

ICS 33.040.50

M 42

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2402.3-2012

接入网技术要求 10Gbit/s 无源光网络 (XG-PON) 第 3 部分: XGTC 层要求

Technical requirements for access network
10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON)
Part 3: XGTC layer requirements

(ITU-T G.987.3:2010, 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON):
Transmission convergence (TC) specification, MOD)

2012-12-28 发布

2013-03-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 XG-PON 传输汇聚层	4
5.1 XGTC层结构	4
5.2 XGTC子层功能	5
5.3 XG-PON系统管理	7
5.4 时分复用结构	8
5.5 媒体接入控制	10
6 资源分配和服务质量	10
6.1 概述	10
6.2 下行和上行资源分配规则	10
6.3 动态带宽分配	12
6.4 动态带宽分配参考模型	13
6.5 DBA性能要求	17
7 XG-PON 传送汇聚层成帧	18
7.1 概述	18
7.2 下行XGTC 成帧	18
7.3 上行XGTC成帧	22
8 XG-PON封装方法	24
8.1 概述	24
8.2 XGEM成帧	24
8.3 XGEM帧定界	26
8.4 SDU 分片	26
8.5 业务映射到XGEM帧	27
9 PHY适配子层	28
9.1 概述	28
9.2 下行物理帧	28
9.3 上行物理帧和上行物理突发	31
9.4 前向纠错 (Forward Error Correction)	32
9.5 扰码	35

YD/T 2402.3-2012

10	PLOAM 消息通道	36
10.1	概述	36
10.2	PLOAM消息格式	37
10.3	PLOAM消息定义	38
11	ONU激活	45
11.1	概述	45
11.2	ONU激活机制	46
11.3	OLT对激活流程的支持	52
12	OLT和ONU之间的定时关系	53
12.1	ONU发送定时和均衡时延	53
12.2	XG-PON中的时间分配	60
13	性能管理	62
13.1	概述	62
13.2	性能检测	63
13.3	故障检测	65
14	XG-PON的安全性	66
14.1	概述	66
14.2	XG-PON的安全威胁模型	66
14.3	认证	66
14.4	密钥的生成	67
15	ONU功耗管理	68
15.1	概述	68
15.2	功耗管理配置及信令	68
15.3	功耗管理参数定义	68
15.4	功耗管理状态机	69
15.5	低功耗下的管理处理	72
附录A	(规范性附录) HEC编码和扰码序列	73
附录B	(规范性附录) 使用缩短RS编码的前向纠错	76
附录C	(规范性附录) 基于OMCI消息交互的双向认证	79
附录D	(规范性附录) 基于IEEE 802.1x消息交互的双向认证	80

前 言

《接入网技术要求 10Gbit/s无源光网络（XG-PON）》分为以下三个部分：

- 第1部分：总体要求；
- 第2部分：物理媒质相关（PMD）层要求；
- 第3部分：XGTC层要求。

本部分为《接入网技术要求 10Gbit/s无源光网络（XG-PON）》的第3部分。

本部分按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用ITU-T G.987.3（2010），10千兆比特无源光网络（XG-PON系统）：传输汇聚层规范，本部分与ITU-T G.987.3（2010）的主要技术差异如下：

- 根据实际应用需求修改了第1章“范围”的表述；
- 删除ITU-T G.987.3第5章“惯例与术语”；
- 删除ITU-T G.987.3第15章，涉及加密算法，本部分未采纳相关内容。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中国通信标准化协会提出并归口。

本部分起草单位：工业和信息化部电信研究院、中国移动通信集团公司、中国联合网络通信集团有限公司、中国电信集团公司、华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、上海贝尔股份有限公司、武汉邮电科学研究院、UT斯达康（重庆）通讯有限公司。

本部分主要起草人：葛 坚、陈 洁、程 强、刘 谦、侯 聪、张德朝、钟秀芳、王 波、林 薇、张德智、陈 晓、李 滔、董 博。

接入网技术要求 10Gbit/s无源光网络 (XG-PON)

第3部分: XGTC层要求

1 范围

本部分规定了10Gbit/s无源光网络(以下简称XG-PON)的传输汇聚(TC)层协议、资源分配和服务质量、传输汇聚层成帧、封装方法、物理(PHY)适配子层、PLOAM消息通道、ONU激活、OLT和ONU之间的定时关系、性能管理、安全性要求及功耗管理等。本部分规定的XG-PON主要针对XG-PON1系统。

本部分适用于公众电信网环境下的XG-PON设备,专用电信网也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

YD/T 2402.2-2012 接入网技术要求 10Gbit/s无源光网络(XG-PON)第2部分:物理媒质相关(PMD)层要求

ITU-T G.652 单模光纤和光缆的特性 (Characteristics of a single-mode optical fibre cable)

ITU-T G.709 光传送网(OTN)的接口(Interfaces for the Optical Transport Network (OTN))

ITU-T G.987.2 10Gbit/s 无源光网络 (XG-PON) 第二部分物理媒质相关 (PMD) 层要求 (10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification)

ITU-T G.988 ONU管理和控制接口(OMCI)规范 (ONU management and control interface (OMCI) specification)

ITU-T 1.432.1 B-ISDN用户—网络接口—物理层规范:一般特性(B-ISDN user-network interface - Physical layer specification: General characteristics)

IEEE 802.1x IEEE标准局域网和城域网—基于端口的网络接入控制(IEEE Standard for Local and metropolitan area networks—Port-Based Network Access Control)

IETF RFC 3748 可扩展的鉴权协议(EAP) (Extensible Authentication Protocol (EAP))

IETF RFC 5216 EAP-TLS认证协议 (The EAP-TLS Authentication Protocol)

IETF RFC 5247 可扩展的鉴权协议(EAP)键管理框架 (Extensible Authentication Protocol (EAP) Key Management Framework)

IETF RFC 5433 EAP-GPSK方法 (Extensible Authentication Protocol - Generalized Pre-Shared Key (EAP-GPSK) Method)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

动态带宽分配 Dynamic Bandwidth Assignment (DBA)

YD/T 2402.3-2012

OLT向ONU中的业务承载实体分配PON的上行传输能力的过程，该分配过程基于业务活动的动态指示和预先配置的业务合同。

3.2

嵌入式OAM Embedded OAM

OLT和ONU之间的操作和管理通道，利用下行XGTC帧和上行XGTC突发的结构化的开销域，提供对时间敏感的OAM功能

3.3

物理层OAM Physical Layer OAM (PLOAM)

OLT和ONU间的操作和管理通道，接近于实时的，基于一系列固定消息。

3.4

端口 Port

代表一个逻辑连接与特定客户端的数据包流相关的业务适配子层的抽象概念。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件

Alloc-ID	Allocation Identifier	分配标识符
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquengham	博斯-乔赫里-霍克文黑姆（码）
BER	Bit Error Ratio)	误比特率
BIP	Bit Interleaved Parity	比特间插奇偶校验
BufOcc	Buffer Occupied	缓存占用
BW	BandWidth	带宽
BWmap		带宽映射 (BandWidth mapping)
CID	Consecutive Identical Digit	连续相同数字
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验
DA	Destination Address	目的地址
DBA	Dynamic Bandwidth Assignment	动态带宽分配
DBRu	Dynamic Bandwidth Report upstream	上行动态带宽报告
DOW	Drift Of Window	窗口漂移
EAP	Extensible Authentication Protocol	可扩展协议认证
EAP-GPSK	Extensible Authentication Protocol Generalized Pre-Shared Key	可扩展协议认证--通用预共享密钥
EAPOL	Extensible Authentication Protocol over LAN	局域网的扩展认证协议
EqD	Equalization Delay	均衡时延
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
FWI	Forced Wakeup Indication	强制唤醒指示
GEM	GPON Encapsulation Mode	GPON 封装模式
HEC	Header Error Control	帧头差错控制
Ind	identification	鉴定
KI	Key Index	密钥索引

LF	Last Fragment	末尾分片
LoDS	Loss of Downstream Synchronization	下行同步丢失
LoF	Loss of Frame	帧丢失
LoS	Loss of Signal	信号丢失
LSB	Least Significant Bit	最低有效比特
MIC	Message Integrity Check	消息完整性检查
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	多协议标记交换
MSB	Most Significant Bit	最高有效比特
NIST	National Institute of Standards and Technology	国家标准和技术研究院
OAM	Operations, Administration and Maintenance	操作管理维护
oAN	Optical Access Network	光接入网
oDN	Optical Distribution Network	光分配网络
OH	Overhead	开销
OLT	Optical Line Termination	光线路终端
OMCI	ONU Management and Control Interface	ONU 管理和控制接口
OMCC	ONU Management and Control Channel	ONU 管理控制通道
ONU	Optical Network Unit	光网络单元
ONU-ID	ONU identification	ONU 标识
PCBd	Physical Control Block downstream	下行物理控制块
PEE	Physical Equipment Error	物理设备错误
PHY	PHYsical interface	物理接口
Plend	Payload LENGTH downstream	下行信息净荷长度
PLI	Payload Length Indicator	净荷长度指示符
PLOAM	Physical Layer OAM	物理层操作管理维护
PLOAMu	PLOAM upstream	上行物理层操作管理维护
PLOu	Physical Layer Overhead upstream	上行物理层开销
PLSu	Power Levelling Sequence upstream	上行功率控制序号
Port-ID	Port-IDentification	端口标识
PSBu	up Physical Synchronization Block	上行物理同步块
PSBd	down Physical Synchronization Block	下行物理同步块
QoS	Quality of Service	服务质量
RTD	Round Trip Delay	环路时延
SA	Source Address	源地址
SFC	SuperFrame Counter	复帧计数器
SFD	Start Frame Delimiter	开始帧定界符
SDU	Service Data Unit	服务数据单元
SR	Status Report	状态报告
SSK	Share Secret Key	共享密钥
TC	Transmission Convergence	传输汇聚

YD/T 2402.3-2012

TDMA	Time Division Multiple Access	时分多址
T-CONT	Transmission CONTainer	传输容器
TM	Traffic Monitor	流量监控
ToD	Time of Day	时间
XGEM	XG-PON Encapsulation Method	XG-PON 封装模式
XGTC	XG-PON Transmission Convergence	XG-PON 传输汇聚（层）
XG-PON	10-gigabit-capable Passive Optical Networks	10G 比特无源光网络

5 XG-PON 传输汇聚层

5.1 XGTC 层结构

XGTC层是XG-PON协议栈的一部分，详细规定了结构、上层SDU与调制光载波的比特映射流程。

XGTC包括三个子层：业务适配子层，成帧子层和PHY适配子层。在XG-PON系统中，XGTC层既出现在OLT侧，也出现在ONU侧。下行方向上，XGTC层和PMD层间的接口表现为一个连续比特流，被分成125μs的帧，上行方向上，XGTC层和PMD层间的接口表现为一系列时间突发。

图1和图2分别说明了下行和上行方向的上层SDU和物理层间的比特流映射关键转换阶段。

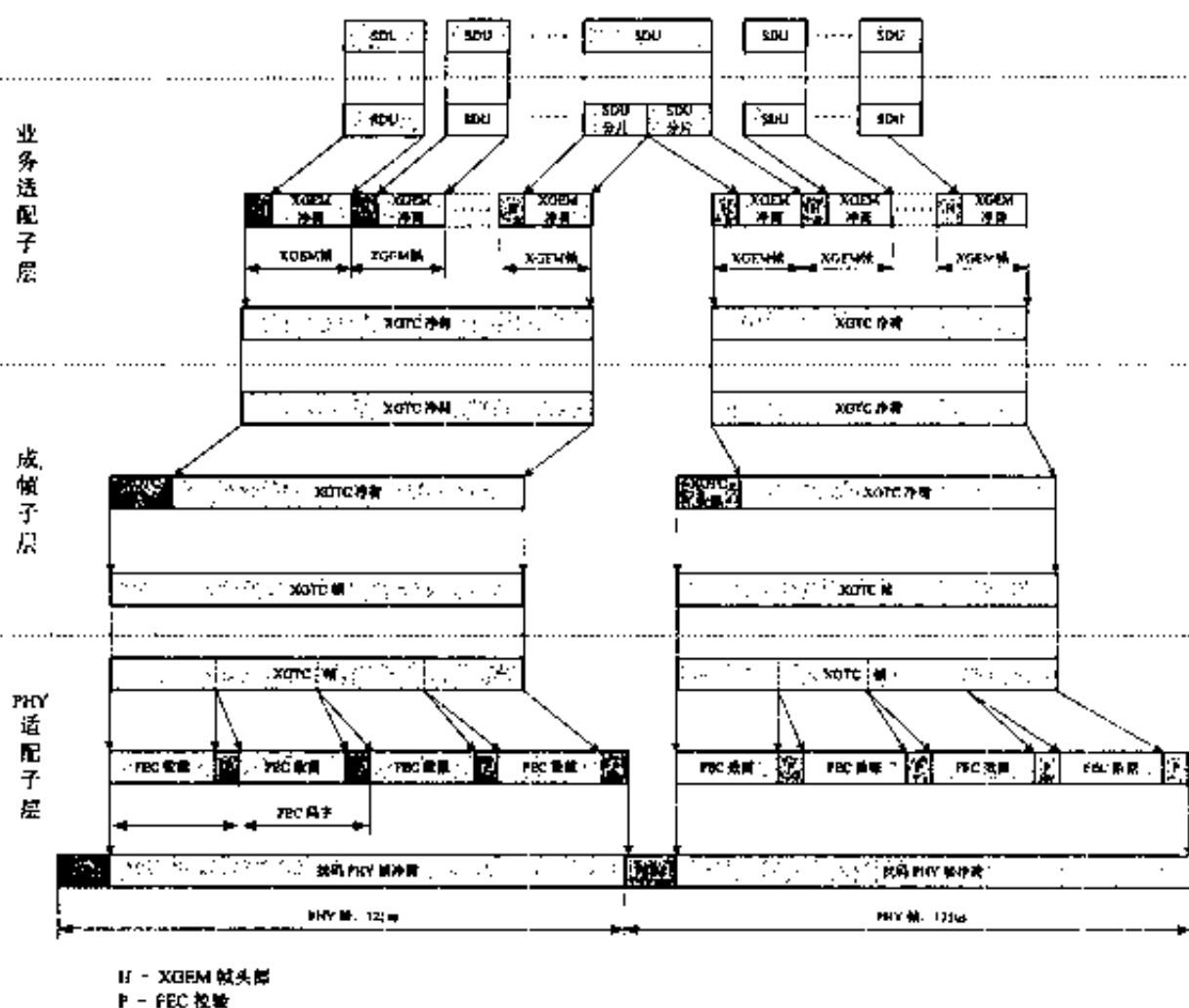
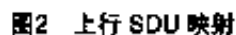


图1 下行 SDU 映射



5.2.1 XGTC 业务适配子层

在发送侧，XGTC业务适配子层接收上层SDU，执行必要的SDU分片，为SDU或者SDU片分配XGEM Port_ID，以XG-PON封装方式来获得XGEM帧。XGEM帧净荷可选择性地进行编码。一系列XGEM帧在下行流方向组成一个XGTC帧净荷，或者在上行流方向组成一个XGTC突发。

在接收侧，XGTC业务适配层接收XGTC帧和突发的净荷，执行XGEM帧的定界，根据XGEM Port-ID 过滤XGEM帧，如果发送方对XGEM净荷进行了编码，还需要进行解码，重新组装分片的SDU，且将SDU 传送给各自的客户端。

\$

YD/T 2402.3-2012

业务适配子层处理两种SDU，它可以逻辑上分解在同一个XGEM引擎中，负责XGEM Port-ID复用和过滤，以及两个业务适配器：用户数据适配器和OMCI适配器。用户数据适配器可以配置为适用于不同的上层接口。

多种通用业务映射XGEM帧实例见8.5节。

5.2.2 XGTC 成帧子层

XGTC成帧子层负责构建和解析开销域，来支撑必要的PON管理功能。

在发送侧，XGTC成帧子层接收来自XGTC业务适配子层的多系列XGEM帧形成的XGTC净荷，通过提供嵌入式OAM和PLOAM信道开销域，构建下行流XGTC帧或者是上行流XGTC突发。减去可变长度的上行带宽管理开销和来自固定长度的下行XGTC帧的PLOAM通道负载，可以获得每个下行XGTC帧净荷的大小。一个XGTC突发通过多个Alloc-ID复用XGTC净荷，每个净荷的大小取决于传入的带宽管理信息。

在接收侧，XGTC成帧子层接收XGTC帧或者XGTC突发，解析XGTC开销域，提取传入的嵌入式管理和PLOAM消息流，同时传送XGTC净荷给业务适配子层。传入的PLOAM信道流发给PLOAM处理引擎。嵌入式OAM信息范围内关于上行带宽管理（BWmap解析）和动态带宽分配（DBA）的信号的处理是在成帧子层内进行的，提供了PHY适配子层（上行PHY突发定时和配置控制）和业务适配子层（加密密钥指示）的部分控制。嵌入式OAM信息的其余部分将被传递到成帧子层以外的控制实体，如ONU设备的电源管理和性能监测模块。

7.2节详细介绍了下行XGTC帧结构，包括BWmap解析，7.3节详细介绍了上行XGTC突发结构，包括DBA信令。

5.2.3 XGTC PHY 适配子层

PHY适配子层的功能，包括修改比特流调制光发射机，其目的是提高光学介质中的传输信号的检测，接收和定界属性。

在发送侧，PHY适配子层接收XGTC帧（在下行方向）或来自XGTC成帧子层的XGTC突发帧（在上行方向），将他们分成FEC数据块，计算和附加FEC纠错校验域追加到每个FEC数据块，执行FEC保护的内容扰码，为下行（PSBd）或上行（PSBu）传输预置适当的物理同步块，为最终比特流提供定时调整。

在接收侧，PHY适配子层进行物理同步和输入比特流的定界，PHY帧或突发内容的解扰码，执行前向纠错和提取FEC纠错校验符号，传送所产生的XGTC帧（在下行方向）或XGTC突发（在上行方向）到XGTC成帧子层。

PSBd和PSBu开销域的详细规定分别见9.1节和9.2节。

FEC的使用，通过在传输中引入冗余的比特流和允许接收器工作在更高水平的误码率上，提高了有效灵敏度和光接收器的过载特性。前向错误校正详细规定见9.4节。

比特流加扰随机化的传输，有助于提高CID的免疫力，XG-PON的扰码方法规定见第9.5节。

PHY适配子层的线路编码见YD/T 2402.2-2012《接入网技术要求 10Gbit/s无源光网络（XG-PON）第2部分：物理媒质相关（PMD）层要求》。

5.2.4 XGTC 消息流概况

消息流概况见图3。

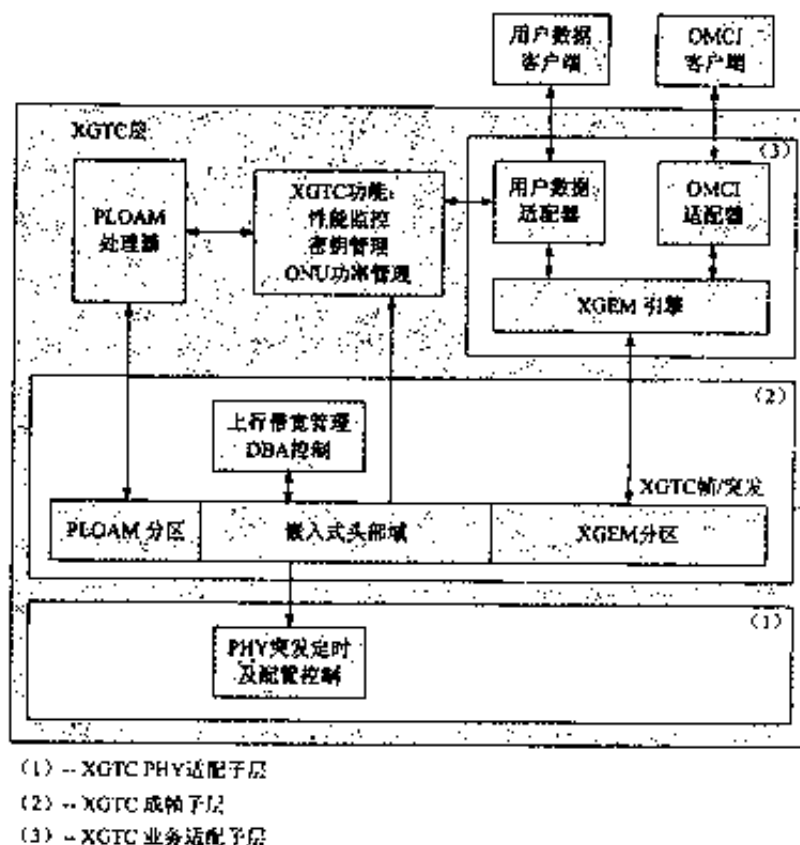


图3 XGTC 消息流概括

5.3 XG-PON 系统管理

XG-PON系统中的控制、操作和管理消息有3个通道：嵌入式OAM，PLOAM和OMCI。嵌入式OAM和PLOAM通道管理PMD和XGTC层功能，OMCI为更高（业务定义）的管理层提供统一系统。

5.3.1 嵌入式 OAM

嵌入式OAM的通道提供了良好定义的帧头域，以及下行XGTC帧和上行XGTC突发的嵌入式结构。因为每个消息片是直接映射到一个特定的域，因此这个通道为时间紧急的控制信息提供了一个低时延路径。使用这个通道的功能包括：上行PHY突发定时和配置控制，带宽分配，数据加密密钥选择，动态带宽分配信令，强迫唤醒和dying gasp指示。作为XGTC成帧子层规范的一部分，帧头域的详细解释和所涉及这些功能支持的结构详细描述见第7章。

5.3.2 PLOAM 通道

PLOAM通道是基于消息的，是在下行XGTC帧和上行XGTC突发特定域中固定传输的一组消息。该通道是用于所有PMD和不通过嵌入式OAM的通道发送的XGTC管理信息。该PLOAM消息结构，消息类型和详细的格式见第10章。

5.3.3 OMCI

ONU的管理和控制接口（OMCI）通道（OMCC）是用来管理业务定义层以上的XGTC，不在本规范的范围。

ONU设备的OMCI适配器，在下行方向是用于过滤和解封装的OMCI承载XGEM帧，并封装上行方向的OMCI SDU。

YD/T 2402.3-2012

OLT的OMCI适配器负责用于在上行方向过滤和解除封装的OMCI承载XGEM帧，及封装从OMCI控制逻辑到XGEM帧的OMCI SDU。

5.4 时分复用结构

5.4.1 概述

在下行方向，流量复用功能是集中式，示意图见图4。OLT在传输介质上多路复用XGEM帧，使用XGEM Port-ID作为一个关键来识别属于不同的下行逻辑连接的XGEM帧。每个ONU根据他们的XGEM Port-ID过滤下行XGEM帧，处理仅属于本ONU的XGEM帧。组播XGEM端口可以被用来承载XGEM帧到多个ONU。

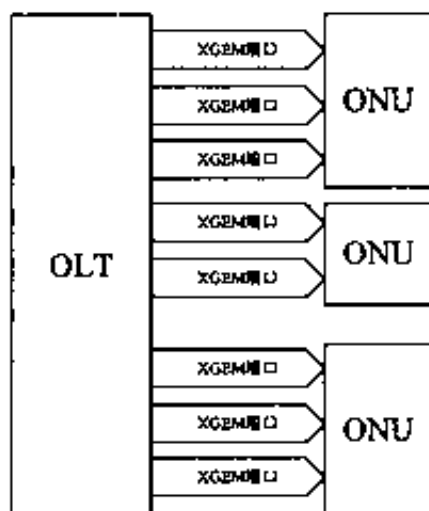


图4 下行流复用

在上行方向，流量复用的功能是分布的，见图5。OLT授权流量承载实体在对应的ONU内进行上行流传输，或上行带宽的分配，ONU的流量承载实体由它们的Alloc-ID识别，通过时分复用将带宽分配到不同的Alloc-ID，通过OLT指定在下行带宽映射传送，每个带宽分配中，ONU使用XGEM-Port-ID做为一个多路复用关键帧来识别属于不同上行逻辑连接的XGEM帧。

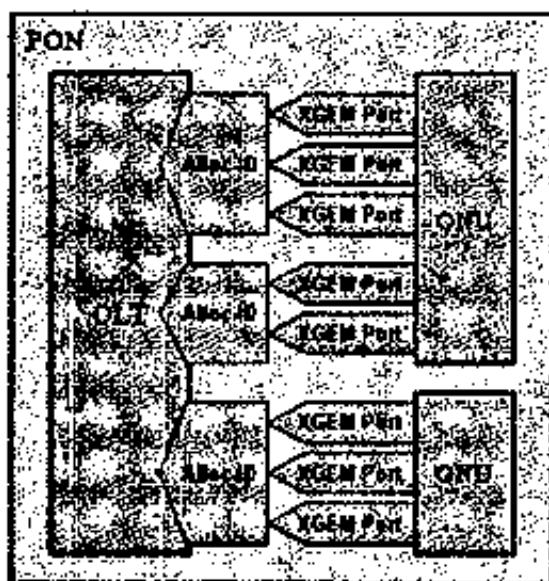


图5 上行流复用

5.4.2 ONU 标识

ONU标识 (ONU-ID) 是一个10bit的标识符, 在使用PLOAM信道激活ONU时, 由OLT分配给ONU。在PON中ONU-ID是唯一的, 当ONU进入初始化阶段 (O1), 它丢弃先前分配的ONU-ID连同所有相关的XGTC层配置。ONU-ID值说明见表1。

表1 ONU-ID 值

ONU-ID	名 称	描 述
0~1022	可分配	ONU激活时由OLT分配, 用来标识上行突发或者PLOAMu消息的发送者, 及PLOAMd消息的接收者
1023	广播/未分配	PLOAMd中的广播地址, PLOAMu中未分配的ONU

5.4.3 分配标识符

Alloc-ID是一个14bit的数字, 由OLT分配给ONU, 标识一个流量承载实体, 接收此ONU中上行带宽分配。一个流量承载实体可以用一个来T-CONT表示, 也可以用上行OMCC表示。

每个ONU分配一个或多个Alloc-ID, 至少包括默认Alloc-ID。ONU的默认Alloc-ID数值上等于它的ONU-ID, 默认Alloc-ID承载上行OMCC流量, 可能承载用户数据流量。默认Alloc-ID也用来为指定ONU分配PLOAM, 默认Alloc-ID不能重分配或改变。

额外Alloc-ID由OLT用Alloc-ID Type=1的Assign_Alloc-ID PLOAM消息分配。额外Alloc-ID用来承载用户数据流量。这些分配可以用Alloc-ID TYPE=255的Assign_Alloc-ID PLOAM消息来解除分配。

一个Alloc-ID在给定PON系统中是唯一的, 最多可以用来分配给一个ONU。当ONU进入O1状态, 它丢弃所有Alloc-ID分配, 包括默认的Alloc-ID分配。Alloc-ID说明见表2。

表2 Alloc-ID 值

Alloc-ID	名 称	描 述
0~1022	默认	默认Alloc-ID, 隐藏分配, 数值等于ONU-ID
1023	广播	OLT用来在序列号授权分配结构中, 指示任何在激活过程执行序列号捕获阶段的ONU, 可用其传输序列号响应
1024..16383	可分配	如果1个ONU需要超过1个 Alloc-ID, OLT分配额外Alloc-ID给ONU, 在此范围内选择一个唯一的数字, 用Assign_Alloc-ID PLOAM消息将其传达给ONU

5.4.4 XGEM 端口标识符

XGEM端口标识符, 或XGEM Port-ID, 是一个16bit的数字, 由OLT分配给一个独立的逻辑连接。XGEM Port-ID分配给OMCC逻辑连接是通过ONU-ID分配给指定ONU, OMCC Port-ID数值上等于各自的ONU-ID。所有其他分配给ONU的XGEM Port-ID由OMCC执行。

当ONU进入O1状态, 它丢弃默认的XGEM Port-ID, 但是保留之前分配的非默认XGEM Port-ID。XGEM Port-ID说明见表3。

表3 XGEM Port-ID 值

XGEM Port-ID	名 称	描 述
0..1022	默认	默认XGEM Port-ID, 等于ONU-ID, 用来传输OMCC流量
1023..65534	可分配	如果ONU需要多个XGEM Port-ID, OLT分配额外Port-ID给ONU, 在此范围选择一个唯一的数字, 用OMCI管理通道通知ONU
65535	空闲	保留的空闲XGEM Port-ID

5.5 媒体接入控制

XG-PON系统中, OLT为上行流量提供媒体访问控制, 每个下行PHY帧包括一个带宽映射(BWmap), 用于指示不同ONU其相应上行PHY帧中的上行传输位置, XG-PON系统媒体访问控制的概念, 见图6。

OLT每125μs发送一个下行PHY帧。由于不同的光距离, 每个指定的PHY帧到达不同的ONU通常是不同时间。每次收到下行PHY帧, ONU会关联相应的上行PHY帧。

OLT为每个PHY帧创建和传送下行一个BWmap, 为不同ONU指定一个非重叠上行传输序列。一个BWmap包括许多分配结构, 每个分配结构给特定ONU分配特定的Alloc-ID, 属于同一ONU与Alloc-ID关联的一个或多个分配结构所组成的一个构成了一个突发分配序列。每个突发分配序列包括一个指示上行PHY帧突发开始的开始指针, ONU允许传输的一个授权大小的序列。开始指针指的是上行PHY帧偏移量(在PHY适配子层), 而授权大小属于XGTC净荷(在成帧子层)。开始指针和授权大小以字为单位表示(1字等于4字节)。每PHY帧的单个字分配对应于一个256kbit/s的瞬时数据速率, OLT通过控制大小和授权频率, 可授权高级或低级有效数据速率, 而且通过动态表可以调整有效数据速率。

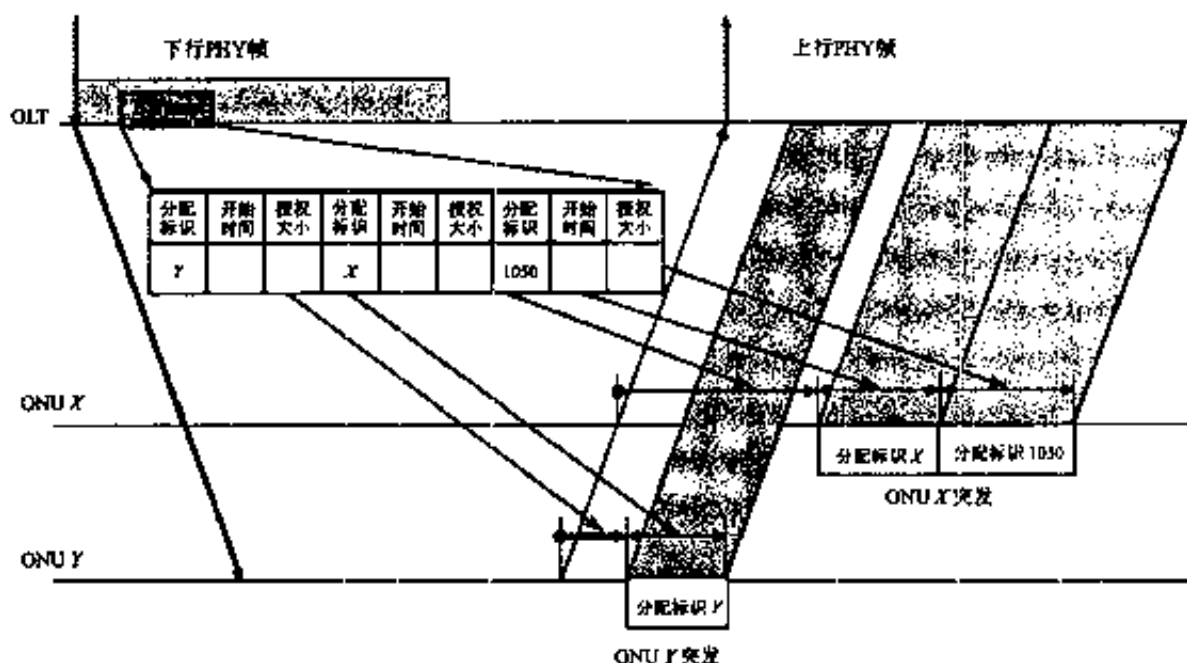


图6 媒体接入控制

6 资源分配和服务质量

6.1 概述

接入服务质量是端到端服务质量提供机制中的一个完整的部分, 是达到端到端流量QoS目标的必要条件, 但不是充分条件。在一个基于XG-PON的光接入网络中, QoS能力由OLT和ONU网元一起提供, 并且与将可用资源分配到独立流或聚合流的方法相关联。这些资源包括处理能力、缓存空间和通信链路的数字带宽等。

6.2 下行和上行资源分配规则

一条流量由一组特定的下行和上行业务参数来规定。这些参数可以通过流量描述符来表示。大多数情况下, 一个流量描述符的形式如公式(1)所示:

$$D = (R_F, R_A, R_M, \chi_{AB}, P, \omega) \quad (1)$$

式中:

R_F — 固定带宽, 单位为bit/s

R_A — 保证带宽, 单位为bit/s

R_M — 最大带宽, 单位为bit/s

χ_{AB} — 用于补充带宽分配的三元指示符 {None, NA, BE}

P — 尽力而为 (BE) 带宽分配优先级

ω — 尽力而为带宽分配权重

固定带宽 $R_F \geq 0$ 表示链路容量中被分配给特定流量的预留部分, 不考虑当前该流量对带宽的需求和总的流量负载情况。

保证带宽 $R_A \geq 0$ 表示特定流量对带宽还有未满足的需求时, 链路容量中被分配给该流量的一部分带宽, 不考虑总的流量负载情况。

最大带宽 $R_M \geq 0$ 表示在任何流量负载情况下, 能够分配给流量的总带宽上限。

一个形式正确的流量描述符应满足公式 (2) ~ 公式 (4) 所示的三个限制条件:

$$R_M \geq R_F + R_A \quad (2)$$

$$\text{如果 } \chi_{AB} = \text{NA}, \text{ 则 } R_M > R_F + R_A > 0 \quad (3)$$

$$\text{如果 } \chi_{AB} = \text{BE}, \text{ 则 } R_M > R_F + R_A \geq 0 \quad (4)$$

另外, 总体流量规范应满足如公式 (5) 所示的基本稳定性条件:

$$\sum_i (R_F^i + R_A^i) \leq C \quad (5)$$

不等式左边求和中包括了PON上的所有上行和下行流量, C 则分别为上行或下行的端口容量。

流量描述符的一般规范形式提供了对基于速率和基于优先级的两种业务规范的支持。通过将某个描述符的元素设置为零 (速率参数) 或相同的值 (优先级和权重参数), 系统管理员可以有效的指定需要的业务规范。上行和下行流量可能会被指定到不同描述符子集中。需要特别说明, 固定带宽参数在分布式调度环境中十分重要, 它用来降低网元之间的通信时延, 但在进行集中调度的下行方向固定带宽可能并不适用。

如果需要, 两条或两条以上的流量可被看作一条聚合流量。系统使用组成聚合流的独立流量的描述符来构成聚合流量的描述符。聚合流量描述符 (由 “*” 号标注) 中的速率参数应满足如公式 (6) ~ 公式 (7) 所示的条件:

$$R_F^* + R_A^* = \sum_j (R_F^j + R_A^j) \quad (6)$$

$$\max_j R_M^j \leq R_M^* \leq \sum_j R_M^j \quad (7)$$

其中上标 j 标识一个参数属于第 j 条组成流量的描述符。如何从组成流量的描述符中得出聚合流量描述符参数的值不在本部分的范围之内。

在下行方向, OLT应根据各条流量的流量描述符、需要的内存资源和带宽资源, 提供针对XGEM Port-ID流量的QoS感知流量管理功能 (包括缓存管理、流量调度和整形)。由于该功能是OLT内部功能, 因此不在本部分的范围之内。

在上行方向, 应根据复用在T-CONT中的XGEM Port-ID流量的业务规范, 为每一个T-CONT创建一个聚合流量描述符。OLT应根据聚合业务规范、上行带宽可用性、上行流量监控信息 (如果能够获得)

YD/T 2402.3-2012

和/或ONU状态报告，提供与T-CONT相关联的聚合流量的QoS感知流量管理功能。对于每一个独立的T-CONT，拥有该T-CONT的ONU应根据XGEM Port-ID业务规范、资源可用性和动态流量状况，提供针对XGEM Port-ID流量的QoS感知流量管理功能。

支持资源分配和QoS的ONU上行流量管理功能可包含入流量策略、流量整形和通过T-CONT进行XGEM Port-ID流量调度。对这些功能的规范不在本部分范围之内。

本章的剩余内容主要关注上行流量管理功能，任何提及的流量参数都从属于与Alloc-ID关联的聚合流量描述符。

6.3 动态带宽分配

6.3.1 概述

在XG-PON中，OLT通过动态带宽分配（DBA）过程将上行发送机会分配给ONU中的流量承载实体，带宽分配则是基于ONU活动的动态指示和ONU已配置的流量合约。活动状态指示可以是显式的缓存状态报告或隐式的在上行发送机会中发送空闲XGEM帧。

与静态带宽分配相比，DBA机制适应ONU的突发流量机制，提高了XG-PON上行带宽的利用率，DBA带来的实际好处有两点：首先由于更加有效的带宽使用，网络管理员可以向接入网中添加更多的终端用户；其次，终端用户可以享受增强的服务，例如那些需要可变速率并且速率峰值超过静态带宽分配的合理水平的业务。

6.3.2 PON DBA 概念

在XG-PON中，上行带宽分配的接收实体由一个分配标识符（Alloc-ID）来表示。无论分配给每个ONU的Alloc-ID数量和复用到每个Alloc-ID上的XGEM端口数量是多少，也无论ONU使用的实际物理和逻辑队列结构是什么，OLT都会将流量聚合与每个Alloc-ID相关联，作为一个单独的逻辑缓存。并且出于带宽分配的目的，将给定PON系统中的所有Alloc-ID看作同一个逻辑层级的独立对等实体。PON DBA概念示意图见图7。

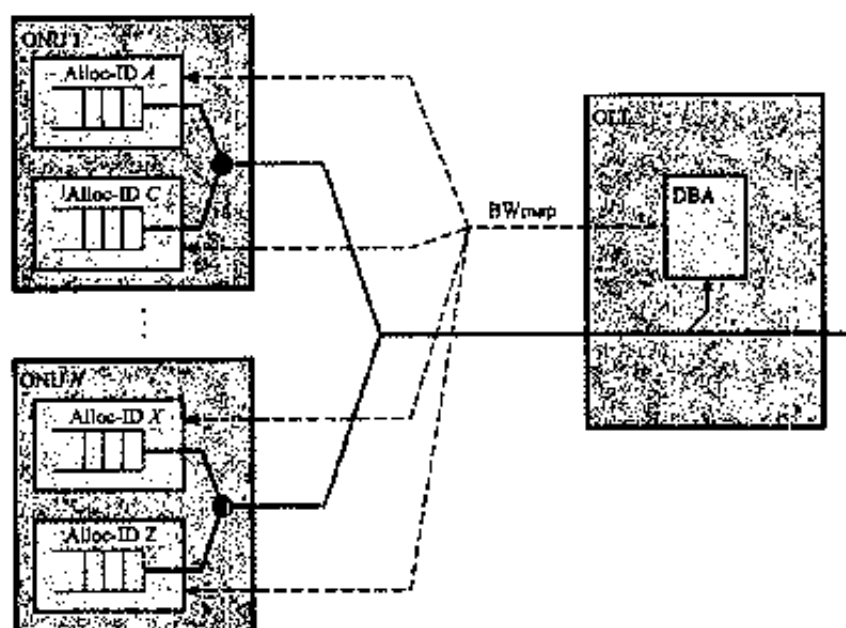


图7 PON DBA 抽象模型

对于每一个Alloc-ID逻辑缓存，OLT的DBA功能模块通过收集带内状态报告或上行流量空闲模式来推断带宽的占用情况。DBA功能提供了OLT上行流量调度的输入，上行流量调度负责生成带宽映射（BWmap）。BWmap规定了每一个Alloc-ID上行发送机会的大小和时间，并且通过下行流量与ONU进行带内通信。

6.3.3 DBA 功能需求

XG-PON的动态带宽分配包含下列的功能，这些功能应用在独立的Alloc-ID和其带宽参数上：

- 推断上行传输逻辑缓存占用状态；
- 根据推断的缓存占用状态进行即时带宽更新；
- 根据即时带宽更新实施带宽分配；
- DBA 操作管理。

XG-PON OLT应支持DBA功能。

6.3.4 DBA 方式

根据不同的ONU缓存占用推断机制，有两中不同的DBA方式：

- 状态报告（SR）DBA 是根据于显式的缓存占用状态报告进行带宽分配的方式，状态报告由 OLT 向 ONU 请求，ONU 提交回应。
- 流量监控（TM）DBA 方式是 OLT 通过观察空闲 XGEM 帧状况，并与相应的带宽映射进行比较，从而进行带宽分配的方式。

XG-PON OLT应同时支持TM和SR两种DBA方式，并且应能够高效公平的执行6.3.3节中所述的DBA功能。

XG-PON ONU应支持DBA状态报告，并且应根据OLT的指示发送DBA状态报告。状态报告DBA方式涉及到OLT和ONU之间的带内信令交互，带内信令交互是XGTC规范的一部分，详见7.3.2节。

OLT如何使用状态报告信息的算法细节、TM DBA方式的完整实现细节，以及负责生成BWmap的OLT上行调度器的实现细节，均不在本部分规定范围内，具体实现方法由厂商自行决定。

6.4 动态带宽分配参考模型

6.4.1 符号定义

本节除了会使用6.2节中定义的符号外，还会用到以下符号：

- A — 到达缓存的流量，单位为bit
 - B — 逻辑缓存占用量，单位为bit
 - R — 已分配的总带宽，单位为bit/s
 - R_G — 已分配的最大保证带宽，单位为bit/s
 - R_L — 流量发送负荷，单位为bit/s
 - R_{NA} — 已分配的非保证带宽，单位为bit/s
 - R_{BE} — 已分配的尽力而为带宽，单位为bit/s
 - S_{NA} — 剩余可分配的非保证带宽，单位为bit/s
 - S_{BE} — 剩余可分配的尽力而为带宽，单位为bit/s
- 符号中出现的下标表示相应的Alloc-ID。

YD/T 2402.3-2012

6.4.2 流量发送负荷

每个Alloc-ID都有一个动态的特性参数 $R_L(t)$ ，称为流量发送负荷，是指为了保证Alloc-ID对应的逻辑缓存器在某个确定时间段 Δ 内被消空所应执行的平均读取速率。如公式（8）所示 $R_L(t)$ 反映了系统的存储能力，要求至少能够缓存1帧的数据量，通常要求能够缓存8帧：

$$R_L(t) = \frac{B(t) + A(t, t + \Delta)}{\Delta} \quad (8)$$

其中 $B(t)$ 是逻辑缓存中在 t 时刻已被占用的数据量，可选的 $A(t, t + \Delta)$ 表示在时间间隔 $(t, t + \Delta)$ 内新到达缓存的数据量。注意如果不需要考虑预期变化，则无需考虑 $A(t, t + \Delta)$ 。

6.4.3 分配带宽组成

在最大保证带宽和补充带宽（见图8）组成的参考模型中， $R^i(t) \geq 0$ 表示动态分配给第 i 个Alloc-ID的带宽。最大保证带宽 R_G 为固定带宽和保证带宽。补充带宽可以是非保证带宽 $R'_{NA}(t)$ 或尽力而为带宽 $R'_{BE}(t)$ ：

当 $\chi'_{AB} = NA$ 时，见公式（9）：

$$R^i(t) = R_G^i(t) + R'_{NA}(t) \quad (9)$$

当 $\chi'_{AB} = BE$ 时，见公式（10）：

$$R^i(t) = R_G^i(t) + R'_{BE}(t) \quad (10)$$

当 $\chi'_{AB} = None$ 时，见公式（11）：

$$R^i(t) = R_G^i(t) \quad (11)$$

对于保证带宽分配，参考模型使用了一个基于速率参数的分配方式。最大保证带宽中的固定带宽部分是静态分配的。最大保证带宽中的保证带宽部分是根据相应Alloc-ID的流量负荷动态分配的。对于补充带宽分配，参考模型同时支持基于速率的分配方式和基于权重和优先级的分配方式。补充带宽根据相应Alloc-ID的流量符合和总体流量状况进行动态分配（见图8中的阴影部分）。

参考模型在带宽分配中有效的引入了严格优先级的概念：

- 固定带宽（高优先级）；
- 保证带宽；
- 非保证带宽；
- 尽力而为带宽（低优先级）。

首先，无论每个Alloc-ID上的流量负载和总体的流量状况如何，OLT应为PON上的所有Alloc-ID分配固定带宽。接着，OLT应为每个Alloc-ID分配保证带宽，直至满足各个Alloc-ID的流量负荷需求或达到其保证带宽的预设值 R_A ，这时OLT完成了对最大保证带宽的分配。之后，OLT应为还未饱和的Alloc-ID分配非保证带宽直至带宽达到饱和（即达到各个Alloc-ID的最大带宽 R_M 和各自流量负荷二者之间的较小值）或剩余的非保证带宽 S_{NA} 已经耗尽。最后，OLT应为带宽还未达到饱和的Alloc-ID分配尽力而为带宽。

对所有的Alloc-ID，当发送流量负荷 $R'_L(t)$ 超出了固定带宽 R'_F 时，参考模型要求已分配的总带宽 $R^i(t)$ 应满足公式（12）所示的条件：

$$R^i(t) \leq \min\{R'_M; R'_L(t)\} \quad (12)$$

6.4.4 最大保证带宽分配

在满足公式 (5) 中的基本稳定性条件前提下, 动态分配的最大保证带宽见公式 (13) 所示:

$$R_G^i(t) = \min \{ R_F^i + R_A^i; \max \{ R_F^i; R_L^i(t) \} \} \quad (13)$$

无论总流量负荷情况如何, 对于某个Alloc-ID, 属于它的 $R_G^i(t)$ 都是确保可获得的。这样 R_F^i 是最大保证带宽 $R_G^i(t)$ 的下限, 而 $R_A^i + R_F^i$ 是其上限, 见图8所示。

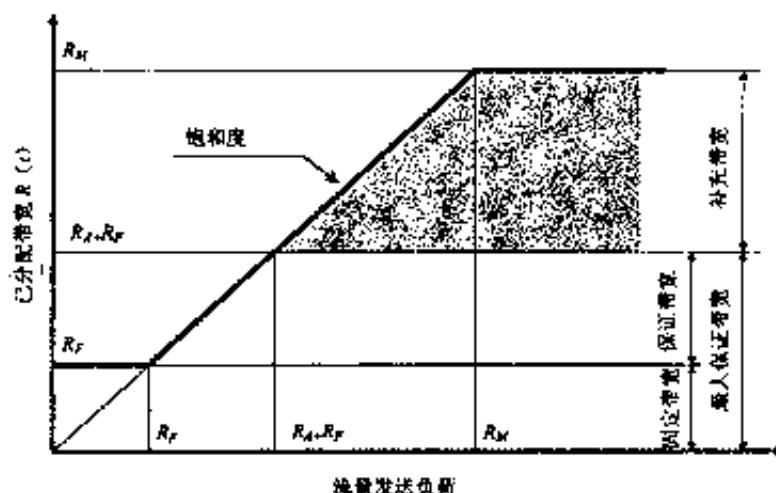


图8 根据流量发送负荷进行带宽分配

6.4.5 基于速率的补充带宽分配

为了实现基于速率的补充带宽分配, 应为每个Alloc-ID设置各自适当的 R_F^i 、 R_A^i 和 R_M^i 参数。所有Alloc-ID优先级和权重参数应设置为相同的值。补充带宽的类型可以为任意形式 (NA、BE或None)。

非保证带宽 (RNA) 是补充带宽的一种形式, OLT根据某一个Alloc-ID固定带宽和保证带宽总和所占的比例来动态分配 R_{NA}^i 。

用来进行非保证带宽分配的剩余带宽量等于为所有Alloc-ID动态分配最大保证带宽后剩余的上行带宽容量, 公式表示见式 (14):

$$S_{NA}(t) = C - \sum_i R_G^i(t) \quad (14)$$

其中 $R_G^i(t)$ 的定义见公式13。

剩余可分配的非保证带宽 $S_{NA}(t)$ 由适当的 ($\chi_{AB} = NA$) Alloc-ID共享, 因此应满足公式 (12) 中的带宽保持条件。同时, 对于每一个Alloc-ID i , 应满足以下三个条件之一:

满足饱和准则见公式 (15) 所示:

$$R^i(t) = \min \{ R_M^i; \max \{ R_L^i(t); R_F^i \} \} \quad (15)$$

$S_{NA}(t)$ 已经耗尽并且最多只有一个Alloc-ID是不饱和的;

$S_{NA}(t)$ 已经耗尽并且对于任意两个不饱和的Alloc-ID i 和 j , 已分配的非保证带宽满足公式 (16) 所示的公平条件:

$$\frac{R_{NA}^i(t)}{R_F^i + R_A^i} = \frac{R_{NA}^j(t)}{R_F^j + R_A^j} \quad (16)$$

YD/T 2402.3-2012

尽力而为带宽是补充带宽的一种形式，OLT根据某一个Alloc-ID的非保证带宽所占最大带宽的比例来动态分配尽力而为带宽。

只有当所有参与非保证带宽分配的Alloc-ID都达到饱和后，OLT才会给参与尽力而为带宽分配Alloc-ID分配尽力而为带宽。可用来进行参与尽力而为带宽分配的剩余带宽量等于所有参与非保证带宽分配的Alloc-ID都饱和后，并且所有其他Alloc-ID都已经被分配了各自相应的保证带宽后，还剩余的上行带宽容量。剩余可分配尽力而为带宽量的表示见公式（17）：

$$S_{BE}(t) = C - \sum_{i \in \{i_{AB} = NA\}} R_i^t(t) - \sum_{i \in \{i_{AB} = NA\}} R_G^t(t) \quad (17)$$

其中， $R_G^t(t)$ 的由公式(13)和公式(15)描述的饱和准则规范。

剩余带宽 $S_{BE}(t)$ 由适当的（ $\chi_{AB} = BE$ ）Alloc-ID共享，因此需要满足公式（12）中的带宽保持条件，同时，对于每一个Alloc-ID i 应满足以下三个条件之一：

- 已分配的带宽应满足公式(15)描述的饱和准则；
- $S_{BE}(t)$ 已经耗尽并且最多只能有一个 Alloc-ID 没有饱和；
- $S_{BE}(t)$ 已经耗尽并且对于任意两个不饱和的 Alloc-ID i 和 j ，已分配的尽力而为带宽满足公式(18)

所示的公平条件：

$$\frac{R_{BE}^i(t)}{R_M^i - (R_F^i + R_A^i)} = \frac{R_{BE}^j(t)}{R_M^j - (R_F^j + R_A^j)} \quad (18)$$

6.4.6 基于优先级和权重的补充带宽分配

为了实现基于优先级和权重的补充带宽分配，应为每个Alloc-ID设置各自适当的 P_i 、 ω_i 和参数。所有具有相同优先级 P_i 的Alloc-ID的带宽参数应为相同的值。补充带宽的类型可为BE或None。

可参与尽力而为带宽分配的剩余带宽量等于为所有Alloc-ID动态分配保证带宽后剩余的上行带宽容量。该带宽量的表示见公式（19）：

$$S_{BE}(t) = C - \sum_i R_G^t(t) \quad (19)$$

其中， $R_G^t(t)$ 的规范见公式（13）。

剩余未分配的尽力而为带宽 $S_{BE}(t)$ 由适当的（ $\chi_{AB} = BE$ ）Alloc-ID共享，因此需要满足公式（12）中的带宽保持条件。同时，对于每一个Alloc-ID i 应满足以下两个条件之一：

a) 已分配的带宽应满足公式（15）描述的饱和准则；

b) SBE(t)已经耗尽并且满足一下两个描述：

1) 只要至少还有一个优先级等级为 P_i 的 Alloc-ID 没有饱和，则为任何具有较低优先级等级的 Alloc-ID 所分配的尽力而为带宽应为 0；

2) 只要还有两个具有相同优先级等级 $P_i = P_j$ 的 Alloc-ID i 和 j 没有达到饱和，则为他们分配的尽力而为带宽应满足公式（20）所示的公平条件：

$$\frac{R_{BE}^i(t)}{\omega_i} = \frac{R_{BE}^j(t)}{\omega_j} \quad (20)$$

6.5 DBA 性能要求

6.5.1 概述

实际情况中，OLT的DBA算法并不能掌握完整的系统状态信息。特别是对于实际的流量负载 $R_L^i(t)$ ，算法中实际使用的是估计值 $\hat{R}_L^i(t)$ ，该估计值从DBRu报告和流量监控报告中得出，具体方法不在本部分的范围内。本节中推荐了几个DBA性能判定准则，根据这些准则，可基于6.4节中的参考模型来评估一个DBA实现的性能。

6.5.2 静态带宽分配

6.5.2.1 定义

在一个Alloc-ID的带宽行为和流量需求状态保持恒定的系统中，为一个Alloc-ID分配的带宽是通过对其连续的任意顺序的下行BWmap帧进行平均来衡量的。其中 K 应足够大以能够在平均后忽略帧与帧之间的带宽分配变化。

6.5.2.2 目标性能

OLT的DBA算法应保证为每一个未饱和Alloc-ID静态分配的带宽至少等于其固定带宽与保证带宽的和，并且分配的带宽值与根据6.4节中的参考模型计算出的动态值相差的误差应在指定的范围内（如10%）。

6.5.3 保证带宽恢复时间

6.5.3.1 定义

保证带宽恢复时间是最坏情况下的时间间隔，该时间间隔是从ONU上观察得出的。一个有资格接受保证带宽分配的Alloc-ID，由于流量需求不足而没有被分配保证带宽，则从该Alloc-ID而将流量需求提高到至少为其固定带宽加保证带宽水平的时刻算起，到该Alloc-ID被分配了全部的保证带宽为止，这段时间即为保证带宽恢复时间。当Alloc-ID从连续 K 帧得到的平均带宽分配满足要求时，保证带宽恢复时间的结束时刻可以更精确的定义为连续 K 个下行帧BWmap指示的第一个上行帧的发送开始时刻。为了使帧与帧之间的带宽分配变化能被在平均后被忽略， K 值应足够大。

6.5.3.2 目标性能

保证带宽恢复时间的目标性能为2ms。

6.5.4 DBA 收敛时间

6.5.4.1 定义

DBA收敛时间是最坏情况下的时间间隔。从一个静态系统中的任意ONU的活动状态或流量符合改变的時刻起，到OLT将所有未饱和ONU的带宽分配调整到至少为各自的固定带宽加保证带宽的時刻为止，这段时间即为DBA收敛时间。DBA收敛后为各个ONU分配的带宽值与根据6.4节中的参考模型计算出的动态值相差的误差应在指定的范围内（如20%）。当OLT发送的BWmap指示能够满足新的带宽需求时，DBA收敛时间的结束時刻可以更精确的定义为连续 K 个下行帧中第一个下行帧的开始時刻。为了使帧与帧之间的带宽分配变化能被在平均后被忽略， K 值应足够大。

6.5.4.2 目标性能

DBA收敛时间的目标性能为6ms。

YD/T 2402.3-2012

7 XG-PON 传送汇聚层成帧

7.1 概述

本章定义了包括下行XGTC帧头、上行XGTC突发帧头和上行XGTC突发尾码格式在内的下行XGTC帧结构和上行XGTC突发帧结构。

7.2 下行XGTC 成帧

如图9所示，下行XGTC帧拥有135 432字节固定长度，包含XGTC头和XGTC净荷两部分。其中，XGTC净荷在发送端组装并在接收端的业务适配子层进行处理。

下行XGTC帧头包括一个固定长度的HLend结构和两个可变长度分区：带宽分配映射图（BWmap）和下行物理层操作维护管理PLOAM分区（PLOAMd）。

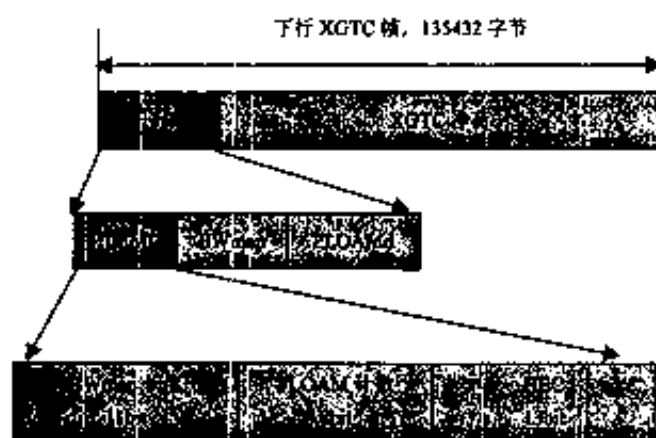


图9 下行XGTC帧结构和帧头域

7.2.1 HLend 结构

HLend是一个四字节结构，用来控制XGTC头中可变长度分区的大小。它又包含以下三个域：

BWmap length 带宽分配映射图长度 [11 bit]：包含一个无符号整数N，指示BWmap分区内带宽分配结构的数目。

PLOAM count 物理层操作管理维护计数[8 bit]：包含了一个无符号整数P，指示了PLOAMd分区内PLOAM消息的数目。

Hybrid error correction (HEC)混合纠错 [13 bit]：一个HLend结构的错误检测和纠正域，由一个操作在HLend结构31位初始位之上的BCH (63, 12, 2) 码以及一个奇偶校验位组合而成。有关HEC构成和验证的详细信息将在本部分附录A中进行定义。

7.2.2 BWmap 带宽分配映射图分区

BWmap是一个8字节分配结构的系列。BWmap中分配结构的数目在HLend结构里的带宽分配映射图长度（BWmap Length）域给出。BWmap分区的实际长度为 $8 \times N$ 字节。

每一个分配结构都为某个特定的Alloc-ID定义了一个带宽分配。关联到同一ONU内的一个或多个Alloc-IDs、并准备连续上行传输的一个或多个分配结构所组成的一个序列构成了一个突发分配系列。BWmap分区和一个分配结构的格式如图10。分配结构各域的定义将在后续章节中进行解释。

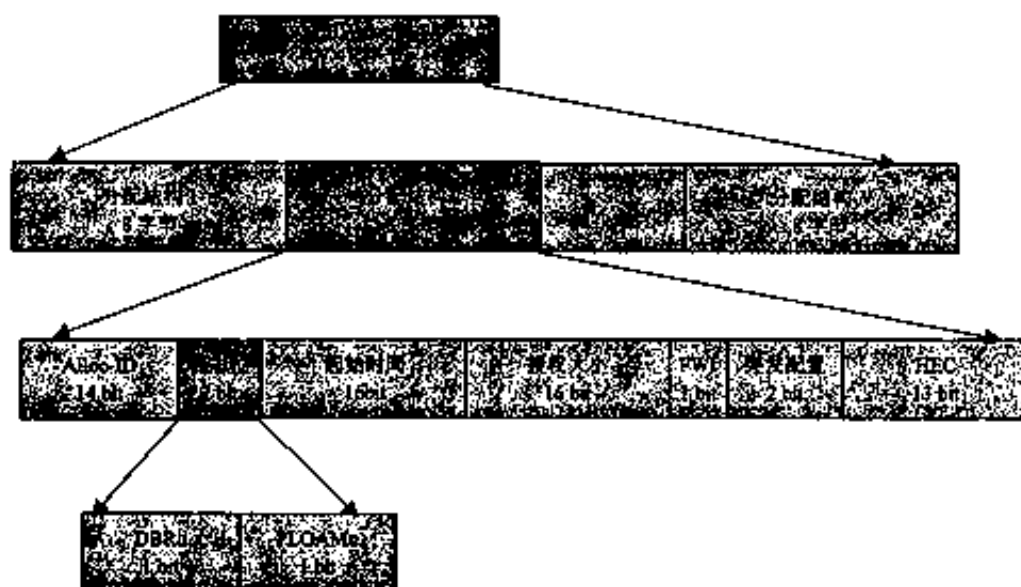


图10 BWmap 分区和一个分配结构的格式

7.2.2.1 Alloc-ID 域

Alloc-ID域包含了一个14位的数字，指明了带宽分配的接受者，例如，一个ONU上的特定T-CONT或者是上行OMCC通道。Alloc-ID的值和约定已经在5.4.3节进行了定义。

7.2.2.2 标志比特域

2bit的标志比特域包含了两个独立的指示器：

——DBRu：假如这一比特被设置，ONU就应为对应的Alloc-ID发送DBRu报告。如果该位没有被设置，则不用发送DBRu报告。

——PLOAMu：如果该位在一个突发分配系列的第一个分配结构中被设置了（由7.2.2.3节中定义的StartTime域指示），则上行XGTC突发头长度应当有52字节，而且ONU应当传送一个PLOAMu消息作为XGTC突发头的一部分。假如一个突发分配系列的第一个分配结构没有设置该位，则上行XGTC突发头的长度为4字节，同时ONU也不应发送PLOAMu消息。对于同一个突发序列的后续分配结构，PLOAMu标志位应当在发送方被设置为0并被接收方所忽略。上行XGTC突发头的详细情况见7.3.1节。

7.2.2.3 StartTime 域

如图11所示，StartTime域包含了一个16bit的数字，用来指示上行XGTC突发帧中第一个字节在上行PHY帧中的位置。StartTime从上行PHY帧开始起进行计算，计算单位为1个字长。StartTime=0对应着上行PHY帧的第一个字（Word）；StartTime=9719对应着上行PHY帧的最后一个字。

在每个突发分配系列当中，只有第一个分配结构带有定义的StartTime值。该突发分配系列其余的分配结构中的StartTime值全部为0xFFFF。

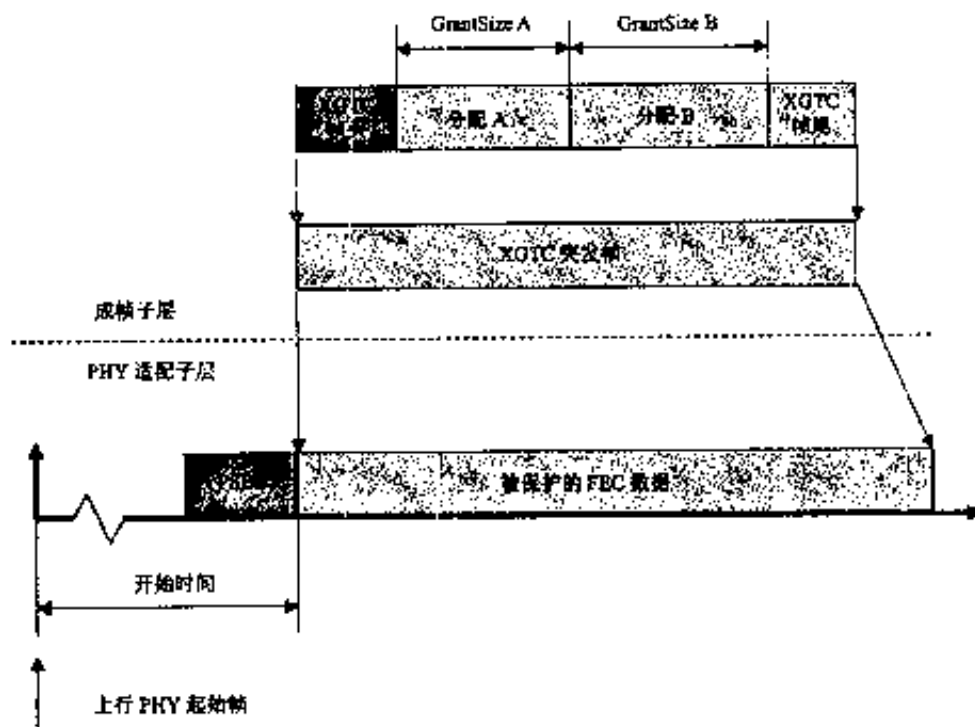


图11 StartTime 和 GrantSize 参数的解译

上行PHY帧的开始只是一个参考点，没有和任何特定的事件相关联（不像下行PHY帧的开始是同发送或接收到的PSync序列的第一个比特对齐的）。更需要指出的是，OLT和每个ONU通常是在不同时刻与上行PHY帧的开始相关联的，详细情况参见12章的PON时钟关系。

7.2.2.4 GrantSize 域

GrantSize域包含了一个16bit的数字，用来指示在给定带宽分配中所传送的XGTC净荷数据和DBRu开销的总体长度（注意，GrantSize不包括XGTC头，XGTC尾码，或者是FEC开销）。GrantSize精度为1字长（4字节）。GrantSize为0，代表该带宽仅授权给PLOAM消息，包括在ONU激活过程当中所需的序列号和测距带宽授权。GrantSize的最小非零取值为1，对应着仅1个字长（即4字节）的DBRu传送带宽分配。XGTC净荷比较合适的最小分配值（未设置DBRu）是4字长（16字节），对应于GrantSize=4。

7.2.2.5 强制唤醒指示(FWI) 比特

当访问一个支持低功耗模式的ONU时，OLT通过设置FWI位来迅速唤醒一个处于睡眠或者是打盹状态下的ONU。ONU功率管理的详细信息请参考第15章。当OLT功率管理状态机需要时，FWI就会在一个突发分配系列的第一个分配结构中对指定ONU进行设置。在一个突发分配序列的后续分配结构中，FWI位是不受控的并且会被ONU忽略。

7.2.2.6 BurstProfile 域

BurstProfile域是一个2bit的域，它包含了一个突发模板的索引，该索引被PHY适配子层用来组成PHY层突发。该索引指向那些有效突发模板的集合，而这些模板则通过PLOAM信道上约广播和单播消息发送给ONU。对于每个特定模板，该索引都在模板PLOAM消息（Profile PLOAM message）中进行了定义（参见10.3.3.1节）。

7.2.2.7 HEC 域

对带宽分配结构的错误检测和纠错，由一个操作在分配结构63位初始位之上的BCH（63,12,2）码以及一个奇偶校验位组合而成。有关HEC构成和验证的详细信息将在本部分附录A中进行定义。

7.2.2.8 BWmap 的构建限制和解析原则

7.2.2.8.1 BWmap 构建限制

OLT使用BWmap区来为ONU和每个ONU中的Alloc-ID进行上行传送机会的分配。对每个ONU和每个Alloc-ID的分配频率和带宽分配大小依赖于相应的业务参数以及每个ONU的功率管理模式。从设计上说，每个BWmap分区能够包含最大2047个分配结构。然而，在为每个PHY帧构建BWMap时还存在着以下附加限制：

- a) OLT 需要按照 StartTime 值的升序来定义多个截然不同的突发分配系列。
- b) 同一个 BWmap 中相邻突发帧间的间隔、以及相继的 BWmaps 之间的间隔应该满足 9.3 节的要求。
- c) 由于最小的 StartTime 值为 0，这意味着一个上行突发 PHY 帧的 PSB_u 部分从技术讲可以属于前一个 PHY 帧。
- d) 由于最大的 StartTime 值为 9719，这意味着一个 ONU 突发可能会跨越 PHY 帧的边界。
- e) 每个 BWmap 中分配结构的最大数目为 512。
- f) 一个突发分配系列中分配结构的最大数目为 16。
- g) 一个 BWmap 中为一个 ONU 所能分配的分配结构数目最大为 64。
- h) 在一个 BWmap 中为一个 ONU 所分配的突发分配系列最大数目为 4。
- i) 最大分配带宽= 9720 word
- j) 最大突发带宽= 9720 word

对于同一个ONU，没有必要连续或者是间隔很短的分配PHY突发带宽，而且这种分配方法也是一种不建议的实现。作为指导意见，建议OLT分配给一个ONU的两个突发之间的间隔至少要等于两个分配给其他ONU的突发再加上512字节的余量，OLT应当负责保证ONU能够处理间隔很近的突发分配。

一个BWmap中突发分配系列的最大数字和设计参数无关，因此不是强制要求的。

7.2.2.8.2 BWmap 解析异常

通常，ONU应当按照尽可能最小化上行冲突可能性并通过抑制发送的方式来处理不可纠正的，错误的或者是不确定的BWmap条目。以下是些应用例子。

假如ONU在一个分配结构中检测到了一个不可纠正的比特错误，它就会抑制该突发分配中的所有后续数据发送。

如果ONU检测到突发带宽分配中有违反7.2.2.8.1节中e条款的情况，它就不应进行该突发传送。

如果ONU发现了有违反7.2.2.8.1节中f-k条款的情况，它应当主动截短突发发送长度，就像满足了BWmap构建原则一样。

假如ONU发现它被分配了2个或多个连续的或者是间隔很短的突发时隙以至于它不能正常处理，ONU应当不发送后续的突发数据。

假如ONU在它的突发分配系列里发现了一个未知的Alloc-ID，它应当停止该突发时隙的后续传送。

假如ONU发现了本应属于它自己的Alloc-ID出现在了其他ONU的突发系列当中，该ONU应当忽略这一条件并不应当尝试发送数据。

YD/T 2402.3-2012

7.2.3 下行 PLOAM (PLOAMd) 分区

如图12所示，下行PLOAM (PLOAMd) 分区包含了0个、1个或多个PLOAM消息。每个PLOAM消息为48字节。PLOAMd分区中PLOAM消息的数目由HLen结构中的PLOAM Count域给出。PLOAMd分区的实际长度为 $48 \times P$ 个字节。

PLOAM消息的格式和PLOAM消息信道的限制都在第10章中进行了定义。

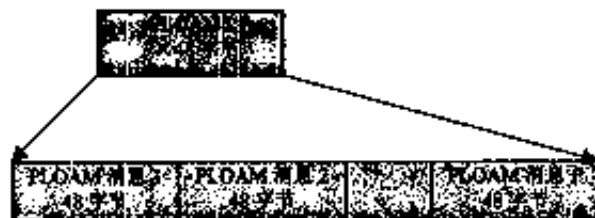


图12 下行 PLOAM 分区

7.3 上行 XGTC 成帧

在上行方向，XGTC成帧子层和XGTC物理适配子层之间的接口就是由一个上行XGTC突发来表示的。如图13所示，一个ONU的上行XGTC突发传送有一个动态确定的长度，它由上行XGTC突发帧头，一个或多个带宽分配时隙（每个时隙和一个特定的Alloc-ID相关联），以及XGTC尾码所组成。其中，每个带宽分配时隙由BWmap中的一个特定分配结构授权决定。

每个带宽分配时隙又包括XGTC净荷区以及可能存在的XGTC净荷前导等分配开销。XGTC净荷由发送方组建并在接收方由对应的业务适配子层实体进行处理（见8.2.1节关于XGTC净荷的讨论）。

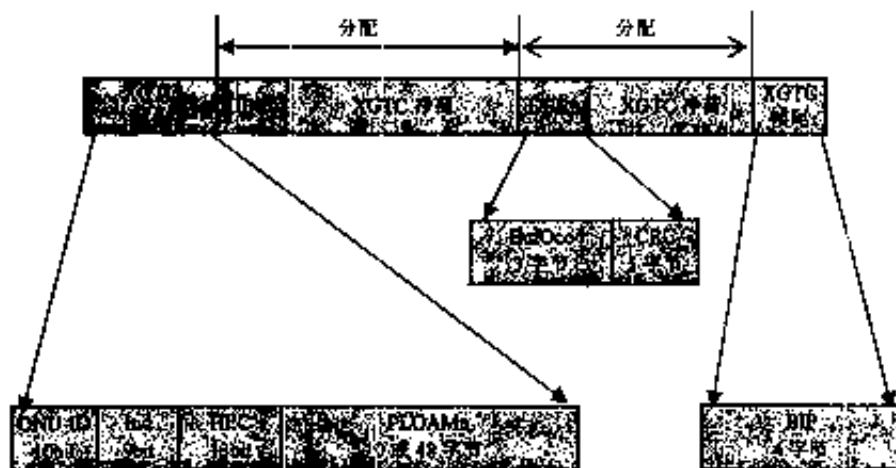


图13 上行 XGTC 突发格式和开销域

7.3.1 上行 XGTC 突发头

XGTC头包括了一个4字节的固定区和一个非固定区。固定区包括ONU-ID，Ind和HEC校验区。非固定区可能为0字节或者是一个48字节的PLOAM消息，这取决于对应的BWmap分配结构中PLOAMu flag标志的值。

7.3.1.1 ONU-ID 域

ONU-ID域是一个10位的域，它包含了上行突发传送中的ONU的一个唯一ONU-ID标识。ONU-ID是在测距过程中分配给ONU的。OLT可以同BWmap对照检查该域以确定是否是一个正确的ONU在发送数据。

如果一个没有被分配ONU-ID的ONU想要响应一个广播SN请求分配,从而声明它在PON网络上的出现,它就应当在XGTC突发头中用0X03FF值来填充ONU-ID域。

7.3.1.2 Ind 域

Ind域有9bit,它能提供ONU状态的快速非请求信令信息。它的分配方式如下:

——Bit 8 (MSB): PLOAM 队列状态。当该比特被设置时,这个比特提供了在当前突发传输过后 ONU 上行 PLOAM 消息等待队列的非空状态指示。当该位没有被设置时,表示没有上行的 PLOAM 消息在等待发送。

——Bits 7~1: 保留比特。

——Bit 0 (LSB): Dying Gasp (DG)比特。当该比特被设置后,它表示 ONU 检测到一个可能会阻止 ONU 按照上行带宽分配进行正常响应的本地条件。这个指示能够帮助 OLT 区分用户设备问题和光纤网络部署故障。发送一个 DG 指示并不代表 ONU 需要承诺或者是准备关掉它的发送。假如导致 DG 指示的条件没有持续下去,ONU 将会撤回该指示并继续常规的操作处理。OLT 自己不应当将 DG 指示解释为一种撤回对该 ONU 带宽分配的依据。

7.3.1.3 HEC 域

上行XGTC头的错误检测和纠错域。由一个操作在XGTC头31位初始位之上的BCH (63,12,2) 码以及一个奇偶校验位组合而成。有关HEC构成和验证的详细信息将在本部分附录A中进行定义。

7.3.1.4 上行 PLOAM (PLOAMu)域

PLOAMu域包含零个或一个PLOAM消息。PLOAM消息的出现与否是由OLT通过突发分配系列的第一个分配结构的PLOAMu flag标志位来进行控制,PLOAM消息长度为48字节。PLOAM消息的格式在第10章中给出。

7.3.2 带宽分配开销

带宽分配开销由DBRu结构组成。DBRu的出现与否由OLT通过BWmap中对应的分配结构里的DBRu flag标志来控制。4字节的DBRu结构承载了与某个特定的Alloc-ID相关联的缓存状态报告信息。

7.3.2.1 BufOcc 域

缓存占用域为3字节长度,它包含了所有汇聚流经与被分配带宽的Alloc-ID相关联的缓存的SDU流量值,这些流量的表达值以4字节的字长为单位。假设一个单独的SDU流量长度为L字节,它的缓存占用报告值W的计算见公式(21)。

$$W = \begin{cases} \left\lceil \frac{L}{4} \right\rceil, & \text{如 } L > 8 \\ 2, & \text{如 } 0 < L \leq 8 \end{cases} \quad (21)$$

这个报告值应该是在该报告发送时(也就是上行带宽分配时隙开始时)最为准确的缓存占用预计值。该报告值应该包括所有在这个分配时隙内预备发送的流量。

7.3.2.2 CRC 循环冗余校验域

DBRu结构为一个8位的循环冗余校验所保护,该校验算法使用了和ITU-T I432.1相同的多项式($g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$)。然而,与ITU-T I432.1不同的是,CRC不与0x55做异或运算。在DBRu域的接收侧实现CRC-8的错误检测和校验功能。假如CRC-8指出有不可纠正的错误发生的话,则DBRu的信息将会被丢弃。

YD/T 2402.3-2012

7.3.3 上行 XGTC 突发尾码

上行XGTC突发尾码包括了一个运算于整个XGTC突发上的4字节宽的比特交织偶校验(BIP)域。OLT接收方通过验证BIP来估计上行光链路的比特误码率BER。基于BIP域的BER误码估计只在FEC被关闭的情况下才能使用。当FEC在物理适配子层打开时,粗略的BER误码估计应当基于FEC的纠错结果。

8 XG-PON 封装方法

8.1 概述

在一个XG-PON系统中,包括用户数据帧和高层PON管理帧(OMCI)在内的SDU单元都通过XG-PON封装方法(XGEM)在下行XGTC帧和上行XGTC突发帧的净荷区进行传送。XGEM支持SDU分片,封装和对齐,并同时应用在上下行方向上。本章定义了XGTC净荷区的结构,XGEM帧头和净荷,XGEM帧对齐原则,以及如何将不同业务类型映射到XGEM帧当中。

8.2 XGEM 成帧

8.2.1 XGTC 净荷结构

XGTC净荷在下行XGTC帧和上行XGTC突发帧中进行承载,如图1和图2所示。在一个下行XGTC帧中,XGTC净荷区的大小等于XGTC的帧长(固定等于135 432字节)减去XGTC帧头的长度。在一个上行突发帧中每个XGTC净荷区的大小等于所分配的时隙减去分配开销。XGTC净荷包含一个或多个XGEM帧(见图14)。

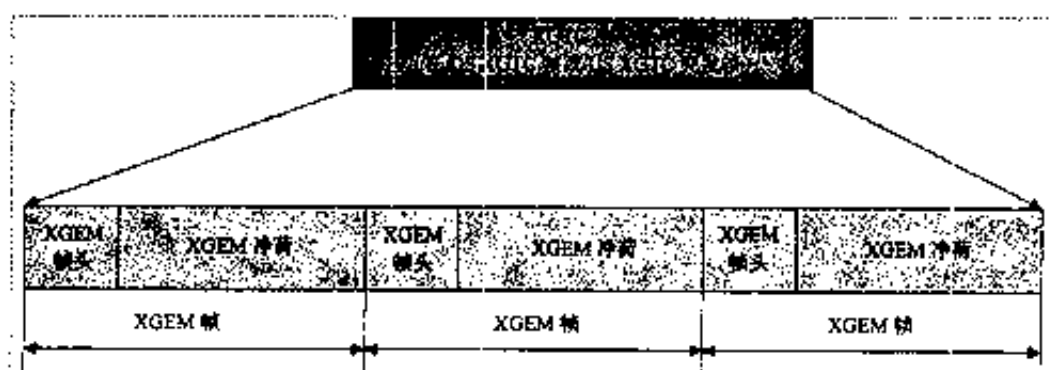


图14 XGTC 净荷结构

每个XGEM帧包含了一个固定大小的XGEM头和一个可变长的XGEM净荷区。

8.2.2 XGEM 帧头

XGEM的帧头大小是8个字节。XGEM帧头的格式如图15所示。

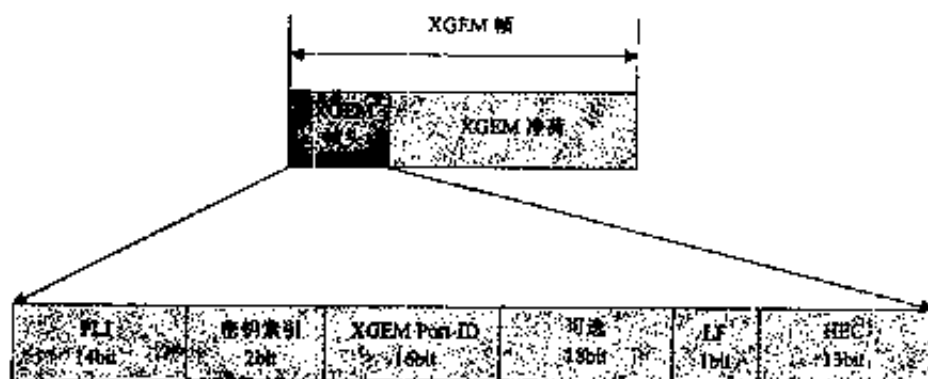


图15 XGEM 帧头格式

XGEM帧头包括以下域:

净荷长度指示(PLI) [14 bit]: XGEM帧头之后的SDU或者是SDU分片的长度L, 以字节计。这个14bit域可以代表从0到16383之间的一个整数, 足够用来表示扩展以太帧(最大2000字节)和超大以太帧(最大9000字节)的大小。PLI的值可以精确到一个字节, 没有必要等于XGEM净荷与4字节word字长对齐后的长度。

密钥索引Key Index [2 bit]: 这个数据加密密钥指示被用来加密XGEM净荷。根据XGEM Port-ID的不同, 密钥索引可以指向单播或组播密钥类型。在任意时候, 每种类型可以有两个有效密钥, 密钥索引值01代表第一个密钥; 而10指向第二个密钥。而值00则表明净荷在传输时是没有加密的; 而值11被保留到以后使用。如果一个XGEM帧的密钥索引包含了保留值或者是一个无效密钥, 则XGEM帧里的净荷将被丢弃。

XGEM Port-ID [16 bit]: 这个帧所属的XGEM端口的标识符。

可选项Options [18 bit]: 该域的使用留待将来研究。目前该域被发送方设为0x00000, 在接收方被忽略。

末尾分片 (LF) [1 bit]: 最后一个分片的指示符。假如XGEM帧中封装的分片是一个SDU或者是一个完整的SDU的最后一个分片, 则LF位被设为1。否则LF位被设为0。

混合纠错码(HEC) [13 bit]: XGEM头的错误检测和纠正域, 由一个操作在XGEM头63位初始位之上的BCH (63, 12, 2) 码以及一个奇偶校验位组合而成。有关HEC构成和验证的详细信息将在本部分附录A中进行定义。

8.2.3 XGEM 净荷格式

XGEM净荷是一个可变长度域, 其长度由XGEM头中的PLI域控制: XGEM净荷的长度P, 如果用字节来表示, 与PLI域中传送的值L的关系如公式 (22) 所示:

$$P = \begin{cases} 4 * \left\lceil \frac{L}{4} \right\rceil, & \text{如 } L \geq 8 \\ 8, & \text{如 } 0 < L < 8 \\ 0, & \text{如 } L = 0 \end{cases} \quad (22)$$

如图16, GEM净荷可能会包含1到7个字节的填充字节用来填充最低字节位置。发送方会用0x55来填充这些填充字节位置。填充字节会在接收方的XGEM引擎中丢弃。

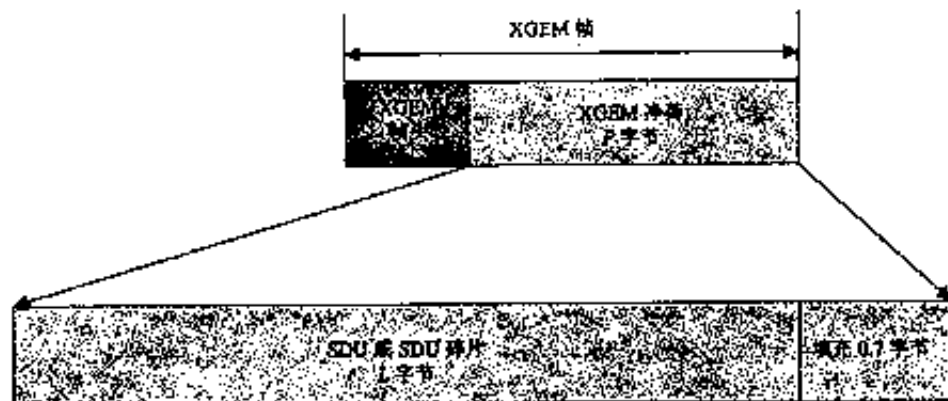


图16 XGEM 净荷格式

YD/T 2402.3-2012

8.2.4 空闲 XGEM 帧

当发送方没有SDU或者SDU分片进行发送时（这包括以下情况，该SDU被非工作保留（non-work-conserving）调度器认为是不适合进行传输的；或者是SDU/SDU分片的大小超出了剩余的XGTC净荷区空间，但如果进行分片又违反了8.4节中的原则），发送方应该产生一个空闲的XGEM帧来填充剩余的净荷区空间。

空闲XGEM帧包括任何XGEM Port-ID等于0xFFFF的XGEM帧。

空闲XGEM帧的PLI域将会反应帧的实际长度，其值可能为0或者可能等于任何4的倍数，包括从0直到可以支持的最大SDU大小。

空闲XGEM帧都以不加密的方式进行发送，其密钥索引指向无加密。接收方将忽略XGEM Port-ID等于0xFFFF的XGEM帧里的密钥索引域及XGEM净荷。

空闲XGEM帧里的XGEM净荷内容由发送方依据它自己对线路模式控制以及对CID防止等问题的必要考虑来进行慎重填充。空闲XGEM帧净荷将被接收方丢弃。

当可得的XGEM净荷区空间小于XGEM帧头的长度时，发送方应当产生一个短的空闲XGEM帧，该帧由4个全零的字节组成。

8.3 XGEM 帧定界

XG-PON的定界过程依赖于每个下行和上行XGTC净荷区开始处的XGEM头的出现。接收方在知道第一个XGEM头的位置时，才能根据PLI域的信息来确定该XGEM净荷的长度，同时确定下一个XGEM帧头的位置，然后通过重复上述过程来处理所有后续的XGEM帧。接收方通过执行下一个XGEM帧帧头里的HEC校验来检查前一个XGEM帧是否被正确对齐。

假如XGEM头里的HEC校验失败，接收方应丢弃当前帧以及剩下的XGTC净荷。注意，尽管理论上存在着这么一种可能性，即通过一个XGEM对齐状态机可以最终恢复丢失的XGEM帧，但是这种帧丢失事件极其罕见，而且同获得的效率改进相比，其附加的复杂性代价过大。

8.4 SDU 分片

SDU分片指的是这样一种处理：即上行或下行传输中一个SDU或者是SDU分片被分割为两个或多个更小的分片，而每个SDU分片能够在不同的XGEM帧中进行传输，如图17所示。

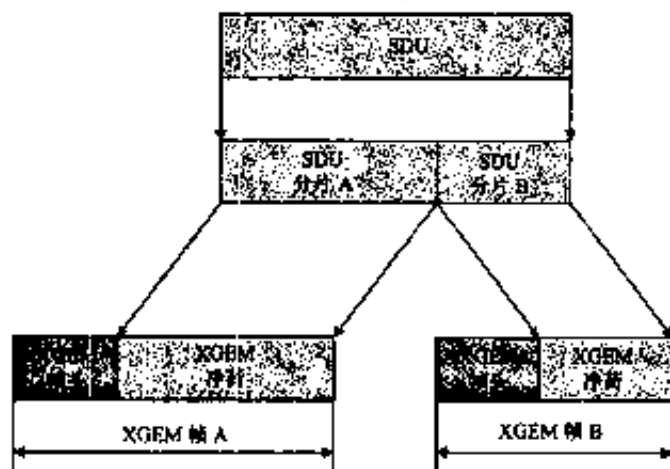


图17 SDU 分片

下行和上行分片应当遵循以下规则：

在下行方向上,假如当前XGTC帧中所余的XGTC净荷空间不少于16字节,而需要传输的SDU长度(包括8字节的XGEM帧头)超过了所余的净荷空间,则该SDU应当被分割为两个分片,使得第一个SDU分片能够完全占据当前的XGTC帧,而第二个SDU分片将在下一个XGTC帧的XGTC净荷区中进行传输。假如第二个分片的长度小于8字节,则应当为它填充至8字节来满足最小16字节的最小XGEM成帧要求。假如分片已经开始,则第二个SDU分片应当拥有比其他SDU更高的传输优先级,也就是说下行SDU的优先权(pre-emption)先占机制将不会被支持。

在上行方向,假如当前XGTC净荷中所余的分配空间不少于16字节,而需要传输的SDU长度(包括8字节的XGEM帧头)超过了所余的净荷空间,则该SDU应当被分割为两个分片,使得第一个SDU分片能够完全占据当前的XGTC帧,而剩下的SDU分片将在下一次为该Alloc-ID所分配的上行XGTC净荷空间里按照相同规则进行处理。一旦分片操作开始,在相同的Alloc-ID内,则该SDU的所有分片应当拥有比其他SDU更高的传输优先级,也就是说上行Alloc-ID内的pre-emption先占机制将不会被支持。

下面的附加规则将会在上下行方向同时应用:

——假如分片结果是第二个SDU分片小于8字节,则该分片应当至少被填充至8字节以满足最小16字节XGEM帧大小。

——假如准备传输的SDU或SDU分片的长度(包括8字节XGEM头在内)等于或小于剩余的XGTC净荷空间,则应当禁止进一步的分片操作;即整个SDU或SDU分片应当在当前的XGTC净荷中传输。

——假如剩余的XGTC净荷空间小于16字节,则应当用空闲的XGEM帧去填充。

8.5 业务映射到XGEM帧

8.5.1 Ethernet帧映射到XGEM

以太网帧是直接承载到XGEM帧净荷当中,其IEEE 802前导码和SFD字节将在XGEM封装前被丢弃。每一个以太网帧映射到一个单独的XGEM帧,如图18所示,或者是映射到多个XGEM帧。在后一种情况下,应当应用8.4节中的分片规则。一个XGEM帧只能封装至多一个以太网帧。

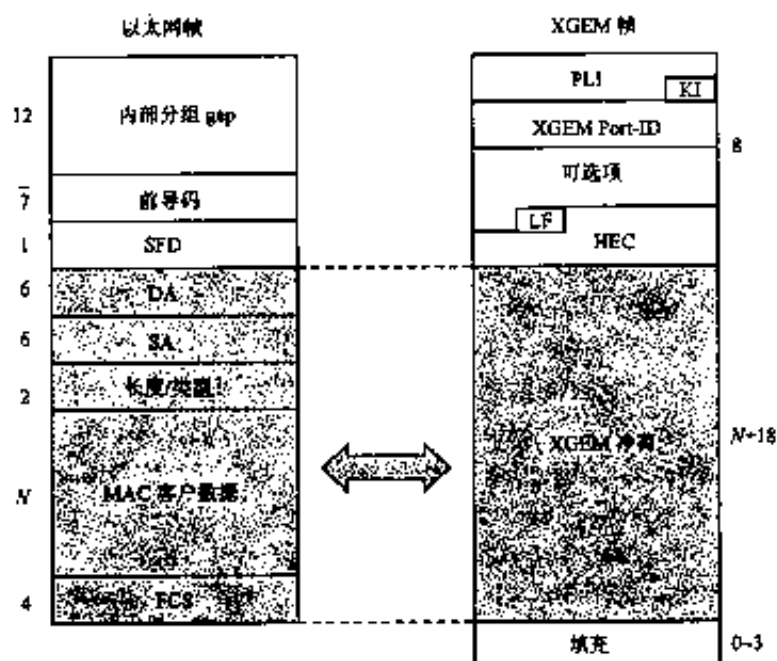


图18 以太网帧映射到XGEM帧

YD/T 2402.3-2012

8.5.2 MPLS 映射到 XGEM

多协议标签交换（MPLS）包也可以直接承载到XGEM帧净荷当中。每一个MPLS分组被映射到一个XGEM帧或多个XGEM帧当中，如图19所示。在后一种情况下，应当应用8.4节中的分片规则。一个GEM帧不能封装超过一个以上的MPLS分组。

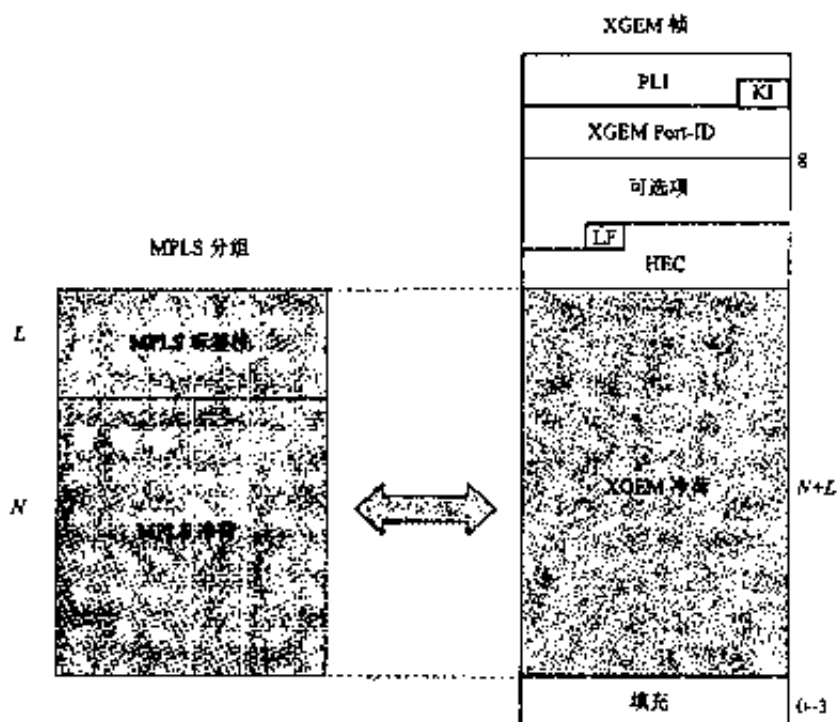


图19 MPLS 分组映射到 XGEM 帧

9 PHY 适配子层

9.1 概述

本节规范了XG-PON的物理同步和定界、前向纠错以及上/下行发送的扰码操作。

9.2 下行物理帧

OLT的下行发送是连续的，并且其发送长度是固定的。当下行速率为9.953 28Gbit/s时，下行帧长为125μs，即155 520字节。

下行物理帧由24字节的物理同步块（PSBd）以及155 496字节的物理净荷部分组成。物理帧净荷部分由XGTC帧组成。XGTC帧将首先进行FEC编码，再做扰码处理。

下行物理帧的起始点定义为OLT发送的PSBd的第1个比特或ONU接收到的PSBd的第1个比特。

下行物理帧结构如图20所示。

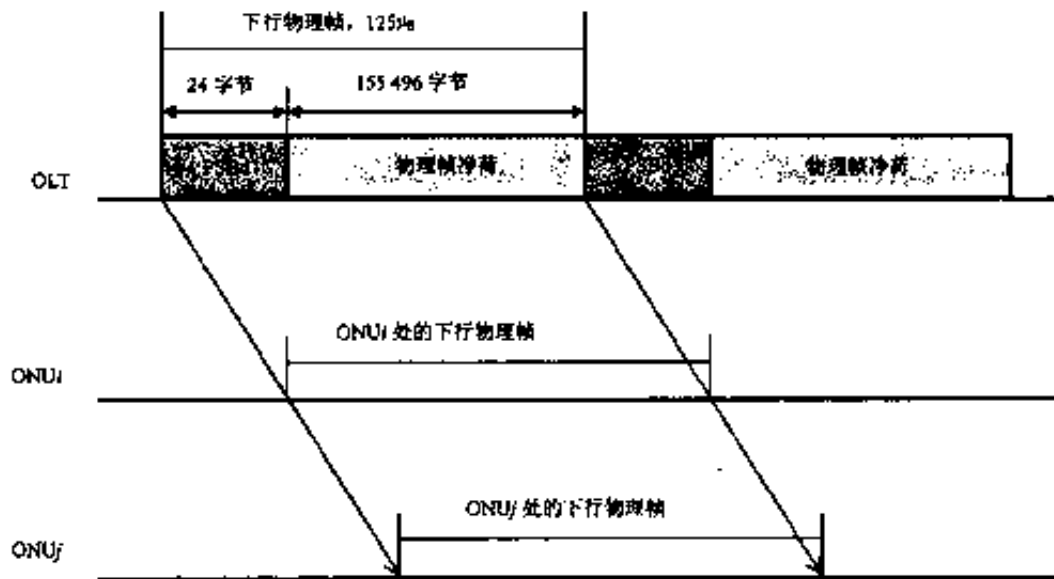


图20 下行物理帧

9.2.1 下行物理同步块 (PSBd)

下行物理同步块 (PSBd) 长24字节, 由3个8字节字段组成: PSync域, SFC结构体和PON-ID结构体 (见图21)。

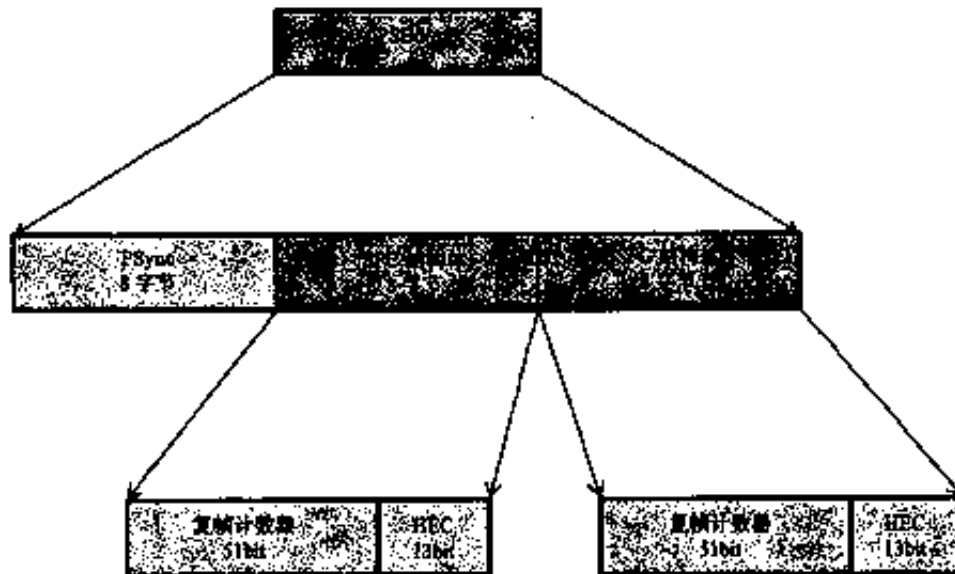


图21 下行物理同步块 (PSBd)

9.2.1.1 物理同步序列 (PSync)

物理同步序列是长为64bit的固定图样字段。ONU利用它来达到与下行物理帧边界的对齐。PSync域的图样值为0xC5E5 1840 FD59 BB49。

9.2.1.2 复帧计数器

64bit的SFC域由长为51bit的复帧计数器 (SFC) 和长为13bit的HEC字段组成 (见图21)。每个下行物理帧的SFC值都比前一帧大1。当计数器达到最大值后, 下一帧置为零。

HEC域由SFC前63位比特的BCH (63,12,2) 编码和1个奇偶校验比特的构成。HEC的构造细节及验证见附录A。

YD/T 2402.3-2012

9.2.1.3 PON ID 结构体

PON ID包括了长为51bit的PON标识符和长为13bit的HEC域（见图21）。

PON ID由OLT指定，其缺省值为全0。

HEC域是SFC前63位比特的BCH（63,12,2）编码和1个奇偶校验比特的集合。HEC的构造细节及验证见附录A。

9.2.1.4 PSBd 域扰码

在发送侧完成HEC计算之后，在接收侧进行HEC验证之前，复帧计数器和PON-ID与固定形式值0x0000000000000000进行异或。

9.2.2 ONU 下行同步

为完成对ONU的控制，OLT应在下行物理帧开始就对ONU的动作严格定时。ONU应与接收到的下行物理帧序列同步。本部分不对同步机制做具体规范，仅提供了一种供参考的同步状态机。厂家在实现ONU同步机制时，应尽量达到本部分建议的参考状态机的最佳性能。

ONU下行同步状态机的参考实现见图22。

ONU开始于搜索状态（Hunt state）。在搜索状态，ONU在下行信号中逐比特、逐字节的搜索PSync图样。一旦找到一个正确匹配的PSync图样（见9.2.1.1节），ONU就对紧随其后的64bit进行验证，以验证其是否是一个有效的受到HEC保护的SFC结构体。如果该64bit结构体无法校正，ONU就停留在搜索状态，并且继续搜索PSync图样。如果该结构体被认为是有效的，ONU在本地保存一份SFC值的复制，并且进入预同步状态（Pre-sync）。

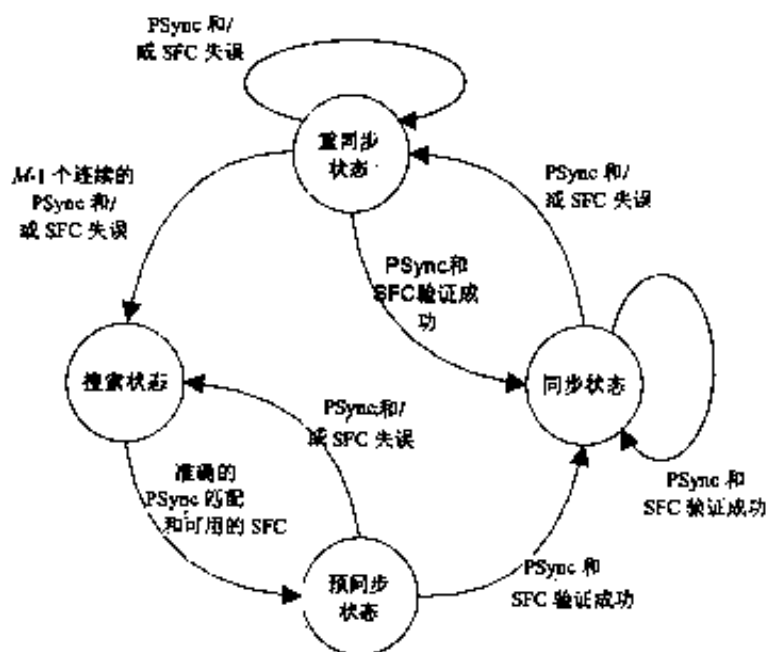


图22 下行 ONU 同步状态机

一旦定位到下行PHY帧的边界并且已经离开搜索状态，ONU就对每个下行物理帧边界（即每155 520字节）的PSync图样和SFC值进行验证，并根据验证结果执行相应的状态迁移。在进行PSync图样比对和SFC值验证之前，ONU的本地SFC值加1。定界之后，第一个64bit序列为PSync字段，第二个64bit序列为SFC结构体。当这64个比特中的至少62bit都能与PSync图样正确匹配时，PSync才被认为是验证成功。当

这64bit组成了有效的受到HEC保护的字段并且SFC值正好等于本地存储值加1时，SFC验证才被认为是成功的。

一旦进入预同步状态，只有当PSync图样和SFC值均通过验证时，ONU才进入同步状态。否则ONU将回到搜索状态。

一旦进入同步状态，只要PSync图样和SFC值都验证成功，ONU就能一直停留在同步状态；如果只有一项验证成功，ONU将进入重同步状态（Re-sync）。

一旦进入重同步状态，只要找到一个正确的PSync图样并且SFC值验证成功一次，ONU就能回到同步状态。如果监测到连续M-1个错误的PSync图样或SFC验证失败，ONU声明下行同步丢失，丢弃本地的SFC拷贝，并且重新进入搜索状态。

M的推荐值为3。

9.2.3 下行物理帧净荷

下行物理帧长155 486字节。它是由长为135 432字节的XGTC帧（见7.2节）和经FEC处理后增加的总长为20 064字节的奇偶校验位（见9.4.1节）组成，并经过了扰码处理。

9.3 上行物理帧和上行物理突发

上行物理帧长为125μs，当上行速率为2.488 32Gbit/s时，上行物理帧长为38 880字节（9 720字）。

在OLT的指示下，每个ONU通过调整起始点位置确定其上行物理帧的时间起点。上行物理帧边界点序列为OLT和ONU提供了通用定时参考。但这些时间边界点不对应具体的事件。

在上行方向，每个ONU发出一系列相对较短的物理突发；在每个突发发送之间，ONU保持空闲状态。上行物理帧由上行物理同步块（PSBu）和物理突发净荷组成。物理突发净荷由上行XGTC突发组成，并可选进行了FEC编码，之后再行扰码。OLT使用BWmap控制上行物理突发的定时和时隙长度，以保证来自多个ONU的上行物理突发不会冲突。

每个ONU的上行物理突发参照了相应的上行物理帧的开始。只要某上行物理突发由下行物理帧n的BWmap所指定，则该上行物理突发属于上行物理帧n。该XGTC突发头的第1个字节在物理帧N内传送。上行物理突发的PSBu部分可在上一物理帧内发送，属于某上行物理帧的上行物理突发可能会超出该帧边界。

物理成帧边界与不同ONU上行物理突发之间的关系如图23。

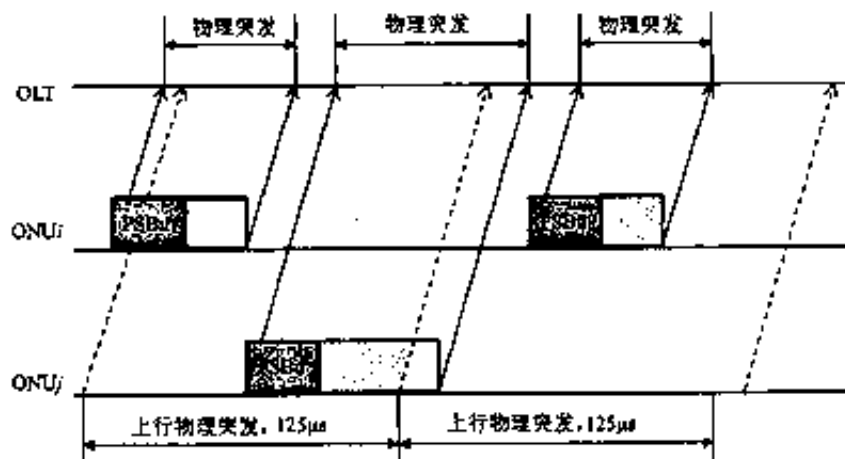


图23 上行物理帧和上行物理突发

YD/T 2402.3-2012

9.3.1 上行物理同步块 (PSBu)

PSBu包含前导码和定界符(见图24),其作用是将OLT光接收机调整到适合接收上行光信号的相应电平,并对突发包进行定界。前导码和定界符的长度和样式组成了突发报文的配置模板。突发配置模板集合由OLT通过PLOAM通道对可用的突发配置模板进行指定。OLT通过设置BWmap的BurstProfile字段指示某上行突发报文应采用的配置模板。



图24 上行物理同步块

9.3.2 上行物理突发净荷

上行物理突发的净荷部分用于承载相应的上行XGTC突发(见7.3节)(OLT可选择对其启用FEC,见9.4.2节),其后将进行扰码处理(见9.5.2节)。

9.3.3 保护时间

为防止每个上行传输之间的冲突和干扰,OLT通过BWmap在不同ONU的突发报文之间设置合适的保护时间。保护时间应包含如下部分:Tx使能时间、Tx禁用时间和每个独立ONU的发送漂移。保护时间建议最少应为64位。具体计算参见ITU-T G.987.2附录III。

9.4 前向纠错 (Forward Error Correction)

物理适配子层采用前向纠错(FEC)。前向纠错通过在传送数据中引入冗余以使得解码器能够检测和纠正传输错误。XG-PON系统采用的前向纠错编码基于里德-所罗门编码(RS编码)。

里德-所罗门编码(RS编码)为非二进制编码。它对字节符号进行操作,是线性循环分组码的一种。里德-所罗门编码(RS编码)是基于块的编码,它取一个固定尺寸的数据块并在其结尾处增加额外的奇偶比特,从而生成一个码组。FEC解码器使用这些额外比特处理数据流,发现错误,纠正错误,并恢复原始数据。

最常用的RS码为RS(255,239)。码字长度为255字节,包含了239数据字节,后面是16字节长度的奇偶字节。另一种常用的RS码为RS(255,223),码字长255字节,其中数据长223字节,后面是长32字节的奇偶校验位。ITU-T G.709中规范了RS(255,239)。

本部分采用截断或缩短的RS码,从而可以使用大小更加方便的码字和数据块。缩短之后的248符号的码字在最开始填充了7个0,但这7个0并不会被发送出去,而是在接收端解码之前被再次插入以便于解码。

在下行方向,FEC为RS(248,216),它是RS(255,223)的截断形式。描述见附录B。

在上行方向,FEC为RS(248,232),它是RS(255,239)的截断形式。

RS(248,216)和RS(248,232)代码在附录B中有详细描述。

OLT和ONU在上/下行方向都应支持FEC功能。在下行方向,FEC应始终打开;在上行方向,OLT对FEC功能的开/关进行控制。

9.4.1 下行 FEC

下行FEC为RS (248, 216)。每个下行物理帧包含627个FEC码字。每个码字长248字节。每个码字由216字节的数据和32字节的校验位构成。

PSBd不包括在FEC码字内。在下行物理帧中，第1个码字起始于物理帧的第25个字节（XGTC头部的第1个字节），第2个码字起始于物理帧的第273个字节，第3个码字起始于物理帧的第521个字节，依此类推。下行FEC校验字节的插入以及净荷的重构分别如图25和图26所示。

下行FEC编码应在扰码之前。

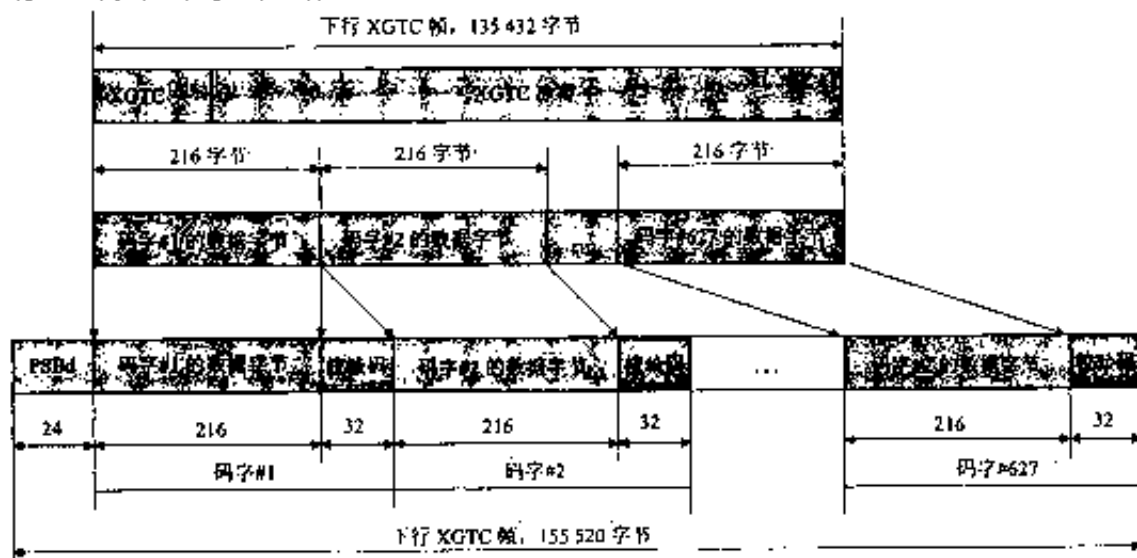


图25 下行物理帧中 FEC 奇偶校验字节的插入

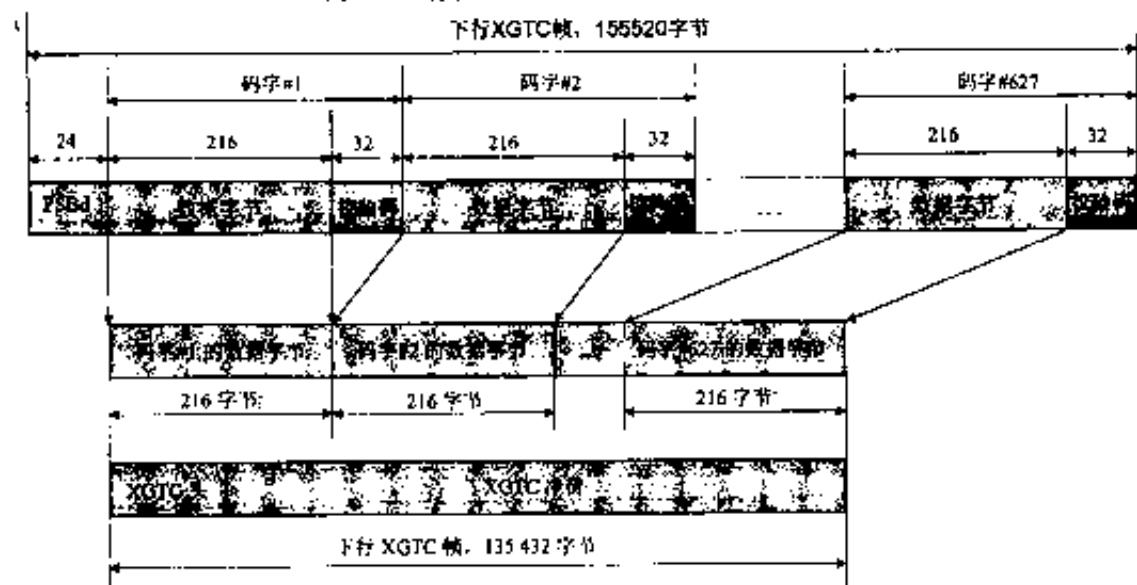


图26 下行 FEC 解码器的净荷重构

9.4.2 上行 FEC

上行FEC码型为RS (248, 232)。每个码字长248个字节。每个码字由232字节的数据和16字节的奇偶校验位组成。PSBu不包括在FEC码字内。物理突发的第一个码字从XGTC头部开始。ONU的所有上行带宽都应保持相同的FEC状态。粘连式带宽分配应做为1个数据块进行FEC编码，这样可保证在突发结束时最多有1个较短的尾码字。上行FEC奇偶校验字节的插入以及净荷的重构分别如图27和图28所示。

YD/T 2402.3-2012

上行FEC编码操作应在扰码之前。

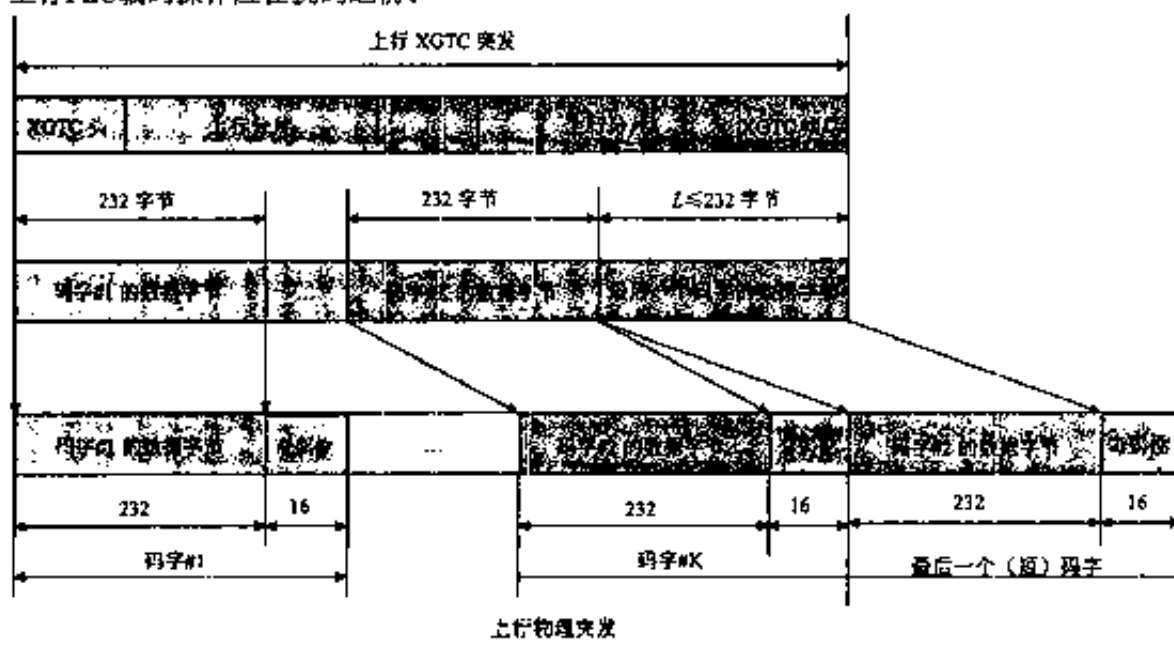


图27 上行发送 FEC 奇偶校验位的插入

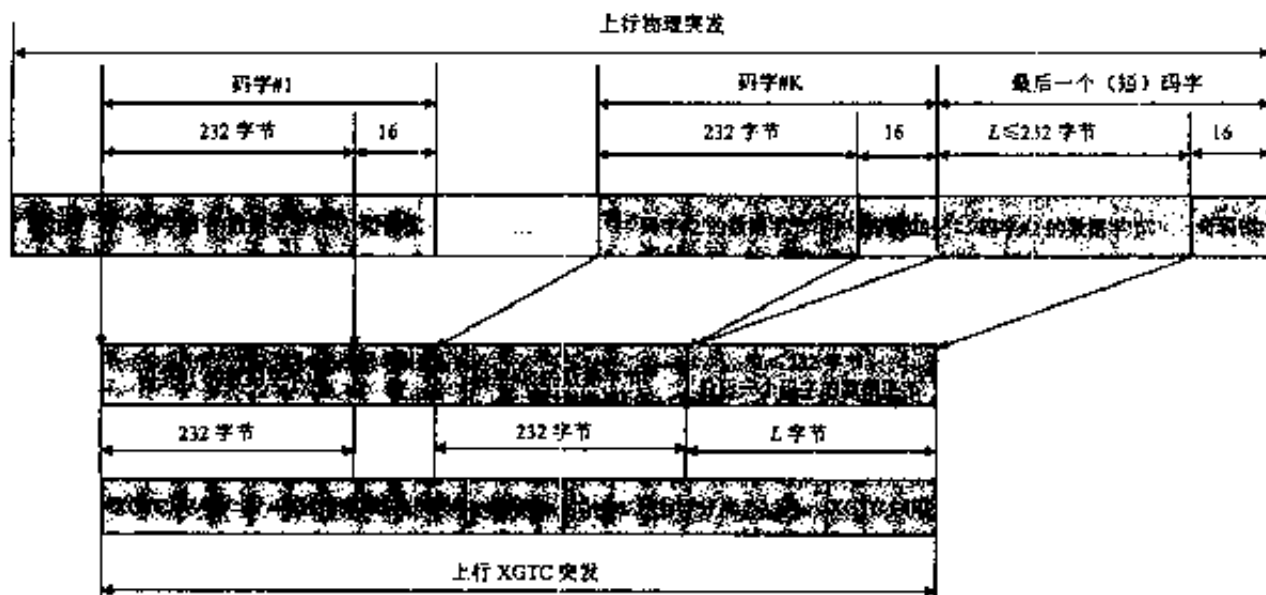


图28 上行 FEC 编码器的净荷结构

9.4.2.1 较短的尾码字

在物理突发的最后一个码字中，若数据少于232字节，FEC编码器将进行如下过程，生成一个较短的尾码字：

- 从尾码字开始处至 232 字节均填充额外的 0 字节。
- 计算校验字节。
- 传送时，额外填充的 0 将会被删除并传送较短的码字。

OLT处的FEC解码器通过如下步骤对尾码字进行FEC解码：

- 将额外填充的 0 字节再次插入到尾码字的开始处。
- FEC 解码后，填充字节被删除。

9.4.2.2 对 BWmap 的考虑

构造BWmap时，考虑到FEC可能会被启用，OLT应尽量保证分配的带宽可容纳整数个FEC码块。

一旦某个XGTC突发的GrantSizes计算完成，OLT应根据如下步骤计算出相应的物理突发大小：

a) XGTC 突发长度等于 GrantSizes 长度、XGTC 固定部分的长度、XGTC 帧尾长度以及 48 字节的 PLOAM(如果有上行 PLOAM 消息)的总和。

b) 如果请求的突发配置模板中包括 FEC，FEC 开销为该 XGTC 突发内每个完整的 FEC 码字的 16 字节校验码；如果有较短码字，FEC 的开销为该较短码字的 16 字节校验位。

c) 物理突发的总长度等于 XGTC 突发长度、FEC 开销（如有）以及 PSBu 块的总和。PSBu 块大小取决于 OLT 所选择的配置模板。

一旦某物理突发的StartTime给定，在BWmap中与之相邻的下一物理突发的StartTime应至少与之间隔如下长度的总和：包括FEC开销的XGTC突发长度（如使用FEC），最少保护时间，以及下一物理突发的PSBu块的长度。

9.4.2.3 上行 FEC 开/关控制

OLT通过选择合适的突发配置模板对给定ONU的上行传输的FEC功能进行动态激活或去激活。当FEC被激活，FEC解码器可对上行链路误码率进行估算。如果观察到的误码率很低并且运营商对吞吐增益和有效BER的增长进行了权衡并觉得满意，FEC功能可关闭；当FEC停用时，应使用XGTC尾部的BIP-32 字段估算误码率。如果观察到的误码率过高，运营商可再次激活FEC功能。

9.5 扰码

9.5.1 下行物理帧扰码

下行物理帧采用帧同步扰码多项式进行扰码。所使用的多项式为 $X^{68} + X^{39} + 1$ 。下行数据与扰码器的输出进行模二加计算。计算采用的移位寄存器在PSBd块后的第一位重置为预设样式，并一直计算到下行物理帧的最后一比特。

预设模式长58bit，随下行物理帧而变化，最高比特的51bit预设（P1…P51）即为PSBd块中的51bit超帧计数器的值。最低的7bit全部预设1。

下行物理扰码如图29所示。附录A对扰码序列进行了举例说明。

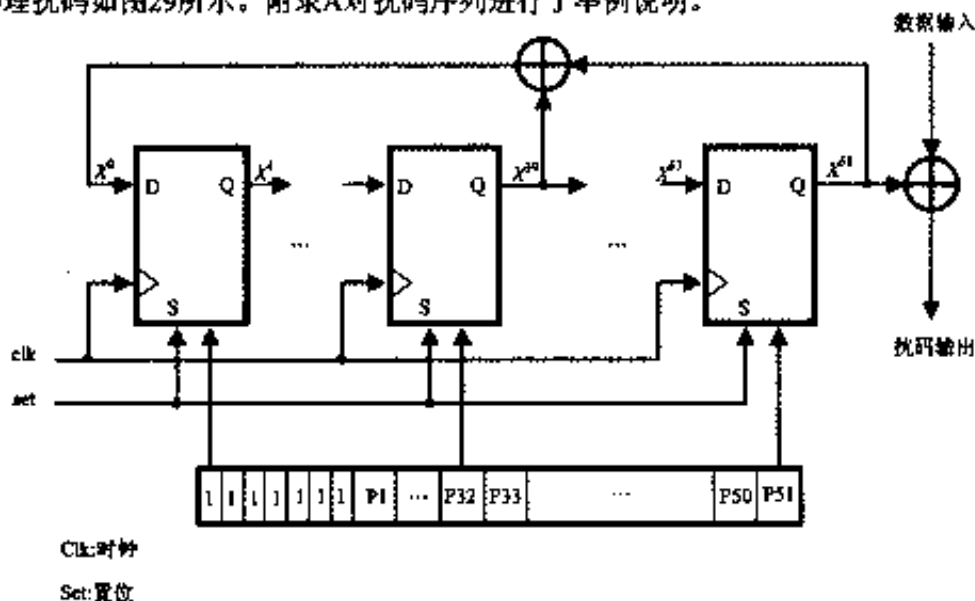


图29 上/下行物理帧扰码

YD/T 2402.3-2012

9.5.2 上行物理突发的扰码

上行突发采用突发同步扰码多项式进行扰码。所使用的多项式为 $x^{48} + x^{39} + 1$ 。上行数据与扰码器的输出进行模二加计算。计算所采用的移位寄存器在PSBd块后的第一位重置为预设样式，并一直计算到上行物理突发的最后一比特。

预设模式长58bit，随上行物理突发而变化。如果ONU在同一物理帧内发送了多个物理突发报文，则这些物理突发的预设样式都相同。最高比特的51bit预设（P1…P51）即为ONU接收到的相应下行物理帧的PSBd块中的51bit超帧计数器的值。最低的7bit全部预设为1。

上行物理突发扰码如图29所示。附录A对扰码序列进行了举例说明。

10 PLOAM 消息通道

10.1 概述

在XG-PON系统中，物理层OAM（PLOAM）信道是在OLT和ONU之间操作和管理的设施，在XGTC帧头（下行）和XGTC突发帧头（上行）的特定的域中固定传输的一组消息。OLT和ONU的PLOAM处理引擎表现为各自XGTC成帧子层的客户端。PLOAM信道相比嵌入式管理通道，可以提供更灵活的功能，且速度超过OMCI通道。

10.1.1 PLOAM 通道功能

PLOAM通道支持XG-PON TC层管理功能。它是根据48字节的消息交换，在下行XGTC帧头和上行XGTC突发头的PLOAM分区中传输。

PLOAM通道支持以下功能：

- 突发配置通信；
- ONU 激活；
- ONU 注册；
- 封装密钥升级交换；
- 保护倒换信令；
- 功耗管理。

10.1.2 PLOAM 通道速率限制

下行PLOAM消息分成两类，给所有ONU的广播和给指定ONU的单播，在指定的125μs帧中，OLT最多可以为每个ONU传输一个广播PLOAM消息和一个单播PLOAM消息。

ONU应该可以存储8个未处理的单播和广播下行PLOAM消息。PLOAM处理模型是单线程的，标准PLOAM消息处理时间是750μs，就是说，一旦下行物理帧N的一个空队列中接收了一个下行PLOAM消息，在不迟于上行物理帧N+6，ONU应该可以从队列中移除消息，执行所有的相关进程，给上行流产生一个响应。

根据这些要求，在OLT能够确定特定ONU的未知的广播和单播PLOAM的最大消息数量，以及对任何下行PLOAM消息的预期响应时间。

ONU在OLT的控制下传输上行PLOAM消息，在各自分配的结构中明确设置PLOAMu标记。OLT应该给每个定期的发送ONU PLOAM消息，可以根据ONU的类型，预配置和业务参数，下行传输的PLOAM消息的数量和类型，ONU的自身反馈形成PLOAM队列状态指示来调节个别ONU的上行PLOAMu传输速度。

10.1.3 PLOAM 通道健壮性

做为单播PLOAM消息处理结果，ONU进入或者保持在操作状态（见第11章），它通过产生一个上行PLOAM消息来确认处理结果，例如这种响应PLOAM可以是特定PLOAM协议所需的特殊类型，也可以是一般的确认类型。在下行PLOAM格式或处理错误时，也会产生确认PLOAM消息。特定类型的反应和确认类型的响应承载了被确认的下行消息的序列号。此外，确认类型的响应带有结束代码，指示PLOAM消息处理的结果。

此外，当没有上行PLOAM可以用来传输的时候，确认类型的PLOAM消息用来响应PLOAM分配。在这种情况下，结束代码可以区分空闲状态（没有PLOAM消息在发送队列或正在处理），和忙碌状态（PLOAM上行传输队列是空的，但正在处理下行的PLOAM消息）。

广播下行PLOAM消息不需要响应（密钥控制消息即使是广播也要响应），并且完整性检查失败的PLOAM消息也不需要响应。

如果OLT希望ONU确认或回应消息，而仅收到keep-alive响应时，它可以推断出该ONU未能处理该消息。如果ONU重复确认失败一个下行PLOAM消息，那么OLT检测LOPC缺陷。

10.1.4 扩展性

该PLOAM通道的实施应灵活，通过后向兼容的方式适应将来的升级。

10.2 PLOAM 消息格式

消息格式见表4。

表4 一般 PLOAM 消息结构

字节	域	描述
1~2	ONU-ID	10bit，在 2 个字节域的 LSB 结束处对齐，6bit 最高有效比特保留，并应通过发射器设置为 0 和被接收器忽略
3	Message type ID	指明消息类型，每个消息类型枚举代码点定义见下文
4	SeqNo	序列号
5~40	Message Content	消息的内容定义见下文，描述每个消息类型ID
41~48	MIC	消息完整性检查

10.2.1 ONU-ID 域

该ONU-ID包括10bit ONU的标识，再加上6bit保留比特，用于指定在下行方向的消息接收者或在上行方向消息发送者。ONU的激活过程中，该ONU分配的ONU-ID范围从0到1022。预留的ONU-ID值1023（0x3FF）表示在下行方向的广播消息或上行方向没有被分配ONU-ID的ONU。

10.2.2 消息类型 ID

消息类型ID是一个8bit字段，表示消息的类型和定义消息的有效净荷。代码定义见10.3节。本文没有定义的消息代码保留，且保留部分不建议分配。当收到一个包含不支持的消息类型ID的上行PLOAM消息时，OLT应忽略此消息，包括序列号字段的信息。当收到一个保留或者不支持消息类型ID的下行PLOAM消息时，ONU应忽略此消息。

10.2.3 SeqNo

SeqNo是一个8bit字段，包含一个序列号计数器，用于确保PLOAM信道的健壮性。

下行方向，SeqNo字段填入相应的 OLT的序列号计数器的值，OLT为每个ONU的单播和广播PLOAM消息流保留一个单独的序列号计数器。OLT的重新启动时，广播PLOAM消息流计数器初始化为1，对于

YD/T 2402.3-2012

每个ONU，ONU激活后，OLT初始化序列号计数器，使相应Assign_ONU-ID消息有SeqNo=1，当传输广播或单播PLOAM消息时，相应的序列号计数器递增。每个序列号计数器从255翻转到1，数值0不用于下行。

上行方向，每当上行PLOAM消息响应下行PLOAM消息，该SeqNo内容将等于下行消息SeqNo字段的内容。相同的SeqNo也许会出现多个上行PLOAM消息中，例如，对于一个多片加密密钥传输，如果PLOAM消息最初由ONU的自动发送，比如Serial_Number_ONU响应序号授权，使用SeqNo=0，当队列没有上行PLOAM消息时，SeqNo=0也被用来响应PLOAM授权。

10.2.4 消息内容

PLOAM消息的净荷使用PLOAM消息的8bit字节5到40。净荷内容针对特殊消息类型ID的定义见10.3节。净荷内容未使用的8位字节由发送PLOAM处理器填充为0x00，接收PLOAM处理器忽略。

10.2.5 消息完整性检查

消息完整性检查（MIC）为8字节的字段，是用来验证发件人的身份和防止伪造PLOAM消息攻击。如果MIC失败，PLOAM消息将被接收方丢弃。出于MIC检查的目的，净荷内容的有效8bit字节和填充的8bit字节二者之间没有区别。

MIC产生和PLOAM MIC的密钥产生和管理不在本标准讨论范围之内。

使用PLOAM消息内容和共享PLOAM完整性密钥，发送方计算MIC，通过PLOAM消息发送。使用相同的消息内容和共享密钥，接收方计算它的MIC版本，与接收到的PLOAM消息承载的值进行比较，如果相等，PLOAM消息是合法的，否则消息为非法并应丢弃。

10.3 PLOAM 消息定义

10.3.1 下行消息概要

下行PLOAM消息见表5。

表5 下行 PLOAM 消息

消息类型 ID	消息名称	功 能	触 发	收到此消息后的作用
0x01	Profile	广播或单播消息提供上行突发头信息	定期由OLT自行判断	ONU为后面的上行流存储配置文件，如果在OS状态，响应配置消息，发送确认
0x03	Assign_ONU-ID	为ONU的序列号链接独立的ONU-ID值	在发现过程中OLT确认某ONU的唯一序列号	带此系列号的ONU设置为它的ONU-ID，同时也设为默认的Alloc-ID和OMCC XGEM port-ID，不发送确认
0x04	Ranging_Time	显示往返均衡时延EqD，作为一个广播消息，可以用来抵消所有ONU EqD（例如，在一个保护开关事件之后）	OLT决定更新时时延时时延发送，见12章ONU激活进程描述	ONU填充或更新均衡时延寄存器，如果在OS状态响应Ranging_Time消息，发送确认
0x05	Deactivate_ONU-ID	指示特定ONU停止发送上行流量，同时重置自身，可以是一个广播消息	OLT自行判断	ONU-ID对应的ONU关闭其激光器。丢弃此ONU-ID默认Alloc-ID，默认XGEM Port-ID，突发配置和时延均衡器，ONU回到初始状态，不发送确认

表5 (续)

消息类型 ID	消息名称	功 能	触 发	收到此消息后的作用
0x06	Disable_Serial_Number	广播消息, 禁止/使能该序列号的ONU	OLT自行判断	禁止选项: 移除特定ONU或所有ONU, 进入Emergency Stop状态。被禁止的ONU不允许传输。 使能选项: 指定ONU或者所有ONU从Emergency Stop状态进入初始状态, 使能的 ONU丢弃TC层配置, 重新启动激活进程, 详见11章。不发送确认
0x09	Request_Registration	请求一个ONU的注册ID	OLT自行判断, ONU已经预先激活	发送注册消息
0x0A	Assign_Alloc-ID	向指定ONU分配一个Alloc-ID	OMCC的默认Alloc-ID不需要明确指定	ONU确认该消息, 将当收到正确消息时发送响应
0x0D	Key_Control	OLT触发ONU产生指定长的新密钥, 发给上行方向。相同消息可以用来确认一个存在的密钥	OLT自行判断	为每32字节密钥分片发送一个Key_Report消息
0x12	Sleep_Allow	实时使能或禁止睡眠模式	OLT自行判断	根据自己的判断, ONU可以进入睡眠模式中的一种。 如果ONU不支持至少一种的授权睡眠模式, 它直接丢弃此消息。 如果指定的睡眠模式都不是通过的OMCI启用, 该ONU直接丢弃这个消息。 在状态机的控制下PLOAM消息做出响应

10.3.2 上行消息概要

上行PLOAM消息见表6。

表6 上行 PLOAM 消息

消息ID	消息名称	功 能	触 发	收到此消息后的作用
0x01	Serial_Number_ONU	报告ONU的序列号	当ONU处于Serial_Number状态时, 为序列号请求的发送响应	OLT提取该序列号并为此ONU分配一个独立的ONU-ID。此消息包含当前使用的随机时延, 在获取SN过程中进行第一次往返时延 (RTD) 测量时使用该随机时延
0x02	Registration	报告ONU的registration ID	当ONU处于测距状态, 响应测距请求, 或者当ONU出于操作状态, 响应Request_Registration消息	OLT 可以使用该 ONU 的 registration ID, 在14.3.2节进一步说明

YD/T 2402.3-2012

表6 (续)

消息ID	消息名称	功 能	触 发	收到此消息后的作用
0x05	Key_Report	向OLT发送一个新的封装密钥分片, 此消息也可用来核实已存在的密钥	当 ONU 接收 Key_Control 消息, 并已经产生新的密钥材料	OLT使用新密钥进行新的握手过程
0x09	Acknowledge	显示收到了指定的下行消息, 也用来显示无操作, 错误和忙碌响应	收到下行消息后, 要求确认, 也报告忙碌, 错误或没有上行消息	此消息为下行的消息以及错误的反应和无操作提供可靠的传输
0x10	Sleep_Request	标识此ONU将变为节电模式	状态机控制下	定义见第15章

10.3.3 下行消息格式

10.3.3.1 Profile 消息

突发配置消息周期性发送, 时间间隔为几百毫秒或更长。指定突发配置的版本可能随时间而变化, 所以每次消息出现, ONU更新到其最新版本。为确保所有ONU都是最新的, 每个ONU在唤醒状态下, 至少2次收到更新的突发配置, OLT才使用改变的信息。

整个ONU激活阶段, 累计的突发配置信息不会保留。一个新激活的ONU只有在它已经获得有关的突发配置文件信息后, 才可能会响应一个广播序列号的请求。更一般地, 只有当ONU获得了相应的突发配置文件信息, 它才可能在任何状态下响应配置结构。

OLT负责了解发送广播和单播配置文件的后果, 具体来说, 一个后续广播配置通过相同的配置索引覆盖所有单播配置。

消息格式见表7。

表7 Profile 消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	ONU-ID	给一个ONU的定向消息或者给所有ONU的广播消息, 做为给所有ONU的广播消息时, ONU-ID=0x03FF
3	0x01	消息类型ID "Profile"
4	SeqNo	独占的单播或广播PLOAM序列号
5	VVVV 00PP	VVVV-4bit的配置版本, 如果配置内容改变, OLT应该确保该版本也改变, 从而使ONU可以仅仅基于版本字段进行更新检测。 PP-2bit的配置索引
6	0000 000F	FEC指示: F=1:FEC开, F=0:FEC关闭
7	0000 DDDD	DDDD-定界符长度的字节;4bit整数, 范围0~8
8~15	分隔符	与最高有效端字段对齐, 填充 "0x00", 接收方做 "don't care" 处理
16	0000 LLLL	LLLL-前导码长度的字节, 4bit整数, 范围1~8
17	000R RRRR	RRRR-5bit前导码重复计数, 范围0~31, 0表明前导码根本没被传输
18~25	前导码	前导码模式, 与最高有效端字段对齐, 填充 "0x00", 接收方做 "don't care" 处理
26~33	PON-TAG	OLT PON端口的8字节静态标识符, 由操作者选择, 用来绑定主机会话密钥 (MSK) 和安全关联内容。建议在操作者的域中或者系统固定生存时间中, PON-TAG是唯一的。例如, 它可以包含一个4字节 OLT Vendor-ID和4字节的PON端口VSSN
34~40	填充	发送方设为0x00, 接收方做 "don't care" 处理
41~48	MIC	消息完整性检查

10.3.3.2 Assign_ONU-ID 消息

消息格式见表8。

表8 Assign_ONU-ID 格式

字 节	内 容	描 述
1~2	0x03FF	广播ONU-ID
3	0x03	消息类型ID “Assign_ONU-ID”
4	SeqNo	广播PLOAM序列号
5~6	ONU-ID	LSB 10bit分配的ONU-ID值6bit最高比特补零;范围0~1022 (0x0000-0x03FE)
7~10	Vendor-ID	ONU Vendor-ID编码, 4字符组合, 在SN获取时生成
11~14	VSSN	供应商特定的序列号, 一个4字节的无符号整数, 在SN获取时生成
15~40	填充	发送方设为0x00, 接收方做“don't care”处理
41~48	MIC	消息完整性检查

10.3.3.3 Ranging_Time 消息

Ranging_time消息用来为给定ONU建立均衡时延, 描述见第11章。作为广播消息, Ranging_time消息在保护倒换事件后可以用来为所有ONU指定一个时延偏移调整, 可正可负。OLT应考虑广播Ranging_time和可能的功耗管理状态间的交互。消息格式见表9。

表9 Ranging_time 消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	ONU-ID	给某个ONU的定向消息或者给所有ONU的广播消息, 做为给所有ONU的广播消息时, ONU-ID=0x03FF
3	0x04	消息类型 “Ranging_time”
4	SeqNo	单播或广播PLOAM序列号
5	0000 00SP	比特掩码指明均衡时延字段 Bit P = 1 时延在字节6~9是绝对的, 忽略S; Bit P = 0 时延在字节6~9是相对的, S决定符号; Bit S = 0 正的, 通过规定值增加当前EqD; Bit S = 1 负的, 通过规定值减少当前EqD
6~9	EqualizationDelay	均衡时延值, 测量上行的标称线路速率2.488 32 Gbit/s的比特时间
10~40	填充	发送方设为0x00, 接收方做“don't care”处理
41~48	MIC	消息完整性检查

10.3.3.4 Deactivate_ONU-ID 消息

此命令下的ONU, 无条件的停止发送上行流。丢弃其ONU-ID, Alloc-ID及XGEM port-ID, 进入Serial_Number状态, 格式见表10。

表10 Deactivate_ONU-ID 消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	ONU-ID	给某个ONU的定向消息或者给所有ONU的广播消息, 做为给所有ONU的广播消息时, ONU-ID=0x03FF
3	0x05	消息类型 “Deactivate_ONU-ID”
4	SeqNo	独占的单播或广播PLOAM序列号
5~40	Padding	发送方设为0x00, 接收方做“don't care”处理
41~48	MIC	消息完整性检查

YD/T 2402.3-2012

10.3.3.5 Disable_Serial_Number 消息

格式见表11。

表11 Disable_serial_number 消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	0x03FF	广播ONU-ID
3	0x06	消息类型"Disable_serial_number"
4	SeqNo	广播PLOAM序列号
5	Disable/enable	0xFF 此ONU拒绝上行接入; 0x00 此ONU允许上行接入; 0x0F 所有ONU拒绝上行接入, 字节6~13内容忽略; 0xF0 所有ONU允许上行接入
6~9	Vendor-ID	ONU Vendor-ID编码, 4字符组合, 在SN获取时生成
10~13	VSSN	供应商特定的序列号, 一个4字节的无符号整数, 在SN获取时生成
14~40	Padding	发送方设为0x00, 接收方做"don't care"处理
41~48	MIC	消息完整性检查

10.3.3.6 Request_Registration 消息

格式见表12。

表12 Request_registration 消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	ONU-ID	定向发给某个ONU
3	0x09	消息类型"Request_registration"
4	SeqNo	单播PLOAM序列号
5~40	Padding	发送方设为0x00, 接收方做"don't care"处理
41~48	MIC	消息完整性检查计算, 使用默认PLOAM完整性密钥

10.3.3.7 Assign_Alloc-ID 消息

格式见表13。

表13 Assign_Alloc-ID 消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	ONU-ID	定向发给某个ONU
3	0x0A	消息类型"Assign_Alloc-ID"
4	SeqNo	单播PLOAM序列号
5~6	Alloc-ID-value	14bit, 对齐到最低有效端, 最高有效位被发送方设置为0, 接收方做"don't care"处理
7	Alloc-ID-type	1 XGEM封装净荷; 255 解除分配此Alloc-ID; 其他值保留
8~40	Padding	发送方设为0x00, 接收方做"don't care"处理
41~48	MIC	消息完整性检查。

10.3.3.8 Key_Control 消息

格式见表14。

表14 Key_Control消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	ONU-ID	给某个ONU的定向消息或者给所有ONU的广播消息,告知其产生新密钥或者确认已存在的密钥,当做为给所有ONU的广播消息时,ONU-ID=0x03FF
3	0x0D	消息类型“Key_Control”
4	SeqNo	独占的单播或广播PLOAM序列号
5	Reserved	发送方设为0x00,接收方做“don't care”处理
6	0000 000C	控制: 0: 产生且发送一个新密钥; 1: 确认已存在的密钥
7	0000 00bb	bb: 密钥索引 01 一个密钥对的第一个密钥; 10 一个密钥对的第二个密钥
8	Key_length	必须的密钥长度,字节,值0指定了一个256字节的密钥
9~40	Padding	发送方设为0x00,接收方做“don't care”处理
41~48	MIC	消息完整性检查

此参数支持数据加密密钥交换协议的长期可扩展性。当前指定的用于数据加密的加密方法。

10.3.3.9 Sleep_Allow 消息

OLT实时发送Sleep_allow使能或禁止睡眠模式。如果它不支持睡眠模式的形式,或如果没有睡眠模式通过的OMCI得以启用,则该ONU直接丢弃这个消息。格式见表15。

表15 Sleep_allow消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	ONU-ID	给某个ONU的定向消息或者给所有ONU的广播消息,当做为给所有ONU的广播消息时,ONU-ID=0x03FF
3	0x12	消息类型“Sleep_allow”
4	SeqNo	独占的单播或广播PLOAM序列号
5	0000 000A	A=0 Sleep allowed关闭; A=1 Sleep allowed开启; 其他值保留
6~40	Padding	发送方设为0x00,接收方做“don't care”处理
41~48	MIC	消息完整性检查

10.3.4 Upstream 消息格式

10.3.4.1 Serial_Number_ONU 消息

格式见表16

表16 Serial_number_ONU消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	0x03FF	未分配的ONU-ID
3	0x01	消息类型“Serial_number_ONU”
4	0x00	序列号
5~8	Vendor_ID	Vendor_ID 的编码设定详见 ATIS-0300220, 4 个字符通过关联每个 ASCII/ANSI 字符代码被映射到 4 个字节的字段例如: Vendor_ID = ABCD → 字节 5 = 0x41, 字节 6 = 0x42, 字节 7 = 0x43, 字节 8 = 0x44

YD/T 2402.3-2012

表 16 (续)

字 节	内 容	描 述
9~12	VSSN	供应商特定的序列号
13~16	Random_delay	当发送此消息时, ONU使用随机时延, 测量在标称的上行速率2.48832 Gbit/s. 的比特时间
17~40	Padding	发送方设为0x00, 接收方做“don't care”处理
41~48	MIC	消息完整性检查计算, 使用默认PLOAM完整性密钥

10.3.4.2 Registration 消息

格式见表17。

表17 Registration 消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	ONU-ID	
3	0x02	消息类型“Registration”*
4	SeqNo	重复来自下行的Request_Registration消息, 或者如果在测距状态(O4)产生测距响应请求, 值为0
5~40	Registration_ID	1个36字节的字符串, 可用于识别安装在特定位置的一个特定ONU。默认字符串是0x00字节
41~48	MIC	消息完整性检查计算, 使用默认PLOAM完整性密钥
* Registration_ID宜使用ASCII字符串, 未使用字节位置为0x00		

10.3.4.3 Key_Report 消息

格式见表18。

表18 Key_Report 消息格式

字 节	内 容	描 述
1~2	ONU-ID	
3	0x05	消息类型“Key_Report”
4	SeqNo	重复来自下行Key_Request消息值, 如果密钥长度来自上行发出的数个Key_Report消息, 那么他们序列号是相同的
5	0000 000R	报告类型: R: 0 新密钥; 1 报告存在的密钥
6	0000 00bb	bb: 密钥索引 01 一个密钥对的第一个密钥; 10 一个密钥对的第二个密钥
7	0000 0FFF	分片数, 范围0~7, 第一个分配为数字0。 最后一个分片可能是部分的, 在最低有效端填充0x00
8	Reserved	发送方设为0x00, 接收方做“don't care”处理
9~40	Key_fragment	密钥分片, 32字节, 任何可能需要的填充是在较高编号的消息字节。 对于现有密钥报告, 发送一个包含密钥的名称片段。 对于新密钥, 需用到KEK_Encrypted_key
41~48	MIC	消息一致性检查

此参数支持数据加密密钥交换协议的长期可扩展性。

10.3.4.4 Acknowledge 消息

格式见表19

表19 Acknowledge 格式

字 节	内 容	描 述
1	ONU-ID	
3	0x09	消息类型 "Acknowledge"
4	SeqNo	与下行序列号相同, 如果ONU没有上行消息发送 (来自OLT的keep-alive), 将上行序列号设为0
5	Completion_code	Ok; 无消息发送; 忙碌, 正在准备响应; 未知消息类型; 参数错误; 处理错误; 其他值保留
6-40	Padding	发送方设为0x00, 接收方做 "don't care" 处理
41-48	MIC	消息完整性检查

10.3.4.5 Sleep_Request 消息

ONU发送Sleep_Request说明它要改变功耗节能模式, 格式见表20

表20 Sleep_request 格式

字 节	内 容	描 述
1-2	ONU-ID	
3	0x10	消息类型 "Sleep_request"
4	SeqNo	始终为0
5	Activity_level	0 Sleep_request (唤醒); 1 Sleep_request (打盹) Doze请求, ONU接收机在打盹模式低功耗期间激活, ONU可接收下行流量; 2 Sleep_request (sleep)循环睡眠模式, ONU接收机去激活, 在循环睡眠模式低功耗期间, ONU不能接收下行流量; 其他值保留
6-40	Padding	发送方设为0x00, 接收方做 "don't care" 处理
41-48	MIC	消息完整性检查

11 ONU 激活

11.1 概述

11.1.1 定义

“激活流程”是指一个未激活的ONU加入PON系统或恢复运行所需的一系列分布式过程。

OLT发送下行PHY帧和接收指定ONU的最早响应上行突发之间的时间间隔称为ONU的环路时延。ONU的环路时延由环路传输时延和ONU响应时延组成, 其中环路传输时延取决于ONU的光纤距离。每个ONU的环路时延一般不相同。为了保证来自不同ONU的突发数据在同一个上行PHY帧的边界上正确排列, 每个ONU延迟发送上行突发的时间必须超过正常的响应时延, 这个额外的延迟时间就是ONU的均衡时延。OLT通过测量环路时延来计算每个ONU的均衡时延。

为了在获取ONU序列号和对新加入的ONU进行测距的过程中避免上行突发冲突，OLT应在预期的新ONU上行突发可能到达的时间间隔内暂停已处于工作状态中的ONU的上行发送。这个时间间隔称为“静默窗口”。

激活流程包括三个阶段：同步阶段、序列号获取阶段和测距阶段。

在同步阶段中，仍处于未激活状态的ONU会初始化一个本地下行同步状态机的实例，并且通过下行PHY帧进行同步。

在序列号获取阶段中，ONU开始学习用于上行传输的突发参数集。ONU通过回应序列号授权来在PON系统中宣告自己的存在。序列号授权是一个目的为广播Alloc-ID并标记PLOAMu标识集的分配结构。OLT通过ONU的序列号来发现一个新加入的ONU，并且给这个ONU分配一个唯一的ONU-ID。

在测距阶段中，ONU回应定向的测距授权。测距授权是一个关联到ONU的默认Alloc-ID并标记PLOAMu标识的分配结构。OLT进行环路时延测量，计算均衡时延，并将结果发送给ONU。

11.1.2 激活事件的因果顺序

OLT通过发送由功能指定的带宽授权和交换上下行PLOAM消息来控制ONU的激活流程。激活流程中的主要事件按因果顺序排列如下：

——进入激活流程的ONU侦听下行传输并实现物理同步和超帧同步。

——ONU侦听由OLT周期性发送的Profile PLOAM消息以学习用于上行传输的突发参数集。

一旦ONU接收到带有已知参数集的序列号授权，则该ONU通过Serial_Number_ONU PLOAM消息在PON系统中宣告自己的存在。

——OLT通过序列号来发现新接入的ONU并使用Assign_ONU-ID消息为该ONU分配一个ONU-ID。

——OLT可选的向新发现的ONU发送定向测距授权，并准备对响应时间进行精确测量。

——ONU回应Registration PLOAM消息。

——OLT根据registration ID对ONU进行初始化认证，计算该ONU的均衡时延，并通过Ranging_Time PLOAM消息将计算结果告知ONU。

——ONU根据自己被分配的均衡时延调整自己上行PHY帧时钟的起始时刻。

——ONU完成激活并开始正常运行。

对于在正常运行中的ONU，OLT会监视到达的上行传输的相位和BER。根据监测到的相位信息，OLT可能会重新计算并更新ONU的均衡时延。

11.2 ONU 激活机制

11.2.1 ONU 激活状态、定时器和计数器

ONU的六个激活状态定义如下：

a) O1：初始状态。

b) O2~O3：序列号状态。

c) O4：测距状态。

d) O5：运行状态。

e) O6：间断LODS状态。

f) O7：紧急停止状态。

为了能够支持激活流程，ONU应维持两个定时器：

a) TO1: 测距定时器。定时器 TO1 通过限制 ONU 处于测距状态 (O4) 中的总时间, 来终止一次失败的激活尝试。推荐的 TO1 初始值为 10s。

b) TO2: LODS 定时器。定时器 TO2 通过限定 ONU 处于间断 LODS 状态 (O6) 中的时间, 来声明失败, 并使 ONU 从间断的 LODS 状态中恢复。推荐的 TO1 初始值为 100ms。

11.2.2 ONU 激活状态规定

11.2.2.1 初始状态 (O1)

ONU 最初上电后即处于该状态, 并且当 ONU 去激活或紧急停止后会进入该状态。初始状态中发送机是关闭的, 包括 ONU-ID、默认和显式分配的 Alloc-ID、默认 XGEM Port-ID、突发参数集和均衡时延在内的 TC 层的配置参数均作废。ONU 同步状态机 (见 9.2.2 节) 被初始化。一旦获取了对下行 PHY 帧的同步, 则 ONU 进入序列号状态 (O2~O3)。

11.2.2.2 序列号状态 (O2~O3)

ONU 在 OLT 的控制下激活发送机并使发送机处于突发模式。ONU 解析下行 XGTC 帧中的 PLOAM 部分, 并学习 Profile PLOAM 消息规定的突发参数集。如果 ONU 接收到一个带有已知突发参数集的序列号请求, 则该 ONU 回应一个帧首部中包含 Serial_Number_ONU PLOAM 消息的 XGTC 帧。当响应序列号授权时, ONU 忽略分配结构中的 DBRu 标识值和 GrantSize 字段。一旦 ONU 接收到带有其序列号的 Assign_ONU-ID PLOAM 消息, 则该 ONU 设置自己的 ONU-ID、默认 Alloc-ID 和 OMCI XGEM Port-ID 并进入测距状态 (O4)。当 ONU 接收到 Disable_Serial_Number PLOAM 消息时, 无论该消息是针对自己或所有 ONU 的 ONU-ID, 该 ONU 进入紧急停止状态 (O7)。

如果 OLT 已经知道了一个正在重新回到 PON 系统中的 ONU (例如 ONU 正在从断电中回复), 则 OLT 有可能向已知的序列号发送 Assign_ONU-ID 消息。在这种情况下, ONU 可不回应序列号授权, 从而跳过序列号状态 (O2~O3), 直接进入测距状态 (O4)。

11.2.2.3 测距状态 (O4)

在 ONU 等待 OLT 分配均衡时延的时间段中, ONU 响应定向测距授权。如果 ONU 收到了一个带有已知突发参数集的测距授权, 则该 ONU 发送一个帧首部中包含 Registration PLOAM 消息的 XGTC 帧。ONU 忽略测距授权分配结构中的 DBRu 标识值和 GrantSize 字段。ONU 解析下行某些 XGTC 帧中的 PLOAM 部分, 这些 XGTC 帧为仅对下列类型的 PLOAM 消息类型进行响应的帧: Profile (定向或广播) 类型、Ranging_Time (使用绝对参数定向) 类型、Deactivate_ONU-ID (定向或广播) 类型和 Disable_Serial_Number (向 ONU 的序列号或所有 ONU 广播) 类型。一旦 ONU 收到了带有绝对均衡时延的 Ranging_Time 消息, 则该 ONU 进入运行状态 (O5)。如果 ONU 处于 O4 状态中时定时器 TO1 超时, 则该 ONU 的已分配 ONU-ID、默认 Alloc-ID 和 OMCI XGEM port-ID 均作废, ONU 进入序列号状态 (O2~O3), 已学习的突发参数集信息则保留。

如果 OLT 在序列号获取阶段或更早的 ONU 激活过程中已经测量了该 ONU 的环路时延, 则 OLT 可发送一个带有之前计算出的均衡时延的 Ranging_Time 消息。在这种情况下, ONU 可不回应测距授权, 从而跳过测距状态 (O4), 直接进入运行状态 (O5)。

11.2.2.4 运行状态 (O5)

ONU 在 OLT 的指导下发送上行数据和 PLOAM 消息。在这个状态下, OLT 可以根据需要与 ONU 建立额外的连接。一旦 PON 网络的范围确定并且所有的 ONU 使用各自的均衡时间开始工作, 则所有上行突发

YD/T 2402.3-2012

将会在所有ONU之间一起进行同步。各个ONU的上行传输处在上行PHY帧各自的正确位置中分别到达OLT。

ONU处于O5状态中的任意时间里，OLT可使用某种可行的方法来发起可选的安全交互认证流程。安全交互认证不需要额外的激活状态，并且仅由OLT自行判断是否进行。如果OLT选择进行安全交互认证，那么在ONU激活过程中执行第一次认证流程前，OLT应限制下行流量和已分配的上行突发，以满足认证流程的需要。

11.2.2.5 间断LODS状态（O6）

处于运行状态（O5）中的ONU在失去下行同步后会进入间断LODS状态（O6）。进入间断LODS状态（O6）时，ONU启动定时器TO2。如果在TO2超时前ONU能够重新获得下行信号，则ONU重新进入运行状态（O5）。如果定时器超时，则ONU进入初始状态（O1）。

ONU处理间断LODS状况的方法基于下述假设：涉及到同一个ONU接口的PON网络中的任何保护倒换事件是在OLT的控制之下的。因此在倒换时，OLT可以通过采取适当的步骤来调整涉及到的ONU的均衡时延。或者通过在较短的光纤路径中加入适当长度的光纤，以在可接受的漂移限制范围内对主光纤路径和倒换光纤路径的均衡时延进行静态均衡。

11.2.2.6 紧急停止状态（O7）

ONU收到带有“disable”选项的Disable_Serial_Number消息后进入紧急停止状态（O7）并关闭激光器。包括ONU-ID、默认和显式分配的Alloc-ID、默认XGEM Port-ID、突发参数集和均衡时延在内的TC层配置参数均作废。

当处于紧急停止状态中时，ONU仍保持下行同步状态机运行，并解析下行XGTC帧中的PLOAM部分，但ONU被禁止转发下行数据流量或发送上行数据流量。

当促使OLT去使能某个ONU的问题解决后，OLT可能会重新使能ONU，并使ONU重新正常运行。OLT通过发送带有“enable”选项的Disable_Serial_Number PLOAM消息来使能处于紧急停止状态（O7）中的ONU。ONU被重新使能后进入初始状态（O1）。

在ONU进行重启或重新上电的前后，紧急停止状态应保持。

11.2.2.7 ONU 状态图

ONU的六个状态之间的转移方式如图30所示。

11.2.3 ONU 状态转移表

表21在图30的基础上更加详细的描述了ONU激活过程中的状态转移情况。表21中单元格内的横线表示该单元格对应的事件不可用或不适用于相应的状态。

表21 ONU 激活状态转移表

事 件	ONU 激活状态					
	初始状态 O1	序列号状态 O2-O3	测距状态 O4	运行状态 O5	间断LODS状态 O6	紧急停止状态 O7
ONU 上电 掉电前是否处于 O7 状态? 如果是 → O7 否则 → O1	—	—	—	—	—	—

表 21 (续)

事 件	ONU 激活状态					
	初始状态 O1	序列号状态 O2~O3	测距状态 O4	运行状态 O5	间断 LODS 状态 O6	紧急停止状态 O7
ONU 获取下行同步 (LoDS 消除)	⇒ O2~O3	—	—	—	停止 TO2 定时 器, 随后⇒ O5	—
丢失下行同步 (LoDS)	—	⇒ O1;	将 ONU-ID、 默认 Alloc-ID、 OMCI (默认) XGEM Port-ID、 和突发参数集作 废, 停止 TO1 定时 器, 随后⇒ O1	启动 TO2 定时器, 随后⇒ O6	—	—
接收到广播 Profile PLOAM 消息	—	保存新的参 数集	保存新的参数集	保存新的参数集	—	—
收到单播 Profile PLOAM 消息	—	—	保存新的参数集	保存新的参数集并 发送 ACK	—	—
收到广播序列号 授权	—	如果授权中的 参数集是已知 的, 则发送 Serial_Number _ONU PLOAM	—	—	—	—
ONU 收到 Assign_ONU-ID PLOAM 消息 (与自己的序列号 匹配)	—	设置 ONU-ID、默认 Alloc-ID 和 OMCI (默认) XGEM Port-ID, 启动 TO1, 随后⇒ O4	如果被分配了和 当前一致的 ONU-ID, 则忽略 该消息, 否则将当 前 ONU-ID、默认 Alloc-ID、OMCI (默认) XGEM Port-ID 和突发参 数集作废, 停止 TO1 定时器, 随后 ⇒ O1	如果被分配了和当 前一致的 ONU-ID, 则忽略该消息, 否则 将当前 ONU-ID、 默认和显式分配的 Alloc-ID、OMCI (默认) XGEM Port-ID、突发参数集 和均衡时延作废, 随 后⇒ O1	—	—
收到测距授权	—	—	发送 Registration PLOAM 消息	—	—	—
收到定向 Ranging_Time PLOAM 消息	—	—	如果是相对时间 则忽略该消息; 如果是绝对时间则 停止 TO1 定时器, 设置 EqD 值, 发送 ACK, 最后 ⇒ O5	如果是相对时间则 调整 EqD 值; 如果是绝对时间则 设置 EqD 值并发送 ACK	—	—

表 21 (续)

事 件	ONU 激活状态					
	初始状态 O1	序列号状态 O2~O3	测距状态 O4	运行状态 O5	间断 LODS 状态 O6	紧急停止状态 O7
收到广播 Ranging_Time PLOAM 消息	—	—	—	如果是相对时间则 调整 EqD 值; 如果是绝对时间则 忽略该消息	—	—
TO1 定时器超时	—	—	将 ONU-ID、默认 Alloc-ID、和 OMCI (默认) XGEM Port-ID 作废, 停止 TO1 定时器, 随后 ⇒ O2~O3	—	—	—
收到定向 Deactivate_ONU-ID PLOAM 消息	—	—	将 ONU-ID、默认 Alloc-ID、OMCI (默认) XGEM Port-ID、和突发参 数集作废, 停止 TO1 定时器, 随后 ⇒ O1	将 ONU-ID、默认 和显式分配的 Alloc-ID、OMCI (默认) XGEM Port-ID、突发参数集 和均衡时延作废, 随 后⇒ O1	—	—
收到广播 Deactivate_ONU ID-PLOAM 消息	—	将突发参数集 作废, 随后⇒ O1	将 ONU-ID、默认 Alloc-ID、OMCI (默认) XGEM Port-ID 和突发参 数集作废, 停止 TO1 定时器, 随后 ⇒ O1	将 ONU-ID、默认 和显式分配的 Alloc-ID、OMCI (默认) XGEM Port-ID、突发参数集 和均衡时延作废, 随 后⇒ O1	—	—
收到去使能指定序 列号 ONU 的 Disable PLOAM 消息 (与自 己的序列号匹配)	—	将突发参数集 作废, 随后⇒ O7	停止 TO1 定时器, 随后⇒ O7	⇒ O7	—	—
收到去使能所有 ONU 的 Disable PLOAM 消息	—	将突发参数集 作废, 随后⇒ O7	停止 TO1 定时器 ⇒ O7	⇒ O7	—	—
收到使能指定序列 号 ONU 的 Disable PLOAM 消息 (与自 己的序列号匹配)	—	—	—	—	—	将 ONU-ID、默 认和显式分配的 Alloc-ID、OMCI (默认) XGEM Port ID、突发参 数集和均衡时延 作废, 随后⇒ O1

表 21 (续)

事 件	ONU 激活状态					
	初始状态 O1	序列号状态 O2-O3	测距状态 O4	运行状态 O5	间断 LODS 状态 O6	紧急停止状态 O7
收到使能所有 ONU 的 Disable PLOAM 消息	—	—	—	—	—	将 ONU-ID、默认和显式分配的 Alloc-ID、OMCI (默认) XGEM Port-ID、突发参数集和均衡时延作废, 随后→ O1
TO2 定时器超时	—	—	—	—	将 ONU-ID、默认和显式分配的 Alloc-ID、OMCI (默认) XGEM Port-ID、突发参数集和均衡时延作废, 随后→ O1	—
收到带有数据分配的带宽授权	—	—	为默认 Alloc-ID 时, 忽略数据分配	为默认或显式分配的 Alloc-ID 时, 发送一个突发	—	—
收到定向 PLOAM 授权	—	—	发送 Registration PLOAM 消息	如果 ONU 有需要发送的 PLOAM 消息, 则发送该消息, 否则发送 ACK	—	—
收到 Request_Registration PLOAM 消息	—	—	—	发送 Registration PLOAM 消息	—	—
收到 Assign_Alloc-ID PLOAM 消息	—	—	—	配置 Alloc ID, 发送 ACK	—	—
收到 Key_Control PLOAM 消息	—	—	—	根据 ONU 密钥管理状态机的状态执行操作	—	—
收到 Sleep_Allow PLOAM 消息	—	—	—	根据 ONU 功耗管理状态机的状态执行操作	—	—

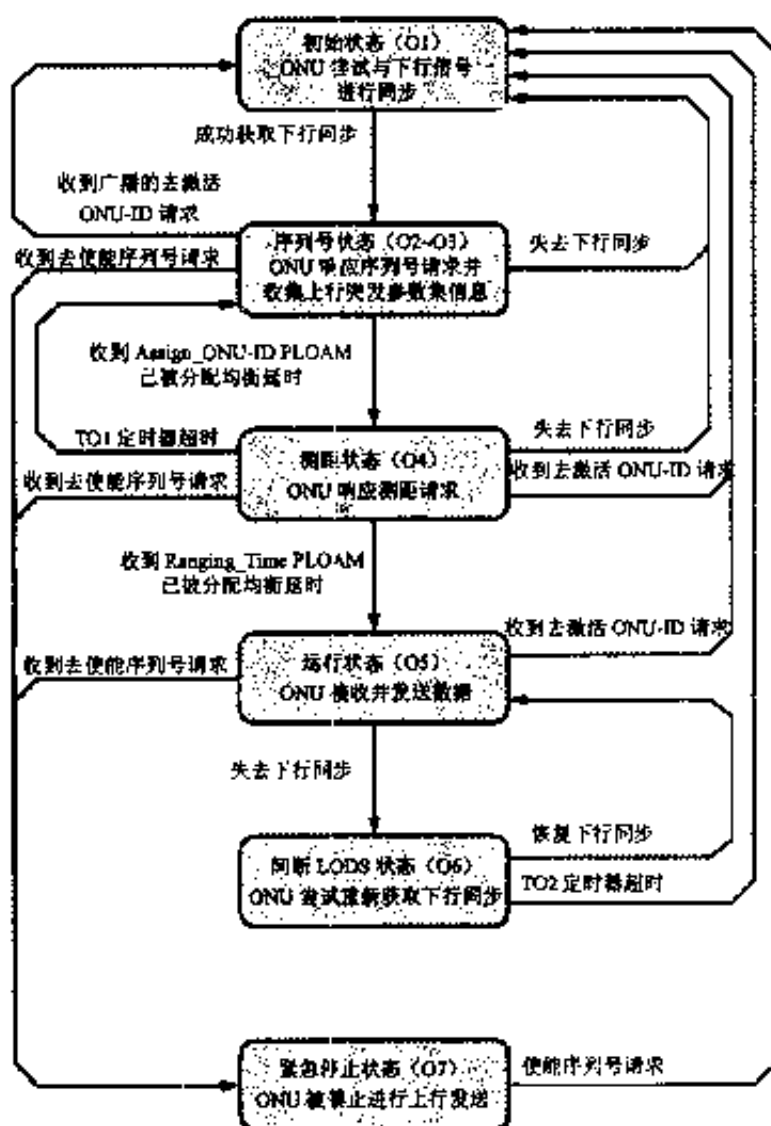


图30 ONU 激活状态图

需要注意，在表21中“发送ACK”动作用于回应一个接收到的下行PLOAM消息，执行该动作时ONU生成一个上行PLOAM消息并将它放入上行发送队列中。只有当OLT向ONU提供PLOAMu授权时，ONU才发送PLOAM队列中的消息。

11.3 OLT 对激活流程的支持

为了使ONU能够加入PON系统或恢复在PON系统中的运行，OLT定期发送序列号授权。序列号授权目的为广播Alloc-ID，携带一个约定好的突发参数集并标记PLOAMu标识。在序列号请求中应将DBRu标识复位，GrantSize值为0并携带一个适当的静默窗口。根据不同的运行考虑，OLT应能够调整发送序列号授权的频率。

一旦OLT发现某个ONU试图加入PON系统或恢复在系统中的运行了，则OLT为该ONU分配ONU-ID并有可能发送定向测距授权以测量ONU的环路时延。测距授权关联某个处于测距状态中的ONU的默认Alloc-ID，其中携带一个之前已经发送给该ONU的突发参数集，并且标记PLOAMu标识。测距授权中还应标记DBRu标识复位，GrantSize值为0，并且伴随适当的静默窗口。在某些情况下（如ONU掉电或保护倒换事件后），对于已知的ONU，OLT可不再进行显式的序列号发现过程，而直接分配ONU-ID并进行

当ONU处于运行状态中时,OLT可对该ONU发送任意的请求或授权以测量工作中的环路时延和进行均衡时延的调整。

OLT可以基于自己的判断而去激活一个已经分配的ONU-ID，从而使相应的ONU将所有的TC层信息作废并重新进入激活流程。OLT也可以去使能一个特定的序列号，从而使相应的ONU进入紧急停止状态，则该ONU停止上行发送和状态转移直至接收到OLT发送的显式许可消息；

OLT可以使用均衡时延调整、ONU-ID去激活和序列号去使能等方法来预防、检测和隔离流氓ONU。当遇到无法声明自己序列号的ONU表现出流氓行为的极端情况时，OLT可以先去使能PON系统中的所有ONU，并随后将合法的ONU依次使能。

12.1 ONU 发送定时和均衡时延

12.1.1 概述

a) 下行 PHY 帧的开始时间为发送/接收 PSync 字段第一个比特的时刻;

b) 上行 PHY 突发的开始时间为发送/接收相应带宽分配结构中的 StartTime 字段所指示的单字的第一个比特的时刻。该比特为 XGTC 突发首部的第一个比特。

c) 上行 PHY 帧的开始时刻间为发送/接收（实际或计算的）值为 0 的 **StartTime** 指针所指示的单字（如果存在）的第一个比特的时刻。

d) OLT 处的静默窗口偏移为承载序列号授权或测距授权的下行 PHY 帧的开始时间, 到承载响应 PLOAM 消息的第一个上行突发的开始时间之间经过的时间。

e) OLT处的上行PHY帧偏移 T_{eqd} 为承载特定BWmap的下行PHY帧的开始时间,到执行该BWmap的上行PHY帧的开始时间之间经过的时间。

ODN的特性可由两个参数来描述: 最小光纤距离 $L_{\min}$ 和最大光纤距离差 $D_{\max}$, 这两个参数的单位均为km。ODN特性参数是由ODN的设计确定的, 并且OLT天然知晓ODN特性参数。ONU i 的光纤距离 L_i 应满足公式(23)的要求:

$$L_{\min} \leq L_i \leq L_{\min} + D_{\max} \quad (23)$$

12.1.2 ONU 上行发送定时

所有ONU的发送事件都以承载BWmap的下行帧开始时间为参考点，BWmap中包含相应的一系列突发分配。特别注意ONU的发送事件不应以相应突发分配的接收时间为参照点，因为下行帧中突发分配的接收时间是可能发生变化的。

ONU在任何时刻都维持一个运行中的上行PHY帧时钟，该时钟与下行PHY帧时钟同步，并且二者之间保持一个精确的时钟偏移量。该偏移量为两个值的和：ONU响应时间和必要时延，见图31所示。

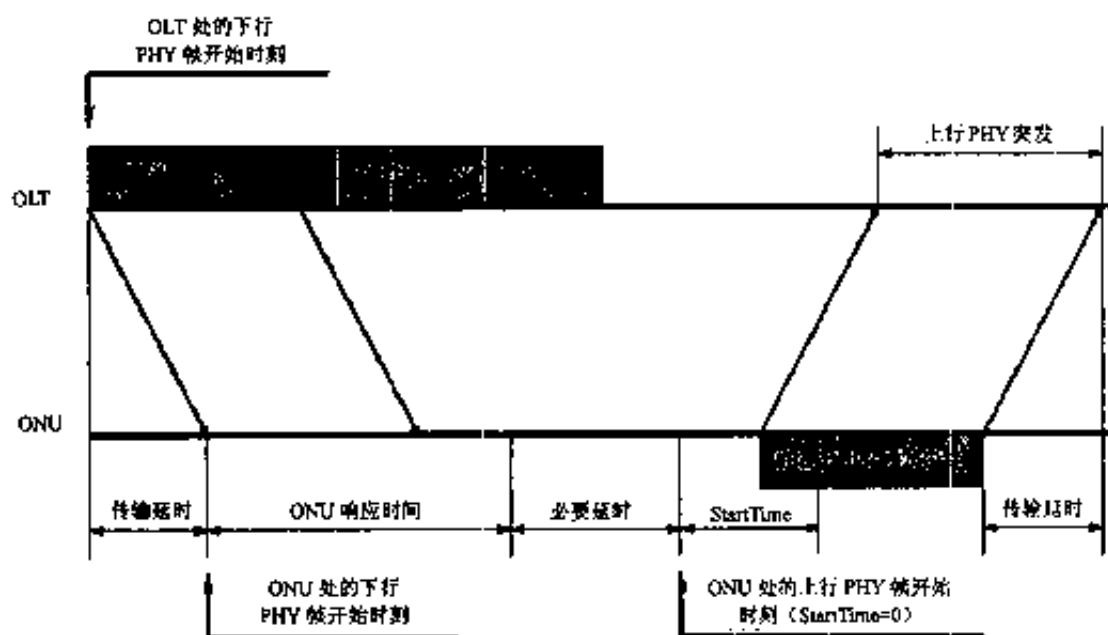


图31 通用情况下的ONU定时

ONU响应时间是一个系统全局参数，它的取值应保证ONU有足够的时间接收包括上行带宽映射在内的下行帧、完成上行和下行FEC（如果需要）和准备上行响应。所有ONU的响应时间应为 $35\pm 1\mu s$ ，并且ONU应知道自己的响应时间。

术语“必要时延”指在正常响应时间之外，ONU被要求在上行发送中增加的总额外时延。必要时延的目的是为补偿单个ONU传输时延和处理时延的变化，从而避免上行传输间的冲突，或减小冲突发生的几率。必要时延的值随着ONU的状态而变化，详见下面的描述。

12.1.3 序列号获取阶段的定时关系和静默窗口

本节的讨论围绕图32展开。

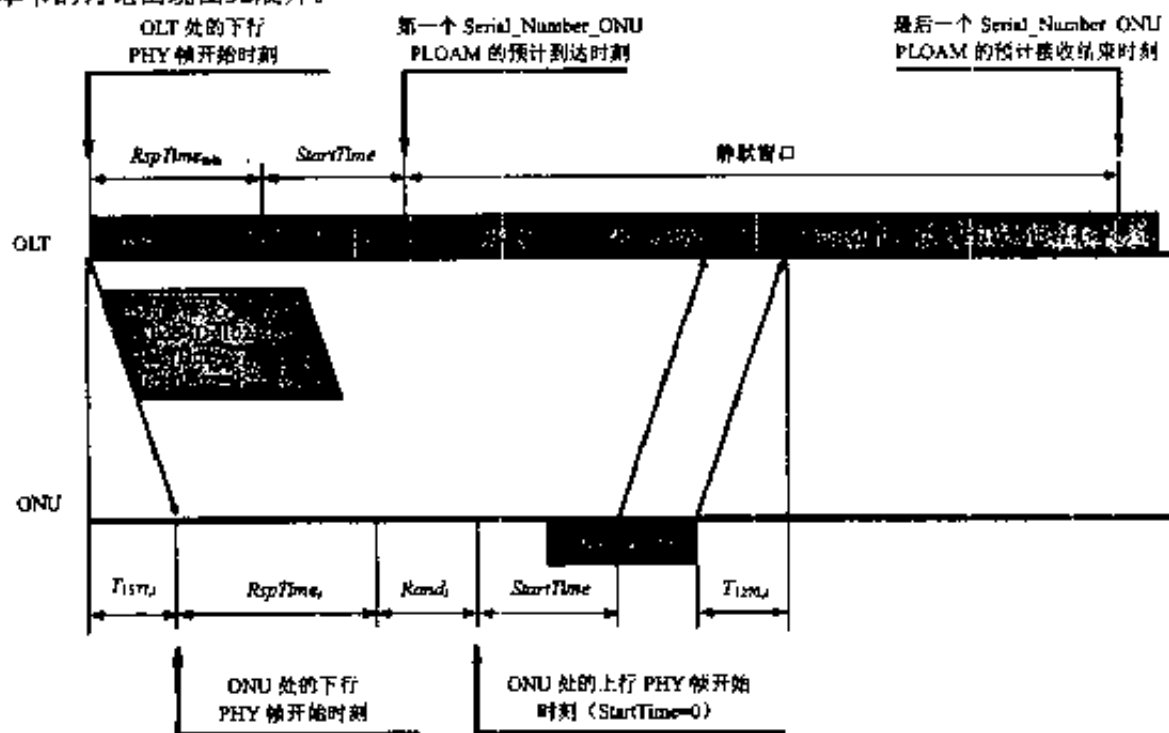


图32 序列号获取阶段的定时关系

在激活过程中, ONU从下行PHY帧中获得同步后进入序列号状态(O2~O3)。当在这个状态中的ONU接收到序列号授权时, 该ONU发送一个Serial_Number_ONU PLOAM消息作为序列号授权的响应。

为了避免处在序列号状态中的ONU发送的序列号响应和处于运行状态中的ONU发送的一般上行突发之间的冲突, OLT应设置一个静默窗口以临时性抑制工作中的ONU的上行发送。

由于序列号授权是指向所有处在序列号状态中的ONU的广播带宽分配, 因此可能会有多于一个的ONU对其进行响应, 从而有可能当多于一个序列号响应同时到达OLT时发生冲突。为了减小冲突发生的几率, 序列号状态中的必要时延是本地生成的随机时延。这个随机时延的取值范围为0μs~48μs, 并根据标称上行线路速率2.48832 Gbit/s以比特时间表示。ONU为每一个序列号授权响应生成一个新的随机时延。

序列号获取阶段的静默窗口偏移由序列号授权中动态生成的StartTime值和系统中的最小时延决定, 最小时延包含最小环路传输时延和最小ONU处理时延。静默窗口偏移的公式表述见公式(24):

$$W_0^{SV} = RspTime_{min} + \frac{L_{min}(n_{1577} + n_{1270})}{c} + \frac{StartTime}{R_{nom}} \quad (24)$$

式中: c 是光速, 单位为km/s; R_{nom} 为标称上行线路速率, 单位为单字/μs。

序列号获取阶段中静默窗口的大小由最大未知环路时延变化和序列号响应突发的时长决定。未知环路时延包含环路传输时延、ONU响应时间和ONU随机时延。序列号响应突发包含前导、定界符、承载Serial_Number_ONU PLOAM消息的XGTC头部和XGTC净荷。静默窗口大小的公式表述见公式(25):

$$W_{\Delta}^{SV} = RspTime_{var} + \frac{D_{max}(n_{1577} + n_{1270})}{c} + Rand_{max} + \frac{BurstSize}{R_{nom}} \quad (25)$$

序列号相应突发的时长(一般小于0.3μs)与其他部分相比可以忽略。

对于一个光纤距离差为20km的ODN, 有以下一些值:

- 环路传输时延变化为 200 μs;
- ONU 响应时间变化为 2 μs;
- ONU 最大随机时延为 48 μs;
- 序列号获取阶段建议的静默窗口大小为 250 μs。

对于一个光纤距离差为40km的ODN, 有以下一些值:

- 环路传输时延变化为 400 μs;
- ONU 响应时间变化为 2 μs;
- ONU 最大随机时延为 48 μs;
- 序列号获取阶段建议的静默窗口大小为 450 μs。

12.1.4 测距阶段的定时关系和静默窗口

本节的讨论围绕图33展开。

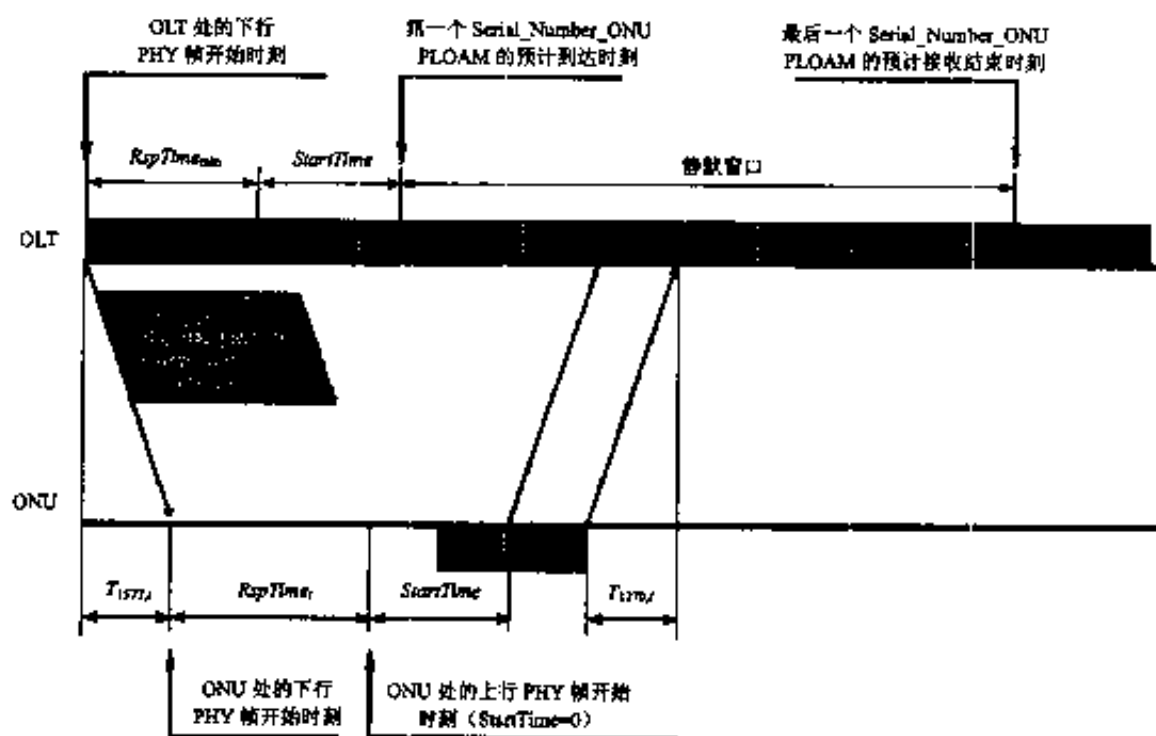


图33 测距阶段的定时关系

ONU被分配ONU-ID后即进入测距状态。在测距状态中，ONU解析所有PLOAMu标识设为测距请求的定向带宽分配，并且使用一个Registration PLOAM消息进行响应。

为了避免测距授权响应与运行状态中的ONU发送的一般上行突发之间的冲突，OLT应设置一个静默窗口以临时性抑制工作中的ONU的上行发送。在测距阶段中，必要时延的值为0。

测距阶段中的静默窗口偏移由最小环路传输时延、最小ONU处理时延和测距授权中动态生成的StartTime值共同决定。静默窗口偏移的公式表述见公式(26)：

$$W_0^{RNG} = RspTime_{min} + \frac{L_{min}(n_{1577} + n_{1270})}{c} + \frac{StartTime}{R_{nom}} \quad (26)$$

测距阶段中的静默窗口大小由最大未知环路时延变化和注册突发时长决定。如果OLT没有在序列号获取阶段测得环路时长或对其的估计，则未知环路时延包括环路传输时延和ONU响应时间。测距响应突发中包含前导、定界符、承载Registration PLOAM 消息的XGTC头部和XGTC净荷。静默窗口大小的公式表述见公式(27)：

$$W_{\Delta}^{RNG} = RspTime_{var} + \frac{D_{max}(n_{1577} + n_{1270})}{c} + \frac{BurstSize}{R_{nom}} \quad (27)$$

测距响应突发的时长（一般小于0.3μs）与其他部分相比可以忽略。

对于一个光纤距离差为20km的ODN，有以下一些值：

- 环路传输时延变化为200 μs；
- ONU响应时间变化为2 μs；
- 测距阶段建议的最大静默窗口大小为202 μs。

对于一个光纤距离差为40km的ODN，有以下一些值：

- 环路传输时延变化为 $400\ \mu\text{s}$;
- ONU 响应时间变化为 $2\ \mu\text{s}$;
- 测距阶段建议的最大静默窗口大小为 $402\ \mu\text{s}$ 。

在实际情况下，如果OLT使用了从序列号响应中获取的测距信息，则上述建议的最大值可相应减小。序列号响应来自于之前的激活流程，或在ODN具有保护情况下，来自于备份的ODN路径。

12.1.5 均衡时延计算

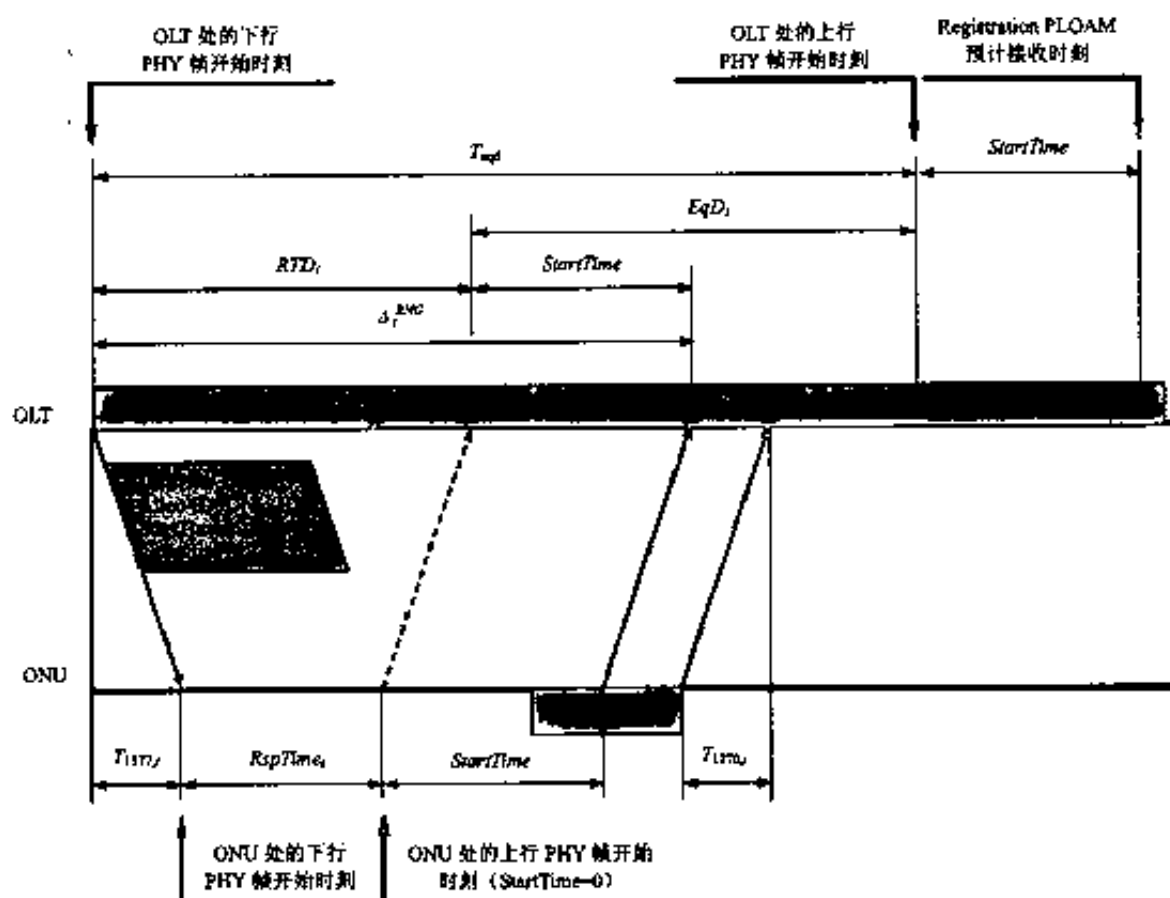
OLT根据ODN设计参数选择上行PHY帧偏移 T_{eqd} 的值，如公式（28）所示：

$$T_{eqd} \geq RspTime_{max} + (L_{min} + D_{max}) \frac{(n_{1377} + n_{1279})}{c} \quad (28)$$

选定的 T_{eqd} 值在PON系统的生命周期中保持不变。

当OLT向处于测距状态（O4）中的ONU发送测距授权时，OLT精确的测量承载测距授权的下行PHY帧和承载响应Registration PLOAM消息的上行PHY突发之间经过的时间 Δ_t^{RNG} ，见图34。上行PHY帧偏移选定后，ONU的均衡时延可根据公式（29）计算得出：

$$EqD_i = T_{eqd} - RTD_i = T_{eqd} - \left(\Delta_t^{RNG} - \frac{StartTime}{R_{nom}} \right) \quad (29)$$



StartTime: 开始时间

GrantSize: 授权大小

图34 测距阶段的均衡时延计算

为了避免过于频繁的均衡时延调整并保证ONU遵从OLT的调整，OLT会设定两个适用于所有ONU的漂移门限。低门限为一个安全界限，当上行传输漂移没有超过低门限时，即被认为是可接受的，不需要采取任何调整措施。当漂移超过低门限时，OLT计算一个新的均衡时延并通过Ranging_Time PLOAM消息发送给ONU，同时OLT确认一次窗口漂移（DOWi）事件。高门限为一个临界值，传输漂移超过这个门限时会影响PON系统中的其他ONU。如果漂移超出了高门限（在ONU遵从OLT对均衡时延的调整的前提下不应出现的情况），则OLT发布传输冲突告警（TIWi）并进一步执行减小漂移的措施，包括去激活或去使能出问题的ONU，或执行流氓ONU诊断流程。

根据标称的上行线路速率2.488 32 Gbit/s，建议的DOWi和TIWi门限值分别为±8bit和±16bit。

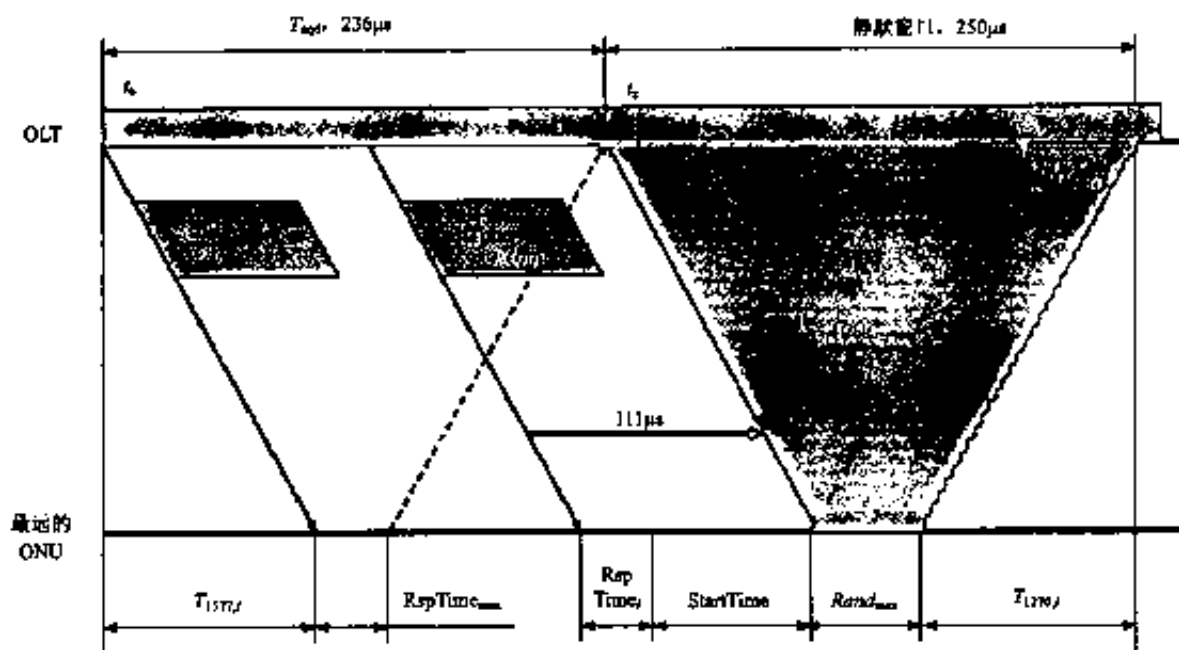
12.1.8 静默窗口实现的考虑

当处于序列号状态和测距状态中时，ONU会发送Serial_Number_ONU PLOAM消息和Registration PLOAM消息。因为OLT此时还不知道这些ONU的均衡时延，因此OLT会设置静默窗口以避免各个ONU的序列号响应、测距响应和一般上行突发之间的冲突。

在图36所示的例子中， $L_{\min}=0$ ， $D_{\max}=20\text{km}$ ， $T_{\text{eqd}}=236\mu\text{s}$ 。该例主要展示了序列号获取阶段的情况，并假设环路传输时延在 $100\mu\text{s}$ 以内，各个ONU的响应时间不同，在 $35\pm 1\mu\text{s}$ 的范围内，且OLT不知悉ONU的响应时间。因此如果OLT在 t_0 时刻发送一个携带特定BWmap的下行PHY帧，即 t_0 是下行PHY帧N的开始时刻，则OLT接收到与该BWmap相对应的上行帧的最早时刻为 $236\mu\text{s}$ 之后。OLT将在 $t_2=t_0+236\mu\text{s}$ 时刻开启一个 $250\mu\text{s}$ 长的静默窗口。

例中，下行PHY帧N中携带的BWmap为空，而下行PHY帧N+1中唯一的BWmap分配结构为一个StartTime偏移是 $77\mu\text{s}$ 的序列号授权，即与上行第5989个单字相对应。可能的序列号响应发送窗口的开始时刻相对与携带序列号授权的帧至少偏移 $111\mu\text{s}$ ，相对于帧N则至少偏移 $236\mu\text{s}$ 。

PHY帧N-1应在BWmap之后提供必要的突发模式裕度。



StartTime:开始时间

图36 创建静默窗口举例

由于每一个这样的静默窗口会影响2到3个连续的带宽映射，OLT应确保静默窗口对带宽和抖动敏感业务流量的影响最小化。为了达到这个目的，OLT可重新安排BWmap并在静默窗口之前和/或之后立即为受影响的Alloc-ID提供额外的带宽分配。

如果能够获取关于ONU位置的某些信息，则OLT有可能能够设置一个更小、目标更明确的静默窗口，从而造成更小的影响。该静默窗口的偏移以下行PHY帧的开始时间为参照点，并由最近的ONU的光纤距离决定，窗口大小则取决于最大光纤距离差。

12.1.9 光纤距离测量

OLT可根据利用 $RspTime_i$ 进行的环路时延测量来估算光纤距离， $RspTime_i$ 是ONU的实际响应时间，可通过OMCC获得。OLT和指定ONU i 之间的光纤距离可由公式(30)估算：

$$FD_i = \left(RTD_i - RspTime_i - EqD_i - \frac{StartTime}{R_{nom}} \right) \times 102 \quad (30)$$

式中： RTD_i 是OLT测得的环路时延，单位为 μs ； $RspTime_i$ 是ONU i 上报的实际响应时间，单位为 μs ； EqD_i 是该ONU的均衡时延； $StartTime$ 是执行测量时的突发中动态生成的值； R_{nom} 是标称上行线路速率，单位为单字/s；系数102的单位为m/ μs ，该值为反映符合ITU-T G.652规范的光纤折射率范围的最佳值。用这种方法进行光纤距离估计的精度大约为 $\pm 1\%$ 。

12.2 XG-PON 中的时间分配

12.2.1 概述

本节描述了XG-PON ONU获取ToD、OLT和ONU间的定时关系和定时错误分析的TC层方法。ONU的ToD时钟精度应为 $\pm 1\mu s$ 。提高ONU的ToD时钟精度的方法有待将来进一步研究。

该方法的运行原理如下：首先假设OLT具有一个准确的实时时钟，该时钟的获取方法不在本部分的讨论范围之内。当一个下行的XGTC帧到达一个均衡时延和响应时间都为0的假想ONU时，OLT将ToD告知系统中的ONU，在这个过程中，使用下行帧的超帧计数 N 来标记该XGTC帧。信息的传递通过OMCI信道进行，传递过程不必是实时的。ONU学习到下行帧 N 的ToD到达时间后，则可根据自己的均衡时延和响应时间来以非常高的精度计算与任意一个下行帧相关的ToD。

12.2.2 符号

$TstampN$ —该符号表示下行XGTC帧 N 的第一个比特到达均衡时延和响应时间都为0的假想ONU的精确ToD。这里对信号到达时刻的定义为光信号通过ODN和ONU之间的光连接器或接合点分界的瞬间。

$TsendN$ —该符号表示下行XGTC帧 N 的第一个比特离开OLT的精确ToD。这里对信号离开时刻的定义为光信号通过OLT和ODN之间的光连接器或接合点分界的瞬间。

$TrecvN$ —该符号表示下行XGTC帧 N 的第一个比特到达ONU i 的精确ToD。这里对信号到达时刻的定义为光信号通过ODN和ONU之间的光连接器或接合点分界的瞬间。

$RspTime_i$ —该符号表示ONU i 的响应时间，该时间范围为34~36 μs 。

$Teqd$ —该符号表示在OLT处收到的上行PHY帧相对于相应下行PHY帧的偏移值。OLT调整每一个ONU的均衡时延，这样对于所有的ONU来说，OLT收到的上行帧开始时间应为相应的下行帧开始时间的 $Teqd$ 时间之后。

n_{1270} —该符号表示1270nm波长的光在ODN中的群速度折射率。

n_{1577} —该符号表示1577nm波长的光在ODN中的群速度折射率。

图37描绘了XG-PON中时间的计算方法。

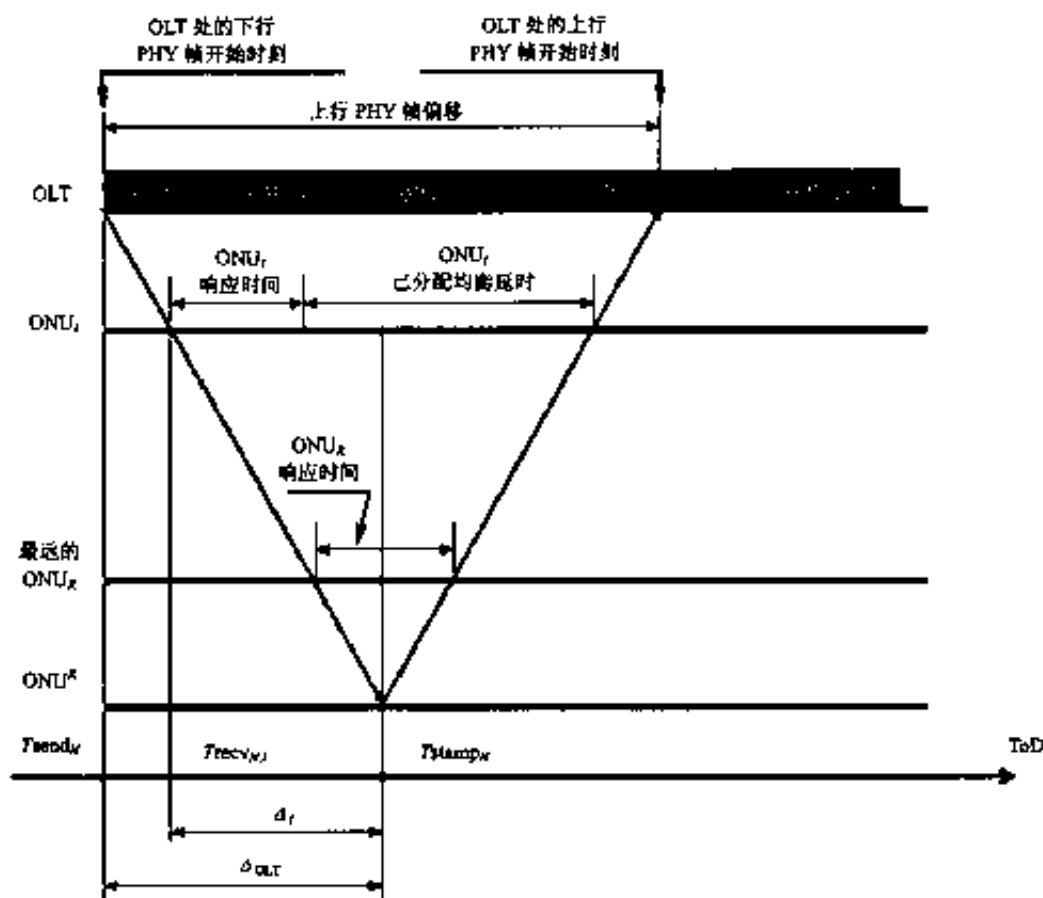


图37 时间计算

12.2.3 ONU 时钟同步过程

下面是ONU的从时钟从OLT的主时钟同步的过程：

a) OLT 首先选择一个下行 XGTC 帧作为定时的参照点。该帧由其超帧计数 N 来标记，其离开时间记为 $Tsend_N$ 。建议所选的帧位于当前时间 10s 以内的时间窗口中。OLT 根据帧 N 的 $Tsend_N$ 值来计算 $Tstamp_N$ 值。该值的计算方法如公式 (31)：

b) $Tsend_N$ 和 $Tstamp_N$ 值均应以光接口作为参照，以确保它们在实现中是不变的。OLT 应负责对其内部时延进行补偿修正。(N , $Tstamp_N$) 作为一对值在 OLT 本地保存。

c) OLT 通过 OMCI 将数值对 (N , $Tstamp_N$) 发送给一个或多个 ONU。

d) ONU_i 根据计算 $Tstamp_N$ 值和其自身的定时参数来计算 $Trecv_{N,i}$ 。计算方法如公式 (32)，计算中应使用 ONU_i 精确的响应时间。 $Trecv_{N,i}$ 和 $Tstamp_N$ 值均应以光接口作为参照，以确保它们在实现中是不变的。OLT 应负责对其内部时延进行补偿修正。

e) 当 ONU_i 接收到任意的下行帧 K 时，该 ONU 即可将 ToD 时钟的值设置为公式 (33)。需要注意对超帧计数翻转的处理。ONU 应在 (N , $Tstamp_N$) 值通过 OMCI 传送后的 10s 内完成同步。

$$Tstamp_N = Tsend_N + \Delta_{OLT} \quad (31)$$

式中：

YD/T 2402.3-2012

$$\Delta_{\text{eq}} = T_{\text{eqd}} \frac{n_{1577}}{n_{1270} + n_{1577}}$$

$$T_{\text{recv}_{N_i}} = T_{\text{stamp}_N} - \Delta_i \quad (32)$$

式中:

$$\Delta_i = (EqD_i + RspTime_i) \frac{n_{1577}}{n_{1270} + n_{1577}}$$

$$T_{\text{recv}_{K_i}} = T_{\text{recv}_{N_i}} + (K - N) \times 125.0 \mu\text{s} \quad (33)$$

如果在ToD时钟还未确定时ONU的均衡时延发生了调整,则ONU应对预计的 $T_{\text{recv}_{N_i}}$ 值进行等量的调整。这样ToD时钟可随着PON系统中的任何传输时延源移进行相应的调整。

假设OLT支持且仅支持一个ToD时钟域(对一个一般的XG-PON系统是确定的),则XG-PON的系统时钟可与ToD时钟同步,这样可允许ToD分配过程周期性的放缓。OLT支持多个ToD时钟域的情况超出了本部分的讨论范围。

12.2.4 性能分析

12.2.4.1 概述

本节中没有提出任何新的系统要求。性能分析要求是根据本标准中其他部分的规定计算推导得出的。

12.2.4.2 均衡时延精度

均衡时延的精度由DOW门限决定,依据2.488 32 Gbit/s的XG-PON上行线路速率,该精度值为 $\pm 8\text{bit}$,或约为 $\pm 3\text{ns}$ 。该精度远远小于整个系统 $\pm 1\mu\text{s}$ 的定时精度要求,因此该值可被忽略不计。

12.2.4.3 光纤传输时延

对于典型的SMF-28光纤, $n_{1270} = 1.4677$, $n_{1577} = 1.4686$ 。对折射率修正因子的估算值为: $\frac{n_{1577}}{n_{1270} + n_{1577}}$

$= 0.500153$ 。如果使用近似值0.5代替该常数,则会造成 170×10^{-6} 的同步误差,在一个 $200\mu\text{s}$ 的PON系统中即为 34ns 的误差。需要注意,不同的光纤可能会具有不同的绝对折射率,然而在 1270nm 和 1577nm 之间的相对色散则十分微小。

12.2.4.4 内部定时修正

对于OLT和ONU,内部逻辑计算和在作为参考点的光接口上触发事件,都会造成设备的内部时延,OLT和ONU都应对自身的内部时延进行修正补偿。在PON系统中,TDMA的要求决定了内部时延均是稳定的,其在一个测距声明周期内的精确度为上述的 $\pm 8\text{bit}$ 。虽然对PON设备的稳定性和可预测性没有专门的规范,但是可以认为周期之间的变化小于 $\pm 16\text{bit}$ (基于2.5Gbit/s的线路速率),对应下行链路中的两个不受控的串行-解串时延。即使这样,最后得出的 $\pm 6.4\text{ns}$ 的定时不确定度仍然是一个非常小的值。

13 性能管理

13.1 概述

本节描述链路故障的检测机制,以及链路状况的监控机制。

本节不包含那些应用性能监控信息的功能描述例如站点管理,带宽分配等等。

13.2 性能检测

为实现故障定位，OLT和ONU需要支持以下一系列的性能检测计数器。计数器数值可能会引发后续从越线告警到保护倒换等不同的处理操作。这些操作在本部分中不作规范。

表22中的计数器分为必选支持和可选支持两种。表22中OLT侧统计的性能检测计数器的数值存在两种情况：为单个ONU进行统计以及为全体ONU统一统计两种。

OLT通过OMCI通道获取ONU侧统计的性能检测计数器数值。

表22 性能检测参数

参 数	必选支持/ 可选支持	说 明	ONU侧是否支持 计数器收集	OLT侧是否支持单个 ONU计数器收集	OLT侧是否支持全体 ONU统一计数器收集
物理层性能检测					
纠正的FEC字节数	必选支持	FEC功能所纠正的 字节总数	支持，对于所有数据 交互都进行统计	如果ONU上行开启 FEC功能，则支持	不适用
纠正的FEC WORD数	必选支持	包含错误且被FEC 功能纠正的FEC码 字(word)总数	支持，对于所有数据 交互都进行统计	如果ONU上行开启 FEC功能，则支持	不适用
无法纠正的FEC WORD数	必选支持	包含错误且FEC功 能无法纠正的FEC 码字(word)总数	支持，对于所有数据 交互都进行统计	如果ONU上行开启 FEC功能，则支持	支持
总FEC码字数	必选支持	收到的总FEC码 字数	支持，对于所有数据 交互都进行统计	如果ONU上行开启 FEC功能，则支持	支持
收到被BIP-32保护 的总Word数	必选支持	收到被BIP-32保护 的4字节Word数目	不适用	支持	支持
BIP-32错误数	必选支持	BIP-32指示的比特 错误总数	不适用	支持	支持
PSBd HEC 错误数	可选支持	PSBd域中包含的 HEC错误	支持，对于所有数据 交互都进行统计	不适用	不适用
XGTC HEC 错误数	可选支持	XGTC帧头的HEC 错误	支持，对于所有数据 交互都进行统计	支持	不适用
未知的物理层参数 模板	可选支持	ONU因指定物理 层参数模板未知， 无法发送数据	支持	不适用	不适用
XGEM 性能检测					
发送的XGEM帧计数	必选支持	发送的XGEM帧 总数	支持	不支持	支持
每XGEM端口发送的 XGEM帧计数	可选支持	每XGEM端口发送 的XGEM帧总数	支持，按XGEM端口 统计	不支持	支持，按XGEM端口 统计
接收的XGEM帧计数	可选支持	接收的XGEM帧 总数	不支持	不支持	支持
每XGEM端口接收的 XGEM帧计数	可选支持	每XGEM端口接收 的XGEM帧总数	支持，按ONU所属的 XGEM端口统计	不支持	支持，按XGEM端口 统计
LF未置位的总发送 XGEM帧计数	可选支持	分片发送的帧计数	支持	不支持	支持
XGEM帧头HEC错误	必选支持	事件发生数目，包 含XGEM通道失步 错误	支持	支持	不支持

表22 (续)

参 数	必选支持/ 可选支持	说 明	ONU侧是否支持 计数器收集	OLT侧是否支持单个 ONU计数器收集	OLT侧是否支持全体 ONU统一计数器收集
因XGEM 帧HEC 错误导致XGTC帧 丢失的WORD数	可选支持	XGEM通道失步事 件的大致评估, 因 此 时 无 法 获 取 XGEM丢失帧数	支持	支持	不适用
XGEM密钥错误计数	必选支持	因未知或者非法密 钥导致的XGEM帧 丢弃计数。密钥包 含单播、广播密钥 以及密钥指示不正 确的情况。 本计数器被总接 收 XGEM 帧 计 数 器包含	支持	支持	不适用
PLOAM消息性能 检测					
SN grant计数	可选支持	ONU发现过程中 序列号发现带宽分 配次数计数	不适用	不适用	支持
PLOAM MIC错误	可选支持		支持	支持	不适用
PLOAM 超时计数	可选支持	重传计数: 包含未 收到、晚收到及错 误响应和没有收到 ACK等情况	不适用	不适用	支持
DG 计数	可选支持	含dying gasp指示 的突发接收次数	不适用	支持	不适用
下行PLOAM消息 计数	可选支持	下行PLOAM消息计 数, 含单播和广播	支持	支持	支持(支持广播)
物理层参数模板	可选支持		支持	不适用	支持
Assign_ONU-ID	可选支持		支持	不适用	支持
Ranging_Time	必选支持		支持	支持	支持
Deactivate_ONU-ID	可选支持		支持	不适用	支持
Disable_Serial_ Number	可选支持		支持	不适用	支持
Request_Registration	可选支持		支持	支持	不适用
Assign_Alloc-ID	可选支持		支持	支持	不适用
Key_Control	可选支持		支持	支持	支持
Sleep_Allow	可选支持		支持	支持	支持
上行PLOAM消息 计数	可选支持	统计ONU发出OLT 收到的除ACK之外 的PLOAM消息	支持	支持	不适用
Serial_Number_ONU	可选支持		支持	支持	支持

表22 (续)

参 数	必选支持/ 可选支持	说 明	ONU侧是否支持 计数器收集	OLT侧是否支持单个 ONU计数器收集	OLT侧是否支持全体 ONU统一计数器收集
Registration	可选支持		支持	支持	不适用
Key_Report	可选支持		支持	支持	不适用
Acknowledge	可选支持		支持	支持	不适用
Sleep_Request	可选支持		支持	支持	不适用
OMCI 性能检测					
OMCI基本格式消息 计数	可选支持		支持, 直接给ONU发 送的消息	支持	不适用
OMCI扩展格式消息 计数	可选支持		支持, 直接给ONU发 送的消息	支持	不适用
自动OMCI消息计数	可选支持		不支持	支持	不支持
OMCI MIC错误计数	可选支持		支持	支持	不适用
节能					
OLT/ONU在低功耗 节能状态的停留时间	可选支持	OLT/ONU在低功 耗节能状态的停留 时间	支持	支持	不适用

13.3 故障检测

表 23 中描述了 TC 层中故障告警检测要求。

表23 OLT 侧检测的故障告警

类 型	判定条件	判定执行操作	取消条件	取消执行操作	
LOBi	ONU _i 突发数据丢失	OLT连续四次无法定位ONU _i 发送的突发数据	OLT自主决定具体操作: 可以等待一段时间、改变带宽分配计划、去激活或者Disable ONU _i 、执行流氓ONU _i 检测操作等等	OLT成功接收到ONU _i 的上行突发数据	无
LOS	信号丢失	OLT连续四次未收到预定的上行突发数据帧(可能是主干光纤中断等)	OLT自主决定具体操作: 可以通过额外的诊断维护来确定是否PON口全部中断, 以及是否保护倒换	OLT检测到任一上行突发数据	无
TTWi	ONU _i 的干扰警告传输	ONU发送漂移超过TTW门限, 并在连续三次OLT通过Ranging_Time消息指示修正后上行发送漂移依然超过门限	OLT自主决定具体操作: 可以去激活或者Disable ONU _i 、执行流氓ONU _i 检测操作等等	ONU发送漂移没有超过DOW门限	无
SUFi	ONU _i 启动失败	ONU _i 测距失败, OLT此时检测到ONU _i 的序列号, 但ONU _i 无法完成启动过程	发送 Deactivate_ONU-ID PLOAM消息	ONU _i 成功测距	无
DFi	ONU _i 去激活失败	OLT通过一个或多个携带ONU序列号的Disable_Serial_Number消息去激活ONU, 但ONU仍连续响应上行带宽分配。此时需要OLT给该ONU分配带宽才能进行检测	OLT自主决定操作。 可包含流氓ONU _i 检测操作。此时相关联的ONU-ID和Alloc-ID可以被锁定不能用于再分配	ONU重新激活成功, 或者ONU被阻止上行发送数据	无

第2种是基于OMCI消息交互的双向认证，见附录C。

第3种是基于IEEE 802.1X消息交互的双向认证，见附录D。

XG-PON系统应同时具备三种认证方式的能力，但是否使用后两种认证方式完全取决于运营商的实际需求。换句话说，TC层实现应具备支持双向认证的能力，但设备本身不一定支持这些功能。

如果对ONU设备的认证失败，OLT应采取措施进行功能恢复，包括重复认证、拦截上下行数据流、去激活或禁用ONU、流氓ONU诊断处理等方法。

14.3.2 基于 registration ID 的认证

基于registration ID的认证机制仅适用于对ONU设备的认证，是XG-PON系统应强制采用的认证机制。要做到基于registration ID的认证，需具备如下前提：

- 在管理层面上将 registration ID 分配到用户；
- 将 registration ID 配置到 OLT，并提供给现场操作人员或直接投递给用户。

基于registration ID的认证方式需要某种方法将registration ID配置到ONU上，具体方法在本部分中不规范。

在ONU激活阶段，ONU响应测距授权，通过PLOAM通道将自己的registration ID上报给OLT，OLT基于接收到的registration ID对ONU进行认证。

在此之后，运营商可根据自己的诉求决定是否需要重新启动认证过程。重新认证的过程为：运营商通过Request_Registration PLOAM消息要求，ONU响应该请求并通过Registration PLOAM上报其registration ID，OLT根据接收到的registration ID信息对ONU再次进行认证。

如果运营商选择不向ONU提供registration ID，在激活和注册响应阶段，ONU应上报缺省的registration ID值。

14.3.3 安全的双向认证措施

本部分定义了两种可选的双向认证方式：基于OMCI的认证（见附录C）和基于IEEE 802.1x的认证（见附录D）。这两种方式不仅能够在OLT上认证ONU，也能够在ONU上认证OLT，以确保系统在局端和终端的安全性。

如果系统支持双向认证且运营商也选择启用双向认证，在ONU激活之后且在用户数据交互之前，OLT可启动双向认证。此后，由运营商决定是否需要启动重认证。

14.4 密钥的生成

14.4.1 概要

在如下条件下，OLT和ONU共同参与密钥的生成环节：

- a) 激活期间，ONU将其registration ID上报给OLT；
- b) ONU回应OLT的Request_Registration PLOAM请求，上报其registration ID；
- c) 基于OMCI或基于802.1x的双向认证通过。

14.4.2 加密方法

XG-PON系统可采用多种加密算法，具体算法应符合国家相应规定。在开启加密算法前，OLT与ONU应通过OMCI通道来协商加密算法。

YD/T 2402.3-2012

15 ONU 功耗管理

15.1 概述

本章涉及需要TC层支持的两个电源管理模式。一个是打盹模式，另一个是循环休眠模式，两者都通过OMCI实现。两模式都可与其他节能技术相结合。应支持打盹模式，可选支持循环睡眠模式。

15.2 功耗管理配置及信令

OLT使用OMCI来发现ONU的功耗管理能力，并配置它的功耗管理属性和模式。控制指定ONU的功耗管理行为，ONU和OLT维持一对功耗管理的状态机。ONU状态机和相应OLT状态机在局部状态操作校准。ONU和OLT状态机使用的主要信令机制是基于PLOAM消息的。在状态转换阶段产生输出PLOAM消息，ONU和OLT的状态机可以分成2种相互排斥的子集：全功耗状态和低功耗状态，只有在全功耗和低功耗状态子集间进行状态转换时，才产生输出的PLOAM消息。如果由一个定时器控制逗留在目标状态的转换时间，那么定时器直到真正有消息传输时才会开始计数，次要信令机制用来加速或唤醒一个睡眠ONU，Forced Wakeup Indication比特承载于BWmap分配结构中。

15.3 功耗管理参数定义

表25定义了基本的间隔，计时器和计数器。参数通过OMCI在ONU和OLT之间交换，局部参数定义仅适用于以下描述。

表25 功耗管理参数

参 数	描 述	定义方	告知方
Isleep	Isleep是ONU在它的Asleep或Listen状态花费的最大时间，计数125us1帧。Local wakeup indications (LWIs)存在于Asleep和Listen状态，或者是Listen状态远端事件中，可能会删减ONU在这些状态的停留时间	OLT	ONU, OLT
Tsleep	ONU本地计时器。进入Asleep状态后，ONU初始化Tsleep的值，其值等于或者小于Isleep	ONU	ONU
Iaware	Iaware是ONU花费在Aware状态前变为低功耗状态（Asleep或Listen）之前的最小时间，125us记1帧。在Iaware期间，本地或远端事件可能会使ONU进入ActiveHeld状态而不是返回低功耗状态	OLT	ONU, OLT
Taware	ONU本地计时器，进入Aware状态后初始化，其值等于或者大于Iaware曾经获得的下行同步值。在ONU重进入一个低功耗状态前，Taware在Aware状态控制暂停时间	ONU	ONU
Itransinit	完成收发器初始化时间，该时间要求当离开Asleep状态（同时打开接收器和发送器）时，ONU获得完整功能，在125us物理帧单位下测量。数值0表明该睡眠ONU可以无时延的响应带宽授权	ONU	ONU, OLT
Itxinit	发送器初始化时间：该时间要求当离开Listen状态（接收器打开时打开发送器）时获得完整功能，在125us物理帧单位下测量。数值0表明该打盹ONU可以无时延的响应带宽授权	ONU	ONU, OLT
Talerted	本地计时器的结束时间，OLT状态机在进入AwakeForced状态前仍处于警报状态。如果OLT尝试唤醒的ONU已经进入睡眠，Talerted为接收同步，非正式带宽授权和处理时间，至少应初始化Isleep+ Itransinit + round-trip delay + tolerances。如果OLT尝试唤醒的ONU已经进入打盹，Talerted为非正式带宽授权和处理时间，至少应初始化Itxinit + round-trip delay + tolerances	OLT	OLT
Clobi	在OLT的AwakeForced(i)状态下，信号丢失ONU i所丢失上行突发的计数器。如果Clobi c过期，OLT宣布对ONU的LOBi	OLT	OLT
Teri	OLT的本地握手计时器，在睡眠或打盹的ONU i的上行突发定义最新的瞬时。当OLT的状态机为给定ONU转换为低功耗状态，OLT重初始化并开始此计时器。如果Teri过期，OLT声明握手违规，尝试强行唤醒ONU	OLT	OLT
Ihold	在ActiveHeld状态的最小驻留	OLT	ONU, OLT
Thold	ONU本地计时器，在进入ActiveHeld状态后初始化为Ihold，且强制执行在ActiveHeld状态的最小驻留	ONU	ONU

15.4 功耗管理状态机

功耗管理行为由驻地OLT和ONU的一对状态机控制。当OLT状态机与ONU状态机名称类似时，两个状态机仅在局部操作校准。lock-step状态跟踪不是协议的目标。

15.4.1 ONU 状态机

ONU的功耗管理状态及其相应的语义描述见表26，输入事件见表27，状态转移图见图38，该状态转换和输出的规范标准见表28。

表26 ONU 功耗管理状态

状 态	语 义
ActiveHeld	ONU完全响应，转发下行流量，响应所有的带宽分配。不出现功耗管理状态转换。在此状态由Thold计时器强制执行最小驻留。 ONU发送Sleep_Request (Awake) PLOAM消息，在状态转移图中，缩写为SR(Awake)
ActiveFree	ONU完全响应，转发下行流量，响应所有的带宽分配。本地决定功耗管理状态转换
Asleep	ONU关闭接收器和发射器，在本地保留唤醒能力。如果没有来自本地的LWI因素，此状态将保持一定时间的Isleep。退出此状态前，ONU确保为全功耗状态的，已同步的，可以响应上行和下行流量及控制的
Listen	ONU接收器打开，发射器关闭。ONU接收下行信号，转发下行流量，保持在本地因素下重激活发射机的能力，或者接收来自OLT的SA (OFF) 的能力。如果没有来自本地的LWI因素或SA(OFF)或来自OLT的FWI，此状态将保持一定时间的Isleep。退出此状态前，ONU确保处于全功耗状态，并可以响应上行和下行对流量及控制
DozeAware SleepAware	ONU接收器和发送器打开，如果没有来自本地的LWI因素或来自OLT的SA(OFF)，此状态将保持一定时间的Isleep。ONU转发下行流量同时响应所有授权分配

表27 ONU 状态机输入

输入类别	输 入	语 义
PLOAM events	Sleep_Allow(ON)	OLT准许ONU运行任何功耗模式，由ONU判断选择离开打盹或循环睡眠模式
	Sleep_Allow(OFF)	OLT不允许运行功耗管理模式
Bit-indication event	Forced Wakeup Indication, FWI	将FWI做为分配结构的一个标识发送，OLT要求立刻唤醒同时转换为全功耗状态
Timer events	Thold expiration	出现在ActiveHeld状态，控制在此状态的最小驻留
	Taware expiration	出现在DozeAware和SleepAware状态，控制在此状态的最小驻留
	Tsleep expiration	出现在Asleep 和Listen状态，控制在此状态的最小驻留
Local events	Local sleep indication, LSI	ONU没有本地原因留在全功耗状态，将运行循环睡眠功耗管理模式
	Local doze indication, LDI	ONU没有本地原因留在全功耗状态，将执行打盹功耗管理模式
	Local wakeup indication, LWI	本地因素，目的为阻止ONU运行任何功耗管理模式

注：LSI, LDI, 和LWI事件是由ONU的三种状态（Awake/Sleep/Doze）理论推导得出的

表28 ONU 状态转移和输出

输 入	ONU 功耗管理状态					
	(1) ActiveHeld	(2) ActiveFree	(3) SleepAware	(4) Asleep	(5) DozeAware	(6) Listen
FWI	*	→ (1)	→ (1) /SR(Awake)		→ (1) /SR(Awake)	→ (1) /SR(Awake)
SA (OFF)	*	→ (1)	→ (1) /SR(Awake)		→ (1) /SR(Awake)	→ (1) /SR(Awake)

YD/T 2402.3-2012

表 28 (续)

输入	ONU 功耗管理状态					
	(1) ActiveHeld	(2) ActiveFree	(3) SleepAware	(4) Asleep	(5) DozeAware	(6) Listen
SA (ON)	→ (2) Upon Thold exp.	*	*		*	*
LWI	*	*	→ (1) /SR(Awake)	→ (1) /SR(Awake)	→ (1) /SR(Awake)	→ (1) /SR(Awake)
LSI		→ (3) /SR(Sleep)	*	*		
LDI		→ (5) /SR(Doze)			*	*
Tsleep exp.				→ (3)		→ (5)
Taware exp.			→ (4)		→ (6)	

注：*为自转换；阴影方格意为在此输入不适合所给定的状态

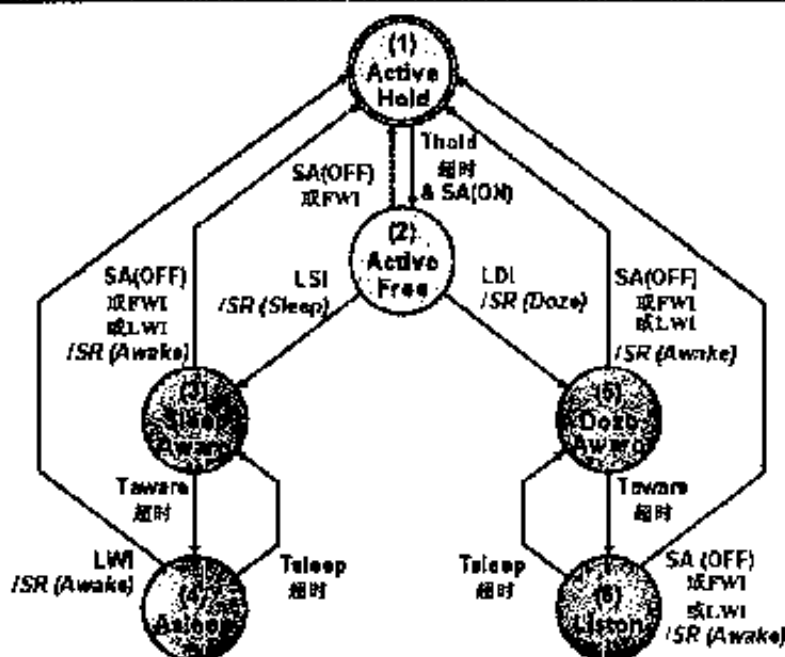


图38 ONU 状态转移图

ActiveHeld状态的最小停留时间由Thold计时器控制，ONU进入ActiveHeld状态后初始化为Thold。当Thold过期，如果SA消息参数值为开或者收到SA（ON）消息，ONU则进入ActiveFree状态。

15.4.2 OLT 状态机

OLT的功耗管理状态及其相应的语义描述见表29，输入事件见表30。状态转移图见图39，该状态转换和输出的规范标准见表31。

表29 OLT 功耗管理状态

状 态	语 义
AwakeForced	OLT为ONU i提供正常分配, 转发下行流量, 期望收到每个带宽授权, OLT检测到Clobi, 会声明LOBi
AwakeFree	OLT为ONU i提供正常分配, 转发下行流量, 已经收到一个来自ONU的功耗管理转换指示。 转换进入此状态时, OLT发送一个Sleep_Allow (ON)PLOAM消息, 这样授权ONU自行判断进入一个低功耗状态。 OLT希望每个带宽授权都能收到响应, 如果丢失了AwakeForced状态转换指示, 可以显示LOBi指示, 有两个稳定状态组合涉及到OLT的状态机的AwakeFree状态, ONU状态机既可在AwakeFree状态, 也可在ActiveHeld状态
LowPowerDoze LowPowerSleep	OLT支持ONU在低功耗状态, OLT为ONU提供基本分配, 但是希望仅周期性收到来自ONU的带宽授权响应, 由不同计时器定义, 在low power doze状态, OLT转发下行流量, 在low power sleep状态, OLT可缓存下行流量
AlertedDoze AlertedSleep	OLT尝试唤醒ONU, 在状态转换时发送Sleep_Allow (OFF)消息, OLT用PLOAMu标志给ONU设置FWI比特, OLT仅在LowPowerDoze或LowPowerSleep状态为ONU转发, 丢弃或缓存下行流量, 如果OLT收到来自ONU的突发, 此突发包括一个Sleep_Request (Awake)PLOAM消息, 或计时器Talented, 则OLT进入AwakeForced状态

表30 OLT 状态机输入

输入类别	输 入	语 义
PLOAM events	SleepRequest(Doze)	ONU通知OLT在此瞬时运行打盹功耗管理模式
	SleepRequest(Sleep)	ONU通知OLT在此瞬时运行循环睡眠功耗管理模式
	SleepRequest(Awake)	ONU通知OLT在此瞬时为全功耗模式
Timer events	Teri expiration	仅发生在LowPowerDoze 和 LowPowerSleep状态, 指明ONU违反低功耗参数
	Talented expiration	仅发生在LowPowerDoze 和 LowPowerSleep状态, 指明在OLT的需求下, ONU唤醒失败
Local events	Local wakeup indication, OLT-LWI	本地唤醒指示及其相反指示, 在缺乏本地因素的情况下, 各自维持ONU的全功耗状态

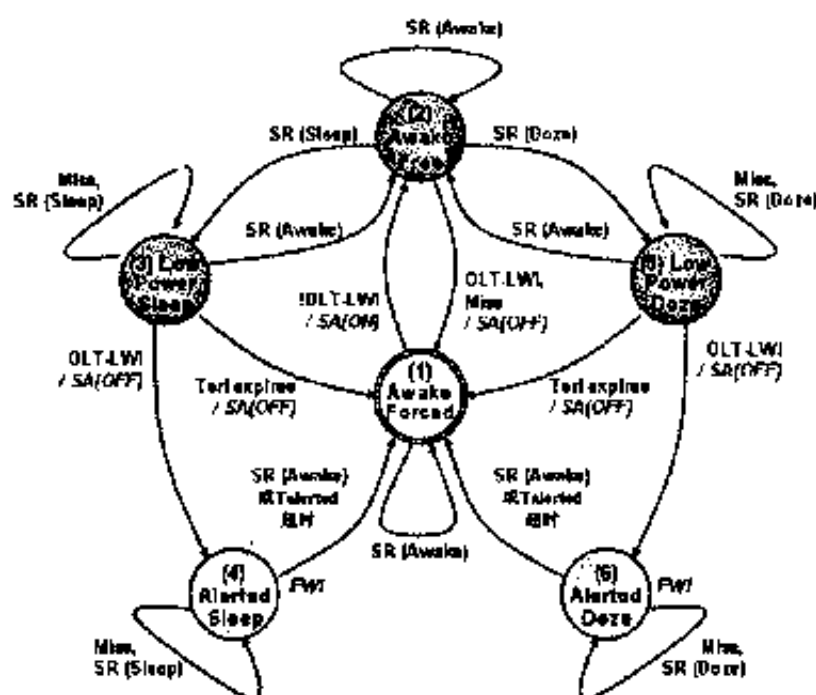


图39 OLT 状态转移图 (初始状态循环)

附录 A
(规范性附录)
HEC 编码和扰码序列

A.1 HEC 编码

混合纠错结构见图A.1。XG-PON系统中HEC用在多个地方。在XGTC帧头，是19bit的保护域，产生一个32bit的结构。在BWmap和XGEM应用中，是51bit的保护域，产生一个64bit的结构。为计算HEC，19字节的保护域预填为32个0。

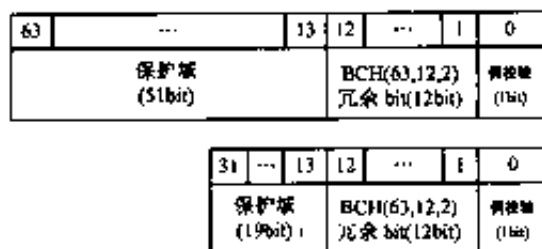


图 A.1 混合纠错结构

HEC是双重纠错检验，三重错误检测编码。包括2部分，第1部分是BCH(63, 12, 2)编码。此编码产生的多项式是 $x^{12} + x^{10} + x^8 + x^5 + x^4 + x^3 + 1$ 。应用于保护域（51bit），因此63bit的结果是由产生的多项式均匀整除的。此编码的属性是每一个单独的纠错和每个双重纠错都有一个唯一的12位集合。因此，所有此类纠错都可以被检验。同时，三重错误检测也可以产生集合，匹配双重纠错集合或非法代码，但是没有三重纠错检测来匹配单一纠错集合。正是这最后一个属性，它允许一个单一的校验位来检测并排除三重错误。

此编码纠错集合见表A.1。注意比特63bit是51bit保护域的第一位，比特1是下一个HEC的最后一比特。位置0（最后一比特）保留用来偶数校验位。19位保护域的第1比特是比特31。

表 A.1 HEC 纠错集合

差错比特位	集合(16进制)	差错比特	集合(16进制)	差错比特	集合(16进制)	差错比特	集合(16进制)
63	A9C	47	A09	31	B04	15	1DD
62	54E	46	F98	30	582	14	A72
61	2A7	45	7CC	29	2C1	13	539
60	BCF	44	3E6	28	BFC	12	800
59	F7B	43	1F3	27	5FE	11	400
58	D21	42	A65	26	2FF	10	200
57	C0C	41	FAE	25	BE3	9	100
56	606	40	7D7	24	F6D	8	080
55	303	39	977	23	D2A	7	040
54	B1D	38	E27	22	695	6	020
53	F12	37	D8F	21	9D6	5	010
52	789	36	C5B	20	4EB	4	008
51	958	35	CB1	19	8E9	3	004
50	4AC	34	CC4	18	EE8	2	002
49	256	33	662	17	774	1	001
48	12B	32	331	16	3BA	0	N/A (prty)

YD/T 2402.3-2012

因为有63个单一纠错集合，1953个双重纠错集合，12bit空间一共有4095个集合，所以有2079个码位未使用。这些未使用的代码被认为是非法的，因为它们只能产生于三个或更多的纠错。

HEC的第2部分是一个简单校验比特。这个校验位设置使得保护域+HEC的总数为偶数。帧头为奇数个纠错校验。请注意，计算BCH码不包括校验比特，但计算校验比特包括算BCH码。表A.2举例说明了一些有效的64bit HEC保护结构，可以用来检测编码和解码的过程。

表 A.2 有效的 64bit HEC 保护结构（16 进制）

58472D504F4E0A55	204B616E692C1748	69726F616B690C8B
2077617320701574	204A6F652D530247	204D756B61690A22
726F64756365128E	6D6974682C201A23	2C20446176651A73
64207468616E1A18	5269636861720A6E	20486F6F642C0F79
6B7320746F201705	6420476F6F64176E	20576569204C04F2
416E6E6120430915	736F6E2C20440F00	696E2C20616E05E9
75692C204661159F	656E6973204B1780	64206F6620631C47
6272696365200372	686F74696D731F44	6F757273652C0405
426F75726761033D	6B792C205975155F	204672616E6B0601
72742C204A751760	616E7169752005E8	20456666656E1897
6E2D6963686908A8	4C756F2C204817D2	6265726765720486

表A.3举例说明了一些有效的32bit HEC保护结构。

表 A.3 有效的 32bit HEC 保护结构（16 进制）

58470E66	696E07CC	6B201FCB
2D5011A6	20731B4E	4861190A
4F4E03DA	7069115E	6A6411EA
20680AD7	746518A3	75631541
6170070D	206F1E9B	7A650166
70651D5D	65200F13	6E691F63
6E651360	4D61022E	612E011B
642018D4	72650A9A	2020162F

HEC可以通过计算集合在接收端进行解码，并在接收方校验，然后运用下面所述的逻辑。

表 A.4 说明了 HEC 验证结果，显示了基本事件和帧头可用性的每个 BCH 分组码解码和校验结果的组合（应用纠错检验后）的最大可能性的组合。

表 A.4 HEC 验证（最大可能性/可用性）

BCH 块解码结果	校验位检查结果	
	成 功	失 败
无错	无错 / 保护域 OK	校验位错误/保护域 OK
单错	单块编码错误+校验比特错误/保护域 BCH 可纠正	单块编码错误/保护域 BCH 可纠正
双错	双块编码错误/保护域 BCH 可纠正	三重块编码错误/保护域不可纠正
不可纠正	多重比特错误/保护域不可纠正	多重比特错误/保护域不可纠正

A.2 扰码器序列

表A.5给出了2进制和16进制的扰码器顺序的前256比特（假设超帧计数器等于零）。

表 A.5 扰码序列举例

0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0001	1111	1100	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0011	1111
1	F	C	0	0	0	0	0	0	0	3	F
1000	0000	0000	0111	1111	0000	0000	0000	0111	1111	0000	0000
8	0	0	7	F	0	0	0	7	F	0	0
0000	0000	0000	0000	0000	0001	0000	0010	0000	0000	0001	1111
0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	F
1100	0000	0000	0010	0000	0100	0000	0000	0111	1111	0000	0000
C	0	0	2	0	4	0	0	7	F	0	0
0000	0011	1111	1000								
0	3	F	8								

附录 B

(规范性附录)

使用缩短 RS 编码的前向纠错

B.1 Galois域的多项式表现

二进制多项式见公式 (B.1) :

$$f(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1 \text{ 含1个根 } \alpha \quad (\text{B.1})$$

$f(\alpha) = 0$, 定义一个有限域见公式 (B.2) :

$$\text{GF}(2^8) = \{0, 1, \alpha^1, \dots, \alpha^{254}\} \quad (\text{B.2})$$

n 个矢量8bit符号

$$(B_{n-1}, B_{n-2}, \dots, B_1, B_0)$$

可作为一个由 $\text{GF}(2^8)$ 的系数多项式表示, 见公式 (B.3) 和 (B.4) :

$$B(z) = B_{n-1}(\alpha)z^{n-1} + B_{n-2}(\alpha)z^{n-2} + B_1(\alpha)z^1 + B_0(\alpha) \quad (\text{B.3})$$

$$B_j(\alpha) = b_{7,j} \cdot \alpha^7 + b_{6,j} \cdot \alpha^6 + \dots + b_{1,j} \cdot \alpha^1 + b_{0,j} \cdot \alpha^0 \quad (\text{B.4})$$

同时 $(b_{7,j}, b_{6,j}, \dots, b_{0,j})$ 是符号 B_j 的比特。

B.2 RS(248,232) 码字结构

生成多项式为公式 (B.5) :

$$G(z) = \prod_{i=0}^{15} (z - \alpha^i) \quad (\text{B.5})$$

该FEC码字包含232字节的信息, 16校验字节, 是由 $\text{GF}(2^8)$ 系数多项式表示, 见公式 (B.6) :

$$C(z) = I(z) \cdot z^{16} + R(z) \quad (\text{B.6})$$

消息字节表示为公式 (B.7) :

$$I(z) = D_{231} \cdot z^{231} + D_{230} \cdot z^{230} + \dots + D_0 \cdot z^0 \quad (\text{B.7})$$

$D_j (j = 0 \text{ to } 231)$ 是消息字节表示为公式 (B.8) :

$$D_j = d_{7,j} \cdot \alpha^7 + d_{6,j} \cdot \alpha^6 + \dots + d_{1,j} \cdot \alpha^1 + d_{0,j} \quad (\text{B.8})$$

校验符号多项式表示为公式 (B.9) :

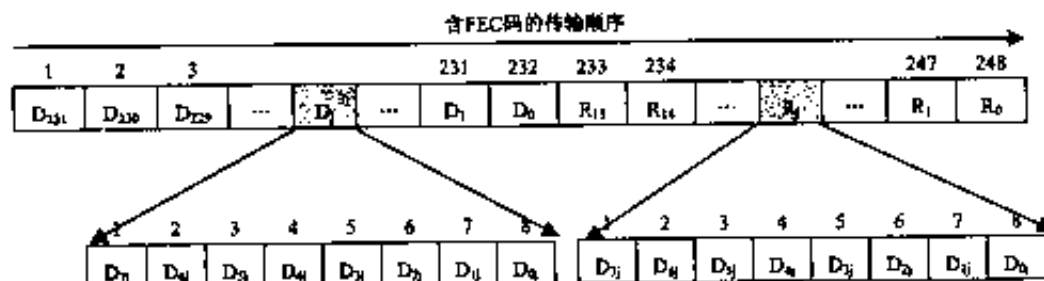
$$R(z) = R_{15} \cdot z^{15} + R_{14} \cdot z^{14} + \dots + R_1 \cdot z^1 + R_0 \quad (\text{B.9})$$

计算为公式 (B.10) :

$$R(z) = I(z) \cdot z^{16} \bmod G(z) \quad (\text{B.10})$$

其中“MOD”是代码生成多项式 $G(z)$ 模数计算。

传输顺序见图B.1。



图B.1 RS(248, 232)码字传输顺序

如果信息的字节码字数目 L 大于232，那么 $(L-232)$ 高阶系数设置 $I(z)$ 为零，并没有在通信链路上传输。

B.3 RS(248, 216)码字结构

产生的多项式为公式(B.11)：

$$G(z) = \prod_{i=0}^{31} (z - \alpha^i) \quad (\text{B.11})$$

该FEC码字包含216字节的信息，32校验字节，是由 Z 的 $GF(2^8)$ 系数多项式表示，见公式(B.12)：

$$C(z) = I(z) \cdot z^{32} + R(z) \quad (\text{B.12})$$

消息字节表示为公式(B.13)：

$$I(z) = D_{215} \cdot z^{215} + D_{214} \cdot z^{214} + \dots + D_0 \cdot z^0 \quad (\text{B.13})$$

$D_j (j=0 \text{ to } 215)$ 是消息字节表示为公式(B.14)：

$$D_j = d_{7j} \cdot \alpha^7 + d_{6j} \cdot \alpha^6 + \dots + d_{1j} \cdot \alpha + d_{0j} \quad (\text{B.14})$$

校验符号多项式表示为公式(B.15)：

$$R(z) = R_{31} \cdot z^{31} + R_{30} \cdot z^{30} + \dots + R_1 \cdot z^1 + R_0 \quad (\text{B.15})$$

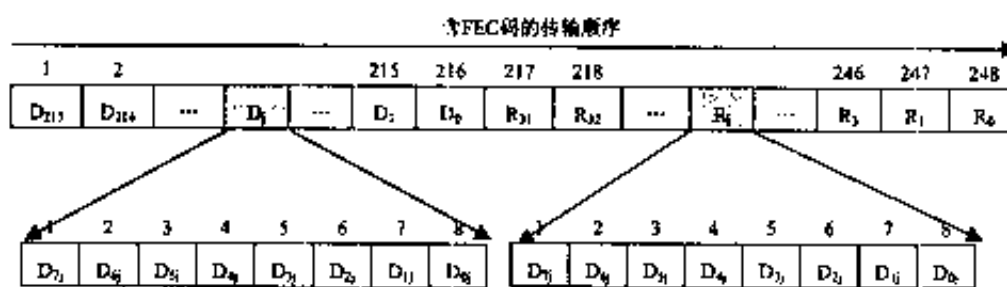
计算为公式(B.16)：

$$R(z) = I(z) \cdot z^{32} \bmod G(z) \quad (\text{B.16})$$

其中“MOD”是代码生成多项式 $G(z)$ 模数计算。

图B.2为传输顺序。

YD/T 2402.3-2012



附 录 C

（ 规范性附录 ）

基于 OMCI 消息交互的双向认证

本过程使用增强安全控制管理实体（ME）定义，执行3步hash-based认证。ONU注册后，OLT可以通过写一个OLT random challenge 初始化相互认证过程。相关ME和认证状态图详见ITU-T G.9889.13.11条。

下列经过OMCI成功交互认证（或重认证），OLT和ONU共享一个主会话密钥（MSK）定义如下：

MasterSessionKey = SelectedHashFunction (PSK,OLT random_challenge|ONU random challenge),

SelectedHashFunction ()是ONU从OLT提供的列表中选择哈希功能，PSK是OMCI中预共享的密钥，“|”标识字节串连。

附录 D

(规范性附录)

基于 IEEE 802.1x 消息交互的双向认证

D.1 简介

IEEE 802.1x是链路层认证，端口接入控制和密钥建立的协议。为验证（如密码，公钥等）所使用的特定凭证不属于IEEE802.1x标准的一部分。IEEE 802.1x封装了IETF的可扩展身份验证协议（EAP），支持多种类型的证书（例如密码，基于RSA的公钥，智能卡等）以及用于协商认证能力和策略机制的数据包。IEEE 802.1x和EAP详见IEEE 802.1x、IETF RFC 3748和IETF RFC 5247。

请注意，IEEE 802.1x功能在ITU-T G.988支持9.3.14~9.3.17节的目的是允许受信任的ONU认证未信任的CPE，与本附件描述的IEEE 802.1x认证无关。

D.1.1 IEEE 802.1x认证网络模型

图D.1为XG-PON中IEEE 802.1x的通用结构。

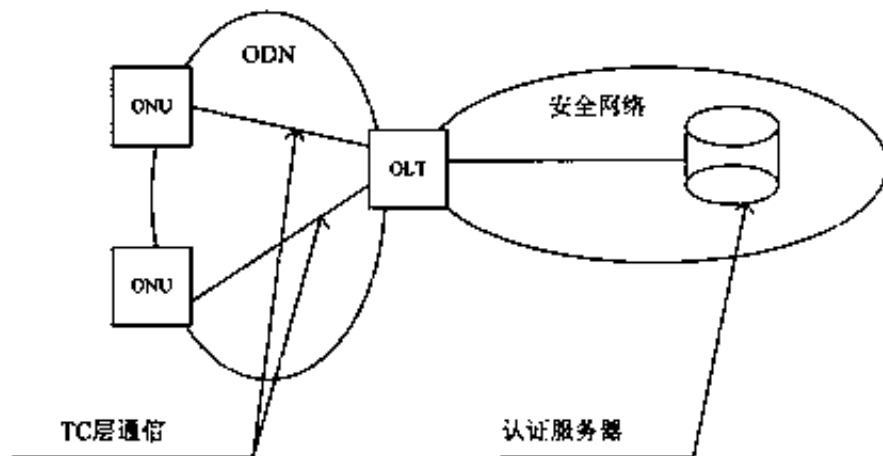


图 D.1 XG-PON 基于 IEEE 802.1x 认证

在此模型中：

——ONU 通过 ODN 保持物理的不安全 TC 层连接到 OLT；

——OLT 保持物理的安全性或逻辑的安全性连接到一个认证服务器。OLT 和认证服务器间的通讯通常（但不是必须）使用一个策略协议，例如 RADIUS。认证服务器可与 OLT 为同一物理实体。

IEEE 802.1x协议用来执行OLT和ONU间的交互认证。认证成功后，OLT为认证的ONU提供全部网络连接。成功的认证过程结果，创建了一个主会话密钥（MSK），用来保证OLT和ONU在随后的派生密钥。

D.1.2 XG-PON的IEEE 802.1x认证证书

IEEE 802.1x的EAP机制有若干种认证证书。每个支持的证书类型与EAP程序名称和EAP类型相关。XG-PON协议根据本地操作者的策略，允许使用各种EAP类型，但是XG-PON系统不允许使用不支持交互认证和主密钥产生的EAP类型。

为了保证互操作性，所有XG-PON OLT和ONU支持IEEE 802.1x认证，执行IETF RFC 5433所规定的EAP-GPSK方法，提供基于“预共享”密钥的用户认证（即口令可能是分布式通过电话或其他带外机制）。用户标识和相关的预共享密钥配置在ONU设备和相关的执行的认证服务器。

一些运营商可能会对基于公共密钥加密的设备认证感兴趣。OLT和ONU在这样的情况执行IETF RFC 5216所规定的EAP-TLS认证协议。用户标识符和相关证书置备到ONU设备和相关执行的认证服务器。

D.2 XG-PON使用IEEE 802.1X的协议栈模型

IEEE 802.1x在XG-PON协议栈中（OLT与ONU），逻辑上位于XGEM客户端之上，MAC客户端之下，如图D.2所示。

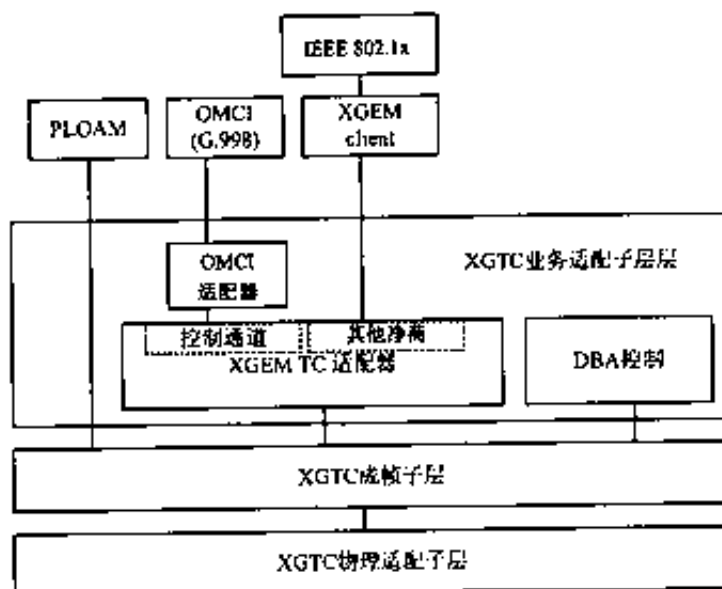


图 D.2 IEEE 802.1x 认证协议栈模型

认证前，IEEE 802.1x阻止用户的以太网报文传送到MAC客户端。ONU和OLT成功认证后，在MAC客户端和TC层之间传送帧。

在PLOAM和OMCI层之间，帧是自由交换的，哪怕ONU是未认证的，因为这些是低于IEEE 802.1x实体的协议栈。

D.3 网络入口行为

ONU激活过程完成后，任何传输的流量可以从ONU发送，之前OLT可以开始IEEE 802.1x程序（根据本地策略）。

ONU注册之后，任何用户流量交换之前，OLT执行IEEE 802.1x交换给认证ONU（通过给认证中的ONU发送EAPOL请求标识帧）。OLT丢弃所有源自ONU的以太网报文，除了来自IEEE 802.1x认证的EAPOL帧。只有当IEEE 802.1x认证成功完成后，OLT才接收所有来自ONU发出的流量。认证成功完成的定义是发送或接收EAP成功消息。

图D.3为IEEE 802.1x EAPOL报文在XGEM帧中的封装

YD/T 2402.3-2012

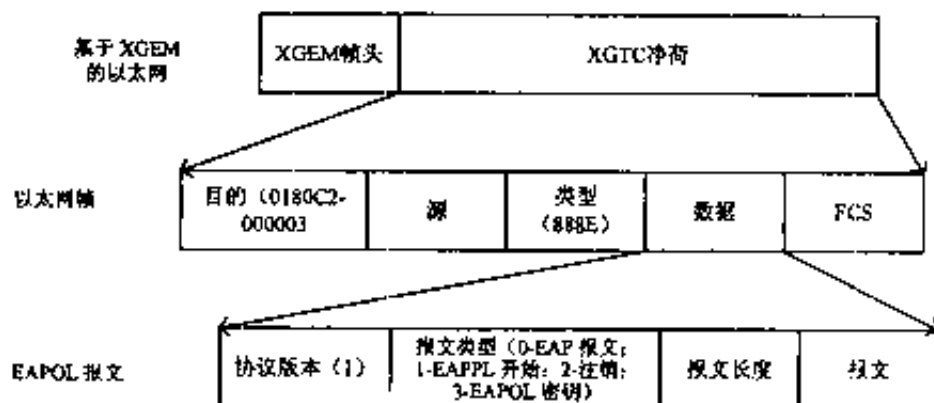


图 D.3 XGEM 中的 EAPOL 报文封装

一旦基于IEEE 802.1x相互认证成功，OLT和认证的ONU根据EAP类型共享一个通用的至少64字节长度的加密值。

中 华 人 民 共 和 国
通 信 行 业 标 准
接 入 网 技 术 要 求
10Gbit/s 无源光网络 (XG-PON)
第 3 部分: XGTC 层要求
YD/T 2402.3-2012

*

人民邮电出版社出版发行
北京市崇文区夕照寺街 14 号 A 座
邮政编码: 100061
宝隆元 (北京) 印刷技术有限公司印刷
版权所有 不得翻印

*

开本: 880 × 1230 1/16 2013 年 3 月第 1 版
印张: 5.75 2013 年 3 月北京第 1 次印刷
字数: 155 千字

15115 · 11

定价: 60 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010)67114922