13/J.212 –AVP кода результата**

Данное сообщение содержит коды результатов, необязательные коды ошибок, а также необязательные сообщения об ошибке при освобождении Контрольного Соединения или Сеанса.

### 7.5.1.3 Имя хоста (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 6 + N		Идентификатор производителя = 0				
			Тип атрибута = 7			Хост ...			
... Имя ...									

**Рисунок 7-14/J.212 – AVP имени хоста**

Имя хоста обычно представляет собой полное доменное имя машины (FQDN) для каждого устройства.

### 7.5.1.4 Имя производителя (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 6 + N		Идентификатор производителя = 0				
			Тип атрибута = 8			Производитель ...			
... Имя ...									

**Рисунок 7-15/J.212 – AVP имени производителя**

Ядру M-CMTS СЛЕДУЕТ установить тождество со строкой ID Поставщика ASCII в течение сообщения SCCRQ. Модулятору EQAM СЛЕДУЕТ установить тождество со строкой ID Поставщика ASCII в течение сообщения SCCRP. Отметим, что данное AVP не является обязательным в [RFC-L2TPv3].

### 7.5.1.5 Серийный номер (ICRQ, OCRQ)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 10		Идентификатор производителя = 0				
			Тип атрибута = 15			Серийный ...			
			Номер ...						

**Рисунок 7-16/J.212 – AVP серийного номера**

Данный номер приписывается создателем сообщения и по смыслу аналогичен ID транзакции. Основным назначением серийного номера является помощь в отладке потоков сообщений.

### 7.5.1.6 Идентификатор маршрутизатора (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 10		Идентификатор производителя = 0				
Тип атрибута = 60					Маршрутизатор ...				
Идентификатор ...									

**Рисунок 7-17/J.212 – AVP идентификатора маршрутизатора**

ID Маршрутизатора обычно представляет собой IP адрес каждой конечной точки.

### 7.5.1.7 Присвоенный идентификатор контрольного соединения (SCCRQ, SCCRP, StopCCN)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 10		Идентификатор производителя = 0				
Тип атрибута = 61					Контрольное соединение ...				
Идентификатор ...									

**Рисунок 7-18/J.212 – AVP идентификатора контрольного соединения**

Это идентификатор контрольного соединения для DEPI. Во время SCCRQ, Ядро M-CMTS использует данное AVP для сообщения EQAM того, какое значение ID Контрольного Соединения необходимо использовать в Контрольном Заголовке L2TPv3 для контрольных сообщений, создаваемых модулятором EQAM. Во время SCCRP, EQAM использует данное AVP для сообщения Ядру M-CMTS того, какое значение ID Контрольного Соединения необходимо использовать в Контрольном Заголовке L2TPv3 для контрольных сообщений, созданных Ядром M-CMTS. Поскольку Ядро M-CMTS не было проинформировано модулятором EQAM до первого сообщения SCCRQ, для ID контрольного соединения в Контрольном Заголовке L2TPv3 сообщения SCCRQ Ядро M-CMTS использует значение 0.

### 7.5.1.8 Перечень возможностей псевдопроводки (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 6 + 2N		Идентификатор производителя = 0				
Тип атрибута = 62					Тип псевдопроводки 0				
Тип псевдопроводки 1					Тип псевдопроводки N				

**Рисунок 7-19/J.212 –AVP перечня возможностей псевдопроводки**

Перечень возможностей псевдопроводки показывает возможности Ядра M-CMTS и EQAM. Существует два Типа PW, определенных для DEPI. См. таблицу 7-4.

**Таблица 7-4/J.212 – Типы псевдопроводки**

Тип псевдопроводки	Мнемосхема	Значение
Псевдопроводка MPT	MPTPW	0x000C*
Псевдопроводка PSP	PSPPW	0x000D*
* Здесь приводятся временные значения, ожидающие официального утверждения организацией IANA.		

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО показывать совместимость с режимами PSP и D-MPT путем включения одного или обоих Типов PW DEPI в Перечень возможностей псевдопроводки. EQAM ДОЛЖЕН показывать совместимость с режимами PSP и D-MPT путем включения одного или обоих Типов PW DEPI в Перечень возможностей псевдопроводки.

### 7.5.1.9 Идентификатор локального сеанса (ICRQ, ICRP, ICCN, CDN, SLI)

0		7		15		23		31
М	Н	Резерв	Длина = 10		Идентификатор производителя = 0			
Тип атрибута = 63				Локальный сеанс ...				
Идентификатор ...								

Рисунок 7-20/J.212 –AVP идентификатора локального сеанса

Когда сеанс создан, как Ядро M-CMTS, так и EQAM выбирают свой собственный ID Сеанса и сообщают его друг другу при помощи данного AVP. Это означает, что при одной установке сеанса создается два однонаправленных сеанса, по одному в каждом направлении.

### 7.5.1.10 Идентификатор удаленного сеанса (ICRQ, ICRP, ICCN, CDN, SLI)

0		7		15		23		31
М	Н	Резерв	Длина = 10		Идентификатор производителя = 0			
Тип атрибута = 64				Удаленный сеанс ...				
Идентификатор ...								

Рисунок 7-21/J.212 – AVP идентификатора удаленного сеанса

Когда Ядро M-CMTS или EQAM отправляют сообщение сеанса друг другу, значение ID Удаленного Сеанса выставляется на ID сеанса, ранее сообщенного в ID Местного Сеанса. Если ID Удаленного Сеанса еще не известен, его значение устанавливается на 0.

### 7.5.1.11 Идентификатор удаленного завершения (ICRQ)

0		7		15		23		31
М	Н	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 0			
Тип атрибута = 66				Удаленный идентификатор = TSID				

Рисунок 7-22/J.212 –AVP идентификатора удаленного завершения

DEPI использует TSID из Канала QAM в качестве ID Удаленного Завершения . TSID представляет собой двухбайтовое целое число без знака и используется для привязки сеанса к Каналу QAM.

### 7.5.1.12 Тип псевдопроводки (ICRQ)

0		7		15		23		31
М	Н	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 0			
Тип атрибута = 68				Тип псевдопроводки				

Рисунок 7-23/J.212 –AVP типа псевдопроводки

DEPI использует значения Типа Псевдопроводки, определенные в п. 7.5.1.8, для обозначения типа запрашиваемых сеансов DEPI.

### 7.5.1.13 Специальный подуровень L2 (ICRQ, ICRP, ICCN)

0		7		15		23		31
М	Н	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 0			
Тип атрибута = 69				Тип специального подуровня L2				

Рисунок 7-24/J.212 –AVP специального подуровня L2

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО включать AVP Специального Подуровня L2 в сообщения ICRQ и ICCN, это будет указывать на то, что Тип Заголовка Специального Подуровня L2 совместим с Типом псевдопроводки для потока DEPI. EQAM ДОЛЖЕН включать AVP Специального Подуровня L2 в сообщение ICRP, это будет указывать на то, что Тип Заголовка Специального Подуровня L2 совместим с Типом псевдопроводки для потока DEPI.

**Таблица 7-5/J.212 – Типы специального подуровня L2**

Тип специального подуровня L2	Значение
Специальный подуровень MPT	3*
Специальный подуровень PSP	4*
* Здесь приводятся временные значения, ожидающие официального утверждения организацией IANA.	

#### 7.5.1.14 Последовательность данных (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 0				
Тип атрибута = 70					Уровень последовательности данных = 2				

**Рисунок 7-25/J.212 – AVP последовательности данных**

EQAM ДОЛЖЕН включать AVP Последовательности Данных в сообщение ICRP, это будет указывать на то, что требуется Уровень 2 Последовательности Данных (все входящие пакеты данных требуют упорядочения).

#### 7.5.1.15 Состояние линии (ICRQ, ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31		
M	H	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 0					
Тип атрибута = 71					Зарезервированный				N	A

**Рисунок 7-26/J.212 – AVP состояния линии**

- N** 1 бит – Новый бит показывает, предназначена ли индикация состояния линии для нового сеанса DEPI (1) или для уже существующего сеанса DEPI (0). В первый раз Новый бит СЛЕДУЕТ устанавливать, когда после инициализации создается сеанс DEPI.
- A** 1 бит – Активный бит показывает, функционирует (1) или нет (0) сеанс DEPI. Когда Ядро M-CMTS узнает, что сеанс DEPI не функционирует, оно НЕ ДОЛЖНО пытаться передавать поток данных в этом сеансе DEPI.

DEPI использует AVP Состояния Линии для обозначения, функционирует ли сеанс DEPI и возможна ли передача потока данных. ID Состояния Линии не управляет выходом RF Канала QAM. Отметим, что отправка AVP Состояния Линии осуществляется как Ядром M-CMTS, так и EQAM.

#### 7.5.2 Специальные AVP DEPI

Типы AVP, определенные специально для DEPI, показаны в таблице 7-6. Для значений AVP, характерных для сеанса DEPI, зарезервирован диапазон Типов Атрибутов от 0 до 99. Данные значения AVP используются только в сообщениях сеанса L2TP.

**Таблица 7-6/J.212 – Определенные AVP основного сетевого соединения DEPI**

Тип атрибута	Характеристика
0	Зарезервированный
1	Код результата DEPI
2	Запрос на распределение ресурсов DEPI
3	Ответ на распределение ресурсов DEPI
4	Локальный MTU DEPI
5	Управление SYNC DOCSIS
6	Биты поддержки EQAM
7	Удаленный MTU DEPI
8	Локальный порт UDP DEPI

**7.5.2.1 Код ошибки и результата DEPI (CDN, SLI)**

0		7		15		23		31	
M	N	Резерв	Длина = 8 + N		Идентификатор производителя = 4491				
Тип атрибута = 1					Код результата				
Код ошибки (необязательно)					Сообщение об ошибке ...				
Сообщение об ошибке ... (опционально)									

**Рисунок 7-27/J.212 –AVP кода ошибки и результата DEPI**

Формат поля данного AVP аналогичен формату поля стандартного AVP кода результата и кода ошибки L2TPv3 за исключением поля ID Поставщика, которое имеет значение 4491, а не 0. Коды Результата и Ошибки для данного AVP имеют значения, характерные только для DEPI, они являются добавлением к Кодам Результата и Ошибки в [RFC-L2TPv3].

Для использования только с DEPI требуются следующие новые Коды Результата, Коды Ошибки, и Сообщения об Ошибке:

Код результата	Характеристика результата
0	Сеанс не установлен – Неисправная ссылка AVP DEPI
1	Сеанс не установлен – Неисправный запрос AVP PHU
2	Сеанс не установлен или отключен по причине, указанной в коде ошибки.

Код ошибки	Характеристика ошибки
0	Устройство еще не готово или неправильно сконфигурировано.
1	Попытка модифицировать закрытый параметр PHU.
2	Попытка модифицировать закрытый параметр PHU не удалась: параметр находится вне диапазона значений.
3	Запрашиваемые PHVID потока PSP не поддерживаются.
4	В сеансе используется неправильный тип псевдопроводки.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Причиной кода ошибки 0 может быть отсутствие значений M и N EQAM, сконфигурированных для частоты символов канала QAM.

### 7.5.2.2 Запрос на распределение ресурсов DEPI (ICRQ)

0		7		15		23		31		
М	Н	Резерв	Длина = 6 + N			Идентификатор производителя = 4491				
Тип атрибута = 2				X	X	PHBID 1		X	X	PHBID N

Рисунок 7-28/J.212 –AVP запроса на распределение ресурсов DEPI

**М** 1 бит. Значение обязательного бита ДОЛЖНО быть установлено на величину 1.  
**Длина** 10 битов. 6 байтов плюс по одному дополнительному байту для каждого запрашиваемого потока.

**Тип атрибута** 2 байта. Устанавливается на величину 2.

Каждая запись запроса потока состоит из:

**PHBID** 6 битов. Идентификатор режима работы с интервалом связи запрашиваемый Ядром M-CMSTS. Идентификаторы режима работы с интервалом связи определены в п. 6.2.1.

В сообщении ICRQ Ядро M-CMSTS запрашивает несколько потоков для сеанса. Каждый байт в полезной нагрузке атрибута представляет запрос на один уникальный поток. Каждый запрос содержит PHBID, который будет использоваться для данного потока. Для работы режима D-MPT Ядро M-CMSTS ДОЛЖНО запросить один поток.

### 7.5.2.3 Ответ на распределение ресурсов DEPI (ICRP)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 8 + 4 * N			Идентификатор производителя = 4491			
Тип атрибута = 3				зарезервированный					
X	X	PHBID 1	Зарезервированный	Идентификатор потока 1	Порт 1 назначения UDP				
X	X	PHBID N	Зарезервированный	Идентификатор потока N	Порт N назначения UDP				

Рисунок 7-29/J.212 – AVP ответа на распределение ресурсов DEPI

**М** 1 бит. Значение обязательного бита ДОЛЖНО быть установлено на величину 1.

**Длина** 10 битов. 8 байтов плюс по 4 дополнительных байта на каждый поток.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 3.

Каждая запись ответа на запрос потока состоит из:

**PHBID** 6 битов. Идентификатор режима работы с интервалом связи, запрашиваемый Ядром M-CMSTS. Идентификаторы режима работы с интервалом связи определены в п. 6.2.1.

#### Идентификатор

**потока** 3 бита. Это ID потока, присвоенный модулятором EQAM. ID потока является уникальным внутри каждого сеанса.

**Порт назначения UDP** 2 байта. Это Порт Назначения UDP, который, по указанию EQAM, должно использовать Ядро M-CMSTS для заголовка сеанса, если M-CMSTS и EQAM сконфигурированы таким образом, чтобы использовать заголовок UDP с L2TPv3. Данное значение ДОЛЖНО быть уникальным для каждого сеанса. Данное значение МОЖЕТ быть уникальным для каждого потока. Если протокол L2TPv3 был сконфигурирован таким образом, чтобы не использовать заголовков UDP, тогда EQAM ДОЛЖЕН установить значение данного поля на все 0, а Ядро M-CMSTS ДОЛЖНО игнорировать его.

В сообщении ICRP EQAM отвечает путем создания потоков, которые сочетаются с запрашиваемыми потоками. EQAM задает ID Потока и Порт Назначения UDP для каждого потока. PHBID без изменений заимствуется из поля запроса потока. Если EQAM не поддерживает PHBID, указанный в запросе от Ядра M-CMSTS, он может

сигнализировать об этом, не включив PNBID в свой ответ. Если EQAM не поддерживает ни один из PNBID, запрошенных Ядром M-CMTS, он ДОЛЖЕН освободить сеанс, отправив сообщение CDN.

#### 7.5.2.4 Локальный MTU DEPI (ICRQ)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв		Длина = 8		Идентификатор производителя = 4491			
Тип атрибута = 4						Локальный MTU DEPI			

Рисунок 7-30/J.212 AVP локального MTU DEPI

**Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 8.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 4.

**Локальный MTU DEPI** 2 байта. В сообщении ICRQ это MTU (Максимальный размер передаваемого блока данных), который может получить M-CMTS от EQAM в интерфейсе CIN.

MTU является полезной нагрузкой Уровня 3 кадра Уровня 2. Для DEPI MTU будет включать в себя заголовок и полезную нагрузку L2TPv3, заголовок UDP, если он присутствует, и заголовок IP, но не будет включать Заголовок Ethernet или CRC. Например, 1518-байтовый кадр Ethernet (1522 байтов, если присутствуют маркеры VLAN) будет поддерживать MTU в 1500 байтов.

#### 7.5.2.5 Контроль канала SYNC DOCSIS нисходящего потока QAM (ICRQ, SLI)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв		Длина = 14		Идентификатор производителя = 4491			
Тип атрибута = 5						Е	Интервал SYNC DOCSIS		
SA УДС						SA УДС			
SA УДС									

Рисунок 7-31/J.212 –AVP SYNC DOCSIS

**Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 14.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 5.

**Е** 1 бит. SYNC Enable. Процесс работы описан ниже.

**Интервал** 15 битов. Номинальный интервал между сообщениями SYNC с шагом 200 мкс.

**SA УДС** 48 битов. УДС адрес IEEE 802, который необходимо использовать в поле адреса источника.

Данное значение AVP по-разному используется для Режимы D-MPT и Режимы PSP.

В Режиме D-MPT, если  $E = 0$ , тогда EQAM НЕ ДОЛЖЕН модифицировать значения штампов времени в сообщениях DOCSIS SYNC. Если  $E = 1$ , тогда EQAM ДОЛЖЕН найти и скорректировать значения штампов времени в сообщениях SYNC. Ядро M-CMTS устанавливает значение поля Интервала DOCSIS SYNC на все нули, а EQAM игнорирует его. Ядру M-CMTS СЛЕДУЕТ в качестве значения поля SA УДС данного AVP ввести УДС адрес интерфейса DOCSIS, который связан с данным сеансом. EQAM игнорирует поле SA УДС.

В Режиме PSP, если  $E = 0$ , тогда EQAM НЕ ДОЛЖЕН передавать сообщение DOCSIS SYNC. Если  $E = 1$ , тогда EQAM ДОЛЖЕН вставить и отправить сообщение DOCSIS SYNC через номинальный интервал, указанный в поле Interval, с УДС адресом источника, указанным в поле SA УДС. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать значения Interval DOCSIS SYNC между 0x000A (2 мс) и 0x03E8 (200 мс). Хотя измеряемый промежуток времени между любыми двумя сообщениями SYNC может варьироваться в зависимости от нагрузки линии связи, это время ДОЛЖНО находиться в пределах  $\pm 2,5$  мс от номинального значения, и НЕ ДОЛЖНО превышать максимальное значение, определенное в Приложении В. Ядру M-CMTS СЛЕДУЕТ в качестве значения поля SA УДС данного AVP ввести УДС адрес интерфейса DOCSIS, который связан с данным сеансом. EQAM ДОЛЖЕН использовать данный

адрес в поле SA УДС в качестве адреса источника в заголовке управления УДС для всех последующих сообщений SYNC.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО использовать данное значение AVP для передачи обработки сообщений DOCSIS SYNC модулятором EQAM.

#### 7.5.2.6 AVP возможностей EQAM (ICRQ)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 4491				
Тип атрибута = 6					Диапазон возможностей EQAM				

**Рисунок 7-32/J.212 –AVP возможностей EQAM**

**Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 8.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 6.

**Возможности** 2 байта. Поле Возможностей EQAM. Для всех битов по умолчанию задано значение 0.

- Бит 0: "1" указывает на то, что EQAM поддерживает пакеты DLM-EE-RQ и DLM-EE-RP. "0" указывает на то, что EQAM не поддерживает данные два типа пакетов DLM.
- Биты с 1 по 15: Зарезервированы. Отправитель должен установить их значение на 0. Получатель должен проигнорировать.

#### 7.5.2.7 Удаленный MTU DEPI (ICRP)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 4491				
Тип атрибута = 7					Удаленный MTU DEPI				

**Рисунок 7-33/J.212 – AVP максимальной полезной нагрузки удаленного MTU DEPI**

**Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 8.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 7.

**MTU DEPI** 2 байта. В сообщении ICRP это размер MTU, который может получить EQAM от Ядра M-CMTS в интерфейсе CIN. MTU – это полезная нагрузка Уровня 3 кадра Уровня 2.

#### 7.5.2.8 Локальный порт UDP (ICRQ)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 4491				
Тип атрибута = 8					Локальный порт UDP				

**Рисунок 7-34/J.212 – AVP локального порта UDP**

**Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 8.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 8.

**Скорость соединения** 16 битов. Порт UDP, который необходимо использовать для пакетов сеанса, отправляемых локальному LCP.

Ядро M-CMTS будет отправлять данное значение AVP во время установки сеанса, если активирован UDP, и если Ядро M-CMTS желает, чтобы сеанс данных использовал для отправки пакетов сеанса от EQAM Порт UDP, отличный от Порта UDP, который был назначен во время установки Контрольного Соединения.



Ядро M-CMTS МОЖЕТ поддерживать AVP Локального Порта UDP. EQAM МОЖЕТ поддерживать AVP Локального Порта UDP.

### 7.5.3 AVP PHU канала QAM

Типы AVP, характерные для Физического уровня Канала QAM, определенные для DEPI, показаны в таблице 7-7. Диапазон Типов Атрибутов от 100 до 199 зарезервирован для значений AVP PHU Канала QAM. Данные AVP используются только в сообщениях сеанса L2TP.

**Таблица 7-7/J.212 – Определенные AVP PHU канала QAM DEPI**

Тип атрибута	Характеристика
100	Группа TSID канала QAM нисходящего потока
101	Частота канала QAM нисходящего потока
102	Мощность канала QAM нисходящего потока
103	Модуляция канала QAM нисходящего потока
104	Приложение J.83 канала QAM нисходящего потока
105	Частота символов канала QAM нисходящего потока
106	Глубина устройства перемежения канала QAM нисходящего потока
107	Отключение РЧ канала QAM нисходящего потока

Данные значения AVP определяют общие параметры PHU для Канала QAM. EQAM отправляет данные AVP Ядру M-CMTS, для того чтобы сообщить Ядру M-CMTS текущую конфигурацию EQAM и то, какие значения можно изменить. Затем Ядро M-CMTS отправляет данное значение AVP модулятору EQAM для конфигурирования выбранных параметров PHU уровня.

Следующие поля имеют одинаковое значение во всех группах AVP:

**M** 1 бит. Значение Обязательного бита ДОЛЖНО быть установлено на 1 как для ICRP, так и для ICCN (если они применяются).

**L** 1 бит. Бит Блокировки. Этот бит позволяет EQAM указывать, какие элементы конфигурации были заблокированы для конфигурирования. Для ICRP (от EQAM к Ядру M-CMTS), значение 0 указывает, что параметр, описанный в поле Значения Атрибута, предназначен только для чтения. Значение 1 указывает, что параметр – Чтение/ Запись. Для ICCN (от Ядра M-CMTS к EQAM), Ядро M-CMTS устанавливает данное значение на 0, а EQAM игнорирует его.

**Идентификатор группы TSID** 7 битов. Если атрибут, на который делается ссылка, является общим для остальных Каналов QAM, значение данного поля устанавливается на Группу TSID, как определено AVP Группы TSID. В противном случае, значении данного поля выставляется на все нули.

Опции программирования AVP, перечисленные ниже в данной Рекомендации, могут быть доступными не во всех продуктах EQAM. Чтобы считаться совместимыми с Рекомендацией DEPI, Ядро M-CMTS или EQAM ДОЛЖНЫ поддерживать определенный атрибут AVP Канала QAM, только если этот атрибут представляет функциональную возможность, доступную для данной конкретной платформы. Например, если EQAM не поддерживает Приложение C/J.83 в качестве функциональной возможности, он не должен поддерживать значение атрибута Приложения C AVP Канала QAM.

### 7.5.3.1 Группа TSID канала QAM нисходящего потока (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Резерв	Длина = 8 + 2N		Идентификатор производителя = 4491				
Тип атрибута = 100				L	Идентификатор группы TSID	Зарезервированный			
TSID #1				TSID #2					
TSID #3				TSID #N					

Рисунок 7-35/J.212 – AVP группы TSID

**Длина** 10 битов. Переменная. Значение устанавливается на величину  $(8 + 2 * \text{число записей TSID})$ .

**Тип атрибута** 2 байта. Значение устанавливается на 100.

**L** 1 бит. Бит блокировки. Не используется. Значение устанавливается на 0.

**Идентификатор группы TSID** 7 битов. Это ID Группы TSID, к которому принадлежат идентификаторы TSID в данном списке.

**TSID #1-N** 16 битов. Список идентификаторов TSID.

Некоторые типы атрибутов уровня PHY могут быть общими более чем для одного Канала QAM. По существу, изменение данного атрибута на одном Канале QAM может изменить данный атрибут на остальных Каналах QAM. EQAM обозначает данную зависимость путем определения групп TSID. Данное значение AVP МОЖЕТ быть повторено для того, чтобы определить более чем одну Группу TSID. Каждая группа TSID связывается с одним или более параметрами уровня PHY путем включения ID Группы TSID в AVP параметра PHY.

### 7.5.3.2 Рабочая частота канала связи QAM нисходящего потока (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Резерв	Длина = 12		Идентификатор производителя = 4491				
Тип атрибута = 101				L	Идентификатор группы TSID	Зарезервированный			
Частота									

Рисунок 7-36/J.212 – AVP частоты

**Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 12.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 101.

**Частота** 4 байта. Этот параметр определяет частоту Канала QAM в нисходящем направлении. Это центральная частота канала в нисходящем направлении, выраженная в Гц, хранится в виде 32-битного двоичного числа.

### 7.5.3.3 Мощность канала QAM нисходящего потока (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Резерв	Длина = 10		Идентификатор производителя = 4491				
Тип атрибута = 102				L	Идентификатор группы TSID	Зарезервированный			
Мощность									

Рисунок 7-37/J.212 – AVP мощности

**Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 10.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 102.

**Мощность** 2 байта. Мощность TX в дБМ (16-битное число без знака, единица 0,1 дБ)

### 7.5.3.4 Модуляция канала QAM нисходящего потока (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 4491				
Тип атрибута = 103				L	Идентификатор группы TSID	Резерв	Модуляция		

**Рисунок 7-38/J.212 – AVP модуляции**

- Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 8.
- Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 103.
- Модуляция** 4 бита. Обозначает тип модуляции Канала QAM нисходящего потока. Значения данного поля следующие:
- 0 = 64 QAM
  - 1 = 256 QAM
  - 2-15 = зарезервировано

### 7.5.3.5 Приложение J.83: Канал QAM нисходящего потока (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Резерв	Длина = 8		Идентификатор производителя = 4491				
Тип атрибута = 104				L	Идентификатор группы TSID	Резерв	Дополнение J.83		

**Рисунок 7-39/J.212 –AVP приложения J.83**

- Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 8.
- Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 104.
- J.83** 4 бита. Обозначает Приложение [J.83], которое необходимо использовать в Канале QAM нисходящего потока. Приложение J.83 определяет значения:
- Альфа (которое, в свою очередь, зависит от выбора модуляции)
  - Синхронизация кадра Прямой коррекции ошибок – включена/ выключена
  - Байты четности Прямой коррекции ошибок
  - Решетчатое кодирование активировано/ не активировано
- Значения данного поля следующие:
- 0 = Приложение A / DVB EN-300429
  - 1 = Приложение B
  - 2 = Приложение C
  - 3-15 = зарезервировано

Отметим, что определенный EQAM может поддерживать только подмножество значений атрибутов, перечисленных выше. Для получения более подробной информации см. [J.210].

### 7.5.3.6 Скорость символов канала QAM нисходящего потока (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Резерв		Длина = 8 + 4 * N		Идентификатор производителя = 4491			
Тип атрибута = 105				L	Идентификатор группы TSID		Зарезервированный		
M				N					
M				N					

Рисунок 7-40/J.212 – AVR скорости символов

**Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 8 плюс 4 умножить на число пар M/N.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 105.

**M** 2 байта. Числитель коэффициента частоты по отношению к символу.

**N** 2 байта. Знаменатель коэффициента частоты по отношению к символу.

Значение скорости символов в нисходящем направлении устанавливается путем выбора соответствующих значений для M и N так, чтобы:

$$\text{Скорость символов (Msymb/c)} = f * M/N$$

Где f обозначает частоту задающего генератора системы.

В сообщении ICRP модулятор EQAM ДОЛЖЕН перечислить все пары значений M и N, которые, согласно конфигурации, он поддерживает. EQAM МОЖЕТ включать пару M/N, со значением 0xFFFF каждый, для обозначения того, что EQAM имеет возможность переменной скорости символов. В таком случае, Ядро M-CMTS может запросить значение M и N, которые, согласно конфигурации, использует Ядро M-CMTS. Отметим, что бит блокировки утверждается, когда значения M/N конфигурируются заранее, и не утверждается, когда есть обозначение о возможности переменной скорости символов.

Если EQAM не был конфигурирован со значениями M и N и не поддерживает опцию переменной скорости символов, тогда EQAM ДОЛЖЕН отклонить установку сеанса и вернуть соответствующий код ошибки.

В сообщении ICCN, Ядро M-CMTS ДОЛЖНО выбрать одну из пар M и N для указания EQAM того, какую скорость символов использовать. Ядро M-CMTS затем будет использовать значения M и N в сообщении управления УДС UCD.

Следует отметить, что в сценариях работы, где в качестве источников синхронизации для модемов CM, перемещающих общий восходящий поток, используются многочисленные нисходящие потоки, этим многочисленным нисходящим потокам придется предоставить те же самые значения M/N, поскольку одно приемное устройство восходящего направления Ядра M-CMTS может работать только с одним значением M/N.

### 7.5.3.7 Глубина устройства перемежения канала QAM нисходящего потока (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Резерв		Длина = 10		Идентификатор производителя = 4491			
Тип атрибута = 106				L	Идентификатор группы TSID		Зарезервированный		
I				J					

Рисунок 7-41/J.212 – AVR глубины устройства перемежения

**Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 10.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 106.

**I** 1 байт. Обозначает значение I глубины устройства перемежения Канала QAM нисходящего потока.

**J** 1 байт. Обозначает значение J глубины устройства перемежения Канала QAM нисходящего потока.

### 7.5.3.8 Отключение РЧ канала QAM нисходящего потока (ICRP, ICCN)

0		7		15		23		31	
М	Н	Резерв		Длина = 8		Идентификатор производителя = 4491			
Тип атрибута = 107				L	Идентификатор группы TSID		Состояние канала QAM		

**Рисунок 7-42/J.212 – AVP отключения РЧ**

**Длина** 10 битов. Значение установлено на величину 8.

**Тип атрибута** 2 байта. Значение установлено на величину 107.

**Состояние канала QAM** 1 байт. Бит 0 = 0 для снятия подавления выхода RF Канала QAM. Бит 0 = 1 для подавления выхода RF Канала QAM. Биты 7-1 зарезервированы. При передаче их значение должно быть установлено на 0, а при приеме – игнорироваться.

## 8 Плоскость переадресации DEPI

ПРИМЕЧАНИЕ. – Данный пункт является нормативным.

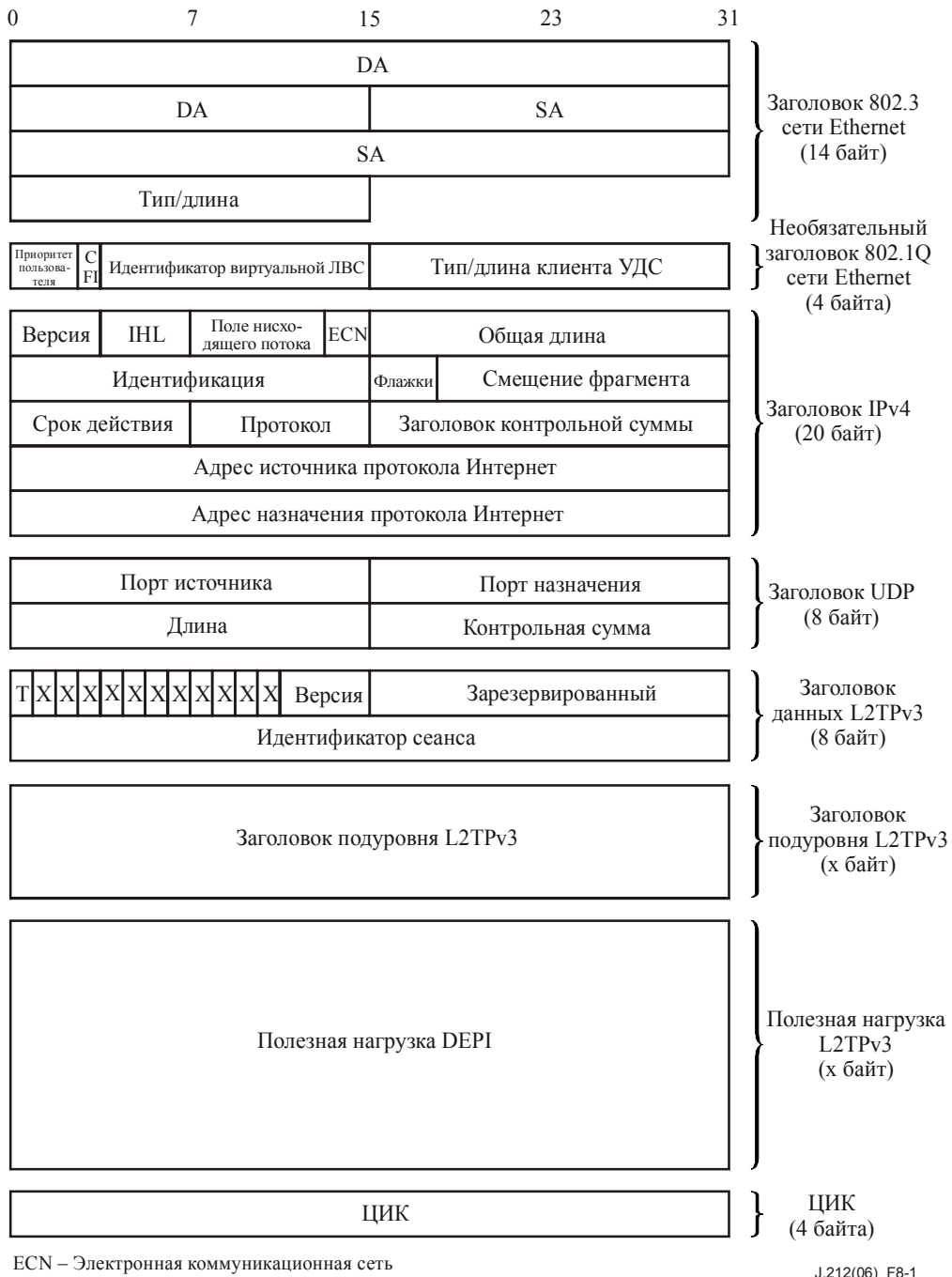
Протокол DEPI использует протокол L2TPv3 по IP с заголовком UDP или без него. Выбор варианта использования основан на конфигурации системы и представляет собой тот же выбор между контрольными сообщениями и сообщениями данных.

Что касается полезной нагрузки L2TPv3, существует два типа полезной нагрузки, используемых для DEPI. Первый представляет собой формат, основанный на Транспортном Потокe MPEG (D-MPT), а второй – формат, основанный на Протоколе Поточной Передачи (PSP). Выбор формата зависит от типа передаваемых данных, а также от возможностей, согласованных между Ядром M-CMTS и EQAM.

### 8.1 Формат пакета передачи данных L2TPv3

В данном пункте описываются различные поля пакета L2TPv3, применяемого к DEPI. Внешняя инкапсуляция дейтаграммы L2TPv3 показана с Заголовком UDP на рисунке 8-1, без Заголовка UDP – на рисунке 8-2.

### 8.1.1 Информационное сообщение с заголовком UDP

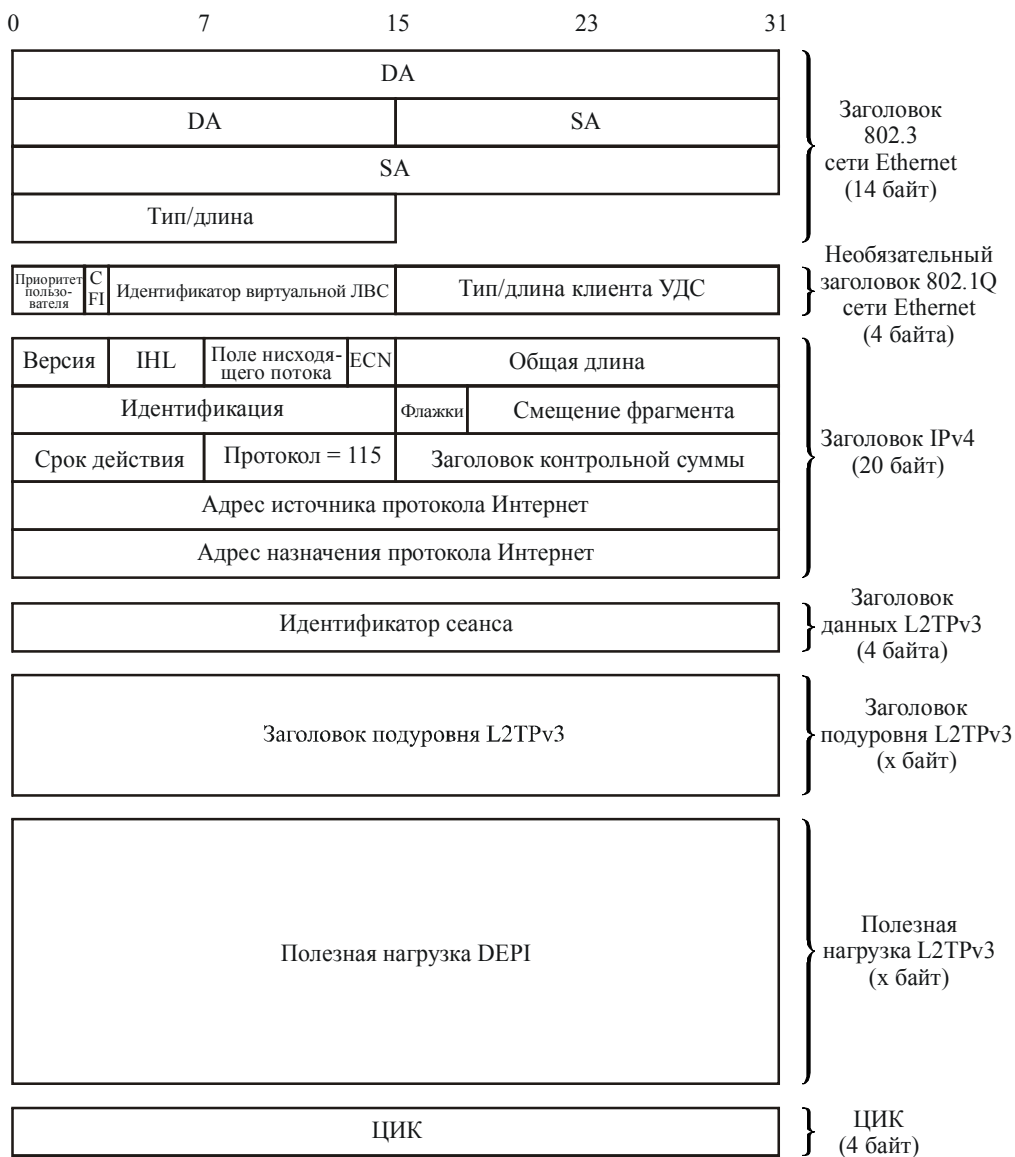


ECN – Электронная коммуникационная сеть

J.212(06)\_F8-1

**Рисунок 8-1/J.212 – Инкапсуляция пакета исходящих данных L2TPv3 с UDP**

## 8.1.2 Информационное сообщение без заголовка UDP



ECN – Электронная коммуникационная сеть

J.212(06)\_F8-2

**Рисунок 8-2/J.212 – Инкапсуляция пакета исходящих данных L2TPv3 без UDP**

## 8.1.3 Специальные заголовки для информационных сообщений

### 8.1.3.1 Заголовок данных L2TPv3

Поля L2TPv3, определяемые [RFC-L2TPv3], используются следующим образом:

**T** Транспортный бит. 1 бит. Значение устанавливается на 0 для обозначения того, что это сообщение является сообщением данных.

**X** Зарезервированные биты. 11 битов. Значение выставляется на 0 Ядром M-CMTS; игнорируется модулятором EQAM.

**Версия** Поле Версии. 4 бита. Значения устанавливаются на величину 3.

**Резервирование** Зарезервированное поле. 16 битов. Не используется. Значение выставляется на 0 Ядром M-CMTS, игнорируется EQAM.

**Идентификатор сеанса** Идентификатор сеанса. 32 бита. Данное значение согласуется при помощи плоскости управления L2TPv3.

Поддержки поля куки L2TPv3 в DEPI не требуется.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать заголовок данных L2TPv3. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать заголовок данных L2TPv3.

### 8.1.3.2 Заголовок подуровня DEPI L2TPv3

DEPI поддерживает два типа псевдопроводки. Первый тип, известный как D-MPT, используется для передачи пакетов MPEG. Второй тип, известный как PSP, используется для передачи кадров DOCSIS. Каждый тип псевдопроводки имеет уникальный формат заголовка подуровня DEPI L2TPv3 DEPI. Поля данных заголовков подуровня определены в пп. 8.2 и 8.3. Кроме того, оба типа псевдопроводки поддерживают заголовок подуровня измерения запаздывания, поля которого определены в п. 8.4.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО использовать соответствующий Заголовок подуровня DEPI для типа псевдопроводки сеанса DEPI.

EQAM ДОЛЖЕН принимать пакеты от Ядра M-CMTS, которые содержат соответствующий заголовок подуровня DEPI для согласованного типа псевдопроводки. EQAM ДОЛЖЕН отправить сообщение CDN для освобождения сеанса, в котором происходило получение пакетов с неправильным типом псевдопроводки. EQAM ДОЛЖЕН игнорировать полученные пакеты, не соответствующие определениям заголовка подуровня DEPI L2TPv3.

### 8.1.3.3 Полезная нагрузка DEPI

Полезная нагрузка содержит один или более сегментов. В режиме D-MPT каждый сегмент представляет собой 188-байтовый пакет MPEG. В режиме PSP сегмент содержит либо полный кадр DOCSIS, либо часть кадра DOCSIS.

## 8.2 Режим MPT DOCSIS

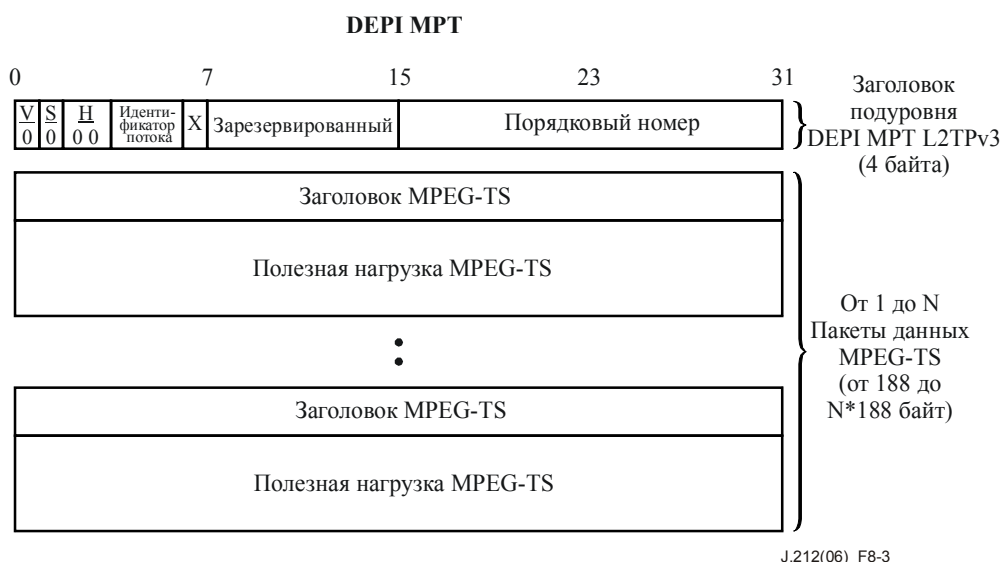


Рисунок 8-3/J.212 – Заголовок подуровня MPT DOCSIS и полезная нагрузка

- V** 1 бит. Бит VCCV. Значение установлено на 0. Зарезервировано для совместимости с [VCCV].
- S** 1 бит. Бит последовательности. Значение установлено на величину 1, что означает, что поле порядкового номера является действительным. Значение установлено на 0, что означает, что поле порядкового номера не является действительным.
- H** 2 бита. Биты Расширенного Заголовка. Значение установлено на величину '00', что означает, что расширенный заголовок отсутствует.
- X** 1 бит. Зарезервированный бит. Значение устанавливается на все нули на передатчике, игнорируется приемником.

**Идентификатор потока** 3 бита. Идентификатор Потока.

**Зарезервированный** 1 байт. Зарезервированное поле. Значения устанавливаются на все нули на передатчике, игнорируются приемником.



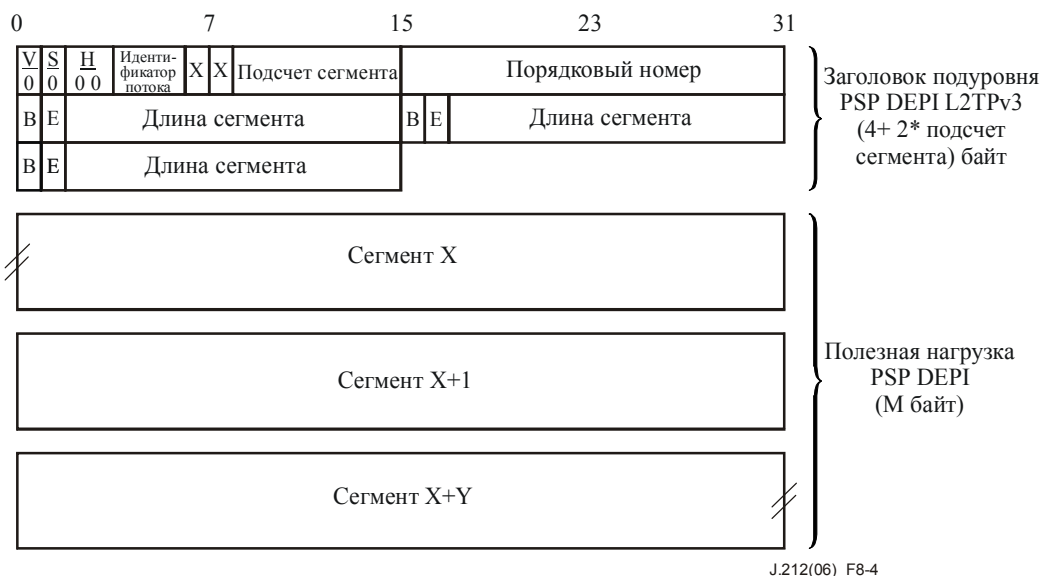
**Порядковый номер** 2 байта. Порядковый Номер. Порядковый номер увеличивается на один при каждом отправленном пакете данных, он может использоваться приемником для обнаружения потери пакетов. СЛЕДУЕТ, чтобы первоначальное значение порядкового номера было случайным (непредсказуемым).

Ядро M-CMPTS НЕ ДОЛЖНО вставлять дополнительные байты между заголовком UDP и первым заголовком MPEG-TS или между последовательными пакетами MPEG-TS. Ядро M-CMPTS ДОЛЖНО поддерживать все биты в заголовке подуровня MPT.

EQAM ДОЛЖЕН принять от одного до семи пакетов MPEG-TS в полезной нагрузке L2TPv3, когда длина MTU тракта составляет 1500 байтов. Длина кадра Ethernet, содержащего семь пакетов MPEG-TS с L2TPv3 с подуровнем D-MPT L2TPv3, заголовки UDP, IPv4, 802.1Q составляет 1378 байтов. Если для EQAM, Ядра M-CMPTS и сети между ними возможно использовать большие размеры MTU, Ядро M-CMPTS МОЖЕТ увеличить общее число пакетов MPEG-TS, передаваемых в каждом пакете L2TP.

Ядро M-CMPTS МОЖЕТ вставлять нулевые пакеты MPEG в поток D-MPT. Нулевой пакет MPEG имеет длину 188 байтов с зарезервированным значением PID, равным 0x1FFF, как определено в [H.222.0]. EQAM МОЖЕТ удалить данные нулевые пакеты MPEG. Требуется только, чтобы EQAM поддерживал один поток для режима MPT.

### 8.3 Режим PSP



**Рисунок 8-4/J.212 – Заголовок подуровня DEPI PSP и полезная нагрузка**

- V** 1 бит. Бит VCCV. Значение установлено на 0. Зарезервировано для совместимости с [VCCV].
- S** 1 бит. Бит Последовательности. Значение установлено на 1, что означает, что поле порядкового номера является действительным. Значение установлено на 0, что означает, что поле порядкового номера не является действительным.
- H** 2 бита. Биты Расширенного Заголовка. Значение установлено на величину '00', что означает, что расширенный заголовок отсутствует.
- X** 1 бит. Зарезервированный бит. Значение устанавливается на все нули на передатчике, игнорируется приемником.

**Идентификатор потока** 3 бита. Идентификатор Потока.

**Подсчет сегмента** 7 битов. Это число сегментов в Полезной нагрузке PSP DEPI, это также число 2-байтовых записей в Таблице Сегмента PSP.

**Порядковый номер** 2 байта. Порядковый Номер. Порядковый номер увеличивается на один при каждом отправленном пакете данных, он может использоваться приемником для обнаружения потери пакетов. СЛЕДУЕТ, чтобы первоначальное значение порядкового номера было случайным (непредсказуемым).

- В** Начальный бит. 1 бит. Значение устанавливается на 1, что означает, что Кадр PSP содержит начало кадра DOCSIS. В противном случае значение устанавливается на 0.
- Е** Конечный бит. 1 бит. Значение устанавливается на 1, что означает, что Кадр PSP содержит конец кадра DOCSIS. В противном случае, значение устанавливается на 0.

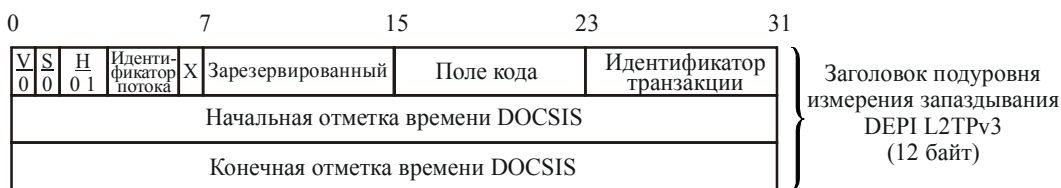
**Длина сегмента** 14 бита. Длина сегмента DEPI в байтах.

Протокол Поточной Передачи может брать ряд кадров DOCSIS, объединять их в поток последовательных кадров DOCSIS, а затем разделять этот поток на PDU PSP. Таким образом, первый и последний кадры DOCSIS PDU PSP могут быть разделены на сегменты в рамках PDU PSP. Кадры DOCSIS, не являющиеся первым и последним кадрами в PDU PSP не будут разделяться. Кадр DOCSIS может быть разделен более чем на два сегмента, и поэтому его можно распределить более чем по одному PDU PSP.

В Таблице Сегмента предоставляется информация по содержанию каждого из последующих кадров PSP. Данная информация включает извещение о том, является ли данный кадр начальным, срединным или конечным, или представляет собой целый кадр DOCSIS.

#### 8.4 Заголовок подуровня измерения запаздывания (DLM) интерфейса DEPI

Ядро M-CMTS и EQAM используют Заголовок подуровня измерения запаздывания (DLM) интерфейса DEPI для измерения задержки и запаздывания CIN. Данное измерение является важным, поскольку сеть переходов потенциально может влиять на баланс запаздывания, уже установившийся для существующих устройств DOCSIS 1.x и 2.0. Для выполнения данного измерения при помощи Заголовка подуровня измерения запаздывания DEPI (показанного на рисунке 8-5) отправляется пакет, на который отвечает приемник. Данный заголовок подуровня был разработан для использования в любом активном сеансе L2TPv3 между M-CMTS и EQAM. Его можно использовать с Типами Псевдопровода MPT и PSP. Ожидается, что данный конкретный обмен сообщениями может происходить между механизмами аппаратного обеспечения на любом конце интерфейса DEPI.



J.212(06)\_F8-5

**Рисунок 8-5/J.212 – Заголовок подуровня DLM**

- V** 1 бит. Бит VCCV. Значение установлено на 0. Зарезервировано для совместимости с [VCCV].
- S** 1 бит. Бит последовательности. Значение установлено на 0.
- H** 2 бита. Биты Расширенного Заголовка. Значение установлено на величину '01', что означает, что расширенный заголовок измерения запаздывания присутствует.
- X** 1 бит. Зарезервированный бит. Значение устанавливается на все нули на передатчике, игнорируется приемником.

**Идентификатор потока** 3 бита. Идентификатор Потока.

**Зарезервированный** 1 байт. Зарезервированное поле. Значения устанавливаются на все нули на передатчике, игнорируются приемником.

**Поле кода** 1 байт. Разрешенные значения описаны ниже:

- Значение 0 обозначает пакет DLM-EI-RQ (DLM EQAM Запрос Входа), созданный Ядром M-CMTS, запрашивающий выполнение измерения на опорной точке, смежной с портом входа DEPI модулятора EQAM.
- Значение 1 обозначает пакет DLM-EI-RP (DLM EQAM Ответ Входа), созданный EQAM при помощи значения Завершения штампа времени, вычисленного на опорной точке, смежной с портом входа DEPI модулятора EQAM.

- Значение 2 обозначает пакет DLM-EE-RQ (DLM EQAM Запрос Выхода), созданный Ядром M-CMTS, запрашивающий выполнение измерения на опорной точке, смежной с портом выхода DEPI модулятора EQAM.
- Значение 3 обозначает пакет DLM-EE-RP (DLM EQAM Ответ Выхода), созданный EQAM при помощи значения Завершения штампа времени, вычисленного на опорной точке, смежной с портом выхода DEPI модулятора EQAM.
- Значения от 4 до 255 зарезервированы.

**Идентификатор транзакции** 1 байт. Это уникальный ID, приписываемый отправителем, и возвращаемый получателем. ID транзакции является уникальным в пределах одного сеанса.

**Начальная отметка времени** 4 байта. Штамп времени, отправляемый отправителем.

**Конечная отметка времени** 4 байта. Штамп времени, существующий у получателя.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поддерживать отправку пакета DLM-EI-RQ и получение пакета DLM-EI-RP. Ядро M-CMTS МОЖЕТ поддерживать отправку пакета DLM-EE-RQ и получение пакета DLM-EE-RP. Ядро CMTS (Отправитель) ДОЛЖНО отправлять пакет DLM модулятору EQAM в существующем потоке Сеанса DEPI (либо PSP, либо MPT). Ядро M-CMTS ДОЛЖНО устанавливать верные значения DSCP для пакета DLM на основе измеряемого Сеанса DEPI. Ядро M-CMTS ДОЛЖНО предоставлять механизм конфигурирования для устанавливания интервала выборки через MIB Ядра M-CMTS.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО сообщать об измерениях допустимых ошибок, превышающих порог, указанный в конфигурации через MIB Ядра M-CMT. Ядро M-CMTS НЕ ДОЛЖНО отправлять пакет DLM-EI-RQ или DLM-EE-RQ определенному сеансу DEPI, если для данного сеанса уже существует DLM-EI-RQ или DLM-EE-RQ, ожидающий выполнения, или если кадр DOCSIS в данном потоке был сегментирован, и кадр DOCSIS не был отправлен полностью. Ядро M-CMTS ДОЛЖНО поместить текущее значение 32-битного штампа времени DOCSIS в поле Timestamp Start сообщения. Ядру M-CMTS СЛЕДУЕТ использовать значение штампа времени, имеющее точность до 100 мкс по отношению к текущему штампу времени, поставляемому от DTI.

EQAM ДОЛЖЕН поддерживать получение пакета DLM-EI-RQ и отправку пакета DLM-EI-RP. EQAM МОЖЕТ поддерживать получение пакета DLM-EE-RQ и отправку пакета DLM-EE-RP. EQAM ДОЛЖЕН поддерживать использование пакета DLM в любом активном сеансе DEPI. Не требуется, чтобы EQAM поддерживал более одного параллельного измерения запаздывания на сеанс. EQAM ДОЛЖЕН гарантировать, что значение штампа времени, вставленное в поле Timestamp End имеет точность до 100 мкс по отношению к текущему штампу времени, использованному для вставки/исправления SYNC.

Для пакетов DLM-EI-RQ, EQAM ДОЛЖЕН выполнять вставку Штампа времени до формирования очереди кадра DEPI в QoS MPT или PSP. Для пакетов DLM-EE-RQ, если использование их поддерживается, EQAM ДОЛЖЕН выполнять вставку Штампа времени на этапе создания сообщения SYNC. Этот процесс описан на рисунке 6-1. EQAM ДОЛЖЕН отправить полный Пакет Измерения Запаздывания обратно Ядру M-CMTS, которое выполнило запрос измерения. Кроме того, он должен использовать значение Таймера DLM EQAM, определенное в Приложении В.

EQAM, не поддерживающий пакет DLM-EE-RQ ДОЛЖЕН отбросить пакет DLM, не генерируя пакет ответа.

## 8.5 Скорость выходного сигнала ядра M-CMTS

Есть вероятность, что если Ядру M-CMTS необходимо отправить пакеты со скоростью, которая точно равняется скорости полезной нагрузки нисходящего QAM, а эти пакеты подвержены дрожанию, EQAM вставит MPEG-TS Null. После получения пакетов от Ядра M-CMTS, произойдет задержка очередности выхода, равная дрожанию, присутствующему на входе DEPI модулятора EQAM. Данная задержка очередности не будет устранена до тех пор, пока вход на EQAM не будет прерван, а внутренняя очередь не закончится. Кроме того, скорость, с которой будет устранена данная задержка, связана с количеством дрожания во входном потоке, пиковой скорости входа и максимального размера пакета во входящем потоке.

Ядро M-CMTS ДОЛЖНО обладать способностью ограничивать скорость множества всех сеансов DEPI, включая любые нулевые пакеты MPEG, которые могло вставить Ядро M-CMTS, которые направляются в тот же Канал QAM в рамках EQAM. Пиковая скорость данного множества ДОЛЖНА подлежать конфигурированию и составлять определенный процент от полезной нагрузки Канала QAM. Размер пакета данного множества ДОЛЖЕН подлежать конфигурированию. Заданный по умолчанию размер пакета множества ДОЛЖЕН представлять собой эквивалент трех кадров на сеанс DEPI. (Для кадра размером 1522 он будет составлять 4566 байтов.)

## Приложение А

### MTU DEPI

#### А.1 Величина полезной нагрузки нижнего уровня L2TPv3

Обычно интерфейс вычисляет заданный по умолчанию максимальный размер полезной нагрузки путем выяснения в колонке нижележащего интерфейса его максимальный размер полезной нагрузки и рассматривая данный интерфейс своей инкапсуляцией. Например, по умолчанию размер кадра Ethernet составляет 1518 (без VLAN). Инкапсуляция Ethernet составляет 18 байтов, оставляя 1500 байтов полезной нагрузки (MTU) своему верхнему уровню. Затем IP вычитает размер заголовка IP (обычно 20 байтов), и в результате более верхнему уровню доступны 1480 байтов. Затем UDP должен вычесть размер заголовка UDP, составляющий 8 байтов, что в результате даст полезную нагрузку в 1472 байта. L2TPv3 должен вычесть размер Заголовка Данных L2TPv3 в байтах (8) и вычислить полезную нагрузку остатка (обычно 1464). Данный остаток и является определенным максимальным размером полезной нагрузки для сеанса L2TPv3, который будет существовать в Ethernet/IP/UDP.

#### А.2 Максимальный размер кадра для DEPI

В данном приложении приводится максимальный размер кадра DEPI, когда Псевдопроводка PSP используется без фрагментации или конкатенации.

Таблица А.1/J.212 – MTU DEPI

Поле		Размер	
Кадр DEPI	Заголовок сети Ethernet	14 байт	
	Заголовок 802.1Q	4 байта	
	MTU DEPI	Заголовок IPv4*	20 байт
		Заголовок UDP	8 байт
		Заголовок L2TPv3	8 байт
		Заголовок DEPI-PSP	6 байт
		Кадр DOCSIS	Заголовок DOCSIS
	Заголовок сети Ethernet		14 байт
	Заголовок 802.1Q		4 байта
	PDU сети Ethernet		1500 байт
	ЦИК сети Ethernet	4 байта	
ЦИК сети Ethernet	4 байта		
Итого:		1 592–1 832 байта	
* В текущий момент для этой Рекомендации требуется обеспечение только IPv4. При использовании IPv6 для передачи данных значение следует увеличить на 20 байтов плюс на длину любого заголовка расширения IPv6.			

### А.3 Обнаружение MTU тракта

Обнаружение MTU Тракта опирается на тот факт, что все элементы сети между Ядром М-СМТS и EQAM поддерживают этот протокол [RFC-MTU]. Если данные элементы сети не поддерживают Обнаружение MTU Тракта, данный механизм нельзя использовать и вместо него следует использовать опцию статичного конфигурирования.

Обнаружение MTU Тракта работает, когда размер тракта между Ядром М-СМТS и EQAM меньше общего размера генерируемого кадра, при использовании размера полезной нагрузки, согласованного во время создания сеанса L2TPv3. При условии, если Ядро М-СМТS будет отправлять пакеты большего размера, чем может поддерживать сеть, элементы сети между Ядром М-СМТS и EQAM будут генерировать сообщение Destination Unreachable ICMP с кодом "необходима фрагментация с набор DF", согласно [RFC-IP], к источнику туннелированного пакета. Данное сообщение об ошибке включает в себя заголовок IP и заголовок UDP. Ядру М-СМТS и EQAM следует обладать сопоставления порта UDP с ID сеанса L2TP. Ядру М-СМТS и EQAM следует сократить Максимальную Полезную нагрузку сеанса, указанного в сообщении Destination Unreachable ICMP, до размера, запрашиваемого в поле Next-Hop MTU сообщения. Ядро М-СМТS и EQAM могут периодически пытаться увеличить Максимальную Полезную нагрузку сеанса до согласованного максимума и возобновить данный процесс в случае, если тракт через сеть изменился, и разрешены большие размеры MTU. Данная методика описана в [RFC-MTU]. Максимальный размер Полезной нагрузки, определенный в ходе данного процесса, никогда не будет больше согласованного максимума, полученного в ходе создания сеанса.

## Приложение В

### Параметры и константы

Таблица В.1/J.212 – Параметры и константы

Система	Имя	Временная ссылка	Минимальное значение	Значение по умолчанию	Максимальное значение
Ядро М-СМТS, EQAM	Интервал SYNC	Номинальное время между передачами сообщений SYNC			200 мс
Ядро М-СМТS, EQAM	Таймер приветствия	Раздел 4.4 L2TPv3		60 с	
Ядро М-СМТS, EQAM	Нерабочее время управляющего сообщения	Раздел 4.2 L2TPv3	Первая попытка: 1 с, затем вторая попытка: 2 с, третья попытка: 4 с, каждая следующая попытка: 8 с.		
Ядро М-СМТS, EQAM	Счетчик повторных попыток управляющего сообщения	Раздел 4.2 L2TPv3			10
Ядро М-СМТS, EQAM	Нерабочее время StopCCN	Раздел 3.3.2 L2TPv3	31 с		
EQAM	Таймер DLM EQAM	Время между получением и повторной передачей пакета данных DLM			100 мс

## Дополнение I

### DEPI и характеристики системы DOCSIS

#### I.1 Введение

Архитектура M-CMTS обеспечивает совместимость между различными типами оборудования, выполняющего различные подфункции завершеного CMTS. В предыдущих архитектурах все эти функции были включены в отдельную физическую плату или шасси. Тем самым задержки передачи между функциями сводились к нулю. M-CMTS вводит ненулевые задержки между подфункциями. В отдельных случаях эти задержки могут оказывать влияние на производительность системы. Ввод CIN между ядром M-CMTS и EQAM увеличивает время на передачу и подтверждение системы DOCSIS.

#### I.2 Время на передачу и подтверждение приема и характеристики

В широком смысле, время на передачу и подтверждение приема – это время от запроса CM до времени передачи данных, соответствующих данному запросу, посредством CM. Чем быстрее это происходит, тем быстрее сможет передать другой запрос (т. е. двойной широкополосный запрос), позволяющий передать больше данных и т. д.

Время на передачу и подтверждение приема ограничивает производительность отдельного модема путем сокращения количества разрешений, которые модем может получить в заданный период времени. Например, если время системы на передачу и подтверждение приема составляет 10 мс, то для модема становится невозможным получение более 100 разрешений за секунду. Если каждое разрешение имеет размер, равный максимальному размеру пакетного сигнала, передаваемого модемом (максимальный объединенный пакетный сигнал, [J.122]), то верхний предел производительности модема может быть найден простым вычислением по формуле:

$$\text{Максимальная пропускная способность (бит/с)} = \frac{\text{максимальный пакетный сигнал (бит)} \cdot 1/}{\text{время на передачу и подтверждение приема (с)}}$$

На практике, благодаря необходимости совместного использования полосы пропускания многими клиентами и службами, максимальный размер пакетного сигнала должен ограничиваться соответствующими значениями, а CMTS, как правило, не способно разрешить максимальный размер пакетного сигнала в каждом разрешении даже при запросе модема.

Увеличенное время на передачу и подтверждение приема также увеличивает задержку доступа у отдельного модема – т. е. время, которое уходит у модема на получение доступа к восходящему потоку для начала передачи новых данных после перерыва. И наоборот, если сокращение времени на передачу и подтверждение приема позволяет достичь большей пропускной способности или скоростей открытия окна TCP, транзакции модема (например, загрузка файла FTP или HTTP страницы) можно выполнять быстрее (при условии, что ширина полосы позволяет это сделать). Эти факторы могут, в свою очередь, повлиять на общую эффективность ширины полосы системы.

#### I.3 Элементы времени на передачу и подтверждение приема

Удобно начинать измерение времени на передачу и подтверждение приема с момента, когда модем начинает передачу запроса. Тогда можно измерить время на передачу и подтверждение приема как время от данного первоначального запроса и момента, когда модем начинает передачу следующего запроса. Данные события можно легко зафиксировать при помощи сетевого анализатора пакетов.

Элементы времени на передачу и подтверждение приема можно разделить на следующие категории:

- *Задержка кругового хода в восходящем направлении:* Время, занимаемое заводскими задержками в восходящем направлении.
- *Время на анализ и получение запроса восходящего потока:* Время от начала прибытия пакетного сигнала на CMTS до завершения получения и анализа запроса. Некоторые CMTS требуют, чтобы получение пакетного сигнала выполнялось до его анализа. Другие могут распознавать запросы прямых и обратных пакетов в начале пакетного сигнала, даже если конечная часть данного пакетного сигнала еще не была получена. Если для данного пакетного сигнала активирована FEC, до выполнения какого бы то ни было анализа уровня УДС нужно, чтобы был получен хотя бы один полный блок FEC.

- *Организация очереди планировщика и обработка:* Время от прибытия запроса на планировщик до завершения сообщения MAP, содержащего разрешение на запрос. Если запрос прибывает сразу после того, как планировщик завершил создание MAP, происходит задержка на определенный интервал времени до следующего MAP. С другой стороны, если запрос прибывает непосредственно перед тем, как планировщик завершает создание MAP, запрос может иметь почти нулевую задержку. В общем, действительная задержка организации очереди является случайной переменной от нуля до максимального интервала MAP. При некоторых лабораторных условиях, включающих только один или несколько CM, данная задержка может оказаться постоянной величиной, однако данную систему не следует считать реальной. Некоторые реализации планировщика могут изменять интервал MAP для оптимизации данной задержки.
- Сюда также включено время, которое требуется планировщику для принятия решений по организации и действительного создания сообщения MAP. Данный фактор в большой степени зависит от конкретной реализации.
- *Доставка MAP (к уровню PHY DOCSIS EQAM):* Время от завершения создания сообщения MAP до доставки MAP к уровню PHY. Это время включает в себя любое время, потребляемое функцией УДС Ядра M-CMTS; инкапсуляцию MAP в пакет DEPI; организацию очереди и передачу пакета DEPI на выход Ядра M-CMTS; задержку и дрожание CIN; организацию очереди и обработку задержек внутри EQAM; а также любую задержку при вставке MAP в поток DOCSIS, инкапсулированный MPEG (например, из-за необходимости ожидания предыдущего пакета для завершения передачи).
  - *Задержки физического уровня в нисходящем направлении:* Они включают в себя запаздывание модулятора нисходящего потока, задержку устройства переключения нисходящего потока, а также физическую задержку кругового хода между EQAM и CM.
  - *Время обработки MAP CM:* Время от прибытия на CM первого бита MAP, до того момента, когда MAP становится эффективным. Минимальное значение указано в пункте Относительная задержка обработки [J.122]. В этом пункте рассматриваются все задержки обработки внутри CM.
  - *Время до разрешения:* Если первое разрешение в MAP не относится к данному CM, действительная передача CM будет "отложена" до действительного времени разрешения.
  - *Пробный коэффициент ошибок:* На практике CMTS не может точно контролировать все задержки и гарантировать, что сообщения MAP придут на модем точно в нужный момент. Таким образом, чтобы принять во внимание все самые длительные задержки кругового хода для самых удаленных модемов, варьирования времени создания MAP, задержек MAP и т. д., CMTS должен добавлять пробный коэффициент ошибок.

В таблице I.1 перечислены примеры значений для компонентов времени на передачу и подтверждение приема, описанных выше. Данные значения приводятся ТОЛЬКО в качестве примера. Их не следует считать типичными значениями, применимыми к какой-либо определенной системе и/или реализации.

**Таблица I.1/J.212 – Рабочая таблица передачи и подтверждения запроса DOCSIS**

(Все временные значения приведены в микросекундах)

Источник задержки:			Замечания
	промежуточная сумма	итого	
<b>Время кругового хода восходящего потока</b>		<b>800</b>	
заводская задержка физической технологии HFC	800		около 100 миль
<b>Время анализа/ приема восходящего потока</b>		<b>469</b>	
время обработки РНУ восходящего потока	369		время для блока 1 прямой коррекции ошибок (236,200) при 5,12 Мбит/с
время обработки УДС восходящего потока	100		
<b>Организация очереди планировщика и обработка</b>		<b>1000</b>	
<b>Доставка MAP к уровню РНУ</b>		<b>1338</b>	
формирование пакетов данных DEPI при задержке ядра CIN	383	<b>Плюс задержка CIN</b>	Для режима MPT, время передачи 7 пакетов данных MPEG С помощью J.212 время передачи 1518 байт (64QAM, Приложение В)
запаздывание EQAM	500		
организация очереди позади пакета данных максимальной длины в процессе инкапсуляции MPEG	455		
<b>Время на передачу нисходящего потока</b>		<b>1841</b>	
длительность MAP на проводе	61		MAP 200 бит при 64QAM (I, J) = (32,4) при 64QAM
прямая корректировка ошибок нисходящего потока/задержка устройства перемежения	980		
задержка кругового хода нисходящего потока	800		около 100 миль
<b>Допустимый пробный коэффициент ошибок MAP</b>		<b>500</b>	
<b>Время обработки кабельного модема</b>		<b>200</b>	TDMA, отсутствие перемежения байтов
<b>Общее время на передачу и подтверждение приема</b>		<b>6148</b>	
		<b>Плюс задержка CIN</b>	

#### I.4 Параметры CIN

В системе M-CMTS сеть CIN добавляет задержку, которая может существенно увеличить время на передачу и подтверждение приема всей системы. Конфигурирование сети CIN и управление ею осуществляет оператор. Протяженность сети CIN может варьироваться в зависимости от системы. Сеть может представлять собой короткий кабель Ethernet между одним Ядром M-CMTS и EdgeQAM. Или же она может представлять собой IP сеть, состоящую из большого числа переходов коммутаторов и/или маршрутизаторов, которая осуществляет обмен трафиком с другими узлами сети (например, IP-инкапсулированное видео с серверов VoD).



Почти во всех сетях с коммутацией пакетов, кроме самых простых, продолжительность задержки будет меняться. Варьирование задержки возникает из-за разной длины и времени прибытия пакетов, изменений мгновенной загрузки, организации очереди пакетов в элементах сети, различий в параметрах QoS, применяемых к различным пакетам и других факторов. Таким образом, задержка сети часто моделируется как случайная переменная.

Обычно задержку сети описывают как сумму двух компонентов: "типичной" задержки, которая считается постоянной, плюс термин "дрожание", который может меняться в зависимости от пакета. Согласно другому подходу, сеть имеет "минимальную" задержку и "максимальную" задержку или "самая длительная задержка", при этом задержки отдельных пакетов некоторым образом распределяются между этими двумя крайними точками. Данные подходы позволяют приблизительно описать режим работы сети.

Один из подходов точного моделирования сети включает в себя определение Интегральной функции распределения (CDF) задержек пакета. Данная CDF представляет собой функцию или график, на котором на оси  $x$  показана задержка  $D_0$ , а на оси  $y$  – вероятность того, что действительная задержка  $D$  какого-либо определенного пакета меньше чем  $D_0$ . Для большей точности можно ограничить область применения данной CDF: например, можно рассматривать данную функцию на участке от некоторого указанного узла источника до определенного узла назначения или определенный класс трафика. Затем, можно утверждать, что задержка определенной части соответствующих пакетов составит меньше определенного числа (например, "задержка 99,995% пакетов составит менее 2 мс", или какое-либо аналогичное утверждение). В некоторых сетях нельзя гарантировать верхнюю границу задержки для 100% всех пакетов.

Кроме самой сети CIN, "сеть" может включать в себя коммутирование и/или организацию очереди, осуществляемые внутри Ядра M-CMTS или EQAM. Например, Ядро M-CMTS поддерживающее много нисходящих каналов QAM, может иметь много выходных портов Gigabit Ethernet, и, таким образом, может включать в себя внутренний "коммутатор" для соединения различных потоков DEPI с различными выходными портами. Если такая функция коммутации присутствует, при работе могут также появляться задержки организации очереди, зависящие от реализации, которые можно смоделировать как часть CIN.

Для облегчения характеристики CIN, DEPI использует Подзаголовок Измерения Запаздывания (пункт 8.4). Данный подзаголовок пользуется тем, что как Ядро M-CMTS, так и EQAM содержат интерфейс DTI, который обеспечивает общий высоко точный задающий генератор. Ядро M-CMTS передает Пакет Измерения Запаздывания, содержащий текущее значение штампа времени, в любом заданном сеансе DEPI. После получения данного сообщения EQAM добавляет свое собственное значение штампа времени и возвращает оба значения Ядру M-CMTS. В результате получает одно измерение задержки CIN (плюс любые задержки выхода Ядра M-CMTS и задержки организации очереди на входе EQAM на тракте между точками вставки штампов времени) между CMTS и EQAM. CMTS может использовать данную информацию несколькими различными способами, включая вычисление CDF или регулирование определенных параметров сети DOCSIS.

Часто структура CIN является единственной переменной в архитектуре M-CMTS, которую полностью контролирует оператор. Решения, касающиеся размера и числа переходов сети будут иметь прямой эффект на общие показатели сети DOCSIS.

## **I.5 Задержки при организации очередности в элементах сети**

Многие современные коммутаторы уровня 2 и уровня 3 поддерживают неблокирующую коммутацию скорости линии. "Неблокирующая" означает, что пакеты, коммутируемые между определенными портами источника и назначения, не будут пересекаться с пакетами, коммутируемыми между другими портами источника и назначения. Если весь трафик коммутатора является неблокирующим (что обычно встречается в случае лабораторных испытаний согласно RFC IETF), коммутация будет очень быстрой. (Точные значения данной "внутренней задержки коммутатора" зависят от реализации.) Однако, если пакеты, одновременно прибывающие из различных портов источника, направляются к одному порту назначения, данные пакеты будут испытывать задержку при организации очередности в коммутаторе.

Для очень простых коммутируемых топологий, где присутствует только трафик DEPI, самую продолжительную задержку на заданном порте назначения можно вычислить как функцию размера пакета и числа портов источника, осуществляющих коммутацию к данному порту назначения. Данный

способ вычисления можно применять только к одному узлу внутри сети. Если все порты источника поставили пакеты к порту назначения в один и тот же момент, доставка последнего из этих пакетов, действительно существующего на порте назначения, будет отложена на время, требующееся для передачи всех предыдущих пакетов. Вычисление выглядит следующим образом:

Максимальная задержка (s) = (# портов источника – 1) · размер пакета (биты) / скорость линии (бит/с)

В результате сложения данного вычисления с внутренней задержкой коммутатора (которая может, например, быть порядка 1—100 мкс) получается разумная верхняя граница суммарной самой продолжительной задержки на коммутаторе, когда Ядро M-CMTS ограничивает скорость трафика на портах источника. В результате, совокупный трафик вне порта назначения коммутатора не превышает емкости порта. Это обычно будет происходить в случае коммутатора, входящего в состав Ядра CMTS или EQAM, или коммутатора, через который проходит только трафик DEPI в сети с одним или двумя переходами. В более сложных системах может происходить дополнительная организация очереди, а запаздывание при прохождении через коммутатор может легко превысить 1 мс. По существу, важно применять политику QoS к любому трафику, чувствительному к запаздыванию так, чтобы он мог обойти организацию очереди. Более подробную информацию по использованию QoS в CIN можно найти в нижеследующих пунктах "Назначение приоритета трафика" и "Режим PSP".

За последние года продукция эволюционировала настолько, что сейчас различие между "коммутатором" и "маршрутизатором" не всегда очевидно. "Коммутатор" может включать расширенные функциональные возможности QoS, а "маршрутизатор" может выполнять большие объемы обработки при помощи аппаратного обеспечения и иметь такую же скорость работы, как и некоторые коммутаторы. Таким образом, в более сложных топологиях CIN, задержки могут сильно варьироваться, и их не всегда можно вычислить. Даже маршрутизаторы или коммутаторы, обладающие характеристиками скорости линии, подвержены перегрузкам, организации внутренней очереди и задержкам при обработке, которые могут варьироваться в зависимости от нагрузки, типа трафика, поддерживаемых функций QoS и многих других условий.

## **I.6 Назначение приоритета трафика и задержки сети**

Снизить задержку сети возможно для определенных пакетов, если распорядиться, чтобы маршрутизаторы и/или коммутаторы назначили данным пакетам более высокий приоритет, чем другим пакетам. Обычно данная операция осуществляется при помощи маркера VLAN IEEE 802.1Q VLAN для Ethernet, или поля DSCP и связанного с ним режима работы с интервалом связи для IP.

В самом простом случае пакеты, имеющие наивысший приоритет, отправляются маршрутизатором или коммутатором до остальных пакетов с более низким приоритетом, которые могут быть уже организованы в очередь в данном устройстве. Также существует более сложный режим работы, но и в том и в другом случае, задержка пакетов с высоким приоритетом сокращается за счет пакетов с более низким приоритетом. Для того чтобы данная схема эффективно работала, пакеты с высоким приоритетом должны составлять относительно малую часть общего трафика сети.

В CIN, назначение приоритета трафика может оказаться полезной для сокращения времени на передачу и подтверждение приема при использовании режима PSP путем назначения приоритета потокам DEPI, содержащим сообщения MAP, до потоков, содержащих другие типы данных. Данную схему можно расширить, добавляя уровни приоритета (например, для голоса против наилучших полученных данных), если Ядро M-CMTS и EQAM поддерживают требуемое число потоков PSP. В режиме MPT использовать данный подход невозможно, поскольку все данные для заданного канала QAM, вне зависимости от типа или приоритета, передаются в одном потоке.

Если по CIN также идет передача трафика не-DEPI, можно сократить задержки DEPI, назначая более высокий приоритет DEPI. Однако это повлечет за собой увеличение задержки пакетов не-DEPI. Оператор должен тщательно рассмотреть последствия этого.

## **I.7 Инерционность очередности в потоке данных DEPI**

DEPI требует, чтобы Ядро M-CMTS регулировало свою скорость на выходе так, чтобы она была сопоставима со скоростью выхода RF EQAM. Если тракт между двумя устройствами имеет фиксированную задержку (т. е. нулевое дрожание), данные DEPI, прибывающие на EQAM будут немедленно переданы по сети HFC. В действительности, в реальном тракте DEPI всегда присутствуют различные задержки (например, дрожание). Присутствие дрожания на данном тракте требует организации очереди тракта внутри EQAM.

Рассмотрим простой пример включения одного потока DEPI в режиме MPT. Предположим, что отправка пакетов происходит в 1 Гбит/с сети Ethernet. Сам поток занимает только около 40 Мбит/с, и его скорость ограничена, поэтому между пакетами сети будет "пространство". Интервал в сети CIN между началом одного пакета и началом следующего пакета будет соответствовать такому же интервалу на выходе RF EQAM. Поскольку доставка каждого пакета от Ядра M-CMTS к EQAM выполняется с постоянной задержкой  $D$ , каждый пакет будет прибывать на EQAM как раз тогда, когда EQAM будет завершать передачу предыдущего пакета. Однако предположим, что при передаче одного пакета  $P_0$  появляется задержка больше обычной, равная  $D + J$ . Время в сети между данным пакетом и предыдущим (пакет  $P_{-1}$ ) увеличивается, а время между данным пакетом и следующим (пакет  $P_1$ ) сокращается (поскольку для  $P_1$  единственной задержкой является  $D$ ). Таким образом, EQAM завершает передачу  $P_{-1}$  до того, как прибывает  $P_0$ . Поскольку EQAM в данный момент не имеет данных DOCSIS для отправки, он должен пересылать пакеты MPEG Null до тех пор, пока не прибывает  $P_0$ . В этот момент EQAM должен завершить пакет MPEG Null, передача которого осуществляется в данный момент, и начать передачу  $P_0$ . Однако, поскольку время между  $P_0$  и  $P_1$  было сокращено,  $P_1$  прибывает на EQAM до того, как завершилась передача  $P_0$ . Теперь EQAM нужно организовать очередь пакета  $P_1$ , для которого появится задержка организации очереди  $J'$ , где:

$$J' = \text{верхнее значение } (J/T_{\text{MPEG}}), \text{ где } T_{\text{MPEG}} = \text{продолжительность одного пакета MPEG.}$$

Т. е. величина задержки, добавленной к  $P_0$  из-за дрожания в сети, округленная до границы следующего пакета MPEG. Кроме того, поскольку Ядро M-CMTS продолжает отправлять данные с точно такой же скоростью, как и выход RF EQAM, все последующие пакеты в потоке также будут испытывать задержку организации очереди  $J'$ . Для системы M-CMTS это может стать серьезной проблемой, поскольку даже если дрожание  $J$  появляется очень нечасто, когда оно появляется, дополнительная задержка организации очереди может сохраняться неопределенно долго.

Для того чтобы предотвратить данное неопределенно долгое сохранение очередности, DEPI требует, чтобы Ядро M-CMTS могло ограничивать скорость выхода до некоторой конфигурируемой части действительной скорости выхода данных EQAM. Это не устраняет задержек организации очереди, возникающих из-за событий дрожания, это позволяет EQAM, в совокупности, очищать очередь (путем передачи данных) быстрее, чем она заполняется.

Можно вычислить время  $T$ , требующееся для того, чтобы глубина очереди возвратилась к нулю после того, как событие дрожания увеличивает задержку одного пакета от  $D$  до  $D + J$ . Предположим, что CMTS ограничивает скорость до уровня  $r$ , который представляет собой некоторое "ограничивающее соотношение"  $\rho$  скорости выхода EQAM  $R$  (т. е.  $\rho = r/R$ ). В течение времени  $J'$ , CMTS отправит пакеты MPEG Null когда, если бы не произошло событие дрожания, оно бы получило от Ядра M-CMTS  $r$  битов данных и немедленно передало бы их сети  $J$ . Вместо этого данное число битов будет организовано в очередь внутри EQAM и, при возможности, передано, а затем удалено из очереди со скоростью  $R$ . Между тем данные продолжают прибывать, и будут добавляться в очередь со скоростью  $r$ . Таким образом, за интервал времени  $T$ , общий размер очереди снизится на  $T \cdot (R - r)$ . Размер очереди возвратится к нулю когда:

$$J' \cdot r = T \cdot (R - r)$$

В результате вычисления для  $T$  и выражения в единицах  $\rho$  (отношение, определенное в Ядре M-CMTS) получаем:

$$T = J' \cdot \rho / (1 - \rho)$$

Например, если дрожание сети при передаче одного пакета приводит к возникновению задержки организации очереди в 2 мс ( $J'$ ), а Ядро M-CMTS продолжает отправлять трафик со скоростью, равной 98% действительной скорости выхода EQAM, время на освобождение получающейся в результате очереди на EQAM составит (2 мс)  $[0,98/(1 - 0,98)]$ , или 98 мс. Это время сократится, если CMTS не имеет достаточно нисходящего трафика в этот период для "заполнения трубы" на 98% от номинала. И наоборот, если до истечения этого времени происходит еще одно событие дрожания, размер очереди снова внезапно увеличится. Влияние продолжительного дрожания не является аддитивным. Скорее организация самой продолжительной очереди будет равна самому продолжительному дрожанию. Если события дрожания сети происходят достаточно часто, а загрузка трафика остается относительно высокой, очередь никогда не очистится полностью.

Для работы MPT один поток содержит все данные DOCSIS для заданного канала QAM, включая сообщения MAP. Вычисление  $T$ , приведенное выше, может быть полезно при подсчете того, сколько сообщений MAP испытают увеличение задержки из-за события дрожания. Если интервал MAP обычно составляет 2 мс, тогда в течение времени  $T = 98$  мс, произойдет увеличение задержки 49 сообщений MAP в каждом восходящем канале в результате того, что каждое событие дрожания сети добавляет задержку  $J = 2$  мс одному пакету DEPI (вне зависимости от того, содержит пакет сообщение MAP или нет). Отметим, что данное вычисление может быть неточным, поскольку CMTS может изменять интервал MAP.

В зависимости от того, какой Допустимый пробный коэффициент ошибок MAP задала система CMTS (см. вычисления времени на передачу и подтверждение приема в Пункте I.3), модемы CM все еще могут пользоваться некоторыми из этих 49 сообщений MAP. Для вычисления их числа, можно вычесть заданный коэффициент ошибок из  $J$  и использовать результат для вычисления  $T$ , т.е. если коэффициент ошибок представлен  $\mu$ , тогда, когда происходит событие дрожания, добавляющее дрожание  $J$ , число сообщений MAP в каждом восходящем канале, которые задерживаются настолько, что могут быть потеряны, задается формулой:

$$\# \text{MAPs lost} = [(J - \mu) \cdot \rho / (1 - \rho)] / (\text{MAP interval})$$

В текущем примере, если система CMTS добавила 500 мкс Допустимого пробного коэффициента MAP к каждому MAP, очередь будет очищаться до момента, когда сообщения MAP используются модемами CMs после  $(J - 500 \text{ мкс}) \cdot [\rho / (1 - \rho)] = (1.5 \text{ мс}) (49) = 73,5$  мс. Если интервал MAP составляет 2 мс, только 37 сообщений MAP будут потеряны для каждого такого события дрожания сети, в противоположность 49 сообщениям MAP, которые были бы потеряны, если бы был введен нулевой коэффициент ошибок. Данные 37 потерянных сообщений MAP переводятся в  $(37 \cdot 2 \text{ мс}) = 74$  мс времени, в течение которого модемы CM не могут передавать.

Для того чтобы минимизировать число сообщений MAP, потерянных из-за дрожания сети, когда используется режим MPT, планировщику следует добавить коэффициент ошибок, достаточный, чтобы обеспечить требуемый уровень надежности, основываясь на описании CDF сети. Например, предположим, что данный коэффициент был установлен как 99,9999% от времени (т.е.  $1 - 10^{-6}$ ), задержка сети будет составлять менее  $D_1$ . Затем при создании MAP планировщик может добавить коэффициент ошибок  $D_1$ . Затем можно сказать, что событие, приводящее к потере MAP, будет происходить один раз на каждые отправленные  $10^6$  пакетов. При сравнительно большой загрузке нисходящего потока, например, 50000 пакетов в секунду, это приведет к "событию потери MAP" примерно каждые 20 секунд. Число MAP, потерянных для каждого события, и соответствующее время, в течение которого модемы CM не могут осуществлять передачу из-за потери сообщений MAP, будет зависеть от того, насколько действительная задержка превышает  $D_1$ . В предыдущем примере, если Допустимый пробный коэффициент ошибок MAP был установлен на значение 2 мс, чтобы подсчитать самое продолжительное дрожание CIN, тогда можно будет использовать все 49 сообщений MAP.

Результатом добавления коэффициента ошибок является увеличение времени на передачу и подтверждение приема системы на  $D_1$  для всех пакетов. Однако это помогает минимизировать негативное влияние часто теряемых сообщений MAP на систему.

## I.8 Режим PSP

DEPI предоставляет режим PSP в качестве способа уменьшения задержек CIN, влияющих на время на передачу и подтверждение приема. Режим PSP не сокращает задержку самой сети. Вместо этого он выделяет сообщения MAP в отдельный поток DEPI и для минимизации задержки в данном потоке использует назначение приоритетов трафика (см. п. I.6). Режим PSP также позволяет EQAM передавать сообщения MAP до данных DOCSIS с низким приоритетом, даже если данные с низким приоритетом уже были организованы в очередь внутри EQAM. Данные две модификации, в свою очередь, означают, что в режиме PSP:

- a) задержка сообщений MAP в сети происходит только из-за событий дрожания, непосредственно влияющих на пакеты, содержащие MAP; и
- b) сообщения MAP могут быть организованы в очередь только после других MAP (и, таким образом, будут задержаны). Таким образом, функция CDF для задержки сети для сообщений MAP в режиме PSP может показать значительно более низкие значения задержки, чем аналогичная функция CDF для режима MPT в той же сети.

Оператору следует подумать об использовании режима PSP, когда значение имеет влияние CIN на время на передачу и подтверждение приема системы. В частности, подумать об использовании режима PSP следует, если коэффициент ошибок, который нужно добавить к времени на передачу и подтверждение приема для того, чтобы получить достаточно низкий уровень потерянных сообщений MAP, неприемлемо высок. То, что составляет "неприемлемо высокий" коэффициент ошибок, зависит от многих факторов и может быть субъективным параметром. Например, система, в которой установка физически является короткой, имеет меньшую задержку кругового хода и поэтому может выдержать большие задержки CIN. В качестве другого примера можно привести установку, где требуются высокие показатели работы модема, однако присутствие трафика UGS или других факторов вынуждает использовать максимально маленький размер пакетного сигнала, и даже относительно небольшие задержки могут снизить показатели работы CIN.

В общем, очень небольшая сеть CIN (один или, возможно, два перехода коммутатора), вероятно, имеет слабое влияние на время на передачу и подтверждение приема системы. А сеть CIN, которая имеет много переходов, и/или в которой присутствует трафик не-DEPI, возможно, оказывает гораздо более сильное влияние на время на передачу и подтверждение приема системы. Для того чтобы точно предсказать действительное улучшение времени на передачу и подтверждение приема системы, которое может быть достигнуто путем использования режима PSP в заданной сети CIN, необходимо определить задержки данной CIN для различных DSCP.

## Дополнение II

### Начальное принятие и использование развертки устройств EQAM

До разработки Рекомендаций M-CMTS, устройства EQAM в существующих цифровых системах CATV HFC отвечали за функции обработки видео такие, как мультиплексирование и модуляция (QAM). Рекомендации M-CMTS дополнительно требуют, чтобы устройства EQAM поддерживали функциональные возможности DOCSIS.

Возможно, что определенные устройства EQAM обладают способностью поддерживать подмножество функциональных возможностей DOCSIS путем присоединения к частям Рекомендаций M-CMTS (включая DEPI). Данные устройства не будут считаться модуляторами EQAM, совместимыми с M-CMTS, тем не менее, они могут быть ценным компонентом стратегии перехода для операторов.

Разработка первых устройств EQAM M-CMTS, которые первыми появились на рынке, будут разделены на две категории. Первую категорию (катеорию А) составляют поставщики EQAM с существующими продуктами EQAM только видео (без поддержки DTI). Данные поставщики могут захотеть предложить своим клиентам тракт модернизации программного обеспечения для уже развернутых продуктов EQAM для поддержки связанных каналов DOCSIS, не содержащих информации по синхронизации (без сообщений SYNC). Вторую категорию (катеорию В) составляют поставщики EQAM, намеревающиеся предложить новые продукты EQAM, которые имеют аппаратное обеспечение полностью совместимое с M-CMTS, включая DTI, однако полная поддержка функций M-CMTS первоначально не предлагается. В обеих категориях добавление поддержки дополнительных функций M-CMTS, как правило, будет осуществляться посредством модернизации программного обеспечения при использовании фазового подхода.

#### II.1 Разработка EQAM: категория А (без DTI)

Поставщики, попадающие в Категорию А, будут предоставлять модернизацию программного обеспечения для того, чтобы уже существующие развернутые видео продукты EQAM поддерживали связанные каналы DOCSIS, не содержащие информации по синхронизации DOCSIS (без сообщений SYNC). Это предоставляет определенный уровень защиты инвестиций для операторов, имеющих уже развернутые продукты EQAM на месте. Данные модернизированные продукты EQAM не будут поддерживать DTI и, таким образом, не будут совместимы с M-CMTS, однако операторы могут использовать их при развертывании связывания каналов DOCSIS. Это позволит минимизировать число новых устройств EQAM, которые потребуются купить операторам при модернизации систем для достижения связывания каналов DOCSIS.

Фазы Модернизации для Категории А (без DTI):

- Фаза 1: S/W модернизация существующих "видео" EQAM, которые необходимо поддерживать {плоскость управления L2TP и режим MPT DEPI}
- Фаза 2: Добавление (к фазе 1) поддержки плоскости данных L2TP.
- Фаза 3: Добавление (к фазе 2) поддержки ERM1.

## **II.2 Разработка EQAM: категория В (с DTI)**

Поставщики, попадающие в Категорию В, сначала будут разрабатывать устройства EQAM, имеющие аппаратное обеспечение, обладающее потенциалом для полной совместимости с М-СМТС. Это аппаратное обеспечение главным образом включает в себя физическое аппаратное обеспечение интерфейса DTI. Затем поставщик разделит осуществление поддержки функций М-СМТС на фазы, предлагая модернизацию программного обеспечения. Это позволит операторам заранее покупать устройства EQAM М-СМТС, зная, что для того чтобы в конце концов достичь полной совместимости с М-СМТС, требуется только модернизация программного обеспечения. Модулятор EQAM с аппаратным обеспечением, совместимым с М-СМТС, будет поддерживать DTI, что позволит работать в режиме SCDMA или режиме ATDMA.

Фазы модернизации для Категории В (с DTI):

- Фаза 1: Поддержка DTI, плоскости управления L2TP, и режима MPT DEPI.
- Фаза 2: Добавление (к фазе 1) поддержки плоскости данных L2TP.
- Фаза 3: Добавление (к фазе 2) поддержки ERM1.
- Фаза 4: Добавление (к фазе 3) поддержки DEPI: режим PSP.

## **II.3 Допустимое фазирование характеристик М-СМТС**

Для того чтобы минимизировать время вывода нового изделия на рынок, поставщики EQAM, вероятно, будут добавлять поддержку функций системы М-СМТС, используя фазовый подход и предлагая модернизацию программного обеспечения. Для обеих вышеописанных категорий (А и В) путь модернизации программного обеспечения к полной совместимости с М-СМТС может быть очень похожим.

### **Разработка: Фаза 1**

Первоначальные продукты М-СМТС будут поддерживать плоскость управления L2TP и, вероятно, только режим MPT DEPI (без режима PSP DEPI). Модуляторы EQAM с аппаратным обеспечением DTI могут поддерживать или не поддерживать DTI. Если DTI не поддерживается, EQAM можно использовать только для видео приложений и/или поддержки связанных каналов DOCSIS без информации по синхронизации DOCSIS.

Требуется, чтобы плоскость управления L2TP позволяла ядру М-СМТС обеспечивать и конфигурировать EQAM, поэтому поддержка плоскости управления L2TP является обязательной. Предполагается, что плоскость управления L2TP можно разработать в программном обеспечении без изменений аппаратного обеспечения существующего "видео" EQAM или EQAM с аппаратным обеспечением, совместимым с М-СМТС.

Поддержка плоскости данных L2TP может потребовать поддержки аппаратного обеспечения или более глубокой разработки программного обеспечения, чем для плоскости управления L2TP. Поэтому вероятно, что поставщики EQAM будут откладывать поддержку плоскости данных L2TP до более поздних фаз. Существующие сетевые процессоры обычно не поддерживают L2TP, поэтому любая плоскость данных L2TP в первых продуктах EQAM потребует разработки программного обеспечения клиента. Также следует отметить, что ядро М-СМТС всегда будет включать в себя плоскость данных L2TP, но, поскольку уровни L2TP имеют фиксированную длину, первые продукты EQAM могут быть спроектированы таким образом, что при получении данных DEPI заголовки L2TP будут просто бегло просматриваться. В таком случае требуется, чтобы уровень UDP поддерживал маршрутизацию пакетов данных к соответствующим выходам канала QAM.

Вероятно, что первые устройства EQAM будут первоначально поддерживать режим MPT DEPI, но не режим PSP DEPI. В режиме MPT DEPI происходит поставка пакетов MPEG модулятору EQAM, кроме того, в EQAM требуется обработка, аналогичная обработке пакетов видео MPEG. Режим PSP DEPI требует, чтобы EQAM выполнял дополнительные функции такие, как сжимимость передачи (пакетизация MPEG) и вставка SYNC DOCSIS, поэтому, вероятно, введение данного режима будет отложено до более поздней фазы.

## **Разработка: Фаза 2**

Возможно, что следующим шагом (фаза 2) после предложения первоначальных продуктов EQAM, описанного выше в фазе 1, станет предложение поддержки плоскости данных L2TP. Поддержку плоскости данных L2TP можно осуществить, используя программное обеспечение или сетевые процессоры, поддерживающие L2TP, если они имеются в наличии. Использовать сетевые процессоры, поддерживающие L2TP, можно путем модернизации программного обеспечения и/или модернизации встроенного ПО FPGA, или могут потребоваться изменения аппаратного обеспечения.

## **Разработка: Фаза 3**

Поддержка интерфейса ERM1 M-CMTS также будет осуществляться посредством модернизации программного обеспечения. Система M-CMTS спроектирована таким образом, чтобы работать без ERM (без использования ERM1), полагаясь на плоскость управления L2TP и статичную конфигурацию системы. В таком случае ресурсы EQAM вручную (и статично) присваиваются Ядру M-CMTS. В результате поддержку ERM1 в EQAM можно отложить до более поздней фазы.

## **Разработка: Фаза 4**

Последней фазой разработки EQAM M-CMTS, вероятно, будет модернизация программного обеспечения для поддержки режима PSP DEPI. Режим PSP DEPI требует, чтобы модулятор выполнял особые функции DOCSIS такие, как сжимимость передачи (пакетизация MPEG) и вставка SYNC DOCSIS. Кроме того, обработка плоскости данных для режима PSP является более сложной, чем для режима MPT. Сложность заключается в том, что в режиме PSP требуется поддержка блоков PDU переменного размера с большим числом кадров DOCSIS на PDU. В результате вероятно, поставщики EQAM будут предлагать поддержку режима PSP DEPI на более поздних или последних фазах разработки. Режим PSP DEPI будет поддерживаться только теми продуктами EQAM, поддерживающими DTI (продукты EQAM категории B).

## **II.4 Дополнительный уровень UDP**

Уровень UDP не является обязательным в L2TP. Желательно использовать протокол L2TP без уровня UDP, поскольку L2TP имеет встроенные механизмы (идентификаторы сеанса) для связывания данных полезной нагрузки с функциями программного обеспечения, аналогичного использованию порта UDP. Если два устройства, полностью поддерживающие L2TP, взаимодействуют друг с другом (используя L2TP), нет необходимости использовать уровень UDP ниже уровня L2TP, поскольку поле идентификатора сеанса выполняет необходимую функцию маршрутизации данных. Если одно из устройств не поддерживает L2TP в плоскости данных, уровень UDP может использоваться для выполнения функции маршрутизации данных.

Поскольку готовые сетевые процессоры, поддерживающие L2TP, вероятно, не будут доступны, когда поставщики EQAM начнут разработку M-CMTS, первые продукты EQAM, скорее всего, не будут поддерживать L2TP в плоскости данных. В результате, первые продукты EQAM, возможно, будут использовать уровень UDP для выполнения функции маршрутизации данных, поскольку существующие сетевые процессоры способны анализировать пакеты до транспортного уровня аппаратного обеспечения включительно.

В конечном счете, если/когда сетевые процессоры, поддерживающие L2TP, станут доступными, или, в качестве альтернативы, поставщики EQAM разработают поддержку уровня L2TP в плоскости данных, устройства, взаимодействующие через L2TP, при желании смогут прекратить использовать уровень UDP.







## 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
<b>Серия J</b>	<b>Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов</b>
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