

ICS 33 040 50
M 42

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1771-2008

接入网技术要求 ——EPON 系统互通性

Technical Requirements for Access Networks
——Interoperability of EPON Systems

2008-03-13 发布

2008-07-01 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 缩略语	1
4 EPON 系统的参考模型	3
5 EPON 系统的互通性参考模型	4
6 EPON 基本功能互通性要求	5
6.1 RS 子层/PMA 子层	5
6.2 PCS 子层	5
6.3 MPCP 子层	5
6.4 DBA 互通性功能要求	10
7 业务承载互通性要求	11
7.1 多业务 QoS 互通性功能要求	11
7.2 VLAN 功能要求	13
7.3 组播功能要求	15
7.4 安全性功能	16
7.5 TDM 业务要求 (可选)	19
8 操作管理和维护功能互通性要求	19
8.1 总体要求	19
8.2 扩展的 OAM 管理功能要求	19
8.3 扩展的 OAM 发现	19
8.4 扩展的 ONU 远程管理功能	23
8.5 扩展的管理对象、属性和操作	24
8.6 ONU 的 DBA 参数的远程管理	44
8.7 搅动密钥交互功能	49
8.8 ONU 的初始化自动配置	51
8.9 ONU 的缺省配置	51
附录 A (规范性附录) LLID 互通性要求	52
附录 B (规范性附录) 三重搅动功能	53

前 言

本标准与 IEEE 802.3-2005《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》的一致性程度为非等效，主要技术差异如下：

- 根据互通性的实际需求补充规定了 PMA 子层、PCS 子层、RS 子层和 MPCP 层的功能要求；
- 增加了 DBA、QoS、VLAN 等要求；
- 增加了组播控制的功能要求；
- 增加了安全性功能要求；
- 要求必须支持 OAM 功能，并且增加了扩展 OAM 功能；

——采用和 IEEE 802.3-2005 不同的编写格式和方法，本标准的编写格式和方法遵照我国标准化工作导则的有关规定。

本标准是无源光网络（PON）系列标准之一。该系列标准的名称和结构预计如下：

1. 接入网技术要求——基于 ATM 的无源光网络（APON）
2. 接入网设备测试方法——基于 ATM 的无源光网络（APON）
3. 接入网技术要求——基于以太网方式的无源光网络（EPON）
4. 接入网设备测试方法——基于以太网方式的无源光网络（EPON）
5. 接入网技术要求——EPON 系统互通性
6. 接入网设备测试方法——EPON 系统互通性
7. 接入网技术要求——吉比特的无源光网络（GPON）
8. 接入网设备测试方法——吉比特无源光网络（GPON）

本标准与《接入网设备测试方法——EPON 系统互通性》配套使用。

本标准中的附录 A、附录 B 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：中国电信集团公司、信息产业部电信研究院、北京邮电大学、华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、上海贝尔阿尔卡特股份有限公司、北京西门子通信网络股份有限公司、北京格林威尔科技发展有限公司、武汉邮电科学研究院、UT斯达康（重庆）通讯有限公司

本标准主要起草人：沈成彬、蒋 铭、王 波、陈 洁、谢云鹏、盖鹏飞、何 岩、赵焕东、寿国础

接入网技术要求

——EPON系统互通性

1 范围

本标准规定以太网无源光网络（EPON）系统的物理媒质相关（PMD）子层、协调子层（RS）以及多点控制协议（MPCP）、动态带宽分配（DBA）和服务质量（QoS）、组播控制、安全性、操作管理和维护（OAM）以及业务层的协议互通性要求。

EPON系统中的光线路终端（OLT）和光网络单元（ONU）的设备类型的要求不在本标准范围内。

本标准适用于公众电信网环境下的EPON系统，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。

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）
ITU-T G.983.1	基于无源光网络的宽带光接入系统（BPON）
ITU-T Y.1291（2004）	分组网络支持 QoS 的结构框架
IEEE 802.1D-2004	局域网和城域网的 IEEE 标准——媒体访问控制网桥
IEEE 802.1Q-2005	局域网和城域网的 IEEE 标准——虚拟局域网协议
IEEE 802.1ad	局域网和城域网的 IEEE 标准——虚拟局域网协议——增补文件 4：提供商网桥
IEEE 802.3-2005	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
IETF RFC3985（2005）	边缘到边缘的伪线仿真体系结构
IETF RFC4197（2005）	分组交换网络上边缘到边缘的时分复用（TDM）电路仿真要求
IETF RFC4553（2006）	分组上面的非结构化的时分复用

3 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line	非对称数字用户线
CDR	Call Detail Record	呼叫信息记录
CESoP	Circuit Emulation Service over Packet	分组上面的电路仿真业务
CESoP	Circuit Emulation Service over Packet Switching Network	分组交换网络上电路仿真业务
CIR	Committed Information Rate	保证比特率
CVLAN	Customer VLAN	用户（内层）虚拟局域网

DA	Destination Address	目的地址
DBA	Dynamic Bandwidth Allocation	动态带宽分配
DSCP	Differentiated Services Code Point	区分服务编码点
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
FIR	Fixed Information Rate	固定比特率
FTTB/C	Fiber to the Building/Curb	光纤到楼宇/分线盒
FTTCab	Fiber to the Cabinet	光纤到交接箱
FTTH	Fiber to the Home	光纤到家庭用户
FTTO	Fiber to the Office	光纤到公司/办公室
IETF	Internet Engineering Task Force	互联网工程任务组
IGMP	Internet Group Management Protocol	互联网组管理协议
IPG	Inter-packet Gap	帧间隔
IPTV	Internet Protocol Television	网络电视
LLID	Logical Link Identifier	逻辑链路标识
LSB	Least Significant Bit	最低位
MAC	Medium Access Control	媒质访问控制
MIB	Management Information Base	管理信息库
MPCP	Multi-point control protocol	多点控制协议
MPCPDU	MPCP Data Unit	MPCP 数据单元
MSB	Most Significant Bit	最高位
OAM	Operation, Administration & Maintenance	操作、管理和维护
ODN	Optical Distribution Network	光分配网络
OLT	Optical Line Terminal	光线路终端
ONU	Optical Network Unit	光网络单元
OUI	Organizationally Unique Identifier	机构惟一性标识
P2MP	Point to Multi-point	点到多点
PCS	Physical Code Sublayer	物理编码子层
PIR	Peak Information Rate	峰值比特率
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
POTS	Plain Old Telephone Service	传统电话业务
PPPoE	Point-to-point Protocol over Ethernet	以太网上的点对点协议
PWE3	Pseudo Wire Emulation Edge-to-edge	边缘到边缘的伪线仿真
QoS	Quality of Service	服务质量
RED	Random Early Detection	随机早期检测
RS	Reconciliation Sublayer	协调子层
RTP	Real Time Protocol	实时传输协议
RTT	Round Trip Time	往返时间
SA	Source Address	源地址
SAToP	Structure-agnostic TDM over Packet	分组上面的非结构化的时分复用
SCB	Single Copy Broadcast	单拷贝广播
SLA	Service Level Agreement	服务等级协定
SLD	Start of LLID Delimiter	LLID 起始定界符
SP	Strict Priority	严格优先级
SPD	Start of Packet Delimiter	帧起始定界符
SNI	Service Node Interface	业务节点接口
SVLAN	Service VLAN	业务（外层）虚拟局域网
TDM	Time Division Multiplex	时分复用
TDMA	Time Division Multiple Access	时分多址接入
TLV	Type Length Value	类型长度值
ToS	Type of Service	服务类型
TQ	Time Quantum	时间量子
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
VoIP	Voice over IP	IP 语音
WRED	Weighted Random Early Detection	加权随机早期检测
WRR	Weighted Round Robin	加权轮询算法
XOR	Exclusive OR	异或

4 EPON 系统的参考模型

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接入方式并对各ONU的数据发送进行仲裁。ODN由光纤和一个或多个无源光分路器等无源光器件组成，在OLT和ONU间提供光通道。

EPON系统参考结构如图1所示，IF_{PON}为PON接口。

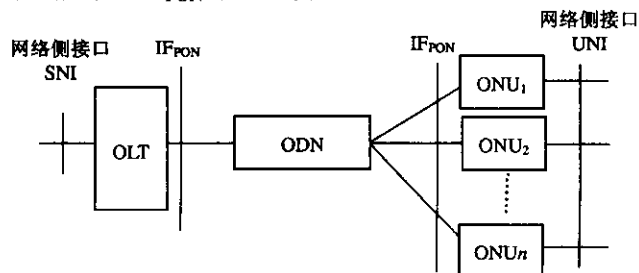


图1 EPON系统参考结构

按照ONU在接入网中所处的位置不同，EPON系统可以有几种网络应用类型：光纤到交接箱（FTTCab）、光纤到楼宇/分线盒（FTTB/C）、光纤到家庭用户（FTTH）、光纤到公司/办公室（FTTO）。

5 EPON系统的互通性参考模型

EPON系统的互通可分成3部分：EPON基本功能的互通、业务承载相关功能的互通、操作管理和维护功能的互通，如图2所示。

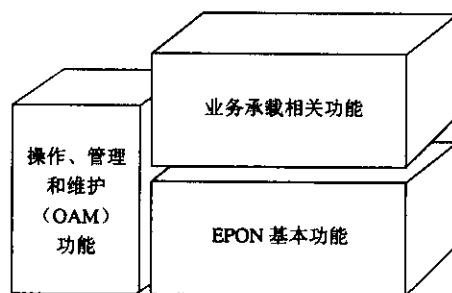


图2 EPON系统互通性

EPON基本功能的互通包括PMD、PMA（物理媒质附加子层）、PCS（物理编码子层）、RS、MAC（媒质访问控制）、MPCP（多点控制协议）等子层的互通，也包括DBA（动态带宽分配）、FEC（前向纠错）等功能。

业务承载相关功能的互通主要指为正常开展各种业务（数据、语音、视频等）所必须的协议的一致性和功能上的互操作，包括：多业务环境下的QoS的互通、组播控制功能的互通、安全性的互通以及时分复用（TDM）业务和语音业务的互通。

操作、管理和维护（OAM）功能的互通是指通过OLT的网络管理系统，对异厂商的ONU进行必要的操作、管理和维护。包括扩展OAM能力的发现，ONU的基本信息和能力的通告，密钥交换，更新与同步功能，用户端口的配置功能和管理、组播的配置功能和管理，VLAN配置和管理，QoS相关功能和参数配置，DBA参数的读取和设置功能以及重启动（reset）ONU等操作（action）功能。

OAM功能的互通包含基本功能互通所必需的OAM功能（主要涉及对EPON基本功能的配置管理）和部分必需的与业务承载相关的OAM功能（主要涉及对部分业务承载功能的配置管理）；其他管理控制功能不在本标准规定范围内（如IP语音协议及其参数的配置、TDM协议及其参数的配置等）。

6 EPON 基本功能互通性要求

6.1 RS 子层/PMA 子层

EPON系统的RS子层和PMA子层应符合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）》附录C的规定。

RS子层数据的前导码格式应符合IEEE 802.3-2005中Clause 65.1.3.2的规定，前导码帧格式如图3所示，对于前导码中的LLID起始定界符（SLD）后第1字节，应作为保留字节，缺省值为0x55。SLD后第2字节为搅动信息标识字段Enc，高6位比特的取值仍遵循IEEE 802.3-2005的标准，低2位比特分别为Flag和Key_Index，其定义见本标准7.3.1的规定。

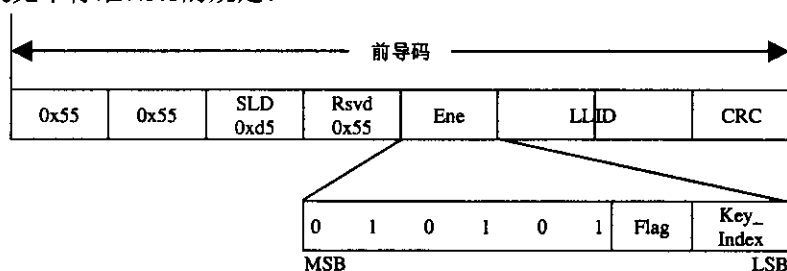


图3 前导码帧格式

在EPON系统中，如果接收到的以太网帧前导码中第4字节为非“0x55”的值或其值为OLT无法识别，应做忽略处理；对接收到的以太网帧前导码中SLD后第2字节，应符合本标准7.3.1的规定做相应处理。

6.2 PCS 子层

EPON系统的PCS子层应符合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）》附录C的规定。

在EPON系统中，帧起始定界符（SPD）应位于偶字节位置。如果以太网帧发送开始时刻位于奇字节位置，1000BASE-X PCS发送功能应按照IEEE 802.3-2005第36章的规定，可以用/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。而1000BASE-PX PCS接收功能应能够检测并定位这2种字节对齐方式的以太网帧的SPD，将上述两种发送情况下的/S/码组还原成前导码，并按照IEEE 802.3-2005第36章的要求对帧结束定界符（EPD，为/T/R/R/ 或/T/R/K28.5/码组）进行正确的处理。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。

EPON系统可选支持双向的FEC功能。当系统支持FEC功能时，针对每个ONU的上行、下行FEC功能应可分别配置。上行方向的FEC功能缺省时关闭。ONU应缺省支持 FEC-enabled和FEC-disabled的下行业务流的自适应接收（混合模式）。OLT和ONU应支持如本标准8.5.5节规定的FEC功能远程配置。

6.3 MPCP 子层

MPCP子层定义了点到多点光网络的MAC控制机制，应符合IEEE 802.3-2005第64章的规定。

每个OLT的PON接口应支持至少64个单播逻辑链路标识（LLID），并采用mode=“1”，LLID=“0x7FFF”的LLID作为广播LLID。

LLID应符合附录A的要求。缺省状态下，一个ONU采用一个单播LLID。

6.3.1 MPCP 发现流程和参数

MPCP的发现过程应符合IEEE 802.3-2005中64.3.3节的规定。考虑到ONU处理REGISTER消息的时延，MPCP发现过程的实现方式有2种：基于询问的MPCP发现过程（方式1）和基于定时器的MPCP发现过程（方式2），OLT应至少支持其中一种。ONU的注册处理时间（Register Processing Time）应不大于20ms。

6.3.1.1 方式 1

参数和变量定义

Gate_tx: 整数变量, 表示在OLT状态机中对特定ONU的发现流程中某时刻OLT所发送的Normal Gate 的数量, 初始值设为0。

Gate_Num: 整数变量, 表示OLT针对ONU在发现流程中发送Normal Gate 的最大数量; 该值应可配置, 取值范围为2~32, 缺省值为10。

gateTime: 整数变量, 表示OLT的状态机对特定ONU的发现流程中相邻Normal Gate 的时间间隔, 单位为毫秒 (ms), 取值范围为1~5ms, 缺省值为2ms。

GateTime与Gate_Num的乘积应不小于20ms, 不超过50ms。

实现流程

在ONU的发现过程中, 如果ONU的REGISTER_ACK消息不能在某个Normal Gate所规定的grantEndTime前到达OLT, 且Gate_tx ≤ Gate_Num, 则OLT以gateTime的间隔发送下一个Normal Gate (Force Report置位) 消息, 而不作为致命错误导致ONU重新注册, 并重新计算grantEndTime的值, 同时对Gate_tx 的值加1。如果ONU的REGISTER_ACK消息不能在grantEndTime前到达OLT, 且Gate_tx > Gate_Num, 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。如果在Gate_tx ≤ Gate_Num时, OLT 收到ONU发送的Register_ACK帧, 则发现过程完成, Gate_tx复位为0。修改后的MPCP发现过程如图4所示。

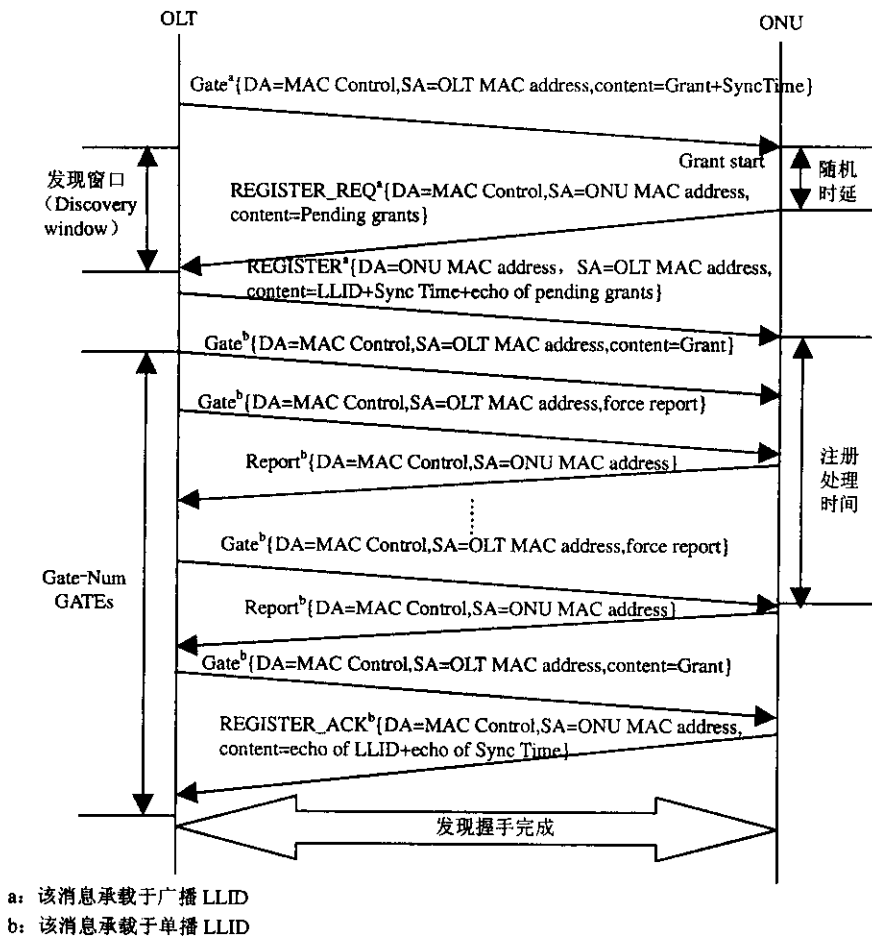


图4 MPCP 发现握手消息交换 (方式一)

OLT的MPCP发现过程状态机需做如图5所示的修改：当OLT处于WAIT FOR REGISTER_ACK状态时，如果在grantEndTime时刻以前收到ONU发送的REGISTER_ACK消息，则OLT跳转到COMPLETE DISCOVERY状态，完成MPCP发现过程。如果到grantEndTime时刻仍然没有收到REGISTER_ACK消息，并且OLT已经发送的GATE消息的数量不大于Gate_Num，则OLT跳转到 WAIT FOR GATE状态，准备发送下个GATE消息。如果到了grantEndTime时刻，并且OLT已经发送的GATE的数量超过了Gate_Num的数量，则认为此次该ONU注册失败，OLT转到DEREGISTER状态。

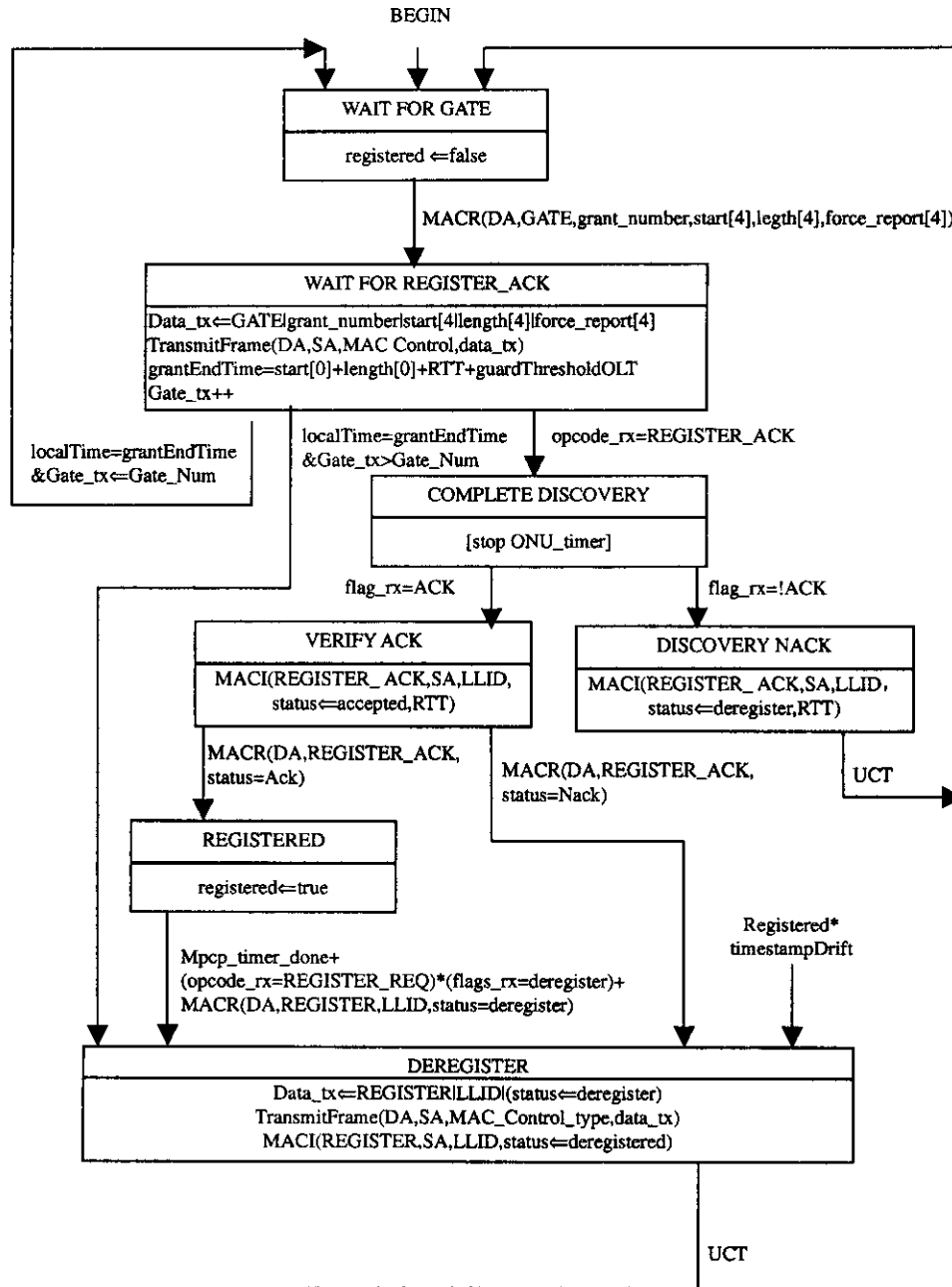


图5 方式 1 中的 OLT 注册状态图

6.3.1.2 方式 2

变量和参数定义：

Gate_Register_Timeout：整数变量，为在OLT上注册选通定时器（Register_Gate_Timer）的超时时间，单位为毫秒（ms），其值可配置，取值范围为2~50，缺省值为20。

实现流程:

在OLT上设置一个定时器Register_Gate_Timer, 当OLT发送REGISTER消息后, 启动定时器。在定时器超时时, OLT 将立即向ONU发送一个Normal Gate。如果ONU在OLT的grant window内返回REGISTER_ACK消息, 则完成MPCP的注册。如果OLT在grant window内没有收到REGISTER_ACK消息, OLT将Deregister ONU。修改后的MPCP发现过程如图6所示。

OLT的MPCP发现过程状态机需做如图7所示的修改。

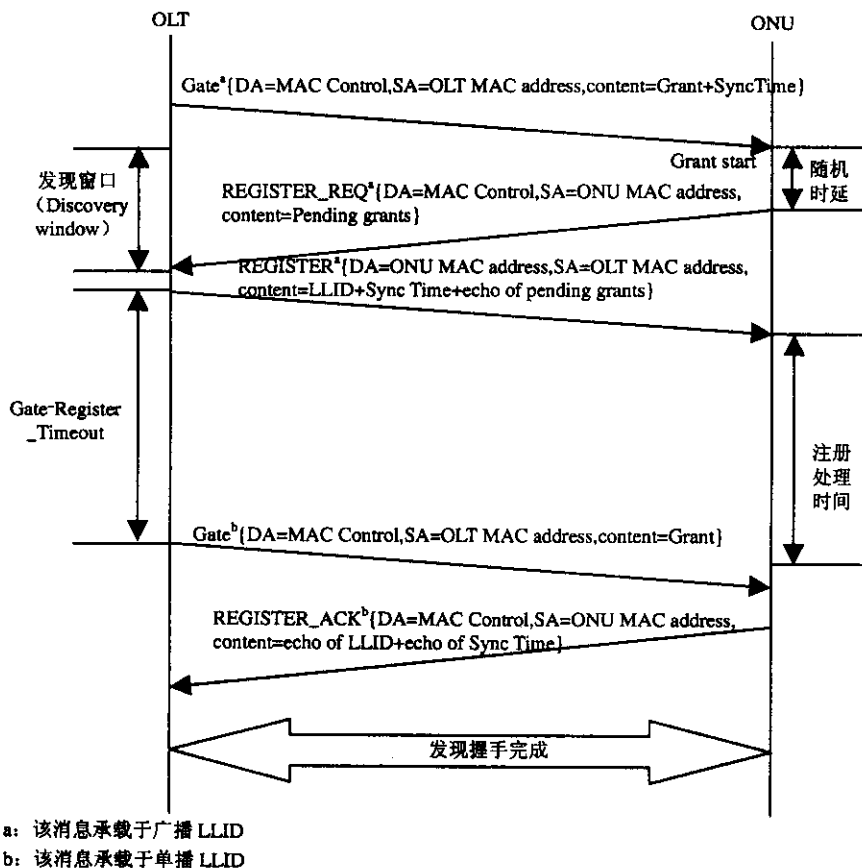


图6 MPCP 发现握手消息交换 (方式二)

6.3.2 MPCPDU 格式与参数

为确保ONU获得足够的授权发送上行数据, 在FEC功能关闭的情况下, Normal Gate帧的grantlength的值应大于“0x6A+syncTime”个时间量子 (TQ)。

报告 (REPORT) 消息应符合IEEE 802.3-2005中64.3.6节的规定。在REPORT消息中, 队列集 (Queue Set) 用于表示多阈值 (Threshold) 下队列长度。

特定队列集中的Queue #n Report值表示队列n在Report消息产生时刻在该队列集所对应的阈值下的完整以太网帧的总长度及其所需的帧间隔 (IPG) 和FEC开销 (如果FEC使能)。Queue #n Report的队列长度值应采用累计 (Cumulative) 方式, 表示在不同阈值下, 从队列起点到该阈值的完整以太网帧的总长度及其所需要的开销。

多个队列集中的Queue #n Report的队列长度 (Queue Length) 值应采取增量 (Incremental) 方式, 即对于特定的队列Queue #n, 报告帧中的第一个Queue Set中的Queue #n Report的队列长度值最小, 最后一个Queue Set中的Queue #n Report的队列长度值最大。

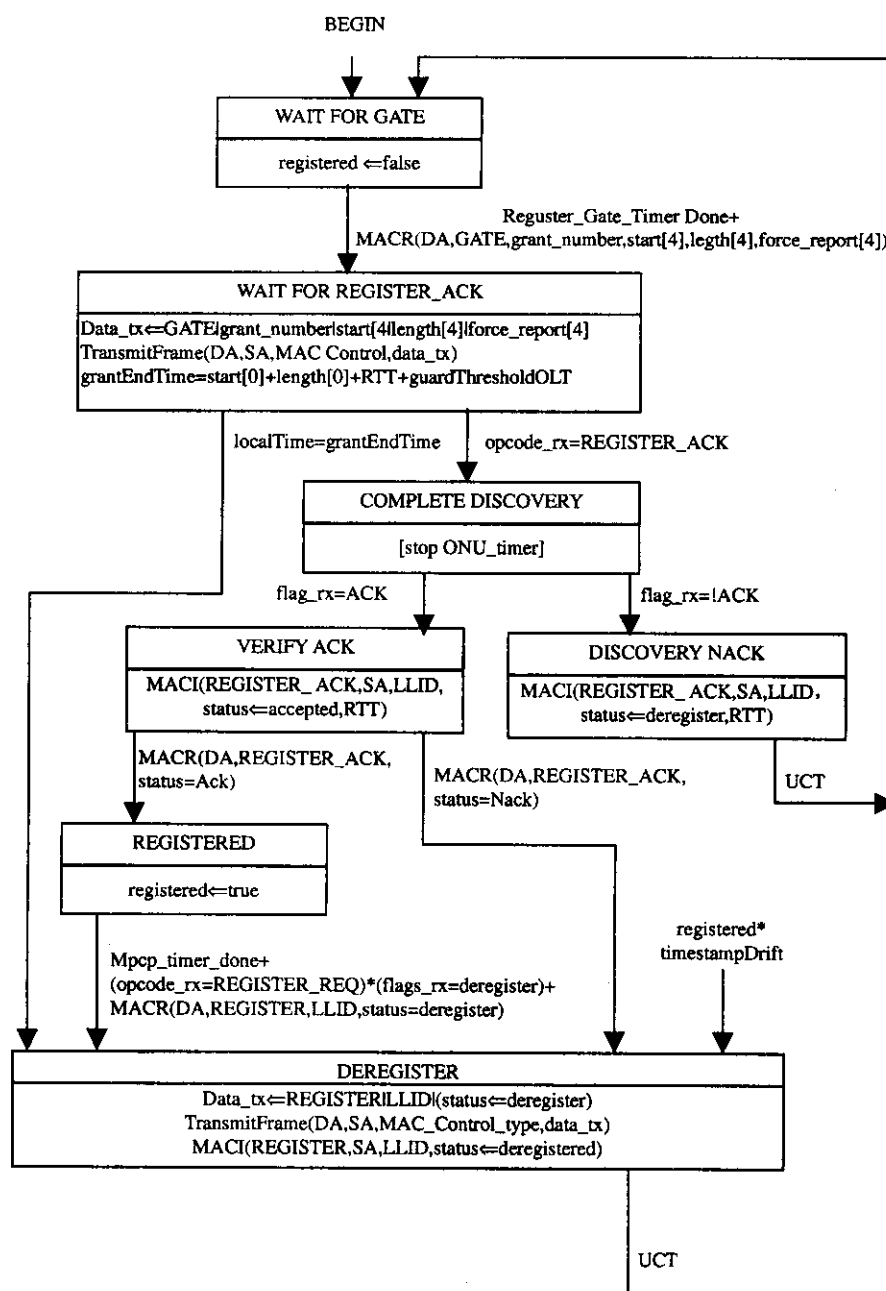


图7 方式2的发现处理 OLT 注册状态图

对于Report帧中的最后一个队列集，Queue #n Report应描述该队列的总长度。

当该队列的总长度（含完整以太网帧的总长度及其所需帧间隔IPG及FEC开销）的值大于128Kbyte（2个字节所能描述的最大值）时，则该Queue #n Report值为65535 TQ。

ONU中上行队列的编号应与IEEE 802.1Q-2005（如本标准7.1.4节所述）中规定的用户优先级（User Priority）一致，即编号为0的队列（Queue #0）对应于User priority=0的业务，编号为1的队列（Queue #1）对应于User priority=1的业务，依次类推。

6.3.3 时钟要求

ONU的MPCP计数器（Counter）时钟应严格同步于OLT的下行线路时钟，抖动指标应符合IEEE 802.3-2005 Clause 60.6的要求。

6.4 DBA 互通性功能要求

6.4.1 DBA 总体要求

EPON系统应采用DBA机制来提高系统上行带宽利用率以及保证业务公平性和QoS，应根据LLID报告的队列状态信息分配带宽授权。

DBA应支持如下3种分配带宽类型。

a) 固定带宽 (Fixed Bandwidth)：由OLT周期性给ONU发送固定数量的授权。建议以较小的轮询周期 (cycle time) 和较高的grant频率进行带宽分配。固定带宽是完全预留给特定ONU或者ONU的特定业务的，即使在ONU没有上行固定带宽业务流的情况下，OLT仍然为该ONU发送对应于该固定带宽的授权 (grant)，这部分带宽也不能为其他ONU使用。固定带宽主要用于有TDM业务的ONU (或LLID) 以确保该业务较小的传输时延。

b) 保证带宽 (Assured Bandwidth)：保证带宽是保证ONU可获得的带宽，由OLT根据ONU的REPORT信息进行授权。当ONU的实际业务流量未达到保证带宽时，OLT的DBA机制应能够将其剩余带宽分配给其他ONU。

c) 尽力而为带宽 (Best Effort Bandwidth)：当EPON接口上的带宽没有被其他高优先级的业务占用时，ONU可以使用的这部分带宽。尽力而为带宽由OLT根据PON系统中全部在线ONU的REPORT信息以及PON接口上的带宽占用情况为ONU分配授权，系统不保证该ONU或者ONU的特定业务获得带宽的数量，属于优先级最低的业务类型。

DBA应支持上述3种带宽类型的组合，即对一个特定的ONU，应能够提供“固定+保证 (Fixed+Assured)”、“固定+尽力而为 (Fixed+Best Effort)”、“固定+保证+尽力而为 (Fixed+Assured+Best Effort)”、“保证+尽力而为 (Assured+Best Effort)”等多种带宽类型组合的业务。

DBA应支持基于LLID对上述业务参数的配置。ONU的上行带宽配置的参数包括固定比特率 (FIR)、保证比特率 (CIR) 和峰值比特率 (PIR)。各种类型的带宽的大小与这些配置参数的关系如下：

- 固定带宽：FIR；
- 保证带宽：CIR-FIR；
- 尽力而为带宽：PIR-CIR。

DBA可选支持对同一个PON下不同的ONU采用不同的轮询周期和授权周期，如对存在TDM业务的ONU可以选择较其他ONU更短的轮询周期和更高的授权频率。

DBA机制应支持对系统内带宽分配的约束机制，DBA应具备根据业务需要进行算法在线升级或者参数在线调整的能力。

EPON系统的DBA算法应支持公平性机制，能够保证剩余带宽 (Surplus Bandwidth) 按照以下三种方式进行公平分配：

- 按照优先级进行剩余带宽的加权分配；
- 按照与不同用户所签署的服务等级协定 (SLA) 的保证带宽进行剩余带宽的加权分配；
- 按照ONU类型进行剩余带宽的加权分配 (可选)。

为了支持在多业务接入环境下的QoS，OLT应基于ONU对其本地队列状态信息的汇报进行上行带宽分配，并且ONU应能够在DBA分配的带宽授权基础上，基于本地的队列状态进行上行业务的调度。

6.4.2 OLT 的 DBA 功能要求

OLT的DBA机制应根据LLID对应的多个队列的状态信息（Report帧中至少2个队列集内的全部队列的长度）和业务优先级约定进行该LLID的上行带宽分配。

OLT应能够支持对REPORT帧中至少2个队列集的全部8个队列的状态信息的解析，以用于ONU上行带宽的动态分配。OLT缺省支持的队列集数量为2个。

OLT应支持通过OAM方式对ONU所发送的Report帧的队列集数量和阈值等参数进行配置，该配置功能应符合本标准8.5节的规定。

同时，OLT也应该支持静态带宽分配，即在固定的轮询周期内向每个ONU发送固定大小的授权。

6.4.3 ONU的DBA功能要求

ONU应在Report帧中对全部队列（8个）的状态进行描述，并以每个Report帧包含2或2个以上Queue Set的形式向OLT上报本地队列状态。建议ONU具备支持4个Queue Sets的能力。ONU缺省支持的Queue Set数量为2个。

ONU的本地上行业务调度功能见本标准7.1节的相关规定。

ONU的队列集的数量和各队列集所对应的阈值应可由OLT通过扩展OAM方式进行配置，具体的配置功能应符合本标准8.5节的规定。

7 业务承载互通性要求

7.1 多业务QoS互通性功能要求

7.1.1 多业务QoS总体要求

EPON系统应提供必要的QoS机制，以保障在上行和下行方向均能根据SLA协议提供各种优先级业务的QoS。

EPON系统应支持基于ITU-T Y.1291的QoS机制，包括业务流分类（traffic classification）、优先级标记（marking）、排队及调度（queuing and scheduling）、流量整形（traffic shaping）和流量管制（traffic policing）、拥塞避免（congestion avoidance）、缓存管理（buffer management）等。

7.1.2 业务等级协定（SLA）

EPON系统应支持针对每个用户或业务的业务等级协定参数的设置，包括针对不同的用户和业务规定不同的时延与抖动、保证带宽、最大带宽等SLA参数，并应支持对上、下行业务分别进行配置。

7.1.3 业务流分类功能

7.1.3.1 OLT的上行业务流分类

OLT应支持基于以太网帧中的相关参数对上行业务流进行分类，并按照本标准7.1.4节的要求进行优先级标记。缺省状态下，OLT信任ONU提供的优先级标记，不开启此功能。

用于业务流分类的参数包括：LLID，目的MAC地址（MAC DA）、源MAC地址（MAC SA）、用户优先级（User Priority，IEEE 802.1D）、以太网类型（如PPPoE、PWE3、MAC Control等）、目的IP地址、源IP地址、IP类型（v4&v6）、IP服务类型/区分服务编码点（TOS/DSCP）、4层（L4）协议端口等。可选支持报文的深度检测（前80个字节）流分类。

OLT应支持按照本标准8.4节中规定的扩展OAM方式对ONU的业务流分类功能进行远程管理。

7.1.3.2 ONU的上行业务流分类

ONU应支持基于以太网帧中的相关参数对上行业务流进行分类，并按照本标准7.1.4节的要求进行优先级标记。

ONU应支持OLT通过本标准8.4节中规定的扩展OAM方式对其业务流分类功能进行远程管理。

用于业务流分类的参数包括：UNI物理端口、MAC DA、MAC SA、用户优先级、Ethernet类型（如PPPoE、PWE3、MAC Control等）、目的IP地址、源IP地址、IP类型（v4&v6）、IP DSCP、L4协议端口等。可选支持基于报文深度检测（80个字节）及对带Option字段的IP报文的流分类。

7.1.4 优先级标记

OLT和ONU设备应支持基于本标准7.1.3节规定的流分类对上行业务进行优先级标记功能，应具有强制修改优先级标记的功能。标记应采用IEEE 802.1D 用户优先级，可选支持IP TOS和DSCP优先级标记。

OLT应支持通过本标准8.4节中规定的扩展OAM方式对ONU的上行业务优先级标记功能进行远程管理。

ONU应支持对各用户端口的业务优先级标记功能进行本地配置。同时，ONU应支持OLT通过本标准8.4节中规定的扩展OAM方式对其优先级标记功能进行远程管理。

缺省情况下IEEE 802.1D的用户优先级（User Priority）排序及其与各种业务映射关系见表1。

表1 IEEE 802.1D 用户优先级的排序及其与业务类型的映射关系

User Priority 值	缩 写	业务类型	备 注
7	NC	Network Control	包括 TDM
6	VO	Voice (< 10 ms latency and jitter)	VoIP
5	VI	Video (< 100 ms latency and jitter)	IPTV、视频
4	CL	Controlled Load	
3	EE	Excellent Effort	
0 (Default)	BE	Best Effort	普通上网业务
2	—	Spare	
1	BK	Background	

7.1.5 优先级队列机制

7.1.5.1 OLT 的优先级队列机制

OLT的上、下行业务应根据IEEE 802.1D User Priority标记映射到不同的优先级队列，并进行调度。

OLT网络侧端口应支持8个优先级队列。

7.1.5.2 ONU 的优先级队列机制

ONU的上、下行业务应根据IEEE 802.1D User Priority标记映射到不同的优先级队列，并进行调度。

ONU应支持至少4个优先级队列。

7.1.6 流限速

7.1.6.1 上行业务流限速功能

7.1.6.1.1 ONU 的上行业务流限速功能

ONU的用户侧以太网接口可选支持上行业务的端口限速功能。

同时，ONU按照OLT的DBA授权进行对于上行业务流的调度，实现上行业务流的限速。

7.1.6.1.2 OLT 的上行业务流限速功能

OLT应支持DBA机制，以实现对每个LLID的上行带宽分配和上行业务流限速功能。

在存在二层汇聚功能的OLT设备，其上行端口（SNI）可选支持二层的流量整形（Traffic Shaping）功能。

7.1.6.2 下行业务流限速功能

7.1.6.2.1 ONU 的下行业务流限速功能

ONU的用户侧以太网接口可选支持端口下行限速功能，可选支持基于业务流的整形功能。

7.1.6.2.2 OLT 的下行业务流限速功能

对于下行业务，OLT应支持针对用户或不同分类流的速率控制功能，应支持二层Traffic Shaping或流量管制（policing）机制。

7.1.7 优先级调度

7.1.7.1 OLT 的优先级调度功能

OLT应支持根据SLA进行下行业务的调度功能。OLT对下行业务的调度应支持严格优先级队列调度（SP），加权轮询队列调度（WRR）和SP+WRR算法并可配置，缺省采用SP+WRR。

上行业务的优先级调度由OLT的DBA功能和ONU的本地调度功能共同完成。

7.1.7.2 ONU 的优先级调度功能

ONU应具有根据OLT的带宽授权进行上行业务的本地调度功能，其调度算法应支持SP算法，可选支持WRR或SP+WRR算法，并应可配置，缺省采用SP算法。

ONU可选支持下行业务的本地调度功能，应支持SP或WRR或SP+WRR方式，建议支持SP+WRR。

对于采用SP+WRR算法的系统，OLT（下行）和ONU（上行）对优先级的值为“7”和“6”的业务流（如网络控制协议报文、TDM业务）应采用SP调度，对其他优先级的业务采用WRR调度机制。

7.1.8 缓存管理

7.1.8.1 ONU 的缓存容量

ONU 应支持缓存管理，并采用上、下行独立缓存，以确保双向业务互不影响。

ONU 应支持拥塞避免机制，拥塞避免算法有尾部丢弃（Tail-Drop）、随机早期检测（RED）、加权随机早期检测（WRED），应至少支持 Tail-Drop 算法。

7.1.8.2 OLT 的缓存管理

为保证 QoS，OLT 应提供足够的缓存，具体缓存容量不做规定。

OLT应支持拥塞避免机制，拥塞避免算法有Tail-Drop、RED、WRED，应至少支持Tail-Drop算法。

7.2 VLAN 功能要求

7.2.1 OLT 的 VLAN 功能

OLT应支持IEEE 802.1Q协议，应支持按照ONU的LLID和业务类型划分VLAN，可选支持按照MAC地址划分VLAN。OLT应支持VLAN标记（tag），VLAN透传（transparent），VLAN转换（translation），VLAN优先级标记（pri marking），VLAN过滤（filtering）等功能。

OLT应同时支持4K的VLAN数，VLAN ID的范围是1~4094。

OLT应支持足够VLAN转换条目（建议值为4×该OLT能够支持的ONU数量），最大4094个条目。

OLT的网络侧接口应支持VLAN 聚合（VLAN Trunk）功能。

OLT应支持符合IEEE 802.1ad标准的VLAN 堆栈（stacking）功能，VLAN Stacking以太网帧的外层TPID参数应可配置。

OLT应支持基于用户（内层）虚拟局域网标识（CVLAN ID）和CVLAN优先级标签映射到业务（外层）虚拟局域网标识（SVLAN ID）。对每个LLID，OLT应支持8个SVLAN ID。OLT应支持将CVLAN优先级标签映射到SVLAN中。一般情况下，SVLAN映射业务类型，CVLAN映射用户端口。OLT应支持的CVLAN和SVLAN的数值为1~4094。

OLT网络侧接口应支持业务（外层）虚拟局域网聚合（SVLAN TRUNK）功能，并应可以配置为SVLAN TRUNK和VLAN TRUNK两种模式中的一种。

7.2.2 ONU 的 VLAN 功能

ONU应支持IEEE 802.1Q协议。ONU应支持针对用户物理端口和业务类型划分VLAN，应支持VLAN标记、VLAN透传、VLAN转换、VLAN优先级标记、VLAN过滤等功能。

ONU的用户侧接口应支持VLAN Trunk功能。

ONU应支持至少8个VLAN ID，VLAN ID的范围是1~4094。

ONU可选支持强制修改数据包优先级标签的功能。如支持此功能，ONU应支持对无VLAN标签的数据包添加缺省优先级标签的功能。

ONU可选支持符合IEEE 802.1ad标准的VLAN Stacking功能。VLAN Stacking以太网帧的外层TPID字段的值应可配置。

对于以太网端口的各种VLAN模式的具体行为规则，规定如下。

a) VLAN透传模式适用于用户端的家庭网关或者交换机是运营商提供并管理的，家庭网关或交换机产生的VLAN标签是可以信赖的。在这种模式下，ONU对接收到上行的以太网帧的处理方式是对以太网帧不作任何处理（无论以太网帧是否带VLAN标签）透明的向OLT转发；对于下行的以太网帧也是透明转发的方式。其详细处理方式见表2。

表2 透明模式下 ONU 的处理方式

方 向	以太网包是否有VLAN标签	处理方式
上行	有VLAN标签	对以太网包不作任何改变（保留原VLAN标签），转发
	无VLAN标签	对以太网包不作任何改变，转发
下行	有VLAN标签	对以太网包不作任何改变（保留原VLAN标签），转发
	无VLAN标签	对以太网包不作任何改变，转发

b) VLAN标记模式适用于用户端的家庭网关或者交换机打的VLAN tag是不被信任的。为了实现运营商对进入到网络中的业务的VLAN进行统一的管理和控制，需要为其加上一个网络层VLAN tag。其详细处理方式见表3。

表3 TAG 模式下 ONU 的处理方式

方 向	以太网包是否有 VLAN 标签	处理方式
上行	有 VLAN 标签	丢弃
	无 VLAN 标签	打上新的 VLAN Tag（主要参数是 VID），转发 当前仅要求 ONU 能够配置 VID 值，对接收到的 VLAN Variable Container 中的 VLANConfig Parameters 域中的 TPID 和 Pri 等字段可做忽略处理——所打的 Tag 的 TPID 和 Pri 设为缺省值 TPID=0x8100、Pri=0
下行	有 VLAN 标签	按照 VID 转发到相应的 UNI 端口，并剥除 Tag 或者外层 Tag（如果是 VLAN Stacking）
	无 VLAN 标签	丢弃

c) 在VLAN转换模式下，ONU将用户自行打上的VLAN标签（其VLAN ID可能不是其独用的，可能在同一个系统内有其他用户使用相同的VLAN ID）转换为唯一的网络侧VLAN标签。当ONU支持VLAN转换 n 时，其VLAN转换功能应支持EtherType值为0x8100，可选支持其他EtherType值。VLAN转换模式下ONU对数据报文的处理方式见表4。

表4 VLAN Translation 模式下 ONU 的处理方式

方 向	以太网包是否有VLAN标签	处理方式
上行	有VLAN标签	如果其原有TAG的VID在对应端口的VLAN Translation列表中有对应的entry（等于其输入VID），则按照该表项将VID转换为对应的VID（输出VID），并转发；如果其VID在对应端口的VLAN Translation列表中没有对应的entry，则丢弃。 当前仅要求ONU进行VID的转换，其他字段（如TPID、CFI和Pri）的转换暂不要求，ONU对接收到的VLAN Variable Container中的VLANConfig Parameters域中的TPID和Pri字段可做忽略处理，并将转换后的TPID和Pri设为缺省值（也不保留该报文转换前的TPID和Pri值）
	无VLAN标签	将untagged报打上缺省VLAN，并转发
下行	有VLAN标签	如果其原有Tag的VID在对应端口的VLAN Translation列表中有对应的entry（等于其输出VID），则按照该表项将VID转换为对应的VID（输入VID），并转发；如果其原有Tag的VID为缺省VID，则剔除Tag并转发；如果其VID在对应端口的VLAN Translation列表中没有对应的entry，则丢弃； 当前仅要求ONU进行VID的转换，其他字段（如TPID、CFI和Pri）的转换暂不要求。在下行方向转化过程中，ONU保留该报文的原TPID和Pri值不变
	无VLAN标签	丢弃

ONU应支持通过本标准8.5.4节规定的扩展的OAM功能进行VLAN模式的远程设置。

7.3 组播功能要求

7.3.1 组播实现方式

在EPON系统中，采取“单拷贝广播（SCB）+互联网组管理协议（IGMP）”的方式实现组播业务的分发，利用组播VLAN实现实现用户的组播业务访问权限控制，实现方式如下。

(1) 在PON接口上，OLT通过广播LLID信道以单拷贝广播方式将组播内容分发给所有ONU。ONU应支持对广播LLID的解析处理。

(2) OLT利用IGMP代理（proxy）或者IGMP侦听（snooping）、ONU利用IGMP Snooping实现对组播组的管理。主要是通过IGMP Join/Leave和Query消息实现组播组员的动态加入/退出和维持。

(3) EPON系统通过对UNI端口的组播VLAN的配置实现对用户组播业务访问权限的控制。OLT根据用户的组播权限，通过Add/Del Multicast VLAN OAM消息将ONU或者ONU的用户侧接口划入不同的组播VLAN域，属于特定组播VLAN的以太网UNI端口可以接收该VLAN内的组播数据业务流，不属于该组播VLAN的以太网UNI端口不能接收该VLAN内的组播业务流。因此，组播业务流能够转发到相应的用户侧接口，实现对每个用户接口的组播权限控制。同时，OLT支持通过MulticastTagStripe OAM消息控制ONU是否在以太网UNI端口上剔除组播数据报文的VLAN标签。OLT也可以通过Group Num Max OAM消息设置ONU的特定以太网端口可以同时支持的最大频道数。

(4) EPON系统应支持组播VLAN。OLT上划分组播专用的VLAN，即组播业务使用一个或者多个专用于组播业务的VLAN实现与其他业务相隔离，一个组播VLAN对应一个组播频道或者一个频道组（指一个权限统一管理的组播频道的集合）。一个组播频道仅属于一个特定的组播VLAN。在SCB信道中传送的组播业务流均带有组播VLAN标签。用户的其他数据流（包括单播业务以及上行的IGMP报文等）划入另外的单播VLAN/CVLAN。

7.3.2 组播协议

组播协议应支持IGMP V2 (RFC 2236)，可选支持IGMP V3 (RFC 3376) 和组播管理协议的管理信息库 (MIB, RFC2933)。

OLT 应支持IGMP Proxy功能。

ONU应支持IGMP Snooping或IGMP Snooping with Proxy reporting功能。

7.3.3 组播控制

7.3.3.1 OLT 的组播控制功能

OLT应支持通过对用户以太网端口划分组播VLAN的方式实现对用户访问权限的控制。OLT应支持本地和远程查询、配置用户的频道访问权限的功能。

OLT应根据其PON接口下的用户对特定频道的访问权限（基于该用户的LLID），利用IGMP Proxy功能动态申请该频道的组播业务流。

如果用户发送IGMP消息申请允许访问的频道，则可向用户转发该频道的组播流。

如果用户发送IGMP消息申请禁止访问的频道，则不再向上发送IGMP消息。

OLT应支持呼叫信息记录（CDR）功能，记录用户的基本访问信息（包括IGMP请求类型（加入、离开）、IGMP请求时间、用户标识、申请访问的频道、频道权限、IGMP请求成功/失败、离开方式（强制、自主离开）、CDR记录产生时间等）。

短时间的组播加入离开可不作CDR记录要求，具体时间参数应可设。

支持CDR信息定时同步到管理系统，确保CDR信息不丢失。

每个用户端口可同时申请的组播数可配置（Group Num Max）。

7.3.3.2 ONU 的组播控制功能

ONU应支持通过设置用户端口的组播VLAN ID进行用户访问权限控制。ONU应支持通过本标准8.4.3规定的扩展的OAM方式（Add/Del Multicast VLAN、MulticastTagStripe、Group Num Max OAMPDU）进行组播控制的设置、查询功能。ONU采用“组播VLAN+IGMP Snooping”或“IGMP Snooping with Proxy reporting”功能实现组播组成员管理和组播业务流的动态转发控制。当ONU接收到组播业务流时，向属于该组播VLAN域且发送了该组播频道的IGMP Join报文的以太网端口转发该组播流，不属于该组播VLAN域或者未发送IGMP Join报文的以太网端口不能接收到该组播业务流。

7.4 安全性功能

7.4.1 PON 接口数据安全

EPON系统下行方向采用广播方式，恶意用户很容易截获系统中其他用户的信息。为提高用户数据的保密性，下行方向应支持三重搅动（Triple Churning）功能，具体规定见附录B。系统应支持针对每个LLID的搅动功能，每个LLID应有独立的密钥。搅动由OLT提出密钥更新要求，ONU提供3字节搅动密钥，OLT使用此密钥完成搅动功能。在启用搅动功能后，对所有的数据帧和OAM帧进行搅动。

密钥的更新和同步过程采用基于Organization-Specific Extension的OAMPDU方式，具体规定如本标准8.6节所述。

7.4.1.1 搅动和解搅动功能

三重搅动算法是在ITU-T G.983规定的单重搅动(churning)算法的基础上扩展而成，增加了搅动后数据的时域关联性，进而提高用户数据的安全性，具体规定见附录B。

7.4.1.2 搅动密钥的产生

搅动密钥是ONU由上行用户数据中提取的3字节数据与3字节随机数异或(XOR)相加的结果。这24位码，分别定义为{(MSB) X1~X8, P1~P16 (LSB)}。

7.4.1.3 密钥更新同步的过程

如图3所示，前导码中的第五个字节作为搅动信息标识字段(Enc)来实现密钥同步，Enc字段的高6位比特的取值仍遵循IEEE 802.3-2005的标准，对低2位比特进行了如下定义。

——Flag位(bit 1)：搅动标记，表示该帧是否被搅动。0——明文；1——密文。

——Key_Index位(bit 0)：密钥索引，指示ONU在解搅动过程中要采用的密钥编号。当搅动功能关闭时，Key_Index位的值应为“1”。

当搅动功能关闭时，Enc字段应为0x55。当ONU收到Key_Index值为0x55的以太网帧时，应自动关闭解搅动功能。当ONU收到Key_Index值为0x56或0x57的以太网帧时，应使用相应的密钥进行解搅动。

7.4.1.4 搅动密钥的更新

搅动密钥的更新采用基于特定机构扩展(Organization-Specific Extension)的OAMPDU方式，由新密钥请求帧(new_key_request)和新密钥通知帧(new_churning_key)来实现。用于搅动密钥更新的OAMPDU的格式如本标准8.6节所述。

密钥更新的过程如下：OLT向ONU发出新密钥请求帧，ONU收到新密钥请求帧后向OLT发一个新密钥通知帧。如果ONU侧收到新密钥请求帧，则向OLT发送新密钥通知帧。新密钥通知帧中包含新的密钥以及该密钥编号参数，表示当前交互的密钥的序号。OLT收到新密钥通知帧后，就可以使用新密钥对随后的帧进行搅动。密钥同步依靠每个帧中的Enc字段来实现，只要ONU收到OLT发送的搅动帧中，密钥索引Key_Index等于新密钥通知帧中的密钥编号，则ONU使用新密钥进行解搅动。OLT有一个定时器key_update_timer，用于控制密钥更新周期。当该定时器超时，OLT则启动上述密钥更新过程。

OLT使用另一个定时器Churning_Timer用于作为在无法获得密钥更新帧情况下启动下一次密钥更新请求的机制，以增加密钥更新的可靠性。当OLT每次发出新密钥请求帧时，启动定时器Churning_Timer。当OLT在Churning_Timer超时前收到了ONU发来的正确的新密钥通知帧，则OLT启用新密钥，并将Churning_Timer复位。当定时器超时后OLT仍没有收到新密钥通知帧，则认为密钥交互失败，将Churning_Timer复位，OLT发送新一轮的新密钥请求帧。在新密钥成功交互之前，ONU仍然使用原来的密钥，并且由OLT将密钥交互失败的信息上报给网管。如果OLT连续3次发送新密钥请求帧后仍然无法在Churning_Timer超时前收到密钥更新帧，则OLT应向网管告警。下行业务仍然使用旧的密钥进行搅动。

密钥更新周期 T_{key} 和定时器Churning_Timer的值均可配置， T_{key} 的缺省值为10s。

密钥更新与同步过程如图8所示。

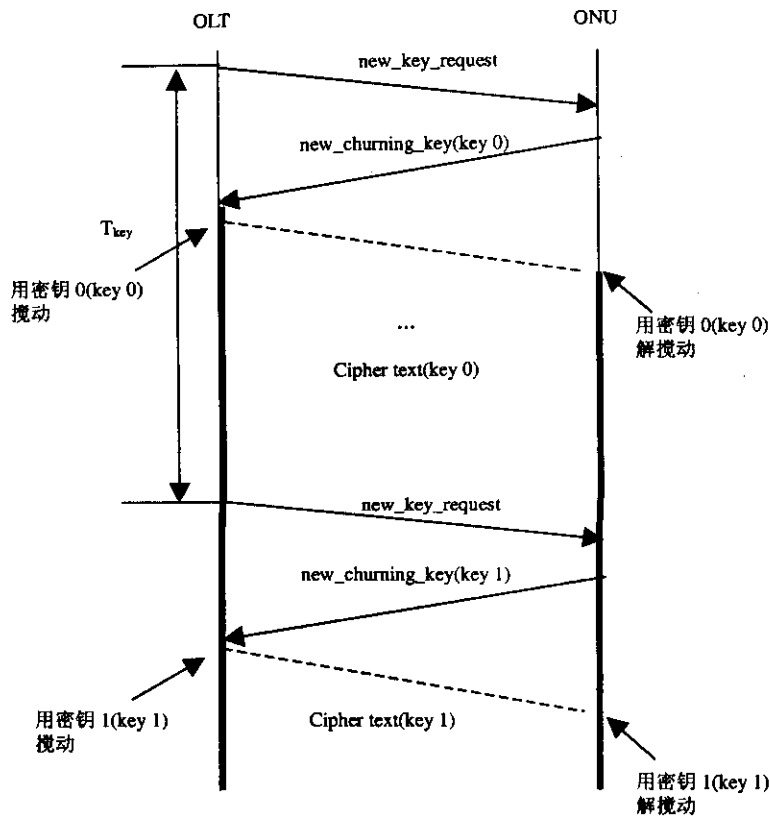


图8 基于扩展的 OAMPDU 方式的搅动密钥更新和同步过程

7.4.2 ONU 认证功能

OLT应支持基于ONU的MAC地址对ONU合法性进行认证的能力，应拒绝非法ONU的接入。OLT应支持对该功能的开启和关闭配置。对于已被拒绝注册的非法ONU，应减少ONU不断尝试注册给系统带来的负面影响，同时考虑工程的便利，仍然给该ONU一定的尝试注册的机会。ONU的MPCP层次的状态机应符合IEEE 802.3-2005的规定，并且ONU的高层协议应支持被OLT拒绝注册后的静默机制。ONU的静默机制利用WAIT和DENIED状态之间的转移过程实现，具体非法ONU的注册过程和静默机制如下：

- a) OLT 向所有 ONU 广播一个 Discovery Gate 消息，打开 ONU 发现窗口；
- b) ONU 向 OLT 发送一个 Register_REQ 消息，该消息中包含其 MAC 地址信息，然后 ONU 等待 OLT 发送 Register 消息；
- c) 如果 ONU 是非法 ONU，OLT 将发送 Nack Register 消息 (flag=4)；
- d) ONU 收到 Nack Register 消息后，应通过 MACI (REGISTER, status ←denied) 通知高层；
- e) ONU 高层在收到该 MACI 消息后，将启动一个定时器 RegTmr，该定时器表示启动下一次注册过程的时延 T_s ，在定时器 RegTmr 未超时之前，ONU 高层不会发出 MACR(DA, REGISTER_REQ, STATUS←= REIGSTER) 命令； T_s 值暂定为 60s；在 ONU 高层未发出 MACR (DA, REGISTER_REQ, STATUS←= REIGSTER) 命令之前，ONU 保持在 WAIT 状态；
- f) 当定时器 RegTmr 超时后，ONU 高层将发出 MACR(DA, REGISTER_REQ, STATUS←= REIGSTER) 命令，ONU 将从 WAIT 状态转移到 REGISTERING 状态，并等待 OLT 发出的 Discovery Gate 消息，当下一个发现窗口打开时，ONU 将发送 REGISTER_REQ 消息以实现注册。

此外，当 OLT 发现非法 ONU 的注册事件后，应上报网元管理系统。

7.5 TDM 业务要求（可选）

EPON系统承载数据专线业务（E1或 $n \times 64 \text{ kbit/s}$ 数据业务）时，应采用互联网工程任务组（IETF）的边缘到边缘的伪线仿真（PWE3）方式，具体实现应符合IETF RFC3985（2005）、RFC4197（2005）等相关规范。封装方式应采用IETF RFC4553（分组上面的非结构化的时分复用——SATOP方式）或Draft-ietf-pwe3-cesopn-02.txt（分组交换网络上的电路仿真业务——CESOPSN方式），具体方式应分别通过OLT和ONU的本地网管进行配置。EPON系统承载TDM业务应采用自适应时钟恢复方式，即从数据包中的时钟戳（Time Stamp）恢复时钟。

EPON系统的PWE3数据包包含定长的实时传输协议（RTP）报头，RTP的格式和字节域定义应符合RFC3550的规定。TDM电路的两端IWF所用的时间戳的长度统一采用4个字节，时间戳的同步数据单位为比特。

为了保证基于TDM业务的互通要求，OLT和ONU设备应可分别设置采用的标准、封装的E1个数、CESoP 相应的IP地址、MAC地址、VLAN等参数。

对于提供TDM业务承载功能的OLT设备，可选支持TDM（E1和 $n \times 64 \text{ kbit/s}$ ）业务的交叉连接功能。

8 操作管理和维护功能互通性要求

8.1 总体要求

EPON系统操作维护管理功能包括对OLT和ONU的配置、故障、性能、安全等管理功能。

EPON系统除应支持对OLT的配置、故障、性能和安全管理等操作维护管理功能外，同时应支持通过本章规定的OAM功能实现对ONU的远程管理，还可以通过TR-069（针对用于FTTH/O场合的ONU）或者SNMP方式（针对用于FTTCab和FTTB/C场合的ONU）增强对ONU的远程管理功能。对TR-069和SNMP的具体要求不在本规范范围内。

8.2 扩展的 OAM 管理功能要求

EPON系统应支持符合IEEE 802.3-2005中Clause 57规定的OAM功能，并支持IEEE 802.3-2005中Clause 30规定的管理对象（managed object class）、属性（attribute）和操作功能。

此外，EPON系统应采用Organization Specific Extension 机制以实现IEEE 802.3-2005所未规定的扩展的ONU远程操作、维护和管理（OAM）所必须的管理维护功能。扩展的OAM应支持如下管理功能：

- 扩展的 OAM 发现（extended OAM discovery）和能力通告（capability notification）；
- ONU 的基本信息和能力通告；
- 与搅动功能相关的密钥交换、更新和同步功能；
- 与 DBA 功能相关的 DBA 参数读取和设置功能；
- 用户端口配置和管理；
- VLAN 配置和管理；
- 组播相关功能的配置；
- QoS 相关配置，包括业务流分类、排队和标记的规则等；
- 重启动 ONU（reset ONU）等操作功能。

8.3 扩展的 OAM 发现

EPON系统应支持通过对INFO OAMPDU的信息TLV (Information TLV, 即采用“类型长度值 (TLV)”的数据结构)进行扩展, 以实现扩展的OAM发现 (extended OAM discovery)和扩展OAM能力通告 (extended OAM capability notification) 功能。

扩展的OAM发现过程应在标准的OAM发现过程完成后进行, 并且只有标准的OAM和扩展的OAM都完成后才能传送数据业务。扩展的OAM发现过程包括OAM能力发现、IEEE 802.3-2005所未规定的协商、附加信息的交换, 以完成在执行其他扩展的OAM功能前所必需的能力确认过程。

ONU和OLT通过在标准的信息OAM协议数据单元 (Information OAMPDU) 中附加额外的扩展 Information TLV实现扩展的OAM发现。所有的扩展的OAM发现TLV采用特定机构扩展 (Organization Specific) Information TLV方式, 并应符合IEEE 802.3-2005 Clause 57的规范, 具体Organization Specific Information TLV格式见表5。为简化处理过程, 在用于保持存活 (Keep alive) 的OAMPDU中不应填充 Organization Specific Information TLV, 如果在Keep Alive的OAMPDU中存在机构 (包括各运营商和厂商) 扩展的INFO TLV, 应做忽略处理。

表5 Organization Specific Information TLV 的域及其值

字节数	字段	值
1	Type	值为 0xFE, 表示本 TLV 为 Organization Specific Information TLV
1	Length	TLV 长度, 其值包含 Type 字段和 Length 字段, 单位为字节
3	OUI	CCSA 的 OUI, 其值待定
1	ExtSupport	取值为 0x00 或 0x01
1	Version	取值为 0x00~FF, 表示该设备支持的该机构扩展的 OAM 的版本
可变	TLV type-specific data	本字段的值取决于该设备支持的 OAM 互通性版本

其中, ExtSupport字节用于表示是否支持该OUI的OAM扩展。ExtSupport等于“0x01”, 表示支持该扩展OAM; 否则, ExtSupport值为“0x00”, 其他值忽略处理。当确定支持某一扩展OAM后, 则进行与该OAM扩展相关的进一步的握手过程。

如IEEE 802.3-2005的Clause 57所述, Organization Specific Information TLV 包含如下几个域。

——信息类型 (Information Type): 1 字节, 为 Organization Specific Information 类型。用于指示在该 TLV 中承载的数据的种类。对于 Organization Specific Information TLV, 其值为“0xFE” (见 IEEE 802.3-2005 Table 57-6)。

——信息长度 (Information Length): 1 字节, 用于指示该 TLV 的长度。Organization Specific Information TLV 的长度未规定。

——机构惟一性标识 OUI (Organizationally Unique Identifier): 3 字节, 为机构惟一性标识 OUI。

——数据域 (Data/Organization Specific Value): 包含 Organization Specific Information TLV 的数据, 其长度和内容未规定。

如图9所示, 用于扩展OAM发现的Organization Specific Information TLV的数据 (Data) 域包含 ExtSupport字节和一个所支持的 OUI-Version 的列表。OUI-Version 列表用于提供扩展的OAM能力通告功能, 表示该设备支持由OUI所表示的组织发布的OAM扩展及其版本。OUI of Supported Extension的值应与该Organization Specific Information TLV中的OUI (即图中该Information TLV中Length域之后、Data域之前的OUI) 相同, 在Organization Specific Information TLV中, 对OUI-Version对的排序没有要求。

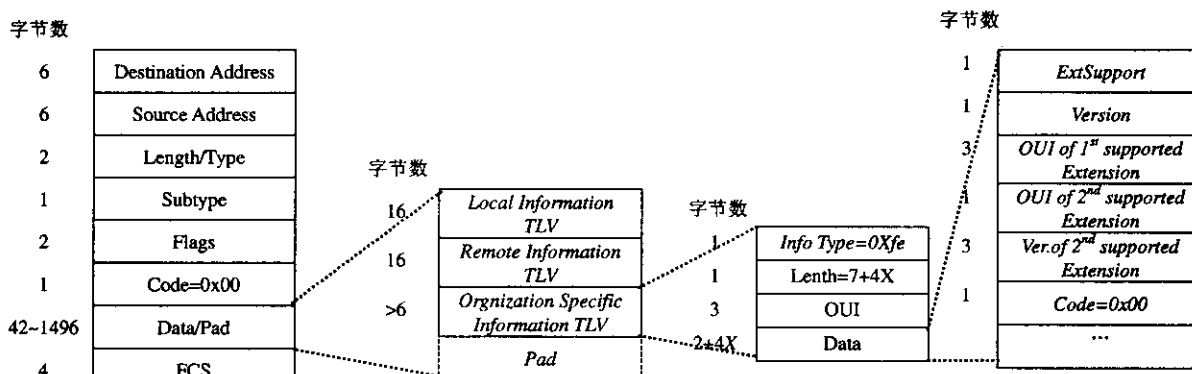


图9 Organization Specific INFO OAMPDU 和扩展的 Organization Specific INFO TLV 格式

扩展的OAM发现流程如图10所示。在完成IEEE规定的标准OAM发现过程后，OLT发起扩展的OAM发现流程。OLT首先发送OAM Ext_INFO的消息，通知OLT的OAM扩展的OUI、版本以及所支持的OUI-version列表。ONU根据收到的OLT的信息后，返回一个OAM Ext_INFO，将OUI设置为OLT的OUI，Ver.=0x00，并且将ONU所支持的OUI-Version列表上报给OLT。如果ONU支持该OUI，则ExtSupport=0x01；否则ExtSupport=0x00。OLT根据ONU上报的信息，如果ExtSupport=0x01，且ONU支持OLT当前的OUI的版本，并写入到OAM Ext_INFO→OUI和OAM Ext_INFO→Ver.Z，发给ONU，最后ONU收到OLT选择的OUI和版本的消息，返回确认信息，完成了扩展OAM的发现过程。如果ExtSupport=0x01且ONU不支持OLT当前的OUI版本，或者ExtSupport=0x00，则OLT发出告警，上报网管。

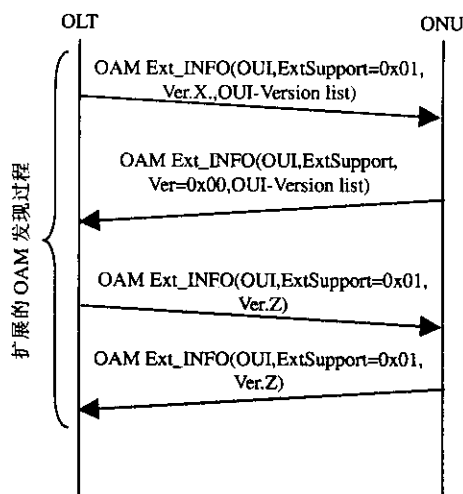


图10 扩展的 OAM 发现流程

支持扩展的OAM发现流程的OLT和ONU的状态机分别如图11和图12所示。

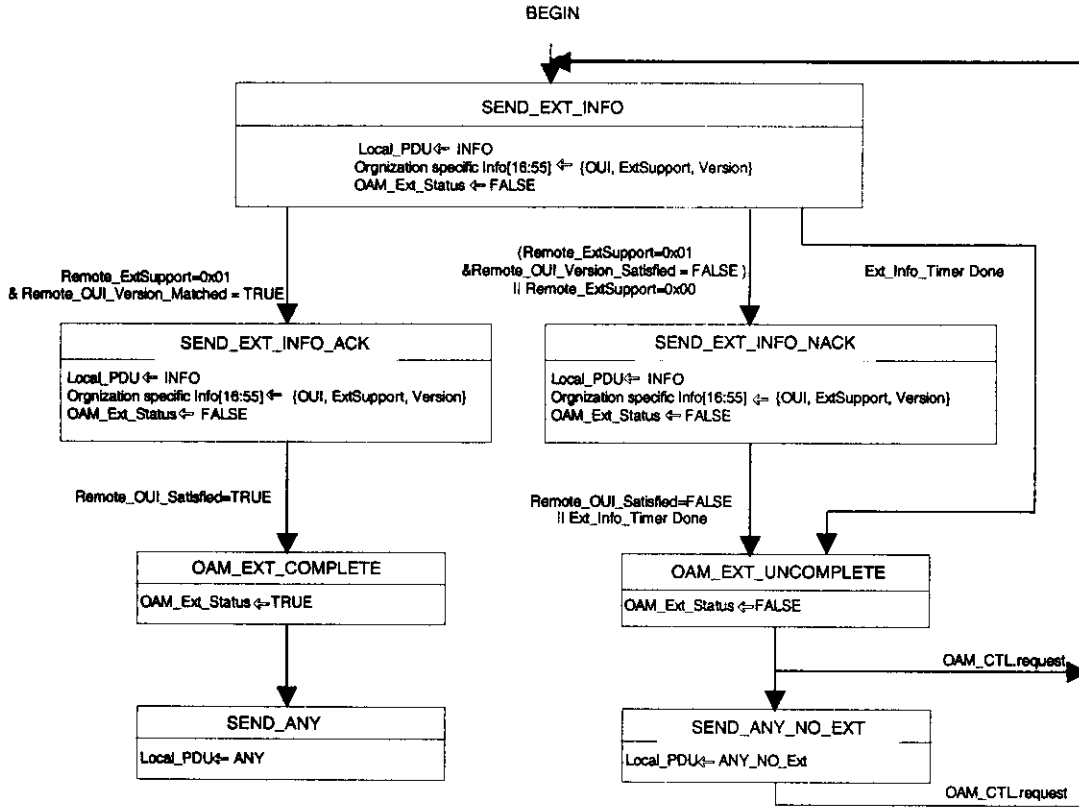


图11 OLT 的扩展 OAM 发现流程的状态机

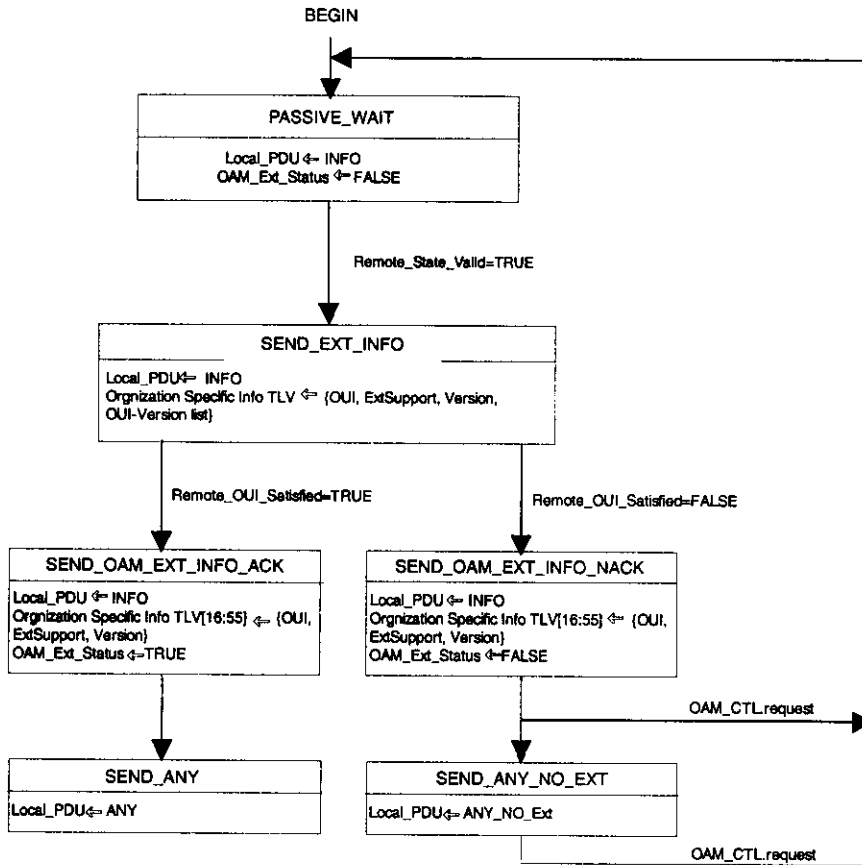


图12 ONU 的扩展 OAM 发现流程的状态机

8.4 扩展的 ONU 远程管理功能

8.4.1 管理对象、属性和操作 (Object、Attribute & Action)

扩展的OAM需要管理的对象包括端口、端口流控/限速、桥接、三重搅动、DBA协商、FEC、VLAN、组播、QoS规则等。

扩展所涉及的管理对象包含一定数量的附加属性，这些属性是IEEE 802.3 Clause 30所未规定的。除三重搅动和DBA的相关属性外，这些属性用Variable Descriptor表示，ONU的这些扩展属性除了可以由OLT通过Extended Variable Request OAMPDU的相关操作进行读取 (read operation) 外，也可能允许通过Set Request OAMPDU进行更改 (write operation)。

8.4.2 扩展 OAM 的格式和消息定义

扩展的 OAM 消息应符合 IEEE 802.3-2005 Clause 57.4.3.6 中关于 OAM 扩展的规定。Organization Specific OAMPDU 包含一个 3 个字节的 OUI 字段，具体的 OUI 的值应可配置。OUI 后是 1 个字节的扩展的操作码，用于表示扩展的操作类型。Ext. Opcode 后是其具体的操作内容。Organization Specific Extension OAMPDU 的格式见图 13。详细的定义如下。

a) 目的地址 (DA): OAMPDU 中的 DA 是 Slow_Protocols_Multicast 地址，使用和编码规定见 IEEE 802.3-2005 Annex 43B。

b) 源地址 (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 (0x8809)，使用和编码规定见 IEEE 802.3-2005 Annex 43B。

d) Subtype: Subtype 域标识封装的特定的 Slow Protocol，OAMPDU Subtype 域值为 0x03。

e) Flag: Flags 域包含状态比特。

f) Data/PAD: 这个字段用于 OAMPDU 的有效载荷，包含 OUI、扩展操作码、载荷 (payload) 以及填充域 (padding) 等编码域，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。

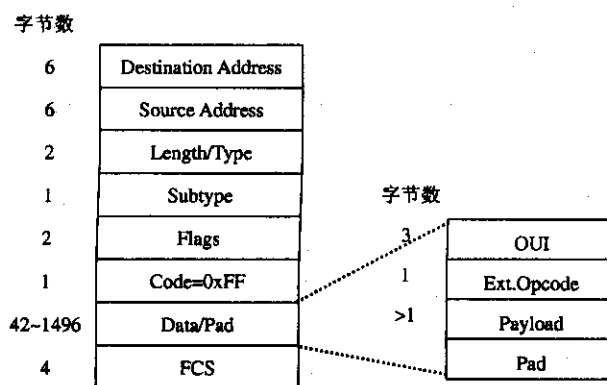


图13 Organization Specific OAM 帧的格式

扩展的OAMPDU的扩展的操作码包括Extended Variable Request、Extended Variable Response、Set Request、Set Response、Churning、DBA等，具体的Ext. Opcode见表6。

表6 扩展的 OAMPDU 的操作类型

扩展的操作码 (Ext. Opcode)	值 (16 进制)	定义 (Definition)
Reserved	0x00	接受到带有该扩展操作码的 OAM 消息时做忽略处理
Extended Variable Request	0x01	用于 OLT 向 ONU 查询扩展属性
Extended Variable Response	0x02	用于 ONU 向 OLT 返回扩展属性
Set Request	0x03	用于 OLT 向 ONU 配置扩展属性/操作
Set Response	0x04	用于 ONU 向 OLT 返回对扩展属性/操作配置的确认为
Churning	0x09	与三重搅动相关的密钥交互
DBA	0x0A	DBA 参数配置与查询
保留, 用于将来的其他扩展	其他值	保留

各种扩展的操作类型 (Extended Operation) 定义如下。

——Extended Variable Request: 扩展的 Variable Request 可以读取标准的和扩展的对象的属性, 在每个 IEEE 802.3-2005 的 Variable Request 消息的 PDU 中的数据域包括一系列 Variable Descriptor 以及管理对象实例索引 TLV (如果需要管理对象实例索引 TLV 的话。关于管理对象实例索引的定义见本标准 8.5.2 节)。Variable Descriptor 的格式应符合 IEEE 802.3-2005 Clause 57。

——Extended Variable Response: 扩展的 Variable Response 是对远端 Variable Request 的响应, 在每个 IEEE 802.3-2005 的 Variable Request 消息的 PDU 中的数据域包括一系列 Variable Containers。Variable Container 的格式应符合 IEEE 802.3-2005 Clause 57。

——Set Request: OLT 发送 Set Request 消息对远端 ONU 的管理对象的参数进行写操作。Set Request 消息中 Payload 域的格式与 Variable Response 消息类似, 包含一系列用于指定所要设置的变量 (Variable) 的 Variable Container 以及管理对象实例索引 TLV (如果需要的话), Container 的数据字段包含该变量的设置值。

——Set Response: ONU 向 OLT 发送 Set Response 消息, 用于确认写操作是否成功。Set Response 消息包含一系列 Variable Containers 以及管理对象实例索引 TLV (如果需要的话), 并带有对应于 Variable Set 消息中每个设置请求 (Set Request) 和设置操作的回复码 (Return Code)。典型的 Container 包含 Branch/Leaf 标识符 (Identifier), 其 Value/Length 字段包含一个操作确认码, 具体的操作确认码见本标准 8.5.7。

——Churning: 用于搅动过程的密钥交换和同步过程所必须的协议交互过程。具体规范见本标准 8.7 节。

——DBA: 用于实现 DBA 的互通性所必须的 DBA 参数读取和设置功能。具体规范见本标准 8.6 节。本标准暂不规定基于 OAM 的软件/固件升级功能。

在 Extended Variable Request、Extended Variable Response、Set Request、Set Response 消息中, 既可以包含本标准中定义的扩展属性, 也可以包含 IEEE 802.3 中定义的标准属性。

标准的 OAM 帧和扩展的 OAM 帧均应支持 1518 字节的最大帧长。

8.5 扩展的管理对象、属性和操作

8.5.1 扩展的管理对象 (Extended Object Class)

根据 IEEE 802.3 的规则, 定义如表 7 所示的扩展的管理对象。

表7 扩展的 OAM 管理对象及其属性

对象 (Object)	功能描述及相关属性	Leaf 代码
ONU	ONU 基本信息 (生产厂商、芯片组、固件、ONU 能力通告等)	0x0001~0x000F
Port	端口的管理 (FE/GE 端口、POTS 端口、E1 端口的打开/关闭, 以太网端口的流控、限速等属性管理等)	0x0011~0x001F
	VLAN 配置管理	0x0021~0x002F
	QoS 相关的业务流分类、排队、标记等	0x0031~0x003F
Multicast	组播功能	0x0041~0x004F

8.5.2 管理对象的实例索引 (Instance Index of Management Object)

上述某些管理对象可能存在多个实例, 例如对于 Port 对象而言, 每个 ONU 可能存在多个物理端口。管理对象的实例索引用于标识其后的标准的或扩展的属性与操作所应用的管理对象的实例。管理对象实例索引采用与 IEEE 802.3-2005 Clause57 中规定的 Variable Container 相同的 TLV 格式。具体的管理对象的实例索引 TLV 的格式见表 8。

表8 管理对象的实例索引 TLV 的格式

字节数	字段	定义
1	Branch	值为 0x36, 表示本 TLV 为管理对象的实例索引
2	Leaf	管理对象的类型 (具体 Leaf 值见表 9)
1	Variable Width	值为 0x01
1	Value	表示具体的管理对象的实例的编号

针对各种管理对象的 Leaf 编码见表 9, Value 表示该管理对象的实例编号。例如, 当管理对象为端口 (Port, Leaf 值为 0x0001), Value 的值为具体的 PON 端口、以太网端口、VoIP 端口、E1 端口的编号。目前仅规定了针对端口的实例索引功能, 部分扩展的组播管理 OAMPDU 也需要使用端口索引, 在此不做新的定义, 而是采用与端口对象的实例索引相同 TLV。

表9 管理对象的编码

管理对象	Leaf 值	定义
Port	0x0001	管理对象为端口, 包括 PON 接口、以太网 UNI 端口、VoIP 端口和 E1 端口
	其他	保留, 其他管理对象的 Leaf 编码待定

每个管理对象的实例索引 TLV 之后可以存在针对该实例的多个属性/操作的变量描述符 (Variable Descriptor) 或变量容器 (Variable Container)。在一个 OAMPDU 中, 一个管理对象实例索引之后的全部 Variable Descriptor 或 Variable Container 均为针对该实例的属性和操作, 直至该 OAMPDU 的数据部分结束 (出现填充字段) 或出现该管理对象的另外一个实例索引或另外一个管理对象的 Variable Descriptor/Container。

在 EPON 系统中, 管理对象的实例索引仅以 Variable Container 的形式存在, 不应出现仅有 Branch (值为 0x36) 和 Leaf 两个字段的 Variable Descriptor 格式的管理对象实例索引。如果在 OAMPDU 中出现此类 Variable Descriptor, 接收侧应对该 OAMPDU 做忽略处理。当 OLT 向 ONU 发送的 OAMPDU 中包含管理对象的实例索引的 Variable Container 以及对应于该实例的特定属性/操作的 Variable Container/Descriptor 时, ONU 返回给 OLT 的 OAMPDU 也应采用相同的管理对象的实例索引的 Variable Container。图 14 给出了用于对以太网端口 1 的流控功能进行查询的 OAMPDU 的格式; 图 15 给出了对应于此查询 OAMPDU 的 Extended GET Variable Response OAMPDU 的格式。

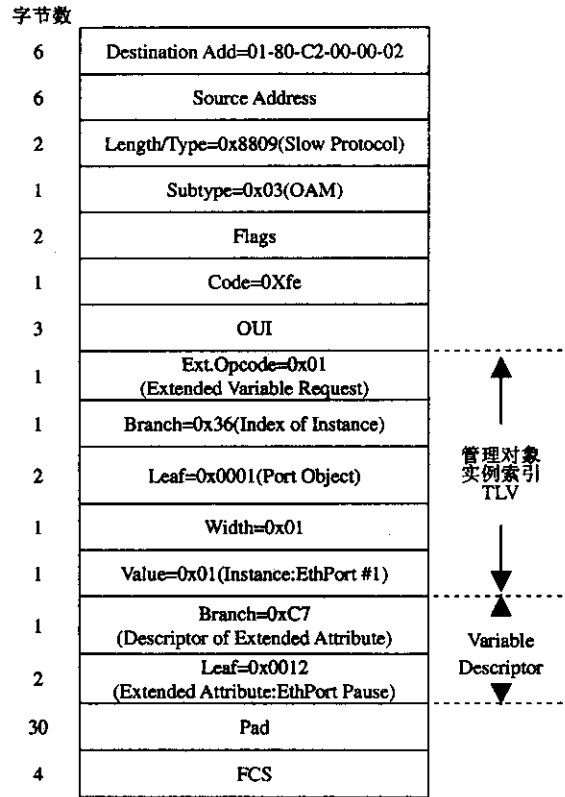


图14 带有管理对象实例索引的 Extended GET Variable Request OAMPDU 格式

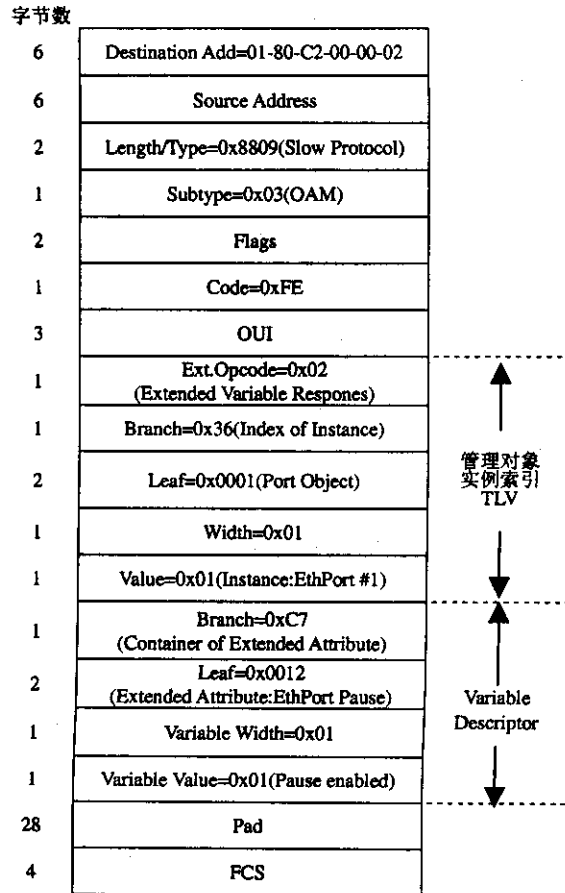


图15 带有管理对象实例索引的 Extended Variable Response OAMPDU 格式

在扩展的 OAM 报文中，可能存在一个或多个管理对象实例索引，也可能不存在管理对象实例索引。对于 ONU 管理对象，因为不存在多个实例，所以无需规定其具体的实例索引，因此也就可以在扩展的 OAM 报文中没有管理对象实例索引 TLV。例如对于 aFECAbility、aFECmode 等标准属性以及下面的一些扩展属性（ONU SN、FirmwareVer、Chipset ID、ONU Capability 等属性以及 Reset ONU 等操作）均无需在具体属性的 Variable Container 前添加管理对象的实例索引 TLV。图 16 以 Reset ONU 操作为例给出了不含管理对象实例索引 TLV 的 Set Request OAMPDU 格式示例。部分组播功能是针对端口的，所以需要采用管理对象（端口）实例索引 TLV。另一部分组播（如 MulticastSwitch、MulticastControl 属性），是针对 ONU 的，所以不应采用管理对象实例索引 TLV。

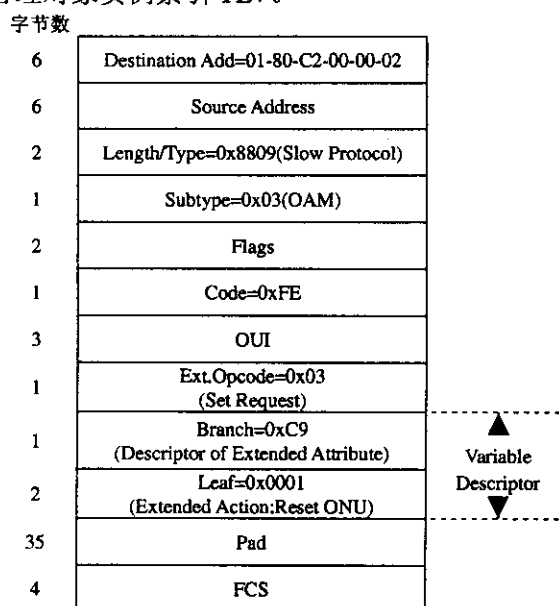


图16 不带管理对象实例索引的 Set Request OAMPDU 格式

管理对象的实例索引不仅用于本规范所规定的扩展的属性和操作，也可能用于某些 IEEE 802.3-2005 Clause 30 所规定的标准的属性和操作。如在 IEEE 802.3 中未规定如何针对特定 UNI 端口进行 aPhyAdminState、acPhyAdminControl 等 UNI 状态功能管理和配置，即可以采用扩展的 OAM 消息，结合管理对象实例索引 TLV 进行管理和配置。具体示例见本标准 8.5.6 节。

8.5.3 扩展的属性和操作

对于 ONU 各种对象的属性和操作管理，其 Variable 的 Branch 编码见表 10。

表10 Variable 的 Branch 编码

值	Branch	定义
0x07	标准属性 (Standard Attribute)	IEEE 802.3 Clause 30 规定的标准属性
0x09	标准操作 (Standard Action)	IEEE 802.3 Clause 30 规定的操作功能
0xC7	扩展属性 (Extended Attribute)	CCSA 扩展的属性，可以执行 Get 和 (或) Set 命令
0xC9	扩展操作 (Extended Action)	CCSA 扩展的操作

ONU 扩展属性及其代码见表 11。

表11 扩展属性及其代码

属性名称	描述	管理对象	Leaf 值	要求 (是否可选)	Get	Set
ONU SN	ONU 的标识符	ONU	0x0001	必选	○	
FirmwareVer	ONU 的固件版本	ONU	0x0002	必选	○	
Chipset ID	ONU 的 PON 芯片厂商和版本	ONU	0x0003	必选	○	
ONU Capabilities	ONU 的端口、功能	ONU	0x0004	必选	○	
EthLinkState	以太网用户端口的链路状态	Port	0x0011	必选	○	
EthPort Pause	以太网端口的流控功能及参数	Port	0x0012	必选	○	○
EthPort Policing	以太网端口的限速功能(上行)	Port	0x0013	必选	○	○
VoIP Port	VoIP 端口管理	Port	0x0014	如支持 VoIP 则为必选	○	○
E1 Port	E1 端口管理	Port	0x0015	如果支持 TDM, 则为必选	○	○
VLAN	ONU 的 VLAN 功能(含 Priority)	Port	0x0021	必选	○	○
Classification&Marking	业务流分类与标记	Port	0x0031	必选	○	○
Add/Del Multicast VLAN	ONU 的以太网端口的组播 VLAN 配置	Multicast	0x0041	必选	○	○
MulticastTagStripe	ONU 对下行 Multicast 数据报文的 VLAN TAG 处理	Multicast	0x0042	可选	○	○
Group Num Max	ONU 或端口同时支持的组播组数量	Multicast	0x0045	可选	○	○

8.5.4 扩展属性的定义

应用于 Get Variable Request 操作的扩展变量和操作的 Variable Descriptor 结构应符合 IEEE 802.3-2005 Clause 57, 由 Branch (0xC7 或者 0xC9) 和 leaf (0x0001~0x00AF) 构成, 对此本节不作详细描述。对于扩展变量和操作的定义、Variable Container 结构以及对应于 ONU 的行为作如下规定。

1) ONU SN

定义: ONU 的序列号。其序列号由 3 部分组成: ONU Vendor ID、ONU 版本和 ONU MAC 地址 3 个字段, 具体的 Variable Container 的结构见表 12。

表12 ONU SN variable container 格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0001)	ONU 的标识符
1	Variable Width	值为 38
4	Vendor ID	Vendor ID 为字符串, 用于标识特定的 ONU 厂商, 其编码采用 ANSI T1.220 标准, 采用 ASCII/ANSI 字符编码
4	ONU Model	ONU 型号, 其编码由厂商自定义
6	ONU ID	采用 ONU 的 MAC 地址作为 ONU 的 ID
8	HardwareVersion	ONU 设备的硬件版本号, 应采用 ASCII 编码, 若版本号短于 8 个字节, 则按照最低位对齐将其值放在本字段的最低位
16	SoftwareVersion	ONU 设备的软件版本号, 应采用 ASCII 编码, 若版本号短于 16 个字节, 则按照最低位对齐将其值放在本字段的最低位

2) FirmwareVer

定义：标识芯片当前所用的固件版本。具体的Variable Container的结构见表13。

表13 FirmwareVer variable container 格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0002)	ONU 芯片的 Firmware 版本标识符
1	Variable Width	当用于指示 Variable 值字段长度时，其值为可变
X	Version	Firmware 版本的具体值，为 16 进制数值

3) Chipset ID

定义：标识ONU所采用的PON芯片，包含Chipset Vendor ID、Chip Model两个字段。具体的Chipset ID变量的Variable Container的格式见表14。

表14 Chipset ID variable container 格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0003)	Chipset ID
1	Variable Width(0x08)	当用作 Variable Indication 时，其取值同 ONU SN 变量中的定义
2	Vendor ID	Vendor ID 为字符串，用于标识特定的芯片厂商，其编码采用 JEDEC ID
2	Chip Model	芯片型号，其编码由厂商自定义
1	Revision	芯片修订情况
3	IC_Version/Date	芯片的版本（硬件）。若没有版本号，也可以是设计日期，格式为 YY/MM/DD

4) ONU Capabilities

定义：描述ONU支持的主要功能，包括端口数量、端口和业务类型、上行队列数量、上行端口最大队列数、上行队列分配步长、下行队列数量、下行端口最大队列数、下行队列分配步长等。具体的ONU Capabilities变量的Variable Container的格式见表15。

表15 ONU Capabilities variable container 格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0004)	ONU Capabilities 属性
1	Variable Width	值为 0x1A
1	ServiceSupported	ONU 支持的业务类型。其取值采用 bitmap 方式： bit0=1 表示 ONU 支持千兆以太网 GE 接口，bit0=0 表示 ONU 不提供 GE 口； bit1=1 表示 ONU 支持百兆以太网 FE 接口（最高速率为 100Mbit/s，不含 GE 口）， bit1=0 表示 ONU 不提供 FE 口； bit2=1 表示支持 VoIP 业务，bit2=0 表示不支持 VoIP 业务； bit3=1 表示支持 TDM CES 业务，bit3=0 表示不支持 TDM 业务
1	Number of GE Ports	千兆以太网 UNI 接口数量
8	Bitmap of GE Ports ^a	千兆以太网 UNI 接口分布
1	Number of FE Ports	百兆以太网 UNI 接口数量
8	Bitmap of FE Ports	百兆以太网 UNI 接口分布
1	Number of POTS ports ^a	IAD 的 POTS 端口数量
1	Number of E1 port ^a	E1 端口的数量

表15 (续)

字节数	字段	定义
1	Number of US Queues	上行队列数量 (Number of upstream queues)
1	QueueMax per US Port	上行端口最大队列数 (Maximum queues per port upstream)
1	Number of DS Queues	下行队列数量 (Number of downstream queues)
1	QueueMax per DS Port	下行端口最大队列数 (Maximum queues per port downstream)
1	Battery Backup	表示 ONU 是否有备用电池; 0x00: 没有备用电池; 0x01: 有备用电池

* 8个字节的“Bitmap of GE Ports”表示千兆以太网 UNI 接口分布,采用 bitmap 方式,即 bitX=0,表示 ONU Port Number=X 的端口不是 GE 接口; bitX=1,表示 ONU Port Number=X 的端口是 GE 接口。“Bitmap of GE Ports”字段的比特编码方式为:最高位(该字段第一个字节的最高位)为 bit64,最低位(该字段第8个字节的最低位)为 bit0,依此类推。例如,如果“Bitmap of GE Ports”字段的值为“0x0000000000000800”表示端口12为GE端口;如果“Bitmap of GE Ports”字段的值为“0x0000000000000C00”表示端口12和端口11均为GE端口。同样地,8个字节的“Bitmap of FE Ports”表示百兆以太网 UNI 接口分布,亦采用 bitmap 方式,bitmap 的编码方式与“Bitmap of GE Ports”的编码方式相同。例如,如果“Bitmap of FE Ports”字段的值为“0x00000000000007FF”表示该 ONU 的端口1到端口11均为FE端口;如果“Bitmap of FE Ports”字段的值为“0x00000000000003FF”表示该 ONU 的端口1到端口10均为FE端口。对于实际存在的以太网端口,在这两个8字节字段中的对应比特的值不应相同。也就是说,bitmap 的值表示端口的能力,如果支持GE,则在“Bitmap of GE Ports”的相应 bit 值为1,在“Bitmap of FE Ports”的相应 bit 值为0;如果某端口仅支持FE不支持GE,则在“Bitmap of GE Ports”的相应 bit 值为0,在“Bitmap of FE Ports”的相应 bit 值为1(尽管GE端口可以工作于FE状态,但在“Bitmap of FE Ports”的相应 bit 不应重复表示)。例如,对于端口1~10为FE端口,端口11和12为GE端口的ONU,其“Bitmap of GE Ports”字段的值为“0x0000000000000C00”,其“Bitmap of FE Ports”字段的值为“0x00000000000003FF”。

在“Bitmap of GE Ports”字段和“Bitmap of FE Ports”字段中,对于不存在相应的实际端口的比特,其值均设为0。例如,如果ONU的“Bitmap of GE Ports”字段的值为“0x0000000000000C00”且“Bitmap of FE Ports”字段的值为“0x00000000000003FF”,则表明该ONU仅有12个以太网端口(2个GE端口,分别为端口11和端口12;10个FE端口,分别为端口1~10),该ONU上不存在端口13、14...64

为便于管理,对以太网端口、VoIP端口、E1端口和PON端口进行统一编号,编号规则见表16。以太网端口编号范围为0x01~0x4F,以太网UNI端口编号依次从0x01开始。VoIP端口编号范围为0x50~0x8F(编号依次从0x50开始),E1端口编号范围为0x90~0x9F(编号依次从0x90开始),PON端口编号为0,并且预留端口编号范围0xA0~0xFE。

表16 ONU 的端口编号索引

端口类型	端口编号范围	备注
PON 端口	0x00	表示默认的 PON 端口
以太网端口	0x01~0x4F	表示以太网 UNI 端口
VoIP 端口	0x50~0x8F	表示 POTS 口
E1 端口	0x90~0x9F	E1 端口
预留端口	0xA0~0xFE	为其他类型的端口预留的编号范围,如 ADSL 端口、用于保护的 PON 口等
所有以太网端口	0xFF	表示该 ONU 上所有的以太网物理 UNI 端口 (Port 1~N)

另外，扩展的OAM消息中的以太网UNI端口编号应与ONU面板上的端口编号严格的——对应，例如，对面板上编号为1的以太网端口的特定属性进行管理时，其OAM报文中的相应端口编号字段的值应为0x01（ONU面板的端口编号应从1起始，至79止）。

Port 0xFF表示该ONU上所有的以太网物理UNI端口（Port 1~N）的集合。对于Port 0xFF的属性管理和操作即为对每个以太网物理端口均执行相同的属性管理和操作。以Port 0xFF表示所有的以太网物理端口的方法仅用于Get Variable Request OAMPDU、Set Request OAMPDU和Set Response OAMPDU。该方法不能用于Get Variable Response OAMPDU，在Get Variable Response OAMPDU中，每个以太网物理端口的属性都应该分别被读取（read）。如图17所示，OLT通过“管理对象实例索引TLV（branch=0x36, leaf=0x0001、value of Port id=0xFF）+EthPort Pause Descriptor”的组合进行对ONU的全部以太网端口流控状态的查询。在ONU返回（GET）其所有端口流控状态信息时，ONU应将每个以太网端口通过多个“端口实例索引TLV（Value of Port ID=1~N）+EthPort Pause Container”的组合分别进行全部端口流控状态的上报。

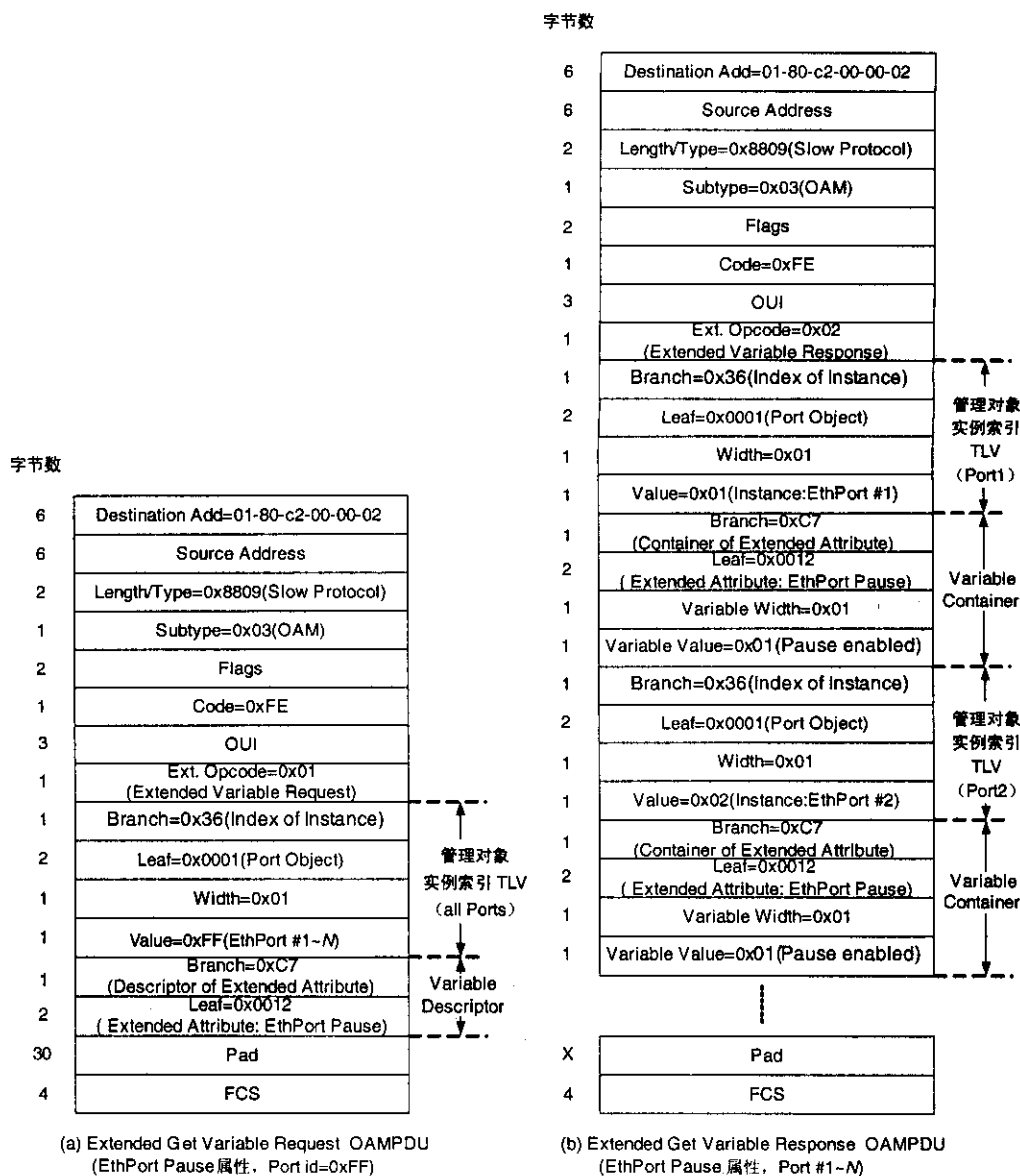


图17 采用 Port 0xFF 表示所有以太网端口的 Get Variable Request 和 Get Variable Response OAMPDU 示例

在采用以Port 0xFF表示所有的以太网物理端口的方法的Set Response OAMPDU中，也仅用于对该OAM对所有以太网端口进行相同属性配置/操作的确认。例如，如果Set Request OAMPDU采用Port 0xFF的方式配置所有的以太网物理端口的流控状态为Enabled，当ONU成功完成对所有以太网物理端口的相关设置后，将通过Value of Port id=0xFF的端口实例索引TLV和EthPort Pause Container向OLT进行确认，具体示例如图18所示。

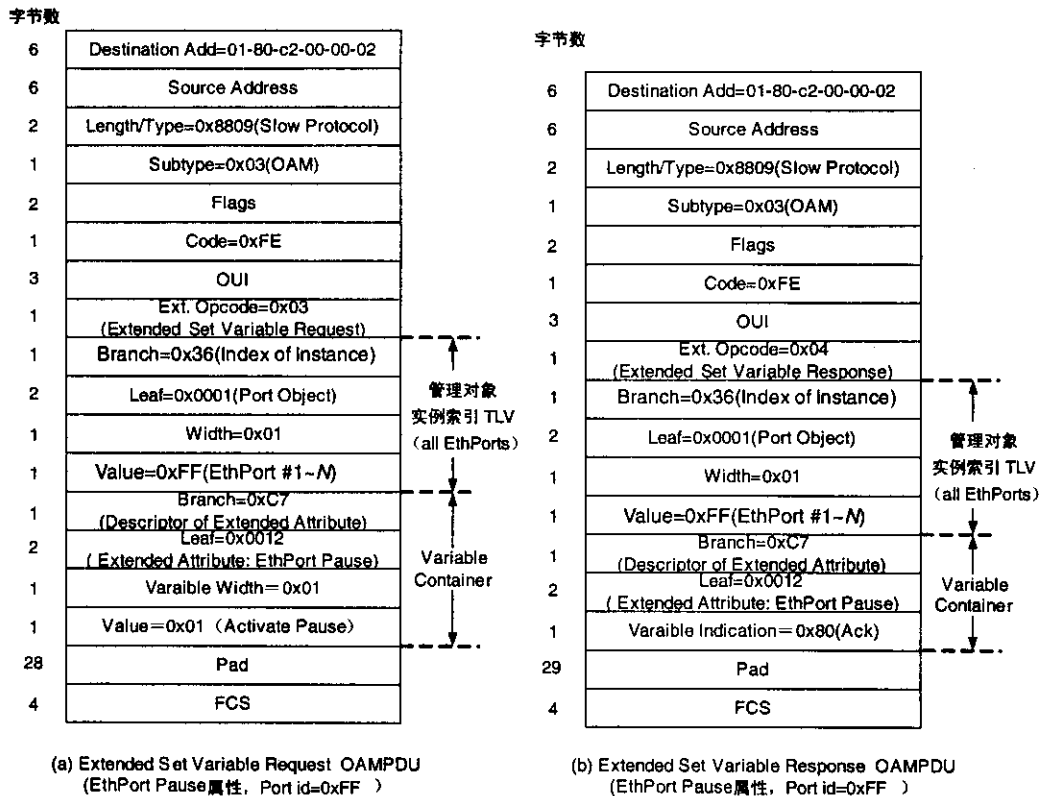


图18 采用 Port 0xFF 表示所有以太网端口的 Set Request 和 Set Response OAMPDU 示例

上述编号规则适用于本标准的所有针对端口的属性管理和操作。

5) EthLinkState

定义：以太网端口的链路运行状态。OLT利用本属性查询ONU的以太网UNI接口的链路状态。其具体的Variable Container格式见表17。

表17 EthLinkState Variable Container 格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0011)	以太网端口链路运行状态属性
1	Variable Width	当用作 Variable Width 时，其取值为 1
1	LinkState	0x00——与该端口相连的以太网链路状态为“DOWN”； 0x01——与该端口相连的以太网链路状态为“UP”

由于本属性需要指定其管理对象的具体实例（以太网端口），所以需要使用管理对象的实例索引TLV。

6) EthPort Pause

定义：以太网端口的流控功能（Flow Control）。其具体的Variable Container格式见表18。

由于本属性需要指定其管理对象的具体实例，所以需要使用管理对象的实例索引TLV。

ONU以太网端口的Pause流控的其他相关参数，如Back Pressure Time、Back Pressure Occur/Clear Queue Threshold等，由设备厂商自行规定。

表18 EthPort Pause Variable Container 格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0012)	以太网端口流控属性
1	Variable Width	当用作 Variable Width 时，其取值为 1
1	1 st Port Back Pressure Operation	枚举类型，以太网端口的流控状态： 0x00——关闭端口流控功能或者端口流控处于“关闭”状态； 0x01——打开端口流控功能或者端口流控处于“打开”状态

7) EthPort Policing

定义：以太网端口的上行业务的入口管制(Ingress Policing)功能。EPON系统的UNI口采用单速Policing方式。其具体的Variable Container格式见表19。

表19 EthPort Policing Variable Container 格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0013)	以太网端口上行限速属性
1	Variable Width	当用作 Variable Width 时，其取值为 1 (Port Policing operation 字段为 0x00 时) 或者 10 (Port Policing operation 字段为 0x01 时)
1	Port Policing operation	0x00——关闭端口上行限速功能或者端口上行限速功能处于“关闭”状态； 0x01——打开端口上行限速功能或者端口上行限速功能处于“打开”状态； 本字段的缺省值为 0x00，即端口上行限速功能的缺省状态为“关闭”
3	Port Policing CIR	上行限速的保证比特率 CIR，单位为 kbit/s；取值范围为 0x000000~0xFFFFFFFF； 当 Port Policing Operation 字段值为“0x00”时，则无本字段
3	Port Policing bucket depth (CBS)	用于容许一定量的突发的令牌桶的深度，单位为字节； 当 Port Policing Operation 字段值为“0x00”时，则无本字段
3	Port Policing extra burst size (EBS)	额外的令牌数量，单位为字节。如果正在转发某个分组时 CBS 令牌桶耗尽，转发引擎可以使用额外的令牌以完成该分组的转发 当 Port Policing Operation 字段值为“0x00”时，则无本字段

由于本属性需要指定其管理对象的具体实例，所以需要使用管理对象的实例索引TLV。

8) VoIP Port

定义：VoIP端口的管理（打开或者关闭）。其Variable Container格式见表20。

表20 VoIP Port Variable Container Format

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0014)	POTS (VoIP) 端口管理
1	Variable Width	当用作 Variable Width 时，其取值为 1
1	1 st Port Lock/Unlock	枚举类型，VoIP 端口的状态： 0x00——关闭该端口或者该端口的状态为“关闭”； 0x01——打开该端口或者该端口的状态为“打开” 本字段的缺省值为 0x00，即 VoIP 端口的缺省状态为“关闭”

由于本属性需要指定其管理对象的具体实例，所以需要使用管理对象的实例索引TLV。

9) E1 Port

定义：E1 TDM端口的管理（打开或者关闭）。其Variable Container格式见表21。

表21 E1 Port Variable Container 格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0015)	E1 (based on CESoP) 端口属性
1	Variable Width	当用作 Variable Width 时，其取值为 1
1	1 st Port Lock/Unlock	枚举类型，E1 端口的状态： 0x00——关闭该端口或者该端口的状态为“关闭”； 0x01——打开该端口或者该端口的状态为“打开”； 缺省值为 0x00，即 E1 端口的缺省状态为“关闭”

由于本属性需要指定其管理对象的具体实例，所以需要使用管理对象的实例索引TLV。

10) VLAN

定义：对以太网端口的VLAN配置，包含transparent、tag、translation等模式。其Variable Container格式见表22。对VLAN的操作针对端口进行。每个Variable Container中只能包含对一个端口的VLAN管理。这里是指单播VLAN，不涉及对组播VLAN的配置和查询。对于其他模式，每个端口仅有1个VLAN。对于特定端口的VLAN配置命令应通过一个Container封装。对于特定端口，新的VLAN Container中的VLAN配置将覆盖原有的VLAN配置。

表22 VLAN Variable Container Format

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0021)	以太网端口的 VLAN 属性
1	Variable Width	当用作 Variable Width 时，其取值为 (1+X)
1	VLAN mode	0x00: 透明模式 (transparent mode) 0x01: 标记模式 (tag mode) 0x02: 转换模式 (translation mode) 其他模式待定
X	VLANConfig Parameters	对应于不同的 VLAN mode 的配置参数

对于Transparent mode，没有VLAN operation Parameters域（即X=0）。

对于Tag mode，为输入的以太网帧增加VLAN tag；X=4，为所增加的VLAN tag值，包括TPID、CFI、Pri、VID等字段。

对于Tranlation mode，X=4+8 Y，Y为VLAN Translation的条目数量。其中前4个字节为缺省VLAN（包括TPID和VID、CFI、Pri等内容）。然后为多个Translation entries，每个entry包含8个字节，其中，前4个字节为待去除的VLAN tag，后4个字节为增加的VLAN tag；这时ONU可以支持多个对单端口进行多VLAN配置。

具体各种VLAN模式的ONU行为见本标准7.2.2节的规定。

由于本属性需要指定其管理对象的具体实例（以太网端口），所以需要使用管理对象的实例索引TLV。

11) Classification&Marking

定义：ONU上特定以太网端口的上行业务流分类、映射和以太网优先级（IEEE 802.1D）标记的规则。对业务流的分类和标记可以针对物理端口进行，也可以针对帧头中特定的域。分类规则可能包含1个或者多个条件，所有的条件按照field-value-operator的描述方法，并采用if-then的方式将分类条件与映射的队列进行关联。分类后的以太网帧映射到不同的队列（队列编号见“QueueMapped”）。具体的Variable Container格式见表23。

表23 Classification&Marking Variable Container Format

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0031)	ONU 以太网端口的 QoS 规则 (Classification&Marking) 属性
1	Variable Width	值可变 (≥ 1)
1	Action	<p>本 Variable Container 对 Classification、Queuing&Marking 控制表的操作类型：</p> <p>0x00：删除下述的 Classification、Queuing&Marking 控制规则（用于 Set Variable Request 消息）；</p> <p>0x01：增加下述的 Classification、Queuing&Marking 控制规则（用于 Set Variable Request 消息）；</p> <p>0x02：清除 ONU 该端口的 Classification、Queuing&Marking 控制表（即删除该 ONU 所有的分类、排队和标记规则）；该操作类型仅用于 Set Variable Request 消息。当本 Container 为此操作类型时，本字节后面没有其他数据；</p> <p>0x03：列出该 ONU 所有的 Classification、Queuing&Marking 控制条目（用于 Get Variable Request/Response 消息）；当本 Container 用于 Get Variable Request 时，本字节后面没有其他数据；当本 Container 用于 Get Variable Response 时，本字节后面为该端口的所有分类、排队和标记规则；</p> <p>其他值：保留</p>
1	Number of rules in the Container	本 Container 包含的“分类、排队和标记”规则的数量，取值为整数，最小值为 0（当 OLT 查询特定端口的 Classification&Marking 规则，且该端口尚未配置 Classification&Marking 规则时，该 ONU 的 Get Variable Response OAM 消息中的 Classification&Marking Variable Container 的 Number of rules in the Container 字段值为 0。其他情况下，本字段值均应大于或等于 1）
1	Precedence of Rule No.1	<p>“分类、排队&标记”规则的优先级排序。</p> <p>当本字节值为 1 时，表示本规则为最优先考虑的。对于每个以太网帧，ONU 应采用最高排序的匹配规则确定其队列映射方法和标记优先级，所有其他排序的规则均被忽略。（一般来讲，对于特定端口的多个“分类、排队和映射”规则应为不冲突的。当发生冲突——一个报文同时属于 2 个或多个规则时，按照排序的优先级进行判断）</p> <p>如果一个新增加的“分类、排队和标记”规则的 Precedence 值等于该 ONU 现有的某个规则的 Precedence 值，则将原占据该 Precedence 值的规则以及所有的更低优先级的规则的 Precedence 值均增加 1（相对其原有排序，统一降低一个等级），新的规则则占据该 Precedence 值。如果删除一个现有的规则，则该规则以后更低优先级的规则的 Precedence 值均递减 1（相对于原有排序，统一提高一个等级）。</p> <p>如果由于增加新规则而导致规则数量超过了 ONU 或者端口的能力，则 ONU 自动将最低优先级的规则删除。例如，对于 ONU 的以太网端口 1，它能够支持的最大规则数为 8 个，且该端口已经配置了 8 条规则（Precedence 值分别为 1~8），如果又增加一个 Precedence 值为 4 的新规则，则原 Precedence 值为 4~7 的规则的 Precedence 值分别变为 5~8，原 Precedence 值为 8 的规则被删除。</p>

表 23 (续)

字节数	字段	定义
1	Precedence of Rule No.1	如果本 Container 为 Delete 操作, 则仅需给出要删除的规则的数量 (Number of Rules) 以及这些规则的 Precedence 值 (可以同时删除多个规则, 即列出多个 Precedence 的值) 即可, 无需详细给出其规则的内容。注意: 这种情况下, 在 Number of rules in the Container 字段后应顺序排列多个 Precedence 字节, 相邻 Precedence 字节间不应填充任何数据, 对 Precedence 值的排列没有要求。 (当然, 执行 delete 操作的 Set Request 也可以包含所要删除的每个规则的详细内容, 但其所有的参数必须与 ONU 存储的完全一致才能生效, 否则 ONU 返回“参数无效 (0x86)”代码。暂时不强制要求 ONU 具备对这种 Variable Container 进行解析及相关处理的能力)
1	Length of Rule No.1	第一个规则的长度, 单位为字节, 该值不包含 Length of Rule 字节本身
1	QueueMapped (Rule No.1)	符合本规则的以太网帧所要映射的队列编号 (the value should be the Number of Queue to be mapped), 例如, 如果要将符合下面描述的分类规则的业务流映射到队列 7, 则本字节的值为 0x07
1	EthernetPriorityMark (Rule No.1)	对符合本规则的以太网帧进行优先级标记 (IEEE 802.1D), 其值为 0x00~0x07。本字节缺省值为 0x00; 如本字节的值为 0xFF, 则意味着对符合该条件的帧不进行优先级标记。如果进入分类器 (Classifier) 的以太网帧为无 tag 的, 则为其打上 VLAN 标签并进行 Pri 标记, 其 VLAN ID 为缺省值 (1)
1	Number of entries (Rule No.1)	本规则需满足的条件 (entries) 数量。如果有多个条件, 则下面为多个 field-value-operator 域, 即意味着必须同时满足下述多个条件才能执行上述操作
1	Field Select (1 st)	第 1 个条件对应的域: 0x00: 基于 DA MAC 分类; 0x01: 基于 SA MAC 分类; 0x02: 基于以太网优先级 Pri (IEEE 802.1D) 分类; 0x03: 基于 VLAN ID 分类; 0x04: 基于以太网类型 (0x8808、0x8809、0x88A8 等, 主要指以太网帧中的原始的 Length/EtherType, 不包含 VLAN tag 中的 TPID 域); 0x05: 基于目的 IP 地址分类; 0x06: 基于源 IP 地址分类; 0x07: 基于 IP 协议类型 (IP、ICMP、IGMP 等); 0x08: 基于 IP DSCP (IP V4) 分类; 0x09: 基于 IP Precedence (IP V6) 分类; 0x0A: 基于 L4 源 PORT 分类; 0x0B: 基于 L4 目的 PORT 分类; 其他方式待定义
6	Match Value (1 st)	第 1 个条件的匹配值。如果所对应的域小于 6 字节 (如以 VLAN Pri=1 作为匹配域), 则按照最低位对齐将其匹配值放在本 6 字节的最低位 (对应的匹配值为 0x00 00 00 00 00 01)
1	Validation Operator (1 st)	第 1 个条件使用的运算符, 具体编见表 24
1	Field Select (2 nd)	第 2 个条件的对应的域
6	Match Value (2 nd)	第 2 个条件的匹配值

表 23 (续)

字节数	字段	定义
1	Validation Operator (2 nd)	第 2 个条件使用的运算符
⋮	⋮	⋮
1	Precedence of Rule No.2	“分类、排队&标记”规则的优先级排序
1	Length of Rule No.2	第二个规则的长度
1	QueueMapped (Rule No.2)	同上
1	EthernetPriorityMark (Rule No.2)	同上
⋮	⋮	⋮

由于本属性的操作对象为Port, 亦需指定其管理对象的具体实例, 所以需要使用管理对象的实例索引 TLV。

Classification&Marking规则 (rule) 应作为一个整体, 不允许将一个rule分隔到两个或多个Variable Container中。

ONU以Container为单位进行配置, 即同一个Container中的 (可能是多个) 规则同时配置到其Classification、Queuing and Marking控制表中。Precedence值冲突的情况按前述的方式处理。对特定Variable Container中的全部Classification, Queuing&Marking规则配置成功后, ONU通过向OLT发送包含返回码 (如本标准8.5.7规定) 的Set Variable Response OAMPDU进行确认。

如果OLT在发出用于Classification&Marking配置的Set Variable Request OAMPDU后一定时间内 (具体时间值应可配置) 收到包含对应于特定Variable Container的SetOK返回码的Set Variable Response OAMPDU, 则OLT确认ONU已完成相关的分类/标记规则的配置。否则, OLT则认为该配置未完成。

QueueMapped的值为要映射的队列的编号, 为16进制数, 其值越大, 调度的优先级越高。另外, TDM业务、Network Control业务应固定进入ONU内最高优先级的队列, VoIP业务应进入最高或第二高优先级的队列。

每个分类规则可能包含一个或者多个匹配条件。当前, ONU必须支持至少一个匹配条件。

本标准提供了对基于多个条件组合 (Combination of Entries) 的“分类、排队和标记”规则 (例如, 基于TCP Port号和VLAN ID的等多个field组合的帧识别)。当前, 这种基于多个条件组合的分类、排队和标记功能为可选。

表24 运算符 (validation operator) 的编码和定义

值	操作符	定义
0x00	F	永不匹配 (Never match)
0x01	==	等于 (Field equal to value)
0x02	!=	不等于 (Field not equal to value)
0x03	<=	小于或等于 (Field less than or equal to value, 可选)
0x04	>=	大于或等于 (Field greater than or equal to value, 可选)
0x05	exists	如果该字段存在, 则为真 (True if field exists, value ignored)
0x06	!exist	如果该字段不存在, 则为真 (True if field does not exist, value ignored)
0x07	T	永远匹配 (Always match)

如果UNI接口收到的上行以太网包中不包含用于分类的字段 (field) 或者该字段的值在分类规则中未列出, 则将该帧映射到最低优先级队列并不对其进行以太网优先级标记。

12) Add/Del Multicast VLAN

定义: ONU的以太网端口的组播VLAN配置。其Variable Container的格式见表25。

表25 Add/Del Multicast VLAN Variable Container 的格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0041)	Multicast VLAN 属性
1	Variable Width	当用作 Variable Width 时, 其取值为 1+2X
1	Multicast VLAN Operation	0x00——删除下列组播 VLAN (用于 Set Variable Request 消息); 0x01——增加下列组播 VLAN (用于 Set Variable Request 消息); 0x02——删除该端口的所有组播 VLAN 配置; 该操作类型仅用于 Set Variable Request OAM 消息。当本 Container 为此操作类型时, 本字节后面没有其他数据; 0x03——列出该端口的所有组播 VLAN (用于 Extended GET Variable Request 和 GET Variable Response OAM 消息)。当本 Container 用于 Get Variable Request 时, 本字节后面没有其他数据; 当本 Container 用于 Get Variable Response 时, 本字节后面为该端口的所有分类、排队和标记规则; 其他值——保留
2	1 st multicast VLAN ID	以太网端口对应的第一个组播 VLAN ID, CFI 和以太网优先级比特均为 0
⋮	⋮	⋮
2	X th multicast VLAN ID	以太网端口对应的第 X 个组播 VLAN ID

由于本属性的操作对象为端口, 需指定其管理对象的具体实例, 所以需要使用管理对象的实例索引 TLV。

此外, ONU支持的Multicast VLAN数量不应小于4个。

13) MulticastTagStripe

定义: 在某些场合, 如用户采用独立的家庭网关设备连接到ONU的以太网端口开展IPTV业务, 家庭网关一般需要组播业务流带有组播VLAN TAG, 这时, ONU不应将下行的组播数据报文的VLAN TAG剥除。在另外一些场合, 如用户直接将机顶盒通过以太网UNI端口接到EPON系统中, 这时ONU需要将下行的组播数据报文的VLAN TAG剥除。本OAM消息则用于控制ONU在向以太网UNI端口转发组播数据报文时是否将组播数据报文VLAN TAG剥除。其Variable Container格式见表26。

表26 MulticastTagStripe Variable Container 的格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0042)	下行 Multicast 数据报文的 VLAN TAG 是否剥除
1	Variable Width	可变, 其值为 1
1	TagStriped	控制 ONU 的以太网端口是否剥除组播业务报文 VLAN TAG: 0x00: 不剥除组播业务报文的 VLAN TAG; 0x01: 剥除组播业务报文的 VLAN TAG; 其他值: 保留, 接受到时做忽略处理

由于本属性的操作对象为端口, 需指定其管理对象的具体实例, 所以需要使用管理对象的实例索引 TLV。

14) Group Num Max

定义：ONU或端口同时支持的组播组数量。其Variable Container的格式见表27。

表27 Group Num Max Variable Container 的格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0xC7)	扩展属性的 Branch
2	Leaf (0x0045)	以太网端口同时支持的组播组数量
1	Variable Width	当用作 Variable Width 时，其取值为 1
1	1 st Max Num of Group	表示允许的同时点播的组播组数量

由于本属性的操作对象为端口，需指定其管理对象的具体实例，所以需要使用管理对象的实例索引 TLV。

8.5.5 扩展的操作 (Extended ACTION)

除IEEE 802.3中规定的标准的操作外，EPON系统还应支持ResetOnu等扩展操作。扩展的操作及其代码见表28。其他扩展的操作待规定。

表28 扩展的操作及其代码

操作	功能描述	管理对象	Value
ResetOnu	重新启动 ONU	ONU	0x0001

实现扩展的Action的Variable Descriptor和Variable Container（如果存在其他扩展Actions的话，则可能存在用于实现扩展Action的Variable Container）的格式应符合IEEE 802.3的相关规定。

ResetOnu

对于ResetOnu操作，ONU在收到ResetOnu的OAM请求后，无需向OLT发送确认（Ack）OAM消息，而是立即重启动。

8.5.6 其他需支持的标准的属性和操作

除上述扩展的属性和操作外，EPON系统还应支持一些IEEE 802.3-2005中规定的标准属性和操作。表29所示的是本规范所规定的EPON系统所必需支持的属性和操作。对这些标准的属性和操作的Variable Descriptor/Container格式应符合IEEE 802.3-2005的规定。

表29 EPON 系统需要支持的标准的属性和操作

属性/操作	功能描述	管理对象	Branch	Leaf	Get	Set
aPhyAdminState	查询以太网端口的状态	Port	0x07	0x0025	○	
acPhyAdminControl	设置或更改以太网物理端口的状态	Port	0x09	0x0005		○
aAutoNegAdmin State	以太网端口的状态（自协商）	Port	0x07	0x004F	○	
aAutoNegLocalTechnologyAbility	actual port capabilities	Port	0x07	0x0052	○	
aAutoNegAdvertisedTechnologyAbility	端口自协商能力通告	Port	0x07	0x0053	○	
acAutoNegRestartAutoConfig	强制链路重新协商	Port	0x09	0x000B		○
acAutoNegAdminControl	打开或者关闭 PHY 端口的自协商功能	Port	0x09	0x000C		○
aFECAbility	FEC 能力查询 (IEEE 802.3-2005 Clause 30.5.1.1.13)	ONU	0x07	0x0139	○	
aFECmode ¹	双向 FEC 功能的打开/关闭 (IEEE 802.3-2005 Clause 30.5.1.1.14)	ONU	0x07	0x013A	○	○

对于上述标准的属性和操作，应与本规范规定的扩展的属性和操作一样，在Get Variable Request/Response、Set Request/Response OAMPDU中承载。

对这些标准的属性和操作的Variable Descriptor/Container格式及其行为定义应符合IEEE 802.3-2005及ASN.1的规定。例如，按照IEEE 802.3-2005和ASN.1的规定，枚举类型的数据长度为4字节，因此，上述属于枚举类型的标准属性的Variable Width的值为0x04；SEQUENCE类型的数据包含一系列枚举类型数据，因此属于SEQUENCE类型的属性，其Variable Width的值为4的倍数。其他类型的数据亦应符合ASN.1的规范。

下面列出一些标准属性的Variable Container格式。

1) aPhyAdminState

aPhyAdminState属性为枚举类型，其Variable Container格式见表30。

表30 aPhyAdminState 的 Variable Container 的格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0x07)	标准属性的 Branch
2	Leaf (0x0025)	aPhyAdminState 属性
1	Variable Width	取值为 4
4	Value	枚举类型数据，表示 ONU 的以太网物理端口状态： 0x00000001：该以太网端口处于“关闭”状态； 0x00000002：该以太网端口处于“打开”状态

本属性的管理对象为Port，所以需在该Container/Descriptor前加上管理对象示例索引TLV。

2) acPhyAdminControl

acPhyAdminControl操作为枚举类型，其Variable Container格式见表31。

表31 acPhyAdminControl 的 Variable Container 的格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0x09)	标准属性的 Branch
2	Leaf (0x0005)	acPhyAdminControl 属性
1	Variable Width	取值为 4
4	Value	枚举类型数据，表示 ONU 的以太网端口的打开或关闭操作： 0x00000001：关闭该以太网端口； 0x00000002：打开该以太网端口

本属性的管理对象为Port，所以需在该Container/Descriptor前加上管理对象示例索引TLV。

3) aAutoNegAdminState

aAutoNegAdminState属性为枚举类型，其Variable Container格式见表32。

表32 aAutoNegAdminState 的 Variable Container 的格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0x07)	标准属性的 Branch
2	Leaf (0x004F)	aAutoNegAdminState 属性
1	Variable Width	取值为 4
4	Value	枚举类型数据，表示 ONU 的以太网端口的自协商状态： 0x00000001：关闭 0x00000002：打开 (见 IEEE 802.3-2005 Clause Annex 30 Page716)

本属性的管理对象为Port，所以需在该Container/Descriptor前加上管理对象实例索引TLV。

4) aAutoNegLocalTechnologyAbility

aAutoNegLocalTechnologyAbility属性为SEQUENCE类型数据，为AutoNegTechnology的枚举值列表，即AutoNegTechnologylist。Sequence的格式应符合IEEE 802.3-2005和ASN.1的要求。所枚举的AutoNegTechnology编码应符合IEEE 802.3-2005 Annex30B (P717)。表33给出了一个aAutoNegLocalTechnologyAbility属性的Variable Container的示例。

表33 aAutoNegLocalTechnologyAbility的Variable Container的格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0x07)	标准属性的 Branch
2	Leaf (0x0052)	aAutoNegLocalTechnologyAbility 属性
1	Variable Width	取值为 4 的倍数 (4+4X, 其中 X 为所包含的枚举类型数据个数)。本 Container 示例中的 Variable Width 等于 16
4	Number of the Enumerated	枚举数据的数量
4	1 st Enumerated AutoNegTechnology	第一个枚举的 AutoNegTechnology 值。例如，本字节当值为 0x00000028 (40)，表示支持 IEEE 802.3-2005 Clause 40 中规定的 1000BASE-T UTP PHY
4	2 nd Enumerated AutoNegTechnology	第二个枚举的 AutoNegTechnology 值。例如，本字节当值为 0x00000192 (402)，表示支持 IEEE 802.3-2005 Clause 40 中规定的 Full duplex 1000BASE-T UTP PHY
4	3 rd Enumerated AutoNegTechnology	第三个枚举的 AutoNegTechnology 值。例如，本字节当值为 0x00000142 (322)，表示支持 IEEE 802.3-2005 Clause 31 和 32 中规定的 Full duplex 100BASE-T2

本属性的管理对象为Port，所以需在该Container/Descriptor前加上管理对象实例索引TLV。

5) aAutoNegAdvertisedTechnologyAbility

aAutoNegAdvertisedTechnologyAbility属性为SEQUENCE类型数据，为AutoNegTechnology的枚举值列表，即AutoNegTechnologylist。Sequence的格式应符合IEEE 802.3-2005和ASN.1的要求。所枚举的AutoNegTechnology编码应符合IEEE 802.3-2005 Annex30B (P717)。其Variable Container的格式与表31相同 (Leaf的值为0x0053)。

本属性的管理对象为Port，所以需在该Container/Descriptor前加上管理对象实例索引TLV。

6) acAutoNegRestartAutoConfig

OLT通过acAutoNegRestartAutoConfig操作强制以太网UNI端口开始链路的再协商。OLT发送的acAutoNegRestartAutoConfig指令采用Variable Descriptor格式，见表34。

表34 acAutoNegRestartAutoConfig Variable Descriptor的格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0x09)	标准属性的 Branch
2	Leaf (0x000B)	acAutoNegRestartAutoConfig 操作

对于OLT发来的SET acAutoNegRestartAutoConfig Request OAM消息，ONU返回的Set acAutoNegRestartAutoConfig Response OAM消息则采用acAutoNegRestartAutoConfig Variable Container格式。该Container包括Branch (0x09)、Leaf (0x000B)、Variable Indication (0x80或0x87等代码)三个字段。

本属性的管理对象为Port，所以需在该Container/Descriptor前加上管理对象实例索引TLV。

7) acAutoNegAdminControl

acAutoNegAdminControl属性为枚举类型，其Variable Container格式见表35。

表35 acAutoNegAdminControl Variable Container 的格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0x09)	标准属性的 Branch
2	Leaf (0x000C)	acAutoNegAdminControl 操作
1	Variable Width	取值为 4
4	Value	枚举类型数据，表示打开或关闭 ONU 的以太网端口的自协商功能： 0x00000001：关闭 ONU 的以太网端口的自协商功能； 0x00000002：打开 ONU 的以太网端口的自协商功能 (见 IEEE 802.3-2005 Clause Annex 30 Page716)

本属性的管理对象为Port，所以需在该Container/Descriptor前加上管理对象实例索引TLV。

8) aFECability属性

aFECability属性为枚举类型，其Variable Container的格式见表36。

表36 aFECability的 Variable Container 的格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0x07)	标准属性的 Branch
2	Leaf (0x0139)	aFECability 属性
1	Variable Width	取值为 4
4	Value	枚举类型数据，表示 ONU 是否支持 FEC 功能： 0x00000001：ONU 处于初始化阶段，其 FEC 状态尚不可知 (Unknown)； 0x00000002：ONU 支持 FEC 功能 (supported)； 0x00000003：ONU 不支持 FEC 功能 (not supported)。 (见 IEEE 802.3-2005 Annex 30B, P719)

本属性的管理对象为ONU，所以无需在该Container/Descriptor前加上管理对象实例索引TLV。

9) aFECmode属性

aFECmode属性用于对特定EPON PHY接口的双向FEC功能的配置。该属性为可读写，其值表示该ONU的FEC工作模式。读操作(GET operation)应返回该ONU的当前FEC工作状态，写操作(SET operation)将改变该ONU的FEC工作状态。其Variable Container格式见表37。

表37 aFECmode的 Variable Container 格式

字节数	字段	定义
1	Branch (0x07)	标准属性的 Branch
2	Leaf (0x013A)	aFECmode 属性
1	Variable Width	取值为 4
4	Value	枚举类型数据，表示对 ONU 的 FEC 功能打开与关闭： 0x00000001：ONU 尚处于初始化阶段，其 FEC 状态尚不可知 (Unknown)； 0x00000002：Enable——FEC 使能 (对于 Get Response 消息) 或者使能 ONU 的 FEC 功能 (对于 Set Request 消息)； 0x00000003：Disable——FEC 关闭 (对于 Get Response 消息) 或者关闭 ONU 的 FEC 功能 (对于 Set Request 消息)； (见 IEEE 802.3-2005 Annex 30B, P719)

本属性的管理对象为ONU，所以无需在该Container/Descriptor前加上管理对象示例索引TLV。

如果aFECMode使能，ONU发送的上行帧和OLT发送的下行帧均应为FEC编码的（FEC-coded）；ONU和OLT的接收机均应能够接收FEC编码的（FEC-coded）帧和非FEC编码（non-FEC-coded）帧。

如果aFECMode关闭，ONU发送的上行帧和OLT发送的下行帧均应为非FEC编码的（non-FEC-coded）；ONU和OLT的接收机仍应该能够接收FEC编码的（FEC-coded）帧和非FEC编码（non-FEC-coded）帧。

8.5.7 Set Response 消息中的操作确认

为了实现Set Variable Request的确认，对Variable Container的Variable Indication (bit7=1) 作如下扩展：

当Variable Indication的值为0x80时，表示对Set Variable Request或操作的确认（设置成功——SetOK）；当Variable Indication的值为0x86时，表示设置请求或操作的参数无效（VarBadParameters）；当Variable Indication的值为0x87时，表示设置请求或操作的参数有效，但ONU的当前状态使该操作无法完成（VarNoResource）。

对于其他Set Variable Request操作不成功的情况，其返回的Variable Indication代码应符合IEEE 802.3-2005 Subclause 57.6.5的规定，类似于IEEE 802.3-2005 Subclause 57.6.2对Variable Container的规定，对于用于本章扩展的Set Variable Response的Variable Container，没有Variable Value域。

具体的Set Response消息中的附加的返回码（Return Code，即Variable Indication）见表38。

表38 应用于 Set Response 的附加回复码（Variable Indication）

附加的返回码	值	定义
SetOK	0x80	Set Variable Request 操作成功
VarBadParameters	0x86	设置请求或设置操作的参数无效
VarNoResource	0x87	设置请求或设置操作的参数有效，但 ONU 的当前状态使该请求或操作无法完成

当 OLT 发送 Set Request OAMPDU 时，可以包含针对多个管理对象或者多个管理实例（Instance）的属性进行设置或者操作，也可以针对同一管理实例的多个属性进行设置或者操作。例如，通过一个 OAMPDU 对多个以太网端口的 acPhyAdminControl、EthPort Pause、acAutoNegAdminControl 等属性和操作分别进行配置。

ONU应通过发送的Set Response OAMPDU向OLT返回对Set Variable Request OAMPDU中所有属性设置和操作的确认码。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。当ONU接收到的Set Request OAMPDU中包含多个属性设置或操作（也就是含有多个用于属性或操作的Variable Container，不包括表示管理对象实例索引的TLV）时，ONU不可以将针对多个Set/Get Variable Request OAMPDU进行确认的Variable Containers合并为一个Set Response OAMPDU进行确认。OLT对每个管理对象的每个实例的每个属性设置/操作分别判断其是否成功，即承载于同一个OAMPDU的属性设置/操作是独立的，OLT对其是否成功的判断也是基于每个独立的对属性设置/操作进行确认的Variable Container。

对于带有管理对象实例索引TLV的Set命令，ONU返回的Set Response中的带有相应确认信息（Variable Indication Code）的Variable Container前亦应有管理对象实例索引TLV。如果需要将用于确认同一个管理对象实例的多个属性设置/操作分为两个或者多个OAMPDU，则每个OAMPDU中均需在相应的Variable Container前带有管理对象实例索引TLV。

8.5.8 OAM 操作 (GET 和 SET) 的定时要求

为使OAM GET和SET操作更高效, 必须限制远端OAM Client收到OAMPDU后的响应时间。具体实现方式如下。

OLT应具有对所发出的GET/SET Request OAM消息的响应超时机制。即OLT对每个向远端OAM Client (ONU) 发出的每个GET/SET Request OAM消息或者每个属性/操作设置一个定时器 `remote_response_timer`。当OLT发出一个OAM消息后, 立即启动相应的`remote_response_timer`。如果OLT在该定时器超时之前接收到了从该远端OAM Client发来的针对该GET/SET Request OAM消息或者该属性/操作的GET/SET Response OAM消息, 则OLT确认收到其GET/SET Response, 将`remote_response_timer`复位并对Response OAM消息进行相关处理。如果OLT在该定时器超时之前未接收到从该远端OAM Client发来的针对该GET/SET Request OAM消息或者该属性/操作的GET/SET Response OAM消息, 则OLT向网管上报响应超时告警 (`response_timeout`), 对该定时器超时后收到的GET/SET Response OAM消息做丢弃处理。

为了保证正确的操作, 在收到携带GET/SET Variable Request操作的OAM消息 (不仅包括携带标准的属性/操作和CTC扩展的属性/操作的OAM消息, 也包括携带有链路监控、远端环回、远端故障指示以及其他IEEE 802.3-2005中规定的OAM操作的OAM消息)后, ONU应在1s内完成相应的操作 (如属性值的读取、设置、Action生效和环回状态改变等), 并发送GET/SET Response OAM消息 (不考虑OAM消息下行和上行传输的时延)。

`remote_response_timer`定时器的超时时间应可配置, 缺省值为1s。

8.6 ONU 的 DBA 参数的远程管理

8.6.1 DBA 参数远程管理功能定义和工作过程

DBA的管理属性包括ONU的Report帧支持的队列集 (Queue Set) 数量和每个队列集所对应的阈值。DBA协商的OAM扩展主要涉及对ONU所要支持的队列集的数量及其阈值进行操作。

在ONU的DBA参数配置过程中, OLT应工作在主动 (Active) 模式, ONU工作在被动 (Passive) 模式。OLT通过DBA参数请求帧 (`get_DBA_request`) 和DBA参数设置请求帧 (`set_DBA_request`) 对ONU的DBA参数进行读取和设置操作, ONU通过DBA参数响应帧 (`get_DBA_response`) 和DBA参数设置确认帧 (`set_DBA_response`) 对OLT的读取和设置操作请求作出应答。

当ONU接收到DBA参数请求帧后, 应向OLT发送DBA参数响应帧, 该报文中包含其当前DBA参数值。

当ONU接收到DBA参数设置请求帧后, 应按照DBA参数设置请求帧的定义来设置本地的DBA参数, 并发送DBA参数设置确认帧, 以确认其是否已完成此次DBA参数设置。

8.6.2 DBA 参数远程管理过程的消息定义

在EPON系统中, 用于ONU的DBA参数远程管理的信息由OAM协议数据单元 (OAMPDU) 承载, 采用 Organization Specific Extension 方式实现其交互过程, 扩展操作码的值为“0x0A”。用于ONU的DBA参数管理的 Organization Specific Extension OAMPDU 的 Data/Padding 部分的格式见表 39, DBA Code 域进一步标识 ONU 的 DBA 参数配置功能所需要的消息类型。

表39 用于 DBA 的 Organization Specific Extension OAM 消息中 Payload 部分的格式

字节数	字段	值 (16 进制)	功能描述 (Description)
3	OUI	0xXX XX XX	OUI 的值待定
1	Ext. Opcode	0x0A	DBA 参数远程管理操作
1	DBA code	0x00~0x03: DBA 参数配置消息 0x04~0xFF: 保留, 接收到时做忽略处理	get/set DBA 参数操作
X	Data/Pad		DBA 参数查询配置的具体内容

用于 ONU 的 DBA 参数配置的 Organization Specific Extension OAM 消息包括 4 种类型, 具体的消息编码见表 40。

1. DBA 参数请求帧 (get_DBA_request)
2. DBA 参数响应帧 (get_DBA_response)
3. DBA 参数设置请求帧 (set_DBA_request)
4. DBA 参数设置确认帧 (set_DBA_response)

表40 Organization Specific Extension OAM 消息中 DBA Code 域的值及其对应的消息类型

比特	定义	描述
[7:2]	保留	缺省值为全 0
[1:0]	消息编码	00——DBA 参数请求帧 (get_DBA_request) 01——DBA 参数响应帧 (get_DBA_response) 10——DBA 参数设置请求帧 (set_DBA_request) 11——DBA 参数设置确认帧 (set_DBA_response)

该4种消息的具体定义如下。

1) DBA参数请求帧 (get_DBA_request)

OLT利用DBA参数请求帧指示ONU汇报其当前的DBA参数 (Report帧中的队列集数量和阈值)。DBA参数请求帧的格式如图19所示, 各字段的详细定义如下:

a) OUI: 3字节的机构惟一标识, 具体的OUI值待定;

b) 扩展操作码: 1字节, 用于标识扩展的操作类型, 对于用于DBA参数配置的扩展的OAMPDU, 其值为“0x0A”;

字节数	描述
6	目的MAC地址=01-80-c2-00-00-02
6	源MAC地址
2	Length/Type=0x8809 (慢协议)
1	Subtype=0x03(OAM)
2	Flags
1	Code=0xFE
3	OUI
1	Ext.Opcode=0x0A
1	DBA code=0x00(get_DBA_request)
37	填充
4	帧校验序列

图19 get_DBA_request OAMPDU 的帧格式

c) DBA code: 1字节, 用于标识具体的DBA参数操作类型, 对于DBA参数请求帧, 其值为“0x00”;

d) 填充字节: 0~30个字节, 用于填充该OAM帧中的剩余字段使该OAM帧的总长度达到64字节, 填充内容为“0x00”;

e) 帧校验序列: 4个字节, 用于对该OAM帧的完整性进行校验。

2) DBA 参数响应帧 (get_DBA_response)

ONU 利用 DBA 参数响应帧向 OLT 汇报其当前的 DBA 参数(Report 帧中的队列集数量和阈值)。DBA 参数响应帧的格式如图 20 所示, 各字段的详细定义如下:

a) OUI: 3字节的机构唯一标识, 具体的 OUI 值待定;

b) 扩展操作码: 1字节, 用于标识扩展的操作类型, 对于用于 DBA 参数配置的扩展的 OAMPDU, 其值为“0x0A”;

c) DBA code: 1字节, 用于标识具体的 DBA 参数操作类型, 对于 DBA 参数响应帧, 其值为“0x01”;

d) 队列集数量: 1字节, 用于描述 ONU 所发送的 Report 帧中的队列集的数量, 取值范围为“0x02”~“0x04”;

e) 报告位图: 1字节, 为一个 8 比特标志寄存器, 指明 Report MPCPDU 中包含哪些队列, 见表 41。

表41 用于 DBA 参数管理的 OAMPDU 中的报告位图域的定义

比特 (bit)	标志位	值及其含义
0	队列 0	0——queue 0 report 不存在 (Report 帧中不包含该队列, 下同) 1—— queue 0 report 存在 (Report 帧中包含该队列, 下同)
1	队列 1	0—— queue 1 report 不存在 1—— queue 1 report 存在
2	队列 2	0——queue 2 report 不存在 1——queue 2 report 存在
3	队列 3	0——queue 3 report 不存在 1——queue 3 report 存在
4	队列 4	0——queue 4 report 不存在 1——queue 4 report 存在
5	队列 5	0——queue 5 report 不存在 1——queue 5 report 存在
6	队列 6	0——queue 6 report 不存在 1——queue 6 report 存在
7	队列 7	0——queue 7 report 不存在 1—— queue 7 report 存在

f) 队列 n 的阈值: 2字节, 表示队列 n 上, 该 Queue Set 所对应的阈值;

g) 填充字节: 长度为 37 字节, 填充内容为“0x00”;

h) 帧校验序列: 4个字节, 用于对该 OAM 帧的完整性进行校验。

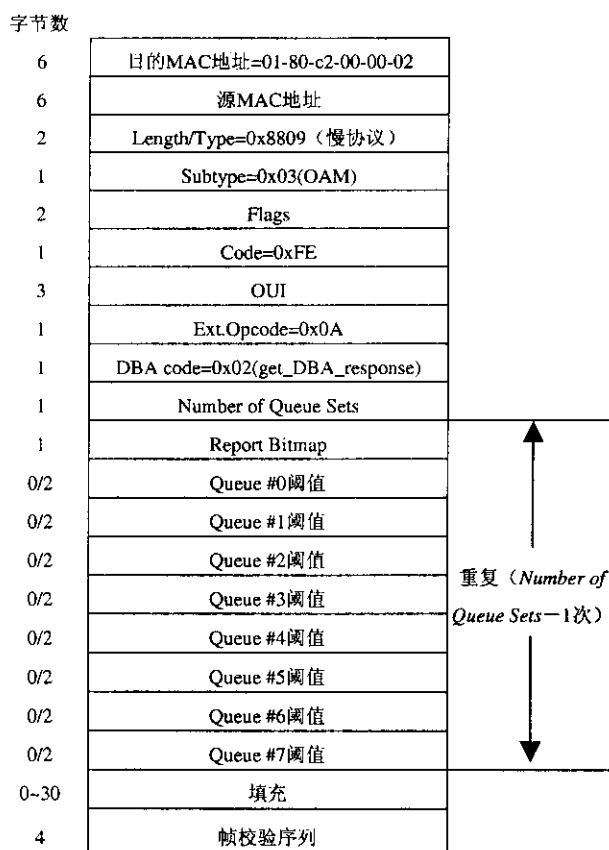


图20 get_DBA_response OAMPDU 帧格式

本标准规定，Report 帧格式中最后一个队列集用于填写所有队列的全部长度，因此，DBA 参数响应帧中的“Queue # n 阈值”的重复次数为“队列集数量-1 ($Number\ of\ Queue\ Sets-1$)”。

3) DBA 参数设置请求帧 (set_DBA_request)

OLT 利用 DBA 参数设置请求帧指示 ONU 设置其 DBA 参数 (Report 帧中的 Queue Set 数量和阈值)。DBA 参数设置请求帧的结构如图 21 所示，Data/Pad 域的定义如下：

- a) OUI: 3 字节，包含 24 比特 Organizationally Unique Identifier，具体的 OUI 值待定；
- b) 扩展操作码: 1 字节，用于标识扩展的操作类型，对于用于 DBA 参数配置的扩展的 OAMPDU，其值为“0x0A”；
- c) DBA code: 1 字节，用于标识具体的 DBA 参数操作类型，对于 DBA 参数设置请求帧，其值为“0x02”；
- d) 队列集数量: 1 字节，用于描述 ONU 所发送的 Report 帧中应有的队列集的数量，取值范围为“0x02”到“0x04”，ONU 应按照该值设置其 REPORT 帧中的队列集数量；
- e) 报告位图: 1 字节，为一个 8 比特标志寄存器，指明 Report MPCPDU 中应包含哪些队列；
- f) 队列 n 的阈值: 2 字节，表示队列 n 上，该 Queue Set 所对应的阈值；第一个 Queue Set 的 Queue # n Threshold 的值应小于第二个 Queue Set 的 Queue # n Threshold 的值，依次类推；
- g) 填充字节: 0~30 个字节，用于填充该 OAM 帧中的剩余字段使该 OAM 帧的总长度达到 64 字节，填充内容为“0x00”；
- h) 帧校验序列: 4 个字节，用于对该 OAM 帧的完整性进行校验。

注：本标准规定，Report 帧格式中最后一个队列集用于填写所有队列的全部长度，因此，DBA 参数设置请求帧中的

“Queue #n 阈值”的重复次数为“队列集数量-1 (Number of Queue Sets-1)”。

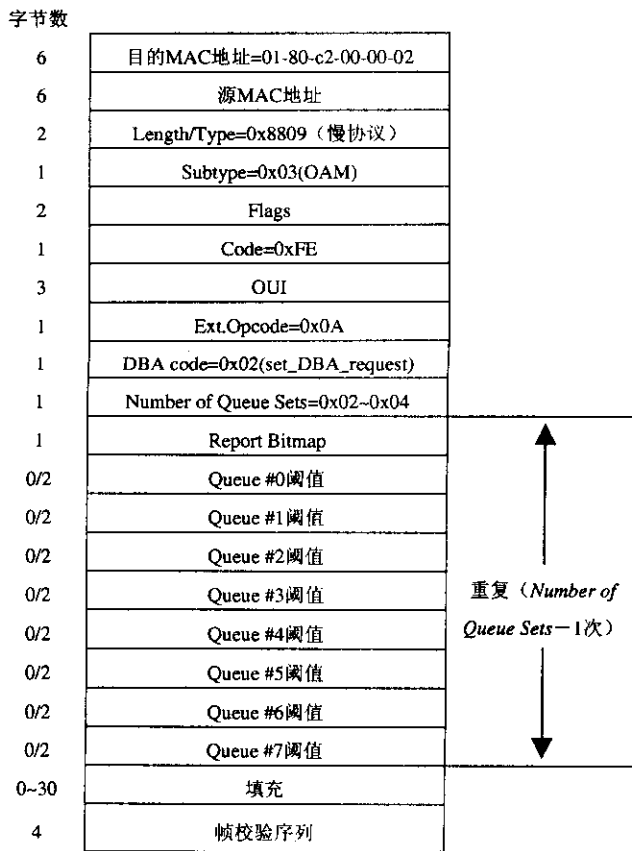


图21 set_DBA_request OAMPDU 帧格式

4) DBA 参数设置确认帧 (set_DBA_response)

ONU 向 OLT 发送 DBA 参数设置确认帧 (set_DBA_response) 以通告其是否成功设置 DBA 参数。DBA 参数设置确认帧的结构如图 22 所示，Data/Pad 域的详细定义如下：

- a) OUI: 3 字节的机构惟一标识，具体的 OUI 值待定；
- b) 扩展操作码: 1 字节，用于标识扩展的操作类型，对于用于 DBA 参数配置的扩展的 OAMPDU，其值为“0x0A”；
- c) DBA code: 1 字节，用于标识具体的 DBA 参数操作类型，对于 DBA 参数设置确认帧，其值为“0x03”；
- d) 设置确认: 1 字节，用于表示 ONU 的 DBA 参数设置是否成功；Set ACK 的值为“0x00”表示 DBA 参数设置未完成或被拒绝 (Nack)；Set ACK 的值为“0x01”表示 DBA 参数设置已完成 (Ack)；
- e) 队列集数量: 1 字节，用于描述 ONU 的 Report 帧中应有的队列集 (Queue Set) 的数量 (DBA 参数设置后)，取值范围为“0x02”~“0x04”，ONU 应按照该值设置其 REPORT 帧中的队列集数量；
- f) 报告位图: 1 字节，为一个 8 比特标志寄存器，指明 Report MPCPDU 中应包含哪些队列 (DBA 参数设置后)，如表 42 所示；
- g) 队列 n 的阈值: 2 字节，表示队列 n 上，该队列集所对应的阈值；第一个队列集的 Queue #n Threshold 的值应小于第二个队列集的 Queue #n Threshold 的值(如果包含 3 个或 3 个以上的 Queue Set)，依次类推；
- h) 填充字节: 1~29 个字节，用于填充该 OAM 帧中的剩余字段使该 OAM 帧的总长度达到 64 字节，

填充内容为“0x00”;

i) 帧校验序列: 4 个字节, 用于对该 OAM 帧的完整性进行校验。

字节数	内容
6	目的MAC地址=01-80-c2-00-00-02
6	源MAC地址
2	Length/Type=0x8809 (慢协议)
1	Subtype=0x03(OAM)
2	Flags
1	Code=0xFE
3	OUI
1	Ext.Opcode=0x0A
1	DBA code=0x03(set_DBA_response)
1	Set ACK=0x00/0x01
1	Number of Queue Sets=0x02-0x04
1	Report Bitmap
0/2	Queue #0 阈值
0/2	Queue #1 阈值
0/2	Queue #2 阈值
0/2	Queue #3 阈值
0/2	Queue #4 阈值
0/2	Queue #5 阈值
0/2	Queue #6 阈值
0/2	Queue #7 阈值
1~29	填充
4	帧校验序列

↑
重复 (Number of Queue Sets-1次)
↓

图22 DBA 参数设置确认帧的格式

本标准规定, Report 帧格式中最后一个队列集用于填写所有队列的全部长度, 因此, DBA 参数设置确认帧中的“Queue # n 阈值”的重复次数为“队列集数量-1 ($Number\ of\ Queue\ Sets-1$)”。

8.7 搅动密钥交互功能

如本标准 7.4 节所述, EPON 系统应支持基于三重搅动的 PON 接口数据安全性机制。EPON 系统应支持基于 Organization-specific Extension OAMPDU 方式的搅动密钥更新请求和搅动密钥的通知。

本标准定义了用于搅动的密钥交互的两种消息: 新密钥请求帧 (new_key_request)、新密钥通知帧 (new_churning_key)。

对于基于 Organization-specific Extension OAMPDU 方式进行密钥更新的系统, 通过“Organization Specific” OAMPDU (Code=0xFE) 通过 Flag 域进一步标识消息类型。

EPON 系统中的 OAM PDU 帧中的 Organization-Specific Extension 格式应符合本标准 8.3.2 节的规定。

EPON 系统中的用于 Churning 的 Organization-Specific Extension OAM 消息中 Payload 部分的格式见表 44。Churning Code 域的值对应的消息类型见表 42。

表42 用于搅动的 Organization Specific Extension OAM 消息中 Payload 部分的格式

字节数	载荷 (Payload)	值	描述
3	OUI	0xXX XX XX	具体 ONU 待定
1	Ext. Opcode	0x09	搅动密钥交互消息
1	搅动密钥交互消息代码 (Churning Code)	0x00~0x01	0x00——新密钥请求帧 (new_key_request) 0x01——新密钥通知帧 (new_churning_key) 0x02~0xFF: 保留代码, 接受到该值的 OAM 消息做忽略处理
4	数据/填充		消息的具体内容

对搅动相关的OAM消息的规定如下。

1) 新密钥请求帧 (new_key_request)

新密钥请求帧的定义如图 23 所示。Churning_code=“0x00”, In-use_Key_Index 字节的最低位用于指示 OLT 正在使用的密钥的序号 (“0” 或 “1”), 其他比特为 “0”。对任一 ONU 而言, OLT 所发出的新密钥请求帧的 In_use Key Index 的值应为 “0x01” (与搅动功能关闭时的 Enc 字节的相关值一致)。In-use_Key_Index 域之后为填充字节。

字节数

6	Destination Address=01-80-c2-00-00-02
6	Source Address
2	Length/Type=0x8809 (Slow Protocol)
1	Subtype=0x03(OAM)
2	Flags
1	Code=0xFE
3	OUI
1	Ext.Opcode=0x09
1	Churning_code=0x00(new_key_request)
1	In-use_key_Index
36	Pad
4	FCS

图23 new_key_request 消息的帧格式

2) 新密钥通知帧 (new_churning_key)

新密钥通知帧的定义如图24所示。Churning_code=“0x01”; New_Key_Index字节的最低位用于指示所发送的密钥的序号 (“0” 或 “1”, 其值应与OLT发来的新密钥请求帧中的In-use_Key_Index互补), 其他比特为 “0”; 3个字节的Churning Key字段包含所要更换的新搅动密钥, 传送顺序为[(MSB) X1, X2, ..., X8, P1, P2, ..., P16 (LSB)]; Churning Key字段之后为填充字节。

字节数	
6	Destination Address=01-80-c2-00-00-02
6	Source Address
2	Length/Type=0x8809 (Slow Protocol)
1	Subtype=0x03(OAM)
2	Flags
1	Code=0xFE
3	OUI
1	Ext.Opcode=0x09
1	Churning_code=0x01(new_churning_key)
1	New_Key_Index
1	Churning Key(X1,X2,...,X8,P1,...,P16)
33	Pad
4	FCS

图24 new_churning_key 消息的帧格式

8.8 ONU 的初始化自动配置

当 ONU 上电后，OLT 应自动将所有必需的配置数据自动下发给 ONU。

ONU 完成 MPCP 注册、标准和扩展的 OAM 发现过程后，OLT 应向 ONU 查询 ONU ID、ONU 芯片的 FirmwareVer、ONU Chipset ID、ONU Capability 等属性。然后启用三重搅动功能，并进行 DBA 参数配置。在完成三重搅动和 DBA 参数配置后，OLT 应根据业务需求远程配置如下功能和参数：以太网端口/E1/VOIP 端口的打开，以太网端口的 VLAN 配置，ONU 每个端口业务流分类/排队/标记规则，以太网端口上行限速（Policing）功能，以太网端口流控功能，组播相关功能等内容。

8.9 ONU 的缺省配置

在缺省状态下，ONU 采用如下配置：

- a) 以太网端口状态（aPhyAdminState）：Disabled；
- b) E1/VoIP 端口状态：Disabled；
- c) VLAN 配置：Transparent 模式；
- d) 组播控制：ONU IGMP Snooping 功能：Enabled；端口：无组播 VLAN，即组播 Block 状态；
- e) Classification & Marking 功能：Disabled；
- f) FEC 功能（aFECmode）：Disabled；
- g) 端口自协商：Enabled。

其他属性的缺省值暂不规定。

附 录 A
(规范性附录)
LLID 互通性要求

为了确保互通性，LLID 应满足以下的要求：

1. 每个 LLID 有独立的 MAC 地址；
2. 每个 LLID 应支持标准的 MPCP 发现和注册过程，应支持标准的基于 LLID 的 Gate 消息处理和 Report 消息上报；
3. 每个 LLID 有独立的 OAM 链路进行 LLID 的管理；
4. 每个 LLID 有独立的认证过程，有独立的密钥和密钥交换协议和独立的 DBA 参数配置过程。

附 录 B
(规范性附录)
三重搅动功能

三重搅动算法是在单重搅动算法的基础上扩展而成，增加了搅动后数据的时域关联性，进而提高用户数据的安全性。

B.1 单重搅动功能要求

单重搅动的实现符合G.983的规定，如下所述。

通过对 X1~X8 和 P1~P16 的逻辑运算，产生搅动键 K1~K10。在搅动端利用 K1、K2、P1~P11 和 P12 共 14bit 按照固定对 8bit 宽的数据流进行搅动，在解搅动端利用同样的 14bit 对 8bit 长的经过搅动的数据（密文）进行解搅动。

搅动开始于以太网帧的目的 MAC 地址域，截止于 FCS 校验域。完成了 MPCP Discovery 和 OAM Discovery 过程后，开始进行搅动密钥的交换。密钥交换完成后，该 ONU 所有下行数据帧、MAC Control 帧和 OAM 帧均应进行搅动。

搅动键 K1~K10 按照如下逻辑关系生成：

$$K1 = (X1 \cdot P13 \cdot P14) + (X2 \cdot P13 \cdot \text{not } P14) + (X7 \cdot \text{not } P13 \cdot P14) + (X8 \cdot \text{not } P13 \cdot \text{not } P14)$$

$$K2 = (X3 \cdot P15 \cdot P16) + (X4 \cdot P15 \cdot \text{not } P16) + (X5 \cdot \text{not } P15 \cdot P16) + (X6 \cdot \text{not } P15 \cdot \text{not } P16)$$

$$K3 = (K1 \cdot P9) + (K2 \cdot \text{not } P9)$$

$$K4 = (K1 \cdot \text{not } P9) + (K2 \cdot P9)$$

$$K5 = (K1 \cdot P10) + (K2 \cdot \text{not } P10)$$

$$K6 = (K1 \cdot \text{not } P10) + (K2 \cdot P10)$$

$$K7 = (K1 \cdot P11) + (K2 \cdot \text{not } P11)$$

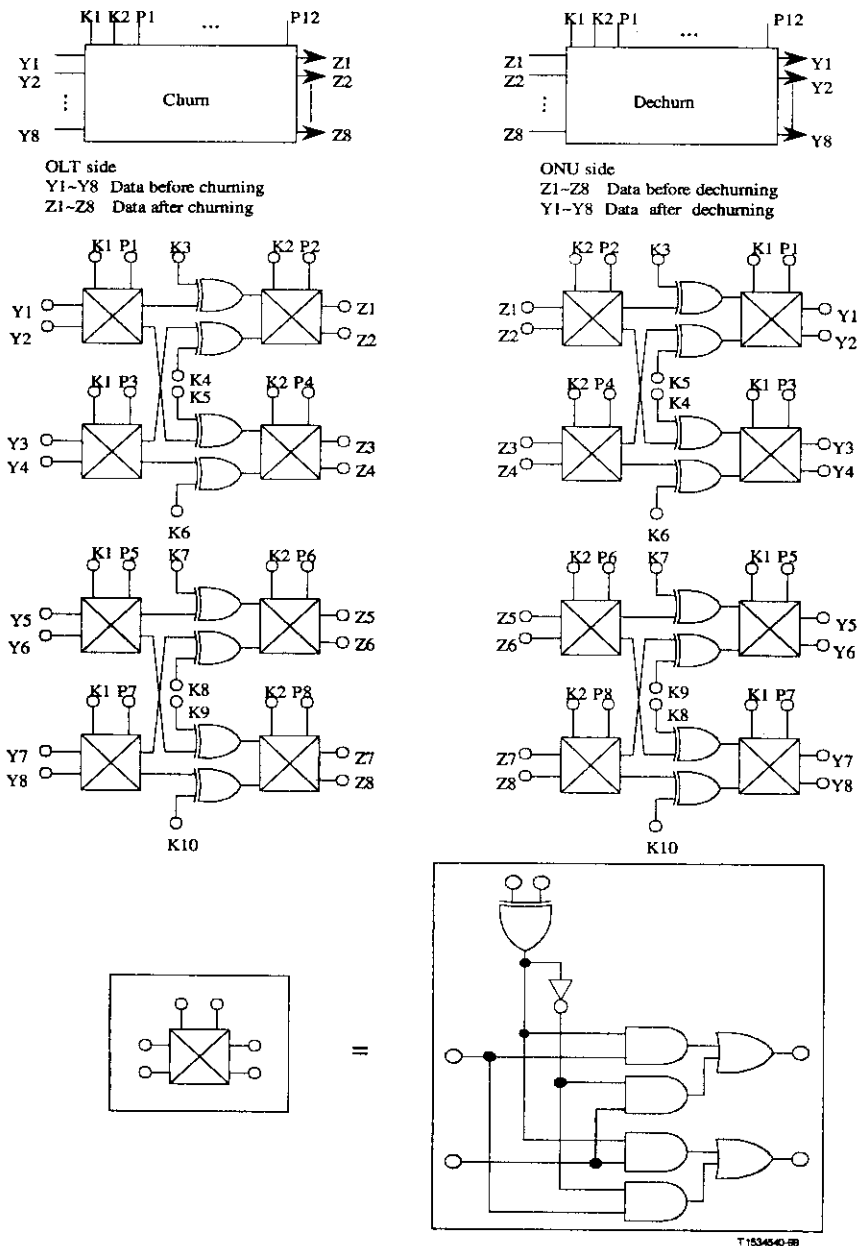
$$K8 = (K1 \cdot \text{not } P11) + (K2 \cdot P11)$$

$$K9 = (K1 \cdot P12) + (K2 \cdot \text{not } P12)$$

$$K10 = (K1 \cdot \text{not } P12) + (K2 \cdot P12)$$

式中，“+”为逻辑或（Logical OR），“·”为逻辑与（Logical AND），“not”为逻辑非（Logical NOT）。

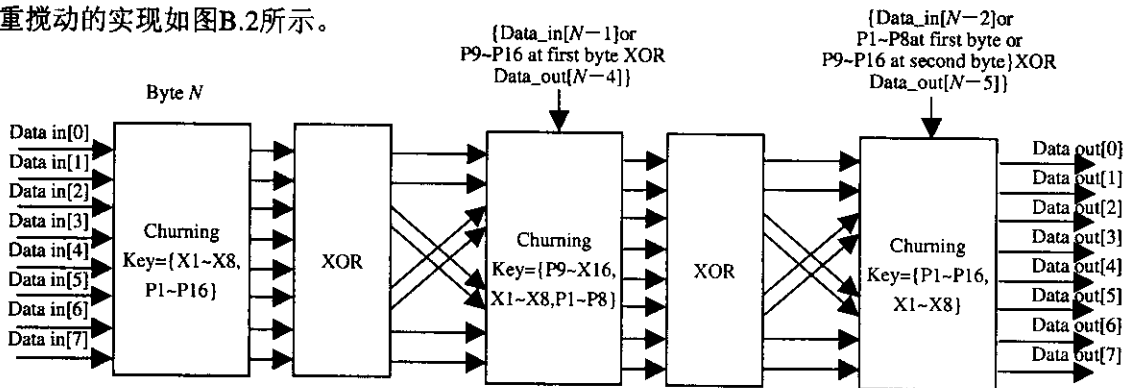
搅动、解搅动按图B.1所示方式实现。



图B.1 搅动和解搅动功能实现

B.2 三重搅动功能要求

三重搅动的实现如图B.2所示。



图B.2 三重搅动实现方案

三重搅动采用3个级联的搅动器，每个搅动器均执行上述规定的单重搅动操作，每次搅动使用的密钥不同。三重搅动的第一级搅动功能采用原始的24比特密钥（ $X1\sim X8, P1\sim P16$ ），第二级搅动所采用的密钥由原始24比特密钥右循环移位一字节后获得（ $P9\sim P16, X1\sim X8, P1\sim P8$ ），第三级搅动所采用的密钥由将原始24比特密钥右循环移位二字节时移获得（ $P1\sim P16, X1\sim X8$ ）。

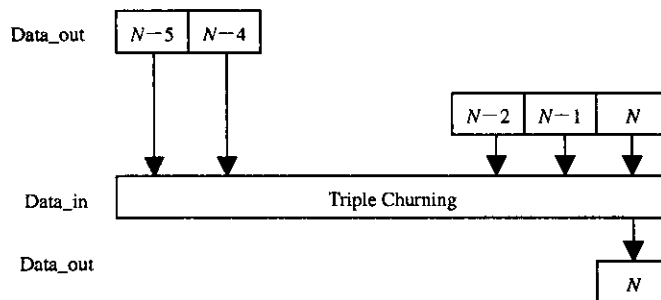
第一级搅动引擎Churning_1的输出与两个8位矢量进行逐比特的异或（XOR）运算：第一个矢量是前一个输入加密字节，当所加密的字节为一个数据帧的第一个加密字节时，该矢量为密钥的最低位字节。第二个矢量是4个字节前的三重搅动后的数据输出（该方式可以使当前搅动输出与以前的搅动输出相关联，使单重搅动情况下容易重复出现的某些图案在三重搅动情况下无法被探测到，增加破解难度）。对于一个帧中的前4个加密字节，用“0”代替Data_Out[N-4]。

XOR_1的输出经过比特移位输入Churning_2。移位规则如下：比特2、4交换，比特3、5交换，比特0、1、6、7位置不变，如图B.2所示。

第二级搅动引擎Churning_2的输出也与两个矢量进行逐比特XOR运算：第一个矢量是二字节前的输入加密字节，当所加密的字节为一个数据帧的第一个加密字节时，该矢量为密钥的第二低位字节。当所加密的字节为一个数据帧的第二个加密字节时，该矢量为密钥的最低位字节。第二个矢量是5个字节前的三重搅动后的数据输出。对于一个帧中的前5个加密字节，用“0”代替Data_out[N-5]。

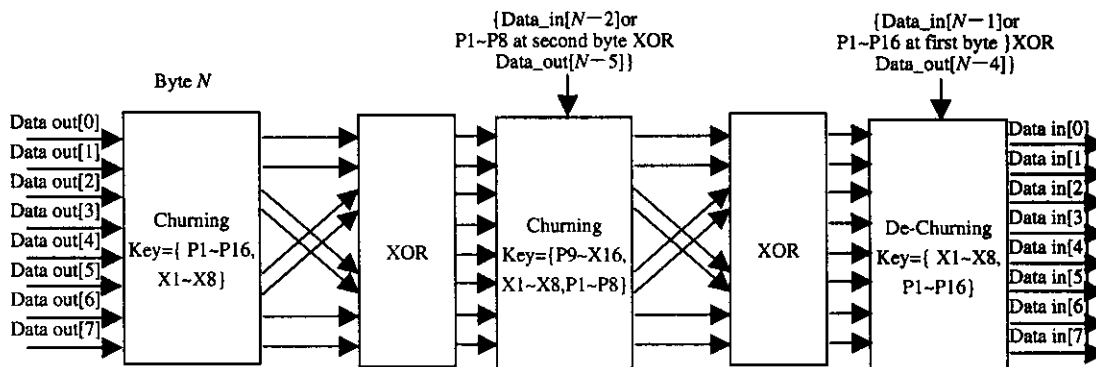
XOR_2的输出仍然经过比特移位输入第三级搅动引擎Churning_3，移位规则同前。

三重搅动的数据关联性如图B.3所示。



图B.3 三重搅动方案的数据输入和输出之间关系

三重解搅动的实现为三重搅动功能的镜像，其实现方案如图B.4所示。



图B.4 解三重搅动的实现方案