

**YD**

# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1475-2006

---

## 接入网技术要求 ——基于以太网方式的无源光网络(EPON)

Technical Requirements for Access Network  
——Passive Optical Network Based on Ethernet(EPON)

2006-06-08 发布

2006-10-01 实施

---

中华人民共和国信息产业部 发布

## 目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 缩略语	2
4 系统配置和参考模型	3
4.1 参考模型	3
4.2 协议栈	4
5 光网络要求	4
5.1 ODN 要求	4
5.2 PMD 子层	5
5.3 RS 子层	5
5.4 OAM 子层	5
5.5 MPCP	5
6 业务承载能力	5
7 网络侧接口和用户侧接口	5
7.1 基本要求	5
7.2 网络侧和用户侧接口类型	5
7.3 协议要求	6
8 功能要求	6
8.1 动态带宽分配功能 (DBA)	6
8.2 业务 QoS 保证	6
8.3 加密功能	6
8.4 ONU 认证功能	6
8.5 VLAN	6
8.6 帧过滤功能	6
8.7 广播/组播帧抑制功能	6
8.8 二层隔离功能	6
8.9 生成树 (Spanning Tree)	6
8.10 组播功能	6
8.11 链路聚集功能	6
8.12 用户认证功能 (可选)	7
8.13 VLAN Stacking (可选)	7
8.14 ONU 掉电通知功能 (可选)	7

8.15	光纤保护倒换功能（可选）	7
9	业务承载方式和性能指标要求	7
9.1	系统传输距离和分路比	7
9.2	TDM 业务承载方式	8
9.3	业务性能指标要求	8
9.4	IP 业务性能指标要求	9
10	操作管理维护要求	9
10.1	基本要求	9
10.2	配置管理要求	9
10.3	性能管理要求	9
10.4	故障管理要求	10
10.5	安全管理要求	10
11	其他要求	10
11.1	环境要求	10
11.2	电源要求	11
11.3	电气安全要求	11
附录 A	（规范性附录）物理媒质相关（PMD）子层要求	12
附录 B	（规范性附录）多点 MAC 控制	23
附录 C	（规范性附录）RS 子层和 PCS 子层/PMA 子层为 1000BASE-X 多点连接和前向纠错所做的扩展	63
附录 D	（规范性附录）操作、管理和维护（OAM）	81

## 前 言

本标准是无源光网络（PON）系列标准之一。该系列标准的名称及结构预计如下：

1. YD/T 1090-2000 接入网技术要求——基于 ATM 的无源光网络（A-PON）；
2. YD/T 1250-2003 接入网设备测试方法——基于 ATM 的无源光网络（A-PON）；
3. YD/T 1475-2006 接入网技术要求——基于以太网方式的无源光网络（EPON）；
4. 接入网测试方法——基于以太网方式的无源光网络（EPON）。

随着技术的发展，还将制定后续的相关标准。

本标准和 IEEE 802.3ah-2004 信息技术 - 系统间通信和信息交换 - 局域网和城域网特定要求 - 第 3 部分：CSMA/CD 接入方式和物理层规范 - 增补文件：用户接入网媒质接入控制参数、物理层和管理参数的一致性程度为非等效，主要差异如下：

——根据我国通信网络的实际情况补充规定了 EPON 系统的参考模型、业务承载能力、业务接口类型、性能指标以及系统功能、操作维护管理和设备电气安全等方面的要求；

——要求必须支持 OAM 功能；

——要求 PX10 类型的 PMD 子层应支持 10km 传输、1：32 光分路比，并修改了对应的最大通道插入损耗指标；

——PMD 子层增加对 SLM 激光器的光谱特性指标要求；

——采用完全不同的章节结构。

本标准中的附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 为规范性附录。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：信息产业部电信研究院

中兴通讯股份有限公司

上海贝尔阿尔卡特股份有限公司

UT斯达康（重庆）通讯有限公司

武汉邮电科学研究院

华为技术有限公司

本标准主要起草人：陈洁 敖立 刘谦 谢云鹏 张凯宾 宋小燕 何岩

# 接入网技术要求

## ——基于以太网方式的无源光网络（EPON）

### 1 范围

本标准规定了传输速率为千兆比的基于以太网方式的无源光网络（EPON）系统的参考模型、业务承载能力和性能指标、业务接口类型、系统功能与协议、操作维护管理以及设备电气安全等方面的要求，并对EPON系统的PMD子层、RS子层以及MPCP、OAM协议进行了详细规范。

EPON系统中OLT和ONU间的互通要求不在本标准规定的范围内。

本标准适用于公众电信网环境下的EPON设备，专用电信网也可参照使用。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 7611-2001	数字网系列比特率电接口特性
GB 9254-1998	信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
GB/T 17618-1998	信息技术设备抗扰度限值和测量方法
YD/T 1054-2000	接入网技术要求——综合数字环路载波（IDLC）
YD/T 1082-2000	接入网设备过电压过电流防护及基本环境适应性技术条件
YD/T 1128-2001	电话交换设备总技术规范（补充件1）
YD/T 1292-2003	基于 H.248 的媒体网关控制协议
YDN 021-96	本地数字交换机和接入网之间的 V5.2 接口技术规范
YDN 065-1997	邮电部电话交换设备总技术规范书
ITU-T G.652 (2000)	单模光纤光缆特性
ITU-T G.711 (1988)	话音频率的脉冲编码调制
ITU-T G.723.1 (1996)	以 5.3 和 6.3 kbit/s 速率传输的多媒体通信的双速率语音编码器
ITU-T G.729 (1996)	使用共轭结构代数码线形预测激励（CS-ACELP）的 8 kbit/s 语音编码
ITU-T G.975 (2000)	海底系统的前向纠错
ITU-T Y.1730 (2004)	以太网 OAM 功能需求
IEEE 802-2001	局域网和城域网的 IEEE 标准：概况和架构
IEEE 802.1D (2004)	MAC 桥
IEEE 802.1p (1999)	局域网二层 QoS/CoS 协议

- IEEE 802.3-2002 信息技术—系统间通信和信息交换—局域网和城域网特定要求  
——第3部分：CSMA/CD 接入方式和物理层规范
- IEEE 802.3ae-2002 信息技术—系统间通信和信息交换—局域网和城域网特定要求  
——第3部分：CSMA/CD 接入方式和物理层规范—增补文件：  
10Gbit/s 业务的媒质接入控制参数、物理层和管理参数
- IETF RFC 3435 (2003) 媒体网关控制协议 (MGCP)

### 3 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

DA	Destination Address	目的地址
DBA	Dynamic Bandwidth Allocation	动态带宽分配
DTE	Data Terminal Equipment	数据终端设备
EPD	End_of_Packet Delimiter	帧结束定界符
EPON	Ethernet Passive Optical Network	基于以太网方式的无源光网络
FCS	Frame Check Sequence	帧校验序列
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
FTTB	Fiber to the Building	光纤到大楼
FTTC	Fiber to the Curb	光纤到路边
FTTH	Fiber to the Home	光纤到户
GMII	Gigabit Media Independent Interface	千兆比媒质无关接口
IPG	Inter-packet Gap	包间隔
LLID	Logical Link Identifier	逻辑链路标识
MAC	Medium Access Control	媒质访问控制
MDI	Medium Dependent Interface	媒质相关接口
MLM	Multi-Longitudinal Mode	多纵模
MPCP	Multi-point control protocol	多点控制协议
MPCPDU	MPCP Protocol Data Unit	MPCP 协议数据单元
NT	Network Terminator	网络终端
ODN	Optical Distribution Network	光分配网络
OLT	Optical Line Terminal	光线路终端
OMA	Optical Modulation Amplitude	光调制幅度
ONT	Optical Network Terminator	光网络终端
ONU	Optical Network Unit	光网络单元
OSI	Open System Interconnection	开放系统互联
P2MP	Point to Multipoint	点到多点

P2PE	Point to Point Emulation	点到点仿真
PCS	Physical Code Sublayer	物理编码子层
PMA	Physical Medium Attachment	物理媒质附加（子层）
PMD	Physical Medium Dependent	物理媒质相关（子层）
PON	Passive Optical Network	无源光网络
SA	Source Address	源地址
SCB	Single Copy Broadcast	单拷贝广播
SFD	Start of Frame Delimiter	帧起始定界符
SLA	Service Level Agreement	服务等级协议
SLD	Start of LLID Delimiter	LLID 起始定界符
SLM	Single-Longitudinal Mode	单纵模
SNI	Service Node Interface	业务节点接口
TDP	Transmitter and Dispersion Penalty	发射器色散代价
RTT	Round Trip Time	往返时间
UCT	Un-condition transition	无条件转移
UNI	User Network Interface	用户网络接口
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟局域网

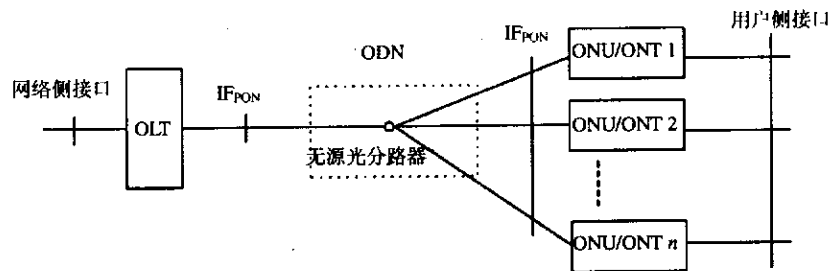
## 4 系统配置和参考模型

### 4.1 参考模型

以太网无源光网络（EPON）是一种采用点到多点（P2MP）结构的单纤双向光接入网络，其典型拓扑结构为树型。

EPON系统由局侧的光线路终端（OLT）、用户侧的光网络单元（ONU）和光分配网络（ODN）组成，为单纤双向系统。在下行方向（OLT到ONU），OLT发送的信号通过ODN到达各个ONU。在上行方向（ONU到OLT），ONU发送的信号只会到达OLT，而不会到达其他ONU。为了避免数据冲突并提高网络利用效率，上行方向采用TDMA多址接入方式并对各ONU的数据发送进行仲裁。ODN在OLT和ONU间提供光通道。

EPON系统参考结构如图1所示。



IFPON: PON 专用接口

注: ODN 中的无源光分路器可以是一个或多个光分路器的级联。

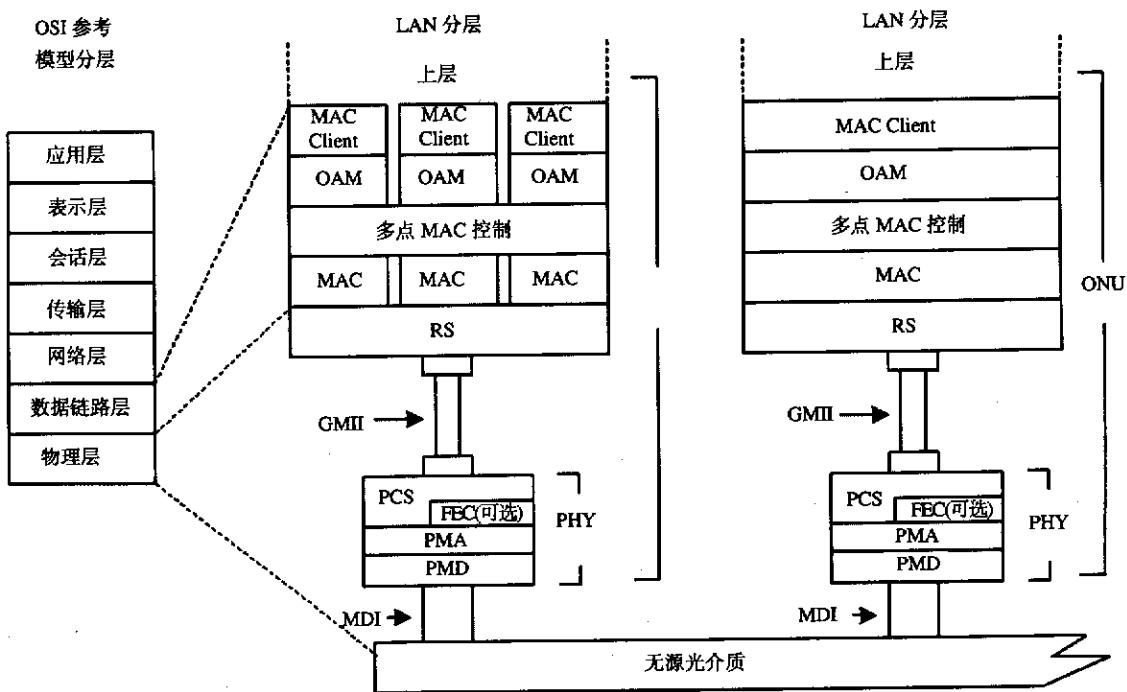
图1 EPON参考结构

EPON 系统的 ONU/ONT 可放置在用户、大楼和小区等不同的位置, 形成 FTTH、FTTB、FTTC 等不同的网络结构。

光网络终端 (ONT) 是指 FTTH 网络结构中包括用户端口功能的 ONU, 在本标准中将 ONU 和 ONT 统称为 ONU。

#### 4.2 协议栈

图2描述了EPON系统的协议分层以及与ISO/IEC OSI参考模型之间的关系。



FEC=前向纠错  
GMII=千兆比媒质独立接口  
MDI=媒质相关接口  
OAM=运行、管理和维护  
OLT=光线路终端  
ONU=光网络单元  
PCS=物理编码子层  
PMA=物理媒质附加  
PMD=物理媒质相关  
RS=调和子层

图2 EPON协议分层和OSI参考模型间的关系

### 5 光网络要求

#### 5.1 ODN 要求

EPON系统应使用符合ITU-T G.652要求的单模光纤。



EPON系统为单纤双向系统，上、下行应分别使用不同的波长，其中上行应使用1260~1360nm波长，下行应使用1480~1500nm波长，如果采用第三波长方式实现CATV业务承载，则应使用1540~1560nm波长。

## 5.2 PMD 子层

EPON系统可使用两种物理层类型：1000BASE-PX10和1000BASE-PX20，分别支持10km传输和20km传输。

EPON系统的PMD子层应符合附录A的规定。

## 5.3 RS 子层

EPON系统的RS子层应符合附录C的规定。

## 5.4 OAM 子层

OAM功能对于EPON系统是必须的，具体实现方式推荐采用附录D的规定。

## 5.5 MPCP

多点控制协议（MPCP）定义了点到多点光网络的MAC控制机制，具体规定见附录B。

## 6 业务承载能力

EPON系统可能承载的业务类型包括IP业务、TDM业务和CATV业务等，其中TDM业务包括语音业务和数据专线业务（2048kbit/s或 $n \times 64$ kbit/s数据业务）。EPON系统应具有承载IP业务的能力，可选支持TDM业务和CATV业务。

## 7 网络侧接口和用户侧接口

### 7.1 基本要求

EPON系统的网络侧必须支持GE接口，可选支持10/100BASE-T、10GBASE-X接口。当EPON提供TDM数据专线业务承载能力时，网络侧应支持E1接口，当EPON提供语音业务时网络侧应支持V5.2协议或H.248协议、MGCP协议中的一种。

EPON系统的用户侧必须支持10/100BASE-T接口，可选支持GE接口。当EPON提供TDM数据专线业务承载能力时，用户侧应支持E1接口，当EPON提供语音业务承载能力时用户侧应支持Z接口或Za接口。

### 7.2 网络侧和用户侧接口类型

#### 7.2.1 GE 接口

GE接口可以是1000BASE-LX、1000BASE-SX、1000BASE-CX和1000BASE-T接口中的一种或多种，各种接口类型均应符合IEEE 802.3-2002的规定。

#### 7.2.2 10/100BASE-T 接口

10/100BASE-T接口应符合IEEE 802.3-2002的规定。

#### 7.2.3 10GBASE-X 接口

10GBASE-X接口应符合IEEE 802.3ae-2002的规定。

#### 7.2.4 E1 接口

E1接口应符合GB 7611-2001的规定。

#### 7.2.5 Z 接口

Z接口应符合YD/T 1054-2000 10.1.1节的规定。

### 7.2.6 Za 接口

Za接口应符合YD/T 1054-2000 10.1.2节的规定。

## 7.3 协议要求

### 7.3.1 V5.2 协议

OLT实现V5.2协议应符合YDN 021-96的规定。

### 7.3.2 H.248 协议

OLT或ONU实现H.248协议应符合YD/T 1292-2003的规定。

### 7.3.3 MGCP 协议

OLT或ONU实现MGCP协议应符合IETF RFC 3435的规定。

## 8 功能要求

### 8.1 动态带宽分配功能 (DBA)

OLT应采用动态带宽分配机制 (DBA) 来提高系统带宽利用率以及保证业务公平性和QoS, 至少应根据LLID分配带宽授权, 最小带宽分配粒度不应大于256kbit/s。

### 8.2 业务 QoS 保证

EPON系统应能区分不同类型业务的优先级, 上行和下行方向都应能根据SLA协议保证高优先级业务的QoS。

### 8.3 加密功能

EPON系统采用标准的以太网帧结构, 恶意用户很容易截获系统开销信息和其他用户的信息, 存在安全隐患, 应对用户信息进行加密, 其中下行方向应支持加密功能, 上行方向可选支持。

### 8.4 ONU 认证功能

OLT应具有对ONU进行认证的能力, 应拒绝非法ONU的接入。

### 8.5 VLAN

OLT或ONU应支持IEEE 802.1Q协议, 应支持按照PON端口或以太端口划分VLAN, 可选支持按照MAC地址划分VLAN。

### 8.6 帧过滤功能

OLT或ONU应支持基于端口或MAC地址的Ethernet数据帧过滤。

### 8.7 广播/组播帧抑制功能

OLT或ONU应支持对广播帧和组播帧的抑制功能。

### 8.8 二层隔离功能

OLT应实现各ONU之间的二层隔离, ONU应实现各以太网端口之间的二层隔离。

### 8.9 生成树 (Spanning Tree)

当OLT的网络侧具有多个GE或10/100BaseT 接口时, 如果可能出现环路则应支持符合IEEE 802.1D规定的生成树协议。

### 8.10 组播功能

在FTTH网络结构中, OLT应支持IGMP Snooping或IGMP Proxy功能。

### 8.11 链路聚集功能

当系统网络侧具有多个GE或10/100Base-T接口时, OLT应支持IEEE 802.3规定的链路聚集功能。

### 8.12 用户认证功能（可选）

在FTTH网络结构中，ONU可选支持PPPoE或802.1x认证方式。

### 8.13 VLAN Stacking（可选）

OLT可选支持VLAN Stacking功能。

### 8.14 ONU 掉电通知功能（可选）

ONU可具有将自身掉电事件通知OLT的能力。

### 8.15 光纤保护倒换功能（可选）

为了提高网络可靠性和生存性，可在EPON系统中采用光纤保护倒换机制。光纤保护倒换可分为以下两种方式进行：

- a) 自动倒换：由故障发现触发，如信号丢失或信号劣化等；
- b) 强制倒换：由管理事件触发。

主要的光纤保护倒换方式有两种：骨干光纤保护倒换和全光纤保护倒换，分别如图3和图4所示。在全光纤保护倒换方式下，允许有部分不受光纤保护的ONU接入到网络中。

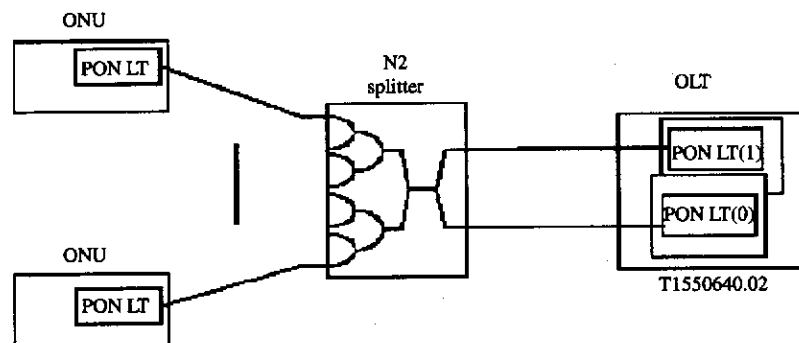


图3 EPON系统骨干光纤保护倒换方式

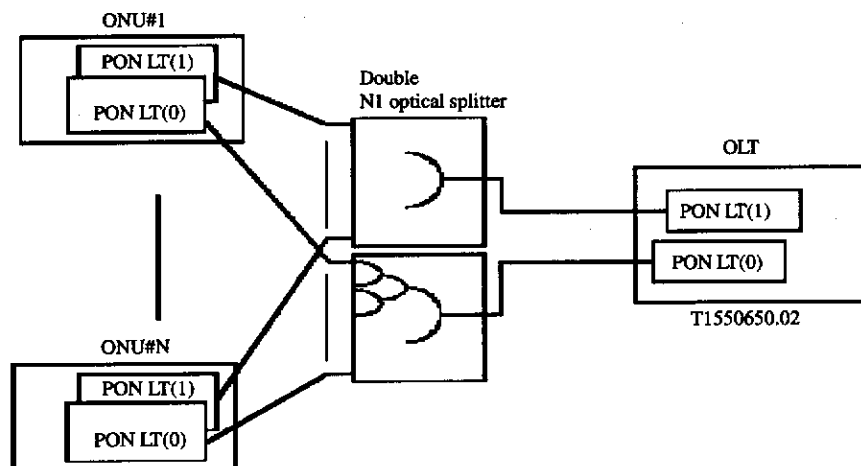


图4 EPON系统全保护光纤倒换方式

## 9 业务承载方式和性能指标要求

### 9.1 系统传输距离和分路比

EPON系统支持的最大传输距离和最大分路比应符合以下规定中的一种：

- a) OLT和ONU之间的最大传输距离不小于10km，支持的最大分路比至少为1：32；
- b) OLT和ONU之间的最大传输距离不小于20km，支持的最大分路比至少为1：16。

9.2 TDM 业务承载方式

EPON系统承载数据专线业务（2048kbit/s或 $n \times 64\text{kbit/s}$ 数据业务）时，推荐采用TDM over Ethernet方式。

EPON系统承载语音业务时，可采用电路交换方式或VoIP方式。

9.3 业务性能指标要求

9.3.1 电路方式的  $n \times 64\text{kbit/s}$  数字连接及 2048kbit/s 通道的性能指标

9.3.1.1 误比特率

在正常工作条件下，测试时间24h，EPON系统的 $n \times 64\text{kbit/s}$ 数字连接及2048kbit/s通道的误比特率为0。

9.3.1.2 传输时延

在正常工作条件下，从设备的用户侧接口到网络侧接口的 $n \times 64\text{kbit/s}$ 数字连接及2048kbit/s通道的传输时延 $<1.5\text{ms}$ 。

9.3.1.3 抖动传递特性

E1接口的抖动传递特性应满足图5和表1的规范。

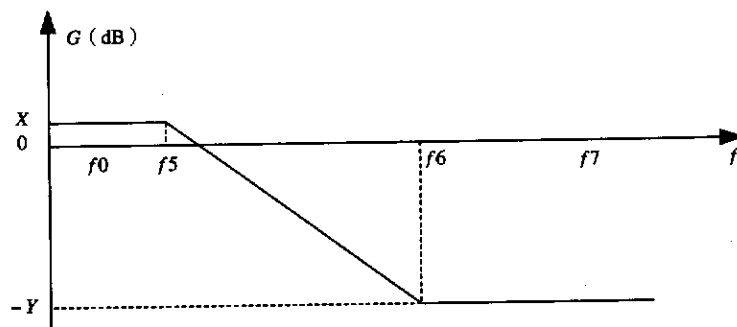


图5 E1接口抖动传递特性

表1 E1接口抖动传递参数

接口速率 (kbit/s)	频率 $f$ (Hz)				增益 $G$ (dB)	
	$f_0$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	X	-Y
2048	*	40	400	1	0.5	-19.5

注：“\*”值由设备制造商提供，但 $f_0$ 频率应不大于20Hz。

9.3.2 电路交换方式语音业务性能指标

当EPON系统采用电路交换方式承载语音业务时，应满足YDN 065-1997《邮电部电话交换设备总技术规范书》和YD/T 1128-2001《电话交换设备总技术规范（补充件1）》对纯电路交换语音质量的要求。

9.3.3 VoIP 方式语音业务的性能指标

当EPON系统采用VoIP方式承载语音业务时，应满足以下性能指标要求。

- a) 语音编码动态切换时间 $<60\text{ms}$ 。
- b) 应具有80ms缓冲存储能力，以保证不发生语音断续和抖动。
- c) 语音的客观评定
  - 网络条件很好时，PSQM的平均值 $<1.5$ ；
  - 网络条件较差时（丢包率=1%，抖动=20ms，时延=100ms），PSQM的平均值 $<1.8$ ；
  - 网络条件恶劣时（丢包率=5%，抖动=60ms，时延=400ms），PSQM的平均值 $<2.0$ 。
- d) 语音的主观评定

- 网络条件很好时, MOS>4.0;
- 网络条件较差时(丢包率=1%, 抖动=20ms, 时延=100ms), MOS>3.5;
- 网络条件恶劣时(丢包率=5%, 抖动=60ms, 时延=400ms), MOS>3.0。

#### e) 编码率

- G.711, 编码率=64kbit/s;
- 对于G.729a, 要求编码率<18kbit/s;
- 对于G.723.1, 要求G.723.1(5.3)<18kbit/s, G.723.1(6.3)<15kbit/s。

#### f) 时延指标(环回时延)

VoIP的时延包括编解码时延、收端输入缓冲时延和内部队列时延等。

- 采用G.729a编码时, 环回时延<150ms;
- 采用G.723.1编码时, 环回时延<200ms。

### 9.3.4 保护倒换性能指标要求

当EPON系统进行光纤保护倒换时, 光通道倒换时间应<50ms。

### 9.4 IP 业务性能指标要求

IP业务的性能指标主要包括传输时延、吞吐量和丢包率, 具体指标暂不做规定。

## 10 操作管理维护要求

### 10.1 基本要求

a) OLT应能通过其所带的Console口对其进行带外方式的操作维护, 应支持通过SNMP v2c网管系统远程进行操作管理维护, 可选支持Telnet或Web方式的网管;

b) OLT应支持带外管理和带内管理方式, 带外访问方式应当提供所有带内访问方式的功能, 带外访问方式应当实现访问控制, 防止非授权访问;

c) 管理系统应具备对设备进行配置管理、故障管理、性能管理和安全管理方面的功能;

d) 建议管理系统采用中文界面。

### 10.2 配置管理要求

a) 应能对网络侧和用户侧接口参数进行配置;

b) 应能对业务流参数进行配置, 如保证带宽、最大带宽和业务优先级等, 配置的保证带宽总和不应超过PON最大系统带宽;

c) 应能对板卡进行配置;

d) 应能配置以太网功能, 如VLAN、帧过滤、组播等;

e) 应能配置PON系统功能, 如加密、光纤保护倒换等;

f) 网络拓扑结构发生变化时应能自动更新, 如ONU上线/下线等;

g) 应能通过网管对系统软件进行升级;

h) 所有配置操作应记录到日志文件, 并支持检索;

i) 应能对环境监控参数进行配置(可选)。

### 10.3 性能管理要求

a) 网管应能启动性能测量功能, 采集和处理测量数据, 分析测量结果;

- b) 性能管理应具备对系统性能管理事件的当天和前一天的每15min计数以及24h计数功能,统计参数应包括PON接口性能参数、网络侧和用户侧业务接口性能等;
- c) 应能对PON系统带宽的使用情况、各ONU使用带宽情况进行统计;
- d) 应能查询历史系统性能记录,并能将查询结果和统计结果保存到外部文件并输出;
- e) OLT可对ONU掉电事件进行记录,当ONU恢复上电后,掉电记录应更新(可选);
- f) OLT和ONU可测量发射光功率和接收光功率值(可选)。

#### 10.4 故障管理要求

- a) 网管应能对系统的各个部分进行持续的或间断的测试、观察和监测,以发现故障或性能的降低;
- b) 当PON接口物理层性能(如光通道误码率)严重下降时,系统应能产生告警;
- c) 应能通过指示灯和告警信号指示设备的故障,不同的故障原因对应不同的告警信息;
- d) 应能判定故障发生的时间和故障的位置,故障定位应能到电路板;
- e) 故障事件恢复后,系统网管的相应告警信息应能自动清除;
- f) 系统告警日志统计列表应可对故障类型基于故障严重程度、故障原因、时间段进行分级处理;
- g) 应能按照不同等级、不同时间段和产生告警的原因等方式对告警统计进行过滤;
- h) OLT应支持系统关键部件、软件的故障自动倒换和备份,自动倒换后系统应能正常工作。

#### 10.5 安全管理要求

- a) 网管系统应通过定义个人访问权限的方式,提供对管理员/操作系统访问的安全措施,拒绝非法用户和密码错误用户的登录访问。不同级别的管理员具有不同的权限,确保访问请求的发起者只能在自己的权限范围内执行管理操作。敏感信息或固定用户终端鉴权属性、数据库和配置数据只能由有授权的个人和管理系统进行操作。
- b) 网管系统应记录所有用户的操作,包括用户名、操作时间、操作类型。非法用户登录应产生安全性告警,未经授权的操作尝试由系统日志记录并产生安全警告提示。
- c) 可选支持管理区域的划分,将不同的资源分配到不同的管理区域,在不同管理区域内对相应资源进行管理操作。

### 11 其他要求

#### 11.1 环境要求

##### 11.1.1 光纤温度交变要求

当OLT和ONU间的光纤处于-25℃~55℃的温度交变环境内时,OLT和ONU应能正常工作,业务性能不应恶化或中断。

##### 11.1.2 温度、湿度要求

设备在以下环境范围内应能正常工作,其中OLT应至少支持类别1,ONU应支持三种类别中的一种:

- 类别1: 温度: 0℃~40℃                      相对湿度: 10%~90%(非凝结);
- 类别2: 温度: -30℃~40℃                    相对湿度: 10%~90%(非凝结);
- 类别3: 温度: -10℃~55℃                    相对湿度: 10%~90%(非凝结)。

注:为地面以上2m和设备前方0.4m处的温度。

##### 11.1.3 防尘要求

在以下灰尘环境下,EPON设备应能正常工作:

直径 $>5\mu\text{m}$ 的灰尘浓度 $\leq 3 \times 10^4$ 粒/ $\text{m}^3$ ，灰尘粒子是非导电、导磁和腐蚀性的。

#### 11.1.4 大气压力要求

在以下大气压力条件下的环境下中，设备应能正常工作：

86 ~ 106kPa。

#### 11.2 电源要求

OLT应支持直流或交流供电方式，在a) 或者b) 条件下应能正常工作

ONU应支持交流供电方式，在b) 条件下应能正常工作，可选支持备用电池供电。

a) 直流电压及其波动范围要求：

标称电压：-48V。

电压波动：在直流输入端子处测试的-48V电压允许变化范围为-57V ~ -40V。

b) 交流电压及其波动范围要求：

单相220V $\pm 10\%$ ，频率50Hz $\pm 5\%$ ，线电压波形畸变率 $< 5\%$ 。

在正常情况下，设备的外壳与电源间的绝缘电阻不应 $< 50\text{M}\Omega$ 。

#### 11.3 电气安全要求

##### 11.3.1 绝缘电阻

正常情况下，设备的绝缘电阻不应 $< 50\text{M}\Omega$ 。

##### 11.3.2 设备接地要求

设备的接地电阻应 $< 5\Omega$ 。

##### 11.3.3 过压、过流保护

设备应安装过压、过流保护器。过压、过流保护器在外接电源异常时保护设备的核心部分。

设备应满足YD/T 1082-2000对模拟雷电冲击、电力线感应、电力线接触等指标的要求。

##### 11.3.4 电磁兼容

设备的电磁兼容性指标应符合GB 9254-1998以及GB/T 17618-1998的规定。

附 录 A  
(规范性附录)

物理媒质相关 (PMD) 子层要求

### A.1 概述

#### A.1.1 基本类型定义

在EPON系统中,通过单模光纤网络和点到多点的拓扑结构,单个下行PMD(D-PMD)在下行方向(D-PMD到U-PMD)通过广播方式向多个上行PMD(U-PMD)发送数据;在上行方向接收多个U-PMD的突发数据。上下行方向使用同一根光纤。

1000BASE-PX10的一端使用1000BASE-PX10-U PMD,另一端使用1000BASE-PX10-D PMD。1000BASE-PX20的一端使用1000BASE-PX20-U PMD,另一端使用1000BASE-PX20-D PMD。后缀“U”和“D”用作表示链路两边的PMD收发方向。如果网络使用前向纠错(FEC)技术,可增大分路比或增加传输距离。FEC用于点到多点光网络的前向纠错,具体定义可参见C.2节。最大可获得的传输距离不受此协议限制。

表A.1定义了EPON系统可采用的各类PMD的基本属性。

表A.1 PMD类型定义

描述	1000BASE PX10-U	1000BASE PX10-D	1000BASE PX20-U	1000BASE PX20-D	单位
光纤类型	B1.1、B1.3单模光纤				
光纤数目	1				
标称发射波长	1310	1490	1310	1490	nm
发射方向	上行	下行	上行	下行	
最小范围(注1)	0.5m ~ 10km		0.5m ~ 20km		
最大通道插入损耗(注2)	20	19.5	24	23.5	dB
最小通道插入损耗(注3)	5		10		dB
注1: 如果在链路上启用前向纠错,可获得较大的最小传输范围;也可以允许链路上有较高的通道插入损耗。					
注2: 在标称发射波长处。					
注3: 链路的差分插入损耗是通道最大插入损耗和最小插入损耗之差					

1000BASE-PX10和1000BASE-PX20具有以下基本特征:

- 1) 点到多点的光纤传输;
- 2) 在单模光纤上,以1000Mbit/s速率,分路比为1:32,传输距离达到10km;
- 3) 在单模光纤上,以1000Mbit/s速率,分路比为1:16,传输距离达到20km;
- 4) 在物理层业务接口上,误码率 $\leq 10^{-12}$ 。

#### A.1.2 PMD在IEEE 802.3体系结构中的位置

PMD与其他子层以及ISO/IEC开放式系统互联(OSI)参考模型之间的关系如图2所示。

#### A.1.3 PMD子层服务接口

PMD子层服务接口支持PMA和PMD实体间的8B/10B码组交换。PMD子层将PMA的串行数据转换成适合特定媒质的信号,并将来自特定媒质的信号转换成PMA的串行数据。规定的相关原语如下:

PMD\_UNITDATA.request



PMD\_UNITDATA.indicate

PMD\_SIGNAL.request

PMD\_SIGNAL.indicate

#### A.1.4 延迟约束

从MDI到GMII的延迟要求，包括PMD子层，见IEEE 802.3 第36章的规定。考虑到PMD子层包括尾纤的情况，应为每一个收发功能预留20ns的余量。

##### A.1.4.1 PMD\_UNITDATA.request

该原语定义了从PMA到PMD的串行数据流的传输。

该原语的语法为PMD\_UNITDATA.request (tx\_bit)。PMD\_UNITDATA.request所携带的数据是连续的比特流。Tx\_bit参数的取值范围为1或0。PMA以标称速率1.25GBd向PMD连续发送比特流。一旦收到该原语，PMD将特定的比特流转换为MDI处的相应信号。

##### A.1.4.2 PMD\_UNITDATA.indicate

该原语定义了从PMD到PMA的数据传输。

该原语的语法为PMD\_UNITDATA.indicate (rx\_bit)。PMD\_UNITDATA.indicate所携带的数据是连续的比特流。Rx\_bit参数的取值范围为1或0。根据从MDI收到的信号，PMD向PMA连续发送比特流。

##### A.1.4.3 PMD\_SIGNAL.request

在上行方向，该原语由PCS生成，用以根据授权时间打开和关闭PMD发送器。

该原语的语法为PMD\_SIGNAL.request (tx\_enable)。Tx\_enable参数的取值范围为启用 (Enable) 或禁用 (Disable)，用于打开或关闭PMD发送器。PCS产生该原语用以指示tx\_enable值的变化。一旦收到该原语，PMD相应地打开或关闭发送器。

##### A.1.4.4 PMD\_SIGNAL.indicate

PMD子层产生该原语用以指示从MDI接收到的信号状态。

该原语的语法为PMD\_SIGNAL.indicate (SIGNAL\_DETECT)。SIGNAL\_DETECT参数的取值为成功 (OK) 或失败 (FAULT)，用来表示PMD接收器是否能检测到激光。如果SIGNAL\_DETECT = FAULT，则PMD\_UNITDATA.indicate (rx\_bit) 无明确定义。PMD产生此原语用来指示SIGNAL\_DETECT值的变化。

注：SIGNAL\_DETECT = OK并不能保证PMD\_UNITDATA.indicate (rx\_bit) 的正确。有时，在质量较差的链路上，即使PMD检测到了足够的激光 (SIGNAL\_DETECT = OK)，也不能满足链路正常传输时误码率的指标要求。PMD\_SIGNAL.indicate (SIGNAL\_DETECT) 在上行和下行方向有不同的特性，见A.2.4节。

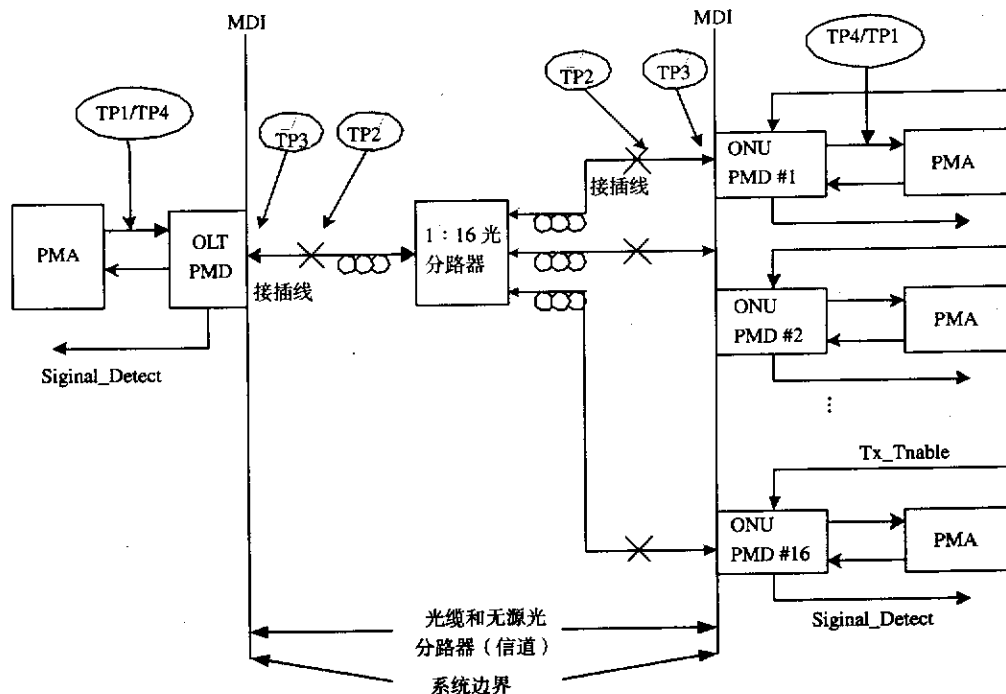
## A.2 PMD功能规范

1000BASE-PX PMD实现PMD服务接口和MDI接口之间的数据收发功能。

### A.2.1 PMD框图

图A.1给出了PMD的4个参考点，其中第一个数字代表下行方向，第二数字代表上行方向。TP2和TP3是兼容性参考点，TP1和TP4是实现所用参考点。光发送信号定义在距插线输出端2~5m处 (TP2)，该插线的光纤类型与发送器类型应一致。光接收信号定义在连接接收器的光纤输出端 (TP3)。

PMD服务接口 (TP1和TP4) 的电气规范并非系统的强制要求 (因为在系统实现中无法对其进行测试)。



图A.1 1000BASE-PX功能框图

A.2.2 PMD发送功能

PMD发送功能应该将PMD服务接口消息PMD\_UNITDATA.request (tx\_bit) 请求的数据发送到MDI。当Tx\_bit=1时对应于较高的光功率水平。

在上行方向，根据PMD\_SIGNAL.request (tx\_enable) 消息来中断比特流。这就意味着共有三个级别“1”、“0”和“暗”，后者表示发送器处于“关闭”状态。

A.2.3 PMD接收功能

利用PMD\_UNITDATA.indicate (rx\_bit) 消息，PMD接收功能应该将从MDI接收到的比特流发送到PMD服务接口。当Rx\_bit=1时对应于较高的光功率。

A.2.4 PMD信号检测功能

A.2.4.1 ONU PMD信号检测 (下行)

PMD的信号检测功能应该利用持续的PMD\_SIGNAL.indicate ( SIGNAL\_DETECT) 消息将连续的下行信号上报给PMD服务接口。PMD\_SIGNAL.indicate消息用以指示光信号是否存在。

SIGNAL\_DETECT参数的值应满足表A.2中对1000BASE-PX的定义。PMD接收器无需验证接收到的信号是否兼容于1000BASE-PX。

A.2.4.2 OLT PMD信号检测 (上行)

对于突发模式下的上行信号，PMD信号检测功能的响应时间可能大于或小于突发长度，因此可能无法满足传统的信号检测要求。PMD\_SIGNAL.indicate用来指示激光信号是否存在。OLT的信号检测功能可以在PMD或PMA层实现。

SIGNAL\_DETECT参数值应满足表A.2中对1000BASE-PX的定义。PMD接收器无需验证接收到的信号是否兼容1000BASE-PX。

A.2.4.3 1000BASE-PX信号检测功能

1000BASE-PX PMD的信号检测值的定义见表A.2。

表A.2 1000BASE-PX SIGNAL\_DETECT值定义

接收条件		Signal_detect值
1000BASE-PX10	1000BASE-PX20	
平均输入光功率 $\leq$ 表A.5中定义的规定接收波长下的信号检测阈值	平均输入光功率 $\leq$ 表A.8中定义的规定接收波长下的信号检测阈值	FAIL
平均输入光功率 $\geq$ 表A.5定义的接收波长以及与1000BASE-X兼容的信号输入条件下的最大接收灵敏度	平均输入光功率 $\geq$ 表A.8定义的接收波长以及与1000BASE-X兼容的信号输入条件下的最大接收灵敏度	OK
所有其他条件	所有其他条件	未规定

### A.2.5 ONU PMD发送使能功能

定义PMD\_SIGNAL.request (tx\_enable) 是因为存在多个ONU PMD。ONU PMD在发送数据之前应先判断是否收到PMD\_SIGNAL.request (tx\_enable) 消息。

### A.3 1000BASE-PX10-D和 1000BASE-PX10-U收发器PMD到MDI的光特性

表A.1定义了1000BASE-PX10收发器的工作范围。超出表A.1中工作范围但符合其他所有光特性的收发器可以认为是与1000BASE-PX10兼容的收发器。例如,工作在10.5km但符合0.5m~10km1000BASE-PX10的最小范围要求的单模方案。

注:应根据消光比、最小平均发射功率或最大接收机灵敏度定义OMA。

#### A.3.1 发送器光特性

1000BASE-PX10-D和1000BASE-PX10-U发送器的信号速率、工作波长、谱宽、平均发射功率、消光比、回波损失容限、OMA、眼图以及TDP应该符合表A.3的规定。接收器的RIN<sub>15</sub>OMA应该符合表A.3的规定。另外,1000BASE-PX10最大RMS谱宽与波长的对应关系见表A.4,1000BASE-PX10-U最大RMS谱宽与波长的对应关系如图A.2所示。

表A.3 1000BASE-PX10-D和1000BASE-PX10-U发送器的发射特性

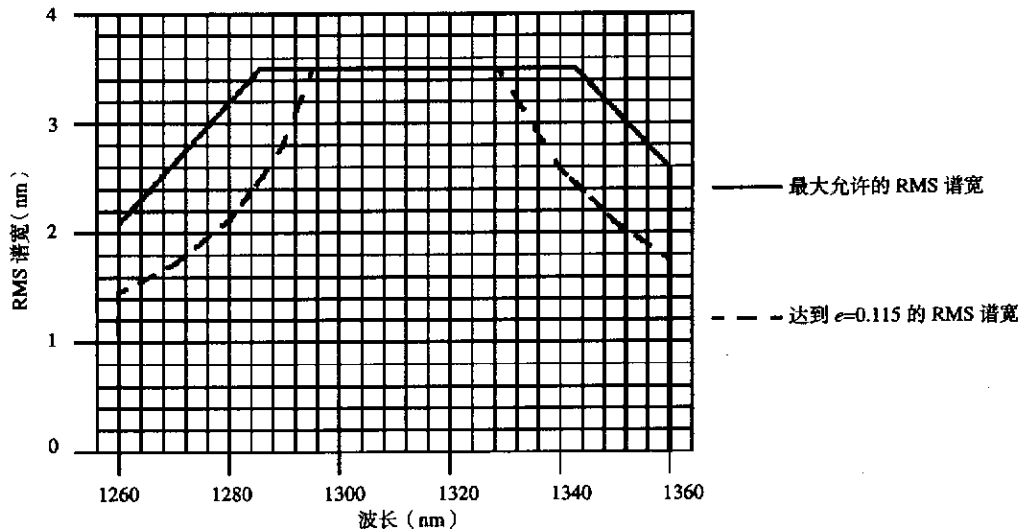
描述	1000BASE-PX10-D	1000BASE-PX10-U	单位
标称发射器类型(注1)	长波激光	长波激光	
信号速率范围	1.25 ± 100 ppm	1.25 ± 100 ppm	GBd
波长范围(注2)	1480~1500	1260~1360	nm
SLM激光器的-20dB谱宽(最大)	1	1	nm
SLM激光器的边模抑制比(最小)	30	30	dB
MLM激光器的RMS谱宽(最大)	参见表A.4		nm
平均发射功率(最大)	+2	+4	dBm
平均发射功率(最小)	-3	-1	dBm
发射器平均关断发射功率(最大)	-39	-45	dBm
消光比(最小)	6	6	dB
RIN <sub>15</sub> OMA(最大)	-118	-113	dB/Hz
发射OMA(最小)	-2.2 (0.6)	-0.22 (0.95)	dBm(mW)
发射器眼图定义{X1, X2, Y1, Y2, Y3}	{0.22, 0.375, 0.20, 0.20, 0.30}	{0.22, 0.375, 0.20, 0.20, 0.30}	UI
打开时间T <sub>on</sub> (最大)	N.A.	512	ns
关闭时间T <sub>off</sub> (最大)	N.A.	512	ns

表A.2 (续)

描述	1000BASE-PX10-D	1000BASE-PX10-U	单位
光回波损耗容限 (最大)	15	15	dB
光配线网络 (ODN) 的回波损耗 (最小)	20	20	dB
发射器反射系数 (最大)	-10	-6	dB
发射器色散代价 (最大)	1.3	2.8	dB
TDP的采样时间偏移 (最小)	±0.1	±0.125	UI

注1: 此标称设备类型不作原型要求, 可被任何满足该表所定义的发射器特性的设备替代。

注2: 代表RMS谱宽的中心波长±1σ的范围。



图A.2 1000BASE-PX10-U发送器频谱限制 (MLM激光器)

表A.4 1000BASE-PX10-D和1000BASE-PX10-U发送器频谱限制 (MLM激光器)

中心波长 nm	RMS谱宽 (最大) (注) nm	RMS谱宽, 当 $\epsilon \leq 0.115$ (参考值) nm
1260	2.09	1.43
1270	2.52	1.72
1280	3.13	2.14
1286	3.50	2.49
1290		2.80
1297		3.50
1329		3.50
1340		2.59
1343	3.50	2.41
1350	3.06	2.09
1360	2.58	1.76
1480~1500	0.88	0.60

注: 1000BASE-PX10-U发送器的限制可参见图A.2。

### A.3.2 接收器光特性

1000BASE-PX10-D和1000BASE-PX10-U接收器的信号速率、工作波长、饱和功率、灵敏度、反射率和信号检测应该符合表A.5的规定。严格要求下，1000BASE-PX10-D和1000BASE-PX10-U接收特性在接收一致性测试条件时仍要符合表A.5的规定。接收器应满足表A.5定义的损伤门限，或者应标明其可持续正常工作而不致受损的最大光功率水平。

表A.5 1000BASE-PX10-D和1000BASE-PX10-U接收器的接收特性

描述	1000BASE-PX10-D	1000BASE-PX10-U	单位
信号速率范围	1.25 ± 100 ppm	1.25 ± 100 ppm	GBd
波长范围	1260~1360	1480~1500	nm
误比特率 (最大)	10-12		
平均接收功率 (最大)	-1	-3	dBm
损伤门限 (最大)	+4	+2	dBm
接收机灵敏度 (最大)	-24	-24	dBm
OMA接收机灵敏度 (最大)	-23.2 (5.0)	-23.2 (5.0)	dBm (μW)
信号检测门限 (最小)	-45	-44	dBm
接收器反射系数 (最大)	-12	-12	dB
严格条件下的接收机灵敏度 (最大) (注1)	-22.3	-21.4	dBm
严格条件下的OMA接收机灵敏度 (最大)	-21.5 (7.0)	-20.7 (8.6)	dBm (μW)
垂直眼图关闭代价 (最小) (注2)	1.2	2.2	dBm
发送器稳定时间 $T_{\text{receiver\_settling}}$ (最大) (注3)	400	N.A.	ns
严格条件下的眼图抖动 (最小)	0.25	0.25	UI <sub>pp</sub>
抖动截止频率	637	637	kHz
严格条件下接收器一致性测试时所加正弦抖动的限值 (最小, 最大)	0.05, 0.15	0.05, 0.15	UI

注1: 严格条件下的接收机灵敏度可选。

注2: 垂直眼图关闭代价和抖动规范是严格条件下的接收灵敏度的测试条件，并非接收器的特性要求。

注3:  $T_{\text{receiver\_settling}}$  规定仅供参考。而 $T_{\text{receiver\_settling}}$ 和CDR锁定时间的组合已经标准化。CDR锁定时间可参见C.3节。

### A.4 1000BASE-PX20-D和1000BASE-PX20-U收发器PMD到MDI的光特性

表A.1定义了1000BASE-PX20收发器的工作范围。超出表A.1定义的工作范围但符合其他所有光特性要求的收发器可以认为是与1000BASE-PX20兼容的收发器。例如，工作在20.5km但符合0.5m~20km1000BASE-PX20收发器最小范围要求的单模方案。

注: 应根据消光比、最小平均发射功率或最大接收机灵敏度定义OMA。

#### A.4.1 发送器光特性

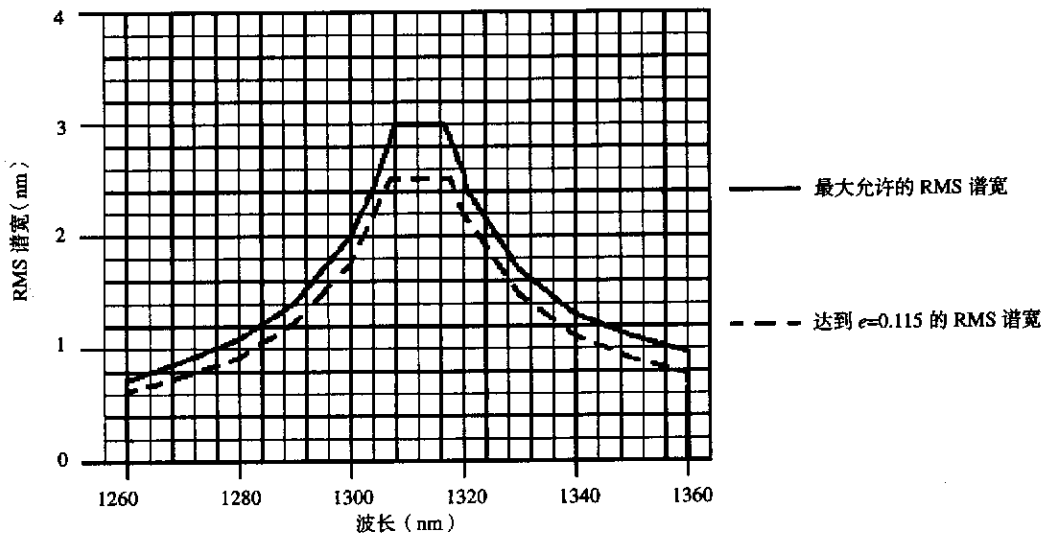
1000BASE-PX20-D和1000BASE-PX20-U发送器的信号速率、工作波长、谱宽、平均发射功率、消光比、回波损失容限，OMA，眼图以及TDP应该符合表A.6的规定。接收器的 $RIN_{15,OMA}$ 应该符合表A.6的规定。1000BASE-PX20最大RMS谱宽与波长的对应关系参见表A.7，1000BASE-PX20-U最大RMS谱宽与波长的对应关系如图A.3所示。

表A.6 1000BASE-PX20-D和1000BASE-PX20-U发送器特性

描述	1000BASE-PX20-D	1000BASE-PX20-U	单位
标称发射器类型 (注1)	长波激光	长波激光	
信号速率范围	1.25 ± 100 ppm	1.25 ± 100 ppm	GBd
波长范围 (注2)	1480~1500	1260~1360	nm
SLM激光器的-20dB谱宽 (最大)	1	1	nm
SLM激光器的边模抑制比 (最小)	30	30	dB
MLM激光器的RMS谱宽 (最大)	参见表A.7		nm
平均发射功率 (最大)	+7	+4	dBm
平均发射功率 (最小)	+2	-1	dBm
发射器平均关断发射功率 (最大)	-39	-45	dBm
消光比 (最小)	6	6	dB
RIN <sub>OMA</sub> (最大)	-115	-115	dB/Hz
发射OMA (最小)	2.8 (1.9)	-0.22 (0.95)	dBm (mW)
发射器眼图定义{X1, X2, Y1, Y2, Y3}	{0.22, 0.375, 0.20, 0.20, 0.30}	{0.22, 0.375, 0.20, 0.20, 0.30}	UI
打开时间T <sub>on</sub> (最大)	N.A.	512	ns
关闭时间T <sub>off</sub> (最大)	N.A.	512	ns
光回波损耗容限 (最大)	15	15	dB
光配线网络 (ODN) 的回波损耗 (最小)	20	20	dB
发射器反射系数 (最大)	-10	-10	dB
发射器色散代价 (最大)	2.3	1.8	dB
TDP的采样时间偏移 (最小)	±0.1	±0.125	UI

注1: 此标称设备类型不作原型要求, 可被任何满足该表所定义的发送器特性的设备替代。

注2: 代表RMS谱宽的中心波长±1σ的范围。



图A.3 1000BASE-PX20-U发送器频谱限制 (MLM激光器)

表A.7 1000BASE-PX20-D和1000BASE-PX20-U发送器频谱限制 (MLM激光器)

中心波长	RMS谱宽 (最大) (注)	RMS频宽, 当 $\epsilon \leq 0.10$ (参考值)
nm	nm	nm
1260	0.72	0.62
1270	0.86	0.75
1280	1.07	0.93
1290	1.40	1.22
1300	2.00	1.74
1304	2.5	2.42
1305	2.55	2.5
1308	3.00	
1317		
1320	2.53	2.2
1321	2.41	
1330	1.71	1.48
1340	1.29	1.12
1350	1.05	0.91
1360	0.88	0.77
1480 ~ 1500	0.44	0.30

注: 1000BASE-PX20-U发送器的限制可参见图A.3。

#### A.4.2 接收器光特性

1000BASE-PX20-D和1000BASE-PX20-U接收器的信号速率、工作波长、饱和功率、灵敏度、反射率和信号检测应该符合表A.8的规定。1000BASE-PX20-D和1000BASE-PX20-U的严格条件下的接收特性应该符合表A.8的规定。接收器应满足表A.8定义的损伤门限, 或者应标明其可持续正常工作而不致受损的最大光功率水平。

表A.8 1000BASE-PX20-D和1000BASE-PX20-U接收器的接收特性

描 述	1000BASE-PX20-D	1000BASE-PX20-U	单 位
信号速率范围	1.25 ± 100 ppm	1.25 ± 100 ppm	GBd
波长范围	1260~1360	1480~1500	nm
误码率 (最大)	10 <sup>-12</sup>		
平均接收功率 (最大)	-6	-3	dBm
损伤门限 (最大)	+4	+7	dBm
接收灵敏度 (最大)	-27	-24	dBm
OMA接收灵敏度 (最大)	-26.2 (2.4)	-23.2 (5)	dBm (μW)
信号检测门限 (最小)	-45	-44	dBm
接收器反射系数 (最大)	-12	-12	dB

表A.8 (续)

描述	1000BASE-PX20-D	1000BASE-PX20-U	单位
严格条件下的接收机灵敏度 (最大) (注1)	-24.4	-22.1	dBm
严格条件下的OMA接收灵敏度 (最大)	-23.6 (4.3)	-21.3 (7.4)	dBm ( $\mu$ W)
垂直眼图关闭代价 (最小) (注2)	2.2	1.5	dBm
发送器稳定时间T <sub>receiver_settling</sub> (最大) (注3)	400	N.A.	ns
严格条件下的眼图抖动 (最小)	0.28	0.25	UIpp
抖动截止频率	637	637	kHz
严格条件下接收器一致性测试时所加正弦抖动的限值 (最小, 最大)	0.05, 0.15	0.05, 0.15	UI

注1: 严格条件下的接收机灵敏度可选。

注2: 垂直眼图关闭代价和抖动规范是严格条件下的接收灵敏度的测试条件, 并非接收器的特性要求。

注3: T<sub>receiver\_settling</sub> 规定仅供参考。而T<sub>receiver\_settling</sub> 和CDR锁定时间的组合已经标准化。CDR锁定时间可参见C.3节。

#### A.5 1000BASE-PX10 和 1000BASE-PX20 的通道和代价说明 (参考性描述)

1000BASE-PX10和1000BASE-PX20通道功率预算的说明可参见表A.9。

注: 此功率预算包括对接收器端-12dB反射容值。

表A.9 1000BASE-PX10和1000BASE-PX20 通道插入代价说明

描述	1000BASE-PX10		1000BASE-PX20		单位
	上行	下行	上行	下行	
光纤类型	B1.1、B1.3 单模光纤				
光纤测量波长	1310	1550 (注1)	1310	1550 (注1)	nm
标称距离	10		20		km
可获得光功率预算 (注2)	23.0	21.0	26.0	26.0	dB
通道插入损耗 (最大) (注3)	20	19.5	24	23.5	dB
通道插入损耗 (最小) (注4)	5		10		dB
代价分配 (注5)	3	1.5	2	2.5	dB
光配线网络的光回波损失 (最小)	20				dB

注1: 标称传输波长为1490nm。

注2: 在启用了前向纠错的链路中, 如果不工作在色散限值, 可获得的功率预算可提高2.5dB。

注3: 通道插入损耗取决于传输距离和标称测量波长下的线路衰减、包括连接器、耦合器和其他无源光器件 (例如, 光分路器) 引入的损耗。

注4: PX10和PX20链路的功率预算是假定在接收器和发射器之间有一个最小的插入损耗, PMD的测试需要这个最小衰减。

注5: 代价分配是可获得功率预算和通道插入损耗的插值, 在正常和最差工作波长条件下插入损耗的插值定义为代价。该分配可用于补偿传输相关的代价。



## A.6 1000BASE-PX10 和 1000BASE-PX20 收发器在TP1 到TP4 点的抖动 (参考性定义)

表A.10和表A.11定义了高频抖动 (>637kHz), 并不包含低频抖动和漂移。它们是基于峰-峰值的测量。表A.10应用于下行方向, 表A.11应用于上行方向, 所有的值仅仅是参考性定义。对于1000BASE-PX的上行抖动预算, 式A.2定义了抖动转移函数。通过该函数, 接收器(ONU的输入端)应满足当输入正弦抖动(见IEEE 802.3 58.8节模板)时图A.4定义的抖动预算值, 以及表A.5和表A.8中定义的抖动预算值。

表A.11定义了两组上行抖动值, 一组对应于下行无抖动的条件下上行链路的测试, 另一组对应于下行有最大抖动的条件下上行链路的测试。

误比特率BER =  $10^{-12}$ 是表A.11中总抖动值的测试条件。在通用模型中:

$$TJ = 14.1\sigma + DJ \quad (\text{式A.1})$$

其中TJ为总抖动, DJ为确定性抖动。

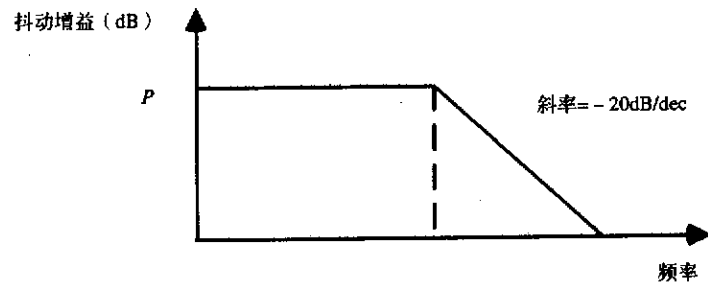
$$\text{抖动转移} = 20\lg \left[ \frac{\text{上行抖动(UI)}}{\text{下行抖动(UI)}} \right] \quad (\text{式A.2})$$

表A.10 1000BASE-PX10和1000BASE-PX20下行抖动预算 (参考值)

参考点	总抖动		确定性抖动	
	UI	ps	UI	ps
TP1	0.24	192	0.10	80
TP1到TP2	0.191	153	0.15	120
TP2	0.431	345	0.25	200
TP2到TP3	0.009	7	0	0
TP3	0.44	352	0.25	200
TP3到TP4	0.309	247	0.212	170
TP4	0.749	599	0.462	370

表A.11 1000BASE-PX10和1000BASE-PX20上行抖动预算 (参考值)

参考点	无抖动输入到ONU				有抖动输入到ONU			
	总抖动		确定性抖动		总抖动		确定性抖动	
	UI	ps	UI	ps	UI	ps	UI	ps
TP1	0.19	152	0.06	48	0.24	192	0.11	88
TP1到TP2	0.16	128	0.14	112	0.16	128	0.14	112
TP2	0.35	280	0.20	160	0.40	320	0.25	200
TP2到TP3	0.09	72	0.05	40	0.09	72	0.05	40
TP3	0.44	352	0.25	200	0.49	392	0.30	24
TP3到TP4	0.18	144	0.15	120	0.18	144	0.15	120
TP4	0.62	496	0.40	320	0.67	536	0.45	360



图A.4 1000BASE-PX10-U和1000BASE-PX20-U抖动增益曲线值

表A.12 1000BASE-PX10-U和1000BASE-PX20-U抖动增益曲线值

	值	单位
$P$	0.3	dB
$f_c$	1274	kHz

附 录 B  
(规范性附录)  
多点 MAC 控制

## B.1 概述

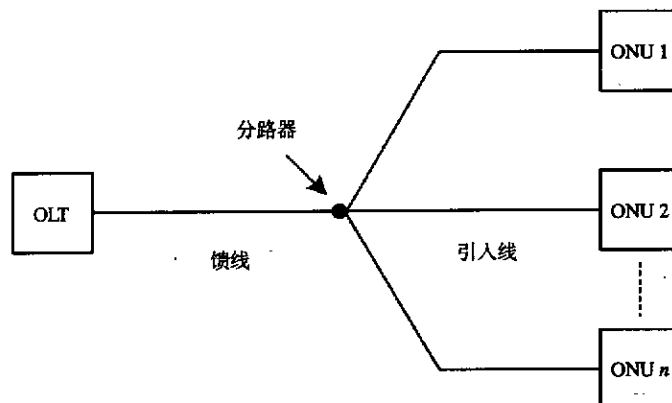
### B.1.1 基本描述

本附录描述了将P2MP拓扑纳入以太网框架所需的机制和控制协议。

P2MP是基于树状（或者是树及分枝）拓扑的非对称媒介。连接在树干上的数据终端设备（DTE）称为光线路终端（OLT），连接在树枝上的DTE称为光网络单元（ONU）。OLT一般置于服务提供商侧，而ONU一般放在用户侧。

在下行方向（从OLT到ONU），OLT发送的信号通过一个1：N的无源分路器（或几个分路器的级联）到达各个ONU。在上行方向（从各个ONU到OLT），一个ONU发送的信号只会到达OLT，而不会到达其他ONU。为避免数据冲突并提高用户接入网的利用效率，需要对ONU的传输进行仲裁。这种仲裁是通过给各ONU分配发送窗口（授权）实现的。每个ONU只能等到其授权到达后才可以发送数据。当一个ONU的授权到达后，该ONU在所指派的时间窗口内以线速发送数据帧。

图B.1为一个简化的P2MP拓扑示例。



图B.1 PON拓扑示例

本附录讨论的内容涉及在不同ONU之间分配上行发送资源，ONU加入网络的发现和注册，以及向上层报告拥塞状态以进行PON系统内的动态带宽分配和统计复用。

本附录不涉及具体的带宽分配策略、终端设备认证、服务质量定义、提供以及管理。

本附录规定了多点控制协议（MPCP），该协议定义了一个多点MAC控制子层以控制一个光多点网络。

每个PON由一个OLT节点和多个ONU节点组成，其中OLT是树的根节点，ONU是树的叶节点。PON网络在任何时刻都只允许一个ONU在上行方向发送数据。OLT中的MPCP协议负责对各传输进行准确定时。各ONU报告的拥塞状态信息有助于优化PON网络内的带宽资源分配。

在ONU的自动发现过程中，通过分配逻辑链路ID（LLID）将ONU绑定到OLT的一个端口上，同时将MAC动态绑定到此OLT上，最终实现ONU的注册。

实施多点MAC控制功能，要求用户接入设备包含点到多点物理层。

### B.1.2 基本特征

一个采用光介质的点到多点以太网应具有以下特征：

- a) 支持规范定义的点到点仿真 (P2PE)；
- b) OLT 支持多个 LLID 和 MAC 客户端；
- c) 每个 ONU 可支持一个或多个 LLID；
- d) 支持单拷贝广播机制；
- e) 支持动态带宽分配的灵活体系结构；
- f) 使用 32 比特时间戳发布定时信息；
- g) 基于 MAC 控制的体系结构；
- h) 对已发现设备进行测距来提高网络性能；
- i) 进行连续测距以补偿往返时间的变化。

### B.1.3 多点MAC控制在IEEE 802.3体系中的位置

多点MAC控制定义了点到多点光网络的MAC控制。图2给出了多点MAC控制子层和MAC子层、MAC控制客户端的关系。多点MAC控制子层取代并扩展了MAC控制子层以支持多个客户端及其他的MAC控制功能。

多点MAC控制的定义延续了MAC控制子层的定义，MAC控制子层定义参见IEEE 802.3中第31章。MAC控制子层设置了多种功能来处理实时控制和MAC子层操作。本附录定义了MAC控制机制的扩展功能以支持同时操作多个下层MAC。本附录同时还定义了MAC控制的一种具体协议实现。

本附录定义的多点MAC控制子层能够支持未来新功能的实现并允许将这些新功能加入到本标准中，多点控制协议 (MPCP) 和P2MP的管理协议等均属于此类。非实时或准静态的控制 (例如，MAC操作参数的配置等) 由层管理提供。多点MAC控制子层的操作对MAC是透明的。

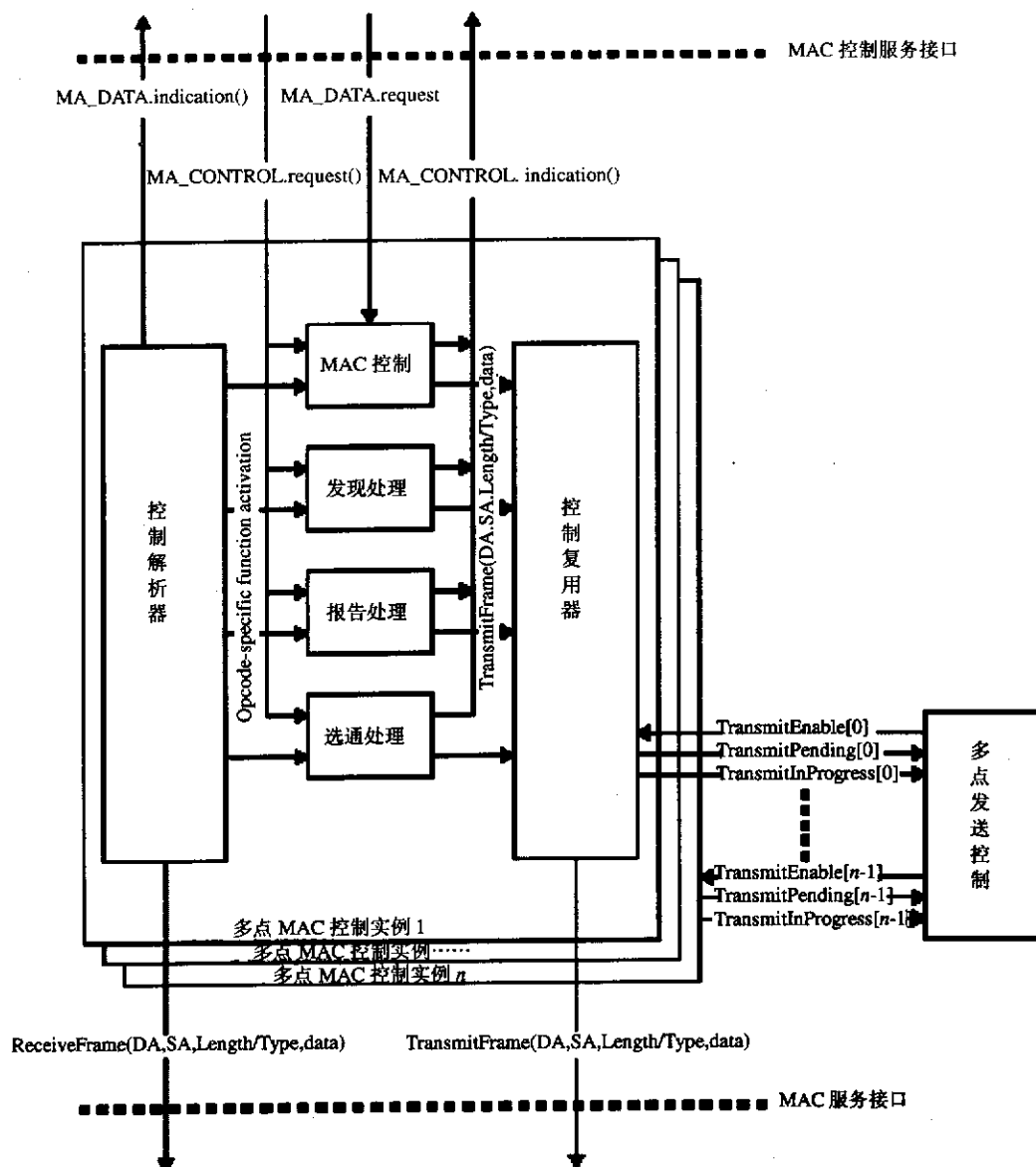
如图2所示，分层系统包括多个MAC实体和一个物理层。每个MAC实体在OLT和ONU间提供点到点仿真业务。对于MAC实体与所有的ONU同时通信的特殊情况，可通过发送所有ONU都能接收到的单个帧拷贝来实现，这最大限度地利用了下行信道的广播特性，称为单拷贝广播 (SCB)。

由于帧在到达MAC前由RS子层进行过滤，所以每个ONU只需要一个MAC实体。这样使得ONU MAC下层的仿真功能对MAC及其上层是透明的。

虽然图2中OLT内有多多个MAC，但实际上OLT也可以只使用一个单播MAC地址。在EPON网络内，MAC是通过注册过程中动态指配的LLID来惟一标识的。

### B.1.4 功能框图

图B.2为多点MAC控制体系结构的功能块框图。



图B.2 多点MAC控制功能框图

### B.1.5 服务接口

MAC客户端通过标准的服务接口和控制复用器通信。多点MAC控制子层通过标准的服务接口和下层的MAC子层通信。类似地，多点MAC控制子层内部通过原语和接口进行通信。

### B.1.6 状态图约定

状态图包括相关的变量、常量、函数的定义。状态图中的标注和定时器约定如下：

[start x\_timer, y]设置定时器x\_timer的失效时间y。

[stop x\_timer]通过设置x\_timer\_not\_done为不确定，放弃对定时器x\_timer的操作。

状态图使用如下缩写，例如，MA\_CONTROL.request缩写为MACR，MA\_CONTROL.indication缩写为MACI。

状态图中的比特向量的标注使用0表示第一个接收到的比特，以此类推（如数据[0:15]）。当使用字节向量时，0用来标识第一个接收到的字节，以此类推（如m\_sdu[0..1]）。

$a < b$ : 用于比较两个(周期)时间值的函数,如 $b > a$ 那么返回值为真。这个比较是将 $a$ 减去 $b$ 并检查MSB得到。如果 $MSB(a-b) = 1$ ,那么返回值为真,否则返回值为假。同时,还定义了如下函数:

$a > b$ 等价于! $(a < b$ 或 $a = b)$ ;

$a \geq b$ 等价于! $(a < b)$ ;

$a \leq b$ 等价于! $(a > b)$ 。

## B.2 多点MAC控制操作

### B.2.1 概述

如图B.2所示,多点MAC控制功能块包括如下功能:

a) 多点发送控制(Multi-point Transmission Control):该模块负责同步多点MAC控制实例。它维护多点MAC控制状态并控制多个实例化MAC的复用功能。

b) 多点MAC控制实例 $n$ (Multi-point MAC Control Instance  $n$ ):该模块负责对每个MAC以及与多点MAC控制相关联的MAC控制客户端进行实例化,它负责维护本实例中与操作各种MAC控制协议有关的所有变量和状态。

c) 控制解析器(Control Parser):该模块负责对MAC控制帧进行解析,并同IEEE 802.3中第31章规定的实体、操作码定义块、MAC客户端进行接口。

d) 控制复用器(Control Multiplexer):该模板负责选择转发帧的源。

e) MAC控制:该模块负责表B.1定义的MAC控制行为,可支持传统业务和将来的新业务。

f) 发现、报告和选通处理(Discovery Processing、Report Processing、GATE Processing):这些模块负责处理MAC上下文中的MPCP。

### B.2.2 多点MAC控制原理

#### B.2.2.1 基本描述

如图B.2所示,多点MAC控制子层可实例化多个多点MAC控制实体从而将上层的多个MAC控制客户端同下层的多个MAC进行接口。OLT在与每个ONU通信时均使用一个单播MAC实体。各个MAC实体在OLT和ONU间使用点到点仿真服务。

ONU侧仅使用一个MAC实体来同OLT的一个MAC实体进行通信,在这种情况下,多点MAC控制只包含控制解析器/复用器功能的惟一实体。

MPCP支持多个MAC和客户端接口。任一时刻只有一个MAC接口和客户端接口允许发送。MAC服务接口和客户端服务接口间具有严格的映射关系。特定地,MAC<sub>*j*</sub>的接收帧(ReceiveFrame)接口设置为有效则将使能客户端 $j$ 的指示接口。相应地,客户端 $i$ 的请求服务接口设置为有效则将使能MAC<sub>*i*</sub>的发送帧(TransmitFrame)接口。应注意:多点MAC子层不需要在同一个接口同时接收和发送帧,这样多点MAC控制就像将多个MAC控制绑定在同一个公共部分上。

调度算法与实现相关,对多个发送请求同时产生的情况没有定义具体的调度算法。

接收操作如下:多点MAC控制实体向下层的MAC实体连续调用接收帧功能。由于这些MAC从同一个PHY接收帧,因而只有一个帧从MAC实体传递到多点MAC控制。响应接收帧的MAC实体称为使能MAC,其服务接口称为使能MAC接口。MAC把所有有效帧传递给多点MAC控制子层。在响应接收帧功能调用时,无效帧将不被传递给多点MAC控制子层。

多点MAC控制实体与多点发送控制 (Multi-point Transmission Control) 共同完成对发送服务接口的使能操作。MAC控制产生的帧的优先级高于MAC客户端产生的帧,实际上,由于MA\_CONTROL原语的优先级高于MA\_DATA原语,因此,为了执行所请求的MAC控制功能,MA\_DATA.request原语可能会被延迟、丢弃或修改。为了发送MAC控制帧,多点MAC控制实体将使能MAC控制功能模块的转发功能,但不使能MAC客户端接口。接收帧时该MAC的接收帧接口将被使能。由于只有一个PHY接口,任意时刻只有一个MAC接收接口被使能。

被使能接口的信息存储在控制器状态变量中,并由复用控制块访问。

多点MAC控制子层使用下层的MAC子层的服务来交换数据和控制帧。

每个实体的接收操作包括:

- a) 从下层的MAC接收帧;
- b) 根据长度/类型域对帧进行解析;
- c) 根据操作码对MAC控制帧解复用并转发给相应的处理功能块;
- d) 通过设置MA\_DATA.indication原语将数据帧转发给MAC客户端。

每个实体的发送操作包括:

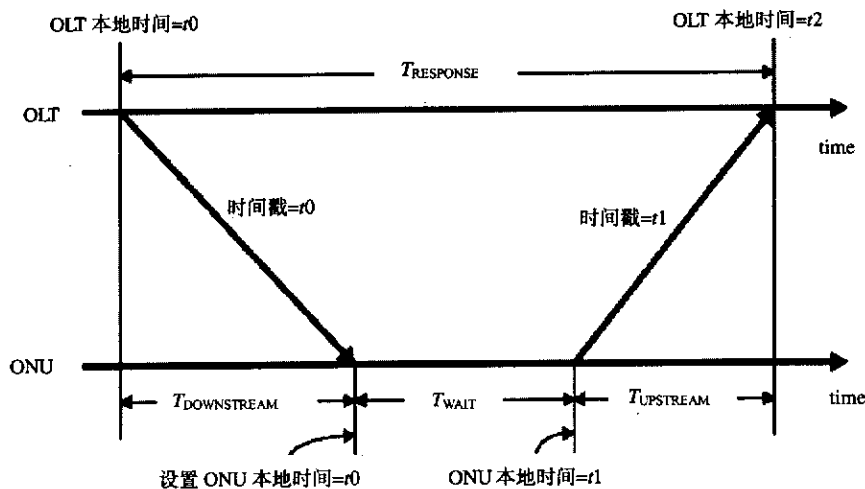
- a) MAC客户端通过设置MA\_DATA.request指示一个帧的发送;或者
- b) 根据先前的MA\_CONTROL.request的结果或一个MPCP产生帧事件的结果,协议处理模块将尝试发送一个帧;
- c) 当多点发送控制块允许其发送时,该帧被转发。

### B.2.2.2 测距及定时过程

OLT和ONU都有每16ns增1的32比特计数器。这些计数器提供一个本地时间戳。当OLT或ONU任一设备发送MPCPDU时,它将把计数器的值映射入时间戳域。从MAC控制发送给MAC的MPCPDU的第一个八位字节的发送时间被作为设定时间戳的参考时间。

当ONU接收到MPCPDU时,将根据所接收的MPCPDU时间戳域的值来设置其计数器。

当OLT接收到MPCPDU时,将根据所接收到的时间戳来计算或校验OLT和ONU之间的往返时间。往返时间RTT等于定时器的值和接收到的时间戳之间的差。通过MA\_CONTROL.indication原语将计算的RTT通知客户端。客户端的测距可利用该RTT完成,如图B.3所示。



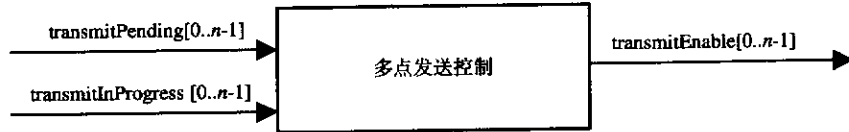
$$\begin{aligned}
 T_{\text{DOWNSTREAM}} &= \text{下行传输延迟} \\
 T_{\text{UPSTREAM}} &= \text{上行传输延迟} \\
 T_{\text{WAIT}} &= \text{在 ONU 上的等待时间} = t_1 - t_0 \\
 T_{\text{RESPONSE}} &= \text{在 OLT 上的响应时间} = t_2 - t_0 \\
 \text{RTT} &= T_{\text{DOWNSTREAM}} + T_{\text{UPSTREAM}} \\
 &= T_{\text{RESPONSE}} - T_{\text{WAIT}} = t_2 - t_0 - t_1 - t_0 \\
 &= t_2 - t_1
 \end{aligned}$$

当OLT和ONU的时钟差超过预定门限时，将产生时间戳漂移错误（Timestamp Drift Error）。这个时间戳漂移错误的触发条件可由OLT或ONU独立地检测到。当OLT检测到某一ONU的新旧RTT值之绝对差超过OLT保护门限（guardThresholdOLT）时，OLT将检测到时间戳漂移错误的触发条件，如图B.9所示。当所接收的MPCPDU的时间戳和localTime计数器值之绝对差超过ONU保护门限（guardThresholdONU）时，ONU将检测到时间戳漂移错误的触发条件，如图B.10所示。

B.2.3 多点发送控制、控制解析器以及控制复用器

B.2.3.1 概述

多点发送控制的目的是任意时刻只允许多个MAC客户端中的一个向所关联的MAC以及RS子层发送数据，这通过任意时刻只使能一个transmitEnable信号实现，如图B.4所示。

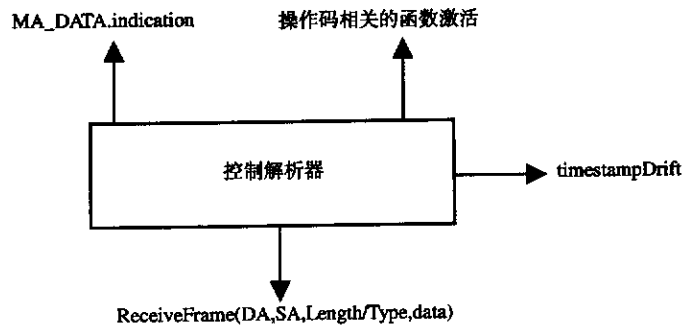


图B.4 多点发送控制服务接口

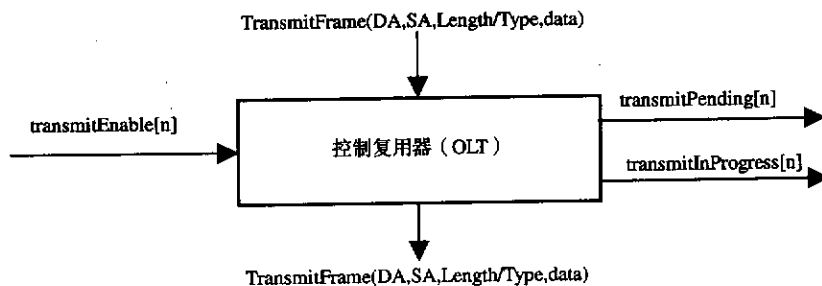
多点MAC控制实体 $n$ 功能块使用transmitEnable[n]，transmitPending[n]，以及transmitInProgress[n]状态变量（如图B.2所示）与多点发送控制进行通信。

控制解析器负责对接收通道上的MAC帧进行与操作码无关的解析。通过识别MAC控制帧，允许将其解复用到多个实体进行事件处理。同时，提供了与IEEE 802.3中第31章规定的实体，MPCP相关联的功能块以及MAC客户端的接口，如图B.5所示。

控制复用器负责转发从MAC控制中与操作码相关的功能块及MAC客户端到MAC的帧。在发送方向进行复用处理。对于一个MAC客户端发来的MA\_DATA.request原语，以及从MAC控制客户端发来的MA\_CONTROL.request原语，将产生一个TransmitFrame用于发送。在OLT侧，多个MAC实体共享同一个多点MAC控制，因此为避免发送冲突，发送模块的使能要根据多点发送控制中的一个外部控制信号进行。在ONU侧，GATE处理功能块提供上行发送管理接口，如图B.6和图B.7所示。



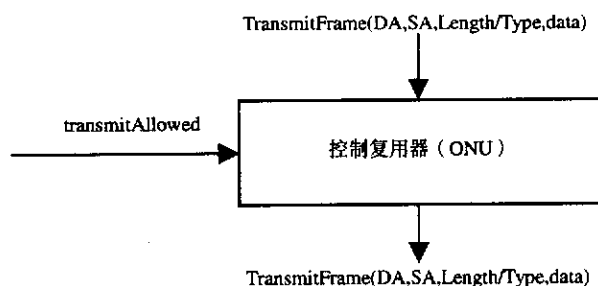
图B.5 控制解析器服务接口



注：多个MAC控制处理块可发送TransmitFrame原语。

图B.6 OLT控制复用器服务接口





注：多个 MAC 控制处理块可发送 TransmitFrame 原语。

图B.7 ONU控制复用器服务接口

### B.2.3.2 常量

#### a) defaultOverhead

该常量为帧发送开销的大小，测量单位为时间量子（time-quantum）。

类型：整型

值：6

#### b) guardThresholdOLT

该常量为OLT所接收的、时间戳的最大允许漂移，测量单位为time\_quantum（16比特时间）。

类型：整型

值：8

#### c) guardThresholdONU

该常量为ONU所接收的、时间戳的最大允许漂移，测量单位为time\_quantum（16比特时间）。

类型：整型

值：12

#### d) MAC\_Control\_type

该常量为类型/长度域值。

类型：整型

值：0x8808

#### e) tailGuard

该常量值指示ONU在发送上行数据的末尾所预留的空间，不包括最后的MAC服务数据单元(m\_sdu)，单位为八位字节。为MAC开销预留的空间包括前导、SFD、DA、SA、长度/类型域、FCS以及帧结束定界符（EPD）。

类型：整型

值：29

#### f) time\_quantum

所有与localTime变量的增量同步的机制都使用时间量子（time\_quantum）为单位。表示计数器和时间间隔的所有变量都用时间量子（time\_quantum）单位定义。一个time\_quantum等于16ns。

类型：整型

值：16

g) tqSize

该常量表示用八位字节发送次数表示的时间量子 (time\_quantum)。

类型: 整型

值: 2

### B.2.3.3 计数器

a) localTime

该变量值为控制MPCP操作所需的本地定时器值。该变量根据62.5MHz的定时器进行增1, 同时以时间量子 (time\_quantum) 计数。在OLT侧, 计数器将跟踪发送时钟, 同时在ONU侧, 计数器将跟踪接收时钟。每当从OLT接收到时间戳, 控制解析器通过重载入接收到的时间戳得到localTime。在运行时不应要求通过层管理改变该变量, 本标准对这种处理不作规定。

类型: 32比特无符号数

### B.2.3.4 变量

a) BEGIN

该变量用于初始化功能块状态机。在初始化以及每次复位后, 该值被设置为真 (true)。

类型: 布尔型

b) data\_rx

该变量表示为一个以0为基的比特序列, 它对应于接收到的MPCPDU净荷。该变量用于解析接收到的MPCPDU帧。

类型: 比特序列

c) data\_tx

该变量表示为一个以0为基的比特序列, 它对应于正被发送的MPCPDU净荷。该变量用于访问发送MPCPDU帧中的净荷, 例如, 用于设置时间戳值。

类型: 比特序列

d) fecEnabled

该变量表示FEC功能是否被使能。如果FEC功能被使能, 那么该变量为真 (true), 否则为假 (false)。

类型: 布尔型

e) newRTT

该变量用于暂时保存新测量到的ONU往返时间RTT。该新RTT值的单位为时间量子 (time\_quantum)。

类型: 16比特无符号数

f) nextTxTime

该变量表示下一个帧的全部发送时间, 同时也用于检查下一个帧是否在ONU余下的发送窗口中。NextTxTime包括帧发送时间和tailGuard, 如果FEC被使能则还包括FEC奇偶校验数据开销。该变量测量单位为时间量子 (time\_quantum)。

类型: 16比特无符号数

g) opcode\_rx

该变量保存上一个接收到的MPCPDU操作码。

类型: 16比特无符号数

h) opcode\_tx

该变量保存正在发送的MPCPDU操作码。

类型：16比特无符号数

i) packet\_initiate\_delay

该变量用于设置packet\_initiate\_timer的超时时间间隔。该变量的单位为量子时间。

j) RTT

该变量为所测量的到ONU的往返时间。RTT值的单位为量子时间。

类型：16比特无符号数

k) stopTime

该变量保存对应于最近一个授权（Grant）末尾的localTime计数器值。该变量的值由GATE处理功能设置。

类型：32比特无符号数

l) timestamp

该变量保存上一个接收到的MPCPDU帧的时间戳值。

类型：32比特无符号数

m) timestampDrift

当出现不可纠正的时间戳漂移时，该变量用于表示是否要产生一个错误。

类型：布尔型

n) transmitAllowed

该变量用于在ONU侧控制PDU发送。当发送通道被使能时，该变量被设置为True，当发送路径被关断时，该变量被设置为False。根据GATE处理功能块的状态来改变该变量的值。

类型：布尔型

o) transmitEnable[j]

这些变量用于控制OLT侧的多点MAC控制实例中的发送通道。将其设置为on，表示允许所选择的实例发送帧。将其设置为off，表示禁止所选择的实例发送帧。在任意时刻，只有一个TransmitEnable可以被设置为on。

类型：布尔型

p) transmitInProgress[j]

该变量表示多点MAC控制实例 *j* 正在发送一个帧。

类型：布尔型

q) transmitPending[j]

该变量表示多点MAC控制实例 *j* 准备发送一个帧。

类型：布尔型

### B.2.3.5 函数

a) abs ( *n* )

该函数返回参数*n*的绝对值。

b) Opcode-specific function ( opcode )

该函数从操作码相关的功能块中导出，并由相应的操作码所对应的MAC控制消息的到达而触发。

## c) FEC\_Overhead ( length )

当对长度为length的帧进行编码时，该函数计算FEC编码器所加入的额外开销大小。参数Length表示整个帧的大小，包括前导、SFD、DA、SA、长度/类型域以及FCS。FEC编码器对每239个八位字节的数据块要增加16个奇偶校验字节。此外，为了在高误比特率下实现可靠的帧边界检测，还需要26个码组来容纳IPG以及更长的帧起始和帧结束序列。本函数返回以时间量子（time\_quantum）为单位的FEC开销大小。下列公式用来计算开销：

$$FEC\_Overhead = 13 + \left\lceil \frac{length}{239} \right\rceil \times 8$$

注：标注<sup>[1]</sup>表示ceiling函数，其返回 $\geq x$ 的最小整数值。

## d) ReceiveFrame ( DA,SA,Length/Type,data )

该MAC子层函数根据特定的参数来接收帧。

## e) select

该函数选择下一个允许发送操作的多点MAC控制实例。它返回transmitPending数组的索引，该索引所指的值不能是False。如果数组中同时有多个活动项，则选择原则上取决于具体的实现。

## f) SelectFrame()

该函数使能具有等待帧的接口。如果多个接口同时有帧在等待，那么只有一个接口被使能。如果一些接口中等待帧的类型/长度域为MAC\_Control类型，那么这些接口中的一个将被使能。对于其他情况，选择原则不作规定。

## g) sizeof ( sdu )

该函数返回以八位字节为单位的sdu大小。

## h) transmissionPending()

只要有一个多点MAC控制实例有帧等待发送，那么该函数返回真。该函数可表示为

```
transmissionPending()= transmitPending[0]+
                    transmitPending[1]+
                    ...+
                    transmitPending[n-1]
```

其中n为多点MAC控制实例的总数。

## TransmitFrame ( DA,SA,Length/Type,data )

该MAC子层函数根据指定参数来发送帧。

## B.2.3.6 定时器

## a) packet\_initiate\_timer

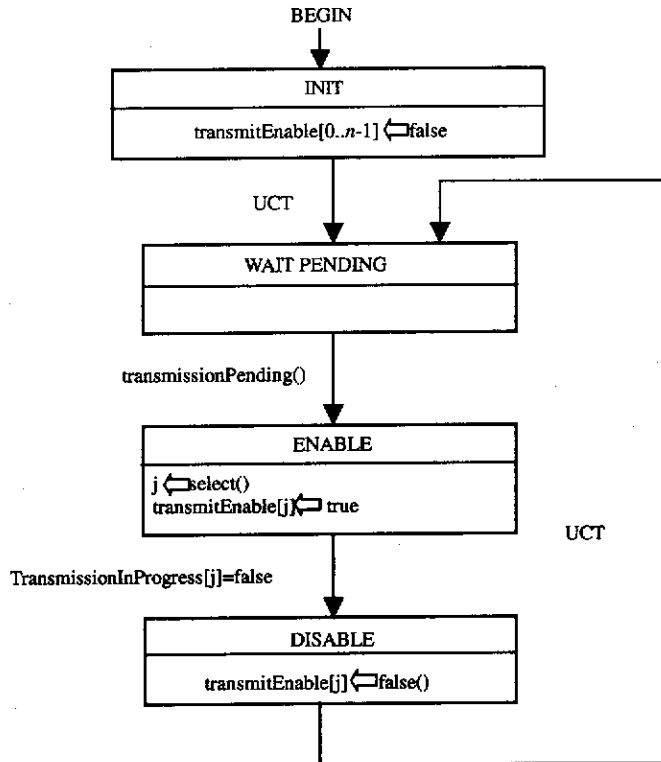
该定时器用来延缓MAC控制帧的发送，以避免MAC延迟发生变化。同时，MAC在上一个帧后强制加入IPG。如果FEC被使能，该定时器将增加足够的帧间隔来容纳FEC编码器所增加的额外的奇偶校验数据。

## B.2.3.7 消息

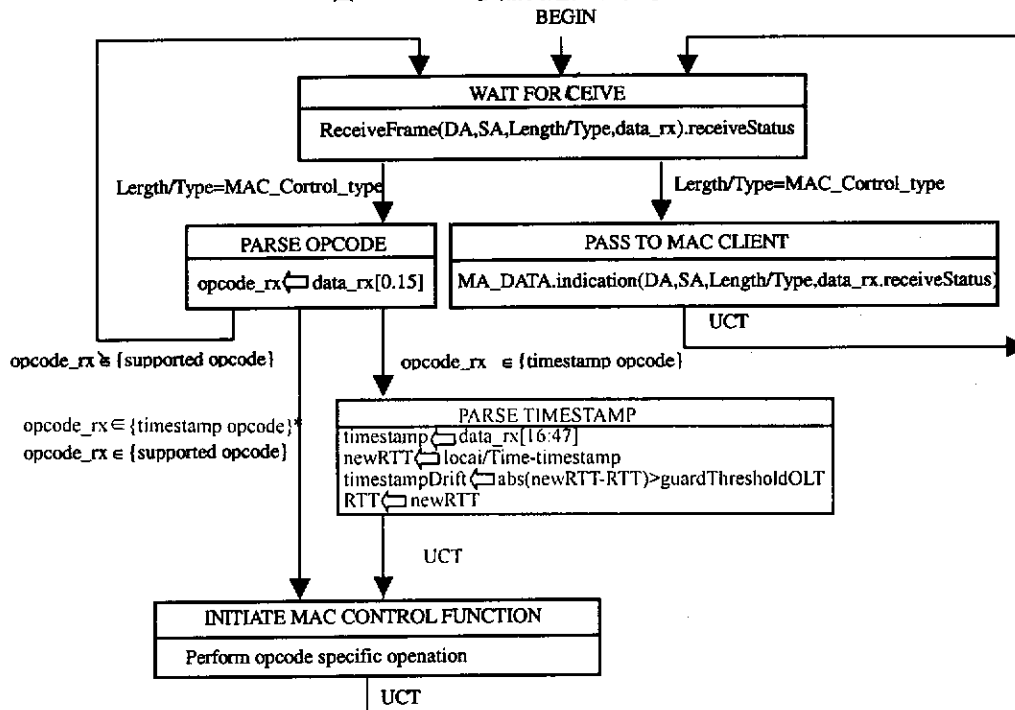
MA\_DATA.indication ( DA,SA,m\_sdu,receiveStatus )

## B.2.3.8 状态图

OLT的多点发送控制功能应实现图A.8所示的状态图。OLT的控制解析器功能应实现图B.9所示的状态图。ONU的控制解析器功能应实现图B.10的状态图。OLT的控制复用器功能应实现图11所示的状态图。ONU的控制复用器功能应实现图12所示的状态图。

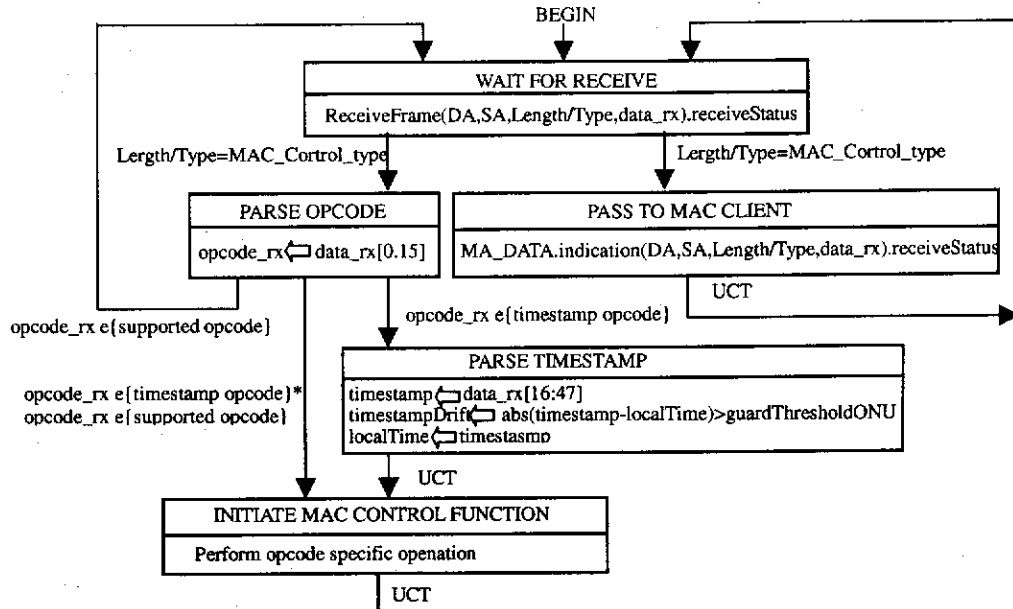


图B.8 OLT多点发送控制状态图



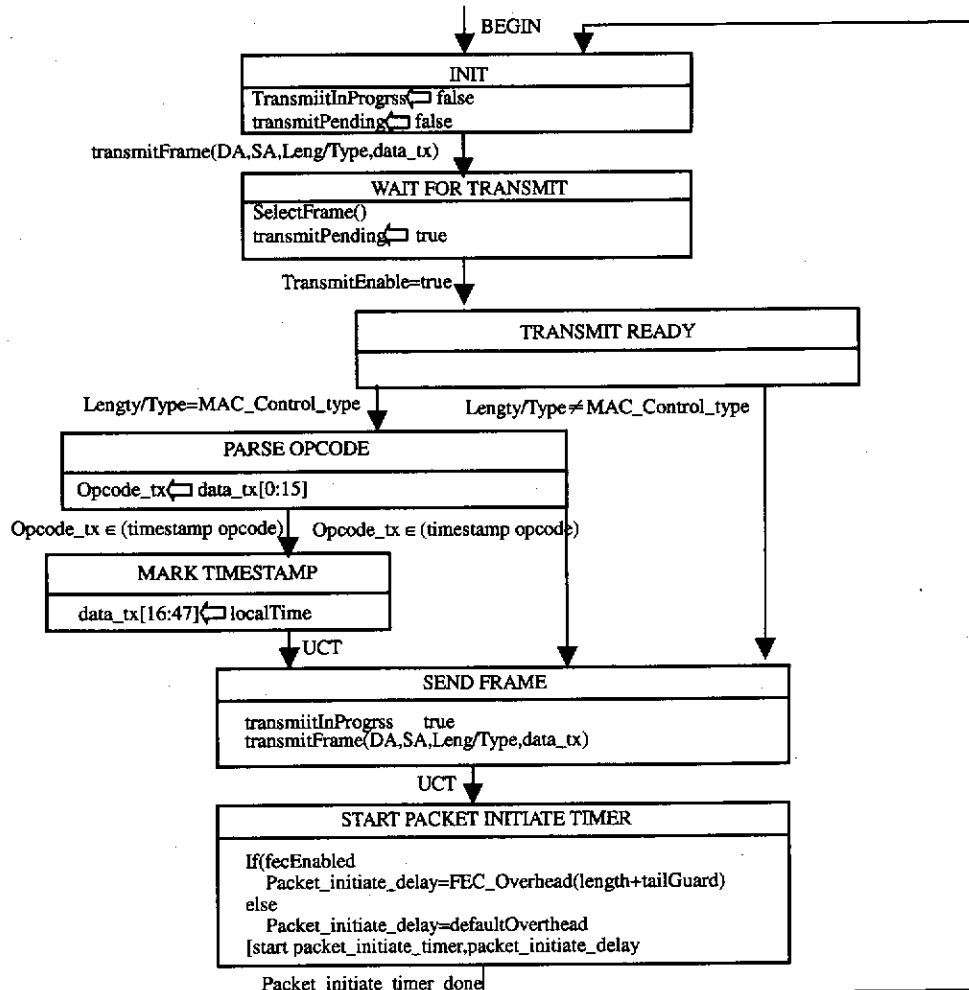
注：操作码相关的操作由 MAC 控制子层以并行进程发起，而不是作为一个同步函数发起。一般的 MAC 控制接收状态机（如图示）不会因操作码相关函数的调用而被隐式中断。

图B.9 OLT控制解析器状态图

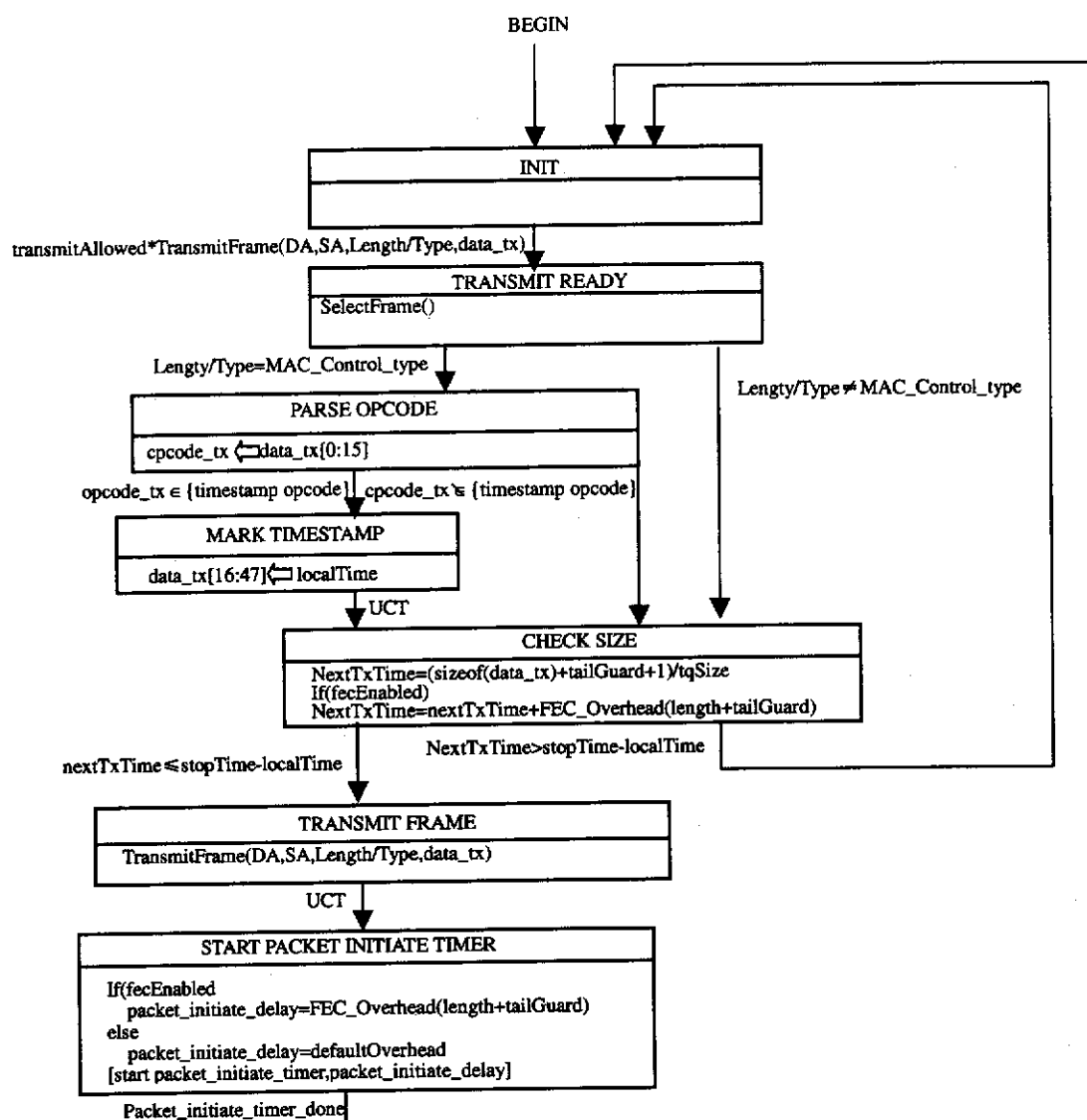


注：操作码相关的操作由 MAC 控制子层以前行进程发起，而不是作为一个函数发起。  
一般的 MAC 控制接收状态机（如图示）不会因操作码相关函数的调用而被隐式中断。

图B.10 ONU控制解析器状态图



图B.11 OLT控制复用器状态图



图B.12 ONU控制复用器状态图

### B.3 多点控制协议 (MPCP)

#### B.3.1 概述

如图B.2所示，多点MAC控制功能模块包括以下功能：

- 发现处理 (Discovery Processing)：该模块管理发现流程，通过该进程发现 ONU 并使其注册到网络中，同时对其 RTT 进行补偿。
- 报告处理 (Report Processing)：该模块管理报告消息的产生和搜集，ONU 通过该模块在上行方向向 OLT 发送带宽请求。
- 选通处理 (Gate Processing)：该模块管理 GATE 消息的产生和搜集，通过该模块实现多个发送端的复用。

如图B.2所示，分层的系统可以实例化多个MAC实体，而只使用一个物理层。每个实例化的MAC通过MPCP同与操作码 (opcode) 相关的功能模块的实例进行通信。此外，多个实例共享一些全局变量。通过MPCP使用公共状态控制来同步多个MAC。有关公共状态控制的操作不在本标准规范的范围。

### B.3.2 MPCP的原理

多点MAC控制通过控制MAC客户端的接收和发送使其工作在点对多点光网络中,而对MAC客户端来说就好像连接到一个独享的链路上。为了达到此目的,多点MAC控制协议遵循以下原则:

- a) MAC客户端通过多点MAC控制子层发送和接收帧。
- b) 多点MAC控制决定何时允许客户端接口控制复用器发送一个帧。
- c) 在某些情况下,当MAC客户端发送帧时,MAC控制可能产生控制帧,并利用MAC控制帧传送优先级高于MAC客户帧的特性,优先发送MAC控制帧。
- d) 通过使用时分复用(TDMA)的方法,在任意给定时刻仅允许一个MAC在网络中发送上行帧,使得多个MAC可以在共享介质上操作。
- e) 通过GATE处理功能协调此类发送的GATE。
- f) 通过发现处理功能在网络中发现新设备并允许其发送数据。
- g) 利用报告处理功能提供的反馈机制可以合理地控制网络带宽的分配。
- h) P2MP网络的操作是非对称的,其中OLT为主设备,ONU为从设备。

### B.3.3 兼容性考虑

#### B.3.3.1 PAUSE操作

虽然MPCP和流量控制兼容,但是在传输时延很大的情况下可选的流量控制使用效率不高。

注意:ONU端的MAC可以接收来自单播信道和单拷贝广播(SCB)信道的帧。如果SCB信道用于向多个ONU广播数据帧,那么即使ONU已向它的单播远端发出了PAUSE请求,ONU的MAC仍然可以继续从SCB信道接收数据帧。

#### B.3.3.2 可选的共享LAN仿真

通过结合P2PE,ONU端的适当过滤规则以及OLT端的适当过滤转发规则,可以仿真一个有效的共享LAN。共享LAN仿真的支持是可选的,它需要MAC层上额外的一层,这超出了本标准规定的范围。因此,这里的共享LAN仿真仅仅做为一般性说明。

#### B.3.3.3 组播和单拷贝广播支持

在下行方向,PON是一种广播介质。为利用PON的这一能力,使OLT向ONU发送广播帧时不对每个ONU都拷贝该帧,因此引入单拷贝广播(SCB)支持。

OLT针对每个ONU至少有一个MAC与之对应。此外,OLT还有一个标记为SCB的MAC。SCB MAC处理所有下行广播业务,但是不能用于上行方向的业务流(客户注册除外)。组播功能可通过可选的上层功能实现。这些层可能需要在OLT中进行为某些或者所有的ONU实例化额外的MAC(组播MAC),从而使MAC的总数超过(ONU数+1)个。

当把SCB MAC连接到802.1D桥接端口时,由于广播自身特点从而有可能形成回路。因此建议不把SCB MAC连接到802.1D桥接端口。

C.1.3.4.3节定义了SCB通道配置以及用于SCB支持的帧过滤和标记。

#### B.3.3.4 时延要求

MPCP协议依赖于严格定时,这是通过分发时间戳来实现。为了维护时间戳机制的正确性,相应的实现必须保证从MAC到PHY的时延不变。实际的时延大小取决于实现方式。但是,遵循规范的实现应该使所实现的MAC栈时延维持在一定范围,而该范围变化不超过16比特时间。



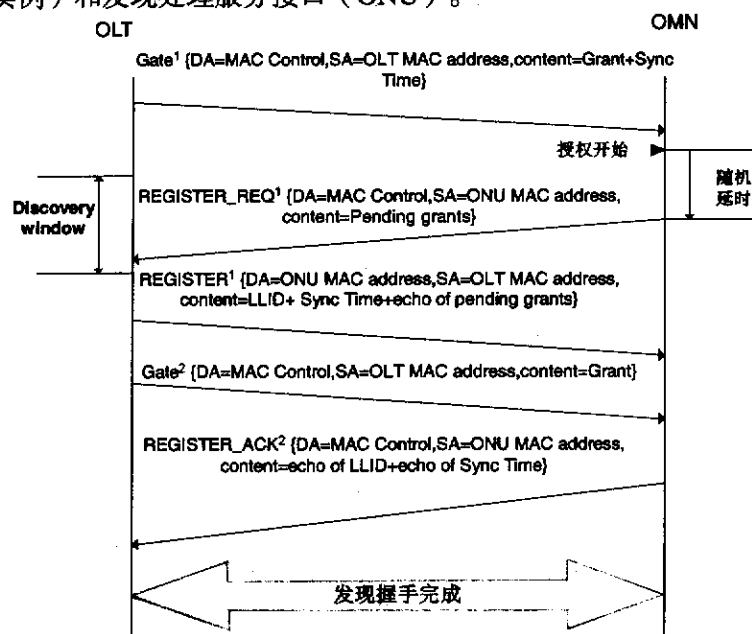
为了使得ONU在接收到GATE消息后有足够的处理时间，OLT不能发布起点时刻早于当前时刻加上1024个时间量子（time\_quantum）的授权。ONU应该用小于这个时间段的时间来处理所有的消息。OLT不应该以大于每1024个时间量子一个消息的速度向一个ONU发布消息。时间量子的单位是16ns。

### B.3.4 发现处理

#### B.3.4.1 功能描述

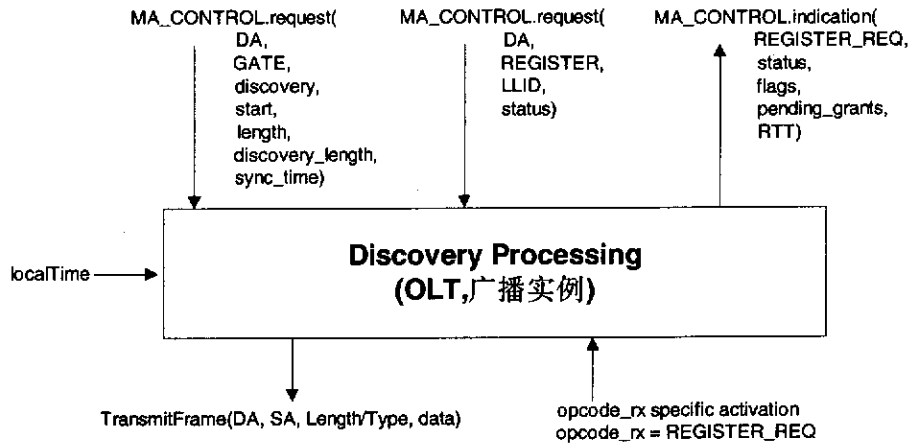
发现是指新连接或者非在线的ONU接入PON的进程。该进程由OLT发起，它周期性地产生合法的发现时间窗口（Discovery Time Windows），使OLT有机会检测到非在线的ONU。发现时间窗口的周期没有定义，由厂商决定。OLT通过广播一个发现GATE消息来通知ONU发现窗口的周期。发现GATE消息包含发现窗口的开始时间和长度，非在线ONU接收到该消息后将等待该周期的开始，然后向OLT发送REGISTER\_REQ消息。发现窗口是惟一有多个ONU同时访问PON的窗口，因此这些发送可能发生冲突。为了减少发送冲突，所有的ONU应使用同一种竞争算法。通过模拟ONU到OLT距离的随机分布等措施可以减少冲突发生的概率。每个ONU在发送REGISTER\_REQ消息前应等待一段随机大小的时间，该时间段小于发现时间窗口的长度。值得注意的是，在一个发现时间周期内OLT可能会接收到多个有效的REGISTER\_REQ消息。REGISTER\_REQ消息中包括ONU的MAC地址以及最大等待授权（Pending Grant）的数目。OLT接收到有效的REGISTER\_REQ消息后，将注册该ONU，分配和指定新端口的标识（LLID），并将相应的MAC和LLID绑定。

发现进程的下一步是OLT向新发现的ONU发送注册（Register）消息，该消息包含ONU的LLID以及OLT要求的同步时间。同时，OLT还应对ONU最大等待授权的数目进行响应。此时OLT已经有足够的信息用于调度ONU访问PON，并发送标准的GATE消息允许ONU发送REGISTER\_ACK。当接收到REGISTER\_ACK时，该ONU的发现进程完成，该ONU注册成功并且可以开始发送正常的消息流。层管理（Layer Management）负责执行MAC绑定并开始对新注册的ONU进行发送和接收。图B.13给出了发现消息的交换过程，图B.14、图B.15和图B.16分别给出了发现处理服务接口（OLT广播实例）、发现处理服务接口（OLT单播实例）和发现处理服务接口（ONU）。

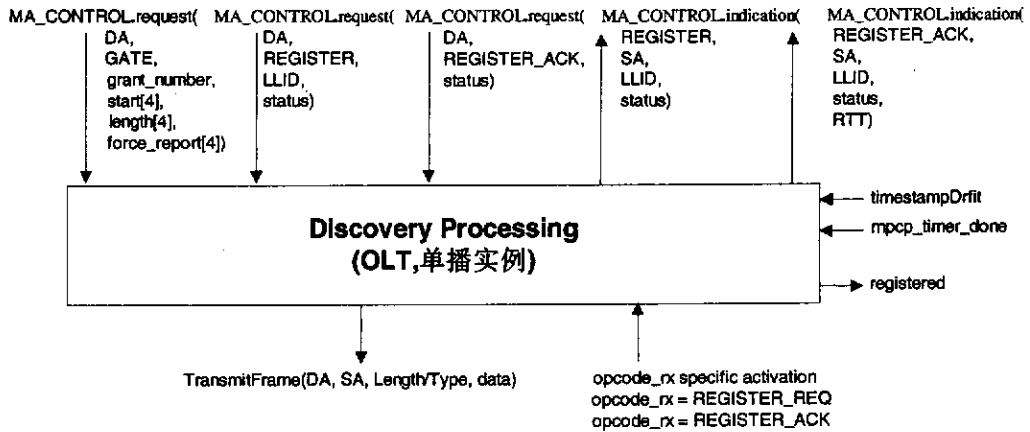


- 注1：广播信道上发送的消息  
2：单播信道上发送的消息

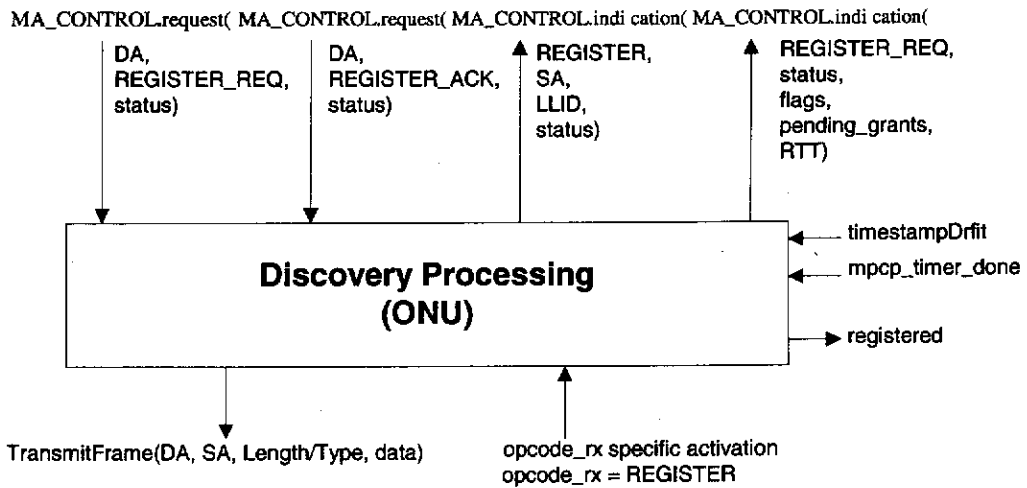
图B.13 发现握手消息交换



图B.14 发现处理服务接口 ( OLT广播实例)



图B.15 发现处理服务接口 ( OLT单播实例)



图B.16 发现处理服务接口 ( ONU)

OLT可以要求ONU重新执行发现进程并重新注册。同样，ONU也可以通知OLT请求注销，然后通过发现进程进行重注册。OLT的Register消息可以设置一个值来指示重注册(Reregister)或注销(Deregister)，如果规定了上述的任一种，则将强制接收到该消息的ONU进行重注册。对于ONU，REGISTER\_ACK消息可包含注销位，该比特通知OLT应注销本ONU。

**B.3.4.2 常量**

无定义。

**B.3.4.3 变量**

## a) BEGIN

该变量在B.2.3.4节中定义。

## b) data\_rx

该变量在B.2.3.4节中定义。

## c) data\_tx

该变量在B.2.3.4节中定义。

## d) grantEndTime

该变量表示OLT期望ONU授权完成的时刻。在发现进程中，如果ONU的REGISTER\_ACK消息不能在grantEndTime前到达OLT，则这个致命错误将导致指定的ONU注册失败，该ONU可在以后重新注册。GrantEndTime的单位是时间量子。

类型：32比特无符号数

## e) insideDiscoveryWindow

该变量表示发现窗口的当前状态。当发现窗口打开时，该值为True；当发现窗口关闭时，该值为False。

类型：布尔型

## f) localTime

该变量在B.2.3.3节中定义。

## g) opcode\_rx

该变量在B.2.3.4节中定义。

## h) opcode\_tx

该变量在B.2.3.4节中定义。

## i) pendingGrants

该变量表示ONU能够排队等待的授权最大值。

类型：16比特无符号数

## j) registered

该变量表示发现进程的当前结果。一旦发现进程完成并且确认注册完成，该值为True。

类型：布尔型

## k) syncTime

该变量表示稳定OLT端接收机所需的时间。它从发送输出稳定时刻开始计时，直到获得同步时刻为止，以时间量子为单位计数。syncTime的值包括激光开启时间 ( $T_{on}$ )、增益调整时间 ( $T_{receiver\_settling}$ )、时钟同步时间 ( $T_{cdr}$ ) 以及码组对齐时间 ( $T_{code\_group\_align}$ )。OLT将syncTime的值通过发现GATE和注册消息传给ONU。在同步期间，ONU只能发送IDLE。

类型：16比特无符号数

## l) timestampDrift

该变量在B.2.3.4节中定义。

#### B.3.4.4 函数

a) ReceiveFrame ( DA,SA,Length/Type,data )

该函数在B.2.3.5节中定义。

b) TransmitFrame ( DA,SA,Length/Type,data )

该函数在B.2.3.5节中定义。

#### B.3.4.5 定时器

a) discovery\_window\_size\_timer

该定时器用于标识发现窗口终止的事件。

该定时器的值是根据接收到的发现选通 ( DISCOVERY GATE ) 消息中的参数而动态设定的。

b) mpcp\_timer

该定时器用于测量链路中MPCP帧的到达速率。未能接收到帧将是致命的错误并将导致注销。

#### B.3.4.6 消息

a) MA\_CONTROL.request ( DA,GATE,discovery,start,length,discovery\_length,sync\_time )

OLT端的MAC控制客户端使用该服务原语来发起发现进程。该原语使用如下参数：

DA：组播或单播MAC地址。

GATE：表B.1中定义的GATE MPCPDU操作码。

Discovery：该标志表示指定的GATE消息仅用于发现。

start：发现窗口的开始时刻。

length：用于发现的、授权长度。

discovery\_length：发现窗口进程的长度。

sync\_time：OLT端用于稳定接收机所需的时间间隔。

b) MA\_CONTROL.request ( DA,GATE,grant\_number,start[4],length[4],force\_report[4] )

OLT端的MAC控制客户端使用该服务原语向ONU发布GATE消息。该原语使用如下参数：

DA：单播MAC地址。

GATE：表B.1中定义的GATE MPCPDU操作码。

grant\_number：随GATE消息一起发布的、授权个数。授权个数从0~4。

start[4]：各个授权的开始时刻。目前只使用数组中第1个grant\_number元素。

length[4]：各个授权的长度。目前只使用数组中第1个grant\_number元素。

force\_report[4]：标识是否在相应的授权中产生REPORT消息，只使用数组中第1个grant\_number元素。

c) MA\_CONTROL.request ( DA,REGISTER\_REQ,status )

ONU端的MAC客户端使用该服务原语请求发现进程进行注册。该原语使用如下参数：

DA：组播MAC控制地址，应符合IEEE 802.3 Annex 31B的定义。

REGISTER\_REQ：表B.1定义的REGISTER\_REQ MPCPDU操作码。

status：表B.4定义的REGISTER\_REQ MPCPDU中的标志域。

d) MA\_CONTROL.indication ( REGISTER\_REQ,status,flags,pending\_grants,RTT )

发现进程使用该原语通知客户端和层管理，注册进程正在进行。该原语使用如下参数：

REGISTER\_REQ：表B.1中定义的REGISTER\_REQ MPCPDU操作码。

status: 该参数指示加入或者重试。OLT使用“加入”来表示成功接收到REGISTER\_REQ消息。ONU使用“重试”来通知客户注册失败,注册将被再次进行。

flags: 该参数为REGISTER\_REQ消息中标志域的内容。仅当本原语由OLT的发现进程产生时,该参数的值才有效。

pending\_grants: 该参数为REGISTER\_REQ消息中pending\_grants域的内容,仅当本原语由OLT的发现进程产生时,该参数的值才有效。

RTT: 该参数保存已测量的ONU往返时间。RTT的单位是时间量子。仅当本原语由OLT的发现进程产生时,该参数的值才有效。

e) MA\_CONTROL.request ( DA, REGISTER, LLID, status, pending\_grants )

OLT端的MAC控制客户端使用该服务原语来初始化ONU的接收。该原语使用如下参数:

DA: 组播MAC控制地址,应符合IEEE 802.3 Annex 31B的定义。

REGISTER: 表B.1中定义的REGISTER MPCPDU操作码。

LLID: MAC控制客户端指配的逻辑链路标识号。

status: 表B.5中定义的REGISTER MPCPDU中的标志域。

pending\_grants: 该参数为先前接收到的REGISTER\_REQ消息中的pending\_grants域。

f) MA\_CONTROL.indication ( REGISTER, SA, LLID, status )

OLT或ONU端的发现进程使用该服务原语将注册状态改变的结果通知MAC控制客户端和层管理。该原语使用如下参数:

REGISTER: 表B.1中定义的REGISTER MPCPDU操作码。

SA: 该参数为OLT的MAC地址。

LLID: 该参数为MAC控制客户端指配的逻辑链路标识号。

status: 该参数为accepted/denied/deregistered/reregistered。

h) MA\_CONTROL.request ( DA, REGISTER\_ACK, status )

ONU和OLT端的MAC控制客户端使用该服务原语来确认注册完成。该原语使用如下参数:

DA: 组播MAC控制地址,应符合IEEE 802.3 Annex 31B的定义。

REGISTER\_ACK: 表B.1中定义的REGISTER\_ACK MPCPDU操作码。

status: 表B.5定义的REGISTER MPCPDU中的标志域值。

i) MA\_CONTROL.indication ( REGISTER\_ACK, SA, LLID, status, RTT )

OLT端的发现进程使用该服务原语将注册进程完成这一事件通知客户端和层管理。该原语使用如下参数:

REGISTER\_ACK: 表B.1中定义的REGISTER\_ACK MPCPDU操作码。

SA: 该参数为对端设备的MAC地址 ( ONU侧的OLT地址, OLT侧的ONU地址 )。

LLID: 该参数为MAC控制客户端指配的逻辑链路标识号。

status: 该参数为accepted/denied/reset/deregistered。

RTT: 该参数为已测量的ONU往返时间。RTT的单位是时间量子。仅当OLT调用发现进程时,该参数才有效。

j) Opcode-specific function ( opcode )

从操作码相关的功能块中导出的函数，这些函数由相应的操作码所对应的MAC控制消息的到达而触发。

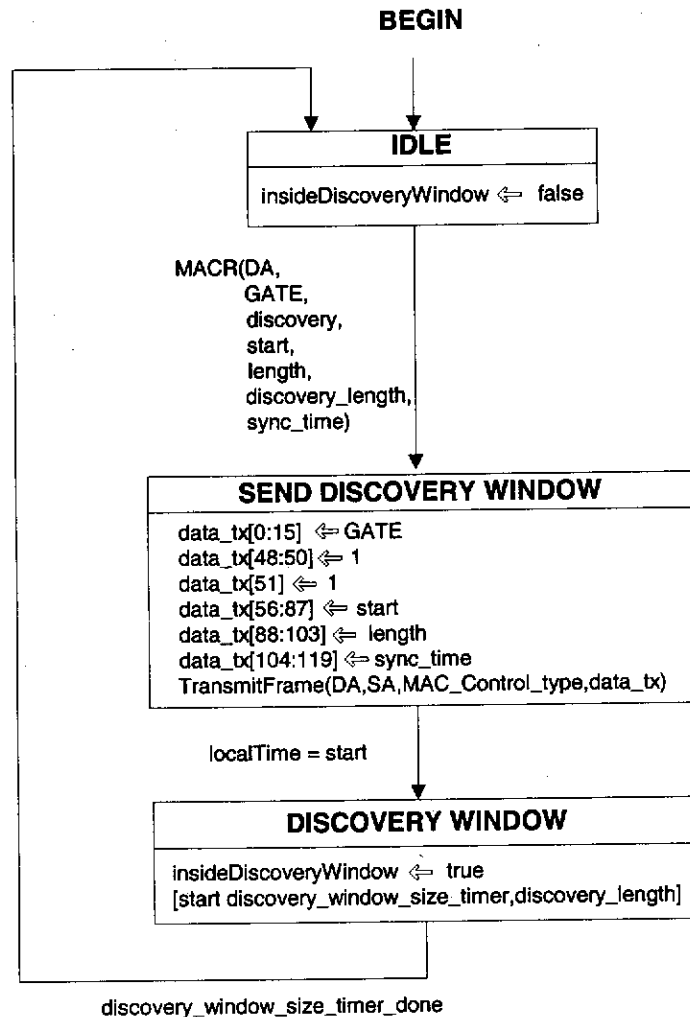
表B.1 MAC控制操作码

操作码 (十六进制)	MAC控制功能	值/说明	时间戳 (注)
00-00	保留		
00-01	PAUSE	接收方在功能参数表明的一段时间停止发送非控制帧的请求	无
00-02	GATE	要求接收方在功能参数表明的一时刻和时间内发送帧	有
00-03	REPORT	表明由功能参数指示的接收方等待发送的请求	有
00-04	REGISTER-REQ	通过用于由功能参数指示的GATE发送过程的协议来识别站请求	有
00-05	REGISTER	通知接收方，通过用于由功能参数指示的GATE发送过程的协议从而识别站	有
00-06	REGISTER-ACK	通知接收方，站的确认用于GATE发送过程	有
00-07 ~ FF-FF	保留		

注：时间戳域由MAC控制产生，并且通过客户端接口时不可见

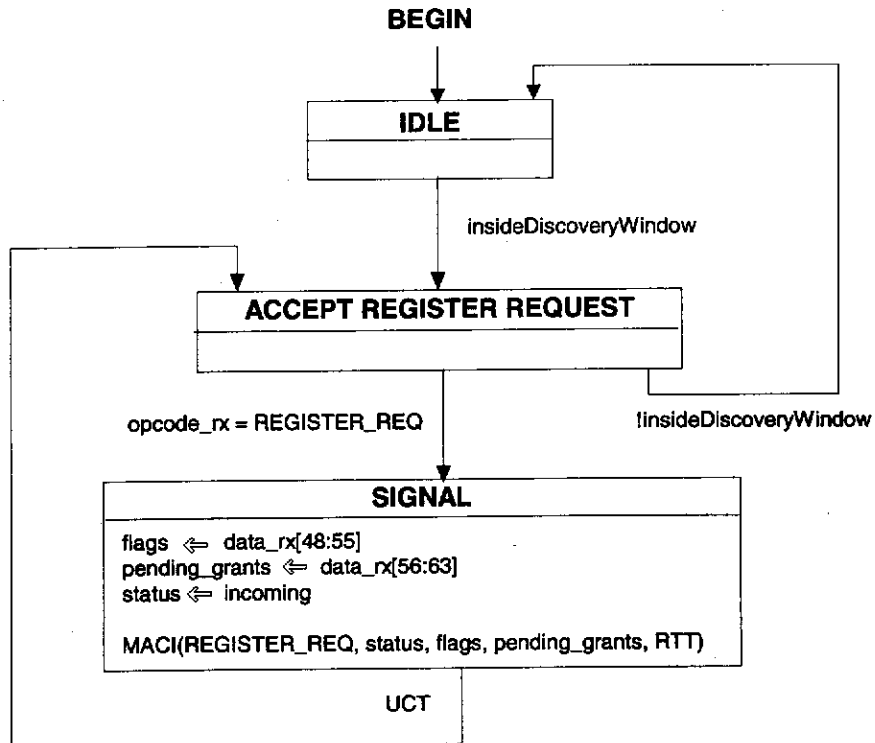
B.3.4.7 状态转移图

OLT端的发现进程应实现图B.17所示的发现窗口创建状态图，B.18所示是请求处理状态图，图B.19所示是注册处理状态图以及图B.20所示是最终注册状态图。ONU端的发现进程应实现图B.21所示的注册状态图。

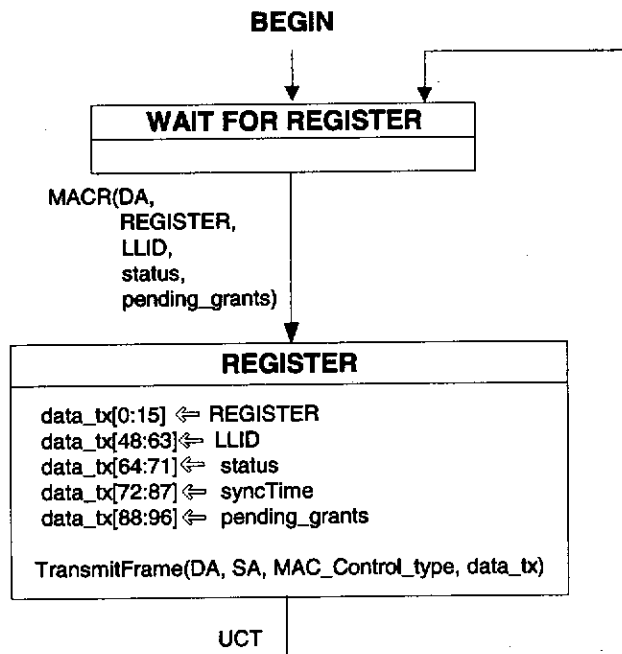


图B.17 发现处理OLT窗口创建状态图

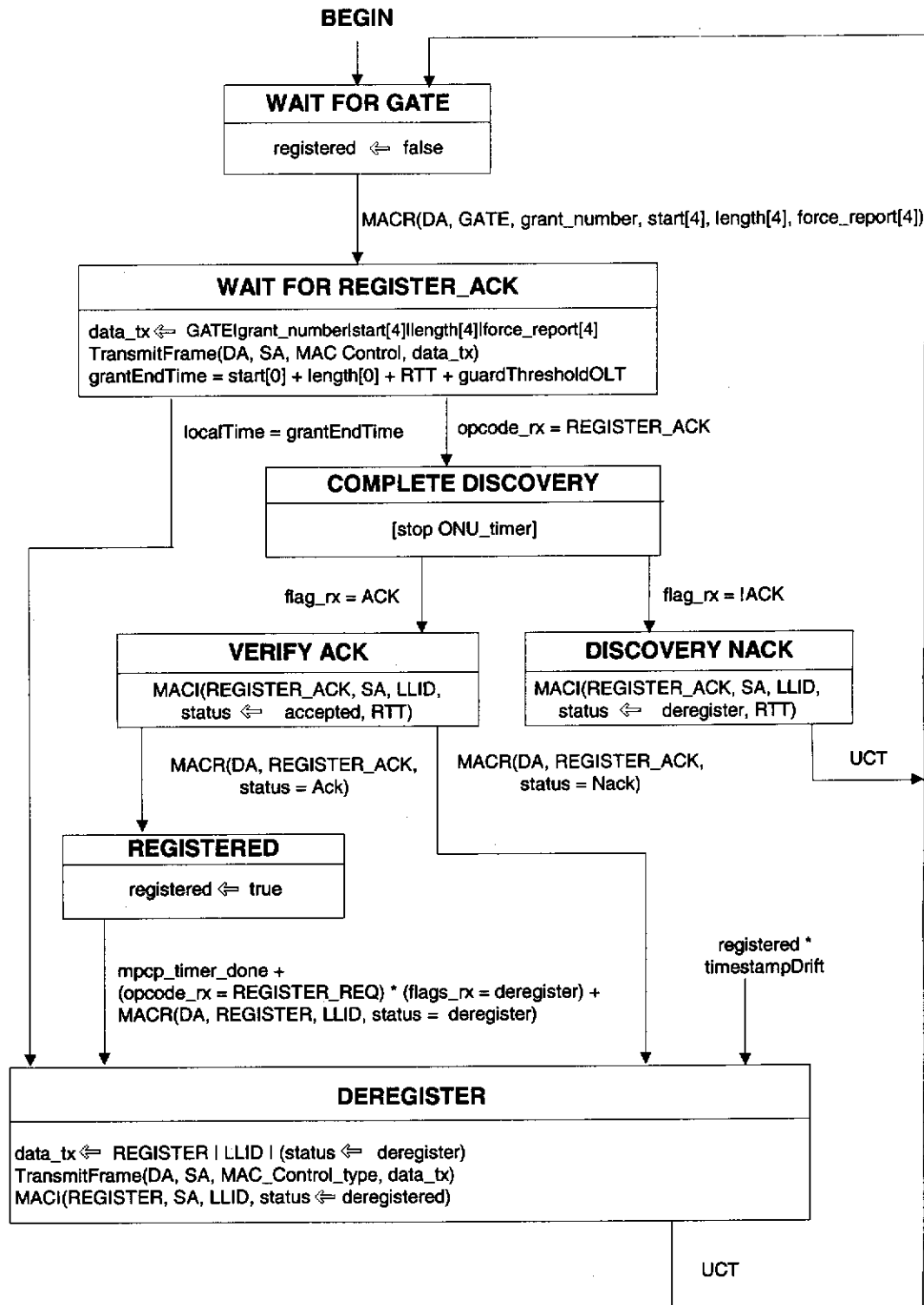
图B.17、图B.18、图B.19所示的状态机实例，仅在与广播LLID关联的多点MAC控制实体中实现。每个多点MAC控制实体均应实现图B.20和图B.21所示的状态机实例（关联于广播通道的实体除外）。



图B.18 发现处理OLT处理请求状态图



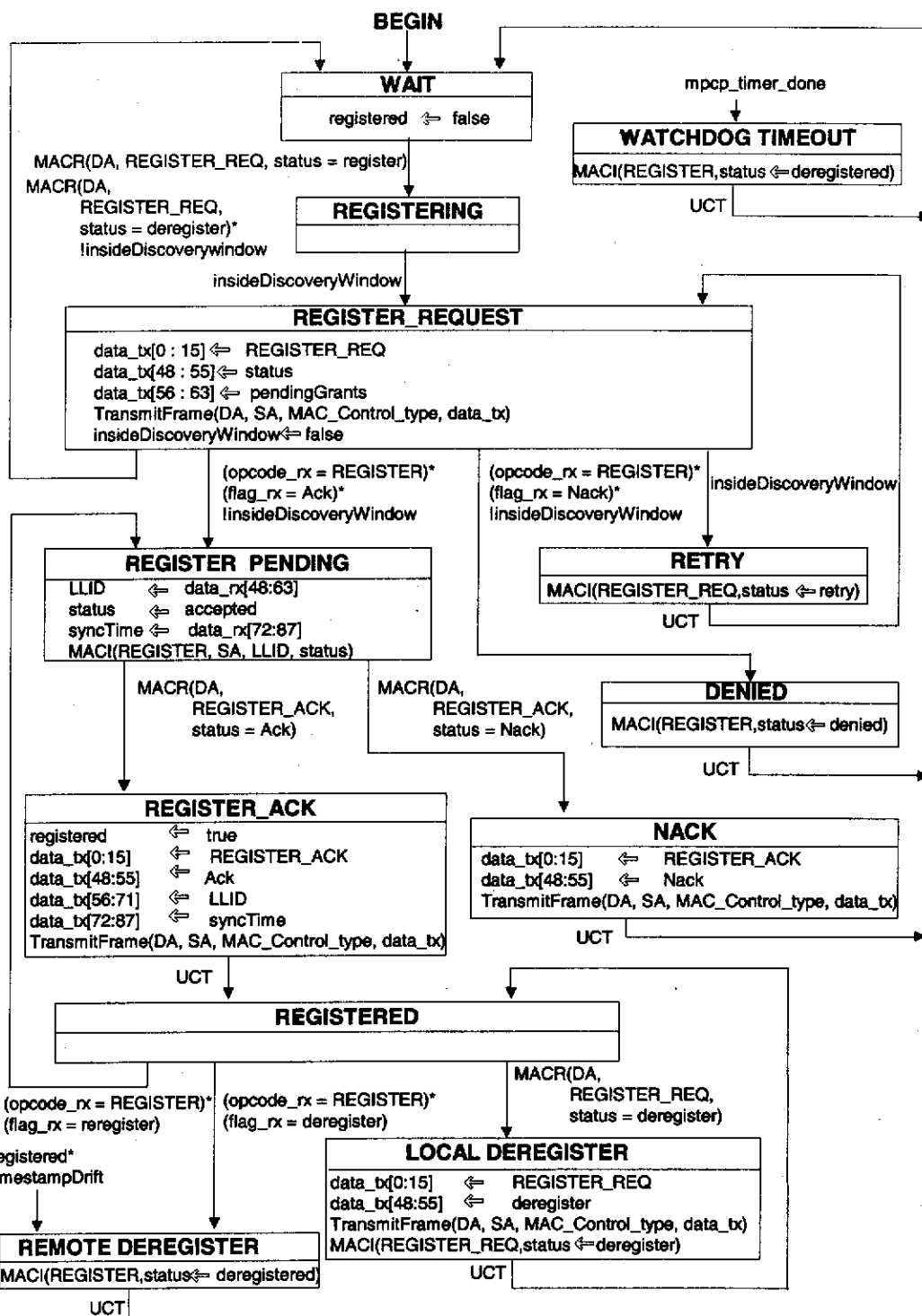
图B.19 发现处理OLT注册状态图



图B.20 发现处理OLT最终注册状态图

注意：在发送REGISTER消息后，MAC控制客户端紧接着发送授权，该过程已考虑ONU处理REGISTER消息的时延。





图B.21 发现处理ONU注册状态图

### B.3.5 报告处理

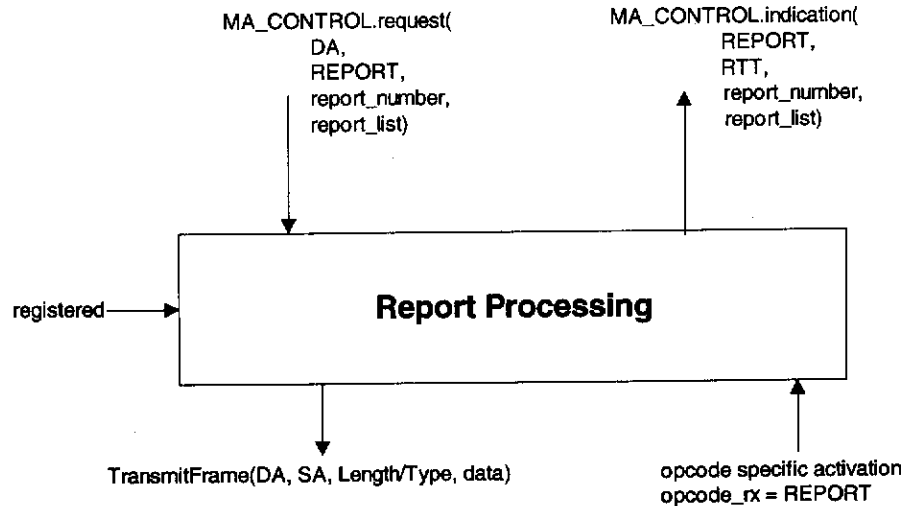
#### B.3.5.1 概述

报告处理功能模块负责处理网络中的队列状态报告的产生和终结。上层产生报告并由MAC控制客户端传递给MAC控制子层。状态报告用于上报带宽的需求，也可用来为OLT安装看门狗定时器（watchdog Timer）。

即使没有带宽请求，也应该周期性的产生报告，这将保证OLT的看门狗定时器不会因超时注销ONU。为了保证该机制正常运转，OLT将周期性的向ONU授权。

报告处理功能模块以及MPCP协议设计为可与IEEE 802.1P桥协同使用。

图B.22定义报告处理服务接口。



图B.22 报告处理服务接口

### B.3.5.2 常量

#### a) mpcp\_timeout

该常量为两个MPCPDU消息之间的最大允许时间间隔。在此间隔内如果不能接收到至少一帧，那么将是一个致命的错误并将导致注销。

类型：32比特无符号数

值：03-B9-AC-A0 (1s)

#### b) report\_timeout

该常量表示由ONU产生的两个REPORT消息的最大允许时间间隔。

类型：32比特无符号数

值：00-2F-AF-08 (50ms)

### B.3.5.3 变量

#### a) BEGIN

该变量用于功能模块状态机的初始化操作。在初始化以及每次复位后，该变量设为True。

类型：布尔型

#### b) data\_rx

该变量的定义见B.2.3.4节。

#### c) data\_tx

该变量的定义见B.2.3.4节。

#### d) opcode\_rx

该变量的定义见B.2.3.4节。

#### e) opcode\_tx

该变量的定义见B.2.3.4节。

f) registered

该变量的定义见B.3.4.3节。

#### B.3.5.4 函数

a) TransmitFrame ( DA,SA,Length/Type,data )

该函数的定义见B.2.3.5节。

#### B.3.5.5 定时器

a) report\_periodic\_timer

要求ONU以小于report\_timeout的周期产生REPORT MPCPDU。在ONU强制产生REPORT消息之前，该定时器对剩余的时间进行倒计时。

b) mpcp\_timer

该定时器的定义见B.3.4.5节。

#### B.3.5.6 消息

a) MA\_CONTROL.request ( DA,REPORT,report\_number,report\_list )

MAC控制客户端使用该服务原语请求ONU端的报告进程发送队列状态报告。为了反映网络的实时变化，可独立于授权进程并在任意间隔内调用该原语。该原语使用如下参数：

DA：组播MAC控制地址。

REPORT：表B.1中定义的REPORT MPCPDU操作码。

report\_number：报告列表中队列状态报告集的个数，取值范围0~13。

report\_list：队列状态报告列表。队列状态报告包括两个域：Valid和Status。参数Valid是长度为8的布尔型数组，“0”或“False”表示不存在相应的状态位（状态域的长度为0），“1”或“True”表示存在相应的状态域（状态域的长度是两个8位字节）。数组的索引和IEEE 802.1P命名规则中的优先级队列的编号一致。

参数Status为16比特的无符号整型数组，该数组仅包含Valid域中相应比特为True的条目。

b) MA\_CONTROL.indication ( REPORT,RTT,report\_number,report\_list )

OLT端的报告进程使用该服务原语将MPCP链路另一端的队列状态通知MAC控制客户端以及上层。为了反映网络的实时变化，可以多次调用该原语。该原语使用如下参数：

REPORT：表B.1中定义的REPORT MPCPDU操作码。

RTT：该参数为更新的往返路程时间，在每次接收到REPORT消息后重新计算该值。

report\_number：报告列表中队列状态报告集的个数，取值范围0~13。

report\_list：队列状态报告的列表。队列状态报告包括两个域：Valid和Status。参数Valid是一个长度为8的布尔型数组，“0”或“False”表示不存在相应的状态位（状态域的长度为0），“1”或“True”表示存在相应的状态域（状态域的长度是两个8位字节）。数组的索引和IEEE 802.1P命名规则中的优先级队列的编号一致。

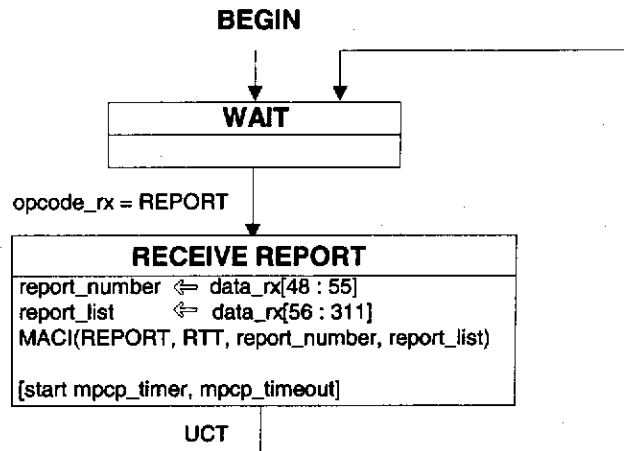
参数status为16比特的无符号整型数组，该数组仅包含Valid域中相应比特为True的条目。

c) Opcode-specific function ( opcode )

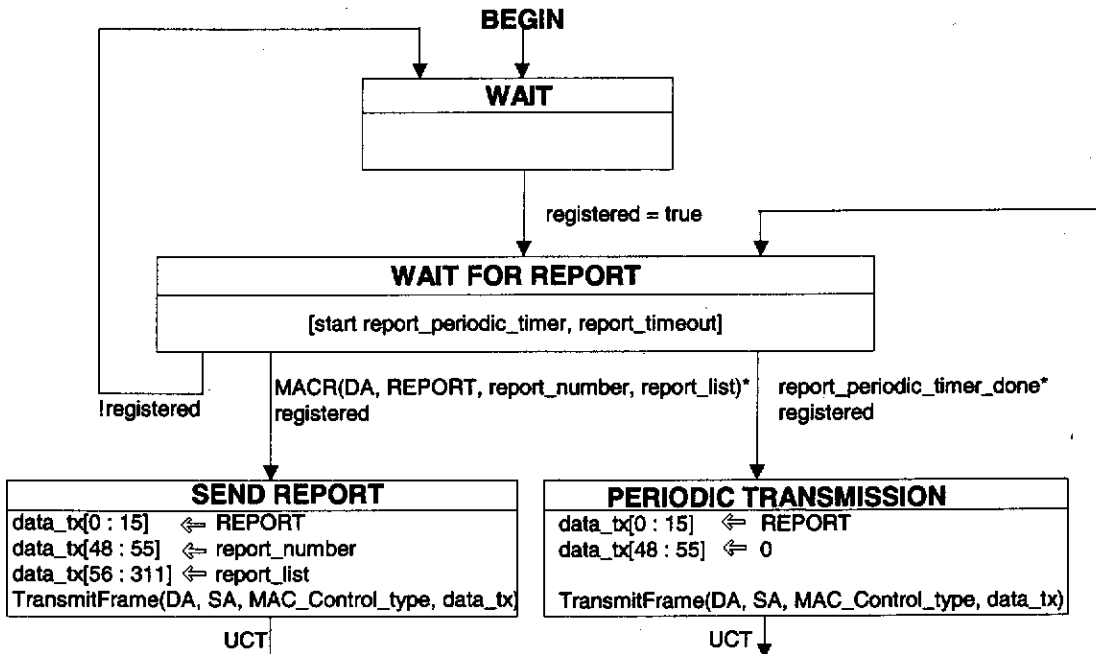
从操作码相关的功能块中导出的函数，这些函数由相应的操作码所对应的MAC控制消息的到达而触发。

B.3.5.7 状态图

OLT端的报告进程将实现图B.23所示的报告处理状态图。ONU端的报告进程将实现图B.24所示的报告处理状态图。只有关联于单播LLIDs的多点MAC控制实体才实现图B.23和图B.24所示的状态机实例。



图B.23 OLT端的报告处理状态图



图B.24 ONU端的报告处理状态图

B.3.6 选通处理 ( GATE Processing )

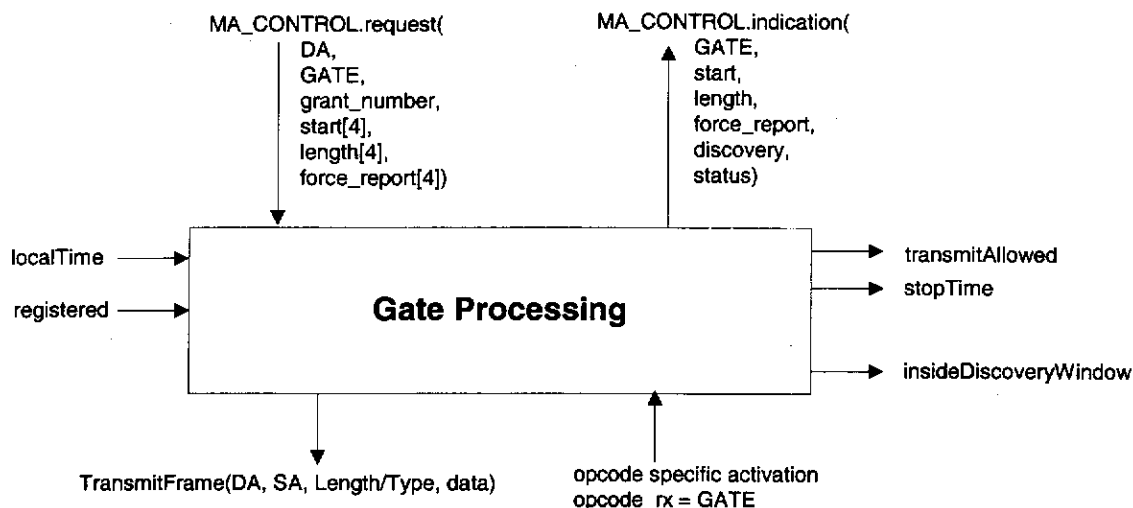
B.3.6.1 概述

多点MAC控制的关键是它能够对多个ONU进行仲裁并选出一个发送器。OLT通过分配授权来控制ONU的发送。

GATE消息指示ONU的发送窗口，包括窗口的开始时间和长度。当ONU的localTime计数器和GATE消息中的start\_time相同时，ONU开始发送。ONU将给结束发送留有足够的余量，从而保证在授权长度间隔用完前关闭激光器。

可以向一个ONU发送多个授权。OLT发送授权数目不应多于ONU注册进程中声明支持的最大授权个数。

为了维护ONU端的看门狗定时器，OLT将周期性地产生授权。因此也会定期发送空的GATE消息。在注册的时候，ONU将忽略所有已设置发现标志的GATE消息。



图B.25 GATE处理服务接口

### B.3.6.2 常量

#### a) discoveryGrantLength

该常量表示在执行发现进程时ONU的发送持续时间。该常量包括MPCPDU的发送时间和B.2.3.2节定义的tailGuard。该常量的单位是time\_quantum。

类型：32比特无符号数

值：00-00-00-26 (608ns)

#### b) gate\_timeout

该常量表示OLT为同一个ONU产生的两个GATE消息的最大允许时间间隔。

类型：32比特无符号数

值：00-2F-AF-08 (50ms)

#### c) laserOffTime

该常量为关闭激光器所需的时间。它以time\_quantum为单位对关闭PMD所需的时间周期进行计数。

类型：32比特无符号数

值：00-00-00-20 (512ns)

#### d) laserOnTime

该常量为开启PMD所需的时间。它以time\_quantum为单位对开启PMD所需的时间周期进行计数。

类型：32比特无符号数

值：00-00-00-20 (512ns)

#### e) max\_future\_grant\_time

该常量为某个有效到达授权的期望到达的最大时刻。

类型：32比特无符号

数值：03-B9-AC-A0 (1s)

#### f) min\_processing\_time

该常量为ONU处理所需的时间。

类型：32比特无符号数

值：00-00-04-00 (16.384ns)

g) tqSize

该常量的定义见B.2.3.2节。

### B.3.6.3 变量

a) BEGIN

该变量用于功能模块状态机的初始化操作。每当初始化以及复位后，该变量设为真。

类型：布尔型

b) counter

该变量是一个循环计数器，对GATE消息中的到达授权进行计数。

类型：整型

c) currentGrant

该变量用于处理期间本地存储等待的授权状态。GATE处理功能模块动态设值该变量并且该变量不可见。授权状态是一个包含多个子域的结构体域。

类型：structure{

DA 48比特无符号数，也就是MAC地址类型

start 32比特无符号数

length 16比特无符号数

force\_report 布尔型

discovery 布尔型)

d) data\_rx

该变量的定义见B.2.3.4节。

e) data\_tx

该变量的定义见B.2.3.4节。

f) effectiveLength

该变量用于临时存储归一化的净时间 (Net Time)。该变量保存授权净有效长度，该值用使用时间进行归一化处理，并用开启/关闭激光器以及等待接收器锁定时间进行补偿。

类型：32比特无符号数

h) fecEnabled

该变量的定义见B.2.3.4节。

i) GrantList

该变量用于存储等待授权的列表。GATE处理功能模块动态设置该变量并且该变量不可见。一旦接收到授权就将其加入到列表中。列表的元素是包含多个子域的结构体域。该列表以每个元素的开始子域作为索引，从而可以加快搜索。

类型：列表中的元素使用currentGrant定义的结构体

j) insideDiscoveryWindow

该变量的定义见B.3.4.3节。

## k) maxDelay

该变量表示ONU在发送REGISTER MPCPDU前允许的最大时延。该时延的值必须保证ONU有足够的时间来发送REGISTER消息和相应的开销（FEC校验数据、帧结束序列等等）以及在发现授权结束前关闭激光器。

类型：16比特无符号数

## l) nextGrant

该变量用于处理进程中在本地存储等待的授权状态。GATE处理功能模块动态设置该变量并且该变量不可见。该变量的值为下一个即将被激活的授权。

类型：元素使用currentGrant定义的结构体

## m) nextStopTime

该变量为相应于下一个结束时刻的localTime计数器的值。

类型：32比特无符号数

## n) registered

该变量的定义见B.3.4.3节。

## o) stopTime

该变量的定义见B.2.3.4节。

## p) syncTime

该变量的定义见B.3.4.3节。

## q) transmitAllowed

该变量的定义见B.2.3.4节。

## B.3.6.4 函数

## a) empty ( list )

该函数用于检查列表是否为空。当列表中没有元素排队时，该函数返回True。否则，返回False。

## b) InsertInorder ( sorted\_list,inserted\_element )

该函数用于把某个元素插到已排序的列表中，并对插入后的列表进行排序。如果列表已满，那么该元素将被丢弃。列表的长度是变化的，它的最大值等于注册进程中给出的等待授权的最大个数。

## c) IsBroadcast ( grant )

该函数用于检查它所带的参数是否表示广播授权，即给多个ONU的授权。这取决于相应GATE消息的目的MAC地址。当MAC地址是全局分配的MAC控制地址时，该函数返回True，否则返回False。

## d) PeekHead ( sorted\_list )

该函数用于检查已排序列表的内容。它返回列表头的元素，且不从列表中清除该元素。

## e) Random ( r )

该函数用于计算一个均匀分布于0~r之间的随机整数。该函数返回这个随机产生的整数。

## f) RemoveHead ( sorted\_list )

该函数用于从已排序列表中清除头元素。该函数的返回值为被清除的元素。

## g) TransmitFrame ( DA,SA,Length/Type,data )

该函数的定义见B.2.3.5节。

### B.3.6.5 定时器

a) gntStTmr

该定时器用于等待标识授权窗口开始的事件。

值：根据标识的授权开始时刻来动态设置定时器的值。

b) gntWinTmr

该定时器用于等待标识授权窗口结束的事件。

值：根据标识的授权长度来动态设置定时器的值。

c) gate\_periodic\_timer

要求OLT以小于gate\_timeout的周期来产生GATE MPCPDU。在OLT强制产生一个GATE消息前，该定时器对剩余的时间进行倒计时。

d) mpcp\_timer

该定时器的定义见B.3.4.5节。

e) mdDlyTmr

该定时器用于在发现窗口内测量随机时延。该时延用于在注册过程中事先减小发送重叠的概率，从而在PON中降低注册时间的期望值。

值：该随机值小于净发现窗口的大小减掉REGISTER\_REQ MPCPDU帧大小，空闲周期和激光器的开启和关闭时延，前导大小和IFG大小。该定时器的值将根据客户端发来的参数动态设定。

### B.3.6.6 消息

a) MA\_CONTROL.request ( DA,GATE,grant\_number,start[4],length[4],force\_report[4] )

该服务原语的定义见B.3.4.6节。

b) MA\_CONTROL.indication ( GATE,start,length,force\_report,discovery,status )

ONU端的GATE进程使用该服务原语将某个授权正在等待的消息通知MAC控制客户端和上层。当包含多个授权的、一个单独的GATE消息到达时，将多次调用该原语。当授权激活时，在每个授权的开始和结束时刻同样产生该原语。该原语使用以下参数：

**GATE**：表B.1中定义的GATE MPCPDU操作码。

**Start**：授权的开始时刻。当状态位的值为非激活时，该参数不存在。

**Length**：授权的长度。当状态位的值为非激活时，该参数不存在。

**force\_report**：用于指示在该授权中是否发送REPORT消息的标志。当状态位的值为非激活时，该参数不存在。

**Discovery**：当授权用于发现进程时，该参数的值为True，否则为False。当状态位的值为非激活时，该参数不存在。

**Status**：该参数为接收授权进程中的Arrive值，当授权激活时，该参数为激活（Active），在授权结束时，该参数为非激活（Deactive）。

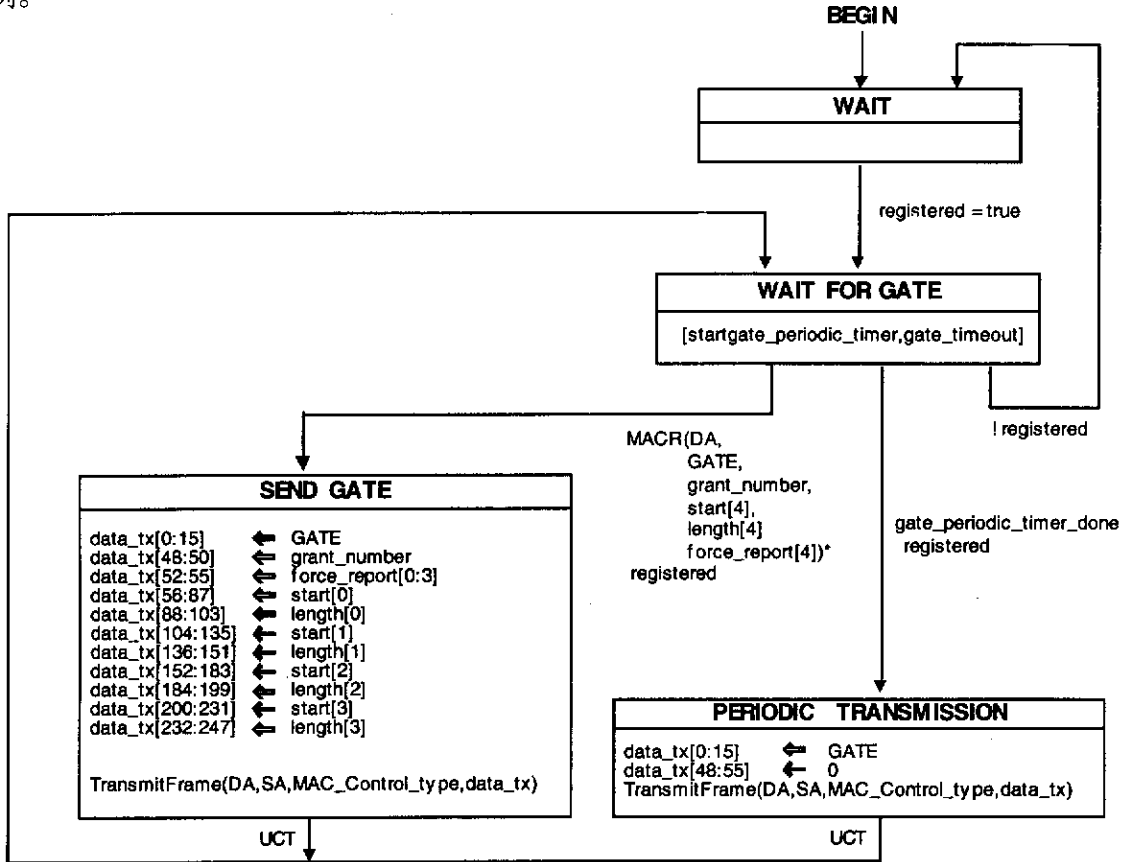
c) Opcode-specific function ( opcode )

从操作码相关的功能块中导出的函数，这些函数由相应的操作码所对应的MAC控制消息的到达而触发。

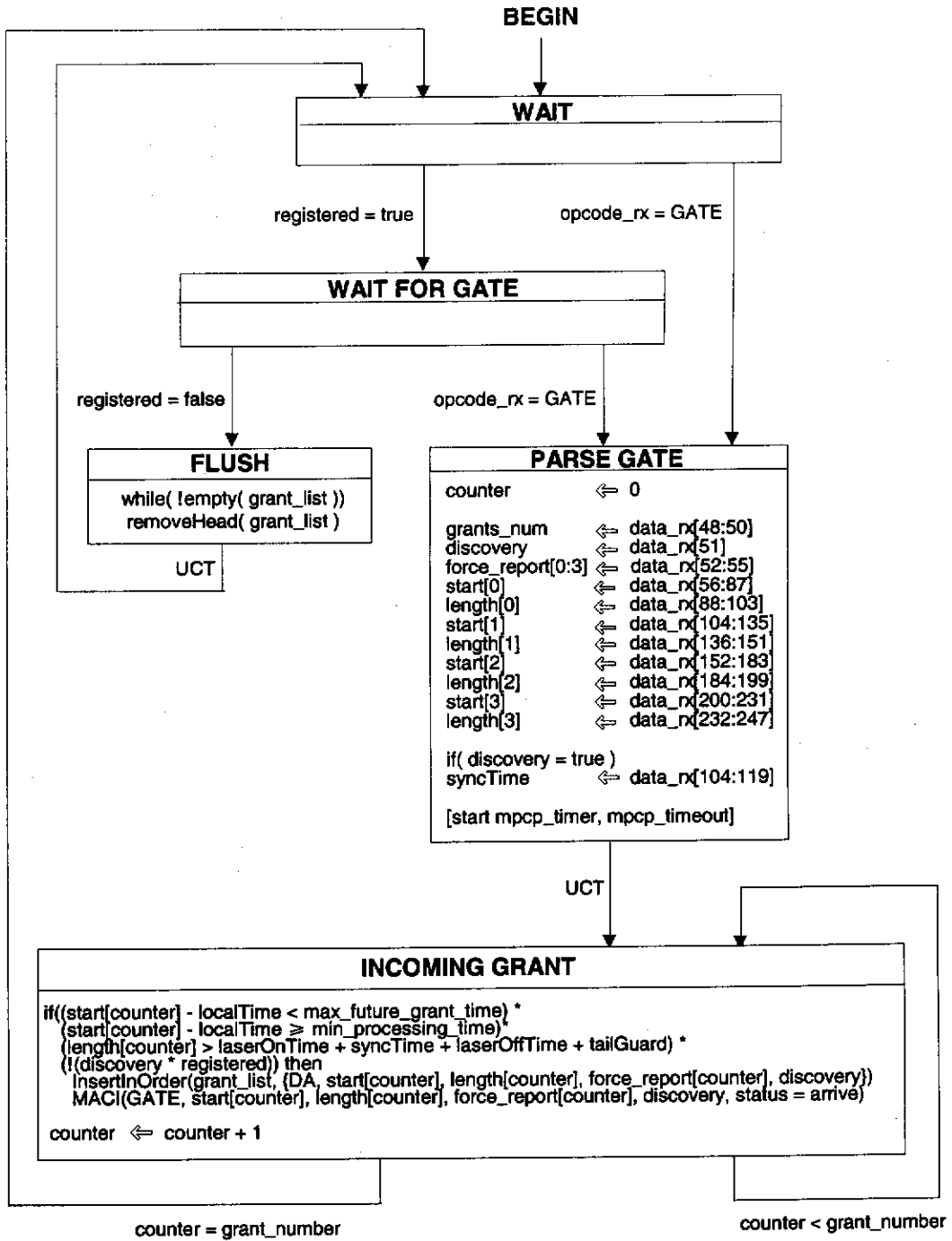


B.3.6.7 状态图

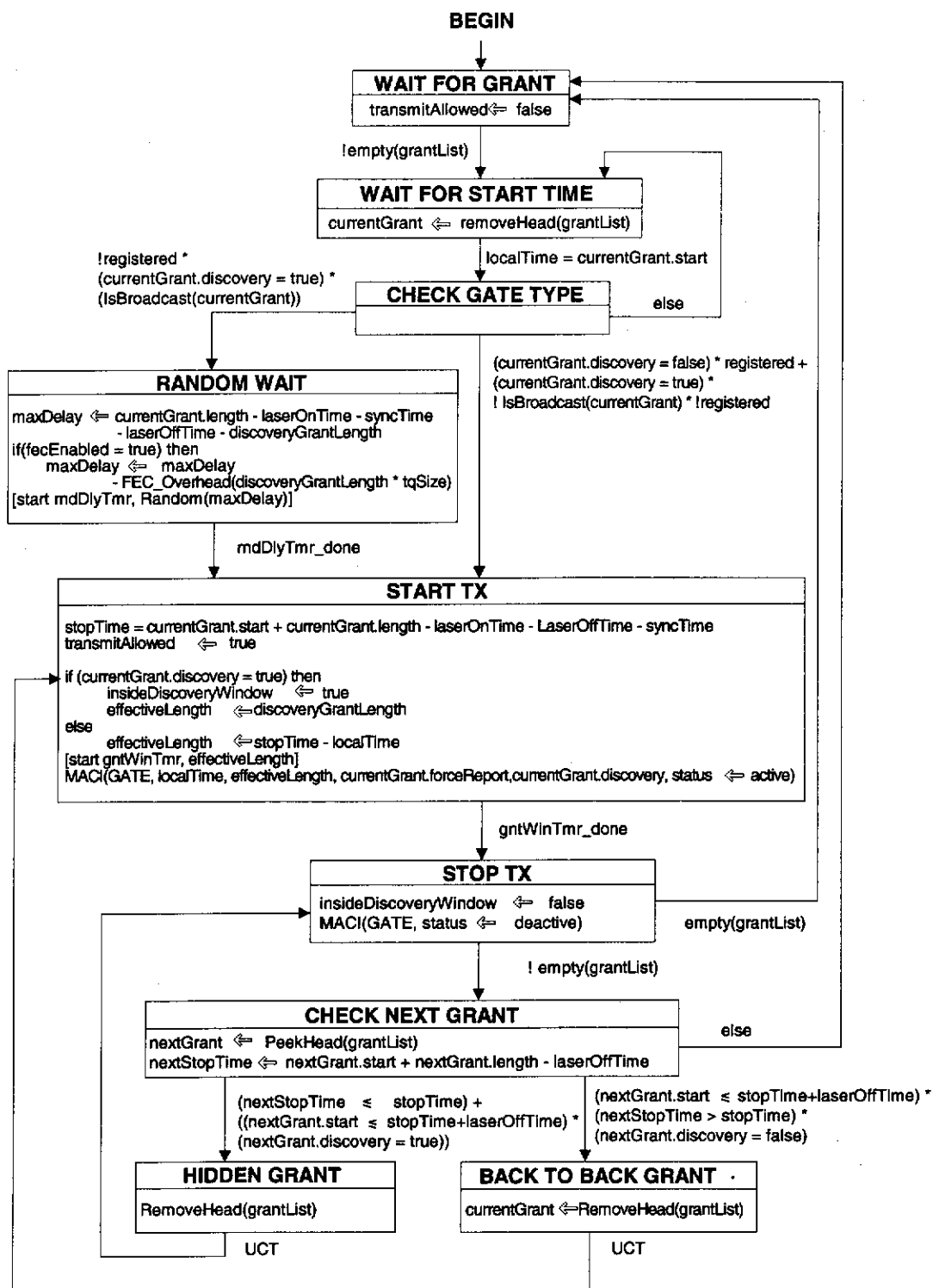
OLT端的GATE进程应该实现图B.26所示的GATE处理状态图。ONU端的GATE进程应该实现图B.27和图B.28所示的GATE处理状态图。所有的多点MAC控制实体应执行图B.26、图B.27和图B.28所示的状态机实例。



图B.26 OLT端GATE处理状态图



图B.27 GATE处理ONU编程状态图



图B.28 GATE处理ONU激活状态图

### B.3.7 MPCPDU结构以及编码

#### B.3.7.1 基本定义

MPCP PDU (MPCPDU) 为基本的IEEE 802.3帧, 这些帧不应该加上标记。MPCPDU结构如图B.29所示, 详细的定义如下:

a) 目的地址 (DA): MPCPDU 中的 DA 为 MAC 控制组播地址, 或者是 MPCPDU 的目的端口关联的单独 MAC 地址。

b) 源地址 (SA): MPCPDU 中的 SA 是和发送 MPCPDU 的端口相关联的、单独的 MAC 地址。对于源于 OLT 端的 MPCPDU, 源地址可以是任意一个单独 MAC 的地址。如 B.13 节的规定, 所有这些 MAC 可以共享一个单一的单播地址。

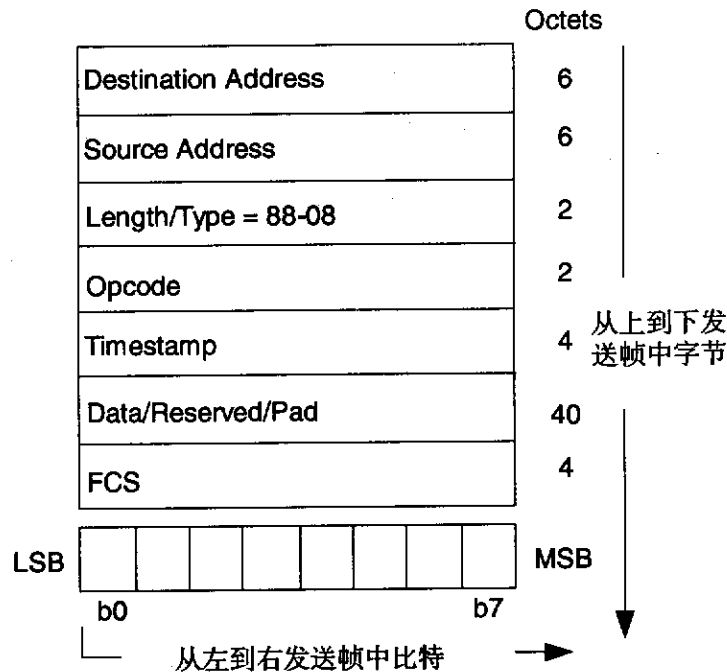
c) Length/Type: MPCPDU 都进行类型编码, 并且承载 MAC\_Control\_Type 域值。

d) Opcode: 操作码指示所封装的特定 MPCPDU。值的定义在表 B.1 中。

e) Timestamp: 在 MPCPDU 发送时刻, 时间戳域传递 localTime 寄存器中的内容。该域长度为 32 比特, 对 16 比特发送进行计数。时间戳计时步进值为 16 比特。

f) Data/Reserved/PAD: 这 40 个八位字节用于 MPCPDU 的有效载荷。当不使用这些字节时, 在发送时填充为 0, 并在接收时忽略。

g) FCS: 该域为帧校验序列, 一般由下层 MAC 产生。



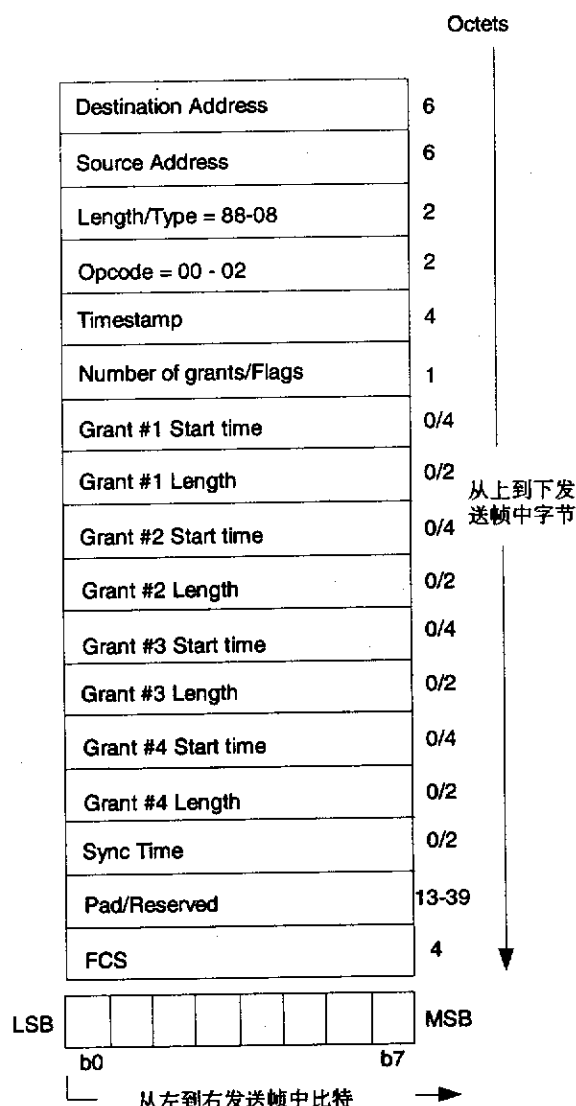
图B.29 通用MPCPDU

根据用于产生特定的MPCPDU的MAC实体, RS子层将产生相应的LLID。

### B.3.7.2 选通 (GATE) 描述

GATE消息的目的在于为ONU分配发送窗口, 使得ONU可以进行发现消息的发送以及正常的的数据发送。一个GATE消息可包括4个授权。为了将GATE消息作为MPCP从而使OLT到ONU保持激活状态, 授权的个数可以被设置为0。

GATE MPCPDU是通用MPCPDU的一个实例, 如图B.30所示, 进一步定义如下:



图B.30 GATE MPCPDU

a) Opcode: GATE MPCPDU 的操作码是 00-02。

b) Flag: 由一个 8 比特标志 (Flag) 寄存器保存下列标志, 见表 B.2。Number of grants 标志域包含授权的个数, 授权由有效长度以及该 MPCPDU 中的开始时间组成。个数介于 0~4 之间。注意: 当 Number of grants 设为 0 时, 那么该消息的惟一目的就是向 ONU 传递时间戳。Discovery 标志域表明被标记的授权将用于发现进程, 在这种情况下 GATE 消息将发布一个单一的授权。Force Report 标志域请求 ONU 发布 REPORT 消息, 而该消息和 GATE 中标明的相应发送机会的授权序号对应。

c) Grant #n Length. 被标记的、授权的长度, 该域为 16 比特无符号数。长度以 16 比特时间计数。在 GATE MPCPDU 中有可能封装 4 个授权。长度包含 laserOnTime、syncTime 以及 laserOffTime, 因此它们占用了 Grant #n Length 的一部分。

d) Grant #n Start Time. 授权的开始时刻, 为 32 比特无符号域。将开始时刻和本地时钟比较, 从而校正授权的开始时刻。在同一个 GATE MPCPDU 中连续的两个授权的发送值应该满足条件 Grant #n Start Time < Grant #n+1 Start Time。

e) Sync Time. 该值为 16 比特无符号数, 表示 OLT 接收器同步所需的时间。在同步期间, ONU 将

发送 IDLE 码字对。该值以 16 比特时间为单位递增计数。给出的值包括所有接收器同步所需的时间，而这些接收器包括 PMD、PMA、PCS。仅当该 GATE 为发现 GATE 时，该域才存在，否则该域不存在。是否为发现 GATE 由 Discovery 标志标识。

f) Pad/Reserved。当构建遵循规范的 MPCP 协议实现时，该域是一个以比特 0 填充的空域，在接收的时候被忽略掉。该域的大小取决于 Grant #n Length 和 Start Time，因此长度大小介于 13 ~ 39 之间。

GATE MPCPDU 应由激活 ONU 的 MAC 控制实体产生，该 MPCPDU 应被标记为 LLID 的单播类型。而当 ONU 的 MAC 控制实体设置了 Discovery flag，该 MPCPDU 应被标记为广播 LLID。

表B.2 GATE MPCPDU的Number of grants域以及Flags域

比特	Flag域	值
0~2	Number of grants	0~4
3	Discovery	0-普通GATE; 1-Discovery GATE
4	Force Report Grant1	0-无动作请求; 1-在Grant1指示的发送机会发送一个REPORT帧
5	Force Report Grant2	0-无动作请求; 1-在Grant2指示的发送机会发送一个REPORT帧
6	Force Report Grant3	0-无动作请求; 1-在Grant3指示的发送机会发送一个REPORT帧
7	Force Report Grant4	0-无动作请求; 1-在Grant4指示的发送机会发送一个REPORT帧

### B.3.7.3 REPORT描述

报告 (REPORT) 消息有几个功能。每个报告消息中的时间戳用于计算 RTT。ONU 在每个报告消息中指明针对每个 802.1Q 优先级队列所需的上行带宽。同时报告消息用于保持 ONU 到 OLT 的激活状态。为了保持 OLT 端的链路如 B.3.4 节所规定，ONU 将周期性地发布报告消息。此外，OLT 可以明确请求一个报告消息。

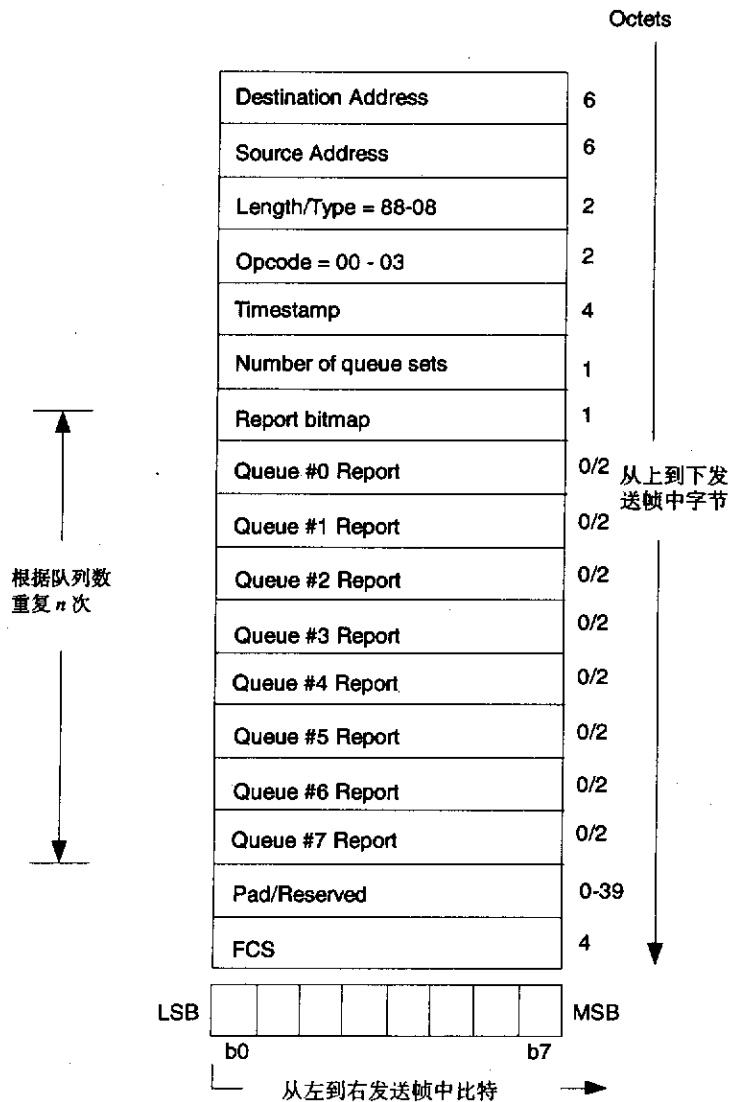
报告 MPCPDU 是通用 MPCPDU 的一个实例，如图 B.31 所示，具体定义如下：

- a) 操作码 (Opcode)。报告 MPCPDU 的操作码是 00-03。
- b) 队列的数量 (Number of Queue Sets)。该域具体说明报告消息中请求队列的个数。报告帧可以包括在 Number of Queue Sets 域中声明的第  $n$  个队列 (Queue #n) 和报告位图 (Report bitmap) 组成的多个集合。
- c) 报告位图 (Report bitmap)。这是一个 8 比特的标志寄存器，指明哪些队列在 Report MPCPDU 中，见表 B.3。
- d) Queue #n Report。该值表示在报告消息产生时刻队列  $n$  的长度。根据必要的帧间隔以及 FEC (如果 FEC 使能) 校验数据开销可适当调整该长度。该域为 16 比特无符号整数，以时间量子 (time\_quantum) 为单位。仅当报告位图的相应标志设置时，该域才有效。
- e) Pad/Reserved。当构建遵循规范的 MPCP 协议实现时，这是一个比特 0 填充的空域，并且在接收的时候忽略掉。该域的大小取决于已使用的队列报告的条目数，因此长度大小介于 0 ~ 39 之间。

REPORT MPCPDU 由某个激活的 ONU 的 MAC 控制实体产生。该 MPCPDU 被标记为单播类型的 LLID。

表B.3 REPORT MPCPDU的Report bitmap域

比特	Flag域	值
0	队列0	0——无队列0的报告 1——有队列0的报告
1	队列1	0——无队列1的报告 1——有队列1的报告
2	队列2	0——无队列2的报告 1——有队列2的报告
3	队列3	0——无队列3的报告 1——有队列3的报告
4	队列4	0——无队列4的报告 1——有队列4的报告
5	队列5	0——无队列5的报告 1——有队列5的报告
6	队列6	0——无队列6的报告 1——有队列6的报告
7	队列7	0——无队列7的报告 1——有队列7的报告



图B.31 报告MPCPDU

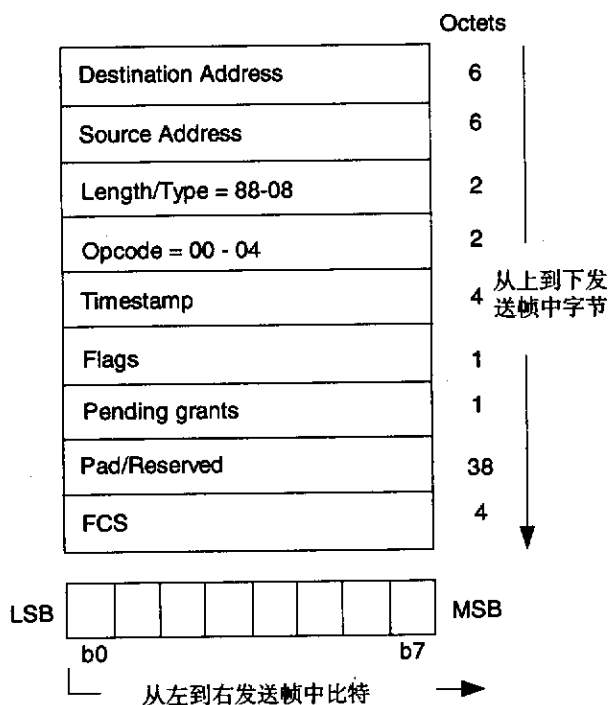
### B.3.7.4 REGISTER\_REQ描述

REGISTER\_REQ MPCPDU是通用MPCPDU的一个实例，如图B.32所示，具体定义如下：

- a) Opcode。报告 REGISTER\_REQ 的操作码是 00 ~ 04。
- b) Flags。这是一个 8 比特的标志寄存器，用以说明注册的具体要求，见表 B.4。
- c) Pending grants。这是一个 8 比特无符号值，表明 ONU 被配置成可以缓存即将到达授权的最大数目。OLT 不应该将多于该数目的授权赋予 ONU。等待授权的向量为{start,length,force\_report,discovery}。
- d) Pad/Reserved。当构建遵循规范的 MPCP 协议实现时，这是一个以比特 0 填充的空域，并且在接收时被忽略掉。

表B.4 REGISTER\_REQ MPCPDU的标志域

值	指示	描述
0	保留	接收时忽略
1	Register	ONU注册尝试
2	保留	接收时忽略
3	Deregister	ONU的重注册请求。相应地，解除分配的MAC并重新使用LLID
4~255	保留	接收时忽略



图B.32 REGISTER\_REQ MPCPDU

REGISTER\_REQ MPCPDU由某个未发现ONU的MAC控制实体产生。该MPCPDU被标记为广播类型的LLID。

### B.3.7.5 REGISTER描述

REGISTER MPCPDU是通用MPCPDU的一个实例，如图B.33所示，具体定义如下：

- a) DA。目的地址应该是单独的 MAC 地址。
- b) Opcode。用于 REGISTER MPCPDU 的操作码是 00-05。
- c) Assigned Port。该域为 16 比特无符号的值，它反映注册后指配端口的 LLID。



d) Flags。这是一个 8 比特的标志寄存器，表示注册的特定需求，见表 B.5。

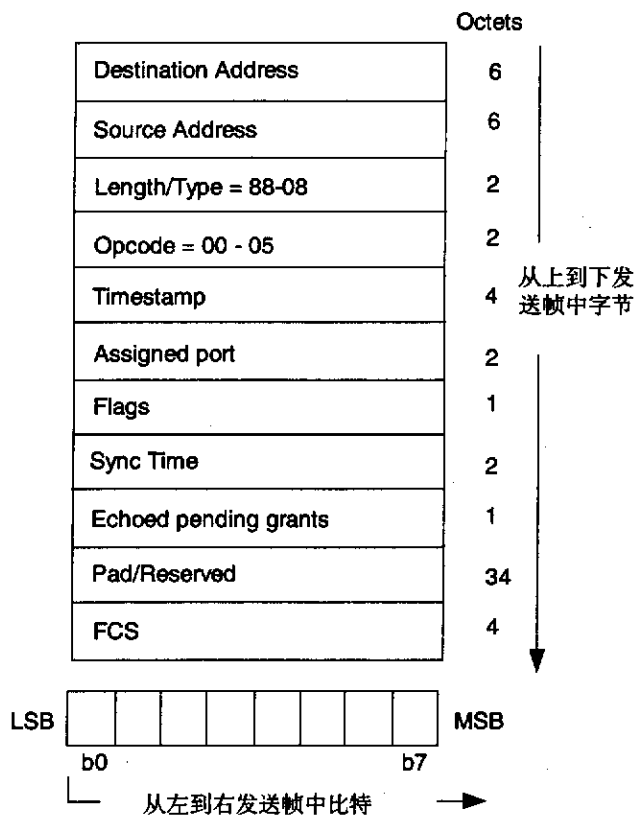
e) Sync Time。该域为 16 比特无符号数，表明 OLT 接收器同步所需的时间。在同步期间 ONU 仅发送 IDLE 码字对，以 16 比特时间增量对该值进行计数。给出的值包括所有接收器的同步要求，其中包括 PMD、PMA 以及 PCS。

f) Echoed pending grants。该域为 8 比特无符号数，表明 ONU 在激活前可以缓存即将到达授权的个数。OLT 不赋予 ONU 多于该个数的授权。

g) Pad/Reserved。当构建遵循规范的 MPCP 协议实现时，这是一个以比特 0 填充的空域，并且在接收时被忽略掉。

表B.5 REGISTER MPCPDU的标志域

值	指示	描述
0	保留	接收时忽略
1	Register	要求ONU进行重注册
2	Deregister	请求解除端口分配并释放LLID，相应地也要解除MAC分配
3	Ack	请求重注册成功
4	Nack	高层实体否定重注册请求
5 ~ 255	保留	接收时忽略



图B.33 REGISTER MPCPDU

REGISTER MPCPDU由对应于所有ONU的MAC控制实体产生，并被标记为广播LLID。

### B.3.7.6 REGISTER\_ACK描述

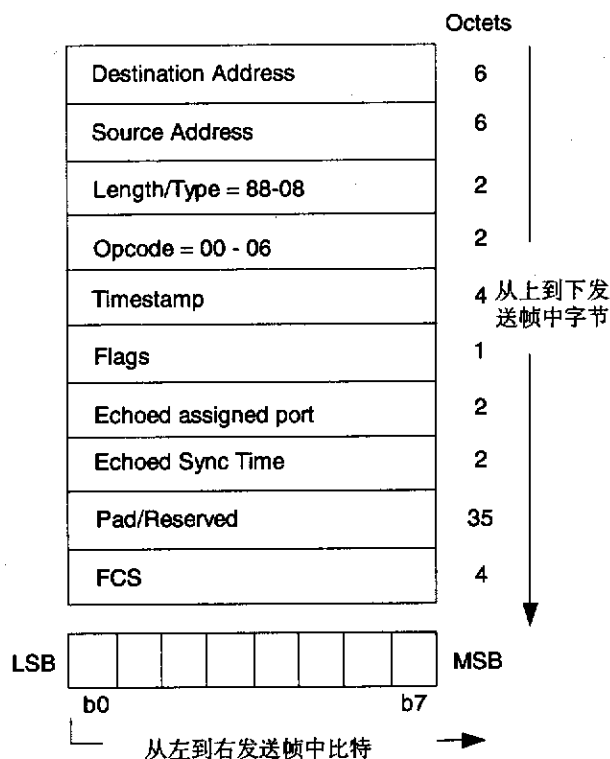
REGISTER\_ACK是通用MPCPDU的一个实例，如图B.34所示，具体定义如下：

a) Opcode。用于 REGISTER\_ACK MPCPDU 的操作码是 00-06。

- b) Flags。这是一个 8 比特的标志寄存器，声明注册的特定需求，见表 B.6。
- c) Echoed assigned port。该域为 16 比特无符号数，它反映注册后指配端口的 LLID。
- d) Echoed Sync Time。这是一个 16 比特无符号数，响应先前所通告的 OLT 接收器所需同步时间。
- e) Pad/Reserved。当构建遵循规范的 MPCP 协议实现时，这是一个以比特 0 填充的空域，在接收时被忽略。

表B.6 REGISTER\_ACK MPCPDU的标志域

值	指示	描述
0	Nack	上层实体否定请求的重注册尝试
1	Ack	重注册进程成功确认
2 ~ 255	保留	接收时应忽略



图B.34 REGISTER\_ACK MPCPDU

REGISTER\_ACK MPCPDU由对应于某个激活的ONU的MAC控制实体产生，该MPCPDU被标记为单播类型的LLID。

## 附录 C

### (规范性附录)

#### RS 子层和 PCS 子层/PMA 子层为 1000BASE-X 多点连接和前向纠错所做的扩展

### C.1 RS子层对点到点仿真的扩展

#### C.1.1 概述

本节是对IEEE 802.3规范的RS子层的扩展,以便多种数据链路层能够使用统一的物理层接口。系统具体支持的MAC数仅仅受实现手段的限制,但在某一时刻只能有惟一的MAC能与RS子层连接。RS子层与ISO/IEC OSI参考模型的关系如图2所示。

#### C.1.2 实现原理

注册过程完成后,MAC层的MODE和LLID变量被赋值,该MAC可以是OLT多个MAC中的一个或ONU的惟一MAC。LLID和MODE用来标识一个数据包是由哪个MAC发送和接收。OLT的PCS工作模式为单向模式。

OLT的多点MAC绑定在一个GMII上,通向ONU的单MAC也与GMII绑定,MPCP保证任一时刻只有一个MAC进行发送。相应地,在任何时候,只有惟一的PLS\_DATA.request原语被激活。激活的PLS\_DATA.request被映射到GMII的TXD<7:0>、TX\_EN、TX\_ER和GTX\_CLK。RS层用发送的MAC MODE和LLID变量值代替GMII中的前导码。

在接收侧,前导码中的MODE和LLID值通过RS层完成到GMII信号的解映射后,完成对MAC帧的目的地址的识别,而后根据GMII的RXD<7:0>、RX\_ER、RX\_CLK和RX\_DV,给出正确的PLS\_DATA.indicate和PLS\_DATA\_VALID.indication原语信号。

#### C.1.3 功能描述

##### C.1.3.1 概述

下面的变量提供了MODE和LLID与多点MAC之间的映射关系,这个映射只存在OLT中,ONU并不需要,根据这个映射关系可实现前导码与MODE和LLID域之间的转换,从而完成MAC帧的正确传送。

##### C.1.3.2 变量

###### a) enable

类型:布尔型

说明:这一变量在ONU始终为真,在OLT中,定义如下:

True:当MAC已经被指派了MODE和LLID值后,表示此时MAC已经可以接收数据帧了。

False:当MAC不可用时。

###### b) mode

变量定义:1bit

说明:这一变量在ONU MAC中始终为0,在OLT MAC中,可为1或0,定义如下:

当LLID用来表示一个单拷贝广播或是组播通路时,置为1;当表示单播数据时,置为0。

###### c) Logical\_link\_id

变量定义:15bit

说明：这一变量值为0x7FFF时，表示对未注册ONU MAC的广播帧，对于注册后的ONU，MAC可以用0x7FFF之外的其他值。

C.1.3.3 发送

C.1.3.3.1 基本描述

扩展后的RS子层数据的前导码由以下部分构成：SLD（LLID定界符）、LLID和CRC8。SLD用来定义LLID和CRC8，LLID域识别源MAC或目的MAC。CRC8用于校验。具体定义见表C.1。

表C.1 前导码/SFD替换映射表

偏移量	数据域	原前导码/SFD	替换后的前导码/SFD
1	—	0x55	相同
2	—	0x55	相同
3	SLD	0x55	0xd5
4	—	0x55	相同
5	—	0x55	相同
6	LLID[15: 8]	0x55	<mode,logical_link_id[14: 8]>（注1）
7	LLID[7: 0]	0x55	<logical_link_id[7: 0]>（注2）
8	CRC8	0xd5	计算从3~7字节之间数据的CRC

注1：mode映射到TXD[7]；logical\_link\_id[14]映射到TXD[6]；logical\_link\_id[8]映射到TXD[0]。

注2：logical\_link\_id[7]映射到TXD[7]，logical\_link\_id[0]映射到TXD[0]。

C.1.3.3.2 SLD

SLD域长度为一个字节，用于替代前导码的第三个字节数据。

注：1000BASE-X PCS发送功能用S/码组替换前导码第一个字节，或者丢弃第一个字节并用S/码组替换前导码第二个字节，这取决于PCS发送状态图的奇偶对齐的需要（见IEEE 802.3中第36章规定）。而1000BASE-X PCS接收功能将S/码组还原成前导码。从前导码第三个字节开始，码流不经过调制直接在1000BASE-X物理层透明传送。

C.1.3.3.3 LLID

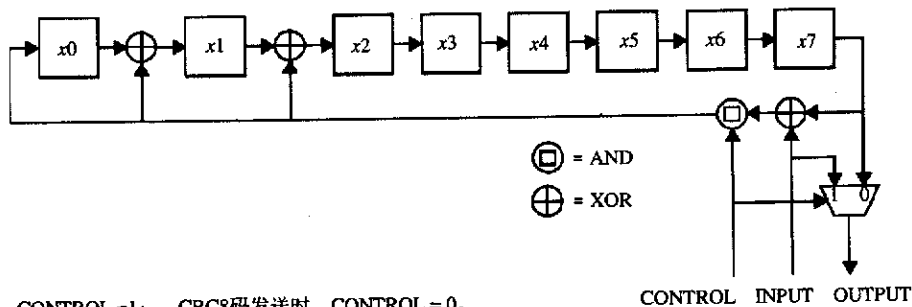
LLID域长度为两个字节，在发送时代替前导码的最后两个字节。LLID域由MODE和logical\_link\_id联合构成。

C.1.3.3.4 CRC-8

CRC8域是一个8位循环冗余码，用于对SLD和LLID域进行校验，其生成多项式是：

$$G(x) = x^8 + x^2 + x + 1$$

寄存器实现如图C.1所示。



进行CRC计算时，CONTROL =1； CRC8码发送时，CONTROL =0。

图C.1 CRC8生成器

### C.1.3.4 接收功能

#### C.1.3.4.1 基本描述

扩展RS的接收功能如下：

- a) 定位SLD域；
- b) 根据SLD域位置，定位CRC8域并进行接收数据校验；
- c) 根据SLD域位置，定位LLID域且解析出目的MAC；
- d) 如果数据包不因CRC校验错或LLID未知而被丢弃，则以正常的前导码代替SLD和LLID域并传送数据包到目的MAC；
- e) 否则，丢弃整个数据包，用正常的插入帧替换。

表C.2 前导码/SFD的替换映射表

Signal	Bit values of octets received through GMIIa									
RXD0	X	1 <sup>b</sup>	1	1 <sup>c</sup>	1	1	logical_link_id[8] <sup>d</sup>	logical_link_id[0] <sup>e</sup>	X7 <sup>f</sup>	D0 <sup>g</sup>
RXD1	X	0	0	0	0	0	logical_link_id[9]	logical_link_id[1]	X6	D1
RXD2	X	1	1	1	1	1	logical_link_id[10]	logical_link_id[2]	X5	D2
RXD3	X	0	0	0	0	0	logical_link_id[11]	logical_link_id[3]	X4	D3
RXD4	X	1	1	1	1	1	logical_link_id[12]	logical_link_id[4]	X3	D4
RXD5	X	0	0	0	0	0	logical_link_id[13]	logical_link_id[5]	X2	D5
RXD6	X	1	1	1	1	1	logical_link_id[14]	logical_link_id[6]	X1	D6
RXD7	X	0	0	1	0	0	mode	logical_link_id[7]	X0	D7
RX_DV	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

注：a—最左边的字节最先接收；

b—该字节有可能在1000BASE-X PCS 发送时被忽略（见IEEE 802.3中第36章规定）；

c—SLD 域；

d—LLID的第一个字节；

e—LLID的第二个字节；

f—CRC8 域；

g—D0 ~ D7是PDU的第一个字节（目的地址的第一个字节）。

#### C.1.3.4.2 SLD

在1000BASE-X发送时必须保证Start\_of\_Packet定界符偶对齐，发送时可能以/S/码组代替前导码第一个字节并且透传第二个字节，也可能忽略第一个字节而以/S/码组代替前导码的第二个字节。在第三字节中发送SLD。

解析码流中的SLD只有以下两种可能的操作：如果没有发现SLD域则丢弃数据包，如果检测到并定位SLD，则SLD将被正常前导码替代，并透传前面的字节及随后的两个字节。

#### C.1.3.4.3 LLID

在SLD域之后的第三和第四字节是LLID域，包含MODE和logical\_link\_id值，OLT和ONU对其取值不同。

如果是OLT设备，需要进行以下比较：

a) 接收到的MODE位被忽略;

b) 如果接收到的logical\_link\_id是0x7FFF, 且ONU MAC已被激活并具有有效logical\_link\_id值, 则认为MAC匹配;

c) 如果接收的logical\_link\_id值是0x7FFF之外的任何值, 且接收MODE值为0, 并且ONU MAC已被激活, 则对接收到的logical\_link\_id进行匹配, 如果匹配成功, 则标识MAC数据有效。

对于ONU装置, 需进行以下比较:

a) 如果接收到的MODE值为0, 且接收的logical\_link\_id与自己的logical\_link\_id相同, 则匹配成功;

b) 如果接收到的MODE值是1, 而且接收到的logical\_link\_id值不同于自己的logical\_link\_id分配值, 或者接收到的logical\_link\_id为0x7FFF, 则认为匹配成功。

如果匹配不成功, 那么数据包在RS层将被丢弃。如果匹配成功, 那么数据包将被传送, 如果数据包被传送, 那么LLID域的两个字节将被替换为正常的前导码。

#### C.1.3.4.4 CRC-8

在LLID域之后的字节是CRC8域。用于对从SLD域到LLID域之间的数据流进行校验, 如果出现CRC校验错, 数据包将被丢弃。如果校验正确, 数据包将被转送, 转送时CRC8域将以SFD代替。

## C.2 PCS子层对数据监测和前向纠错的扩展

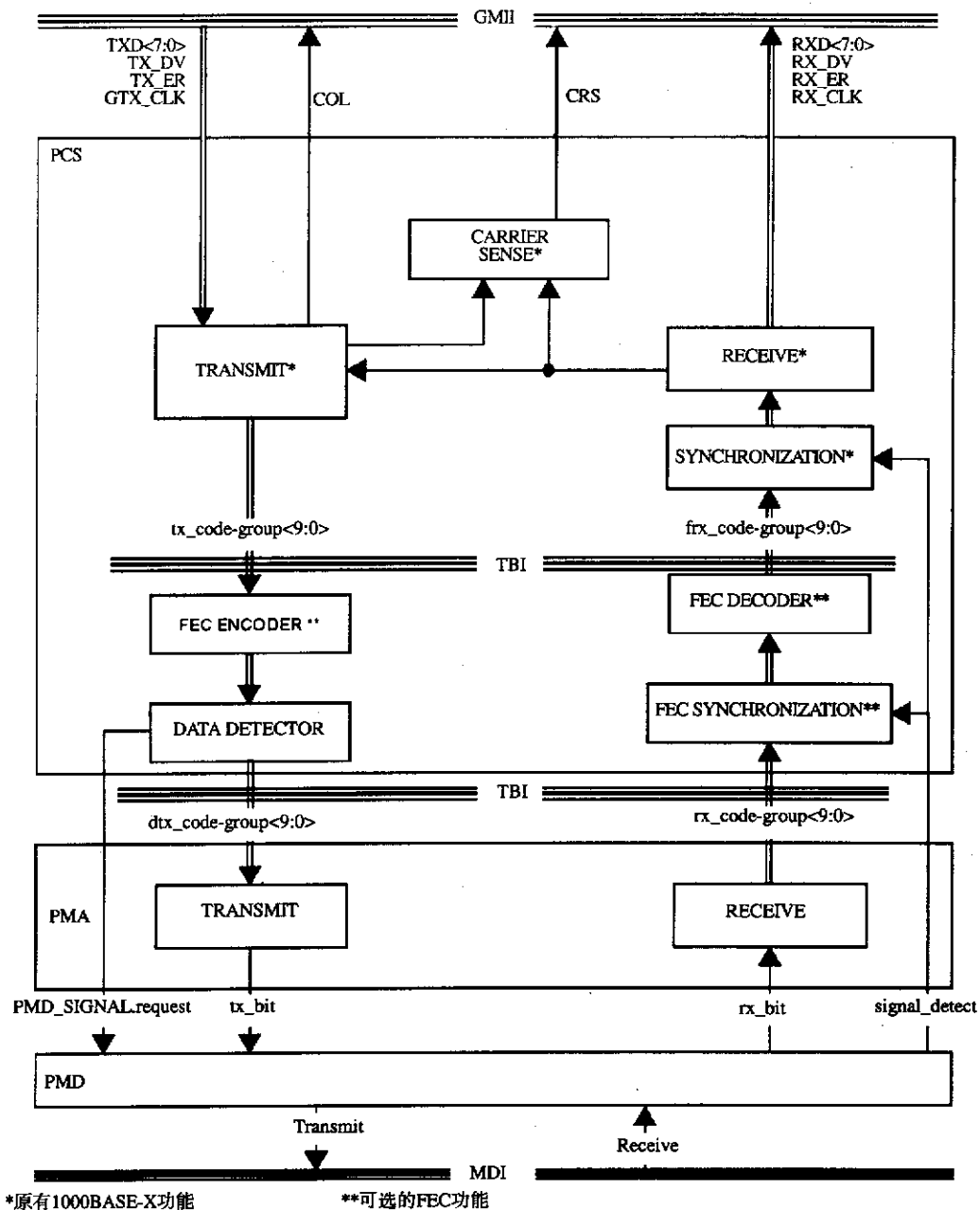
### C.2.1 概述

本节是对IEEE 802.3定义的PCS层的扩展, 以支持在点对多点物理介质中的突发模式操作。本节也描述了一个可选择的前向纠错机制, 用于提高光连接可靠性和传输距离。1000BASE-X设备可使用自协商机制进行连接, 但在1000BASE-PX的P2MP网络中, 禁止使用自协商协议。

### C.2.2 突发模式操作

#### C.2.2.1 概述

为了避免近端ONU的发射噪声造成远端ONU的信号衰减, ONU的激光器在信号发送间隔必须能够关闭。为了控制激光器, PCS必须进行扩展以便能根据信号状态产生PMD\_SIGNAL.request(tx\_enable)信号, 在正确时刻开/关激光器。图C.2描述了这一有信号监测器功能的实现原理。



图C.2 PCS扩展功能框图

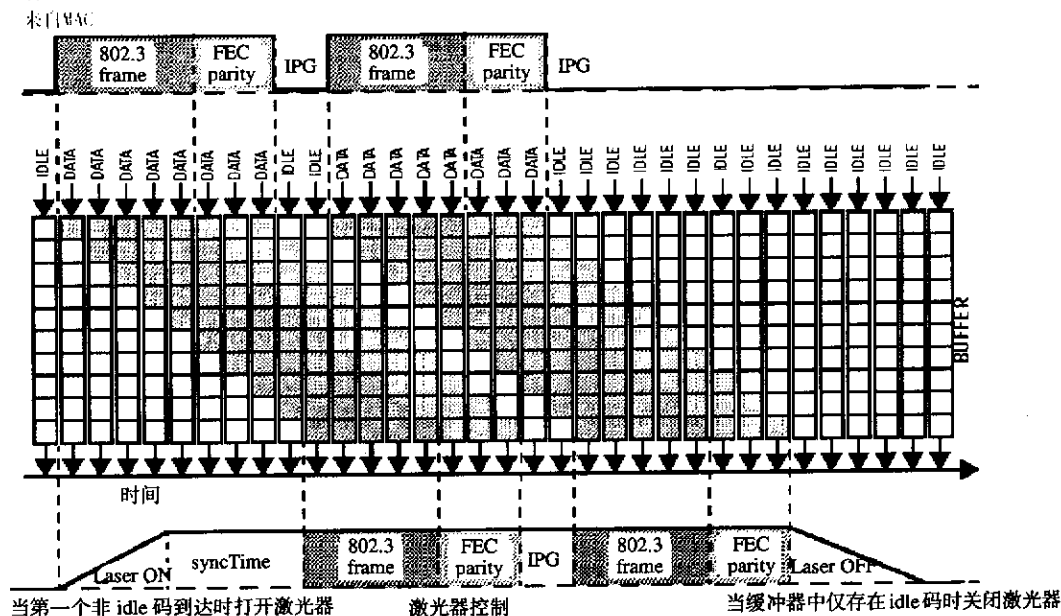
### C.2.2.2 操作原则

数据监测器采用一个延迟队列（FIFO缓冲器）来缓存要发送的码组。FIFO缓冲器的长度必须能够使PMA有足够的时间去打开激光器并发送预定数目的Idle字符。一定量的Idle字符用于接收器调整接收增益（ $T_{\text{receiver\_settling}}$ ）、同步接收时钟（ $T_{\text{cdr}}$ ）并完成同步流程（ $T_{\text{sync}}$ ）。

在初始化时，FIFO缓冲器用1/填充而且关闭激光器。当第一个非1/码组到达时，数据监测器置PMD\_SIGNAL.request（tx\_enable）信号为ON，并通知PMD子层打开激光器，如图C.2所示。

当缓冲区数据清空时（例如，仅包含1/序列），数据监测器将置PMD\_SIGNAL.request（tx\_enable）为OFF，并通知PMD子层把激光器关掉。在数据包发送间隔，1/或R/字节序列将送入缓冲区。如果这些1/或R/序列不足以填满缓冲区，则激光器不会被关闭。

图C.3显示了填充缓冲器和产生laser\_control之间的关系。因为OLT的激光器一直处于打开状态，所以OLT的数据监测器不需要缓冲数据。



图C.3 激光器控制与缓冲区数据的关系

### C.2.2.3 详细的功能和流程图

本节主要描述功能实现，包括变量、常数和功能定义。表中的变量没有特别说明的，均为缺省值。

#### C.2.2.3.1 变量

##### a) BEGIN

类型：布尔型

用法：此变量用于初始化，在初始化或复位时置位为True。

##### b) DelayBound

类型：16位无符号数

缺省值：00-6A (106个码组= 848 ns)

用法：用于标识激光器的稳定时间，此变量仅在ONU中应用。

缺省值根据laserOnTime和SyncTime来确定。

##### c) dtx\_code-group

一个10比特向量组构成一个码组，数据检测器将其作为PMA\_UNITDATA.request (dtx\_code-group) 的参量发送到PMA。数据流发送时，dtx\_code-group<0>居先，dtx\_code-group<9>最后。

##### d) laser\_control

类型：布尔型

此变量标识激光器状态，ON表示激光器开，OFF表示关闭。

##### e) tx\_code-group

此变量表示需要发送的码组，发送时，tx\_codegroup<0>居先，tx\_code-group<9>最后。

#### C.2.2.3.2 函数

##### a) IsIdle (tx\_code-group)



该函数用于设定发送码组的类型，tx\_code-group类型可以是/T/、/R/、/K28.5/，或者在/K28.5/后除了/D21.5/或/D2.2/之外的其他码组。

b) FIFO.RemoveHead ( )

该函数的功能是将FIFO缓存中的第一个码组清除，剩余的码组均前移一位。返回被清除的码组向量（10bit）。

c) FIFO.Append ( tx\_code\_group )

该函数的功能是在FIFO缓冲器的最后添加一个新的码组（10bit向量）。

### C.2.2.3.3 消息

a) PMD\_SIGNAL.request ( tx\_enable )

此原语用于在PMD子层打开或关闭激光器。OLT始终为ON，ONU则需要由数据监测器的状态确定其值（如图C.4所示）。

b) PUDR

PMA\_UNITDATA.request ( tx\_code-group<9: 0> ) 的简称。

### C.2.2.3.4 计数器

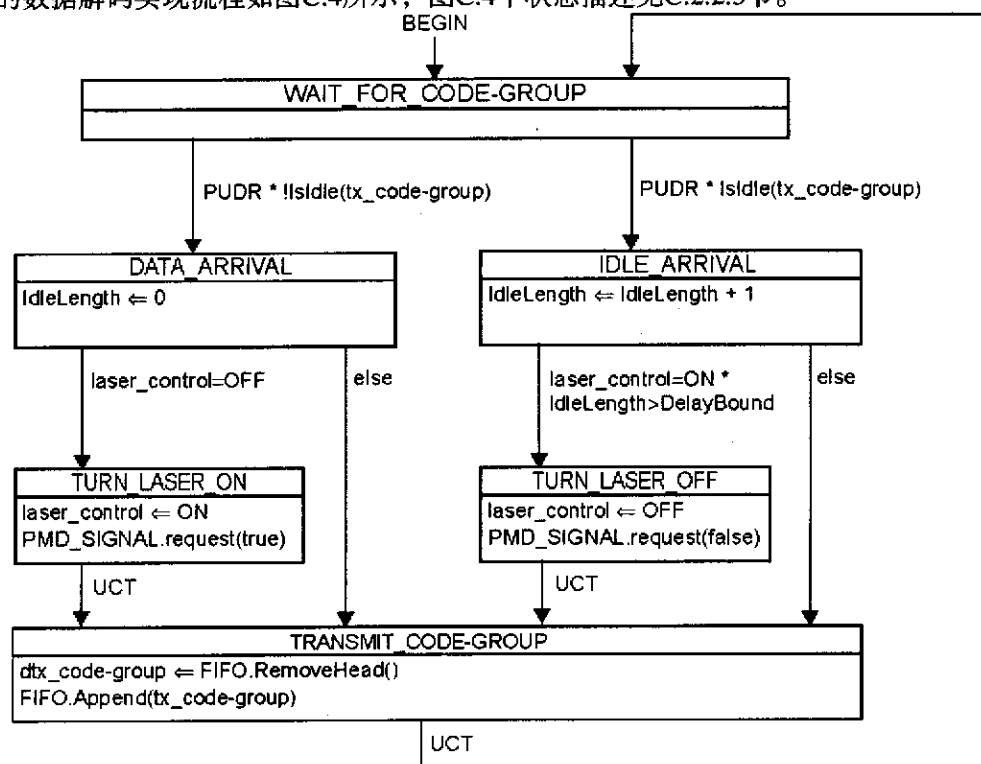
a) IdleLength

该计数器计算连续插入的Idle字符的数目，以最近的tx\_code-group结尾。如果最近一个tx\_code-group表征的是非填充字符，则IdleLength复位为0。

类型：32比特无符号数

### C.2.2.4 流程图

ONU的数据解码实现流程如图C.4所示，图C.4中状态描述见C.2.2.3节。



图C.4 ONU数据解码流程

### C.2.3 前向纠错 (可选)

#### C.2.3.1 概述

前向纠错码 (FEC) 是经过二进制运算后 (例如, 用Galois算法) 附加在以太网数据包后面的一组数据, 附加的纠错码 (如FEC奇偶码) 用于在接收侧进行数据校验和纠错。

FEC包括三部分功能: FEC编码、FEC解码、FEC同步, 如图C.2所示。如果不需要FEC, 图C.2中的TBI之间模块可以省略。虽然FEC功能是可选的, 但在多点光链路中的实现还是要遵循C.2.3节的规定。

FEC具有以下基本特性:

- a) 保证帧格式符合1000BASE-X PCS;
- b) 支持功能可选;
- c) 向后兼容1000BASE-X设备;
- d) 支持PCS子层 $10^{-12}$ 误码特性;
- e) 支持FEC子层 $10^{-4}$ 误码特性。

#### C.2.3.2 FEC编码

FEC编码的规范、属性和技术性能应满足ITU-T G.975的规范。

FEC编码使用的线性循环分组码是基于 $GF(2^8)$ 的Reed-Solomon码 (255, 239, 8), 这种编码包含239个信息码和16个奇偶码。编码是系统码, 即信息码在编码器中无论如何不能被打乱, 奇偶码分别附加在每一块编码之后。

$$G(x) = \prod_{i=0}^{15} (x - \alpha^i)$$

RS编码生成多项式为:

其中 $\alpha$ 的取值为0x02, 是多项式 $x^8+x^4+x^3+x^2+1$ 的根。

系统码的码字生成公式是:  $D(x) + P(x) = G(x) \times L(x)$ , 其中:

$D(x)$  为数据向量,  $D(x) = D_{238}X^{254} + \dots + D_0X^{16}$ , 其中,  $D_{238}$ 是第一个数据字节,  $D_0$ 是最后一个。

$P(x)$  是奇偶向量,  $P(x) = P_{15}X^{15} + \dots + P_0$ , 其中 $P_{15}$ 是第一字节,  $P_0$ 是最后一个。

一个数据字节 ( $d_7, d_6, \dots, d_1, d_0$ ) 在 $GF(2^8)$ 域中由以下方式确定:  $d_7 \times \alpha^7 + d_6 \times \alpha^6 + \dots + d_1 \times \alpha^1 + d_0$ ,  $GF(2^8)$ 是基于 $2^8$ 的有限域, 此种编码最大纠错能力为8个码元错, 因此记为RS (255, 239, 8)。一个码元大小为一个字节,  $d_0$ 是最低位,  $d_7$ 为最高位。

FEC解码器将用/V/替代错误块, 向PCS子层明确标识出错误块的位置。

#### C.2.3.3 FEC帧格式

本节描述具有FEC编码的以太网帧格式。

##### C.2.3.3.1 奇偶码

从PCS子层接收到以太网帧后, 数据被分成长度为239个码元的数据块, 第一个数据块以/S/码组后第一个码元开始, 最后一个数据块以/T/码组前的最后一个码元结束。每个数据块使用RS (255, 239, 8) 编码器进行编码, 同时产生16个奇偶校验码, 因此每个RS码字有255个码元。生成的16个奇偶码附加在数据包的末尾。

##### C.2.3.3.2 末尾短数据块处理

在对数据进行块分割的时候, 最后一块数据经常会少于239个码元, 这种数据块成为短数据块。处理如下:

在长度为 $x$ 的短数据块中， $D_{238} \sim D_r$ 之间的数据填充为0， $D_{r+1} \sim D_0$ 之间为有效数据，其中 $D_{r+1}$ 是短块中第一个数据字节， $D_0$ 是最后一个字节，填充后的数据块编码后产生16个奇偶码，数据在发送时将去掉值为0的填充码元，在接收端，解码器将恢复完整长度的块（填充0码元）后进行解码。

### C.2.3.3.3 特殊帧标识

以太网帧包括起始标志和数据帧，在接收器进行FEC解码前，要先进行帧同步，FEC不会对以太网帧标识进行校验保护，因此为了提高抗干扰性，在FEC编码中增加了特殊的起止帧标识，另外通过简单的运算保证特殊标识的可靠性，标识长度至少5字节，以保证可靠检测，起始的FEC帧序列为/S\_FEC/，结束序列为/T\_FEC/。

为监测FEC编码的起始帧，对输入的码流进行/S\_FEC/序列匹配扫描，在小于 $d/2$ 错误时，确认起始，结束判断扫描序列为/T\_FEC\_O/或/T\_FEC\_E/，匹配小于 $d/2$ 错误时，确认结束。

上述 $d$ 值选为10，编码序列在不采用FEC的PCS子层可以透传（在虚装载模式下）。

起始和终止的符号码采用8B/10B码组：

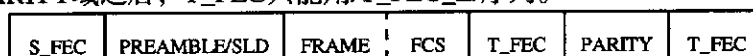
/S\_FEC/：FEC起始码，码序列为：/K28.5/D6.4/K28.5/D6.4/S/

/T\_FEC\_E/：FEC结束码，偶对齐方式码序列为：/T/R//T/R/

/T\_FEC\_O/：FEC结束码，奇对齐方式码序列为：/T/R/R//T/R/

/S/、/T/、/R/ 和 //序列定义见IEEE 802.3中第36章的规定。//序列可分为/T\_FEC\_E/和/T\_FEC\_O/两种序列，记为/I1/和/I2/。

图C.5描述了FEC码的以太网帧格式，在FCS和PARITY域之间，T\_FEC可以采用/T\_FEC\_E/或/T\_FEC\_O/序列，PARITY域之后，T\_FEC只能用/T\_FEC\_E/序列。



图C.5 FEC编码的以太网帧

### C.2.3.4 FEC操作

#### C.2.3.4.1 工作原理

在发送端，FEC子层从PCS子层接收到数据包，进行FEC编码，添加校验码之后将数据传送到PMA层。

在接收端，FEC子层从PMA子层接收到数据，完成字节对齐，监测FEC起始序列，解码FEC编码，纠正编码错误（如果有错误码）后，将奇偶码替换为Idle后传送到PCS。

注：为完成正确的MPCP操作，FEC必须保证所有码流信号连续并且等延迟的通过PMA进入PCS层。FEC的功能实现不得增加数据延迟。

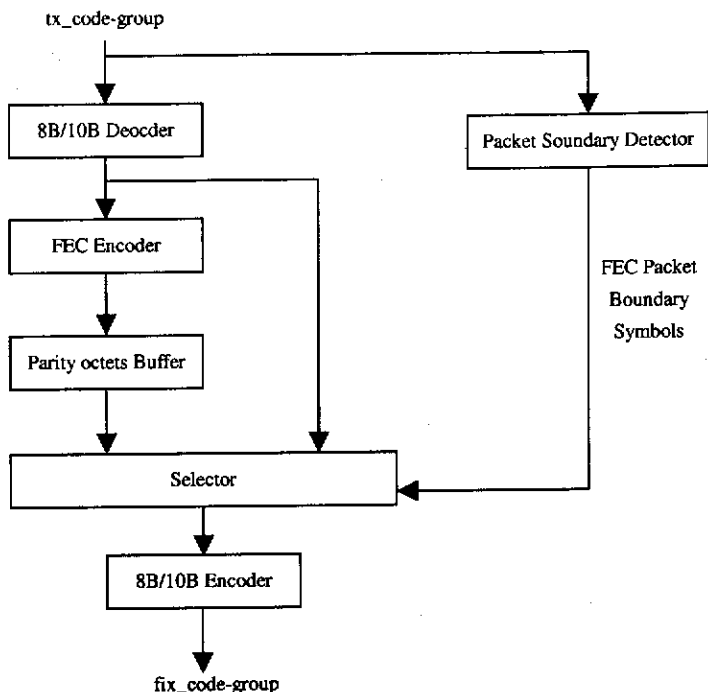
#### C.2.3.4.2 功能框图

如图C.2所示，FEC子层包含发送侧和接收侧。

#### C.2.3.4.3 发送

图C.6描述了FEC子层数据传输通道的框图，首先监测从PCS层来的数据包定界符。将//I/S/替换成/S\_FEC/序列。将8B/10B数据解码以便进行FEC编码并产生校验码，相应地，将检测到的/T/R//I/或/T/R/R//I/序列替换成/T\_FEC\_E/或/T\_FEC\_O/。然后加入奇偶码和另外一个/T\_FEC\_E/来替换扩展帧间间隔。

FEC的发送过程是根据PMA\_UNITDATA.request和tx\_code-group<9: 0>的数据状态生成连续的码组，并随即将之通过ftx\_code-group<9: 0>发送到PMA层接口。



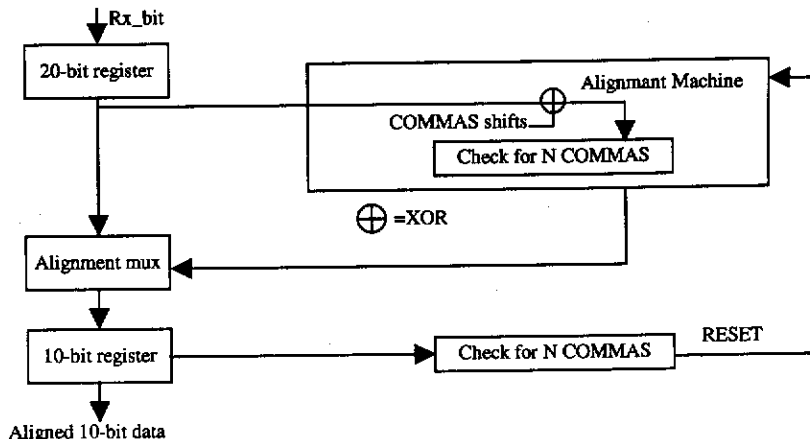
图C.6 发送功能框图

C.2.3.4.4 接收

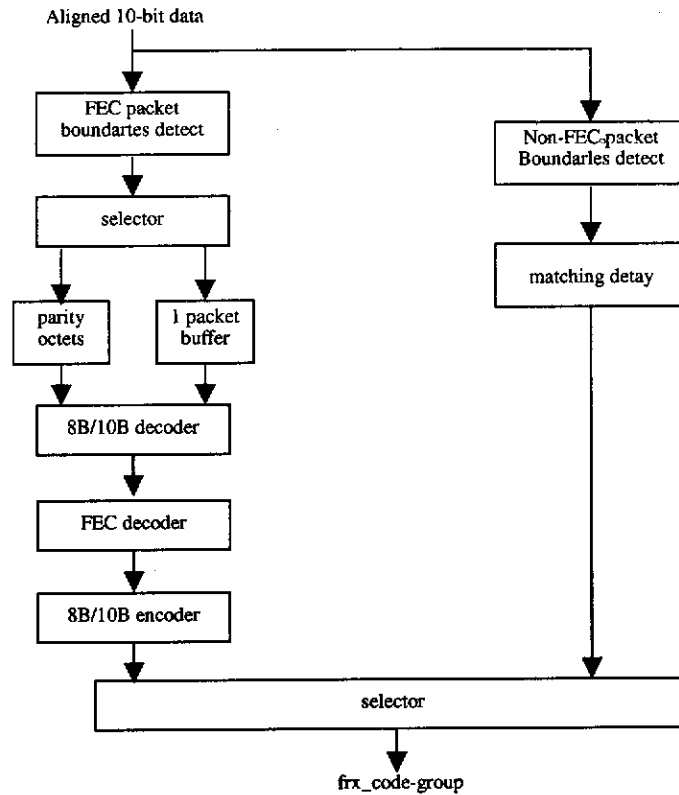
图C.7描述了FEC子层接收数据通道的接收同步处理过程。FEC同步处理模块根据通过PMA\_UNITDATA.indicate服务原语连续进行码组接收，并根据通过SYNC\_UNITDATA.indicate服务原语将码组转送到FEC接收处理模块。FEC同步处理通过设置同步状态标识指示来自PMA数据是否已经可以无误接收。

图C.8描述了FEC子层接收数据处理的过程，FEC的接收处理根据SYNC\_UNITDATA.indicate连续接收码组，将码组加入缓冲区，同时将误码 $<d/2$ 的 $/S\_FEC/$ 转换为 $/N/$ 序列，并将所有误码少于 $d/2$ 的 $/T\_FEC/$ 转换为完全的 $/T\_FEC/$ 。缓存在接收到足够的数并且奇偶码能完成数据纠错之前一直有效，在缓存中完成数据纠错。当缓存清空时，奇偶码连同第一个 $/T\_FEC/$ 之后的 $/T/R/$ 序列以及整个第二个 $/T\_FEC/$ 序列全部转换为 $/N/$ 。

注：在特殊情况下，PCS可能会产生大量的FALSE\_CARRIER事件。因为FEC编码仅仅保护以太网数据，不保证Idles数据。因此，在空闲（Idle）期间，过多的比特错误将导致FALSE\_CARRIER事件，另外，当具有FEC功能和不具有FEC功能的设备在同一EPON系统中使用时，不具有FEC功能的设备将对FEC的奇偶数据产生FALSE\_CARRIER事件。



图C.7 接收同步处理框图



图C.8 数据接收处理框图

### C.2.3.5 详细功能和实现流程图

#### C.2.3.5.1 状态变量

#### C.2.3.5.2 符号约定

a)  $/x/$

表示36.2.5.1.2中定义的常量码组（有效码组必须符合IEEE 802.3中第36章的规定）。

b)  $[x]$

表示缓存的、接收到的码组。此码组可以是码组数据（ $/x/$ ），或是由SYNC\_UNITDATA.indicate 消息转送的数据，见IEEE 802.3中第36章的定义。

#### C.2.3.5.3 常量定义

a)  $/COMMA/$

是一种包含逗点的码组集合，具体见IEEE 802.3中第36章的定义。

b)  $/D/$

是一个包含256个有效数据的码组集合，见IEEE 802.3中第36章的定义。

c)  $/Dx.y/$

是一个包含256个有效数据的码组集合的一个子集，见IEEE 802.3中第36章的定义。

d)  $/I/$

IDLE序列组，包含  $/I1/$  或  $/I2/$  序列集合，见IEEE 802.3中第36章的定义。

e)  $/INVALID/$

无效数据或特殊码组的集合，见IEEE 802.3中第36章的定义。

f)  $/Kx.y/$

含有效特殊编码的12个码组集之一。见IEEE 802.3中第36章的定义。

g) /R/

用于以下用途：包结束第二定界符；包结束第三定界符；载荷扩展；与/I/对应。

h) /S/

包起始定界符（SPD）见IEEE 802.3中第36章的定义。

i) /T/

用于包结束第一定界符。

j) /V/

差错传播码组，定义见IEEE 802.3中第36章的定义。

#### C.2.3.5.4 变量

a) Buffer

接收处理时接收码组的缓存。

b) buffer\_head

接收缓存的头指针。

c) Cgbad

下面算式的简称：

$((\text{rx\_code-group} \in /INVALID) + (\text{rx\_code-group} = /COMMA/*\text{rx\_even} = \text{TRU})) * \text{PMA\_UNITDATA.indicate}$

d) Cggood

下面算式的简称：

$!((\text{rx\_code-group} \in /INVALID) + (\text{rx\_code-group} = /COMMA/*\text{rx\_even} = \text{TRUE})) * \text{PMA\_UNITDATA.indicate}$

e) fec\_encode

在FEC发送处理中用于指示函数RS\_Encode (Data) 的返回状态。

取值：True，表示数据已经被RS\_Encode (Data) 函数确定为有效，即FEC编码结束。

False，表示数据无效，即FEC编码未完成。

f) ftx\_bit

是一个二进制参数，表示根据PMD\_UNITDATA.request服务原语，从PMA发送到PMD的数据位。

取值：0，数据位为逻辑0；

1，数据为是逻辑1。

g) ftx\_code-group<9: 0>

FEC将要发送的码组向量，定义见表 36-1a 到36-2,作为PMA\_UNITDATA.request (ftx\_code-group) 函数的参量传送到PMA。发送顺序是：ftx\_code-group<0>最先发送，ftx\_code-group<9> 最后发送。

h) parity<D7: D0>

是一个8比特向量，存放FEC发送处理过程中生成的当前奇偶码；在进入XMIT\_PARITY状态后，将会被下一个8比特奇偶码覆盖。

i) parity\_buffer\_empty

布尔变量，由FEC发送处理赋值，指示是否有奇偶字节需要编码。

取值：True，表示没有奇偶字节需要编码；

False，有奇偶字节需要编码。

## j) rx\_disparity

布尔变量，由FEC接收处理赋值，以二进制位标识接收到的0、1数目比较。

取值：Positive；

Negative。

## k) rx\_even

布尔变量，在FEC同步过程中标识接收的码组数目是奇数还是偶数。

取值：True，偶数个码组被接收；

False，奇数个码组被接收。

## l) rx\_code-group&lt;9: 0&gt;

10比特向量，标识刚从PMA接收到的码组。rx\_code-group<0>是最后接收位，rx\_code-group<9>是最先接收位，所有位收齐后，刚好构成一个码组。

## m) signal\_detect

布尔变量，由PMD根据PMD\_SIGNAL.indicate (signal\_detect) 消息进行置位，标识信号连接状态。

取值：Fail，链路无信号；

OK，链路有信号。

## n) sync\_status

FEC同步过程的返回，指示接收同步状态。

取值：Fail，接收器没有同步好码组数据边界；

OK，接收器已经同步好码组数据边界。

## o) tx\_bit

二进制参数，标识依据PMD\_UNITDATA.request服务原语从PMA向PMD发送的数据位。

取值：0，数据位为逻辑0；

1，数据位为逻辑1。

## p) tx\_code-group&lt;9: 0&gt;

PCS将要发送的码组向量，属性定义见IEEE 802.3中第36章。作为PMD\_UNITDATA.request (tx\_bit) 服务原语的参数发送到PMA。tx\_code-group<0>首先发送，tx\_code-group<9> 最后发送。

## q) tx\_disparity

布尔变量，标识FEC发送过程完成后，所发送的0/1数目比较值。算法见IEEE 802.3中第36章的定义。

取值：Positive；Negative。

## C.2.3.5.5 功能函数

## a) check\_ahead\_tx

检测函数，用于FEC发送处理时识别包起始符，以便将包起始符及其两个Idle前导码替换为/S\_FEC/。

## b) check\_ahead\_rx

检测函数，用于FEC接收处理时检测少于 $d/2$ 个错误的/S\_FEC/ 和/T\_FEC/。

## c) DECODE ([/x/])

在PCS接收处理过程中，用于锁存rx\_code-group<9: 0> ([x/]) 的值，以进行解码，返回值为GMII RXD<7: 0>、rx\_Config\_Reg<D7: D0>或rx\_Config\_Reg<D15: D8>,见表 36-1a-e.DECODE同时更新0/1比较 (running disparity) 计算结果。算法见IEEE 802.3中第36章。

d) ENCODE (x)

在PCS发送时，对发送数据进行编码，发送数据包括GMII TXD<7: 0>、tx\_Config\_Reg<D7: D0>或tx\_Config\_Reg<D15: D8>, 返回值为10比特码组。ENCODE还完成0/1比计算更新。

e) POP\_BUFFER

移出接收缓冲区的第一个字节，使下一个字节成为可用。

f) RS\_Encode (Data)

完成对数据的RS (255,239,8) 编码。

g) RS\_Decode (Data)

用于对RS (255,239,8) 编码数据进行解码。

h) signal\_detectCHANGE

用于PCS信号同步处理，标识链路信号监测值 (signal\_detect) 是否发生变化。

取值: True, 链路信号连接状态发生了变化;

False, 链路状态没有变化。

#### C.2.3.5.6 计数器

a) good\_cgs

用于计数连续收到的有效码组。

b) loop\_count

3比特计数器，用于计算接收同步过程中的锁定 (Loop) 次数。

#### C.2.3.5.7 消息定义

a) FEC\_UNITDATA.indicate (frx\_code-group<9: 0>)

FEC接收过程中的信号标志，表示已经有数据要发送。

b) FUDI

FEC\_UNITDATA.indicate (frx\_code-group<9: 0>) 的简写。

c) PMA\_UNITDATA.indicate (rx\_code-group<9: 0>)

PMA接收处理过程中的标识，表示有数据已经可以接收。

d) PMA\_UNITDATA.request (tx\_code-group<9: 0>)

发送给PMA或FEC发送处理模块的信号标识，标识数据准备好，等待发送。

e) PUDI

PMA\_UNITDATA.indicate (rx\_code-group<9: 0>) 的简写。

f) PUDR

PMA\_UNITDATA.request (tx\_code-group<9: 0>) 的简写。

g) SUDI

SYNC\_UNITDATA.indicate (parameters) 的简写。

h) SYNC\_UNITDATA.indicate (parameters)

在传送以下参数时，由FEC同步处理过程向FEC接收处理过程发送的信号标识。



参数:  $[/x/]$ , 标志码组 ( $/x/$ ) 的锁存值;  
 偶数/奇数, 接收奇偶状态变量 ( $rx\_even$ ) 的锁存值。  
 当为偶数时,  $rx\_even=TRUE$ ; 奇数时,  $rx\_even=FALSE$ 。

C.2.3.6 状态图

C.2.3.6.1 发送流程状态图

FEC发送功能实现流程如图C.9所示。

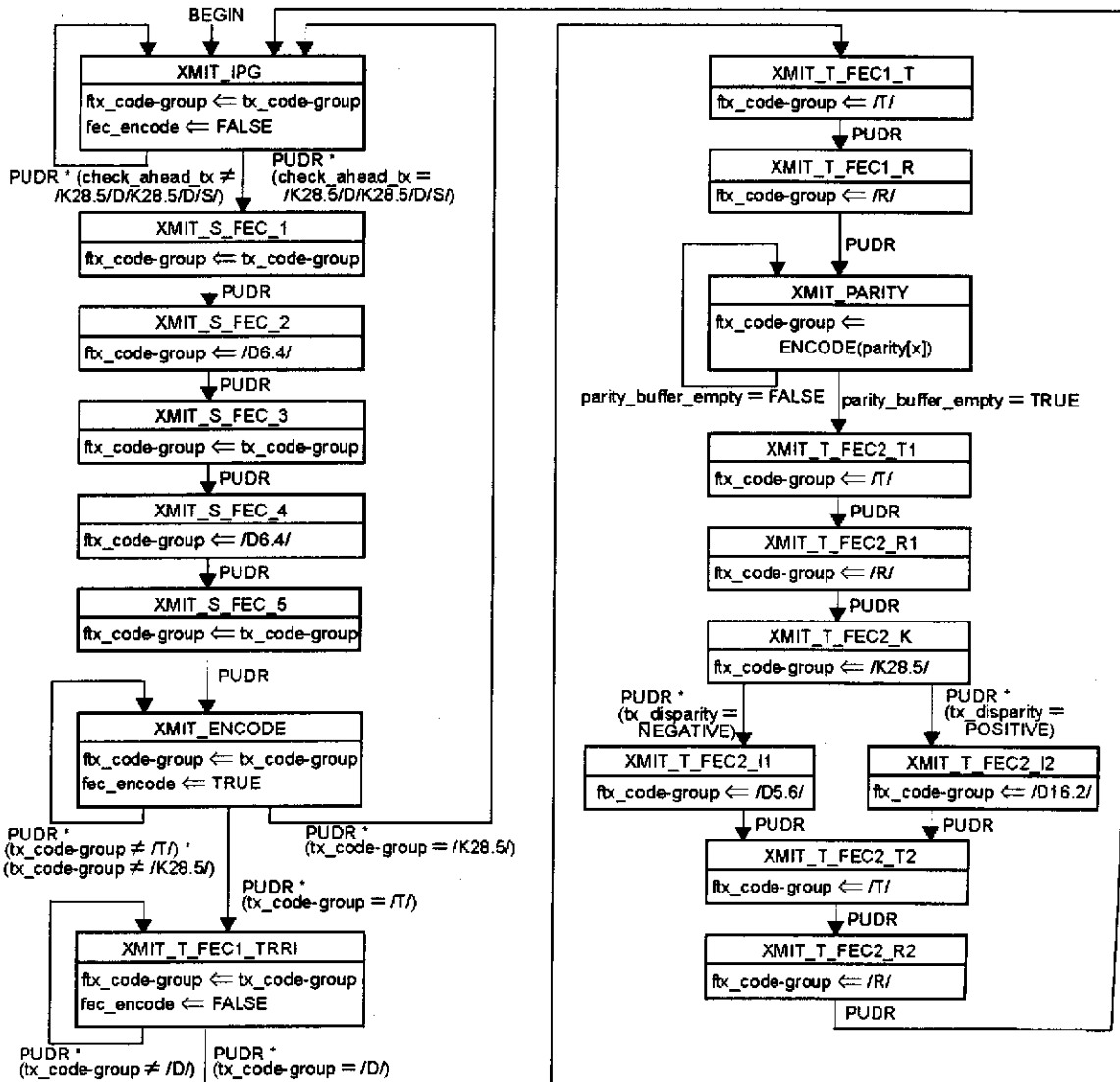
C.2.3.6.2 接收同步处理流程图

FEC同步处理实现流程如图C.10所示。

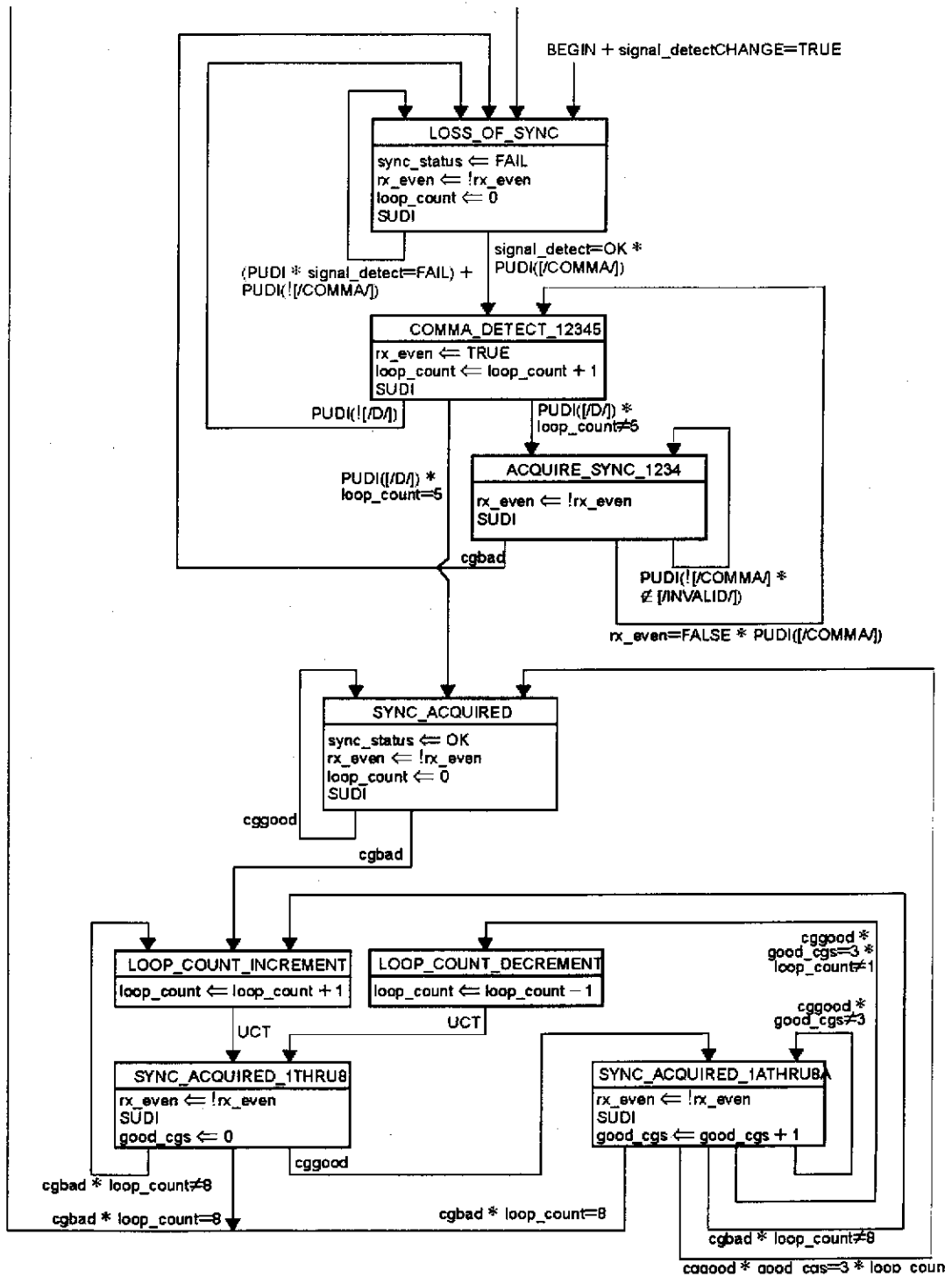
C.2.3.6.3 接收功能流程图

FEC接收功能流程如图C.11和图C.12所示。

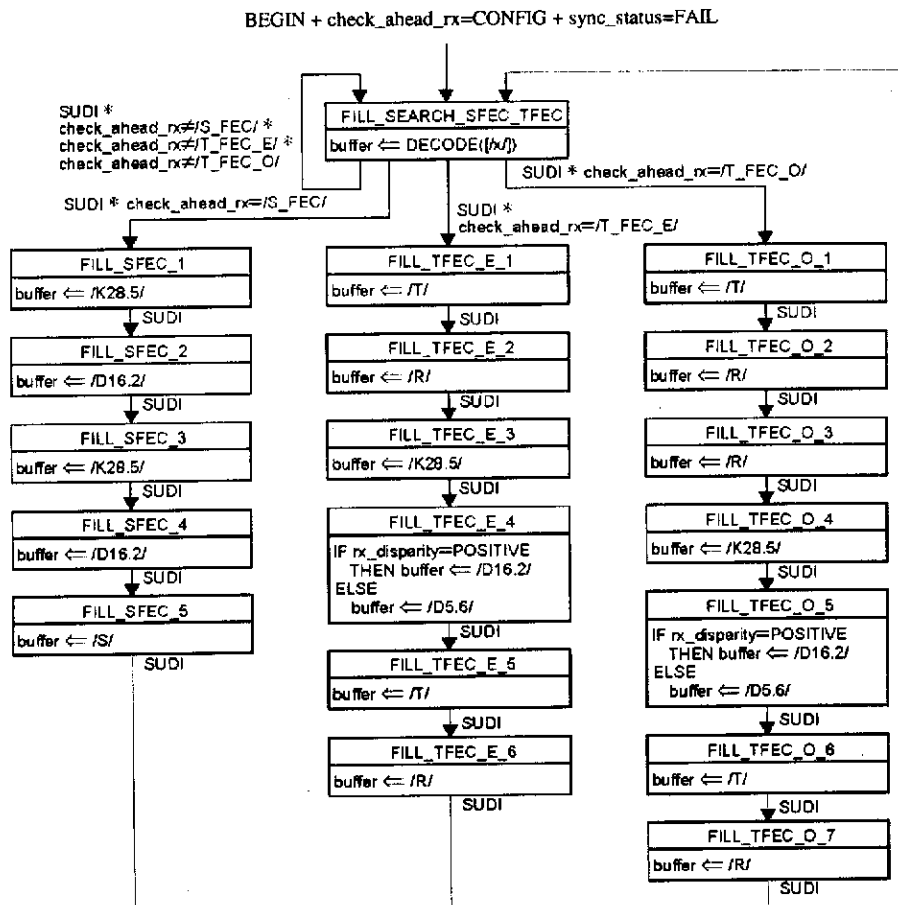
只有接收到缓冲器中的数据才能进行FEC解码。



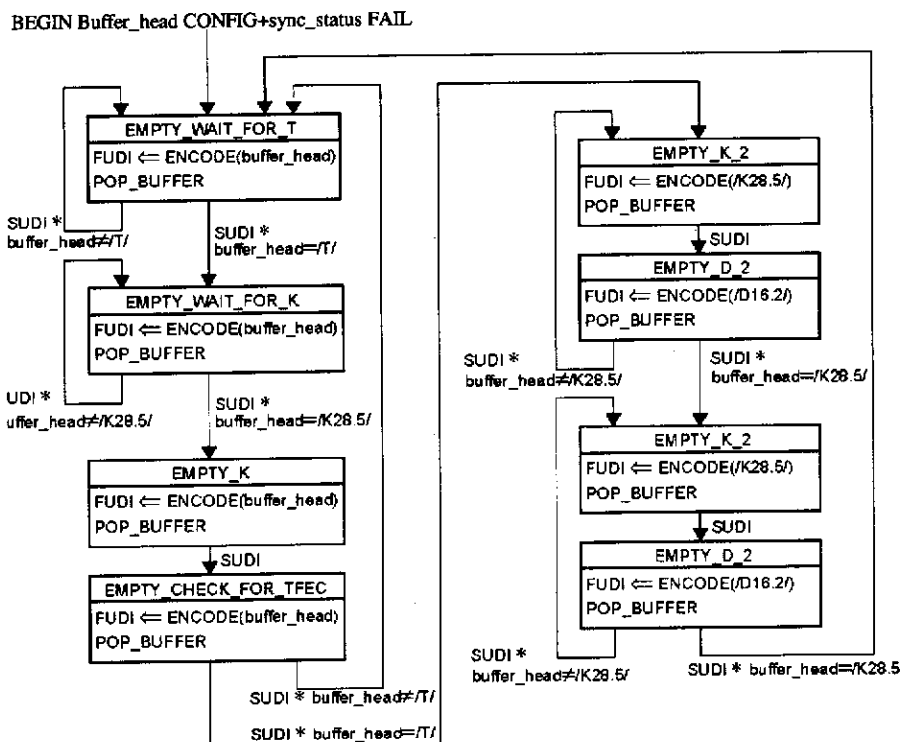
图C.9 发送功能流程



图C.10 接收同步功能流程



图C.11 接收缓冲填充处理流程



图C.12 接收缓冲区清空处理流程

### C.2.3.7 误码监测能力

以下计数器用于FEC子层的管理和误码监测。如果提供MDIO接口（见IEEE 802.3中第22章），则通过该接口完成。如果不提供，建议采用类似方式实现。计数器在FEC子层复位或被读出后清零，在计数器溢出后，停止计数。这些计数器用于帮助检测链路质量。

#### C.2.3.7.1 buffer\_head\_coding\_violation\_counter

32位计数器，在链路中每收到一个无效码组时计数器加一，计数值可以通过管理接口映射到寄存器中。

#### C.2.3.7.2 FEC\_corrected\_blocks\_counter

32位计数器，在FEC解码时，每校正一个错码块时计数器加一，计数值可以通过管理接口映射到寄存器中。

#### C.2.3.7.3 FEC\_uncorrected\_Blocks\_counter

32位计数器，在FEC解码过程中，每出现一个不能校正的FEC块计数器加一，其值可以通过管理接口映射到寄存器中。

## C.3 PMA子层为 1000BASE-PX所做的扩展

为实现P2MP的功能，OLT和ONU的PMA子层还要进行了如下扩展。

### C.3.1 对1000BASE-PX-U的扩展

#### C.3.1.1 PMA子层接口

在IEEE 802.3中第36章定义之外，定义了如下部分原语：

##### a) PMD\_SIGNAL.request (tx\_enable)

该原语信号控制PMD层的光发送，由PCS层的数据监测器产生。从PCS层接收到该原语后应及时且无更改的传送到PMD子层。参数tx\_enable可以取两个值：ON或OFF。

#### C.3.1.2 ONU的时钟定时特性

为使ONU工作在OLT相同的时钟基准上，ONU的发送（Tx）时钟必须跟踪ONU接收（Rx）的时钟。时钟抖动要求见附录A的规定。

### C.3.2 对1000BASE-PX-D的扩展

#### C.3.2.1 CDR锁定时间

##### C.3.2.1.1 基本要求

PMA子层位同步时间（ $T_{cdr}$ ）应 $<400\text{ns}$ 。当PMA\_TX\_CLK频率两倍于PMA\_RX\_CLK频率时，在TP4点出现有效1000BASE-X Idle图案码后，完成码组同步时间（ $T_{code\_group\_alignment}$ ）应在32ns内。

##### C.3.2.1.2 定义

CDR时间（ $T_{CDR}$ ）是指在接收器从数据流进入到完成时钟恢复和相位及频率锁定的时间。 $T_{CDR}$ 是用于衡量信号从PMD的TP4点到达接收器后，完成时钟相位和频率恢复，而且信号抖动和误码特性满足下述网络性能要求的时间指标。

网络性能要求：在非FEC系统中，误码率 $<10^{-12}$ ，在FEC系统中误码率 $<10^{-4}$ 。

$T_{CDR}$ 和 $T_{code\_group\_alignment}$ 值之和应 $<432\text{ns}$ 。

##### C.3.2.2 信号延迟指标要求

MPCP机制的严格定时是通过分发时间标签来完成的。因此对信号传送有严格的延迟要求。要求信号通过RS、PCS和PMA层后的总延迟时间不能超过16个比特位传输时间。

**附录 D**  
**(规范性附录)**  
**操作、管理和维护 (OAM)**

## D.1 概述

### D.1.1 基本概念

本附录定义的操作、管理和维护 (OAM) 子层提供了诸如远端故障指示和远端环回控制等管理链路运行的一种机制。OAM给网络运营者提供了保障网络良好运行状态和快速故障定位的能力。

OAM信息由OAM协议数据单元 (OAMPDU) 承载, OAMPDU包含的控制和状态信息可用于管理、测试和诊断已激活OAM功能的链路。OAMPDU仅在对等OAM实体间的单一链路上传送, 不会被MAC客户端 (如桥设备和交换机) 转发。

OAM不包括状态管理、带宽分配和提供功能, 这些功能超出了本标准规定的范围。

OAM子层在IEEE 802.3协议分层中的位置如图2所示。

### D.1.2 主要功能和定义

下面描述了OAM的主要功能需求, 它们是ITU-T Y.1730的子集。

#### a) 远端故障指示

- 指示对端本地接收通道处于不工作状态;
- 支持单向操作的物理层设备在故障期间可支持OAM远端故障指示;
- 符合附录C规定的用户接入物理层设备在故障期间可支持OLT至ONU的单向OAM远端故障指示操作;

• 除上面列出的物理层设备外, 其他设备在故障期间不支持OAM远端故障指示 单向操作, 一些设备在物理层有专门的远端故障指示机制。

#### b) 远端环回: 提供了一种支持数据链路层帧一级环回模式的机制。

#### c) 链路监控

- 支持包括诊断信息的事件通知;
- 支持轮询MIB变量。

#### d) 其他

- OAM的实现和激活是可选的;
- 完成OAM能力的发现;
- 可扩展用于高层应用。

### D.1.3 兼容性考虑

#### D.1.3.1 应用

OAM用于点到点链路和仿真点到点的IEEE 802.3链路。OAM功能的实现是可选的。可在系统的某些端口单独实现可选的OAM功能。

#### D.1.3.2 具有OAM能力的DTE间的互操作性

DTE可判断一个远端DTE的OAM功能是否已激活。OAM发现机制可获知某一链路上的配置参数 (如OAMPDU的长度) 和所支持的功能 (如OAM远端环回)。

### D.1.3.3 MAC Control PAUSE

MAC Control PAUSE通常指Flow Control, 它禁止包括OAMPDU在内的所有MA\_DATA.request服务原语的发送。这将延迟或阻止严重事件通知, 如不可恢复的错误状态和链路故障。

### D.1.3.4 MAC Control客户端接口

OAM子层对产生MA\_CONTROL.request服务原语的MAC Control客户端没有作用。MAC Control客户端直接和MAC Control实体通信。

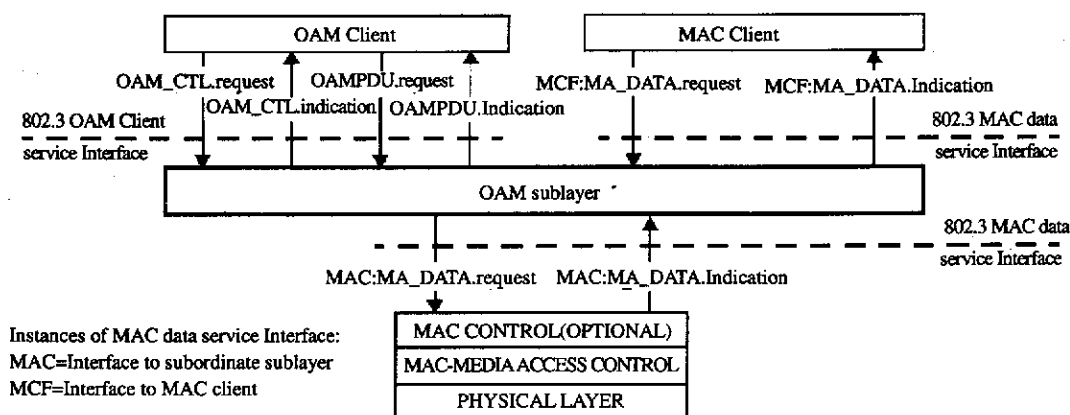
### D.1.3.5 OAM远端环回期间的帧丢失

调用OAM远端环回会导致帧丢失。OAM远端环回是一种强行插入操作, 会阻止链路在本地DTE和远端DTE的MAC客户端之间发送帧。

## D.2 功能规定

### D.2.1 层间服务接口

图D.1描绘了OAM采用的层间接口。



图D.1 OAM子层支持的层间服务接口

### D.2.2 操作原则

OAM遵循下列原则:

- OAM子层对上层是一个标准的IEEE 802.3 MAC服务接口, 这里的上层包括MAC Client和Link Aggregation;
- OAM子层对下层使用一个标准的IEEE 802.3 MAC服务接口, 这里的下层包括MAC和MAC Control;
- 来自上层的帧通过OAMPDU复用到OAM子层;
- OAM子层解析收到的帧并把OAMPDU发送到MAC Client, 非OAMPDU则送至上层。在OAM远端环回模式下, 非OAMPDU被环回到下层; 当对端OAM实体处于OAM远端环回模式下时, OAM子层将丢弃OAMPDU, 上层(如桥)将不对环回帧进行处理;
- OAM子层不要求识别物理层;
- OAM在单一链路上传递, 仅在OAM Client实体间或OAM子层实体间传送, 不会被OAM Client转发;
- OAM通过使用Organization Specific OAMPDU、Organization Specific Information TLV和Organization Specific Event TLV进行扩展, 但扩展后的功能超出本标准讨论的范围。

### D.2.3 MAC数据服务接口实例

上层如MAC Client通过标准的MAC数据服务接口与OAM子层通信。同样地，OAM子层通过相同的标准服务接口与下层如MAC Control或MAC通信。

本节使用了两个MAC数据服务接口实例，每个服务原语前加上一个前缀以指示相关的两个接口，如图D.1所示。使用的前缀说明如下：

- a) MCF: 在上层和OAM子层间的接口上发送的原语采用该前缀，MCF是MAC Client Frame的缩写；
- b) MAC: 在下层（如MAC子层等）和OAM子层间的接口上发送的原语采用该前缀。

#### D.2.4 OAM Client的作用

OAM Client对于建立和管理链路OAM有重要的作用。OAM Client使能和配置OAM子层实体。在OAM发现流程中，OAM Client监控来自远端DTE的OAMPDU，并根据本地和远端状态、配置参数来使能链路上的OAM功能。

OAM建立后，OAM Client负责管理OAMPDU响应。例如，OAM Client不响应非法请求如变量请求和来自被动模式DTE的Lookback Control OAMPDU。OAM Client还通过响应特殊的OAMPDU和变更本地配置参数来管理OAM远端环回模式。

链路事件通知在对等OAM实体间传递，OAM Client通过发送和接收特殊的OAMPDU进行事件通知。为了增加远端DTE接收到特定事件通知的机会，OAM Client会重复发送事件通知。

#### D.2.5 OAM Client互操作

##### D.2.5.1 基本要求

OAM子层实体与OAM Client通信时采用下列新的层间服务接口（强制）：

OAMPDU.request  
OAMPDU.indication  
OAM\_CTL.request  
OAM\_CTL.indication

##### D.2.5.2 OAMPDU.request

###### D.2.5.2.1 功能

该原语规定了从OAM Client实体到OAM Client实体的数据发送。

###### D.2.5.2.2 服务原语的语法

服务原语描述如下：

```
OAMPDU.request      (
                        source_address,
                        flags,
                        code,
                        data
                      )
```

source\_address参数规定了一个独立的MAC地址。

flags参数用于产生待发送OAMPDU的Flags域。因为OAM\_CTL.request服务原语中已经包含了Flags域中的指示比特2: 0，所以flags参数中仅包含Flags域中的指示比特15: 3。

code参数用于产生待发送OAMPDU的Code域。

data参数用于产生待发送OAMPDU的Data域。

#### D.2.5.2.3 产生时间

该原语在OAMPDU发送至对等实体时由OAM Client实体产生，是对等实体对OAM Client请求的响应或者是对发送至OAM Client内部产生数据的响应。

#### D.2.5.2.4 接收的效果

接收到该原语后，OAM子层实体将接收到的信息插入所有的OAMPDU域，包括DA、SA、Length/Type和Subtype，并将形成的OAMPDU发送至较低的协议层最终发送给对等OAM Client实体。

### D.2.5.3 OAMPDU.indication

#### D.2.5.3.1 功能

该原语规定了从OAM子层实体到OAM Client实体的数据传送。

#### D.2.5.3.2 服务原语的语法

服务原语描述如下：

```
OAMPDU.indication      (
                        source_address,
                        flags,
                        code,
                        data
                        )
```

source\_address参数是接收到的OAMPDU的源MAC地址。

flags参数是接收到的OAMPDU完整的Flags域。

code参数是接收到的OAMPDU的Code域。

data参数是接收到的OAMPDU的Data域。

#### D.2.5.3.3 产生时间

该原语从OAM子层实体传送至OAM Client实体，向本地OAM子层实体指示一个OAMPDU的到达。该原语仅通知格式合法且被正确接收的OAMPDU的到达。

#### D.2.5.3.4 接收的效果

未规定。

### D.2.5.4 OAM\_CTL.request

#### D.2.5.4.1 功能

该原语规定了从OAM Client实体到OAM子层实体的控制信息传送。

#### D.2.5.4.2 服务原语的语法

服务原语描述如下：

```
OAM_CTL.request      (
                    local_unidirectional,
                    local_link_status,
                    local_dying_gasp,
                    local_critical_event,
                    local_satisfied,
```



```

remote_state_valid,
remote_stable,
local_mux_action,
local_par_action,
information_data
)

```

local\_unidirectional参数用来指示发送点支持单向（Unidirectional）链路上的OAMPDU传送。

local\_link\_status、local\_dying\_gasp和local\_critical\_event参数用来指示应传送给对等OAM实体的紧急事件：

local\_link\_status参数用于传递物理层确定的链路状态，当设置为Fail时，会导致OAM子层实体发送Information OAMPDU，其中，Flags域中的Link Fault比特被设置，但没有Information TLV；

local\_dying\_gasp参数用于通知本地不可恢复的错误状态。如果设置了该参数，则会导致OAM子层实体发送Information OAMPDU，其中，Flags域中的Dying Gasp比特被设置；

local\_critical\_event参数用于通知未定义的严重链路事件，如果设置了该参数，则会导致OAM子层实体发送Information OAMPDU，其中，Flags域中的Critical Event比特被设置。

local\_satisfied、remote\_state\_valid和remote\_stable参数用于发现流程。OAM Client对本地配置和收到的Local Information TLV中的远端配置进行比较后，将对local\_satisfied参数进行设置。

local\_mux\_action和local\_par\_action参数用于控制OAM子层的Multiplexer和Parser功能的状态。

information\_data参数包含Local Information TLV域。如果需要，Transmit流程的Information OAMPDU可包含Remote Information和Organization Specific Information TLV域。

#### D.2.5.4.3 产生时间

该原语从OAM Client实体发送至OAM实体，用于更新控制信息。

#### D.2.5.4.4 接收的效果

接收到该原语后，OAM子层会产生Information OAMPDU或更新以后发送的Information OAMPDU的特定域。此外，会根据新更改的控制信息对OAM功能重新进行评估。

### D.2.5.5 OAM\_CTL.indication

#### D.2.5.5.1 功能

该原语规定了从OAM子层实体到OAM Client实体的控制信息传送。

#### D.2.5.5.2 服务原语的语法

服务原语描述如下：

```

OAM_CTL.indication      (
    local_pdu,
    local_stable,
    local_lost_link_timer_done
)

```

local\_pdu和local\_stable参数在发现流程中被OAM子层用于指示OAM Client状态信息。

local\_lost\_link\_timer\_done参数用于传递local\_lost\_link\_timer的超时信息。

D.2.5.5.3 产生时间

该原语从OAM子层实体传送到OAM Client实体并指示本地状态信息已经发生改变。

D.2.5.5.4 接收的效果

未规定。

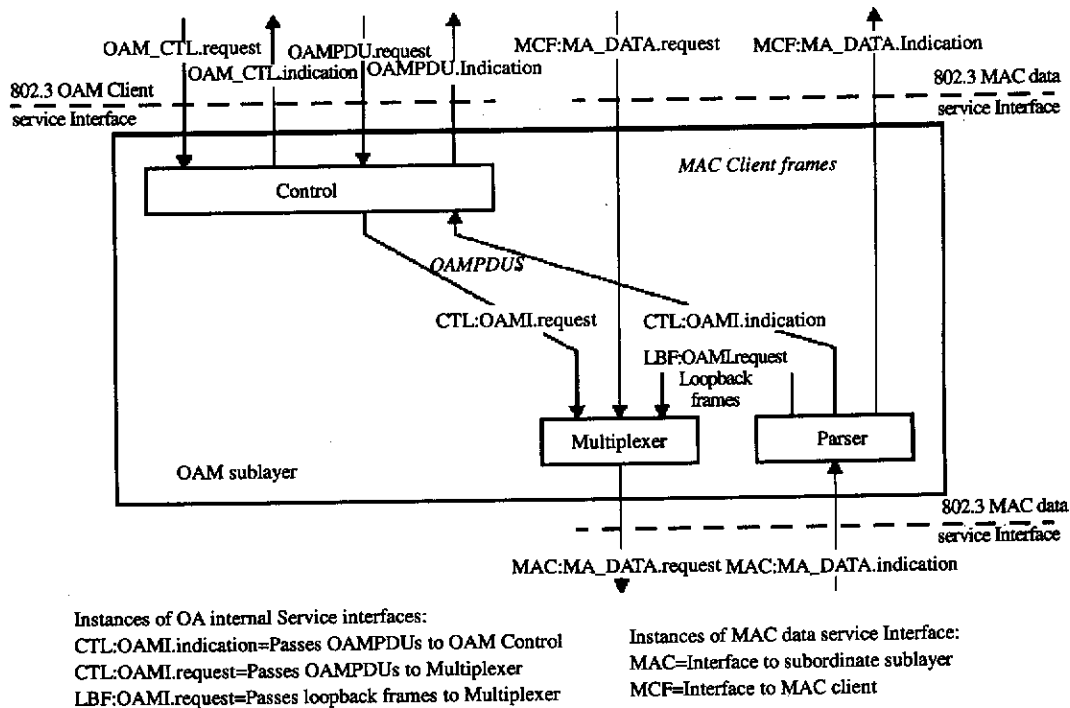
D.2.6 OAM内部服务接口实例

OAM子层采用OAM内部服务接口进行内部通信，并采用了两个OAM内部服务接口实例。每个服务原语分配了一个前缀，用于指示相关的两个接口。前缀说明如下：

- a) LBF: 在Parser和Multiplexer间的接口上发送的服务原语采用该前缀，LBF是look back frame的缩写；
- b) CTL: 在Control和其他OAM功能间的接口上发送的服务原语采用该前缀，CTL是Control功能的缩写。

D.2.7 内部功能块图

图D.2描述了OAM子层的主要功能块和相互关系。



图D.2 OAM子层功能块图

D.2.8 OAM内部互操作

D.2.8.1 基本要求

OAM子层实体使用下列新的内部服务接口（强制）：

OAMI.request

OAMI.indication

D.2.8.2 OAMI.request

D.2.8.2.1 功能

该原语规定了到Multiplexer功能块的帧传送，是一种OAM子层内部的动作。

D.2.8.2.2 服务原语的语法

服务原语描述如下：

```
OAMI.request (
    destination_address,
    source_address,
    oam_service_data_unit,
    frame_check_sequence
)
```

destination\_address参数定义了一个多播地址。

source\_address参数定义了一个单独的MAC地址。

oam\_service\_data\_unit参数规定了在OAM子层实体内发送的服务数据单元，包括Length/Type、Subtype、Flags、Code和Data/Pad域，OAM子层实体将有充足的相关信息来确定数据单元的长度。

frame\_check\_sequence参数规定了帧中的帧校验序列域。

#### D.2.8.2.3 产生时间

当一个帧经过Multiplexer功能块环回至远端DTE时，Parser功能块产生该原语。当OAMPDU经过Multiplexer功能块被传送至对等OAM实体时，Control功能块也会产生该原语，这是OAM子层内部的动作。

#### D.2.8.2.4 接收的效果

接收到该原语后，Multiplexer功能块会将格式正确的帧通过MAC数据服务接口传送至下层。

### D.2.8.3 OAMI.indication

#### D.2.8.3.1 功能

该原语规定了到Control功能块的帧传送，是一种OAM子层内部的动作。

#### D.2.8.3.2 服务原语的语法

```
OAMI.indication (
    destination_adress,
    source_address,
    oam_service_data_unit,
    frame_check_sequence,
    reception_status
)
```

destination\_adress参数定义了一个多播地址，由收到的帧的DA域决定。

source\_adress参数定义了一个单独的MAC地址，由收到的帧的DA域决定。

oam\_service\_data\_unit参数规定的OAM服务数据单元和内部OAM功能块接收到的一致。

frame\_check\_sequence参数是收到的帧FCS域规定的循环冗余校验值。

reception\_status参数用于将状态信息传送至内部OAM功能块。reception\_status的取值见4.3.2节。

#### D.2.8.3.3 产生时间

当Parser功能块将接收到的OAMPDU传送到Control功能块时产生该原语，并且只有当OAMPDU格式正确且被正确接收时该原语才会产生。

#### D.2.8.3.4 接收的效果

收到该原语后，Control功能块会更新内部状态变量并通过OAMPDU.indication服务原语将OAMPDU传送至OAM Client。

## D.2.9 模式

### D.2.9.1 要求

DTE的OAM子层可支持主动和/或被动模式。当OAM被使能时，应选择支持主动或被动模式。表D.1列出了主动和被动模式DTE的动作。

表D.1 主动和被动模式行为

能力	主动模式	被动模式
初始化OAM发现流程	是	否
响应OAM发现流程初始化	是	是
被要求发送Information OAMPDU	是	是
允许发送Event Notification OAMPDU	是	是
允许发送Variable Request OAMPDU	是	否
允许发送Variable Response OAMPDU	是(注)	是
允许发送Loopback Control OAMPDU	是	否
响应Loopback Control OAMPDU	是	是
允许发送Organization Specific OAMPDU	是(注)	是

注：要求对端DTE处于主动模式

### D.2.9.2 主动模式

主动模式的DTE根据Discovery流程规定（如图D.4所示）对Information OAMPDU交换进行初始化。当Discovery流程实现后，就允许主动模式的DTE在与远端主动模式的OAM对等实体连接时发送任何OAMPDU。如果远端OAM实体处于被动模式，则主动模式DTE的操作会受限。主动模式DTE不响应来自被动模式DTE的远端环回命令和变量请求。

### D.2.9.3 被动模式

被动模式的DTE不对Discovery流程进行初始化。被动模式DTE响应远端DTE发起的Discovery流程初始化。被动DTE不应发送Variable Request OAMPDU或Loopback Control OAMPDU。

## D.2.10 OAM事件

OAM定义了一组影响链路操作的事件。OAM包含与远端DTE进行通信的机制。

### D.2.10.1 严重链路事件

表D.2列出了严重链路事件的定义。严重链路事件由OAMPDU中的Flags域承载。

表D.2 严重链路事件

严重链路事件	描述
Link fault	物理层确定本地DTE接收方向发生了故障
Dying gasp	发生了不可恢复的本地错误状态
Critical Event	发生了未定义的严重事件

注：包含Critical Event、Dying Gasp和Link Fault标志的特定故障定义可特殊实现，但不在本标准规定范围。

### D.2.10.2 链路事件

链路事件通过Link Event TLV来通知，包括Errored Symbol Period Event和Errored Frame Event。

### D.2.10.3 本地事件处理流程

本地事件通过下面描述的两种机制之一通知对端DTE。

a) D.2.10.1节定义的严重链路事件通过OAM\_CTL.request服务原语通知OAM子层。OAM子层对严重链路事件的响应是设置或清除后续产生的所有OAMPDU的Flags域中的相关比特。

b) OAM Client为每个事件发送包含Link Event TLV的Event Notification OAMPDU，但不通知远端DTE。OAM Client采用OAMPDU.request服务原语发送Event Notification OAMPDU。为了提高劣化链路上远端DTE接收的可靠性，OAM Client可重复发送Event Notification OAMPDU。

#### D.2.10.4 远端事件处理流程

本地OAM Client可通过下面描述的两种机制之一检测远端事件。

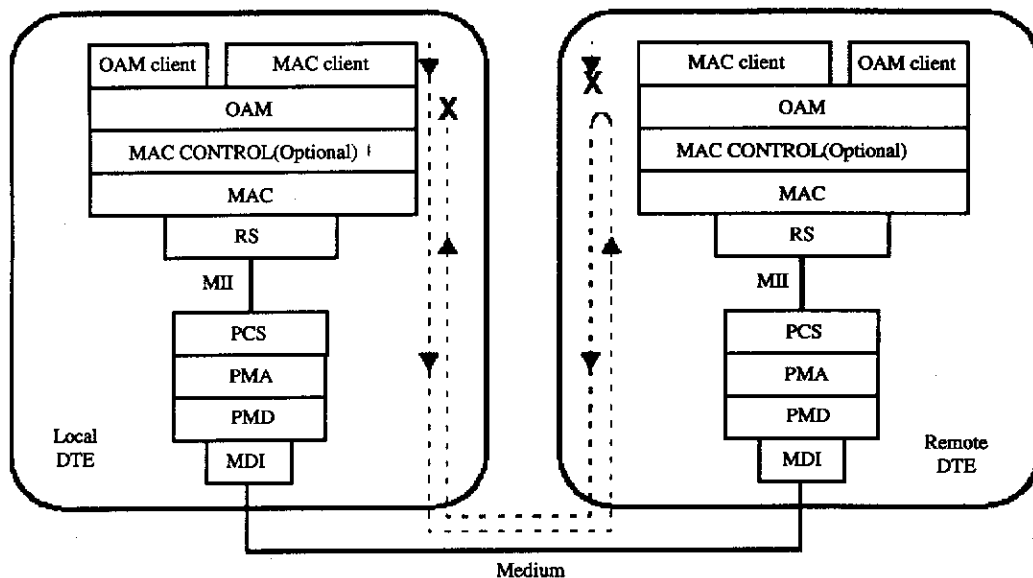
a) 本地OAM子层应通过收到的OAMPDU中的Flags域来检测D.2.10.1节定义的严重链路事件。OAM子层采用OAMPDU.indication服务原语通知OAM Client。在接收来自远端DTE的指示Link Fault的Information OAMPDU时，建议OAM Client将OAM\_CTL.request服务原语中的local\_link\_status参数设置为OK，这种处理方式可避免链路两端处于死锁状态致使两端的DTE均无法接收帧。

b) 本地OAM子层应通过接收Event Notification OAMPDU以及通过OAMPDU.indication服务原语将OAMPDU传送给OAM Client，以检测其他所有的链路事件。OAM Client将丢弃接收到的重复的Event Notification OAMPDU。

#### D.2.11 OAM远端环回

##### D.2.11.1 基本功能

OAM提供了一个数据链路层帧级的远端环回模式，该模式为可选。OAM远端环回可用于故障定位和链路性能测试。当远端DTE处于OAM远端环回模式时，在任意时刻可要求本地和远端DTE统计性能并进行比较。在环回帧发送到远端DTE之前、期间或之后，均可产生这种询问请求。此外，由OAM子层对环回帧进行分析以确定链路运行是否正常。图D.3描绘了OAM环回帧经过本地和远端DTE各子层的传输路径。



图D.3 OAM远端环回

##### D.2.11.2 初始化OAM远端环回

为了初始化OAM远端环回，本地OAM Client通过OAM\_CTL.request服务原语将local\_mux\_action参数和local\_par\_action参数置为DISCARD。本地OAM Client发送携带Enable OAM Remote Lookback命令的Loopback Control OAMPDU。远端OAM Client收到Loopback Control OAMPDU后，首先将它的

local\_par\_action 参数置为 LB 并通过 OAM\_CTL.request 服务原语将它的 local\_mux\_action 参数置为 DISCARD, 然后发送一个 Information OAMPDU 来指示其参数状态的更新。本地 OAM Client 收到远端 OAM Client 发送的已经更新的 Information OAMPDU 指示状态后, 会将 local\_mux\_action 置为 FWD。

如果 OAM Client 已经发送了 Loopback Control OAMPDU 并正在等待来自对端 DTE 的指示已处于远端 OAM 环回模式的响应 Information OAMPDU, 同时又收到对端发来的 OAM 远程环回命令, 则推荐采用以下规则:

a) 如果本地 DTE 的 source\_address 比对端的高 (higher), 则本地 DTE 在接收到对端命令后应进入 OAM 远端环回模式;

b) 如果本地 DTE 的 source\_address 比对端的低 (lower), 则本地 DTE 不处理对端发来的 OAM 远端环回命令。

如果不遵循以上原则, 则两端 OAM Client 可能会同时发送 OAM 远端环回命令并导致不确定的结果。

#### D.2.11.3 OAM 远端环回期间

当处于 OAM 远端环回模式时:

a) 本地 DTE 从 MAC Client 发送帧并从 OAM Client 或 OAM 子层发送 OAMPDU;

b) 在远端 OAM 子层实体中, 每个非 OAMPDU (包括其他 Slow Protocol 帧) 不做任何改变就进行环回;

c) 远端 DTE 收到的 OAMPDU 被送至远端 OAM Client;

d) 为了使 Discovery 流程不处于重起状态, 两端 DTE 都应向对端发送 OAMPDU, 也可以向对端发送其他的 OAMPDU;

e) 本地 DTE 收到的帧由 OAM 子层进行解析, OAMPDU 送至 OAM Client 而其他的帧都将被丢弃。

#### D.2.11.4 退出 OAM 远端环回

当本地 DTE 期望结束 OAM 远端环回测试时, 本地 OAM Client 将自己的 local\_mux\_action 参数置为 DISCARD, 并发送携带 Disable OAM Remote Loopback 命令的 Lookback Control OAMPDU。远端 OAM Client 收到携带 Disable OAM Remote Loopback 命令的 Lookback Control OAMPDU 后, 首先通过 OAM\_CTL.request 服务原语将自己的 local\_par\_action 和 local\_mux\_action 参数置为 FWD, 然后发送指示参数更新的 Information OAMPDU。收到指示 local\_par\_action 和 local\_mux\_action 参数置为 FWD 的 Information OAMPDU 后, 本地 OAM Client 也通过 OAM\_CTL.request 服务原语将自己的 local\_par\_action 和 local\_mux\_action 参数置为 FWD。远端 Parser 继续处理接收到的非 OAMPDU 并向上送至 MAC Client, 而本地 Multiplexer 继续转发来自本地 MAC Client 的所有帧。

#### D.2.11.5 OAM 远端环回期间的 OAMPDU 丢失

在 OAM 远端环回测试之前、期间或之后都有可能丢失 OAMPDU。丢失 Lookback Control OAMPDU 和 Information OAMPDU 会对 OAM 远端环回的运行造成特殊影响。通过检查所有接收到的 Information OAMPDU, 本地 OAM Client 可以确认远端 OAM Client 是否已经收到 Lookback Control OAMPDU。因为要连续发送 Information OAMPDU 以保证 Discovery 流程不处于重起状态, 所以偶尔丢失一个 Information OAMPDU 不会严重影响 OAM 远端环回模式的运行。

#### D.2.11.6 OAM 远端环回期间的帧丢失

当链路处于 OAM 远端环回模式时, 远端 OAM 子层实体不应发送 MAC Client 帧。根据远端 DTE 对 OAM 环回的实现方式, 不是所有接收到的帧都会被环回至本地 DTE。本地和远端 DTE 之间的时钟差异是导致帧丢失的原因之一, 因为帧发送速率和接收速率之间的差值会使任一端 DTE 的缓存区溢出。传输中发生

错误的帧将被接收帧的MAC子层丢弃。远端DTE插入的OAMPDU也会影响环回帧的可用带宽。在确定OAM远程环回模式下的帧发送速率时，应考虑拓扑结构（如点到点仿真、不对称链路等）。当双向链路的数据速率不对称时，如果接收带宽小于发送带宽则会发生帧丢失。

应统计被远端DTE的OAM子层丢弃的环回帧的数目，这可区分帧的丢失是由链路错误造成还是被OAM子层丢弃，有助于检测链路的运行状况。

#### D.2.11.7 OAM远端环回的定时考虑

为了使OAM远端环回操作更加有效，必须严格限制远端OAM Client收到Lookback Control OAMPDU后的响应时间。

为了保证正确的操作，在收到携带Enable OAM Remote Loopback命令的Lookback Control OAMPDU之后1s内，OAM Client必须进行以下操作：

a) 通过OAM\_CTL.request服务原语将local\_par\_action参数置为LB，local\_mux\_action参数置为DISCARD；

b) 发送Information OAMPDU。

为了保证正确的操作，在收到携带Disable OAM Remote Loopback命令的Lookback Control OAMPDU之后1s内，OAM Client必须进行以下操作：

a) 通过OAM\_CTL.request服务原语将local\_par\_action参数和local\_mux\_action参数置为FWD；

b) 发送Information OAMPDU。

在远端OAM Client发送指示local\_par\_action参数已经改变的Information OAMPDU之前，远端MAC Client可能会发送帧，这些远端MAC Client帧将被本地DTE丢弃。

#### D.2.12 单向OAM操作

当链路的一个方向无法运行并传送数据时，OAM应提供一种基于OAMPDU的机制来通知远端DTE。出于诊断目的的链路单向运行能力可帮助实现错误检测与通知等维护工作。

一些物理层设备可支持单向OAM操作。当链路处于单向OAM模式时，OAM子层应保证仅向链路发送Information OAMPDU，该OAMPDU携带了Link Fault critical link event指示但没有Information TLV，且每秒发送一个。

### D.3 具体功能描述和状态图

#### D.3.1 概述

如图D.2所示，OAM子层具有以下功能：

a) Multiplexer: 该功能负责将来自高层（如MAC Client子层）的帧、来自Control功能模块的OAMPDU和来自Parser的环回帧发送到下层（如MAC子层）；

b) Parser: 该功能区分OAMPDU、MAC Client帧和环回帧并将它们发送至相应的实体，分别是Control、高层和Multiplexer；

c) Control: 该功能负责提供OAM Client实体和功能与OAM子层间的内部接口。它包括Discovery流程，负责发现远端DTE OAM功能的存在和能力；还包括Transmit流程，负责控制OAMPDU到Multiplexer功能模块的发送；以及一组Receive规则，负责控制OAMPDU的接收。

#### D.3.2 状态图变量

##### D.3.2.1 常量

a) OAM\_subtype

该常量表示OAMPDU的Subtype域的值。

b) Slow\_Protocols\_Multicast

该常量表示Slow Protocols Multicast Address值。

c) Slow\_Protocols\_Type

该常量表示Slow Protocols Length/Type域的值。

### D.3.2.2 变量

a) BEGIN

描述：该变量可复位OAM功能。

取值：True，当OAM子层复位或local\_oam\_enable置为Disable时；

False，当（重）初始化完成和local\_oam\_enable置为Enable时。

b) ind\_DA

ind\_SA

ind\_mac\_service\_data\_unit

ind\_reception\_status

描述：MA\_DATA.indication服务原语的参数。

c) ind\_subtype

描述：Slow Protocol帧中Length/Type域后的字节的值。

取值：整型

d) local\_critical\_event

描述：OAM\_CTL.request服务原语的参数，指示DTE经过了一个不期望的严重事件状态。

取值：False，表示严重事件没有发生；

True，表示严重事件已经发生。

e) local\_dying\_gasp

描述：OAM\_CTL.request服务原语的参数，指示DTE经过了一个不可恢复的错误状态。

取值：False，表示不可恢复的本地错误没有发生；

True，表示不可恢复的本地错误已经发生。

f) local\_link\_status

描述：OAM\_CTL.request服务原语的参数，指示已经建立链路的状态。

取值：Fail，表示存在链路故障；

OK，表示无链路故障。

g) local\_lost\_link\_timer\_done

描述：OAM\_CTL.indication服务原语的参数，用于指示local\_lost\_link\_timer已经超时。

取值：True，表示local\_lost\_link\_timer已经超时；

False，表示local\_lost\_link\_timer没有超时。

h) local\_mux\_action

OAM\_CTL.request

描述：OAM\_CTL.request服务原语的参数，负责控制通过Multiplexer功能模块的来自MAC Client的帧。



- 取值：FWD，表示Multiplexer将MAC Client帧发送至下层；  
Discard，表示Multiplexer丢弃MAC Client帧。
- i) local\_oam\_enable  
描述：用于激活/去激活OAM子层实体。  
取值：Disable，表示接口不采用OAM子层功能；  
Enable，表示接口采用OAM子层功能。
- j) local\_oam\_mode  
描述：用于配置OAM子层实体处于主动（Active）或被动（Passive）模式。  
取值：Passive，表示OAM子层实体配置为被动模式；  
Active，表示OAM子层实体配置为主动模式。
- k) local\_par\_action  
描述：OAM\_CTL.request服务原语的参数，负责控制通过Parser功能模块的非OAMPDU流。  
取值：FWD，表示Parser把接收到的非OAMPDU发送至上层；  
LB，表示在远端环回测试中Parser将接收到的非OAMPDU发送至Multiplexer；  
Discard，表示Parser丢弃接收到的非OAMPDU。
- l) local\_pdu  
描述：作为Discovery流程的一部分，用于控制OAMPDU的发送和接收。  
取值：LF\_INFO，表示只允许发送携带Link Fault critical link event set但没有Information TLV的Information OAMPDU，并且只允许接收Information OAMPDU；  
PX\_INFO，表示不允许发送任何OAMPDU，并且只允许接收Information OAMPDU；  
INFO，表示只允许发送和接收Information OAMPDU；  
ANY，表示可以发送和接收任何允许的OAMPDU。
- m) local\_satisfied  
描述：OAM\_CTL.request服务原语的参数，指示OAM Client发现本地和远端的OAM配置一致。  
取值：False，表示任一端的OAM Client没有发现或不满意本地和远端的设置；  
True，表示OAM Client满意本地和远端的设置。
- n) local\_stable  
描述：由Discovery状态图设置的一个变量，用于指示本地OAM Client知道和满意远端OAM的状态信息。  
取值：False，指示本地DTE没有发现或不满意远端的状态信息；  
True，指示本地DTE已经发现并满意远端的状态信息。
- o) local\_unidirectional  
描述：OAM\_CTL.request服务原语的一个参数，指示链路接收方向不可操作时DTE可以发送OAMPDU。  
取值：False，表示当接收通道不可操作时DTE不能发送OAMPDU；  
True，表示当接收通道不可操作时DTE可以发送OAMPDU。
- p) pdu\_req

描述：表示OAMPDU的发送请求，用在Transmit状态图中。

取值：None，表示无OAMPDU.request；

Critical，表示携带一个或多个critical link event OAM\_CTL.request参数集（local\_dying\_gasp, local\_link\_status, local\_critical\_event）的OAMPDU.request；

Normal，表示不携带critical link event集的OAMPDU.request。

q) remote\_stable

描述：OAM\_CTL.request服务原语的参数。OAM Client从接收到的OAMPDU中提取远端的状态信息，该参数用于指示远端OAM Client知道并满意本地OAM的状态信息。

取值：False，指示远端DTE没有发现或不满意本地的状态信息；

True，指示远端DTE已经发现并满意本地的状态信息。

r) remote\_state\_valid

描述：OAM\_CTL.request服务原语的参数，用于指示OAM Client已经从Local Information TLV或接收到的Information OAMPDU中收到远端的状态信息。

取值：False，指示OAM Client没有发现远端的状态信息；

True，指示OAM Client已经发现远端的状态信息。

s) req\_DA

req\_SA

req\_mac\_service\_data\_unit

req\_frame\_check\_sequence

描述：MA\_DATA.request服务原语的参数。

#### D.3.2.3 消息

a) CTL: OAMI.indication

描述：该服务原语用于将接收到的具有特定参数的帧发送至内部OAM功能模块。

b) CTL: OAMI.request

LBF: OAMI.request

描述：该服务原语用于发送具有特定参数的帧。

c) MAC: MA\_DATA.indication

MCF: MA\_DATA.indication

描述：该服务原语用于将接收到的具有特定参数的帧发送至Client。

d) MAC: MA\_DATA.request

MCF: MA\_DATA.request

描述：该服务原语用于发送具有特定参数的帧。

e) MADI

描述：MA\_DATA.indication（ind\_DA, ind\_SA, ind\_mac\_service\_data\_unit, ind\_reception\_status）的缩写。

f) MADR

描述：MA\_DATA.request（req\_DA, req\_SA, req\_mac\_service\_data\_unit, req\_frame\_check\_sequence）的缩写。

## g) OAMII

描述: OAM.indication ( DA, SA, oam\_service\_data\_unit, frame\_check\_sequence, reception\_status ) 的缩写。

## h) OAMIR

描述: OAM.request ( DA, SA, oam\_service\_data\_unit, frame\_check\_sequence ) 的缩写。

## i) RxOAMPDU

描述:  $\text{ind\_DA} = \text{Slow\_Protocols\_Multicast} * \text{ind\_Length/Type} = \text{Slow\_Protocols\_Type} * \text{ind\_subtype} = \text{OAM\_subtype}$  的缩写。

## j) rxOK

描述:  $\text{ind\_reception\_status} = \text{receiveOK}$  的缩写。

## k) valid\_pdu\_req

描述:  $( \text{local\_pdu} \neq \text{RX\_INFO} * \text{pdu\_req} = \text{NORMAL} * \text{pdu\_cnt} \neq 0 ) + ( \text{local\_pdu} = \text{ANY} * \text{pdu\_req} = \text{CRITICAL} )$  的缩写。

## D.3.2.4 计数器

## a) pdu\_cnt

描述: 该计数器用于限制每秒发送OAMPDU的数量并保证在Transmit状态图中每秒至少发送一个OAMPDU。

## D.3.2.5 定时器

## b) local\_lost\_link\_timer

描述: 用于复位Discovery状态图。

周期:  $( 5 \pm 10\% ) \text{ s}$

## c) pdu\_timer

描述: 用于保证OAM子层符合每秒发送OAMPDU最大数量要求并且每秒至少发送一个OAMPDU。

周期:  $( 1 \pm 10\% ) \text{ s}$

## D.3.3 Control

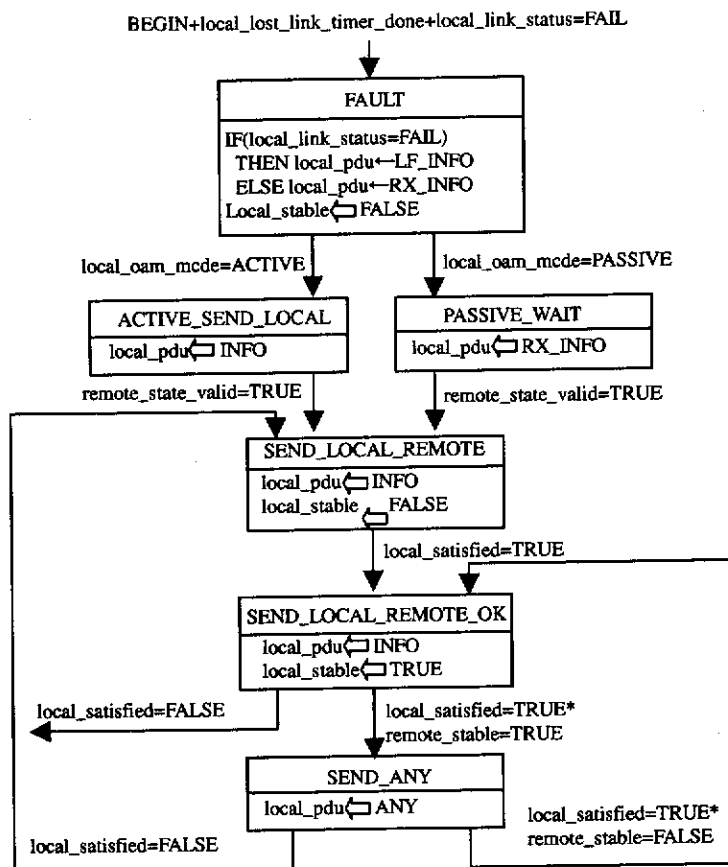
## D.3.3.1 概述

Control功能模块提供与OAM Client的接口, 该接口对于发送和接收OAMPDU以及传送控制和状态参数是必须的。Control功能模块还包含促使链路建立OAM的Discovery流程, 以及控制OAMPDU发送至Multiplexer模块的Transmit流程, 另外还包含控制OAMPDU接收的的规程。

## D.3.3.2 OAM Discovery

## D.3.3.2.1 状态图

OAM提供了一种发现远端DTE OAM子层功能的一种机制, 即Discovery流程。OAM子层实体应实现图D.4所示的OAM Discovery状态图。



图D.4 OAM Discovery状态图

OAM子层在每个状态周期性的发送特定OAMPDU，通常每秒一次。

当local\_pdu置为LF\_INFO时，OAM子层发送Flags域置Link Fault比特且无任何Information TLV的Information OAMPDU。当local\_pdu置为RX\_INFO时，OAM子层不发送任何OAMPDU。当local\_pdu置为INFO时，只发送Information OAMPDU。当local\_pdu置为ANY时，可发送任何允许的OAMPDU。

#### D.3.3.2.2 FAULT状态

当进入FAULT状态时，应根据local\_link\_status值设置local\_pdu。如果local\_link\_status置为FAIL，则local\_pdu置为LF\_INFO，否则置为RX\_INFO，而local\_stable置为FALSE。当local\_link\_status置为FAIL时，DTE应保持此状态向远端DTE指示链路故障。这可通过每秒一次发送Flags域置Link Fault比特且数据域无任何Information TLV的Information OAMPDU来实现。某些物理编码子层可支持Information OAMPDU的单向传输。

如果OAM被复位、去激活、local\_lost\_link\_timer超时或local\_link\_status为FAIL，Discovery流程返回FAULT状态。

#### D.3.3.2.3 ACTIVE\_SEND\_LOCAL状态

当local\_link\_status置为OK时，DTE应评估local\_oam\_mode。配置为主动模式的DTE应发送仅包含Local Information TLV的Information OAMPDU，该状态称为ACTIVE\_SEND\_LOCAL。当处于该状态时，本地DTE等待接收来自远端DTE的Information OAMPDU。

#### D.3.3.2.4 PASSIVE\_WAIT状态

配置为被动模式的DTE在发送任何带有Local Information TLV的Information OAMPDU前必须等待直到收到带有Local Information TLV的Information OAMPDU为止。该状态称为PASSIVE\_WAIT。因为必须等到收到带有Local Information TLV的Information OAMPDU，所以当连接到另一个被动模式DTE时，被动模式DTE无法完成OAM Ddiscovery流程。

### D.3.3.2.5 SEND\_LOCAL\_REMOTE状态

当接收到来自远端DTE带有Local Information TLV的Information OAMPDU时,本地DTE开始发送包含Local Information TLV和Remote Information TLV的Information OAMPDU。该状态称为SEND\_LOCAL\_REMOTE。在任意时刻,如果本地或远端DTE的设置改变从而导致本地OAM Client的不满意设置,则Discovery流程返回到SEND\_LOCAL\_REMOTE状态。

### D.3.3.2.6 SEND\_LOCAL\_REMOTE\_OK状态

如果本地OAM Client认定本地和远端DTE的设置是可接受的,则进入SEND\_LOCAL\_REMOTE\_OK状态。任意时刻如果本地OAM Client的设置改变从而导致远端OAM Client的不满意设置,则OAM Discovery流程返回到SEND\_LOCAL\_REMOTE\_OK状态。

### D.3.3.2.7 SEND\_ANY状态

当OAMPDU接收到指示远端DTE满意各自设置时,本地DTE进入SEND\_ANY状态。在全操作链路上这是OAM期待的正常操作状态。

### D.3.3.2.8 发送Discovery状态至对端

Flag域的Local Stable和Local Evaluating比特将本地Discovery流程的状态传至对端。当OAM Discovery流程开始时,本地DTE通过将Local Stable比特置为0和Local Evaluating比特置为1,指示OAM Discovery流程没有完成。

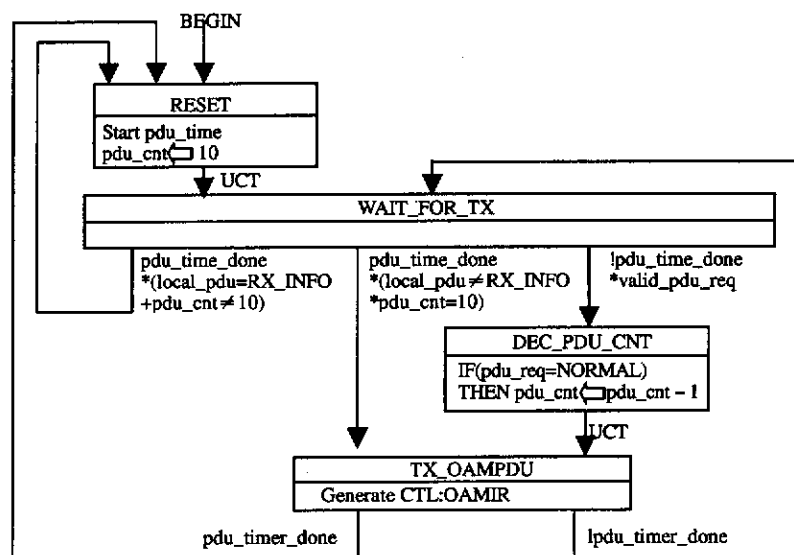
在发现远端DTE设置后,如果本地OAM Client不满意远端设置,则将Local Stable比特和Local Evaluating比特置为0来指示Discovery流程不能成功完成。如果满意对端设置,则本地DTE将Local Stable比特置为1和Local Evaluating比特置为0来指示本地OAM Client满意对端设置。

当Local Stable置为1,Local Evaluating置为0,而Remote Stable置为1,Remote Evaluating置为0时,指示双方OAM Client都满意对端设置,OAM Discovery流程成功完成且local\_pdu置为SEND\_ANY。

## D.3.3.3 Transmit

### D.3.3.3.1 状态图

OAM子层实体应实现图D.5所示的Transmit状态图。



图D.5 Transmit状态图

### D.3.3.3.2 RESET状态

初始化时进入RESET状态，并启动一个1s的计时器pdu\_timer。变量pdu\_cnt被10重置，10是每秒可发送OAMPDU的最大数目。RESET状态之后进入WAIT\_FOR\_TX状态。

### D.3.3.3.3 WAIT\_FOR\_TX状态

当处于WAIT\_FOR\_TX状态时，Transmit流程等待下面三种情况之一发生：

- a) pdu\_timer超时
  - 前1s内发送一个或多个OAMPDU；
  - 前1s内没有发送任何OAMPDU并且没有任何合法的未判定的发送OAMPDU请求。
- b) 发送OAMPDU的合法请求出现。

### D.3.3.3.4 pdu\_timer超时

当处于WAIT\_FOR\_TX状态时，如果pdu\_timer超时并且在前1s内发送了一个或多个OAMPDU，则Transmit流程转移到RESET状态。但如果pdu\_timer超时并且在前1s内没有发送OAMPDU，也没有发送OAMPDU的合法请求出现，则Transmit流程转移到发送Information OAMPDU的TX\_OAMPDU状态。这样可防止Discovery流程发生重起。如果local\_pdu置为LF\_INFO，则Transmit流程应保证Information OAMPDU的Flag域置Link Fault比特，数据域没有Information TLV。

如果OAM子层实体配置为不发送任何OAMPDU，如变量local\_pdu置为RX\_INFO，则Transmit功能模块将通过返回至RESET状态来重起。

### D.3.3.3.5 发送OAMPDU的合法请求

当处于WAIT\_FOR\_TX状态时，如果出现一个合法的发送OAMPDU请求，则Transmit流程在TX\_OAMPDU状态发送被请求的OAMPDU。如果发送的OAMPDU的Flag域不包含任何严重链路事件，则在DEC\_PDU\_CNT状态下减小变量pdu\_cnt。合法请求应是下面中的一种：

- a) 来自OAM Client的OAMPDU.request服务原语，其中，变量local\_pdu置为INFO或ANY且pdu\_cnt不等于0；
- b) 来自OAM Client的OAM\_CTL.request服务原语，其中携带一个或多个严重事件参数集且变量local\_pdu置为ANY。当变量local\_pdu置为ANY时，Discovery流程已经完成并且处于SEND\_ANY状态。Discovery流程要在严重事件而不是Link Fault被发送到对端OAM实体前完成。

### D.3.3.3.6 TX\_OAMPDU状态

TX\_OAMPDU状态产生请求向Multiplexer发送OAMPDU的CTL：OAMI.request服务原语。该请求产生后，如果pdu\_timer超时则Transmit流程返回至RESET状态，如果pdu\_timer没有超时则Transmit流程返回至WAIT\_FOR\_TX状态。

### D.3.3.3.7 Transmit规程

以下规程控制CTL：OAMIR服务原语的产生：

- a) 当local\_pdu置为LF\_INFO时，只能产生Flag域置Link Fault比特且没有Information TLV的Information OAMPDU；
- b) 当local\_pdu置为RX\_INFO时，不应产生CTL：OAMIR服务原语；
- c) 当local\_pdu置为INFO时，只能产生Information OAMPDU；
- d) 当local\_pdu置为ANY时，

- 带有一个或多个严重链路事件参数集的OAM\_CTL.request服务原语应产生一个CTL: OAMIR服务原语，并请求发送Flag域置相应比特的Information OAMPDU；
- OAMPDU.request服务原语应产生一个CTL: OAMIR服务原语，并请求发送特殊的OAMPDU。

#### D.3.3.3.8 Receive规程

CTL: OAMIR服务原语指示接收到一个OAMPDU并根据下面的规程轮流向OAM Client实体产生OAMPDU.indication服务原语：

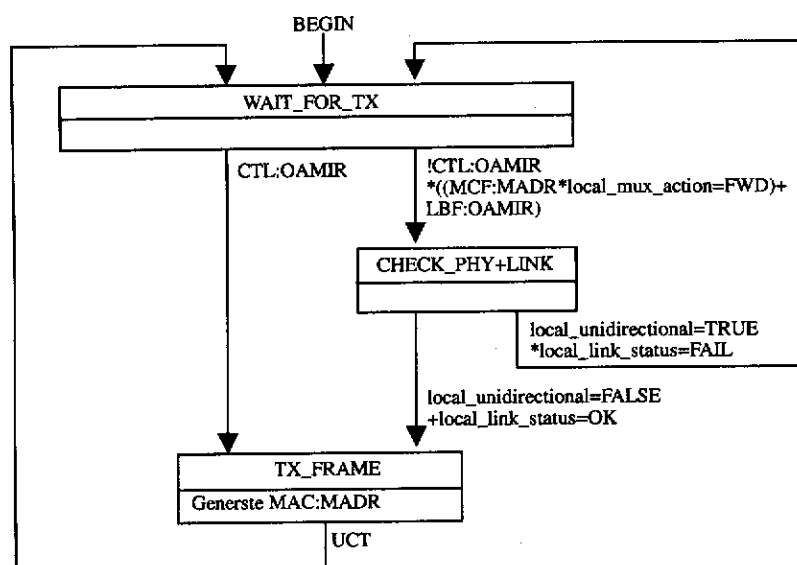
a) 当local\_pdu不置为ANY时，应将Information OAMPDU发送至OAM Client并丢弃非Information OAMPDU。

b) 当local\_pdu置为ANY时，应将所有的OAMPDU（包括不知道编码域的OAMPDU）发送至OAM Client。期望OAM Client忽略不知道或不支持OAMPDU。

### D.3.4 Multiplexer

#### D.3.4.1 流程图

OAM子层应实现图D.6所示的Multiplexer流程。



图D.6 Multiplexer流程

#### D.3.4.2 WAIT\_FOR\_TX状态

##### D.3.4.2.1 概述

初始化时进入WAIT\_FOR\_TX状态。当处于WAIT\_FOR\_TX状态时，Multiplexer等待下面两种状态之一的发生：

- 出现合法的OAMPDU发送请求；
- 转发MAC Client帧或从Parser环回帧的合法请求。

##### D.3.4.2.2 合法的OAMPDU发送请求

当处于WAIT\_FOR\_TX状态时，如果出现OAMPDU发送请求，则Multiplexer功能模块在TX\_FRAME状态发送被请求OAMPDU。

##### D.3.4.2.3 合法的转发或环回帧请求

当处于WAIT\_FOR\_TX状态时，如果出现合法的转发或环回帧请求而没有OAMPDU发送请求，则Multiplexer将检查物理层的状态和单向配置（在CHECK\_PHY+LINK状态下），或者在TX\_FRAME状态下发送帧或者返回WAIT\_FOR\_TX状态。

转发来自上层的帧的合法请求由变量MCF: MADR指示, 与帧变量local\_mux\_action置为FWD时一样, Multiplexer将对帧进行转发。从Parser功能模块环回帧的请求由变量LBF: OAMIR指示。当任一请求发生时, 为了在TX\_FRAM状态下发送帧至下层, 变量local\_unidirectional应置为FALSE或变量local\_link\_status置为OK。因为在单向链路上只能发送带有Link Fault critical link event indication set且无Information TLV的Information OAMPDU, 所以应对链路状态进行评估以确保不支持可选单向OAM能力的设备能进行相同动作。当local\_link\_status为OK时, 不必考虑单向OAM能力或设置都将发送MAC Client帧。

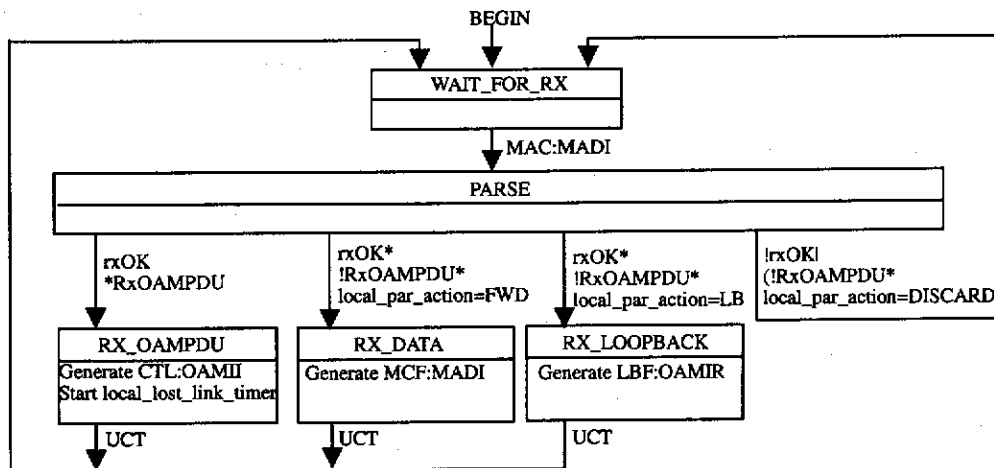
D.3.4.3 TX\_FRAME状态

Multiplexer流程处于TX\_FRAME状态时, 应提供帧透明传输能力。OAMPDU的发送不应影响底层帧的发送(如MAC层发送帧功能是同步的, 并且从不中断)。帧发送至下层后, Multiplexer流程返回至WAIT\_FOR\_TX状态。

D.3.5 Parser

D.3.5.1 流程图

OAM子层应实现图D.7所示的Parser流程图。



图D.7 Parser流程

Parser对从下层收到的帧进行解码, 将OAMPDU送至Control功能模块, MAC Client帧送至高层, 而环回帧送至Multiplexer功能模块。复位后, Parser功能模块进入WAIT\_FOR\_RX状态。当产生MAC: MADI服务原语时, 应检测帧的接收。当接收帧时, Parser功能模块进入PARSER状态。

D.3.5.2 OAMPDU的接收

当判定收到的帧是OAMPDU时进入RX\_OAMPDU状态。收到的OAMPDU通过CTL: OAMII服务原语被送至OAM Control功能模块。根据接收规程, OAM Control功能模块会将收到的OAMPDU送至OAM Client。此外, local\_lost\_link\_timer被复位, Parser功能模块返回到WAIT\_FOR\_RX状态。

D.3.5.3 非non-OAMPDU的接收

根据local\_par\_action参数设置来处理收到的非OAMPDU。

D.3.5.3.1 FWD模式下非OAMPDU的接收

当判定收到的帧不是OAMPDU并且local\_par\_action变量置为FWD时, 进入RX\_DATA状态。收到的帧通过MCF: MADR服务原语送至上层。Parser返回至WAIT\_FOR\_RX状态。

D.3.5.3.2 LB模式下非OAMPDU的接收



当判定收到的帧不是OAMPDU并且local\_par\_action变量置为LB时,进入RX\_LOOPBACK状态。收到的帧通过LBF: OAMIR服务原语送至Multiplexer功能模块并环回到远端DTE。帧送至Multiplexer功能模块后, Parser功能模块返回至WAIT\_FOR\_RX状态。

#### D.3.5.3.3 DISCARD模式下非OAMPDU的接收

如果local\_par\_action参数置为DISCARD, Parser功能模块返回至WAIT\_FOR\_RX状态。

### D.4 OAMPDU

#### D.4.1 字节排序和表示

所有的OAMPDU包含整数个字节。生成OAMPDU应遵循以下规则:

- a) 字节发送从上到下;
- b) 字节中的比特0在左, 比特7在右;
- c) 用连续字节表示二进制数时, 首先发送有最高有效值的字节;
- d) 用连续字节表示MAC地址时, MAC地址第一个比特值分配到第一个字节的LSB, MAC地址的第二个比特值分配到第一字节的MSB, 依此类推。

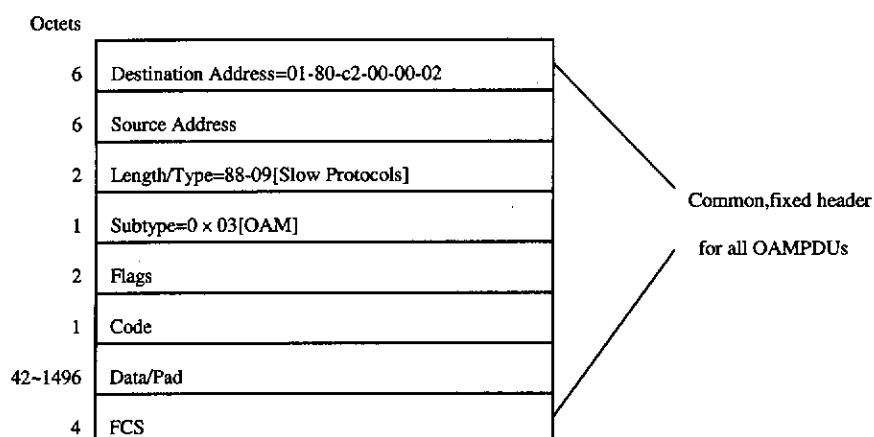
对OAMPDU进行编码时, 比特0是LSB。

OAMPDU的OUI ( Organizationally Unique Identifier ) 域的比特/字节排序和DA/SA的OUI比特/字节排序一致。OUI格式的具体规定见IEEE 802-2001 Clause 9。

#### D.4.2 帧结构

##### D.4.2.1 基本规定

OAMPDU帧结构如图D.8所示。



图D.8 OAMPDU帧结构

OAMPDU帧中各域描述如下:

a) Destination Address ( DA ): OAMPDU中的DA是Slow\_Protocols\_Multicast地址, 使用和编码规定见IEEE 802.3-2002 Annex 43B;

b) Source Address ( SA ): OAMPDU中的SA是独立的MAC地址, 该地址与发送OAMPDU的端口相关联;

c) Length/Type: OAMPDU采用Type编码, 并且承载Slow\_Protocols\_Type域值, 使用和编码规定见IEEE 802.3-2002 Annex 43B;

- d) Subtype: Subtype域标识封装的特定的Slow Protocol, OAMPDU Subtype域值为0x03;
- e) Flags: Flags域包含状态比特;
- f) Code: Code域标识特定的OAMPDU;
- g) Data/Pad: 包含OAMPDU数据和任何必需的pad, 应至少支持最小帧长 ( minFrameSize ) OAMPDU的实现;
- h) FCS: Frame Check Sequence.

D.4.2.2 Flags域

Flags域两个字节的比特独立进行编码, 见表D.3。其他诊断信息可采用Event Notification OAMPDU进行发送。

表D.3 Flags域

比特	名称	描述
15: 7	Reserved	预留将来使用, 发送OAMPDU时Reserved比特置为0, 接收时应忽略
6	Remote Stable	当remote_state_valid置为TRUE时, Remote Stable和Remote Evaluating值应收到来自远端DTE的前Local Stable和Local Evaluating值的复制。否则Remote Stable和Remote Evaluating置为0
5	Remote Evaluating	
4	Local Stable	2比特的Local Stable和Local Evaluating编码如下: 4: 3 0x0——本地DTE不满意, Discovery流程不能完成; 0x1——本地DTE Discovery流程没有完成; 0x2——本地DTE Discovery流程已经完成; 0x3——预留, 不应发送该值。如果接收到0x3, 应忽略并且不改变收到的前一个值
3	Local Evaluating	
2	Critical Event	1——发生了严重事件; 0——没有发生严重事件
1	Dying Gasp	1——发生了不可恢复的本地故障状态; 0——没有发生不可恢复的本地故障状态
0	Link Fault	物理层检测到本地DTE的接收方向发生了故障 ( 如链路、物理层 ) 1——本地DTE接收通道发生故障; 0——本地DTE接收通道没有发生故障

注: 特殊故障定义包括Critical Event、Dying Gasp和Link Fault flags的实现不在本标准规定范围

D.4.2.3 Code域

Code域的值由control功能模块的transmit流程设置。OAM Client对所有它产生的OAMPDU的Code域值进行设置。见表D.4。

表D.4 Code域

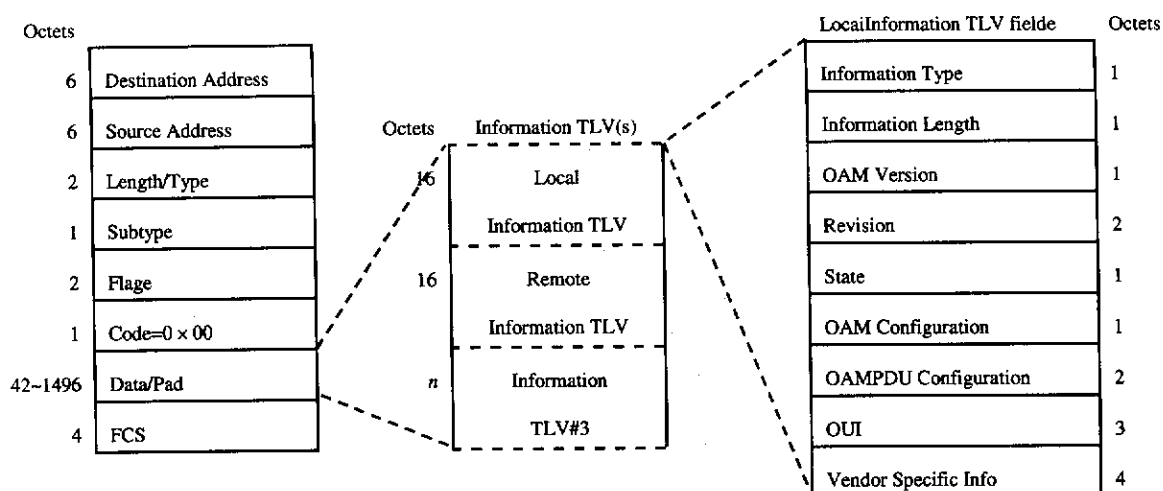
编码	OAMPDU	注释	源
00	Information	本地和远端OAM消息通信	OAM Client/OAM子层
01	Event Notification	通知远端DTE链路事件	OAM Client
02	Variable Request	请求一个或多个特定的MIB变量	OAM Client
03	Variable Response	返回一个或多个特定的MIB变量	OAM Client
04	Lookback Control	激活/去激活OAM远端环回	OAM Client
05-FD	Reserved	预留	OAM Client
FE	Organization Specific	预留用于Organization Specific Extensions, 由Organizationally Unique Identifier鉴别	OAM Client
FF	Reserved	预留	OAM Client

### D.4.3 OAMPDU描述

本地OAM子层通过OAMPDU与远端OAM子层通信。OAMPDU用特定的编码来标识。OAMPDU格式应兼容IEEE 802.3帧。OAMPDU的定义如D.8所示，包含IEEE 802.3规定的Length/Type域后的Subtype域、Flags域和Code域。OAMPDU中的Data域从固定位置开始。不同OAMPDU的Data域内容不同。所有收到的OAMPDU（包括具有保留Code域值的OAMPDU）被送至OAM Client。具有保留Code域值的OAMPDU不应被发送。

#### D.4.3.1 Information OAMPDU

Information OAMPDU的编码域值为0x00，用于将OAM状态信息发送至远端DTE。Information OAMPDU帧结构如D.9所示。

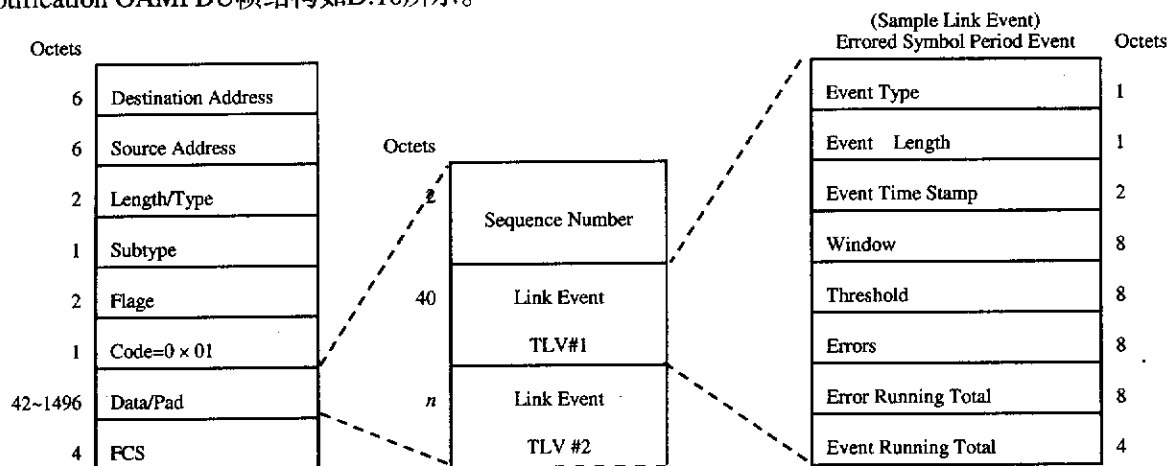


图D.9 Information OAMPDU帧结构

当local\_pdu置为LF\_INFO时，Information OAMPDU Data域不应有任何Information TLVs。当local\_pdu不置为LF\_INFO时，Information OAMPDU Data域应包含紧跟Code域的Local Information TLV。此外，如果Discovery状态图变量remote\_state\_valid为TRUE，Data域也应包含紧跟Local Information TLV的Remote Information TLV，也可以包含其他Information TLVs。

#### D.4.3.2 Event Notification OAMPDU

可选的Event Notification OAMPDU的Code域设为0x01，用于通知远端DTE链路事件。Event Notification OAMPDU帧结构如D.10所示。



图D.10 Event Notification OAMPDU帧结构

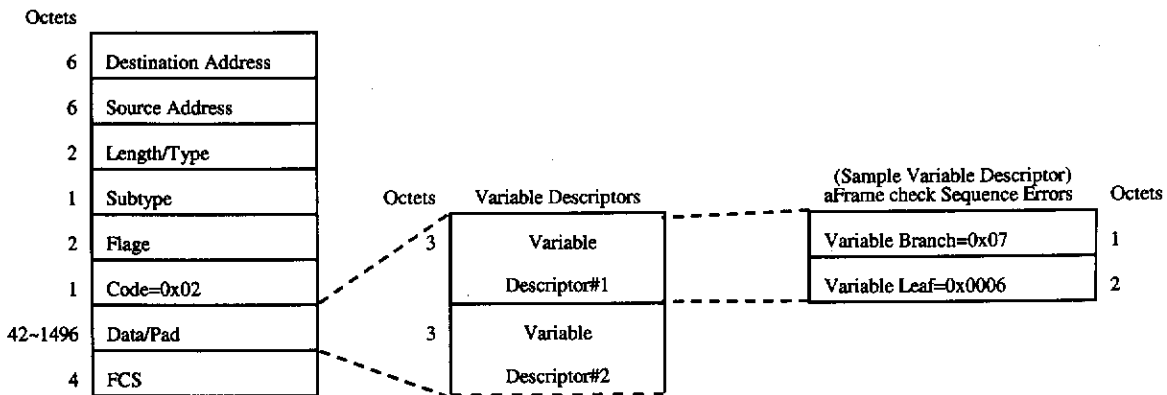
Data域的头两个字节应包含一个类型为16比特无符合整型的Sequence Number。OAM Client可重复发送Event Notification OAMPDU以增强远端DTE收到特殊事件通知的几率。OAM Client每生成一个Event Notification OAMPDU就将Sequence Number加1。特殊Event Notification OAMPDU可采用相同的Sequence Number重复发送多次。建议源OAMPDU后重复发送的Event Notification OAMPDU不应插入不同的Event Notification OAMPDU。如果新的Event Notification OAMPDU已经跟在源OAMPDU后,则不应发送重复的Event Notification OAMPDU。任何特殊事件只能用惟一的Event Notification OAMPDU来通知(虽然OAMPDU可多次重复发送)。当接收到Event Notification OAMPDU时, OAM Client对它的Sequence Number和前一个收到的Sequence Number进行比较。如果相等,则当前的OAMPDU是重复发送的应被OAM Client忽略。

Sequence Number域后的Data域应包含一个或多个可选的Link Event TLV, 可提供有用的事件和故障诊断信息。

### D.4.3.3 Variable Request OAMPDU

可选Variable Request OAMPDU的Code域编码为0x02, 用于向远端DTE请求一个或多个MIB变量。Variable Request OAMPDU帧结构如D.11所示。

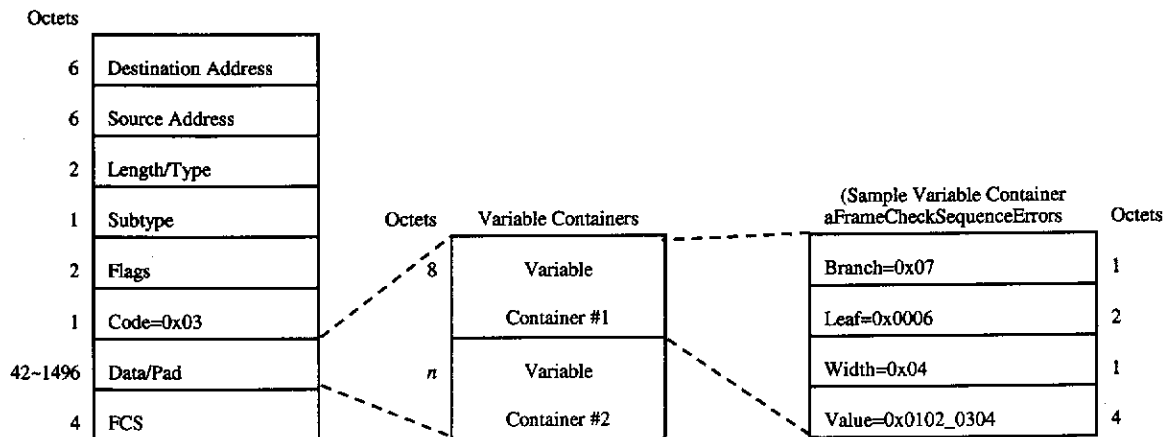
Variable Request OAMPDU的Data域应包含一个或多个变量描述。



图D.11 Variable Request OAMPDU帧结构

### D.4.3.4 Variable Response OAMPDU

可选Variable Response OAMPDU的Code域编码为0x03, 用于返回一个或多个MIB变量。Variable Response OAMPDU帧结构如图D.12所示。



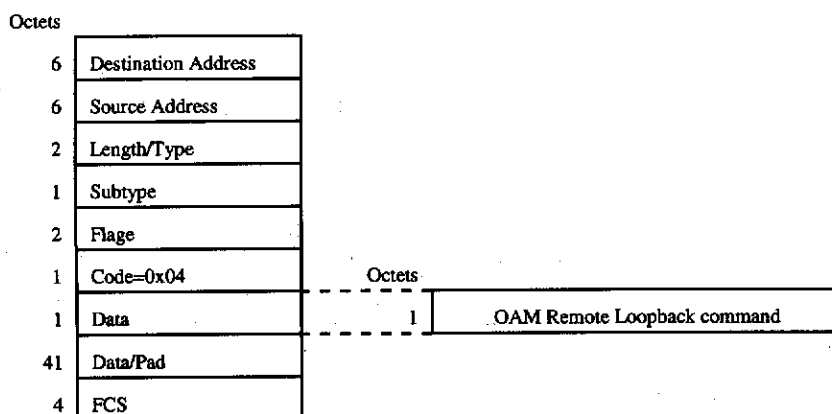
图D.12 Variable Response OAMPDU帧结构

Variable Response OAMPDU的Data域应包含一个或多个Variable Container。OAM Client收到Variable Request OAMPDU后在1s内发送Variable Response OAMPDU。如果DTE不能获得一个或多个变量，应在1s内进行响应并指示错误。如果DTE不能在分组包或对象中获得一个或多个属性，应进行下面其中之一动作：

- a) 返回与特殊属性对应的Variable Indication并返回所有其他要求的变量；
- b) 返回与整个分组包或对象对应的Variable Indication。

#### D.4.3.5 Loopback Control OAMPDU

可选Loopback Control OAMPDU的Code域编码为0x04，用于控制远端DTE的OAM远端环回状态。Loopback Control OAMPDU帧结构如图D.13所示。



图D.13 Loopback Control OAMPDU帧结构

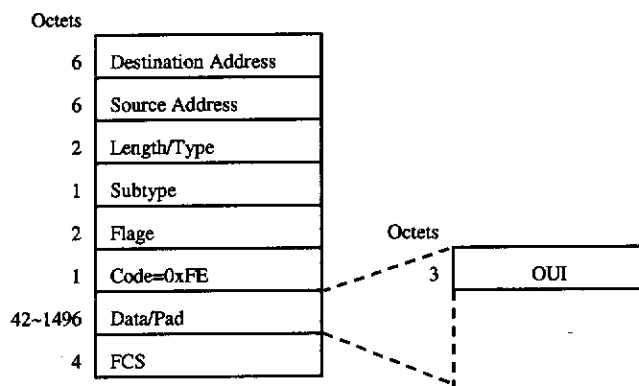
Loopback Control OAMPDU的Data域应包含OAM远端环回命令，表D.5定义了OAM远端环回命令。

表D.5 OAM远端环回命令

命令	描述
0x00	预留，不应发送，接收时应被OAM Client忽略
0x01	激活OAM Remote Lookback
0x02	去激活OAM Remote Lookback
0x03-0xFF	预留，不应发送，接收时应被OAM Client忽略

#### D.4.3.6 Organization Specific OAMPDU

可选Organization Specific OAMPDU的Code域编码为0xFE，用于组织特定扩展。Organization Specific OAMPDU帧结构如表D.14所示。



图D.14 Organization Specific OAMPDU帧结构

Organization Specific OAMPDU Data域的头三个字节应包含OUI，其他部分的格式和功能由OUI值决定，这不在本标准规定的范围。

## D.5 OAM TLV

### D.5.1 解析 (Parsing)

OAM Client对OAM TLV进行解析。所有的OAM TLV均包含一个字节的Type域和一个字节的Length域。Length域覆盖了整个TLV，包括Type域和Length域。TLV处理时应遵循以下原则：

- a) 检测到TLV Type值为0x00，则应指示不处理TLV (Type值为0x00的TLV的长度和值可被忽略)；
- b) Length域值为0x00或0x01的TLV被视为非法，认为OAMPDU无TLV；
- c) 不认识或不期望类型的TLV应被忽略；
- d) 如果TLV的长度与Type域对应的长度不一致，TLV和帧中余下的部分应被忽略；
- e) 如果TLV长度指示TLV超出帧 (如长度和帧的长度与起始点不符)，则TLV应被忽略。

### D.5.2 Information TLVs

#### D.5.2.1 基本定义

Information TLV位于Information OAMPDU中，表D.6定义了Information TLV。

表D.6 Information TLV类型

类型	描述
0x00	TLV结束标志
0x01	Local Information
0x02	Remote Information
0x03-0xFD	预留，不应发送，接收时应被OAM Client忽略
0xFE	Organization Specific Information
0xFF	预留，不应发送，接收时应被OAM Client忽略

#### D.5.2.2 Local Information TLV

Local Information TLV应具有以下域：

- a) Information Type = Local Information: 1字节，指示TLV承载的数据属性。
- b) Information Length: 1字节，指示TLV字节长度，Local Information TLV长度值为16 (0x10)。
- c) OAM Version: 1字节，指示DTE支持的版本号，应包含值0x01表示要求兼容协议Version 1。
- d) Revision: 2字节，指示Information TLV的当前修订版本。Revision域值应从0开始，每次Information TLV改变时该域值增加。当从对端收到Information TLV时，OAM Client可采用该域值来决定是否需要处理 (不应处理Revision值与前一Information TLV一致的Information TLV，因为域值指示没有任何变化)。
- e) State: 1字节，包含OAM状态信息，见表D.7。
- f) OAM Configuration: 1字节，包含OAM配置变量，见表D.8。
- g) OAMPDU Configuration: 2字节，包含OAMPDU配置变量，见表D.9。
- h) OUI: 3字节，包含24比特Organizationally Unique Identifier，见表D.10。
- i) Vendor Specific Information: 4字节，包含Vendor Specific Information域，见表D.11。

表D.7 State域

比特	名称	描述
7: 3	预留	当发送OAMPDU时, Local Information TLV中的预留比特应置为0, 接收时应忽略
2	Multiplexer Action	0——向下层转发非OAMPDU (local_mux_action = FWD) 1——丢弃非OAMPDU (local_mux_action = DISCARD)
1: 0	Parser Action	00——向高层转发非OAMPDU (local_par_action = FWD) 01——环回非OAMPDU至下层 (local_par_action = LB) 10——丢弃非OAMPDU (local_par_action = DISCARD) 11——预留, Local Information TLV不应发送该值, 若收到该值应忽略并且不改变收到的上一个值

表D.8 OAM Configuration域

比特	名称	描述
7: 5	预留	当发送OAMPDU时, Local Information TLV中的预留比特应置为0, 接收时应忽略
4	变量提取	1——DTE支持发送Variable Response OAMPDU 0——DTE不支持发送Variable Response OAMPDU
3	Link Event	1——DTE支持分析Link Event 0——DTE不支持分析Link Event
2	OAM远端环回支持	1——DTE支持OAM远端环回模式 0——DTE不支持OAM远端环回模式
1	单向支持	1——当接收通路处于非运行状态时, DTE可以发送OAM 0——当接收通路处于非运行状态时, DTE不可以发送OAM
0	OAM模式	1——DTE处于主动模式 0——DTE处于被动模式

表D.9 OAMPDU Configuration域

比特	名称	描述
15: 11	预留	当发送OAMPDU时, Local Information TLV中的预留比特应置为0, 接收时应忽略
10: 0	Maximum OAMPDU Size	11比特, 表示DTE支持的最大OAMPDU的字节数。将该值与远端Maximum PDU Size进行比较, 采用其中较小值。 在交换并协商成功Maximum OAMPDU Size前, DTE应发送minFrameSize OAMPDU。Maximum OAMPDU Size最小值为minFrameSize/8, 最大值为maxUntaggedFrameSize。 本地DTE的最大OAMPDU长度和收到的Information OAMPDU指示的远端最大OAMPDU长度限制了DTE发送OAMPDU。因为各端动态决定所用的最大OAMPDU长度, 所以协商好一个长度后不应要求DTE改变该值

表D.10 OUI域

比特	名称	描述
23: 0	OUI	24比特的厂商Organizationally Unique Identifier

表D.11 Vendor Specific Information域

比特	名称	描述
31: 0	Vendor Specific Information	32比特标识, 可用于区分厂商产品型号和版本

### D.5.2.3 Remote Information TLV

Remote Information TLV应是前一个收到的Local Information TLV的复制，Local Information TLV来自远端OAM并带有期望的Information Type域。

### D.5.2.4 Organization Specific Information TLV

Organization Specific Information TLV应包含以下各域：

- a) Information Type = Organization Specific Information: 1字节，指示TLV承载的数据属性。
- b) Information Length: 1字节，指示TLV的字节长度，Organization Specific Information TLV的长度未做规定。
- c) Organizationally Unique Identifier: 3字节，应包含24比特的Organizationally Unique Identifier( OUI)。
- d) Organization Specific Value: 指示Organization Specific Information TLV的值，该域长度和内容未做规定。

## D.5.3 Link Event TLV

### D.5.3.1 基本定义

Link Event TLV在Event Notification OAMPDU中，见表D.12。

表D.12 Link Event TLV类型值

类型	描述
0x00	TLV结束标志
0x01	Errored Symbol Period Event
0x02	Errored Frame Event
0x03	Errored Frame Period Event
0x04	Errored Frame Seconds Summary Event
0x05-0xFD	预留，不应发送该值，OAM Client收到该值应忽略
0xFE	Organization Specific Event
0xFF	预留，不应发送该值，OAM Client收到该值应忽略

### D.5.3.2 Errored Symbol Period Event TLV

Errored Symbol Period Event TLV统计一定时间段内的错误符号数目。时间段的大小由物理层在一个时间间隔内可接收的符号数来决定。当错误符号计数等于或超过规定的门限值时产生该事件报告。

Errored Symbol Period Event TLV应包含下列域：

- a) Event Type = Errored Symbol Period Event: 1字节，指示TLV承载的信息属性，该域编码见表D.12。
- b) Event Length: 1字节，指示TLV的字节长度，Errored Symbol Period Event的长度域值为40( 0x28 )。
- c) Event Time Stamp: 2字节，指示事件产生时的时间参考，时间间隔为100ms，用16比特无符号整型进行编码。
- d) Errored Symbol Window: 8字节，指示时间段内的符号数，用64比特无符号整型进行编码。
  - (1) 默认值是物理层每秒的符号数；
  - (2) 下限是物理层每秒的符号数；
  - (3) 上限是物理层每分钟的符号数；
- e) Errored Symbol Threshold: 8字节，指示事件发生时大于或等于的一段时间内的错误符号数，用64比特无符号整型进行编码。



- (1) 默认值是1个错误符号；
- (2) 下限是0个错误符号；
- (3) 上限无规定。

f) Errored Symbols: 8字节, 指示一定时间段内的错误符号数, 用64比特无符号整型进行编码。

g) Error Running Total: 8字节, 指示从OAM子层复位以来的错误符号总数。

h) Event Running Total: 4字节, 指示从OAM子层复位以来产生的Errored Symbol Period Event TLV的总数。

该事件在事件窗口末尾产生, 而不是在超过门限时产生。

#### D.5.3.3 Errored Frame Event TLV

Errored Frame Event TLV统计一定时间段内检测到的误帧数目。统计时间段由时间间隔确定。如果误帧计数等于或大于规定的门限值, 应产生误帧事件报告。误帧是指MAC子层检测到的传输错误帧, 通过MA\_DATA.indication服务原语的reception\_status参数进行通信。

Errored Frame Event TLV应包含以下域:

a) Event Type = Errored Frame Event: 1字节, 指示TLV承载的信息属性, 该域编码见表D.12。

b) Event Length: 1字节, 指示TLV的字节长度, Errored Frame Event的长度域值为26 (0x1A)。

c) Event Time Stamp: 2字节, 指示事件产生时的时间参考, 时间间隔为100ms, 用16比特无符号整型进行编码。

d) Errored Frame Window: 2字节, 指示时间周期, 以100ms为时间间隔, 用16比特无符号整型进行编码。

- (1) 默认值是1s;
- (2) 下限是1s;
- (3) 上限是1min。

e) Errored Frame Threshold: 4字节, 指示事件发生时应大于或等于的一段时间内检测到的误帧数目, 该域用32比特无符号整型进行编码。

- (1) 默认值是1个错误帧;
- (2) 下限是0个错误帧;
- (3) 上限无规定。

f) Errored Frame: 4字节, 指示一定时间内检测到的误帧数目, 用32比特无符号整型进行编码。

g) Error Running Total: 8字节, 指示从OAM子层复位以来检测到的误帧总数。

h) Event Running Total: 4字节, 指示从OAM子层复位以来产生的Errored Frame Event TLV总数。

该事件在事件窗口末尾产生, 而不是在超过门限时产生。

#### D.5.3.4 Errored Frame Period Event TLV

Errored Frame Period Event TLV统计一定时间段内检测到的误帧数目。统计时间段由接收到的帧数目来确定。如果误帧数目等于或超过该时间段内规定的门限值则应产生该事件(例如, 接收1000000个帧产生的误帧数 $\geq 10$ )。误帧是指MAC子层检测到的传输错误帧, 通过MA\_DATA.indication服务原语的reception\_status参数进行通信。

Errored Frame Period Event TLV应包含以下域:

- a) Event Type = Errored Frame Period Event: 1字节, 指示TLV承载信息的属性, 该域编码值见表D.12。
- b) Event Length: 1字节, 指示TLV的字节长度, Errored Frame Period Event的长度域值为28(0x1C)。
- c) Event Time Stamp: 2字节, 指示事件产生时的时间参考, 时间间隔为100ms, 用16比特无符号整型进行编码。
- d) Errored Frame Window: 4字节, 指示时间周期, 以帧为单位。该域用32比特无符号整型进行编码。
  - (1) 默认值是物理层在1s内能收到的minFrameSize帧数目;
  - (2) 下限是物理层在100ms内能收到的minFrameSize帧数目;
  - (3) 上限是物理层在1min内能收到的minFrameSize帧数目;
- e) Errored Frame Threshold: 4字节, 指示事件发生时应大于或等于的一段时间内检测到的误帧数目, 该域用32比特无符号整型进行编码。
  - (1) 默认值是1个错误帧;
  - (2) 下限是0个错误帧;
  - (3) 上限无规定。
- f) Errored Frames: 4字节, 指示一定时间内检测到的误帧数目, 用32比特无符号整型进行编码。
- g) Error Running Total: 8字节, 指示从OAM子层复位以来检测到的误帧总数。
- h) Event Running Total: 4字节, 指示从OAM子层复位以来产生的Errored Frame Event TLV总数。该事件在事件窗口末尾产生, 而不是在超过门限时产生。

#### D.5.3.5 Errored Frame Seconds Summary Event TLV

Errored Frame Seconds Summary Event TLV统计一定时间段内的误帧秒数目。统计时间段由时间间隔确定。如果误帧秒数目大于或等于该时间段内规定的门限值则应产生该事件。误帧秒是指在1s内至少检测到一个误帧。误帧是指MAC子层检测到的传输错误帧, 通过MA\_DATA.indication服务原语的reception\_status参数进行通信。

Errored Frame Seconds Summary Event TLV应包含以下域:

- a) Event Type = Errored Frame Seconds Summary Event: 1字节, 指示TLV承载信息的属性, 该域编码值见表D.12。
- b) Event Length: 1字节, TLV的字节长度, Errored Frame Seconds Summary Event的长度域值为18(0x12)。
- c) Event Time Stamp: 2字节, 指示事件产生时的时间参考, 时间间隔为100ms, 用16比特无符号整型进行编码。
- d) Errored Frame Seconds Summary Window: 2字节, 指示时间周期, 以100ms为时间间隔, 用16比特无符号整型进行编码。
  - (1) 默认值为60s;
  - (2) 下限是10s;
  - (3) 上限是900s。
- e) Errored Frame Seconds Summary Threshold: 2字节, 指示事件发生时应大于或等于的误帧秒数目, 用16比特无符号整型进行编码。
  - (1) 默认值是1个误帧秒;
  - (2) 下限是0个误帧秒;

(3) 上限未规定。

f) Errored Frame Seconds Summary: 2字节, 指示一定时间内的误帧秒数目, 用16比特无符号整型进行编码。

g) Error Running Total: 4字节, 指示从OAM子层复位以来检测到的误帧秒总数。

h) Event Running Total: 4字节, 指示从OAM子层复位以来检测到的Errored Frame Seconds Summary Event TLV总数, 用32位比特无符号整型进行编码。

该事件在事件窗口末尾产生, 而不是在超过门限时产生。

#### D.5.3.6 Organization Specific Event TLV

可选的Organization Specific Event TLV可用于管理对事件机制定义的扩展。Organization Specific Event TLV应具有以下域:

a) Event Type = Organization Specific Event: 1字节, 指示TLV承载的信息属性, 该域编码值见表D.12。

b) Event Length: 1字节, TLV的字节长度, Organization Specific Event的长度域值未规定。

c) Organizationally Unique Identifier: 3字节, 应包含24比特Organizationally Unique Identifier。

d) Organization Specific Value: 该域指示Organization Specific Value的值, 未规定。

### D.6 变量

#### D.6.1 基本定义

使用Variable Request OAMPDU和Variable Response OAMPDU可查询和返回MIB变量。Variable Request OAMPDU的数据结构称为Variable Descriptor (见D.6.2节)。OAM Client可在每个Variable Request OAMPDU中请求一个或多个变量。Variable Response OAMPDU的数据结构称为Variable Container (见D.6.4节)。每个返回的Variable Container应由单一Variable Response OAMPDU承载。如果单一Variable Response OAMPDU不能承载一个Variable Container, 返回错误码。在返回请求变量时, OAM Client对收到的每个Variable Request OAMPDU至少产生一个或多个Variable Response OAMPDU。

#### D.6.2 Variable Descriptor

Variable Descriptor用于请求MIB属性、对象和分组包, 并使用CMIP协议进行编码 (见Annex 30A)。Variable Descriptor结构见表D.13。

表D.13 Variable Descriptor格式

字节数	名称	描述
1	Variable Branch	Variable Branch会涉及属性、对象或分组包。如果涉及对象或分组包, 则在Variable Container中只有对象或分组包的属性。Variable Container中不应有动作
2	Variable Leaf	Variable Leaf域使用CMIP协议编码

#### D.6.3 Variable Container

Variable Container用于返回MIB属性、对象和分组包。Variable Response OAMPDU的Data域可包含一个或多个Variable Container。

##### D.6.3.1 返回属性时的Variable Container格式

返回属性的Variable Container的结构见表D.14。

表D.14 返回属性时的Variable Container格式

字节数	名称	描述
1	Variable Branch	Variable Branch会涉及属性、对象或分组包。如果涉及对象或分组包，则在Variable Container中只有对象或分组包的属性。Variable Container中不应有动作
2	Variable Leaf	Variable Leaf域使用CMIP协议编码
1	Variable Width	当bit7=1时，bit6: 0表示Variable Indication，见表D.17。无Variable Value域。 当bit7=0时，bit6: 0表示Variable Value域的字节长度，编码0x00表示128字节，其他编码表示准确值
可变	Variable Value	Variable Value域长度可以是1~128字节，其宽度由Variable Width域决定

第一个域是1字节的Variable Branch域，第二个域是2字节的Variable Leaf域，表D.16是Variable Branch和Variable Leaf的举例。第三个域是1字节的Variable Width域，该域或者包含属性的实际宽度，或者包含携带不能返回的特殊属性信息的Variable Indications，见表D.17。如果Variable Width域包含一个宽度值，则第四个域是包含属性的Variable Value域。该域最大长度为128字节，最高有效字节居先。如果Variable Width域包含Variable Indications，则Variable Value域不存在。

#### D.6.3.2 返回对象和分组包时的Variable Container格式

返回对象和分组包时的Variable Container格式见表D.15。

表D.15 返回对象和分组包时的Variable Container格式

字节数	名称	描述
1	Variable Branch	Variable Branch会涉及属性、对象或分组包。如果涉及对象或分组包，则在Variable Container中只有对象或分组包的属性。Variable Container中不应有动作
2	Variable Leaf	Variable Leaf域使用CMIP协议编码
1	Variable Width	当bit7=1时，bit6: 0表示Variable Indication，见表D.17。无Variable Value域。 当bit7=0时，bit6: 0表示Variable Value域的字节长度，编码0x00表示128字节，其他编码表示准确值
可变	Variable Value	Variable Value域长度可以是1~128字节，其宽度由Variable Width域决定

分组包定义为一组MIB属性和/或动作。对象是一组分组包，由MIB属性和/或动作按序组成。Variable Container提供了一个返回分组包和对象的有效方式。分组包和对象中的属性按照Annex 30A中所列属性的顺序返回。

返回分组包和对象的Variable Container和返回属性的Variable Container非常相似。第一个域是1字节的Variable Branch域，用于返回特定的分组包和对象。第二个域是2字节的Variable Leaf域，用于返回特定的分组包和对象。表D.17是Variable Branch和Variable Leaf的举例。第三个域1字节，是返回的分组包或对象中第一个属性的Variable Width域。该域或者包含属性的实际宽度，或者包含携带不能返回的特殊属性信息的Variable Indications，见表D.17。如果Variable Width域包含一个宽度值，则第四个域是Variable Value域，包含返回分组包和对象的第一个属性。该域最大长度是128字节，最高有效字节居先。如果Variable Width域包含Variable Indications，则Variable Value域不存在。

对于分组包中的每个后续属性（如果实现），Variable Width域和Variable Value域将重复。

对于对象中的每个后续分组包中的每个后续属性（如果实现），Variable Width域和Variable Value域将重复。

#### D.6.4 Parsing

OAM Client解析Variable Descriptor和Variable Container。所有Variable Descriptor/Container均包含一个1字节的Variable Branch域和一个2字节的Variable Leaf域。Variable Descriptor/Container的处理应遵循以下原则：

- a) Variable Branch域值为0x00，表示没有Variable Descriptor/Container要处理（后续的域被忽略）。
- b) Variable Branch或Variable Leaf域包含不认识或不期望的值时应被忽略。
- c) 如果Variable Width域指示Variable Container扩展超过了帧（例如，长度和帧长、起始点不匹配），则Variable Container应被忽略。
- d) Variable Indication值为0x40，指示对象中没有其他属性需要处理。
- e) Variable Indication值为0x60，指示分组包中没有其他对象需要处理。

#### D.6.5 Variable Branch/Leaf举例

表D.16包含一组返回属性、分组包和对象的Branch和Leaf值。

表D.16 Variable Branch/Leaf举例

变量类型	变量名称	Variable Branch	Variable Leaf
属性	aFramesTransmittedOK	0x07	0x002
属性	aFramesReceivedOK	0x07	0x005
分组	pMandatory	0x04	0x001
分组	pRecommended	0x04	0x002
对象	oMACEntity	0x03	0x001
对象	oPHYEntity	0x03	0x002

#### D.6.6 Variable Indication

如果DTE不能获得一个或多个变量，则使用Variable Container返回特殊变量对应的Variable Indication。Variable Indication定义见表D.17。

表D.17 Variable Indication

编 码	指 示
0x00	预留，不应发送，接收时OAM Client应忽略该值
0x01	所请求的Variable Container长度超过了OAMPDU的Data域
0x02-1F	预留，不应发送，接收时OAM Client应忽略该值
属性指示	
0x20	因为一个不确定的错误无法返回所请求的属性
0x21	因为本地DTE不支持，所以无法返回所请求的属性
0x22	所请求的属性可能被重起动作中断
0x23	因为硬件故障无法返回所请求的属性
0x24	所请求属性发生溢出错误
0x25-3F	预留，不应发送，接收时OAM Client应忽略该值
对象指示	
0x40	对象指示结束
0x41	因为一个不确定的错误无法返回所请求的属性
0x42	因为本地DTE不支持，所以无法返回所请求的属性

表D.17 (续)

编 码	指 示
0x43	所请求的属性可能被重起动作中断
0x44	因为硬件故障无法返回所请求的属性
0x45-5F	预留, 不应发送, 接收时OAM Client应忽略该值
分组包指示	
0x60	分组包指示结束
0x61	因为一个不确定的错误无法返回所请求的属性
0x62	因为本地DTE不支持, 所以无法返回所请求的属性
0x63	所请求的属性可能被重起动作中断
0x64	因为硬件故障无法返回所请求的属性
0x65-7F	预留, 不应发送, 接收时OAM Client应忽略该值