

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

J.212

(11/2006)

J系列：有线网络和电视、声音节目以及其它多媒体信号的
传输

用于数字电视发送的互动系统

**用于模块化电缆调制解调器终端系统的下行外部物理
层接口**

ITU-T J.212建议书

ITU-T



国际电信联盟

ITU-T J.212建议书

用于模块化电缆调制解调器终端系统的下行外部物理层接口

摘 要

本建议书规定了一个被称为下行外部 PHY 接口 (DEPI) 的接口以及关于“M-CMTS 核心”与 EQAM 之间下行用户数据传输的相关协议要求。它描述了 DEPI 接口的特性, 提出了 M-CMTS 核心和 EQAM 必须达到的要求, 也描述了在采用 M-CMTS 体系结构实现和配置 DOCSIS 系统中涉及各个方面的技术问题。

来 源

ITU-T 第 9 研究组 (2005-2008) 按照 ITU-T A.8 建议书规定的程序, 于 2006 年 11 月 29 日批准了 ITU-T J.212 建议书。

前 言

国际电信联盟（ITU）是从事电信领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属 ITU-T 研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其它一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其它机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联尚未收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此特大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局（TSB）的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2007

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目 录

页码

1	范围	1
2	参考文献	2
2.1	规范性参考文献	2
2.2	资料性参考文献	2
2.3	参考文献获取	3
3	术语和定义	3
4	缩写词、首字母缩略语和惯例	6
4.1	缩写词和首字母缩略语	6
4.2	惯例	8
5	技术方面的概述	9
5.1	系统体系结构	9
5.2	捆绑服务模型	13
5.3	多服务模型	13
6	DEPI 体系结构	14
6.1	DEPI 数据通路	14
6.2	联网考虑因素	18
6.3	系统定时考虑因素	20
7	DEPI 控制层面	20
7.1	拓扑	21
7.2	寻址	21
7.3	控制报文格式	23
7.4	信令	27
7.5	AVP 定义	33
8	DEPI 转发层面	47
8.1	L2TPv3 传输数据包格式	47
8.2	DOCSIS MPT 模式	50
8.3	PSP 模式	51
8.4	DEPI 等待时间测量 (DLM) 子层报头	52
8.5	M-CMTS 核心输出速率	53
附件 A	— DEPI MTU	54
A.1	L2TPv3 底层有效载荷大小	54
A.2	DEPI 的最大帧长	54
A.3	路径 MTU 发现	55
附件 B	— 参数和常数	55
附录一	— DEPI 和 DOCSIS 系统性能	56
I.1	引言	56
I.2	往返时间和性能	56

	页码
I.3 往返时间组成部分	56
I.4 CIN 特性	58
I.5 网络元素中的排队时延	59
I.6 业务优先化和网络时延	60
I.7 DEPI 流中的排队持续时间	60
I.8 PSP 模式	62
附录二 — EQAM 设备的早期采用和发展使用	63
II.1 EQAM 开发: A 类 (无 DTI)	63
II.2 EQAM 开发: B 类 (有 DTI)	64
II.3 可能的 M-CMTS 特征阶段	64
II.4 可选的 UDP 层	65

用于模块化电缆调制解调器终端系统的下行外部物理层接口

1 范围

本建议书是 DOCSIS[®]建议书族的一部分，该建议书族为符合 DOCSIS 的头端部件定义了一个模块化电缆调制解调器终端系统（M-CMTS[™]）体系结构。

DOCSIS 建议书[J.122] 规定了关于组成高速电缆数据系统的两个基本部件的要求：电缆调制解调器（CM）和电缆解调解调器终端系统（CMTS）。考虑到灵活性和某些 CMTS 功能的独立度量，以及允许经营者更加有效地使用可以获得的网络资源，把 M-CMTS 体系结构设计成对 DOCSIS 建议书的扩展。

M-CMTS 结构的一个关键组成部分是把下行物理层 QAM 调制和上变频功能从 CMTS 中分离出来，把该项功能安排在一个“边界 QAM”（EQAM）设备中。这种分离允许开发同时支持视频和 DOCSIS 的 EQAM 产品，从而允许经营者利用相同的网络资源支持多种类型的服务，例如数据、话音和视频。

本建议书定义了一个被称作为下行外部物理层接口（DEPI）的接口以及关于“M-CMTS 核心”与 EQAM 之间下行用户数据传输的协议要求，它描述了 DEPI 接口的特性，提出了 M-CMTS 核心和 EQAM 必须达到的要求，也描述了采用 M-CMTS 体系结构实现和配置 DOCSIS 系统涉及到的各个方面的技术问题。

在 M-CMTS 体系结构内，有两种不同的主时钟频率选项可以使用，第一个选项，在美国、欧洲和其它地区使用的 10.24 MHz 主时钟，第二个选项，在日本使用的 9.216 MHz 主时钟。遵循本建议书要求符合这些实现方式中的一种，而不是两种。不要求针对某一个选项制造的设备应与针对另一个选项制造的设备互操作。

下面列出了模块化 CMTS 接口建议书族中的一系列文档。

标 号	标 题
J.212	下行外部 PHY 接口
J.211	DOCSIS 定时接口
CM-SP-ERMI	边界资源管理程序接口，CM-SP-ERMI-I02-051209，2005 年 12 月 9 日，有线电视实验室有限公司。
CM-SP-M-OSSI	M-CMTS 运行支持系统接口，CM-SP-M-OSSI-I02-051209，2005 年 12 月 9 日，有线电视实验室有限公司。

2 参考文献

2.1 规范性参考文献

下列 ITU-T 建议书和其他参考文献的条款，在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其它参考文献均会得到修订，本建议书的使用者应查证是否有可能使用下列建议书或其它参考文献的最新版本。当前有效的 ITU-T 建议书清单定期出版。本建议书引用的文件自成一体时不具备建议书的地位。

- [H.222.0] ITU-T Recommendation H.222.0 (2006) | ISO/IEC 13818-1:2007, *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems*.
- [J.83] ITU-T Recommendation J.83 (1997), *Digital multi-programme systems for television, sound and data services for cable distribution*.
- [J.122] ITU-T Recommendation J.122 (2002), *Second-generation transmission systems for interactive cable television services – IP cable modems*.
- [J.210] ITU-T Recommendation J.210 (2006), *Downstream RF interface for Cable Modem Termination Systems*.
- [J.211] ITU-T Recommendation J.211 (2006), *Timing interface for Cable Modem Termination Systems*.
- [IANA-PORTS] IANA (2004), *Port Numbers*.
- [IEEE-802.1Q] IEEE Std 802.1Q-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Virtual Bridged Local Area Networks*.
- [IEEE-802.3] IEEE Std 802.3-2005, *IEEE Standard for information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection (CSMA/CD) Access Method And Physical Layer Specification*.
- [RFC-IP] IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol – DARPA Internet Program – Protocol specification*.
- [RFC-L2TP-DSCP] IETF RFC 3308 (2002), *Layer Two Tunnelling Protocol (L2TP) Differentiated Services Extension*.
- [RFC-L2TPv3] IETF RFC 3931 (2005), *Layer Two Tunnelling Protocol – Version 3 (L2TPv3)*.
- [RFC-MTU] IETF RFC 1191 (1990), *Path MTU Discovery*.
- [RFC-PHBID-AF] IETF RFC 2597 (1999), *Assured Forwarding PHB Group*.
- [RFC-PHBID-EF] IETF RFC 3246 (2002), *An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behaviour)*.
- [RFC-UDP] IETF RFC 768 (1980), *User Datagram Protocol*.

2.2 资料性参考文献

- [DVB-RF] ETSI EN 300 429 V1.2.1 (1998), *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems*.

[ERMI]	<i>Edge Resource Manager Interface</i> , CM-SP-ERMI-I02-051209, 9 December 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
[ISO 8802-2]	ISO/IEC 8802-2:1998 (IEEE Std 802.2:1994) – <i>Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 2: Logical link control</i> .
[MOSSI]	<i>DOCSIS M-CMTS Operations Support Interface</i> , CM-SP-M-OSSI-I02-051209, 9 December 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
[RFC-DSCP-1]	IETF RFC 2983 (2000), <i>Differentiated Services and Tunnels</i> .
[RFC-DSCP-2]	IETF RFC 3260 (2002), <i>New Terminology and Clarifications for Diffserv</i> .
[VCCV]	IETF draft-ietf-pwe3-vccv-12.txt, <i>Pseudo Wire Virtual Circuit Connectivity Verification (VCCV)</i> , January 2007.

2.3 参考文献获取

- Cable Television Laboratories, Inc., Internet: <http://www.cablelabs.com/>;
<http://www.cablemodem.com/specifications/>
- The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, Internet: <http://standards.ieee.org>
- Internet Engineering Task Force (IETF), Internet: <http://www.ietf.org>
- Internet Assigned Numbers Authority, IANA, Internet: <http://www.iana.org>
- European Telecommunications Standards Institute, ETSI, <http://www.etsi.org>

3 术语和定义

本建议书定义了下列术语：

- 3.1 bonded channels 捆绑的信道：**由多个独立信道组成的一个逻辑信道。
- 3.2 cable modem (CM) 电缆调制解调器 (CM)：**有线电视系统中为传输数据信息应用而设计的、位于在用户所在地的调制解调器。
- 3.3 converged interconnect network 会聚的互连网络：**连接 M-CMTS 核心到 EQAM 的网络（通常为吉比特以太网）。
- 3.4 customer premises equipment (CPE) 客户住所设备 (CPE)：**在终端用户住所的设备；可能由服务提供商提供。
- 3.5 data rate 数据速率：**吞吐量，单位时间内传输的数据，通常以比特每秒 (bit/s) 计。
- 3.6 decibels (dB) 分贝 (dB)：**两个功率电平的比，数学上表示为 $dB = 10 \log_{10}(P_{OUT}/P_{IN})$ 。
- 3.7 decibel-millivolt (dBmV) 分贝 — 毫伏 (dBmV)：**单位 RF 功率，用分贝相对于 1 毫伏表示，这里 $dBmV = 20 \log_{10}$ (以 mV/1 mV 计的数值)。
- 3.8 downstream (DS) 下行 (DS)：**
- 1) 从 CMTS 到 CM 的传输，这包括从 M-CMTS 核心到 EQAM 的传输，以及从 EQAM 到 CM 的 RF 传输。
 - 2) 用于把信号从电缆经营者的头端或者集线器位置传输到用户所在地的 RF 频谱。
- 3.9 edge QAM modulator (EQAM) 边界 QAM 调制器 (EQAM)：**接收数字视频或数据包的头端或者集线器设备，它把视频或者数据重新打包成 MPEG 传输流，采用正交幅度调制 (QAM) 把数字传输流数字式调制到下行 RF 载波上。

- 3.10 flow 流:** DEPI 中用于把某一优先级的数据从 M-CMTS 传输到 EQAM 的一个特殊 QAM 信道的一连串数据包。PSP 运行中, 每个 QAM 信道可以存在多个流。
- 3.11 GigE (GE):** 吉比特以太网 (1 Gbit/s)。
- 3.12 hybrid fibre/coax (HFC) system 混合光纤/同轴电缆 (HFC) 系统:** 宽带双向媒质共享传输系统, 在头端和光纤节点之间采用光纤干线, 从光纤节点到用户所在地分布同轴电缆。
- 3.13 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 电气和电子工程师学会 (IEEE):** 一个自发性组织, 除了其它事情以外, 发起建立标准委员会, 得到美国国家标准学会 (ANSI) 的认可。
- 3.14 Internet Engineering Task Force (IETF) 国际互联网工程任务组 (IETF):** 一个团体, 除了其它事情以外, 负责逐步提出国际互联网使用的标准。
- 3.15 Internet Protocol (IP) 网际协议 (IP):** 国际互联网网络层协议。
- 3.16 L2TP access concentrator (LAC) L2TP 访问集中器 (LAC):** 如果 L2TP 控制连接端点 (LCCE) 用于把一个 L2TP 会话直接地交叉连接至一个数据链路, 则我们把它称作 L2TP 访问集中器 (LAC)。LCCE 可能既作为某些会话的 L2TP 网络服务器 (LNS), 又作为其它会话的 LAC, 因而这些术语必须只在指定的会话组范围内使用, 除非对于一个指定的拓扑 LCCE 实际上用途单一。
- 3.17 L2TP attribute value pair (AVP) L2TP 属性值对 (AVP):** L2TP 的长度可变的连接串, 包括唯一的属性 (用一个整数表示)、长度字段和含有由属性确定的实际值的数值。
- 3.18 L2TP control connection L2TP 控制连接:** L2TP 控制连接是一个可靠的控制通道, 用于建立、保持和释放各个 L2TP 会话以及控制连接本身。
- 3.19 L2TP control connection endpoint (LCCE) L2TP 控制连接端点 (LCCE):** 存在于 L2TP 控制连接任何一端的 L2TP 节点, 根据隧道传输的帧是在数据链路 (LAC) 还是在网络服务器 (LNS) 进行处理, 该节点也可以被称作 LAC 或者 LNS。
- 3.20 L2TP control connection ID L2TP 控制连接 ID:** 控制连接 ID 字段包含控制连接的标识符, 一个 32 比特的数值。分配的控制连接 ID AVP, 属性类型为 61, 包含由发送者分配给这个控制连接的 ID。在控制连接的生存期内, 发送到对等实体的所有控制包的控制连接 ID 字段中都必须包含在 AVP 中指定的控制连接 ID。由于以特殊的方式使用数值为 0 的控制连接 ID, 因此不准把数值 0 作为一个分配的控制连接 ID 值发送。
- 3.21 L2TP control message L2TP 控制报文:** 控制连接使用的 L2TP 报文。
- 3.22 L2TP data message L2TP 数据报文:** 数据通道使用的 L2TP 报文。
- 3.23 L2TP endpoint L2TP 端点:** 作为 L2TP 隧道一端的节点。
- 3.24 L2TP network server (LNS) L2TP 网络服务器 (LNS):** 如果一个指定的 L2TP 会话在 L2TP 节点被终止, 且封装的网络层 (L3) 数据包在一个虚拟接口上进行处理, 则我们把这个 L2TP 节点称作一个 L2TP 网络服务器 (LNS)。一个指定的 LCCE 可能既作为某些会话的 LNS, 又作为其它会话的 LAC, 因而这些术语必须只在指定的会话组范围内使用, 除非对于一个指定的拓扑 LCCE 实际上用途单一。
- 3.25 L2TP pseudowire (PW) L2TP 伪线 (PW):** 一条穿过分组交换网络的模拟电路, 每个 L2TP 会话都有一条伪线。

- 3.26 L2TP pseudowire type L2TP 伪线类型:** 在一个 L2TP 会话内被传送的有效载荷的类型, 例子包括 PPP、以太网和帧中继。
- 3.27 L2TP session L2TP 会话:** L2TP 会话是两个 LCCE 之间为了交换参数和保持一个模拟的 L2 连接而建立的一个实体, 多个会话可以同单个控制连接相关联。
- 3.28 L2TP session ID L2TP 会话 ID:** 一个 32 比特的字段, 包含会话的非零标识符。L2TP 会话用只具有本地有效性的标识符命名, 就是说, 相同的逻辑会话在其生命期内, 将被控制连接的各端赋予不同的会话 ID。当 L2TP 控制连接用于会话建立时, 在会话建立期间, 会话 ID 经过挑选并作为本地会话 ID AVP 进行交换。会话 ID 单独地提供所有进一步包处理必需的环境, 包括 Cookie 的存在、大小和数值, L2 特有子层的类型、采用隧道传输的有效载荷的类型。
- 3.29 MAC domain MAC 域:** 一组相互之间可以不使用桥接或者路由选择就进行通信的第 2 层设备。在 DOCSIS 中, 它是采用上行和下行信道通过 MAC 转发实体连接在一起的 CM 组。
- 3.30 maximum transmission unit (MTU) 最大传输单元 (MTU):** 第 2 层帧的第 3 层有效载荷。
- 3.31 media access control (MAC) 媒质访问控制 (MAC):** 通常指系统第 2 层组成部分, 将包括 DOCSIS 成帧和信令。
- 3.32 modulation error ratio (MER) 调制误差比 (MER):** 平均符号功率与平均误差功率的比。
- 3.33 physical media dependent (PMD) sublayer 物理媒质有关的 (PMD) 子层:** 物理层的一个子层, 该子层与通过开放系统之间特殊类型的传输链路发送比特或者比特组有关, 承担着电气、机械和接续过程。
- 3.34 QAM channel (QAM ch) QAM 信道 (QAM ch):** 采用正交幅度调制 (QAM) 传输信息的模拟 RF 信道。
- 3.35 quadrature amplitude modulation (QAM) 正交幅度调制 (QAM):** 一种调制技术, 在这种调制中, 模拟信号的幅度和相位发生变化以便传输信息, 例如数字数据。
- 3.36 radio frequency (RF) 射频 (RF):** 在有线电视系统中, 指的是 5 至 1000 MHz 范围内的电磁信号。
- 3.37 radio frequency interface (RFI) 射频接口 (RFI):** 包括下行和上行射频接口的术语。
- 3.38 request for comments (RFC) 征求意见 (RFC):** IETF 的技术策略文档; 这些文档可以访问万维网 <http://www.rfc-editor.org/>。
- 3.39 session 会话:** 从 M-CMTS 到 QAM 信道的 L2TP 数据平面连接, 每个 QAM 信道必须有一个会话, 每个会话有一个 DEPI 伪线类型, 每个会话可能会有一个 MPT 流或者一个或多个 PSP 流, 多个会话可以绑定到一个控制连接上。
- 3.40 StopCCN:** L2TPv3 停止控制连接通知报文。
- 3.41 upconverter 上变频器:** 用于改变模拟信号频率范围的设备, 通常把本地振荡器频率变换到 RF 发射频率。
- 3.42 upstream (US) 上行 (US):**
- 1) 从 CM 到 CMTS 的传输, 这包括从 EQAM 到 M-CMTS 核心的传输, 以及从 CM 到 EQAM 的 RF 传输。
 - 2) 用于将信号从用户所在地发送到电缆经营者的头端或者集线器位置的 RF 频谱。

3.43 upstream channel descriptor (UCD) 上行信道描述符 (UCD) : 用于把上行物理层的特性传送到电缆调制解调器的 MAC 管理报文。

3.44 video-on-demand (VoD) system 点播电视 (VoD) 系统: 使个人能够通过交互式电视系统选择和观看网络上的视频内容的系统。

4 缩写词、首字母缩略语和惯例

4.1 缩写词和首字母缩略语

本建议书采用了下列缩写:

ACK	L2TPv3 明确的确认报文
AVP	L2TPv3 属性值对
CDN	L2TPv3 呼叫断开通知报文
CIN	会聚的互连网络
CLI	命令行接口
CM	电缆调制解调器
CMCI	电缆调制解调器到 CPE 接口
CMTS	电缆调制解调器终端系统
CPE	客户住所设备
CRC	循环冗余检验
CRC-16	长度为 16 位的 CRC
CSMA	载波监听多路访问
DEPI	下行外部 PHY 接口
DOCSIS	电缆数据服务接口规范
DOCSIS-MPT (D-MPT)	DOCSIS MPT 模式
DRFI	下行射频接口
DS	下行
DSCP	差别服务码点
DTI	DOCSIS 定时接口
DTS	DOCSIS 时戳, 32 比特
EQAM	边界 QAM
ERM	边界资源管理程序
ERMI	边界资源管理程序接口
ETSI	欧洲电信标准学会
FQDN	正式域名
GE	吉比特以太网 (GigE)
HELLO	L2TPv3 呼叫报文
HFC	混合光纤/同轴电缆
ICCN	L2TPv3 呼入已连接报文

ICRP	L2TPv3 呼入应答报文
ICRQ	L2TPv3 呼入请求报文
IEEE	电气和电子工程师学会
IETF	国际互联网工程任务组
IP	网际协议
IPv4	IP 版本 4
ISO	国际标准化组织
ITU	国际电信联盟
ITU-T	国际电信联盟-电信标准化部门
L2TP	第 2 层传输协议
L2TPv3	第 2 层传输协议-版本 3
L3	第 3 层
LAC	L2TP 访问集中器
LCCE	L2TP 控制连接端点
LNS	L2TP 网络服务器
LSB	最低有效位
M/N	整数 M、N 之间的关系，代表下行符号时钟频率与 DOCSIS 主时钟频率的比
MAC	媒质访问控制
M-CMTS	模块化电缆调制解调器终端系统
MER	调制误差比
MIB	管理信息库
MPEG	移动图像专家组
MPEG-TS	移动图像专家组传输流
MPT	DEPI 的 MPEG-TS 模式
MPTS	多个节目传输流
MSB	最高有效位
MTU	最大传输单元
OSSI	运行支持系统接口
PCR	节目时钟参考。在视频传输流中的时戳，解码器定时取自这个时戳。
PHY	物理层
PID	包标识符；PID（系统）：在单个或多个节目传输流中用来标识基本节目流的一个唯一整数，如[H.222.0 ISO 13818-1]的第 2.4.3 节所示。
PMD	物理媒质有关的子层
PPP	点到点协议

PSI	节目特定信息
PSP	包流动协议
PW	伪线
QAM	正交幅度调制
RF	射频
RFC	征求意见
RFI	射频接口
SCCCN	L2TPv3 开始控制连接已连接报文
SCCRP	L2TPv3 开始控制连接应答报文
SCCRQ	L2TPv3 开始控制连接请求报文
S-CDMA	同步码分多址
SLI	L2TPv3 建立链路信息报文
SPTS	单个节目传输流
StopCCN	L2TPv3 停止控制连接通知报文
TSID	MPEG2 传输流 ID
UCD	上行信道描述符
UDP	用户数据报协议
US	上行
VoD	点播电视

4.2 惯例

本建议书中，下列惯例在任何时候都适用于显示为一个数字的位字段，位字段应理解成从左至右、再从上往下读数，MSB 是这样读数的第一位，LSB 是这样读数的最后一位。

本建议书全篇使用的、指示具体要求重要性程度的词采用大写字母拼写，这些词是：

“务必 (MUST)” 这个词或形容词“必需的”意指：该条款是本建议书的绝对要求。

“绝不 (MUST NOT)” 这个词组意指：该条款是本建议书的绝对禁令。

“应该 (SHOULD)” 这个词或形容词“建议的 (RECOMMENDED)”意指：在实际环境中有可能存在正当的理由对这一条款不予理会，但是，在选择不同的做法之前应充分理解全部含义和小心权衡理由。

“不应 (SHOULD NOT)” 这个词组意指：在实际环境中有可能存在正当的理由，这时所列举的行为是可接受的或者甚至是可用的。但是，在执行用这个标记描述的任何行为之前，应充分理解全部含义和小心权衡理由。

“可以 (MAY)” 这个词或形容词“可选的 (OPTIONAL)”意指：这一条款是真正可选的。例如，某个厂家可以选择含有该条款，因为实际市场需要它或因为它能提高产品价值；而另外的厂家可以忽略同样的条款。

5 技术方面的概述

本节是资料性的。

5.1 系统体系结构

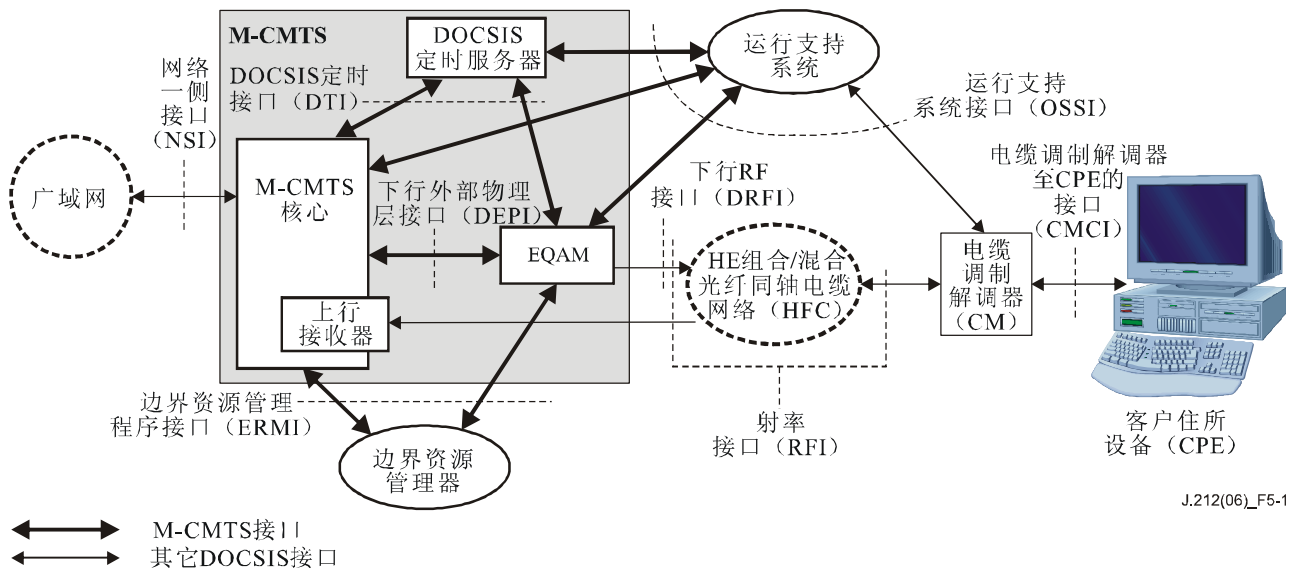


图 5-1/J.212—模块化CMTS参考体系结构

在 M-CMTS 体系结构中，被称为 M-CMTS 核心的设备包括 DOCSIS MAC，这包含所有的信令功能、下行带宽调度和 DOCSIS 成帧。EQAM 方框主要包括与 PHY 有关的电路，例如，QAM 调制器，以及连接至 M-CMTS 核心的隧穿逻辑电路。

5.1.1 参考体系结构

模块化 CMTS 参考体系结构如图 5-1 所示，这个体系结构包括一些设备以及这些设备之间的接口，本节将简要地介绍各个设备和接口。

边界 QAM 设备，或者简称 EQAM，起源于 VoD 环境，该设备典型地具有一个或多个吉比特以太网接口、多个 QAM 调制器和 RF 上变频器。这个 EQAM 要适用于模块化 CMTS 环境，这些设备的各个输出通常被称作 QAM 信道，而不是“QAM 调制器和 RF 上变频器”的组合。

M-CMTS 核心除了在 EQAM 中完成的功能以外，包括传统 CMTS 做的所有事情。M-CMTS 核心包含下行 MAC、所有的初始化以及与运行 DOCSIS 有关的软件。

如图所示的是位于 M-CMTS 核心内部的 DOCSIS 上行信道的上行接收器，然而，也可采用专有的外部上行接收器接口来实现模块化 CMTS。将来，可以在 M-CMTS 核心和外部上行接收器之间定义一个接口。

DOCSIS 定时接口 (DTI) 服务器为其它 M-CMTS 部件提供了一个公用的主时钟和一个 DOCSIS 时戳。

DEPI，下行外部 PHY 接口，是 M-CMTS 核心和 EQAM 之间的接口，更准确地说，在既包含用于 DOCSIS 帧的数据信道，又包含用于建立、保持和断开会话的控制信道的模块化 CMTS 系统中，它是 MAC 和 PHY 之间的一个 IP 隧道。

DRFI, 或者下行射频接口, 想要该接口达到当前和将来关于综合 DOCSIS CMTS 系统、模块化 DOCSIS CMTS 系统和 VoD EQAM 系统下行方向的所有 RF 要求。

DTI, 或者 DOCSIS 定时接口, 是从 DTI 服务器到其它 M-CMTS 部件的一个点到点的接口。DTI [J.211] 建议书定义了 DTI 服务器、DTI 客户端行为和协议。DTI 服务器是定时信号发生器, 而每个 M-CMTS 核心和 EQAM 都有一个 DTI 客户端, DTI 服务器通过非屏蔽双绞线 (UTP) 分发 DOCSIS 主时钟和 DOCSIS 时戳。DTI 协议自动地对电缆长度进行补偿, 确保所有的 M-CMTS 部件都具有相同的时间感知和频率感知。

ERMI, 或者边界资源管理程序接口 [ERMI], 包括三个接口: EQAM 和 ERM (边界资源管理程序) 之间的注册接口, EQAM 和 ERM 之间的控制接口, M-CMTS 核心和 ERM 之间的控制接口。第一个接口用于注册和注销 ERM 的 EQAM 资源 (即 QAM 信道), 第二个接口被 ERM 用于向 EQAM 申请 QAM 信道资源, 以及被 EQAM 用于向 ERM 释放资源, 第三个接口被 M-CMTS 核心用于向 ERM 申请特殊的 QAM 信道资源, 以及被 ERM 用于以 QAM 信道资源的位置对这样的申请做出响应。

MOSSI, 或者模块化 CMTS 运行支持系统接口 [MOSSI], 提供了到各个系统部件的管理接口, 这个接口是对 DOCSIS 建议书为监控 CMTS 管理功能而定义的 OSSSI 接口的扩展, 这个接口可以代替 ERM 和 ERMI, 用于静态配置 QAM 信道资源、把 QAM 信道资源同 M-CMTS 核心相关联, 这个接口允许 M-CMTS 核心或者 EQAM 修改 QAM 信道的物理层参数, 并提供一种机制, 通过这种机制经营者可以把某些参数“锁定”在 EQAM, 这样它们只能在那里进行修改。本建议书规定了把这些参数传输到另一端的机制。

NSI, 或者网络一侧接口, 该接口没有变化, 是 CMTS 连接主干网的物理接口。目前, 这个接口典型地是 100 Mbit/s 或者 1 Gbit/s 以太网接口。

CMCI, 或者电缆调制解调器到客户住所的接口, 该接口也没有变化, 典型地为 10/100 Mbit/s 以太网接口或者 USB 接口。

5.1.2 DEPI 运行

DEPI 是存在于 M-CMTS 核心中的 DOCSIS MAC 和 EQAM 中的 DOCSIS PHY 之间的一个 IP 隧道。DEPI 的任务是获取格式化的 DOCSIS 帧或者 MPEG 包, 传送它们穿过网络的第 2 层或第 3 层, 把它们分发到 EQAM 以便传输。

用于 DEPI 的基础协议是第 2 层的隧穿协议版本 3, 或简称 L2TPv3 的 [RFC-L2TPv3]。L2TPv3 为 IETF 协议, 是一种用于建立伪线的协议, 伪线是一种经过网络第 3 层透明传送第 2 层协议的机制。L2TPv3 支持的协议实例包括 ATM、HDLC、以太网、帧中继、PPP 等。

第 8.1 节“L2TPv3 传输包格式”显示了 L2TPv3 数据包的格式, 每个数据包包含 32 比特的、与 EQAM 中的一个 QAM 信道相关联的会话 ID。在 L2TPv3 协议中, UDP 报头是可选的。在 DEPI 协议中, 要求 EQAM 和 M-CMTS 核心都支持在控制层面和转发层面 (见第 7.3 节) 中包含 UDP 报头的的能力。在没有 UDP 报头的情况下对 DEPI 运行的支持对于 EQAM 和 M-CMS 核心是可选的, 可以在双方都支持的情况下采用, 如第 7.3 节和第 8 节所示。

另外, L2TPv3 允许子报头继续存在, 其定义对于所传送的有效载荷是特定的。控制信道允许在 M-CMTS 核心和 EQAM 之间发送信令报文, 典型的控制报文将在 M-CMTS 核心和 EQAM 之间建立一个“控制连接”, 然后建立多个数据会话(每个下行 QAM 信道一个会话)。每个会话可以利用不同的 DiffServ 码点(DSCP), 并支持不同的封装协议。

DEPI 定义了两种基本的隧穿技术, 第一种技术, 称作 D-MPT 模式, 通过把多个 188 字节的 MPEG-TS 包连同包含一个序列号的独特子报头放入 L2TPv3 有效载荷中来传输它们, 这样数据包丢失可以被检测出, 在 M-CMTS 核心中完成把 DOCSIS 帧封装成 MPEG-TS 包。第二种技术, 称作包流动协议(PSP), 该技术在 L2TPv3 有效载荷中传送 DOCSIS 帧, DOCSIS 帧然后在 EQAM 内被封装成 MPEG-TS 包, PSP 模式既允许为了提高网络性能把 DOCSIS 帧级联起来, 又允许为了避免通过隧道传输的数据包超过了网络 MTU 大小能把 DOCSIS 帧进行分段。

模块化 CMTS 体系结构的一个技术上的考虑因素是它对往返请求—授权时延的影响, 请求—授权时延是从 CM 采用非竞争的带宽请求(REQ)申请带宽的时候起, 到它接收到含有授权的发送时机的 MAP 报文的时间。

为了防止 MAP 被 CIN 中的其它业务减慢速度, 可能会在一个独立的、具有一个唯一 DSCP 的 L2TPv3 流中发送 DOCSIS 业务(或者包含 MAP 报文的子集)。这个 DSCP 将具有为 MAP 提供最高优先级和最少等待时间服务的“每跳行为(PHB)”。

5.1.3 EQAM 运行

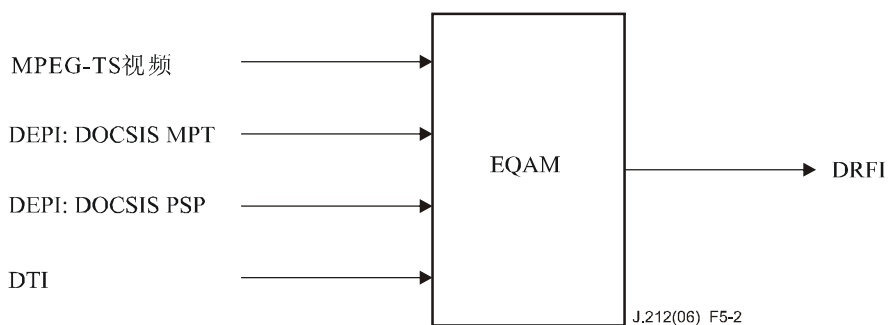


图 5-2/J.212—EQAM 方框图

图 5-2 所示的是能够处理视频 MPEG 业务或者 DOCSIS 业务的 EQAM 的高层次方框图。“D-MPT” 表达方式是 DOCSIS MPEG 传输的首字母缩略语。

显示的第一个接口是 VoD 传输。以 UDP/IP 的 MPEG 数据包格式接收 VoD SPTS 或 MPTS 流, 视频处理功能通常包括去抖动、再次复用 PID 重新映射、MPEG-2 PSI 插入和 PCR 时戳校正, 本建议书对这些功能未做规定。

下一组接口为 DEPI 接口。

定义的第一个接口是 D-MPT。在这种模式中，EQAM 必须在输入的 D-MPT 帧中搜索 DOCSIS SYNC 报文，并根据 EQAM 内部的、源自于 DTI 的 DOCSIS 时戳来纠正这些报文中的时戳数值，然后对最终的 D-MPT 帧不做进一步的注释或修改，将其复制到 QAM 信道。这种模式计划用于 DOCSIS 帧，在这里，MAP 被嵌入到流中，对于网络等待时间或者抖动不予以关注。

由于 D-MPT 模式把所有的 DOCSIS 业务封装成一个 DEPI 流，因此它没有考虑到经过 CIN 或者在 EQAM 内部不同类型业务的 QoS 差别。例如，当采用 D-MPT 模式时，相对于其它 DOCSIS 数据提高 MAP 的速度是不可能的。当由 CIN 和 EQAM 引入到 DEPI 数据包的时延和抖动被经营者限定到足够低时，这种模式仍然可能提供可以接受的性能。

某些网络条件和/或结构可能会减少网络时延和/或抖动，使 DOCSIS MPT 模式更加有可能提供可接受的系统性能。一些例子是：

- 跳点数目很少（如 1 或者 2 跳）的网络，特别是在这些跳点都是交换机（它引入的时延和抖动通常比路由器小）的情况下；
- 网络主要承担从 VoD 服务器到 EQAM 的视频业务，在这个网络上绝大部分的业务是视频，且容许优先考虑网络上的所有 DEPI 业务尤其是 VoD 业务；
- 网络负荷很轻，因而由拥塞引起的时延几乎不可能。

这样的情况可能存在于目前的 CIN 中。随着配置变得更加密集以及整个 IP 业务的增加，它们不大可能会出现。网络条件的评估和关于 DOCSIS MPT 模式可接受性能指标的判定属于经营者自行处理的范畴。

下一个接口是 DOCSIS PSP。这个接口采用分开的数据流传输 DOCSIS 数据和 MAP，这些数据流被 M-CMTS 核心汇集成一个统一的字节流，PSP 重新组装引擎去掉这个开销并恢复 DOCSIS 帧。然后 PSP 调度程序允许在数据和 SYNC 报文之前按次序放置 MAP。在 PSP 模式中，EQAM 产生所有的 SYNC 报文，详见第 6.1.1 节，然后其输出被传递给传输会聚层，该层把结果转换为 DOCSIS MPEG 流。

最后一个接口是 DTI 接口，该接口提供一个公用的频率和 DOCSIS 时戳，这个参考量用于同步供 DOCSIS 电缆调制解调器使用的下行符号速率和 DOCSIS 时戳，这个时戳用于 DOCSIS SYNC 校正。

EQAM 的输出包括传送视频和/或 DOCSIS 数据的 MPEG 数据帧流，按照 DRFI [J.210] 建议书，该输出被调制到 RF 载波。

5.2 捆绑服务模型

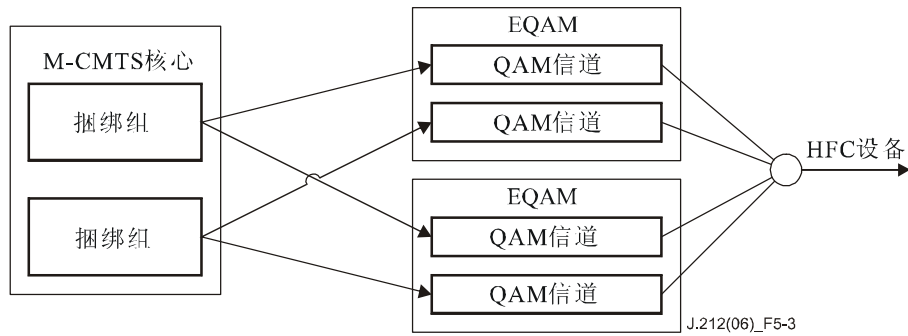


图 5-3/J.212—绑定服务模型

下行信道捆绑指的是通过多个 QAM 信道转发 DOCSIS 数据流。

模块化 CMTS 体系结构中，下行信道捆绑在 M-CMTS 核心中实现。在 M-CMTS 核心中，来自 IP 主干网的数据包被放置在 DOCSIS 帧中，然后这个 DOCSIS 帧被发送到一个捆绑组的数个 QAM 信道之一，数据帧可以采用 D-MPT 或者 PSP 进行传输。

在本系统中，EQAM 不知道正在进行捆绑，也不知道捆绑协议的任何细节。

5.3 多服务模型

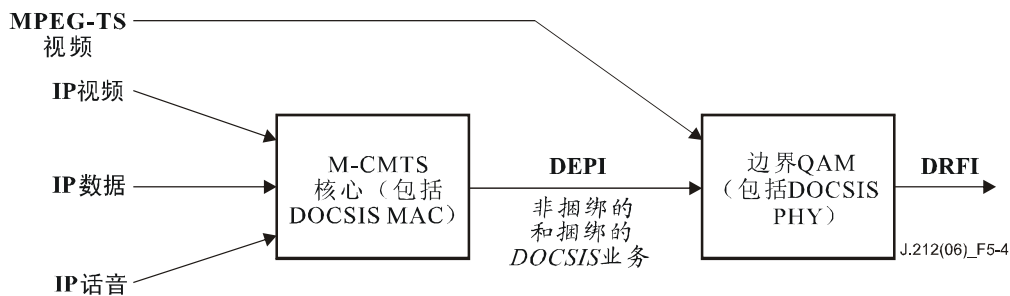


图 5-4/J.212—多服务模式

模块化 CMTS (M-CMTS) 体系结构反映的是合并点播电视 (VoD) 和高速数据 (HSD) 应用的工作，这项工作预期获得的效率比采用两个分离的传输网络输入到电缆设备可能取得效率要高。特别地，M-CMTS 工作已经重新分配了传统的 CMTS 体系结构，因此，VoD 环境和 HSD 环境所公用的传输技术将能够共享相同的 EQAM 设备。

在视频分发系统中，EQAM 用于把采用 MPEG-TS 格式的视频流分发到用户住所的机顶盒，这项功能今后将继续使用，并独立于在这里描述的其它处理运行。M-CMTS 体系结构增加了 HSD 服务专用的新接口，当从 M-CMTS 核心设备接收时，这些接口同时支持传统 DOCSIS 和多信道（捆绑的）DOCSIS 有效载荷。

M-CMTS 核心提供在基于 IP 的核心网络和 CIN 之间的网关功能，因而，M-CMTS 核心提供对于多种服务的支持——包括但不限于 IP 视频、IP 语音（VoIP）、电子邮件、游戏、视频电话等。

6 DEPI 体系结构

本节是规范性的。

6.1 DEPI 数据通路

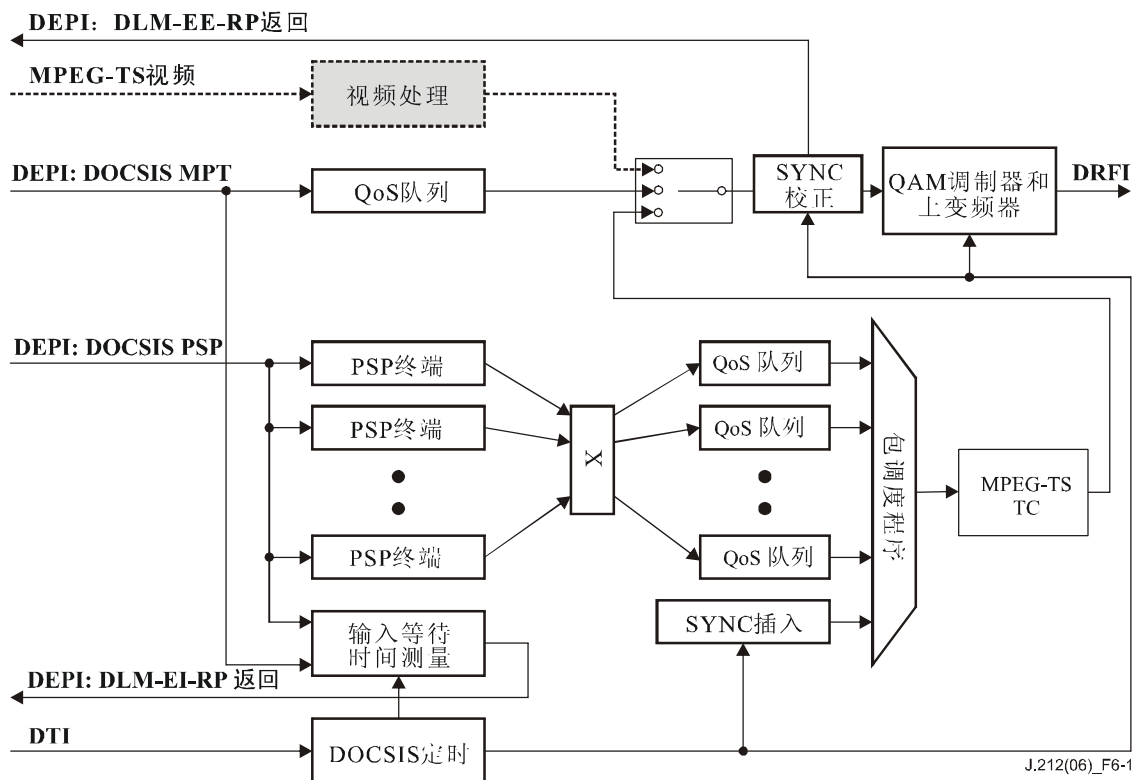


图 6-1/J.212 下行EQAM方框图

EQAM 内部数据通路的简化逻辑框图如图 6-1 所示。

得到认可但本建议书没有明确说明的是，EQAM 可以接收已经采用 MPEG 数据包封装、放置在 UDP 数据报中的非 DOCSIS MPEG 基本数据流。本建议书对这类传统 MPEG 视频的传输没有提出要求，然而，普遍接受的是，M-CMTS EQAM 设备也许（和很可能将）能够传输传统的 MPEG 视频（与 DOCSIS 业务轮流使用一个 QAM 信道，或者在同一个 EQAM 机箱内的一个分开 QAM 信道上）。

M-CMTS 核心务必支持 PSP 模式、D-MPT 模式或者这两种模式。EQAM 务必支持 PSP 模式、D-MPT 模式或者这两种模式。

在一个会话内，M-CMTS 核心务必支持一个优先级的 D-MPT 或者至少两个优先级的 PSP，每个优先级将会有一个不同的 DSCP。M-CMTS 核心务必提供一种机制把 DOCSIS 业务映射到多个优先级的 PSP。M-CMTS 核心绝不试图建立一个会话既包括 PSP 又包括 D-MPT 流。

在一个会话内，EQAM 务必支持一个优先级的 D-MPT 或者至少两个优先级的 PSP，每个优先级将会有一个不同的 DSCP。EQAM 不打算在一个会话内同时支持 D-MPT 和 PSP，务必拒绝建立这样一个会话的任何企图。每类 DEPI 的每一个优先级映射为一个或多个 DEPI 流，EQAM 务必支持为每个优先级建立一个 DEPI 流，EQAM 可能支持为每个优先级建立一个以上的 DEPI 流，各个流到优先级（QoS 队列）的映射是厂家特有的（见图 7-3），将通过本地 EQAM 命令行接口（CLI）配置来完成流的映射。

对于 D-MPT 和 PSP 两种模式，当没有数据发送时 EQAM 务必插入空的 MPEG 数据包，当有数据发送时 EQAM 不应插入空的 MPEG 数据包。注意到 MPEG 空值插入应在 DOCSIS SYNC 报文校正之前（参见第 6.1.1 节）。

6.1.1 DOCSIS D-MPT数据通路

DEPI DOCSIS D-MPT 流包含采用如第 8.2 节所示格式的 DOCSIS 帧，所有的 DOCSIS 帧包括基于数据包的帧、基于 MAC 管理的帧，都包含在一个 D-MPT 流中。EQAM 在 D-MPT 有效载荷中搜索所有的 DOCSIS SYNC 报文，并完成 SYNC 校正，如第 6.1.3.2 节所示，然后把 D-MPT 报文转发到 RF 接口。

D-MPT 模式的目标是 MPEG 数据包能够被 EQAM 接收，并能够在不必终止和重建 MPEG 成帧的情况下被直接转发到 RF 接口，对 D-MPT 有效载荷的唯一操作是 SYNC 校正。

6.1.2 PSP数据通路

包流协议（PSP）是第 3 层会聚层协议，该协议允许数据包连续地汇集到一起，并以任意的界线分段。PSP 模式的目标是提高服务质量，这种模式将用于传输传统 DOCSIS 数据以及采用一个或多个 DSCP 数值的信令报文。例如，为了减少请求-授权等待时间，可以在不同的 PSP 流上采用不同的 DSCP，而不是在其余的 DOCSIS 信道上发送 DSCMPA MAC 管理报文，更多信息参见第 6.2.1 节。EQAM 务必支持每个 QAM 调制器最少两个 PSP 接收器，两个接收器的目的是允许实现较长等待时间的 PSP 流和较短等待时间的 PSP 流。

各个 PSP 流被终止，抽取流中的 DOCSIS 帧，DOCSIS 帧被放入到相应的输出 QoS 队列中，QoS 队列的输出转到数据包调度程序，这个调度程序根据传送 DOCSIS 帧的 PSP 流的 PHB（M-CMTS 核心和 EQAM 之间协商得到）决定服务哪个队列，数据包调度程序也负责在 DOCSIS SYNC 控制 AVP（见图 7-31）指定的时间间隔内插入 DOCSIS SYNC 报文，数据包调度程序应该支持严格的优先级调度程序，数据包调度程序可能支持其它的队列调度规则。

短语“数据包调度程序”是一个通用的术语，描述的是当把数据包从不同的输入队列转移到输出队列时，把优先级应用于不同队列的方法。典型的数据包调度程序算法的例子是加权的公平排队（WFQ），在这个算法中一些流被赋予高于其它流的优先级，但只达到一定的限度，这不应与更加复杂的、处理请求和授权的 DOCSIS 上行调度程序相混淆。

数据包调度程序的输出转到传输会聚引擎，该引擎按照[J.210]的要求把 DOCSIS 帧放入到 MPEG 数据包中，这包括填充字节和 DOCSIS SYNC 报文的插入，如第 6.1.3 节所示。传输会聚（TC）引擎的输出被发送到 RF 接口。

PSP 模式主要是在减少请求授权等待时间的尝试中提高 MAP 穿过网络的速度。在所有的或大多数业务已经转移到 DOCSIS 的情况下，PSP 模式是最有用的，因此，当与其它 DOCSIS 业务时行比较时，为了在穿越整个预定网络时为 MAP 提供更少的等待时间，有必要标明 MAP 具有更高的 QoS。因此，从长远观点来看 PSP 是有用的，处理大多数或者所有业务通过 DOCSIS 传送到家庭这种情况时要采取该模式。

6.1.3 DOCSIS SYNC 报文

6.1.3.1 SYNC 报文格式

为了在电缆调制解调器中建立 MAC 子层定时，模块化 CMTS 系统以周期性的时间间隔发送 DOCSIS 定时同步 (SYNC) MAC 报文，这个报文务必使用 FC_TYPE = MAC 特定报头和 FC_PARM = 定时 MAC 报头的 FC 字段，后面务必跟着采用如图 6-2 所示格式的数据包 PDU。

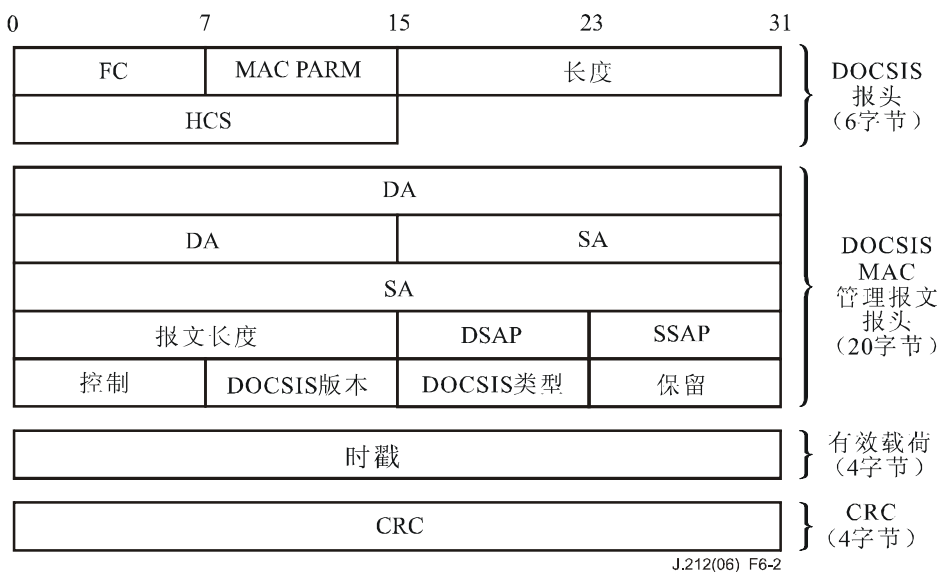


图 6-2/J.212—DOCSIS SYNC MAC 报文格式

各字段务必定义如下：

FC, MAC PARM, LEN, HCS: 带有 FC_PARM 字段的公共 MAC 帧报头，表示定时报头——详细内容参见 J.122。

目的地地址 (DA): 设为 DOCSIS MAC 多播地址 01-E0-2F-00-00-01。

源地址 (SA): M-CMTS 核心的 MAC 地址。在 PSP 模式中，EQAM 在 L2TPv3 会话建立期间通过明确的信令获悉相应的 M-CMTS 核心的 MAC 地址。

Msg 长度: MAC 报文从 DSAP 到有效载荷结尾的长度。

DSAP: LLC 无效地址 SAP (00)，见[ISO 8802-2]的定义。

SSAP: LLC 无效源 SAP (00)，见[ISO 8802-2]的定义。

控制: 无编号信息帧 (03)，见[ISO 8802-2]的定义。

DOCSIS 版本: 设为 1。

DOCSIS 类型: 设为 1，表示 SYNC 报文。

CMTS 时戳：递增的 32 比特二进制计数器的计数状态，采用来自[J.211]的主时钟计时。

CMTS 时戳表示的是在时间同步 MAC 管理报文的第一个字节（或者从第一个字节开始的固定时间偏移）从下行传输会聚子层传送到下行物理媒质有关的子层的那个时刻的计数状态，如[J.210]所示。

6.1.3.2 校正和插入

EQAM 务必从[J.211]指定的 DTI 客户端得到一个本地的 DOCSIS 时戳，EQAM 务必根据它将在哪个地区运行，支持 10.24 MHz 主时钟频率或者 9.216 MHz 主时钟频率。在 D-MPT 模式中，EQAM 必须能够校正 DOCSIS 流中所有的嵌入式 SYNC 报文。对于 DOCSIS PSP 模式，EQAM 务必能够在第 6.1.3.3 节技术要求的范围内，根据它的内部时戳，把 DOCSIS SYNC 报文插入到下行 MPEG-TS 流中，在 PSP 模式中，EQAM 务必在 MPEG-TS 帧的第 6 个字节处插入 SYNC 报文的开头（第 5 个字节大概是 MPEG 的 `pointer_field`），当参照时基以便用于 SYNC 时戳插入或者校正时，EQAM 务必利用一个时基，这个时基相对于通过 DTI 客户测试端口输出传递的时间，时延要不小于 0 且不大于 100 个主时钟的时钟周期（约 10 μs）。

通过 DTI 客户测试端口输出传递的时间与被 EQAM 应用的参考时间之间的时间差应该基本上为一个常数，存在于本建议书和[J.210]中的所有定时和抖动要求仍然适用。这里的要求不能避免 EQAM 花超过 100 个时钟周期的时间来处理 DTI 传递的时间，但是在这种情况下，EQAM 将需要内部调整所使用的时基，使它与 DTI 传递时基的时延在 0 和 100 个时钟周期之间。

当使用 D-MPT 模式时，M-CMTS 核心务必产生 SYNC 报文，并把它们包含在 D-MPT 有效载荷中。M-CMTS 核心务必在 MPEG-TS 帧的第 6 个字节处插入 SYNC 报文的开头（第 5 个字节是 MPEG `pointer_field`），这通过允许 EQAM 只检查 MPEG-TS 数据包的 `payload_unit_start_indicator` 位和第 5 个、第 6 个字节（这两个字节一起将包含 0x00C0）查找 DOCSIS SYNC 报文，用于简化 EQAM 的实现。注意到在 M-CMTS 核心产生的 SYNC 报文中不要求 CMTS 时戳准确地反映通过 M-CMTS 核心中的 DTI 客户程序接收到的当前时戳。例如，允许 M-CMTS 核心在所有 SYNC 报文中采用数值为 0 的 CMTS 时戳。当采用 DOCSIS PSP 模式时，M-CMTS 核心绝不产生 SYNC 报文，将其当作 PSP 有效载荷的一部分。

6.1.3.3 时戳抖动

在下行传输会聚子层输出端的 DOCSIS 时戳抖动务必小于 500 ns 的峰到峰值。这个抖动是相对于理想的下行传输会聚子层，该子层把 MPEG 分组数据以 MPEG 分组数据速率、采用完全连续和平稳的时钟传输到下行物理媒质有关的子层。在时戳产生和传递到下行物理媒质有关子层期间，绝不考虑下行物理媒质有关子层处理。

因此，任何两个分别在时间 T1 和 T2 传递到下行物理层有关子层的时戳 N1 和 N2 (N2 > N1) 必须满足下列关系：

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

在公式中，假设 $(N2 - N1)$ 的值用来说明时基计数器滚动计数的影响， $T1$ 和 $T2$ 表示的时间以秒计， f_{CMTS} 为 CMTS 主时基的实际频率，可能包括一个与标称主时钟频率的固定频率偏差，这个频率偏差由本节下面进一步的要求进行限定。

抖动包括时戳数值的不准确和所有时钟的抖动。由下行物理媒质有关子层引入的任何抖动务必减少给下行传输会聚子层输出端分配的 500 ns 抖动。

注一 抖动是相对于 CMTS 主时钟的误差（即测量得到的）。

6.1.4 等待时间和时间偏差要求

6.1.4.1 等待时间

对于 PSP DEPI 会话，等待时间定义为一个绝对时间差，从含有一个 DOCSIS MAC 帧最后一个比特的 DEPI 数据包的最后一个比特进入 EQAM DEPI 端口的时候起，到这个 DOCSIS MAC 帧的第一个比特离开 EQAM RFI 端点的一段时间。对于 D-MPT DEPI 会话，等待时间定义了一个绝对时间差，从 DEPI 数据包的最后一个比特进入 EQAM DEPI 端口的时候起，到包含在上述 DEPI 数据包内第一个 MPEG 数据包的第一个比特离开 EQAM RFI 端点的一段时间。在 EQAM 的输入端，采用到达 DEPI 数据包的最后一个比特是因为 EQAM 的第 2 层接口（例如，GigE 以太网接口）必须在 EQAM 能够开始处理之前收到整个数据包。在 EQAM 输出端，采用 DEPI 数据包中第一个 MPEG 数据包（在 D-MPT 模式中）或者 DOCSIS 帧（在 PSP 模式中）的第一个比特是为了保证数据符合“孤立的数据包”的定义（见下一节）。如果不这样做，由于数据在去往同一个 RF 接口的其它数据包的后面排队而产生的时延可能会影响测量结果。EQAM 应该容许每个 QAM 信道具有足够大的缓冲存储区，能够缓存至少 20 ms 的、越过去往该 QAM 信道的所有 L2TPv3 会话的业务。

在 PSP DEPI 会话中，EQAM 所支持的多个流为按优先级访问调制器做了准备。在没有高优先级业务的情况下，与低优先级业务的负荷无关，EQAM 务必以小于 500 μs 加上交织器时延的等待时间，转发各个 DEPI 流中的孤立数据包。孤立数据包是以标称的下行数据速率彼此隔开的，这样 EQAM 便会在下一个数据包到达之前完成当前数据包的发送。

6.1.4.2 时间偏差

时间偏差定义为通过 EQAM 的最大等待时间和最小等待时间之间的差，按从网络接口上的两个参考位到两个分开 RF 输出端的相同位进行测量得到，通过将测量 QAM 信道上的 PHY 参数设为相等的数值来测量时间偏差。

EQAM 内的两个捆绑 QAM 信道之间的时间偏差务必小于 500 μs 。当 EQAM 达到在上面第 6.1.4.1 节中提出的要求时，要含蓄地满足关于 EQAM 时间偏差的要求，这项要求计划用于传输对时间偏差敏感的业务，例如捆绑的业务。

6.2 联网考虑因素

6.2.1 每个跳点行为应用

每个跳点行为标识符 (PHBID) 被网络设备用于相互之间发信号告知正确的每个跳点行为 (PHB)，PHB 准许采用在 [RFC-PHBID-EF] 中描述的加速转发 (EF)、在 [RFC-PHBID-AF] 中描述的确定的转发 (AF) 或者在 [RFC-PHBID-AF] 中描述的尽量转发。对于 PSP 模式，M-CMTS 核心务必支持加速转发 PHBID。对于两种 DEPI 模式，M-CMTS 核心务必支持尽量转发 PHBID。对于 PSP 模式，EQAM 务必支持 EF PHBID。对于两种 DEPI 模式，EQAM 务必支持尽量转发 PHBID。

DEPI 接口支持多种业务类型，包括 DOCSIS MAC 和 DOCSIS 数据业务，这两种业务类型内部可能还有不同的优先级。对于 PSP 运行，M-CMTS 核心应该提供一种机制把不同优先级的业务映射到具有不同 PHB 值的 DEPI 流，M-CMTS 核心不应在一个会话内使用越过多个 DEPI 流的 PHB。

CIN 应为不同的业务类型提供适当的每个跳点行为，为不同业务设置的粒度的程度由网络经营者确定，但是至少可以预期的是 DOCSI MAP 报文和 VoIP 数据业务要优于最尽量的数据业务。

当把多个 DEPI PSP 流安排到一个 QAM 信道上时，EQAM 在建立 DEPI 流期间要使用被告知的 PHB，如第 6.1.2 节所示。

6.2.2 DiffServ 码点应用

DSCP 是一个位于 IP 报头的 6 比特 DiffServ 字段的数值，为了给 CIN 内部的 DEPI 业务规定服务质量，L2TPv3 包的 DSCP 应该在 M-CMTS 核心的出口被赋值，在 EQAM 的入口可能使用这个 DSCP。

M-CMTS 核心务必给在 L2TPv3 会话的 DEPI 流范围内的所有数据包标记上相同的 DSCP。

采用 L2TPv3 封装的 DOCSIS 帧可能会包含也有一个指定 DSCP 的 IP 包，不要求 EQAM 根据 DOCSIS 帧中包含的最初的 DSCP 来调度数据包。

6.2.3 包排序

对于在 DEPI 流中传输的数据包流，每发送一个数据包，数据包序号将加 1，如第 8.2 节和第 8.3 节所示。如果 EQAM 发现数据包序号不连续，表明一个或多个数据包丢失或被延迟，一个错误被记录下来，EQAM 应该在不等候丢失的数据包的情况下把当前的数据包转移到 QAM 信道。如果 EQAM 发现数据包序号不连续，表明一个或多个数据包到达晚了，则那些数据包应该被丢弃，EQAM 绝不转发由于序号不连续而被略过的数据包。这些要求不禁止对数据包进行存储和重新排序，使得它们能够以正确的顺序发送到 QAM 信道，EQAM 可能进行这样的重新排序，只要满足第 6.1.4 节的等待时间要求。

6.2.4 网络 MTU

M-CMTS 和 EQAM 之间的网络要有一个确定的最大传输单元。如果最长的 DOCSIS 帧要不分段地通过隧穿从 M-CMTS 核心传输到 EQAM，最后的数据包的大小可能会超过 CIN 能够处理的数据包的大小。为了避免这个问题，D-MPT 和 PSP 两种模式都提供合流和分段，因而，对于 IP 碎片不做要求，IP 碎片也不受欢迎，因为 EQAM 可能根据目的地 UDP 端口转发数据包，而 UDP 端口只存在于第一个 IP 碎片中。

确定用于 M-CMTS 和 EQAM 之间 L2TPv3 隧道的 MTU 的过程分两步，第一步相当于使用 DEPI MTU AVP 建立 L2TPv3 会话部分，当 M-CMTS 核心以一个 ICRQ 报文开始会话建立时，它务必给 DEPI 本地 MTU AVP 提供一个低于其接收能力的有效载荷大小，接收能力由它的底层规定。M-CMTS 核心的接收能力由它内部的约束条件和任何设定的最大值规定，按照第 A.1 节的规定，由底层规定的接收能力是以参照接口的有效载荷大小限制为基础的计算结果，在该接口下面建立隧道。M-CMTS 核心务必支持至少 1500 字节大小的 MTU，EQAM 务必发送有效载荷小于或等于这个最大值的 L2TPv3 帧，如果 EQAM 不能满足这条准则，则它务必通过产生一个 CDN 报文来停止会话建立，EQAM 在计算它的 MTU 时需要考虑同样的准则。按照第 A.1 节的计算，EQAM 务必支持至少 1500 字节大小的 MTU，EQAM 务必把它的 MTU 大小插入到 ICRP 报文中的 DEPI 远端 MTU AVP。M-CMTS 核心务必发送有效载荷小于或等于这个最大值的 L2TPv3 帧，如果 M-CMTS 不能满足这条准则，则它务必通过产生一个 CDN 报文来停止会话建立。

第二步是确定 M-CMTS 核心和 EQAM 之间路径的 MTU。M-CMTS 核心务必支持一种机制防止数据包大于网络的 MTU，这种机制应该采用路径 MTU 发现来实现，见[RFC-MTU]的描述，第 A.3 节给出了路径 MTU 发现协议的一个简短概述，作为二中选一的方法，这种机制可能通过静态配置选项来实现。M-CMTS 核心和 EQAM 都务必有一种方法静态配置各个 L2TPv3 会话的 MTU。为了避免 IP 分段，对于所有进入 L2TPv3 伪线传输的信息，M-CMTS 核心和 EQAM 务必设置 IPv4 报头中的不要分段位（DF）。

6.3 系统定时考虑因素

为了确保系统正确地运行，M-CMTS 核心应该利用一个时基，该时基相对于经 DTI 客户测试端口输出端传递的时间，时延不小于 0 且不大于 100 个主时钟周期（约 10 μ s）。M-CMTS 核心务必根据它将运行的区域，支持 10.24 MHz 的主时钟频率或者 9.216 MHz 的主时钟频率。

经过 DTI 客户测试端口输出端传递的时间与 M-CMTS 核心采用的参考时间之间的时间差应该基本上是一个常数。这里的要求不能够避免 M-CMTS 核心用超过 100 个时钟周期的时间来处理 DTI 传递的时间，但在这种情况下，M-CMTS 核心将需要内部调整所使用的时基，使它与 DTI 传递时基的时延在 0 和 100 个时钟周期之间。

7 DEPI控制层面

注一 本节是规范性的。

DEPI 控制层面以 L2TPv3 信令为基础，本建议书的目的是遵循[RFC-L2TPv3]的规定，本节包括一些如何使用 L2TPv3 信令的例子，包括当[RFC-L2TPv3]技术要求应用于 DOCSIS 时的扩展和解释。

M-CMTS 核心和 EQAM 都务必满足所有来自[RFC-L2TPv3]的要求，除非本建议书明确声明对来自[RFC-L2TPv3]的某一项特殊要求不作要求。

7.1 拓扑

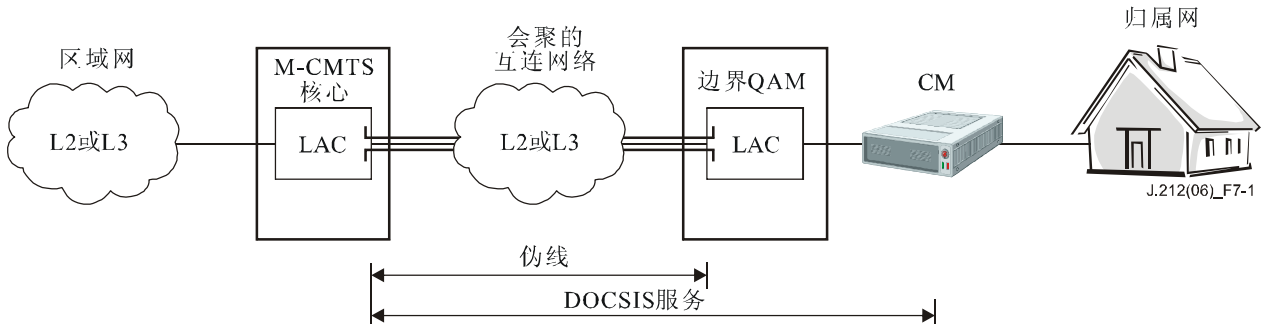


图 7-1/J.212—适用于模块化CMTS的L2TP拓扑

图 7-1 所示是如何把模块化体系结构映射成 L2TP 拓扑。在 L2TPv3 命名法中，M-CMTS 核心和 EQAM 被称作 L2TP 访问集中器（LAC），M-CMTS 核心和 EQAM 被当作是对等实体，也可以被称为 L2TP 节点或者 L2TP 控制连接端点（LCCE）。对于本建议书定义的应用，网络上的各个 LCCE 根据一个 IP 地址进行标识，两个 LCCE 之间的连接被称作伪线（PW）。

L2TP 支持数据通路和频带内控制通路，在 L2TPv3 命名法中，数据报文在数据通路发送，控制报文在控制连接中发送。

首先，在两个 LCCE 之间建立控制连接，然后建立会话。在 L2TP 开始转发用于数据的会话帧之前建立 L2TP 会话，多个会话可以捆绑到一个控制连接上。

7.2 寻址

在初始配置时，M-CMTS 核心应该使用 EQAM 的 IP 地址和 QAM 信道的 TSID 来唯一地标识 EQAM 内部的一个 QAM 信道。

M-CMTS 核心务必为每个 LCCE 对至多建立一个控制连接，这个控制连接将管理 M-CMTS 核心和 EQAM 之间的所有会话，如果采用 UDP 报头，则控制连接应该使用 UDP 端口 1701。

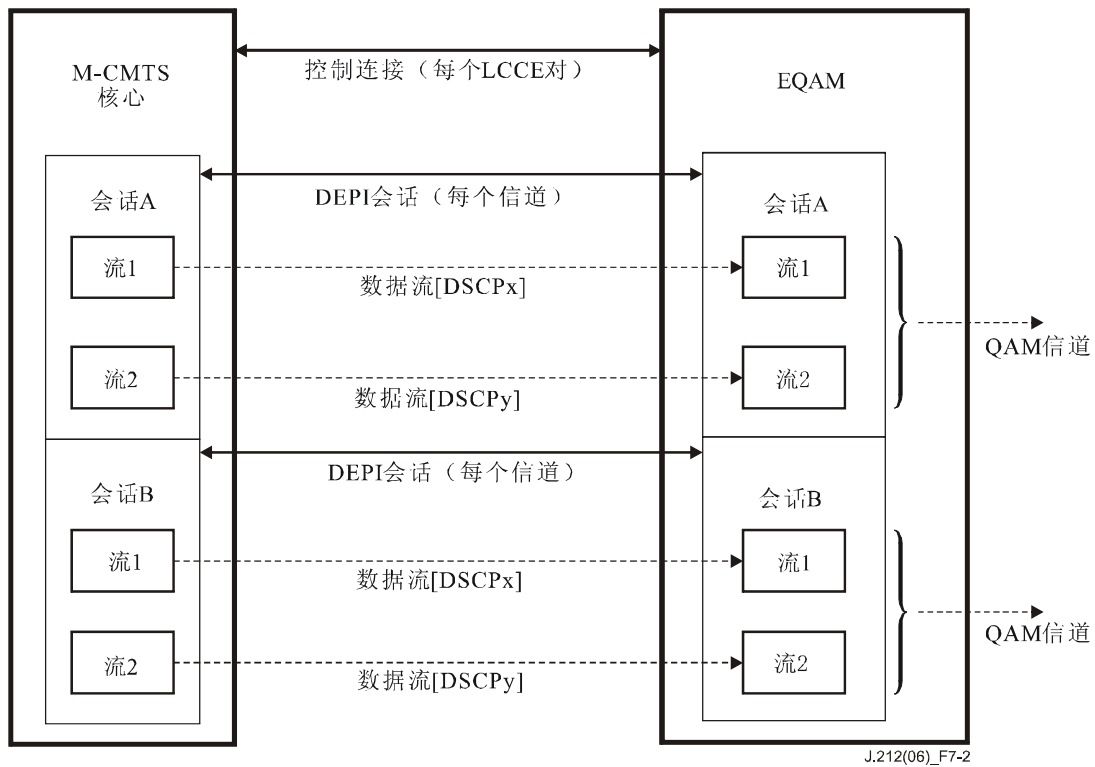


图 7-2/J.212—DEPI编址结构

M-CMTS 核心务必支持每个 QAM 信道建立一个会话，EQAM 务必支持每个 QAM 信道建立一个会话，每个 DEPI 会话采用第 7.5.1.1 节中描述的伪线类型之一。根据[RFC-L2TPv3]，M-CMTS 核心和 EQAM 都为每个会话分配一个唯一的 L2TPv3 会话 ID，M-CMTS 核心绝不试图给已经有一个它的有效会话的 QAM 信道建立一个会话。除非特定地另行配置，EQAM 务必拒绝试图给已经建立了会话的 QAM 信道建立一个会话。

M-CMTS 核心可能为每个会话建立多个 PSP 流，对于任何指定的 DEPI 会话，不同的 EQAM 实现方式可能支持不同数量的 PSP 流，这在第 6.1 节中进一步描述。在 L2TPv3 会话建立期间，EQAM 务必给各个流分配一个唯一的流 ID。如果可行的话，在 EQAM 中对每个流 ID 进行重新分配。EQAM 可能给每个流分配一个唯一的 UDP 目的地端口。M-CMTS 核心务必采用 UDP 目的地端口（如果使用 UDP 报头）、EQAM 分配的 L2TPv3 会话 ID 和流 ID 来作为 DEPI 数据包地址，这一过程如图 7-2 所示，更多细节见图 7-3。

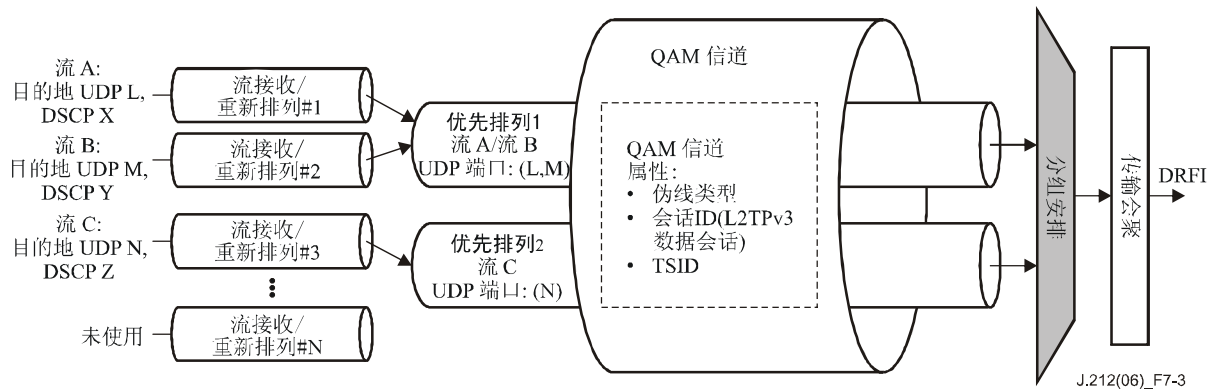


图 7-3/J.212—DEPI寻址体系结构

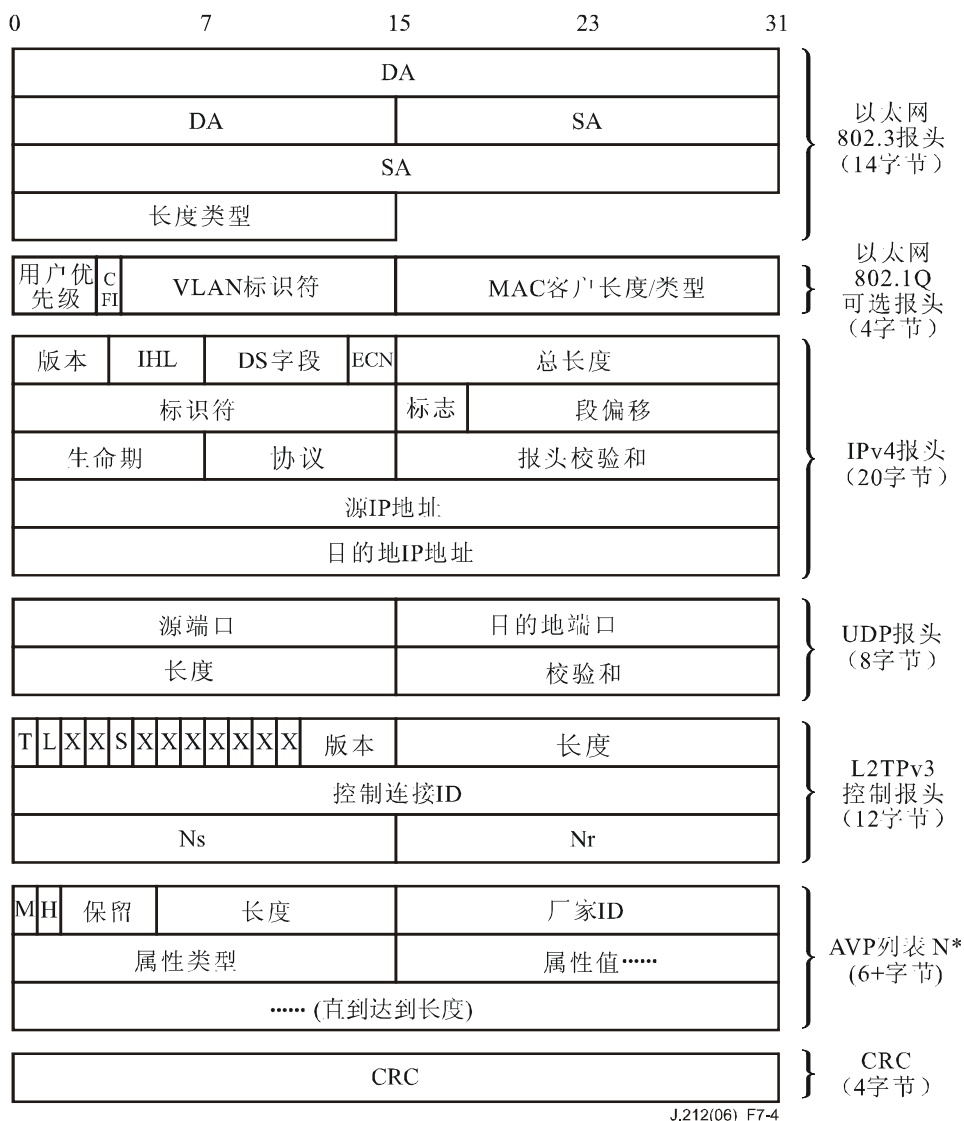
7.3 控制报文格式

如图 7-4 和图 7-5 所示，DEPI 控制报文格式是以[RFC-L2TPv3] 和对于 DOCSIS 的扩展为基础。DEPI 数据包常见字段见第 8.1 节的描述，被不同地使用的字段或者新的字段在下面描述。除非另外说明，所有数值都采用十进制记数。

采用或者不采用 UDP 报头的选择是通过系统配置做出的，这不是一个协商的 DEPI 参数。DEPI 的 UDP 版本计划用于采用 UDP 端口把流映射为 EQAM 内的一个 QAM 信道的系统，DEPI 的非 UDP 版本计划用于这样的系统，该系统采用 L2TPv3 会话 ID 把流映射为 EQAM 内的一个 QAM 信道。

M-CMTS 核心务必支持带有 UDP 报头的 DEPI，M-CMTS 可能支持不带 UDP 报头的 DEPI，EQAM 可能支持不带 UDP 报头的 DEPI，EQAM 务必支持带有 UDP 报头的 DEPI。

7.3.1 带UDP报头的控制报文



J.212(06)_F7-4

图 7-4/J.212—带UDP的DEPI控制报文

7.3.2 不带UDP报头的控制报文

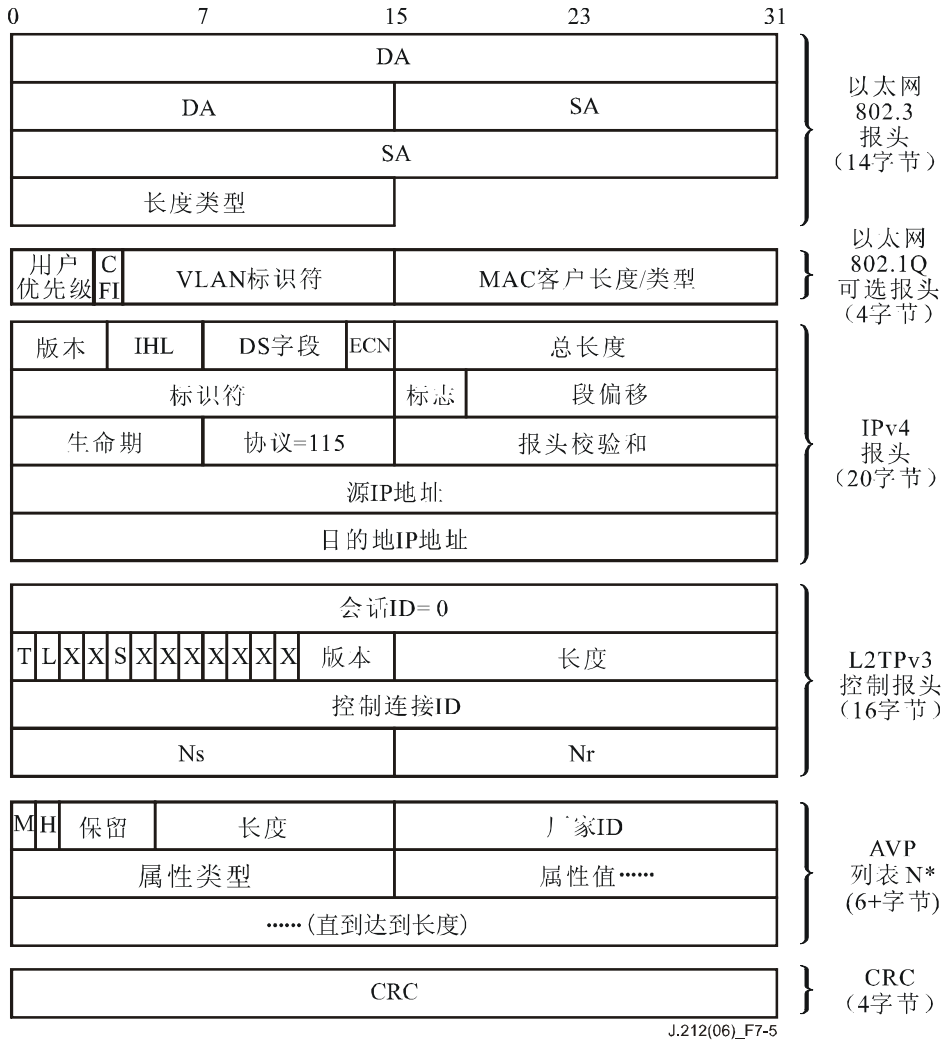


图 7-5/J.212—不带UDP的DEPI控制包

7.3.3 控制和数据报文的常用报头

7.3.3.1 以太网802.3报头

以太网报头由[IEEE-802.3]定义，以太网目的地地址是单个地址，当时没有规定在以太网组地址上进行DEPI，以太网目的地地址可以接受本地或全局的管理。

当 M-CMTS 核心传输这种数据帧时，以太网目的地地址将是 EQAM 或者下一个跳点路由器的以太网地址。当 EQAM 接收这种数据帧时，以太网源地址将是 M-CMTS 核心输出端或者前一个跳点路由器的以太网地址。

如果联网的接口是以太网，则 M-CMTS 核心务必支持以太网报头。如果联网的接口是以太网，则 EQAM 务必支持以太网报头。如果采用另一种物理层接口取代以太网，则以太网报头将会被与那个物理层有关的报头格式所取代。

7.3.3.2 以太网802.1Q报头

以太网 802.1Q 报头由[IEEE-802.1Q]定义，采用这种报头是可选的，且在第 2 层提供了帧的优先化以及对 VLAN 的支持。M-CMTS 核心务必能够支持以太网 802.1Q 报头，M-CMTS 核心应该根据隧穿 IP 包的 DSCP 值，支持通过隧穿传输数据包的 802.1Q 用户优先级的映射。EQAM 应该支持以太网 802.1Q 报头。

7.3.3.3 IPv4报头

IP 报头由[RFC-IP]定义，IP 源地址是一个属于 M-CMTS 核心的 IP 地址。目前，IP 目的地地址是单播的，是一个属于 EQAM 的 IP 地址，当时没有规定在 IP 组播上进行 DEPI 操作。

为了实现方面的考虑以及为了与不接受 IP 碎片的网络规则共存，不要求 EQAM 执行 IP 重新装配，M-CMTS 核心绝不使用 IP 碎片。M-CMTS 核心务必设置 IP DF（不要分段）位。

M-CMTS 核心务必支持在 DS 字段中采用可配置的 6 比特差别服务码点（DSCP）。DS 字段和 DSCP 由 [RFC-DSCP-1] (RFC 2983)和[RFC-DSCP-2] (RFC 3260)作进一步地详细说明。

M-CMTS 核心务必支持 IPv4 报头，EQAM 务必支持 IPv4 报头。

7.3.3.4 UDP报头

UDP 报头由[RFC-UDP]定义，UDP 源端口和 UDP 目的地端口的值由 M-CMTS 核心和 EQAM 之间的 L2TPv3 控制层面确定，这个值应该符合[IANA-PORTS]。

当发送数据包时，EQAM 和 M-CMTS 核心都务必支持生成 UDP 校验和，见[RFC-UDP]的定义。对于 L2TPv3 数据报文，发送者可能选择将 UDP 校验和设置为 0，这个值为[RFC-UDP]所保留，意味着没有计算出校验和。对于 L2TPv3 控制报文，发送者绝不会把 UDP 校验和设置为 0，接收者务必支持按照[RFC-UDP]验证 UDP 校验和字段。

M-CMTS 核心务必支持 UDP 报头，EQAM 务必支持 UDP 报头。

7.3.3.5 CRC

CRC 为 CRC-32，由[IEEE-802.3]定义。

M-CMTS 核心务必支持 CRC 字段，EQAM 务必支持 CRC 字段。

7.3.4 控制报文特有的报头

7.3.4.1 L2TPv3控制报头

这些字段在[RFC-L2TPv3]中定义，在这里重复仅供参考，各字段具有下列含义：

- | | |
|-------------|--|
| T | 类型位。T 位务必设置为 1，表示这是一个控制报文。 |
| L | 长度位。L 位务必设置为 1，表示存在长度字段。 |
| S | 序列位。S 位务必设置为 1，表示存在序列号（Ns 和 Nr）。 |
| X | 保留位。在输出报文中所有保留位务必设置为 0，在输入报文中忽略它们。 |
| Ver | 版本。4 比特，设置为 3。 |
| 长度 | 2 字节。长度字段表示报文的总长度，以八位字节计，通常从控制报文报头本身的起点、从 T 位开始算起，当存在会话 ID 时不包括会话 ID（如图 7-5 所示）。 |
| CCID | 控制连接标识符。4 字节。经控制连接协商获得。 |

- Ns** 发送序列号，2 字节，表示这个控制报文的发送次序。
- Nr** 已接收的序列号，2 字节，表示下一个期望收到的序列号。

7.3.4.2 属性值对 (AVP)

每个 DEPI 控制报文可以有一个或多个属性值对 (AVP)，各字段具有下列含义：

- M** 强制位，如果这个位设置为 1 且这个 AVP 被拒绝，则传送该 AVP 的控制连接或者会话建立将被断开。
- H** 隐藏位，当 AVP 报文内容被加密时这个位设置为 1，当 AVP 报文内容未被加密时，这个位设置为 0。对于 DEPI，AVP 报文加密不作要求。
- 保留** 保留。4 比特。发送时设置为全 0，接收时忽略它们。
- 长度** 10 比特，等于属性值字段的长度加上 6 个字节。
- 厂家 ID** 2 字节，对于[RFC-L2TPv3]定义的 AVP，这个字段设置为 0，对于本建议书定义的 AVP，这个字段设置为 IANA 分配的厂家 ID 4491 (0x118B)，对于超出本建议书范畴定义的 AVP，这个字段可能被设置为厂家特有 ID。
- 属性类型** 2 字节。
- 属性值** N 字节。
- 保留** 8 比特，如果 AVP 有一个保留字段，则这个字段中的各位在发送时应设置为 0，在接收时应予以忽略。

如果 LCCE 收到一个带有它不认识厂家 ID 的 AVP，它务必默默地抛弃这个 AVP 或者依据强制位的值断开会话。

7.4 信令

所支持的、用于 DEPI 控制层面的 L2TPv3 报文如表 7-1 所示：

表 7-1/J.212—DEPI控制报文

#	记忆码	名称
控制连接管理		
1	SCCRQ	开始-控制-连接-请求
2	SCCRP	开始-控制-连接-应答
3	S CCCN	开始-控制-连接-已连接
4	StopCCN	停止-控制-连接-通知
6	HELLO	呼叫
20	ACK	明确的确认
会话管理		
10	ICRQ	呼入-请求
11	ICRP	呼入-应答
12	ICCN	呼入-已连接
14	CDN	呼叫-断开-通知
16	SLI	建立链路信息

不要求支持 L2TPv3 出局呼叫报文（OCRQ，OCRP，OCCN）和 WAN-错误-通知（WEN）报文。

有一个可靠的控制报文分发机制，这种机制通过在任何控制报文以后发送一个明确的确认（ACK）报文，或者在随后的控制报文中用 Nr 和 Ns 字段捎带发送确认来实现。如果在控制报文超时时间内（参见附件 B）控制报文没有得到确认，则务必重发控制报文直到达到控制报文重发数（参见附件 B）。例如，必须采用指数回退值从 1 秒开始、增加到最大 8 秒重发控制报文共计 10 次。

注一 在这种方案中，将有 7 个 8 秒钟的间隔。

控制报文的鉴别可能得到支持，如果支持控制报文鉴别，应遵循[RFC-L2TPv3]第 5.4.1 节中描述的方法。

下列流程图显示的是典型的 DEPI 报文交换，连同来自 L2TPv3 和 DEPI 的必需的 AVP 一起，没有显示可选的 AVP，但它们也可能存在。

7.4.1 控制连接信令

7.4.1.1 控制连接建立



图 7-6/J.212—DEPI 控制连接建立

为了采用 L2TPv3 隧道传输 DOCSIS IP 帧，首先要按照[RFC-L2TPv3]的描述建立 L2TPv3 控制连接，控制连接建立包括标识对等实体以及它的能力的 AVP 的交换，每个控制连接有一个由接收者分配的控制连接 ID，在建立控制连接期间采用连接 ID AVP 进行协商。

M-CMTS 核心务必支持发起控制连接信令的能力（L2TPv3 呼叫者），EQAM 务必支持从 M-CMTS 核心接收呼入控制连接的能力（L2TPv3 被呼叫者）。对于 DEPI，EQAM 建立控制连接不作要求，也超出了本建议书的范畴。

7.4.1.2 控制连接断开

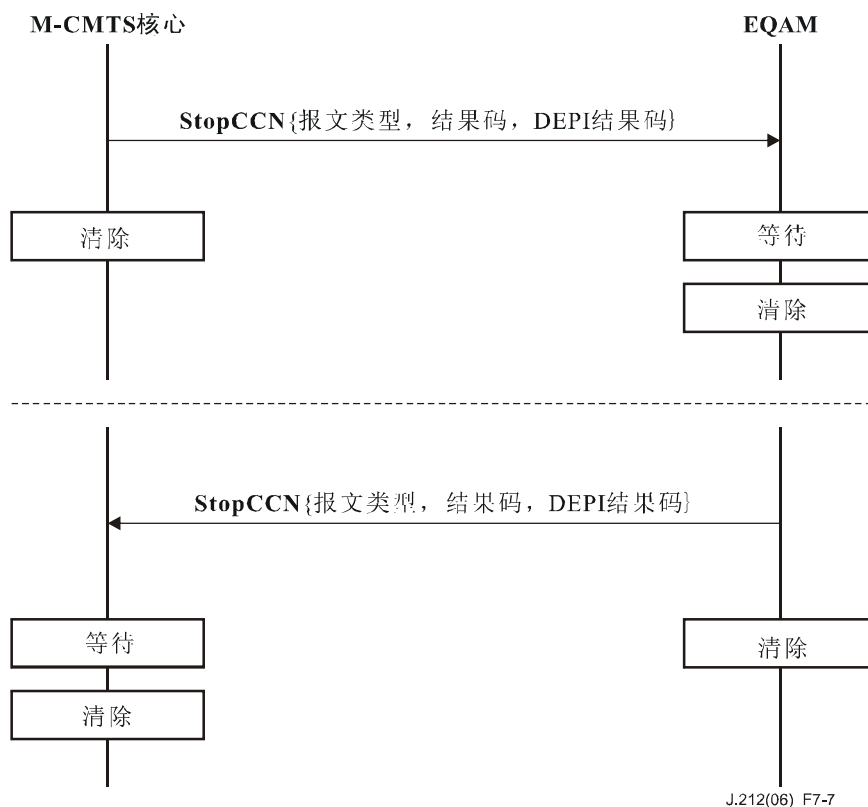


图 7-7/J.212—DEPI控制连接断开

控制连接断开可以由任何一个 LCCE 发起，通过发送一个 StopCCN 控制报文来实现，某个设备可以通过发送 StopCCN 断开整个控制连接以及所有与这个控制连接有关的会话，因此，当断开整个控制连接时，没有必要逐个清除每一个会话。接收 StopCCN 的对等实体在确认收到 StopCCN 之后，务必维持会话和控制状态一段相当于 StopCCN 超时的时间（附件 B），这项措施是为了处理丢失的确认。

7.4.1.3 控制连接保持有效

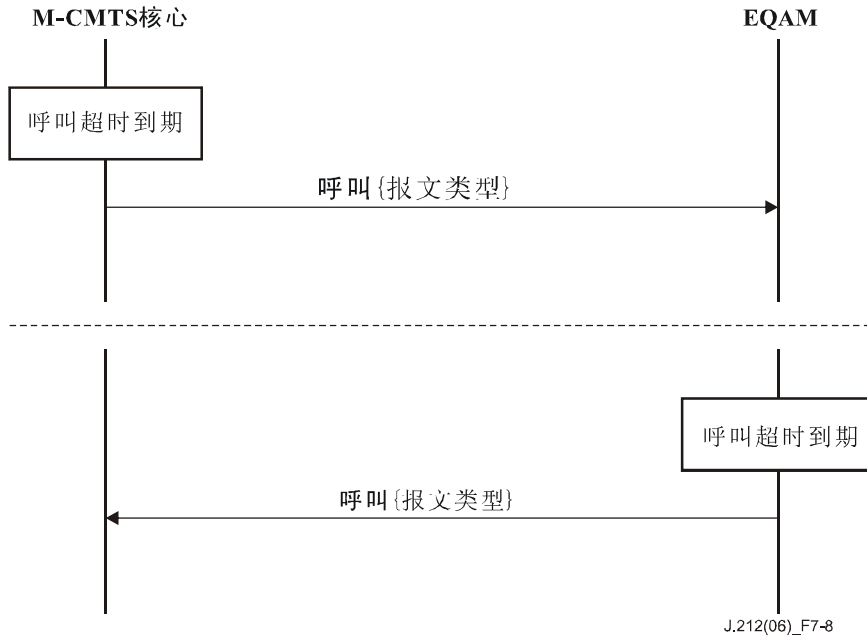


图 7-8/J.212—DEPI保持有效

如果称作呼叫超时（参见附件 A）的时间段已经过去，还没有收到来自对等实体的任何报文（数据或控制），通过发送一个呼叫报文来实现控制连接的周期性有效。

7.4.2 会话信令

7.4.2.1 会话建立

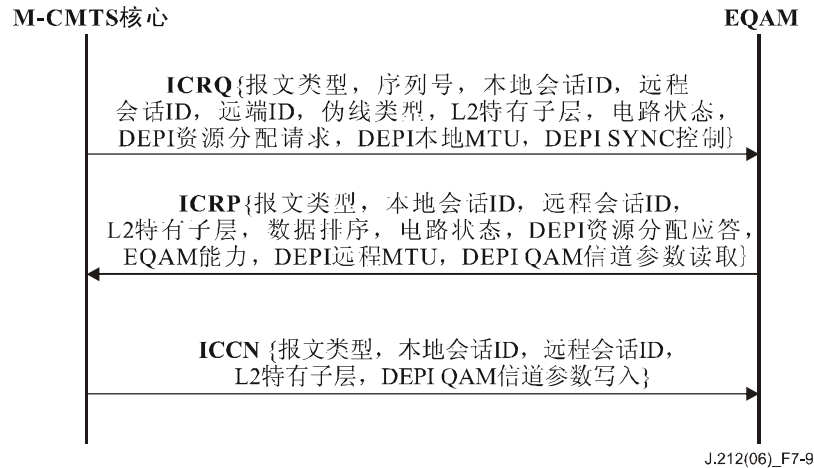


图 7-9/J.212—DEPI会话建立

在成功地建立控制连接以后，可以建立各个会话，每个会话与两个 LCCE 之间的一个数据流相对应。除了[RFC-L2TPv3]中强制的和可选的 AVP 以外，下列 DEPI 特有的 AVP 被用作会话建立的一部分。

ICRQ 包含远端 ID AVP，该 AVP 包括会话打算用于的 QAM 信道的 TSID。

ICRP 包含远程会话 AVP，该 AVP 表示 EQAM 想要使用的会话 ID。ICRP 也包含一组 QAM 信道 AVP（参见第 7.5.2 节），表示 EQAM 的当前配置，哪个参数可以改变，EQAM 能力和分配的数值例如 UDP 端口值。如果这些数值对于 M-CMTS 核心而言不可接受，M-CMTS 核心将返回一个带有适当错误代码的 CDN 报文。

ICCN 包含 M-CMTS 核心想要改变的参数，如果这些参数对于 EQAM 而言可以接受，则 EQAM 将返回一个 ACK（明确的或者隐含的）。如果这些参数对于 EQAM 而言不可接受，则 EQAM 将返回一个带有适当错误代码的 CDN 报文。

ICCN 的接收和处理触发 EQAM 开始为这个会话转发数据。在按照 ICCN 报文中的参数配置会话之前，EQAM 绝不发送 QAM 信道上的数据。当正在配置会话的时候，EQAM 不应缓存数据。

M-CMTS 核心务必支持产生会话建立信令的能力，EQAM 务必支持接收来自 M-CMTS 核心的输入会话建立请求的能力，EQAM 建立 L2TP 会话超出了本建议书的范畴。

7.4.2.2 会话断开

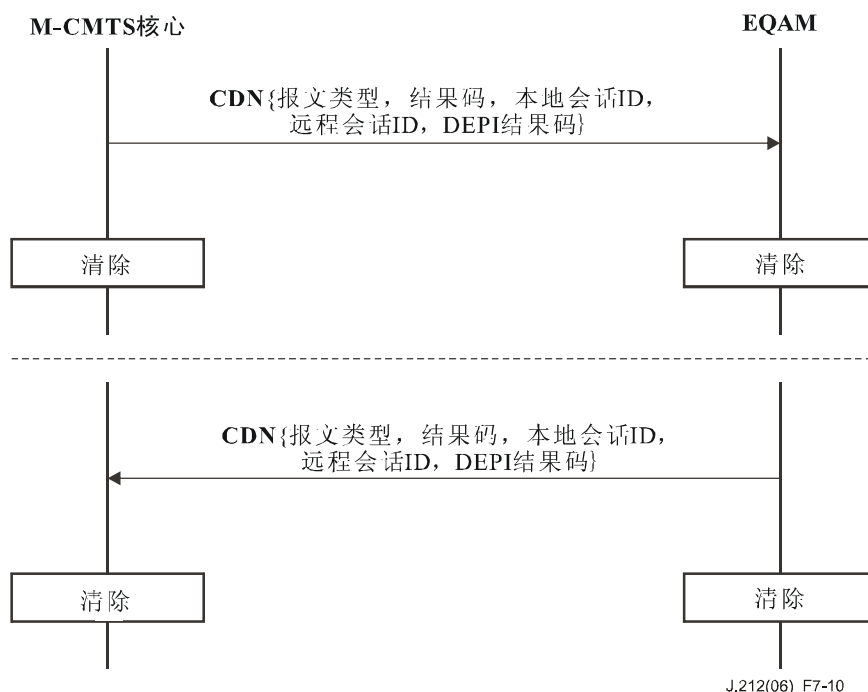


图 7-10/J.212—DEPI会话断开

会话断开可以由任何一个 LCCE 发起，通过发送一个 CDN 控制报文来实现。某个设备可以通过发送 StopCCN 断开整个控制连接以及所有与这个控制连接有关的会话。因此，当断开整个控制连接时，没有必要清除逐个清除每一个会话。

7.4.2.3 会话更新

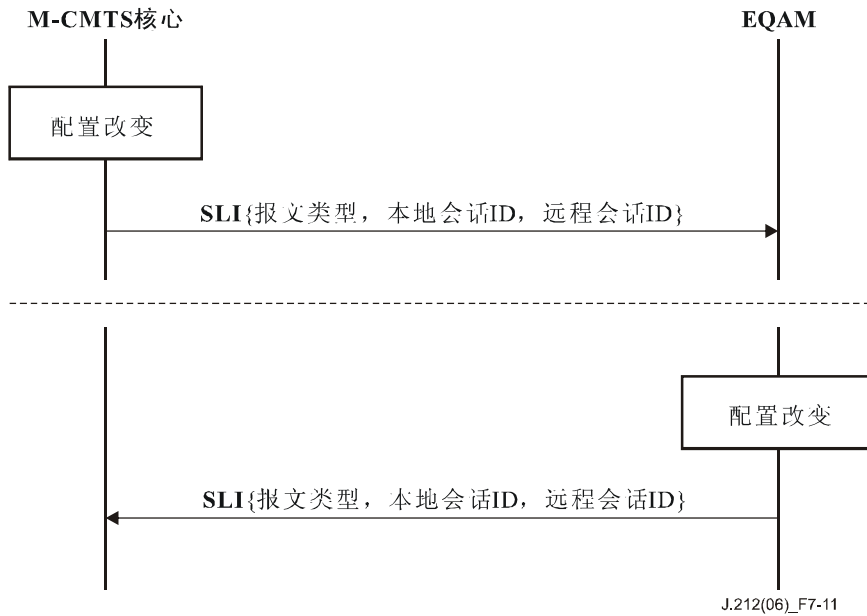


图 7-11/J.212—DEPI会话更新

如果 DEPI AVP 所描述的 EQAM 参数之一发生配置改变，则 M-CMTS 核心务必采用建立链路信息(SLI)报文把更新的 AVP 发送到 EQAM，如果 DEPI AVP 所描述的 EQAMA 参数之一发生配置改变，则 EQAM 务必采用 SLI 报文把更新的 AVP 发送到 M-CMTS 核心。

7.4.3 必需的和可选的AVP

除了[RFC-L2TPv3]列出的和表 7-3 修改的强制的和可选的 AVP 以外，表 7-2 列出的下列 DEPI AVP 如果是强制的，则务必存在于 DEPI 控制报文中，如果是可选的，则可能存在于 DEPI 控制报文中。

表 7-2/J.212—DEPI强制的和可选的AVP

DEPI控制报文	DEPI强制的AVP	DEPI可选的AVP
ICRQ	DEPI 资源分配请求 DEPI 本地 MTU DS QAM 信道 DOCSIS SYNC 控制	本地 UDP 端口
ICRP	DEPI 资源分配应答 DEPI 远程 MTU EQAM 能力 DS QAM 信道频率 DS QAM 信道功率 DS QAM 信道调制 DS QAM 信道 J.83 附件 DS QAM 信道符号速率 DS QAM 信道交织深度 DS QAM 信道 RF 静默	下行 QAM 信道 TSID 组
ICCN		DS QAM 信道频率 DS QAM 信道功率 DS QAM 信道调制 DS QAM 信道 J.83 附件 DS QAM 信道符号速率 DS QAM 信道交织器深度 DS QAM 信道 RF 静默
CDN		DEPI 结果码
SLI		DS QAM 信道 DOCSIS SYNC 控制 DS QAM 信道频率 DS QAM 信道功率 DS QAM 信道调制 DS QAM 信道 J.83 附件 DS QAM 信道符号速率 DS QAM 信道交织器深度 DS QAM 信道 RF 静默

7.5 AVP定义

7.5.1 常规的L2TPv3 AVP

来自[RFC-L2TPv3]和[RFC-L2TP-DSCP]、作为本建议书的一部分获得支持的 AVP 类型如表 7-3 所示。

表 7-3/J.212—DEPI支持的L2TPv3 AVP

属性类型	控制会话	说明	必需的	非必需的
0	C, S	消息类型	•	
1	S	结果码	•	
5	C, S	控制/会话连接断路器		•
7	C	主机名	•	
8	C	厂家名称		•
10	C	接收窗口大小		•
15	S	序列号	•	
25	S	物理信道 ID		•
34	S	电路错误		•
36	C, S	随机向量		•
47	C	控制连接 DSCP		•
48	S	会话 DSCP		•
58	C, S	扩展的厂家 ID AVP		•
59	C, S	报文摘要		•
60	C	路由器 ID	•	
61	C	分配的控制连接 ID	•	
62	C	伪线能力列表	•	
63	S	本地会话 ID	•	
64	S	远程会话 ID	•	
65	S	分配的 Cookie		•
66	S	远端 ID	•	
68	S	伪线类型	•	
69	S	L2 特有的子层	•	
70	S	数据排序	•	
71	S	电路状态	•	
72	C	首选的语言		•
73	C	当前控制报文鉴别		•
74	S	Tx 连接速度		•
75	S	Rx 连接速度		•

其用法为 DEPI 所特有的常规 AVP 在下面描述，更加复杂的说明以及对于常规 AVP 的要求见 [RFC-L2TPv3]。

7.5.1.1 报文类型（所有报文）

0	7	15	23	31
M	H	保留	长度 = 8	厂家ID = 0
属性类型 = 0				报文类型

图 7-12/J.212—报文类型AVP

这标识着特殊的 L2TPv3 控制报文，它通常是第一个 AVP。

7.5.1.2 结果码 (StopCCN, CDN)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 8 + N			厂家 ID = 0			
属性类型 = 1						结果码			
错误代码 (可选的)						错误信息...			
... 错误信息 (可选的)									

图 7-13/J.212—结果码AVP

当断开一个控制连接或者会话时，这个报文包含结果码、可选的错误代码和可选的错误信息。

7.5.1.3 主机名 (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 6 + N			厂家 ID = 0			
属性类型 = 7						主机 ...			
... 名称 ...									

图 7-14/J.212—主机名AVP

主机名典型地是各个设备的正式域名 (FQDN)。

7.5.1.4 厂家名称 (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 6 + N			厂家 ID = 0			
属性类型 = 8						厂家 ...			
... 名称 ...									

图 7-15/J.212—厂家名称AVP

在 SCCRQ 报文持续的过程中，M-CMTS 核心应该采用一个 ASCII 厂家 ID 串来标识自己，在 SCCRP 报文持续的过程中，EQAM 应该采用一个 ASCII 厂家 ID 串来标识自己。注意到这是[RFC-L2TPv3]中的一个可选 AVP。

7.5.1.5 序列号 (ICRQ, OCRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 10			厂家 ID = 0			
属性类型 = 15						连续的 ...			
... 数字									

图 7-16/J.212—序列号AVP

这个数字由报文的始发者分配，在概念上同事务 ID 相似，它的主要用途是帮助调试报文流程。

7.5.1.6 路由器ID (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 10			厂家 ID = 0			
属性类型 = 60						路由器 ...			
... ID									

图 7-17/J.212—路由器ID AVP

路由器 ID 典型地是各个端点的 IP 地址。

7.5.1.7 分配的控制连接ID (SCCRQ, SCCRP, StopCCN)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 10			厂家 ID = 0			
属性类型 = 61						控制连接 ...			
... ID									

图 7-18/J.212—控制连接ID AVP

这是用于 DEPI 的控制连接 ID。在 SCCRQ 持续的过程中，M-CMTS 核心使用这个 AVP 通知 EQAM 对于 EQAM 发起的控制报文，在 L2TPv3 控制报头中将采用什么数值的控制连接 ID。在 SCCRP 持续的过程中，EQAM 使用这个 AVP 通知 M-CMTS 核心对于 M-CMTS 核心发起的控制报文，在 L2TPv3 控制报头中将采用什么数值的控制连接 ID。由于在第一个 SCCRQ 报文之前 EQAM 尚未通知 M-CMTS，因此 M-CMTS 核心在 SCCRQ 报文的 L2TPv3 控制报头中使用数值为 0 的控制连接 ID。

7.5.1.8 伪线能力列表 (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 6 + 2N			厂家 ID = 0			
属性类型 = 62						伪线类型 0			
伪线类型 ¹						伪线类型N			

图 7-19/J.212—伪线能力列表AVP

伪线能力列表表示 M-CMTS 和 EQAM 的能力，为 DEPI 定义了两种 PW 类型，见表 7-4。

表 7-4/J.212—伪线类型

伪线类型	记忆码	值
MPT 伪线	MPTPW	0x000C*
PSP 伪线	PSPPW	0x000D*
* 这些是将被考虑的临时值，直到 IANA 正式赋值为止。		

M-CMTS 核心务必通过在伪线能力列表中包含一种或两种 DEPI PW 类型来表明它支持 PSP 和 D-MPT 模式，EQAM 务必通过在伪线能力列表中包含一种或两种 DEPI PW 类型来表明它支持 PSP 和 D-MPT 模式。

7.5.1.9 本地会话ID (ICRQ, ICRP, ICCN, CDN, SSL)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度=10		厂家ID=0				
属性类型 = 63					本地会话...				
... ID									

图 7-20/J.212—本地会话ID AVP

当建立会话时，M-CMTS 核心和 EQAM 各自选择它们自己的会话 ID，并采用这个 AVP 互相通告会话 ID。这意味着一个会话建立会产生两个不同方向的会话，一个方向一个。

7.5.1.10 远程会话 ID (ICRQ, ICRP, ICCN, CDN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 10		厂家 ID = 0				
属性类型 = 64					远程会话 ...				
... ID									

图 7-21/J.212—远程会话ID AVP

当 M-CMTS 核心或者 EQAM 互相发送会话报文时，远程会话 ID 设置为以前从本地会话 ID 获得的会话 ID，如果尚不知道远程会话 ID，则把它设置为 0。

7.5.1.11 远端ID (ICRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 8		厂家 ID = 0				
属性类型 = 66					远程ID = TSID				

图 7-22/J.212—远端ID AVP

DEPI 使用来自 QAM 信道的 TSID 作为远端 ID，这个 TSID 是一个无符号的两字节整数，用于把一个会话绑定到一个 QAM 信道上。

7.5.1.12 伪线类型 (ICRO)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度=8		厂家 ID = 0				
属性类型 = 68					伪线类型				

图 7-23/J.212—伪线类型AVP

采用第 7.5.1.8 节定义的伪线类型来表示被请求的 DEPI 会话的类型。

7.5.1.13 L2特有的子层 (ICRQ, ICRP, ICCN)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 8		厂家 ID = 0				
属性类型 = 69					L2特有的子层类型				

图 7-24/J.212—L2特有子层 AVP

M-CMTS 核心务必在 ICRQ 和 ICCN 报文中包含 L2 特有子层的 AVP，表示 L2 特有子层报头类型与用于 DEPI 流的伪线类型一致。EQAM 务必在 ICRP 报文中包含 L2 特有子层 AVP，表示 L2 特有子层报头类型与用于 DEPI 流的伪线类型一致。

表 7-5/J.212—L2特有的子层类型

L2特有的子类型	值
MPT 特有的子层	3*
PSP 特有的子层	4*
* 这些是将被考虑的临时值，直到 IANA 正式赋值为止。	

7.5.1.14 数据排序 (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度=8		厂家 ID=0				
属性类型=70					数据排序级别=2				

图 7-25/J.212—数据排序AVP

EQAM 务必在 ICRP 报文中包含数据排序 AVP，表示第 2 级数据排序是必需的（所有的输入数据包都需要排序）。

7.5.1.15 电路状态 (ICRQ, ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31		
M	H	保留	长度=8		厂家 ID=0					
属性类型=71					保留				N	A

图 7-26/J.212—电路状态AVP

N 1 比特—新建位，表示状态指示是针对一个新建的 DEPI 会话(1)还是一个已有的 DEPI 会话(0)。在建立 DEPI 会话提供之后的第一时间应该设置新建位。

A 1 比特—有效位，表示 DEPI 会话是上行(1)还是下行(0)，一旦 M-CMTS 核心了解到 DEPI 会话是下行的，M-CMTS 核心绝不试图在这个 DEPI 会话上传送数据业务。

DEPI 使用电路状态 AVP 表示 DEPI 会话是上行的、能够传送数据业务，还是下行的、不能传送数据业务。电路状态 ID 不能控制 QAM 信道的 RF 输出。注意到 M-CMTS 核心和 EQAM 都发送电路状态 AVP。

7.5.2 DEPI特有的AVP

特别为 DEPI 定义的 AVP 类型如表 7-6 所示，0 到 99 的属性类型范围为 DEPI 会话特有的 AVP 保留，这些 AVP 只用于 L2TP 会话报文。

表 7-6/J.212—DEPI定义的常用会话AVP

属性类型	说明
0	保留
1	DEPI 结果码
2	DEPI 资源分配请求
3	DEPI 资源分配应答
4	DEPI 本地 MTU
5	DOCSIS SYNC 控制
6	EQAM 能力位
7	DEPI 远端 MTU
8	DEPI 本地 UDP 端口

7.5.2.1 DEPI结果和错误代码 (CDN, SLI)

0	7	15	23	31
M	H	保留	长度= 8 + N	厂家 ID = 4491
属性类型= 1			结果代码	
错误代码 (可选的)			错误信息...	
... 错误信息 (可选的)				

图 7-27/J.212—DEPI结果和错误代码AVP

除了厂家 ID 字段的数值是 4491 而不是 0 以外，这个 AVP 字段的格式与标准的 L2TPv3 结果和错误代码 AVP 中的字段相同，用于这个 AVP 的结果和错误代码仅 DEPI 才有，不包含在[RFC-L2TPv3]中的标准结果和错误代码之内。

下列新的结果码、错误代码和错误信息是为了供 DEPI 使用而特别需要的：

结果代码	结果说明
0	会话没有建立 – 错误的 DEPI AVP 参考
1	会话没有建立– 错误的 PHY AVP 请求
2	出于错误代码表示的原因，会话没有建立或者没有连接。

错误代码	错误说明
0	设备尚未准备好或者尚未正确地配置。
1	企图修改一个锁定的 PHY 参数。
2	企图修改 PHY 参数失败– 超出数值范围。
3	请求的 PSP 流 PHBID 不支持。
4	在会话中使用不正确的伪线类型。

注 — 错误代码 0 的一个原因可能是如果 EQAM 没有得到为 QAM 信道符号速率配置的数值 M 和 N。

7.5.2.2 DEPI资源分配请求 (ICRQ)

0		7		15		23		31		
M	H	保留		长度 = 6 + N		厂家 ID = 4491				
属性类型 = 2				X	X	PHBID 1		X	X	PHBID N

图 7-28/J.212—DEPI资源分配请求AVP

- M** 1 比特，强制位务必设为 1。
- 长度** 10 比特，6 个字节加上每个被请求的流 1 个附加的字节。
- 属性类型** 2 字节，设为 2。

每个流请求条目包括：

- PHBID** 6 比特，M-CMTS 核心请求的每个跳点行为标识符，每个跳点行为标识符的定义见第 6.2.1 节。

在 ICRQ 报文中，M-CMTS 核心为一个会话申请若干个流，属性有效载荷中的每一个字节代表对于一个唯一流的申请，每个申请包含将要用于该流的 PHBID。对于 D-MPT 模式运行，M-CMTS 核心务必请求单个流。

7.5.2.3 DEPI资源分配应答 (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	保留		长度 = 8 + 4 * N		厂家 ID = 4491			
属性类型 = 3				保留					
X	X	PHBID 1		保留	流ID 1	UDP目的地端口 1			
X	X	PHBID N		保留	流ID N	UDP 目的地端口 N			

图 7-29/J.212—DEPI资源分配应答AVP

- M** 1 比特，强制位务必设为 1。
- 长度** 10 比特。8 个字节加上每个流 4 个附加的字节。
- 属性类型** 2 字节，设为 3。

每个流响应条目包括：

- PHBID** 6 比特，M-CMTS 核心申请的每个跳点行为标识符，每个跳点行为标识符的定义见第 6.2.1 节。

流 ID 3 比特，这是由 EQAM 分配的流 ID，流 ID 在一个会话内是唯一的。

UDP 目的地端口 2 字节。这是由 EQAM 指定的 UDP 目的地端口，如果 M-CMTS 核心和 EQAM 已经被配置成采用 UDP 报头和 L2TPv3，则 M-CMTS 核心务必在会话报头中采用这个 UDP 目的地端口，这个数值务必对于各个会话是唯一的，这个数值可能对于各个流是唯一的。如果 L2TPv3 已经配置成不采用 UDP 报头，则这个字段务必由 EQAM 设为全 0，务必被 M-CMTS 核心忽略。

在 ICRP 报文中，EQAM 以建立与所请求的流相匹配的流作为响应，EQAM 给各个流指定流 ID 和 UDP 目的地端口。PHBID 不作修改地取自流请求字段。如果 EQAM 不支持在来自 M-CMTS 核心的请求中所引用的 PHBID，则 EQAM 可以通过在响应中不包含该 PHBID 来告知这种情况。如果 EQAM 不能支持 M-CMTS 核心请求的所有的 PHBID，则 EQAM 务必通过发出一个 CDN 报文断开会话。

7.5.2.4 DEPI本地MTU (ICRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	保留		长度 = 8		厂家 ID = 4491			
属性类型 = 4						DEPI本地 MTU			

图 7-30/J.212—DEPI 本地MTU AVP

长度 10 比特，设为 8。

属性类型 2 字节，设为 4。

DEPI 本地 MTU 2 字节，在 ICRQ 报文中，这是 M-CMTS 在 CIN 接口能够从 EQAM 收到的 MTU（最大传输单元）。

MTU 是第 2 层帧的第 3 层有效载荷。对于 DEPI，MTU 将包括 L2TPv3 报头和有效载荷，如果存在 UDP 报头则包括 UDP 报头，以及 IP 报头，但是不会包括以太网报头或者 CRC。例如，1518 字节的以太网帧（如果存在 VLAN 标记则为 1522 字节）能支持 1500 字节的 MTU。

7.5.2.5 下行QAM信道DOCSIS SYNC控制 (ICRQ, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	保留		长度 = 14		厂家 ID = 4491			
属性类型 = 5						E	DOCSIS SYNC间隔		
MAC SA									
MAC SA									

图 7-31/J.212—DOCSIS SYNC AVP

长度 10 比特，设为 14。

属性类型 2 字节，设为 5。

E 1 比特。SYNC 启用，操作在下面描述。

间隔 15 比特。SYNC 报文之间标称的时间间隔，步长为 200 μ s。

MAC SA 48 比特。源地址字段中使用的 IEEE802 MAC 地址。

区分 D-MPT 模式和 PSP 模式使用这个 AVP。

在 D-MPT 模式下，如 E = 0，则 EQAM 绝不修改 DOCSIS SYNC 报文中的时戳数值，如果 E = 1，则 EQAM 务必发现和校正 SYNC 报文中的时戳数值。DOCSIS SYNC 间隔字段被 M-CMTS 核心设为全 0，EQAM 忽略这个字段。M-CMTS 核心应该把这个 AVP 的 MAC SA 字段设为通过会话已经关联上的 DOCSIS 接口的 MAC 地址，EQAM 忽略 MAC SA 字段。

在 PSP 模式下，如果 E = 0，则 EQAM 绝不发送 DOCSIS SYNC 报文，如果 E = 1，则 EQAM 务必以间隔字段规定的标称时间间隔插入并发送具有 MAC SA 字段指定的源 MAC 地址的 DOCSIS SYNC 报文。EQAM 务必支持 0x000A（2 ms）到 0x03E8（200 ms）之间的 DOCSIS SYNC 间隔值，虽然在任何两个 SYNC 报文之间测得的时间可能随业务而变化，但是测得的时间务必在标称值 ± 2.5 ms 以内，绝不能超过附件 B 规定的最大值。M-CMTS 核心务必把这个 AVP 的 MAC SA 字段设为通过会话已经关联上的 DOCSIS 接口的 MAC 地址。对于所有后续的 SYNC 报文，EQAM 务必采用 MAC SA 中的地址作为 MAC 管理报头中的源地址。

M-CMTS 核心务必采用这个 AVP 传送 EQAM 对于 DOCSIS SYNC 报文的处理。

7.5.2.6 EQAM能力AVP (ICRQ)

0	7	15	23	31
M	H	保留	长度 = 8	厂家 ID = 4491
属性类型 = 6				EQAM能力字段

图 7-32/J.212—EQAM能力AVP

长度 10 比特，设为 8。

属性类型 2 字节，设为 6。

能力 2 字节。EQAM 能力字段，所有位的缺省值为 0。

- 第 0 位：“1”表示 EQAM 支持 DLM-EE-RQ 和 DLM-EE-RP 包，“0”表示 EQAM 不支持这两种 DLM 包。
- 第 1 位到第 15 位：保留，发送者必须把它们设为 0，接收者务必忽略它们。

7.5.2.7 DEPI远程MTU (ICRP)

0	7	15	23	31
M	H	保留	长度 = 8	厂家 ID = 4491
属性类型 = 7				DEPI远程MTU

图 7-33/J.212—DEPI远程MTU最大有效载荷AVP

长度 10 比特，设为 8。

属性类型 2 字节，设为 7。

DEPI MTU 2 字节。在 ICRP 报文中，这是 EQAM 在 CIN 接口能够从 M-CMTS 核心接收的 MTU，这个 MTU 是第 2 层帧的第 3 层有效载荷。

7.5.2.8 本地UDP端口 (ICRQ)

0	7	15	23	31
M	H	保留	长度 = 8	厂家 ID = 4491
属性类型 = 8				本地UDP端口

图 7-34/J.212—本地UDP端口AVP

长度 10 比特，设为 8。

属性类型 2 字节，设为 8。

连接速度 16 比特，被发送到本地 LCP 的会话数据包所采用的 UDP 端口。

如果启用 UDP，并且如果 M-CMTS 核心想要数据会话采用除了在控制连接建立期间协商的 UDP 端口以外的一个不同的 UDP 端口，把会话数据包从 EQAM 发送到 M-CMTS 核心，则 M-CMTS 核心将在会话建立期间发出这个 AVP。

M-CMTS 核心可能支持本地 UDP 端口 AVP, EQAM 可能支持本地 UDP 端口 AVP。

7.5.3 QAM信道PHY AVP

为 DEPI 定义的 QAM 信道物理层特有 AVP 类型如表 7-7 所示。100 至 199 的属性类型范围为 QAM 信道 PHY AVP 保留, 这些 AVP 只用于 L2TP 会话报文。

表 7-7/J.212—DEPI定义的QAM信道PHY AVP

属性类型	说明
100	下行 QAM 信道 TSID 组
101	下行 QAM 信道频率
102	下行 QAM 信道功率
103	下行 QAM 信道调制
104	下行 QAM 信道 J.83 附件
105	下行 QAM 信道符号速率
106	下行 QAM 信道交织器深度
107	下行 QAM 信道 RF 静默

这些 AVP 定义了用于 QAM 信道的一般的 PHY 参数, 把这些 AVP 从 EQAM 发送到 M-CMTS 核心以便通知 M-CMTS 核心 EQAM 当前的配置和哪些数值允许改变, 然后把这个 AVP 从 M-CMTS 核心发送到 EQAM 以配置所选择的 PHY 层参数。

贯穿这组 AVP 的下列字段有一个共同的含义, 在这里描述一次:

- M** 1 比特。对于 ICRP 和 ICCN, 强制位务必设为 1 (如果可行的话)。
- L** 1 比特。锁定位, 这个位允许 EQAM 表示哪些配置单元已经被锁定在配置中。对于 ICRP (从 EQAM 到 M-CMTS 核心), 数值 0 表示在属性值字段中描述的参数为只读, 数值 1 表示参数为读/写。对于 ICCN (从 M-CMTS 到 EQAM), 这个数值被 M-CMTS 设为 0, EQAM 忽略它。
- TSID 组 ID** 如果参数属性为其它 QAM 信道所共有, 按照 TSID 组 AVP 定义, 这个字段被设置为 TSID 组, 否则, 这个字段设为全 0。

本建议书中列举如下的 AVP 编程选项可能不是在所有的 EQAM 产品中都存在, 为了遵循 DEPI 建议书, M-CMTS 核心或者 EQAM 务必支持一个特殊的 QAM 信道 AVP 属性, 只有该属性能代表那个特殊平台上存在的特性。例如, 如果 EQAM 不支持附件 C/J.83 作为一种特性, 则它不必支持 QAM 信道 AVP 附件 C 属性值。

7.5.3.1 下行QAM信道TSID组 (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 8 + 2N		厂家 ID = 4491				
属性类型 = 100				L	TSID组ID		保留的		
TSID #1				TSID #2					
TSID #3				TSID #N					

图 7-35/J.212—TSID组AVP

长度 10 比特，变量，设为 (8 + 2 * TSID 条目的数量)。

属性类型 2 字节，设为 100。

L 1 比特，锁定位，不使用，设为 0。

TSID 组 ID 7 比特，这是本列表中 TSID 归属的 TSID 组 ID。

TSID #1-N 16 比特，TSID 列表。

一些 PHY 层属性类型可能为一个以上的 QAM 信道所共有，因而，在一个 QAM 信道上改变某一属性可能会改变其它 QAM 信道上的该属性。EQAM 用 TSID 组表示这种依存性，为了定义一个以上的 TSID 组，可能要重复这个 AVP。一个 TSID 组通过在 PHY 参数 AVP 包含 TSID 组 ID，实现与一个或多个 PHY 层参数的关联。

7.5.3.2 下行QAM信道频率 (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 12		厂家 ID = 4491				
属性类型 = 101				L	TSID组ID		保留的		
频率									

图 7-36/J.212—频率AVP

长度 10 比特，设为 12。

属性类型 2 字节，设为 101。

频率 4 字节，这规定了 QAM 信道的下行频率，这是下行信道的中心频率，以 Hz 计，是一个 32 比特的二进制数字。

7.5.3.3 下行QAM信道功率 (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 10		厂家 ID = 4491				
属性类型 = 102				L	TSID组ID		保留		
功率									

图 7-37/J.212—功率AVP

长度 10 比特，设为 10。

属性类型 2 字节，设为 102。

功率 2 字节，TX 功率，以 dBmV 计（无符号 16 比特，0.1 dB 单位）

7.5.3.4 下行QAM信道调制 (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 8		厂家 ID = 4491				
属性类型 = 103				L	TSID组ID	保留	调制		

图 7-38/J.212—调制AVP

长度 10 比特，设为 8。

属性类型 2 字节，设为 103。

调制 4 比特，这表示下行 QAM 信道的调制类型，这个字段的值为：

0 = 64 QAM

1 = 256 QAM

2-15 = 保留

7.5.3.5 下行QAM信道J.83附件 (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 8		厂家 ID = 4491				
属性类型 = 104				L	TSID组ID	保留	J.83附件		

图 7-39/J.212—J.83附件AVP

长度 10 比特，设为 8。

属性类型 2 字节，设为 104。

J.83 4 比特，这表示将要用于下行 QAM 信道的[J.83]附件，J.83 附件定义的数值为：

- α (又取决于调制的选择)
- 前向纠错帧同步开/关
- 前向纠错奇偶校验字节
- 格子编码启用/禁用

这个字段的值为：

0 = 附件 A / DVB EN-300429

1 = 附件 B

2 = 附件 C

3-15 = 保留

注意到一个特殊的 EQAM 可能只支持上面列举属性值的一个子集，更多信息参见[J.210]。

7.5.3.6 下行QAM信道的符号速率 (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 8 + 4 * N		厂家 ID = 4491				
属性类型 = 105				L	TSID组ID		保留		
M				N					
M				N					

图 7-40/J.212—符号速率AVP

长度 10 比特，设为 8 加上 M/N 对数量的 4 倍。

属性类型 2 字节，设为 105。

M 2 字节，频率比符号系数的分子。

N 2 字节，频率比符号系数的分母。

通过选择适当的 M 和 N 值来设置下行符号速率，于是：

$$\text{符号速率 (M符号/s)} = f * M/N$$

这里 f 表示系统主时钟频率。

在 ICRP 报文中，EQAM 务必列出已经配置要求支持的所有的 M 和 N 数值对，EQAM 可能包含一个 M/N 对，每个数的值为 0xFFFF，表示 EQAM 具有可变符号速率的能力。在这种情况下，M-CMTS 核心能够请求已经配置供使用的 M 和 N 数值，注意到当 M/N 值是预配置时，要保持锁定位，当表示可变的符号速率能力时，要释放锁定位。

如果尚未给 EQAM 配置 M 和 N 数值，且 EQAM 不支持可变符号速率选项，则 EQAM 务必拒绝会话建立，并返回一个相应的错误代码。

在 ICCN 报文中，M-CMTS 核心务必选择那些 M 和 N 数值对中的一对来指示 EQAM 采用什么符号速率，M-CMTS 核心随后将在 UCD MAC 管理报文中使用 M 和 N 的值。

应该注意到在多个下行数据流可能被用作驱动一个公共上行数据流的 CM 的同步源的运行情况下，由于单个 M-CMTS 核心上行数据流接收器只能操作一个 M/N 值，那些多个下行数据流将不得不提供相同的 M/N 值。

7.5.3.7 下行QAM信道交织器深度 (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	保留	长度 = 10		厂家 ID = 4491				
属性类型 = 106				L	TSID组ID		保留		
I				J					

图 7-41/J.212—交织器深度AVP

长度 10 比特，设为 10。

属性类型 2 字节，设为 106。

I 1 字节，这表示下行 QAM 信道交织器深度的 I 值。

J 1 字节，这表示下行 QAM 信道交织器深度的 J 值。

7.5.3.8 下行QAM信道RF静默 (ICRP, ICCN)

0		7		15		23		31
M	H	保留	长度 = 8	厂家 ID = 4491				
属性类型 = 107				L	TSID组ID	QAM信道状态		

图 7-42/J.212—RF静默AVP

长度 10 比特，设为 8。

属性类型 2 字节，设为 107。

QAM 信道状态 1 字节，第 0 位 = 0 以解除 QAM 信道的 RF 输出静默，第 0 位 = 1 以使 QAM 信道的 RF 输出静默，第 7-1 位保留，传输时它们应设为 0，接收时予以忽略。

8 DEPI转发层面

注一 本节是规范性的。

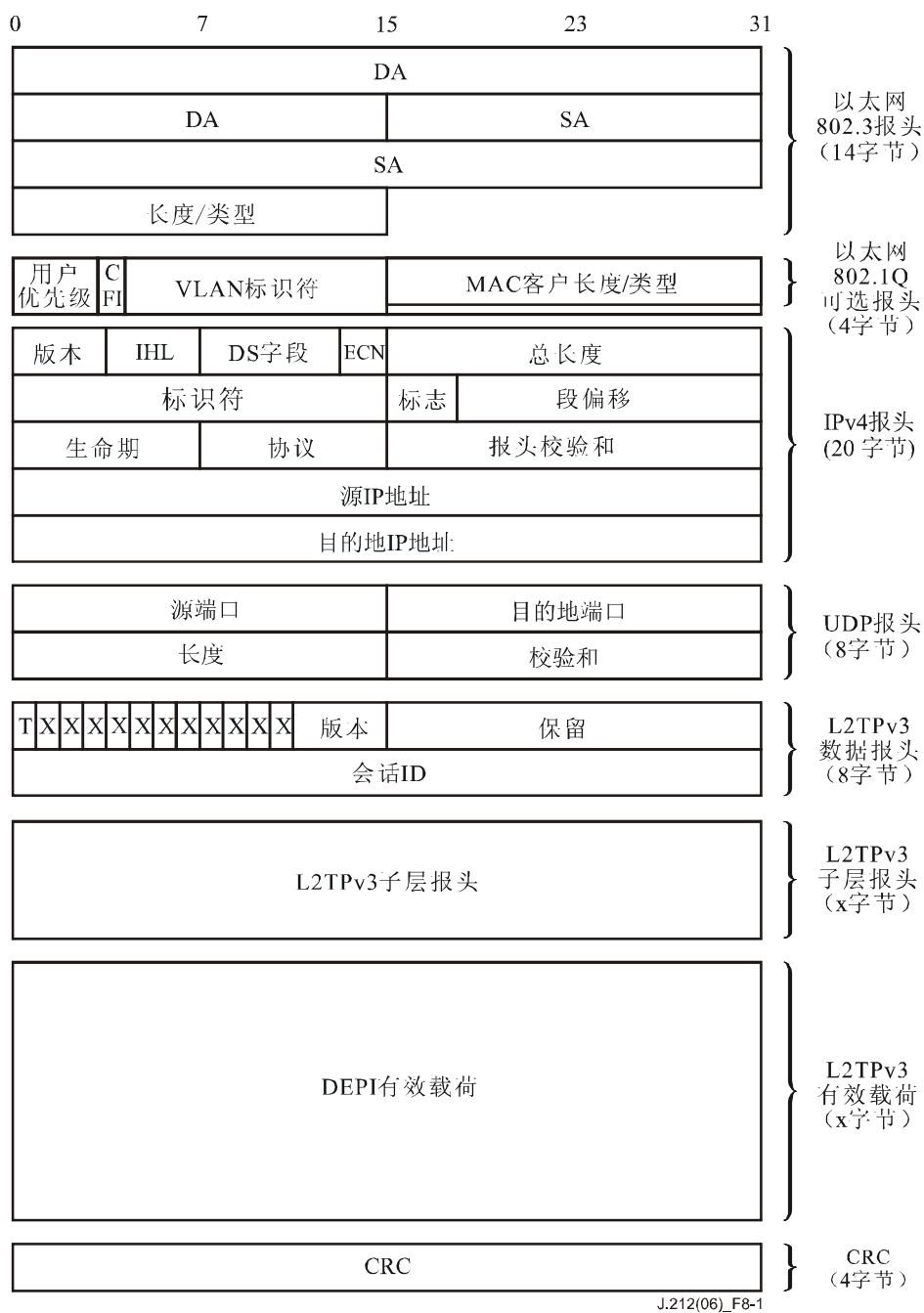
DEPI 协议采用带有或不带 UDP 报头的、IP 之上的 L2TPv3 协议，选择是否采用 UDP 报头是根据系统的配置，这个选择对于控制报文和数据报文都是相同的。

在 L2TPv3 有效载荷内，有两种用于 DEPI 的有效载荷，第一种是基于 MPEG 传输流 (D-MPT) 的格式，第二种是基于包流动协议 (PSP) 的格式，选择采用哪一种格式是根据传输业务的类型以及 M-CMTS 核心和 EQAM 之间协商获得的能力。

8.1 L2TPv3 传输数据包格式

本节描述的是当 L2TPv3 数据包应用于 DEPI 时它的各个字段。L2TPv3 数据报的外部封装带 UDP 报头时如图 8-1 所示，不带 UDP 报头时如图 8-2 所示。

8.1.1 带UDP报头的数据报文



J.212(06)_F8-1

图 8-1/J.212—带UDP的L2TPv3数据包外部封装

8.1.2 不带UDP报头的数据报文

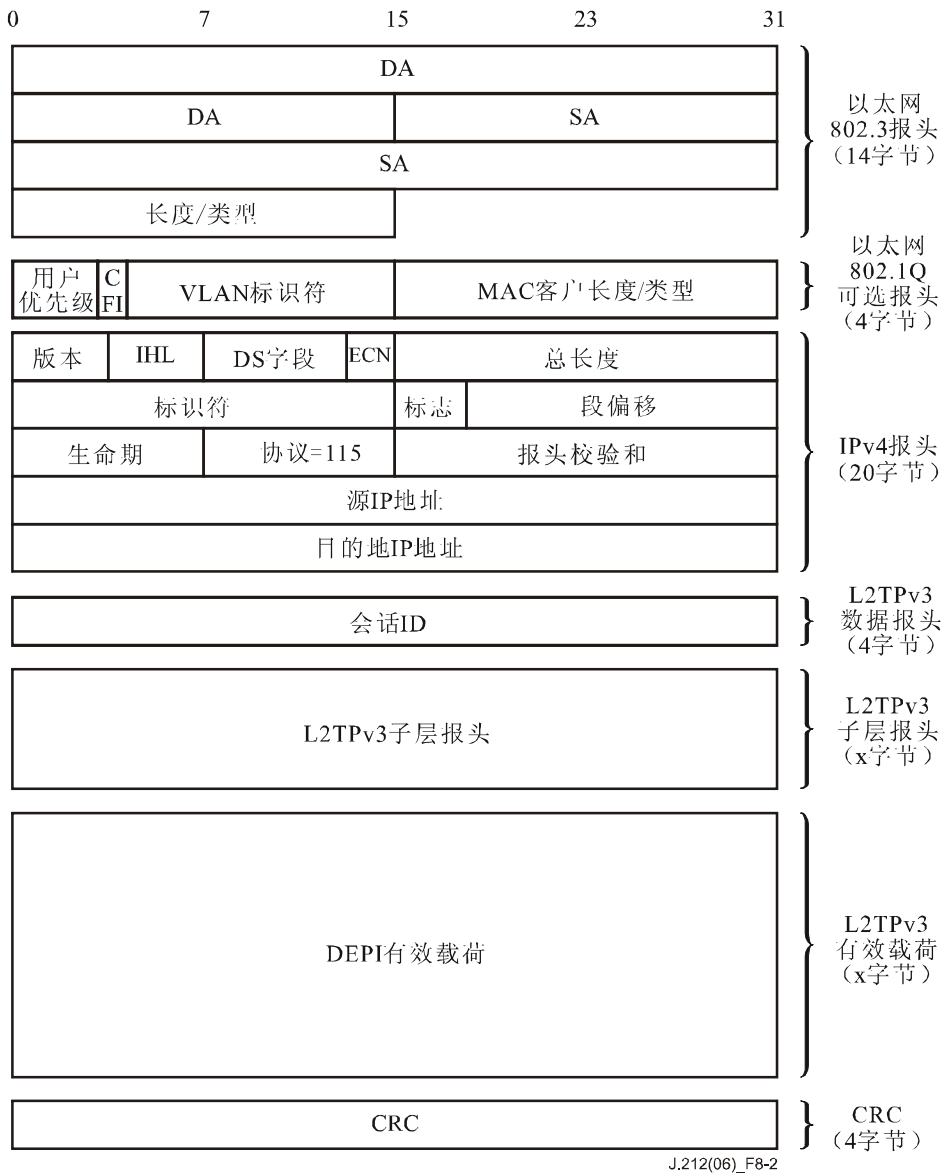


图 8-2/J.212—不带UDP的L2TPv3数据包外部封装

8.1.3 数据报文特有报头

8.1.3.1 L2TPv3数据报头

按照 [RFC-L2TPv3] 的定义，按如下使用 L2TPv3 字段：

T 传输位，1 比特，设为 0 表示这是一个数据报文。

X 保留位，1 比特，由 M-CMTS 设为 0，EQAM 忽略它。

版本 版本字段，4 比特，设为 3。

保留 保留的字段，16 比特，不使用，由 M-CMTS 设为 0，EQAM 忽略它们。

会话 ID 会话标识符，32 比特，这个值通过 L2TPv3 控制层面协商得到。

DEPI 中不要求支持 L2TPv3 的 cookie 字段。

M-CMTS 核心务必支持 L2TPv3 数据报头，EQAM 务必支持 L2TPv3 数据报头。

8.1.3.2 L2TPv3 DEPI子层报头

DEPI支持两种伪线类型，第一种称作D-MPT，用于传输MPEG数据包，第二种称作PSP，用于传输DOCSIS帧。每种伪线类型都有一个唯一的L2TPv3 DEPI子层报头格式，这些子层报头的字段在第8.2节和第8.3节中定义，另外，两种伪线类型都支持等待时间测量子层报头，其字段在第8.4节中定义。

对于DEPI会话的伪线类型，M-CMTS核心务必使用适当的DEPI子层报头。

EQAM务必接受来自M-CMTS核心的、包含适用于协商得到的伪线类型的适当DEPI子层报头的数据包，EQAM务必发送CDN报文断开一个会话，在这个会话中接收到的数据包具有错误的伪线类型。EQAM务必忽略接收到的、不符合这些L2TPv3 DEPI子层报头定义的数据包。

8.1.3.3 DEPI有效载荷

有效载荷包含一个或多个段，在D-MPT模式中，各个段为188字节的MPEG数据包，在PSP模式中，一个段包含一个完整的DOCSIS帧或者部分的DOCSIS帧。

8.2 DOCSIS MPT模式

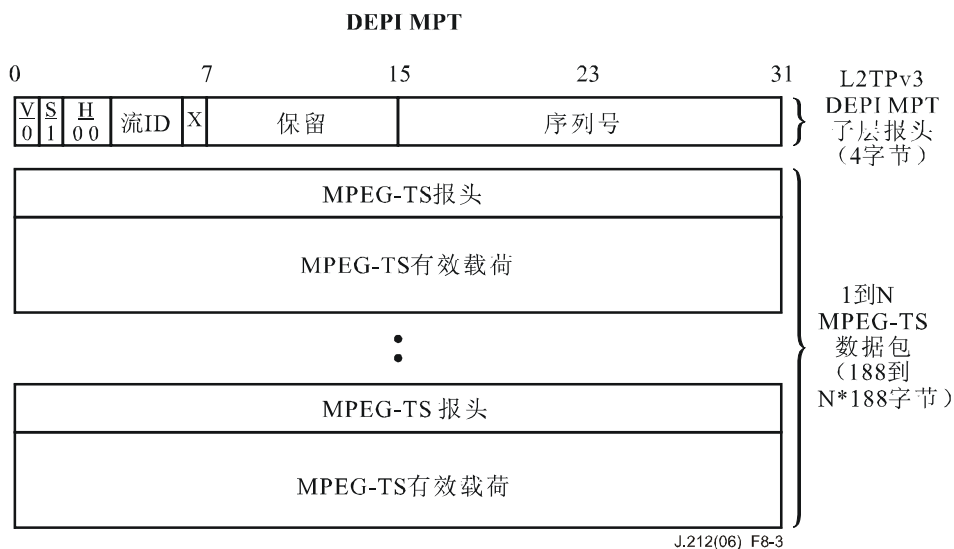


图 8-3/J.212—DOCSIS MPT子层报头和有效载荷

- V** 1 比特，VCCV 位，设为 0，为与[VCCV]兼容而保留。
- S** 1 比特，序列位，设为 1 表示序列号字段是有效的，设为 0 表示序列号字段无效。
- H** 2 比特，扩展报头位，设为 ‘00’ 表示没有扩展报头。
- X** 1 比特，保留位，在发送器端设为全 0，接收器予以忽略。
- 流 ID** 3 比特，流标识符。
- 保留** 1 比特，保留字段，在发送器端设为全 0，接收器予以忽略。

序列号 2 字节，序列号，每发送一个数据包序列号增加 1，序列号可以被接收器用于检测数据包丢失，序列号的初始值应该是随机的（不可预测的）。

M-CMTS 核心绝不会在 UDP 报头和第一个 MPEG-TS 报头之间或者连续的 MPEG-TS 数据包之间填充字节，M-CMTS 核心务必支持 MPT 子层报头中的所有比特。

当路径 MTU 长度为 1500 字节时，EQAM 务必接受 L2TPv3 有效载荷中 1 到 7 个 MPEG-TS 数据包，包含 7 个采用 L2TPv3 的 MPEG-TS 数据包，连同 D-MTPL2TPv3 子层、UDP、IPv4、802.1Q 报头的以太网帧长为 1378 字节，如果 EQAM、M-CMTS 核心以及它们之间的网络都允许更大的 MTU，则 M-CMTS 核心可能增加每个 L2TP 数据包发送的 MPEG-TS 包的总数。

M-CMTS 核心可能在 D-MPT 流中插入空 MPEG 数据包。根据[H.222.0]中的规定，空的 MPEG 数据包长度为 188 字节，带有数值为 0x1FFF 的保留 PID。EQAM 可能丢弃这些空 MPEG 数据包，对于 MPT 模式，只要求 EQAM 支持一个流。

8.3 PSP模式

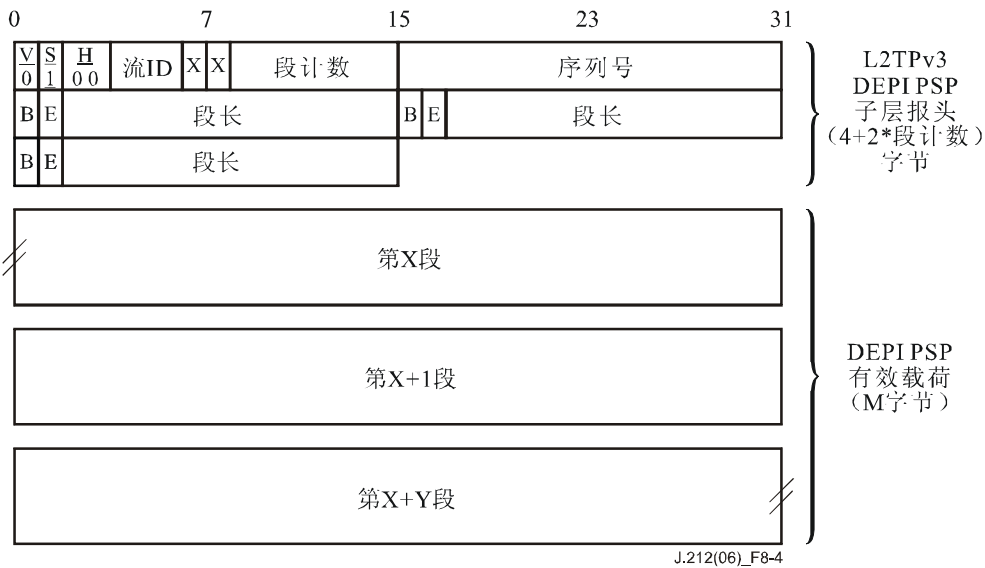


图 8-4/J.212—DEPI PSP子层报头和有效载荷

V 1 比特，VCCV 位，设为 0，为与[VCCV]兼容而保留。

S 1 比特，序列位，设为 1 表示序列号字段是有效的，设为 0 表示序列号字段无效。

H 2 比特，扩展报头位，设为 ‘00’ 表示没有扩展报头。

X 1 比特，保留位，在发送器端设为全 0，接收器予以忽略。

流 ID 3 比特，流标识符。

段计数 7 比特，这是 DEPI PSP 有效载荷中段的数量，这也是 PSP 段表中 2 个字节条目的数量。

序列号 2 字节，序列号，每发送一个数据包序列号增加 1，这个序列号可以被接收器用来检测数据包丢失，序列号的初始值应该是随机的（不可预测的）。

- B** 起始位，1 比特，设为 1 表示 PSP 帧包含 DOCSIS 帧的开始，否则设为 0。
- E** 结束位，1 比特，设为 1 表示 PSP 帧包含 DOCSIS 帧的结尾，否则设为 0。
- 段长** 14 比特，DEPI 段的长度，以字节计。

包流动协议能够获取一系列 DOCSIS 帧，把它们装配成一个连续的 DOCSIS 帧流，然后把这个流分开到 PSP PDU 中，这样做时，PSP PDU 的第一个和最后一个 DOCSIS 帧可能被分为跨 PSP PDU 的段，在 PSP PDU 中不是第一帧或者最后一帧的 DOCSIS 帧将不会被拆分，一个 DOCSIS 帧可能被拆分为两个以上的段，因此可能会跨两个以的 PSP PDU 分布。

段表提供有关各个后续 PSP 帧内容的信息，这包括表示这个帧是 DOCSIS 帧的开始、中间、结尾还是整个的 DOCSIS 帧。

8.4 DEPI等待时间测量（DLM）子层报头

DEPI 等待时间测量（DLM）子层报头被 M-CMTS 核心和 EQAM 用于测量 CIN 的时延和等待时间，由于转移网络对于在[J.122]中已经为传统 DOCSIS 1.x 和 2.0 设备制定的等待时间预算有着潜在的影响，因此这个测量很重要。为了实施这项测量，采用 DEPI 等待时间测量子层报头（如图 8-5 所示）把一个数据包发送到做出响应的那个接收器，把这个子层报头设计成可用于 M-CMTS 和 EQAM 之间任何有效的 L2TPv3 会话，可以预期这个特殊的报文交换可能发生在位于 DEPI 接口两端的硬件装置之间。



图 8-5/J.212—DLM子层报头

- V** 1 比特，VCCV 位，设为 0，为了与[VCCV]兼容而保留。
- S** 1 比特，序列位，设为 0。
- H** 2 比特，扩展报头位，设为 ‘01’ 表示存在等待时间测量扩展报头。
- X** 1 比特，保留位，在发送器端设为全 0，接收器予以忽略。
- 流 ID** 3 比特，流标识符。
- 保留** 1 字节，保留字段，在发送器端设为全 0，接收器予以忽略。
- 代码字段** 1 字节，允许的数值如下所述：
- 数值 0 表示由 M-CMTS 核心发起的 DLM-EI-RQ（DLM EQAM 进入请求）数据包，请求在邻近 EQAM 的 DEPI 入口的参考点进行测量。
 - 数值 1 表示由 EQAM 发起的 DLM-EI-RP（DLM EQAM 进入应答）数据包，带有在 EQAM 的 DEPI 入口附近的参考点计算得到的时戳最终值。

- 数值 2 表示由 M-CMTS 核心发起的 DLM-EE-RQ (DLM EQAM 输出请求) 数据包, 请求在 EQAM 的 DEPI 出口附近的参考点进行测量。
- 数值 3 表示由 EQAM 发起的 DLM-EE-RP (DLM EQAM 输出应答) 数据包, 带有在 EQAM 的 DEPI 出口附近参考计算得到的时戳最终端值。
- 数值 4 到 255 保留。

事务 ID 1 字节, 这是由发送者分配的唯一 ID, 被接收者返回。事务 ID 是每个会话唯一的。

时戳开始 4 字节, 发送者发送的时戳。

时戳结束 4 字节, 存在于接收器的时戳。

M-CMTS 核心务必支持 DLM-EI-RQ 数据包的发送和 DLM-EI-RP 数据包的接收, M-CMTS 核心可能支持 DLM-EE-RQ 数据包的发送和 DLM-EE-RP 数据包的接收。CMTS 核心 (发送者) 务必把 DLM 数据包发送到现有 DEPI 会话流上的 EQAM (PSP 或者 MPT), M-CMTS 核心务必根据被测量的 DEPI 会话, 给 DLM 数据包设置正确的 DSCP 值。M-CMTS 核心务必提供一种配置机制, 通过 M-CMTS 核心 MIB 设置采样间隔。

M-CMTS 核心务必通过 M-CMTS 核心 MIB 报告超过配置门限的增量测量结果。如果对于一个特殊的 DEPI 会话, 已经有一个 DLM-EI-RQ 或者 DLM-EE-RQ 没有完成, M-CMTS 核心绝不会把 DLM-EI-RQ 或者 DLM-EE-RQ 数据包发送到这个会话, M-CMTS 核心务必把当前 DOCSIS 32 位时戳值放在报文的时戳开始字段中, M-CMTS 核心应该使用来自 DTI 的、精确到当前时戳 100 μ s 以内的时戳值。

EQAM 务必支持 DLM-EI-RQ 数据包的接收和 DLM-EI-RP 数据包的发送。EQAM 可能支持 DLM-EE-RQ 数据包的接收和 DLM-EE-RP 数据包的发送。EQAM 务必支持在任何有效 DEPI 会话内使用 DLM 数据包, 不要求 EQAM 支持每个会话超过一个的并发等待时间测量。EQAM 务必确保在时戳结束字段中插入的时戳值精确到当前用于 SYNC 插入/校正时戳的 100 μ s 以内。

对于 DLM-EI-RQ 数据包, EQAM 务必在把 DEPI 帧列入 MPT 或者 PSP QoS 队列之前完成时戳插入。对于 DLM-EE-RQ 数据包, 如果支持的话, EQAM 务必在产生 SYNC 报文的地方插入时戳, 见图 6-1 的概述。EQAM 务必把完成的等待时间测量数据包返回到发出测量请求的 M-CMTS 核心, 采取的方式是利用附件 B 中规定的 EQAM DLM 定时器数值。

不支持 DLM-EE-RQ 数据包的 EQAM 务必默默地丢弃 DLM 数据包, 不产生响应数据包。

8.5 M-CMTS 核心输出速率

如果 M-CMTS 核心以精确等于下行 QAM 有效载荷速率的数据速率发送数据, 且发送的那些数据包经历了抖动, 则 EQAM 可能会插入 MPEG-TS 空值。一旦来自 M-CMTS 的数据包到达, 将会有有一个相当于 EQAM DEPI 输入端存在的最坏情况抖动的输出排队时延, 这个排队时延将不会消除直到 EQAM 的输入被中断、且内部的队列消失。此外, 时延消除的速度与输入流具有的抖动总量、峰值输入速率和输入流的最长字符组有关。

M-CMTS 核心务必能够从速率上限制所有 DEPI 会话的集合，包括 M-CMTS 核心可能已经插入的、去往 EQAM 内部相同 QAM 信道的所有空的 MPEG 数据包，这个集合的峰值速率务必是可配置的，为 QAM 信道有效载荷的百分之一。这个集合的字符组大小务必是可配置的，集合的缺省字符组大小务必相当于每个 DEPI 会话三个帧。（对于长度为 1522 字节的帧，缺省字符组大小将为 4566 个字节。）

附 件 A

DEPI MTU

A.1 L2TPv3底层有效载荷大小

典型地，一个接口通过查询在接口列中位于它下面的接口的最大有效载荷大小是多少，并考虑自己的封装来计算缺省的最大有效载荷大小。例如，缺省地，以太网的帧长为 1518 字节（没有 VLAN），以太网封装为 18 字节，剩下 1500 字节有效载荷给它的上层，UDP 于是必须减去 8 字节大小的 UDP 报头，得出 1472 字节的有效载荷。L2TPv3 必须减去 8 字节大小的 L2TPv3 报头，按余数来计算它的有效载荷（典型的为 1464），这个余数是能存在于以太网/IP/UDP 上的、为 L2TPv3 会话规定的最大有效载荷大小。

A.2 DEPI的最大帧长

这个附件用文件证明了当没有分段或者级联使用 PSP 伪线时，DEPI 的最大帧长。

表 A.1/J.212—DEPI的MTU

字 段		大 小	
DEPI 帧	以太网报头		14 字节
	802.1Q 报头		4 字节
	DEPI MTU	IPv4 报头*	20 字节
		UDP 报头	8 字节
		L2TPv3 报头	8 字节
		DEPI-PSP 报头	6 字节
		DOCSIS 帧	DOCSIS 报头
	以太网报头		14 字节
	802.1Q 报头		4 字节
	以太网 PDU		1500 字节
		以太网 CRC	4 字节
	以太网 CRC		4 字节
合计		1592-1832 字节	
* 目前，本建议书只要求支持 IPv4。如果 IPv6 将要用于传输，则数值将增加另外 20 字节加上任何一种 IPv6 扩展报头的长度。			

A.3 路径MTU发现

路径 MTU 发现依赖于一个事实：在 M-CMTS 核心和 EQAM 之间的网络部件都支持这个协议 [RFC-MTU]，如果这些网络部件不支持路径 MTU 发现，则不能使用这种机制，应改为使用静态配置选项。

在使用 L2TPv3 会话建立期间协商得到的有效载荷大小的情况下，当 M-CMTS 核心和 EQAM 之间的路径小于产生的总的帧长时，路径 MTU 发现起作用。在这种情况下，当 M-CMTS 核心发送大于网络能够支持的数据包时，则根据[RFC-IP]，M-CMTS 核心和 EQAM 之间的网络部件将产生一个具有“需要分段、设置 DF”代码的、ICMP 目的地不可达报文，发送到通过隧道传输数据包的源头。这个错误报头包括 IP 报头和 UDP 报头，M-CMTS 核心和 EQAM 应该有一种方法把 UDP 端口映射成 L2TP 会话 ID。M-CMTS 核心和 EQAM 应该把 ICMP 目的地不可达报文中引用的会话最大有效载荷减小到在报文的下一跳点 MTU 字段中所申请的大小。M-CMTS 核心和 EQAM 可以定期尝试把会话的最大有效载荷增加到它的协商最大值，并在穿过网络的路径已经发生改变、允许大的 MTU 的情况下重新开始这一过程。这项技术的描述见[RFC-MTU]，从这个过程中获得的最大有效载荷大小绝不会大于会话建立期间协商得到的最大有效载荷大小。

附 件 B

参数和常数

表 B.1/J.212—参数和常数

系 统	名 称	时 间 参 考	最 小 值	缺 省 值	最 大 值
M-CMTS 核心, EQAM	SYNC 间隔	SYNC 报文传输之间的标称 时间			200 ms
M-CMTS 核心, EQAM	HELLO 定时器	L2TPv3 第 4.4 节		60 s	
M-CMTS 核心, EQAM	控制报文超时	L2TPv3 第 4.2 节	第一次尝试: 1s, 然后第二次尝试: 2s, 然后第三次尝试: 4s, 然后每次追加的尝试: 8s		
M-CMTS 核心, EQAM	控制报文重发计数	L2TPv3 第 4.2 节			10
M-CMTS 核心, EQAM	StopCCN 超时	L2TPv3 第 3.3.2 节	31 s		
EQAM	EQAM DLM 定时器	接收和重发 DLM 数据包之 间的时间			100 ms

附录一

DEPI和DOCSIS系统性能

I.1 引言

M-CMTS 体系结构提供了实现一个完整 CMTS 的各种子功能的不同类型设备之间的互操作性，在以前的结构中，所有这些功能都包含在一个物理卡或底板中，因而子功能之间通信的时延实际上为 0，M-CMTS 引入了子功能之间的非零时延，在某些场合，这些时延可能影响系统性能。特别地，在 M-CMTS 核心和 EQAM 之间插入一个 CIN 增加了 DOCSIS 系统的往返时间。

I.2 往返时间和性能

一般来说，往返时间是指从 CM 请求开始到 CM 发送数据作为对该请求的响应的时候的一段时间，所有这些越快发生，CM 就能越快地发送另一个请求（例如，一个捎带确认请求），因而发送更多的数据，等等。

往返时间通过限定在一个给定的时间内调制解调器能够接收授权的数量来限制一个调制解调器的性能。例如，如果系统往返时间为 10 ms，一个调制解调器每秒钟不可能接收超过 100 个的授权。如果每个授权都是调制解调器允许的最长字符组（按照[J.122]的配置，如，最长的级联字符组），通过以下简单计算可以得出调制解调器性能的上限：

$$\text{最大吞吐量(bits/s)} = \text{最长字符组(bits)} \cdot 1/[\text{往返时间 (s)}]$$

实际上，由于在许多用户和服务之间共享带宽，最长字符组必须限于合理的数值，CMTS 通常不能在每个授权中都准予最长的字符组，即使调制解调器请求它。

较长的往返等待时间也增加了单个调制解调器经历的访问等待时间—即，在一段空闲时间以后，调制解调器为获准使用上行数据流、开始发送新的数据所花的时间。相反地，如果减少往返时间能够获得更高的吞吐量或者提高打开 TCP 窗口的速度，则调制解调器的事务处理（如，FTP 文件或者 HTTP 网页下载）可以更快地完成（假设设备带宽允许这样做），这些因素可能又会影响系统的整个带宽利用率。

I.3 往返时间组成部分

在调制解调器开始发送请求的时刻，开始测量往返时间是很方便的，于是往返时间能够按从这次最初的请求起、到调制解调器开始发送下一次请求的时刻的一段时间进行测量，网络嗅探器能够容易地捕获这些事件。

往返时间的组成部分可以按如下进行分类：

- 上行传播时延：在上行方向设备时延所占用的时间。
- 上行接收和请求分析时间：从字符组到达 CMTS 开始、直到完成请求的接收和分析的一段时间，一些 CMTS 要求在能够分析字符组之前收到整个字符组，其他的 CMTS 能够在接近字符组开头的地方识别捎带确认请求，即使字符组的结尾还没有到达。如果字符组启用了 FEC，在能够进行任何的 MAC 层分析之前，必须至少接收和解码一个完整的 FEC 数据块。

- 调度程序排队和处理时延：从请求到达调度程序起、直到完成包含对该请求授权的 MAP 报文的一段时间，如果请求刚好在调度程序完成建立一个 MAP 之后到达，请求会被延迟一段时间间隔直至下一个 MAP，另一方面，如果请求刚好在调度程序完成建立一个 MAP 之前到达，则请求将会经历几乎为零的时延。通常，实际的排队时延是在 0 到最大 MAP 间隔之间随机变化的。在仅包含一个或几个 CM 的某些实验室条件下，这个时延可能表现为一个常数，但在实际的系统中一般不能做此假定，为了使这个时延最优化，一些调度程序设备可能改变 MAP 时间间隔。

关于调度程序做出调度决定和实际地建立一个 MAP 报文的时间要求也包含在这里，这个因素与实现高度相关。
- MAP 传递时间（到 EQAM DOCSIS PHY 层）：从完成 MAP 报文建立到 MAP 传递至 PHY 层的一段时间，这包括由 M-CMTS 核心的 MAC 功能、把 MAP 封装到一个 DEPI 数据包中、DEPI 数据包在 M-CMTS 核心出口排队和传输、CIN 的时延和抖动、EQAM 内部的排队和时延、把 MAP 插入到 MPEG 封装的 DOCSIS 流中的时延（如，由于需要等待前一个数据包完成传输）所消耗的所有时间。
- 下行物理层时延：这包括下行调制器的等待时间、下行交织器时延以及 EQAM 和 CM 之间的物理传播时延。
- CM MAP 处理时间：从 MAP 的第一个比特到达 CM 直到 MAP 变成有效的一段时间，在[J.122]的相对处理时延条款中规定了其最小值，它导致了所有的内部 CM 处理时延。
- 授权之前的时间：如果 MAP 中的第一个授权不是针对这个 CM 的，则 CM 的实际传输将会被“延迟”直至授权的实际时间。
- 余量：实际上，CMTS 不能精确地控制所有的时延以确保 MAP 在完全正确的时刻到达调制解调器。因此，考虑到到达最远调制解调器的最坏情况传播时延、MAP 建立时间和 CIN 时延的变化等，CMTS 必须增加余量。

对于上述的往返时间组成部分，表 I.1 列出了举例数值，这些数值只是以示例的方式给出，不应该被理解成适用于任何特殊系统和/或实施的典型值。

表 I.1/J.212—DOCSIS请求授权往返行程表

(所有时间值以微秒计)

时延来源:	(所有时间值以微秒计)		备 注
	小计	合计	
上行传播时间		800	
物理的 HFC 设备时延	800		约 100 英里
上行接收/分析时间		469	
上行 PHY 处理时间	369		以 5.12 Mbit/s 处理 1 个 FEC 数据块(236,200)的时间
上行 MAC 处理时间	100		
调度程序排队和处理		1000	
MAP 发送到 PHY 层		1338	
在核心的 DEPI 分包	383	加上 CIN 的时延	对于 MPT 模式, 7 个 MPEG 数据包的传输时间
CIN 时延	变化		
EQAM 等待时间	500		按 J.212
MPEG 封装期间在最长的数据包后面排队。	455		1518 个字节的发送时间 (64QAM 附件 B)
下行传输时间		1841	
MAP 在线上的持续时间	61		200B MAP, 采用 64QAM
下行 FEC/交织器时延	980		(I, J) = (32,4), 采用 64QAM
下行传播时延	800		约 100 英里
MAP 提前余量		500	
CM 处理时间		200	TDMA, 没有字节交织
总的往返时间		6148	
		加上 CIN 的时延	

I.4 CIN特性

在 M-CMTS 系统中, CIN 增加了时延, 这个时延可能对于整个系统往返时间产生显著的作用, CIN 由经营者进行配置和管理, 它的范围可能随着系统不同而变化很大, 它可能简单得如同 M-CMTS 核心和边界 QAM 之间的一段短的以太网电缆一样, 换句话说, 它可能是一个包括多个交换机和/或路由器跳点的 IP 网络, 该网络是与往返于其它节点之间的其它 (非 DEPI) 业务共享的 (如, 来自 VoD 服务器的、采用 IP 封装的视频)。

几乎大多数普通的基于分组的网络将经历时延的变化，这些变化是由于长度和数据包到达时间的变化、瞬时负载的变化、网络部件内部的数据包排队、应用于不同数据包的 QoS 参数的差异和其它因素造成的，因而，网络时延经常被模拟成一个随机变量。

描述网络时延的一个常用方法是取作两部分的和：被当作常数的“典型”时延，加上可能因数据包而不同的“抖动”项。另一种方法是按网络具有的“最小”时延和“最大”或者“最坏情况”时延，以及以某种方式分布在这两个极端值之间的各个数据包的时延来描述网络。这些方法是近似网络行为的常用的简便方法。

精确模拟网络的一种方法包括确定包时延的累积分布函数 (CDF)，这个 CDF 是一个函数或者曲线图，该曲线图的 x 轴表示时延 D_0 ，y 轴表示任何特殊数据包的实际时延 D 小于 D_0 的概率。为了实用，可以在范围上对这个 CDF 进行限制：例如，它可以从一些特定的源节点到一个特定的目的地节点，且针对一类特殊的业务，于是它能够被描述成某一部分适用的数据包将经历小于一个特殊值的时延（如，“99.995%的数据包将经历小于 2 ms 的时延”，或者一些类似的描述）。在一些网络中，不可能为 100% 的全部数据包保证时延的上限。

除了 CIN 自身以外，“网络”可能包括发生在 M-CMTS 核心和 EQAM 内部的交换和/或排队。例如，一个支持多个下行 QAM 信道的 M-CMTS 核心可能有多个吉比特以太网输出端口，因而可能包括一个内部“交换机”来把各种 DEPI 流连接到不同的输出端口。如果存在这种功能，则这种交换功能也可能增加与实现相关的排队时延，这个时延可以被模拟成 CIN 的一部分。

为了表示出 CIN 的特性，DEPI 规定了等待时间测量子层（第 8.4 节），这个子层利用了 M-CMTS 核心和 EQAM 都包含一个 DTI 接口的事实，该接口提供一个公用的、高精度的时钟。M-CMTS 核心在任何指定的 DEPI 会话上发送含有它当前时戳值的等待时间测量包，EQAM 一收到这个报文，就添加它自己的时戳值，把这两个值返回到 M-CMTS 核心，其结果就是对于 CMTS 和 EQAM 之间 CIN 时延（加上在时戳插入点之间的路径上，所有的 M-CMTS 核心输出和 EQAM 输入排队时延）的单独测量，CMTS 可以以许多不同的方式使用这个信息，包括 CDF 计算或者调整特定的 DOCSIS 网络参数。

通常地，CIN 的设计在 M-CMTS 体系结构中是一个变量，由经营者完全控制，在这里做出的关于网络跳点的大小和数量的决定对于 DOCSIS 网络的整个性能有着直接的影响。

I.5 网络元素中的排队时延

目前许多第 2 层和第 3 层的交换产品支持非锁定方式的线路速率交换，“非锁定”意味着经过特殊的源端口和目的端口交换的数据包将不会干扰经过不同源端口和目的端口交换的数据包，如果交换机内部所有的业务都是非锁定的（按照 IETF RFC，这是实验室测试中的一种典型情况），交换将十分迅速（这个“固有交换时延”的准确数值是设备特有的）。然而，如果同时到达的数据包来自几个不同源端口、要去往一个目的地端口，则这些数据包将在交换机内部经历排队时延。

对于只存在 DEPI 业务的、非常简单的交换拓扑，在一个给定目的地端口处的最坏情况排队时延，可以当作包大小和交换到该目的地端口的源端口的数量的一个函数进行计算，这个计算只适用于网络内部的单一节点，如果各个源端口在同一时刻都发送数据包到目的地端口，则这些数据包中实际上最后一个离开目的地端口的数据包将会被延迟发送所有以前的数据包需要的时间，计算如下：

$$\text{最大时延 (s)} = (\# \text{ 源端口} - 1) \cdot \text{包大小 (bits)} / \text{线路速率 (bits/s)}$$

当在源端口处的业务的速率受到 M-CMTS 核心限制时, 这个计算的结果加上固有交换时延(举例来说, 固有交换时延大约为 10-100 μs) 给出了通过交换机最坏情况总时延的一个合理上限, 因此, 交换机目的地端口输出的总业务不会超过端口的吞吐量, 对于靠近 CMTS 或者 EQAM 的内部交换机, 或者在一个或两个跳点的网络中只传送 DEPI 业务的交换机, 这将是典型的情况。对于更加复杂的系统, 可能出现附加的队列阻塞, 通过这个交换机的等待时间可能轻易地超过 1 ms。因此, 把 QoS 规则应用于对等待时间敏感的业务很重要, 这样它可能绕过排队阻塞, 关于在 CIN 中使用 QoS 的更多信息在下面涉及“业务优先化”和“PSP 模式”的章节中提供。

近年来, 产品已经进化了, 以致于“交换机”和“路由器”之间的区别不一定清晰了。“交换机”可能加入大量的 QoS 功能, 而“路由器”可能在硬件中运行大量的处理, 和一些交换机一样快速, 因而, 在更加复杂的 CIN 拓扑中, 时延可能变化很大, 不容易计算。甚至具有线路速率性能的路由器或交换机要受拥塞、内部排队和处理时延的支配, 这些时延可能会依据负荷、业务类型、支持的 QoS 功能和一些其它的条件而变化。

I.6 业务优先化和网络时延

通常, 对于某些数据包, 通过指示路由器和/或交换机赋予这些数据高于其它数据包的优先级, 有可能减少网络时延。实现这个方法的机制通常是用于以太网的 IEEE 802.1Q VLAN 标记, 或者用于 IP 的 DSCP 字段和相关的每跳行为。

在最简单的情况下, 标记为最高优先级的数据包被路由器或交换机在所有其它低优先级的、可能已经在设备内部排队的数据包之前发送, 更加复杂的行为也有, 但基本上, 它们全都是以低优先级的数据包为代价, 从而减少高优先级数据包的时延。为了使这种方法有效, 高优先级的数据包必须代表网络上全部业务中相对较少的一部分。

在 CIN 中, 当采用 PSP 模式时, 业务优先化采取把包含 MAP 的 DEPI 流列为优先、优于包含其它类型数据的流的方式, 可能对于减少往返时间有用。如果 M-CMTS 核心和 EQAM 都支持所要求数量的 PSP 流, 则这个概念可以被扩展到增加更多的优先级(如, 语音相对于最优数据)。在 MTP 模式中, 这种方法不能使用, 原因是对于一个给定 QAM 信道, 所有的数据不论类型或优先级都在一个流中传送。

如果 CIN 也传送非 DEPI 业务, 则它可以通过赋予 DEPI 更高的优先级来减少 DEPI 时延。然而, 这将导致非 DEPI 数据包时延的增加, 运营商应慎重考虑这个结果。

I.7 DEPI流中的队列持续时间

DEPI 要求 M-CMTS 核心调整它的输出速率, 以便匹配 EQAM RF 输出的速率。如果两个设备之间的路径存在固定的时延(即零抖动), 则到达 EQAM 的 DEPI 数据将会立即在 HFC 网络上发送。实际上, 实际的 DEPI 路径将总是包含可变的时延(即抖动), 在这个路径上抖动的存在要求数据在 EQAM 内部进行排队。

为了理解这一点，考虑一个包含单一 MPT 模式 DEPI 流的简单例子。假设数据包在 1Gbit/s 以太网上发送，流本身仅占用大约 40 Mbit/s，且速率是固定的，这样网络上数据包之间将有“空白”，CIN 上一个数据包开始和另一个数据包开始之间的间隔将与 EQAM RF 输出端的相同间隔相对应。只要每个数据包被以固定的时延 D 从 M-CMTS 核心发送到 EQAM，各个数据包将到达 EQAM，就像 EQAM 完成了以前报文的传输一样。然而，假设一个数据包 P_0 经历了大于正常的时延 $D + J$ ，网络上这个数据包和前一个数据包（数据包 P_{-1} ）之间的时间被延长，而这个数据包和下一个数据包（数据包 P_1 ）之间的时间被缩短（由于 P_1 只经历了时延 D ）。因而，EQAM 在 P_0 达到之前完成了 P_{-1} 的传输，由于现在 EQAM 已经没有数据可发送，它必须发送 MPEG 空数据包直至 P_0 到达，在 P_0 到达那个时候，EQAM 必须完成当前正在发送的 MPEG 空数据包，然后开始发送 P_0 。然而，由于 P_0 和 P_1 之间的时间已经被缩短， P_1 将在已经完成 P_0 传输之前到达， P_1 现在必须被 EQAM 排队，将经历排队时延 J' ，这里：

$$J' = \text{最高限额}(J/T_{\text{MPEG}}), \text{ 这里 } T_{\text{MPEG}} = \text{一个MPEG数据包的持续时间}$$

即，把由于网络抖动而增加的 P_0 的时延数值向上进位到下一个 MPEG 数据包的界限。另外，只要 M-CMTS 核心继续以 EQAM RF 输出的准确速率输出数据，在流中的所有后续数据也将经历排队时延 J' ，这对于 M-CMTS 系统可能是一个严重的问题，因为即使抖动 J 的发生非常罕见，一旦它发生，附加的排队时延可能会无限期地持续下去。

为了防止这种无限期的排队持续，DEPI 要求 M-CMTS 核心能够把它的输出速率调整到 EQAM 实际输出数据速率的某一可配置的分数，这不能避免由于网络抖动事件产生的排队时延，但总的来说，它意味着 EQAM 能够减少队列（通过发送数据），快过它填补队列。

在抖动事件把一个数据包的时延从 D 增加到 $D + J$ 以后，有可能要计算队列深度回到 0 所需要的时间 T ，假设 CMTS 的速率调整为速率 r ，该速率为 EQMA 输出速率的某一“速率调整比” ρ （即 $\rho = r/R$ ）。在时间 J' 期间，当抖动事件还没有出现时，EQAM 将发送 MPEG 空数据包，会正常地接收来自 M-CMTS 核心、紧接着在线路上发送的 $J' \cdot r$ 比特的数据，这个数量的比特将改为在 EQAM 内排队，一旦有空闲就发送，因而以速率 R 从队列中清除，同时，数据继续到达，以速率 r 添加到队列中，因此，经过时间间隔 T ，总的队列长度减少 $T \cdot (R - r)$ ，队列长度将回到 0 当：

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

求解出 T ，并用 ρ （在 M-CMTS 核心中配置的比率）表示：

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

例如，如果一个数据包上的网络抖动导致 2ms 的排队时延 (J')，M-CMTS 核心继续以等于 EQAM 实际输出速率的 98% 的速率发送业务，消除 EQAM 中最后形成的队列的时间将为 (2 ms) $[0.98/(1 - 0.98)]$ 或者 98ms，在这个“填充管道”的时期内，如果 CMTS 没有足够的下行业务可供使用，这个时间将被减少到标称值的 98%。相反地，如果另一个网络抖动事件在这次事件尚未过去之前发生，队列长度将再次骤增，连续抖动的影响不是叠加，更确切地说，最坏情况的队列积累将相当于最坏情况的抖动。如果网络抖动事件足够频繁，业务负荷保持相对地高，队列可能永远不会完全地消除。

对于 MPT 运行，一个流包含了一个给定 QAM 信道的所有 DOCSIS 数据，包括 MAP 报文。关于 T 的上述计算，在估计有多少 MAP 报文将经历由于网络抖动事件而导致的时延增加时是有用的，如果 MAP 间隔为典型的 2ms，由于每一个网络抖动事件给一个 DEPI 数据包增加 $J=2\text{ ms}$ 的时延（无论这个数据包是否包含 MAP 报文），则在 $T=98\text{ ms}$ 时间内，每个上行信道上的 49 个 MAP 报文将经历增加的时延。注意到由于 CMTS 可以改变 MAP 间隔，这个计算可能不准确。

取决于 CMTS 已经准备了多少 MAP 预先余量（见第 I.3 节中往返时间计算），这 49 个 MAP 中的一些仍然可能为 CM 所采用。为了说明这一点，所准备余量的数值可能要从 J 以及用来计算 T 的结果中减去，即，如果余量用 μ 表示，则当增加抖动 J 的抖动事件发生时，各个上行信道上被延迟以至于丢失的 MAP 的数量由下式给出：

$$\# \text{丢失的 MAP} = [(J - \mu) \cdot \rho / (1 - \rho)] / (\text{MAP 间隔})$$

在当前的例子中，如果 CMTS 已经为每个 MAP 增加了 $500\ \mu\text{s}$ 的 MAP 预先余量，在 $(J - 500\ \mu\text{s}) \cdot [\rho / (1 - \rho)] = (1.5\text{ ms}) (49) = 73.5\text{ ms}$ 以后，队列将缩短到 MAP 能被 CM 使用的地方。如果 MAP 间隔为 2 ms，则对于每一个这样的网络抖动事件只有 37 个 MAP 将丢失，相对于在已经准备了 0 余量的情况下 49 个 MAP 将丢失。这 37 个丢失的 MAP 转换为时间 $(37 \cdot 2\text{ ms}) = 74\text{ ms}$ ，因此在这段时间期间 CM 不能发送数据。

当采用 MPT 模式时，为了使由于网络抖动而丢失的 MAP 的数量最小化，调度程序应根据描述网络的 CDF，增加足够的余量以便提供期望的可靠性水平。例如，假设已经确定 99.9999% 的时间内（即， $1 - 10^{-6}$ ），网络时延将小于 D_1 ，调度程序则可以在建立 MAP 时增加余量 D_1 ，于是可以说事件导致 MAP 丢失将会每发送 10^6 个数据包出现一次。在相对负荷的下行方向，如每秒传输 50,000 个数据包，这将导致“丢失 MAP 事件”大约每 20 秒出现一次，每次事件丢失 MAP 的数量将取决于实际时延超过 D_1 的数量。在以前的例子中，如果考虑到最坏情况的 CIN 抖动，MAP 预先余量已经设为 2 ms，则被延迟的 49 个 MAP 报文将全部仍然可用。

这个增添的余量的作用是给所有的数据包增加了系统往返时间 D_1 ，然而，它有助于使经常丢失 MAP 的负面系统影响最小化。

I.8 PSP 模式

DEPI 提供 PSP 模式，作为一种减轻 CIN 时延对于往返时间的影响的手段。PSP 模式本身不能减少网络的时延，而是把 MAP 报文分隔为一个单独的 DEPI 流，采用业务优先化（第 I.6 节）使这个流的时延最小化。PSP 模式也允许 EQAM 在低优先级 DOCSIS 数据之前发送 MAP 报文，即使低优先级数据已经在 EQAM 内部排队。在 PSP 模式中，这两处修改又意味着：

- a) 在网络中，MAP 报文只会被直接影响含有 MAP 的数据包的抖动延迟；和
- b) MAP 报文只能在其它 MAP 之后排队（因而只能被其它 MAP 延迟），因此，在 PSP 模式中，关于 MAP 报文网络时延的 CDF 可能会有意义地显示出比相同网络上 MPT 模式类似的 CDF 更低的时延。

每当 CIN 对系统往返时间的影响被人关注时，经营者应该考虑采用 PSP 模式。更准确地说，为了提供足够低的 MAP 丢失率，必须添加到往返时间中的余量数大到不能接受时，应该考虑 PSP 模式。“大到不能接受”准确地等于多少取决于许多因素，可能是主观的。例如，系统中设备物理尺寸短小的系统有着较小的传播时延，因此可能容许更大的 CIN 时延。比如另一个例子，在期望高性能的调制解调器、但存在 UGS 业务或者其它因素的一个设备上，强制采用较小的最长字符组，即使相对较小的时延也可能恶化性能。

通常，一个很小的 CIN（一个或者可能两个交换跳点）可能对系统的往返时间的影响较小，然而一个具有多个跳点和/或存在非 DEPI 业务的 CIN 可能对系统的往返时间的影响十分明显。为了准确地预测在一个给定的 CIN 上采用 PSP 模式，能够获得的往返时间的实际改善，有必要针对不同的 DSCP 描述该 CIN 的时延特性。

附 录 二

EQAM设备的早期采用和发展使用

在形成 M-CMTS 建议书之前，现有 HFC 数字 CATV 系统中的 EQAM 设备负责视频处理功能，例如多路复用和调制（QAM）。为了支持 DOCSIS 功能，M-CMTS 建议书对 EQAM 设备提出了附加的要求。

有可能某些 EQAM 设备通过遵守部分的 M-CMTS 建议书（包括 DEPI），也许能支持 DOCSIS 功能的子集，这些设备不会是考虑过的适应 M-CMTS 的 EQAM，但尽管如此，它们可能是经营者转移策略的一个重要组成部分。

首先在市场上出现的初期 M-CMTS EQAM 设备的开发将会为两类：第一类（A 类）是现有的仅具有视频功能的 EQAM 产品（不支持 DTI）的 EQAM 厂家，为了让已经使用的 EQAM 产品支持不包含定时信息的（没有 SYNC 报文）捆绑 DOCSIS 信息，这些厂家可能希望给他们的客户提供软件升级的途径。第二类（B 类）是最初企图提供新 EQAM 产品的 EQAM 厂家，该产品具有全部 M-CMTS 能力的硬件包括 DTI，但是起初并没有提供对于 M-CMTS 特性的完全支持。在两类产品中，典型地将通过软件升级采取分阶段的方法来增加对于附加的 M-CMTS 特性的支持。

II.1 EQAM开发：A类（无DTI）

为了允许现场升级他们现有的、在使用的视频 EQAM 产品从而支持不含 DOCSIS 定时信息（没有 SYNC 报文）的捆绑 DOCSIS 信道，属于 A 类的厂家将提供软件升级，这给在经营的领域内已经配置了 EQAM 产品的经营者提供了一定程度的投资保护，这些被升级的视频 EQAM 产品将不支持 DTI，因而将不适应 M-CMTS，但是他们能够在配置 DOCSIS 信道捆绑时得到经营者的支持。在升级经营者的系统以便支持 DOCSIS 信道捆绑的时候，这将有助于使要求经营者购买的新 EQAM 设备的数量最小化。

A 类（无 DTI）的升级阶段：

- 阶段 1：S/W 升级已有的“视频”EQAM，以便支持 {L2TP 控制层面和 DEPI MPT 模式}
- 阶段 2：增加（对于阶段 1）对于 L2TP 数据层面的支持。
- 阶段 3：增加（对于阶段 2）对于 ERMI 的支持。

II.2 EQAM开发：B类（有DTI）

属于 B 类的厂家起初将开发硬件能够完全适应 M-CMTS 的 EQAM 设备，这主要包括物理的 DTI 接口硬件，然后对于 M-CMTS 特性的支持由厂家通过软件升级随时间分阶段引入，这样允许经营者在预先知道要最终地达到与 M-CMTS 完全适应只需要软件升级的情况下，购买 M-CMTS EQAM 设备，硬件符合 M-CMTS 的 EQAM 将支持 DTI，允许运行在 SCDMA 模式或者 ATDMA 模式。

B 类（带 DTI）的升级阶段：

- 阶段 1：支持 DTI、L2TP 控制层面和 DEPI MPT 模式。
- 阶段 2：增加（对于阶段 1）对于 L2TP 数据层面的支持。
- 阶段 3：增加（对于阶段 2）对于 ERMI 的支持。
- 阶段 4：增加（对于阶段 3）对于 DEPI：PSP 模式的支持。

II.3 可能的M-CMTS特征阶段

为了使上市的时间最短，EQAM 厂家将很可能采取分阶段的方法通过提供软件升级增加对于 M-CMTS 系统的支持，在如上所述的两类开发中，为了完全适应 M-CMTS 的软件升级途径可能十分相似。

开发：阶段1

最初的 M-CMTS 产品可能支持 L2TP 控制层面，它们很可能只支持 DEPI MPT 模式（不支持 DEPI PSP 模式）。带有 DTI 硬件的 EQAM 可以支持或不支持 DTI。如果不支持 DTI，EQAM 只能用于视频应用和/或用于不包含 DOCSIS 定时信息支持带有非的 DOCSIS 捆绑信道。

要求 L2TP 控制允许 M-CMTS 核心提供和配置 EQAM，因此对于 L2TP 控制层面的支持是强制性的。假设对于现有的“视频”EQAM 或者硬件具有 M-CMTS 能力的 EQAM，可以用软件开发 L2TP 控制层面而无需改变硬件。

支持 L2TP 数据层面可能要求硬件辅助或者比 L2TP 控制层面更加广泛的软件开发，于是 EQAM 厂家很可能会把对于 L2TP 数据层面的支持推迟到以后的阶段。现有的网络处理器典型地不支持 L2TP，因而在早期接收器 EQAM 产品中的 L2TP 数据层面处理可能需要开发客户软件，也应注意 M-CMTS 核心一定总是包括 L2TP 数据层面，但是由于 L2TP 层是固定长度的，当接收 DEPI 数据时，早期接收器 EQAM 产品可能被设计成简单地略过 L2TP 报头。在这种情况下，要求 UDP 层支持数据包到适当 QAM 信道输出端的路由。

很有可能早期接收器 EQAM 设备一开始就支持 DEPI MPT 模式，但是不支持 DEPI PSP 模式。DEPI MPT 模式把 MPEG 包发送到 EQAM，要求 EQAM 中的处理与对视频 MPEG 包进行的处理类似，DEPI PSP 模式要求 EQAM 完成附加的功能，例如传输会聚（MPEG 分包）和 DOCSIS SYNC 插入，因而支持 DEPI PSP 模式很可能被推迟到以后的阶段。

开发：阶段2

阶段 1 中提供了如上所述的初期 EQAM 产品以后，很有可能下一步（阶段 2）将提供对于 L2TP 数据层面的支持。对于 L2TP 数据层面的支持可以用软件实现，或者如果支持 L2TP 的网络处理器可用的话，依靠它们实现。采用 L2TP 能力网络处理器可能通过软件升级和/或 FPGA 固件升级实现，或者可能需要改变硬件。

开发：阶段3

对于 M-CMTS ERM 的支持也可通过软件升级分阶段引入，由于依靠 L2TP 控制层面和静态系统配置，M-CMTS 系统被设计成不具有 ERM 功能（不使用 ERM），在这种情况下，EQAM 资源被手工（和静态地）分配到 M-CMTS 核心。因此，在 EQAM 中支持 ERM 可以被推迟到以后的阶段。

开发：阶段4

M-CMTS EQAM 开发的最后一个阶段可能是软件升级从而支持 DEPI PSP 模式。DEPI PSP 模式要求 EQAM 执行 DOCSIS 特定的功能，例如传输会聚（MPEG 分包）和 DOCSIS SYNC 插入。另外，适用于 PSP 模式的数据层面处理比 MPT 模式更加复杂，在这种模式中要求支持可变长度的 PDU 以及每个 PDU 多个 DOCSIS 帧。因此，很可能支持 DEPI PSP 模式将由 EQAM 厂家在开发的随后或者最后阶段提供，支持 DEPI PSP 模式将只对于支持 DTI 的 EQAM 产品（B 类 EQAM 产品）可行。

II.4 可选的UDP层

在 L2TP 中 UDP 层是可选的，可以期望使用没有 UDP 层的 L2TP 协议，由于 L2TP 提供嵌入机制（会话 ID）将有效载荷数据捆绑到软件功能上，类似于使用 UDP 端口，如果两个完全支持 L2TP 的设备相互之间正在进行通信（采用 L2TP），则由于会话 ID 字段提供了路由功能所必需的数据，没有必要使用在 L2TP 层下面的 UDP 层。如果一个设备不支持数据层面中的 L2TP，则可以采用 UDP 层提供数据路由功能。

由于 EQAM 厂家开始 M-CMTS 开发时，现成的支持 L2TP 的网络处理器很可能不存在，早期接收器 EQAM 产品将很可能不支持数据层面中的 L2TP，因此，由于已有的网络处理器能够在硬件中分析数据包、并包含传输层，早期接收器 EQAM 产品很可能利用 UDP 层来提供数据路由功能。

最后，如果/当 L2TP 能力网络处理器可以获得时，或者换句话说，如果 EQAM 厂家开发在数据层面中支持 L2TP 层，则经过 L2TP 进行通信的设备可以停止使用 UDP 层，如果需要的话。

ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其它多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	电缆和外部设备其它组件的结构、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题