



中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1949.2-2009

接入网技术要求 ——吉比特的无源光网络（GPON） 第2部分：物理媒质相关（PMD）层要求

Technical requirements for access network –
Gigabit-capable passive optical network (GPON)
Part2: Physical media dependent (PMD) layer requirements

2009-06-15 发布

2009-09-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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 ODN 物理配置	2
5 物理媒质相关 (PMD) 层要求	3
5.1 数字信号标称速率	3
5.2 物理媒质和传输模式	6
5.3 线路速率	7
5.4 线路码型	7
5.5 工作波长	7
5.6 O_{ld} 和 O_{ru} 处的发射机	7
5.7 O_{ld}/O_{ru} 和 O_{rd}/O_{lu} 之间的光通道	10
5.8 O_{rd} 和 O_{lu} 的接收机	10
6 PMD 层和 TC 层的交互	12
6.1 概述	12
6.2 前向纠错	12
6.3 ONU 发射机的功率调节机制	13
6.4 上行物理层开销	14
附录 A (资料性附录) 物理层开销时间的分配	15
附录 B (资料性附录) 功率调节机制的描述与示例	17
附录 C (资料性附录) 下行 2.488Gbit/s、上行 1.244Gbit/s 速率的 GPON 系统最佳实现	20

前 言

《接入网技术要求——吉比特的无源光网络（GPON）》分为4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：传输汇聚（TC）层要求
- 第4部分：ONT管理控制接口（OMCI）要求

本部分为《接入网技术要求——吉比特的无源光网络（GPON）》的第2部分。

本部分与ITU-T G.984.2《吉比特无源光网络（GPON）：物理媒质相关（PMD）层规范》的一致性程度为非等效，本部分与ITU-T G.984.2的主要差异为：

- 本部分规定GPON PMD层仅支持1.244Gbit/s的上行线路速率，但不排斥更高上行线路速率的实现；
- 本部分未采纳A类ODN对应的光接口参数；
- 本部分规定的B+类ODN对应的光接口参数为强制性要求；
- 采用完全不同的章节结构。

《接入网技术要求——吉比特的无源光网络（GPON）》是无源光网络（PON）系列标准之一，该标准系列的名称和结构预计如下：

- YD/T 1077-2000《接入网技术要求——窄带无源光网络（PON）》
- YD/T 1090-2000《接入网技术要求——基于ATM的无源光网络（A-PON）》
- YD/T 1250-2003《接入网设备测试方法——基于ATM的无源光网络（A-PON）》
- YD/T 1475-2006《接入网技术要求——基于以太网的无源光网络（EPON）》
- YD/T 1531-2006《接入网设备测试方法——基于以太网方式的无源光网络（EPON）》
- YD/T 1771-2008《接入网技术要求——EPON系统互通性》
- YD/T 1805-2008《接入网设备测试方法——EPON系统互通性》

随着技术的发展，还将制定后续的相关标准。

本部分中的附录A、附录B和附录C为资料性附录。

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、上海贝尔阿尔卡特股份有限公司、华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、武汉邮电科学研究院、UT斯达康（重庆）通讯有限公司、上海西门子移动通信有限公司

本部分主要起草人：陈洁、敖立、党梅梅、刘谦、程强、赵苹、葛坚、李云洁、周惠琴、黄伟、陆伟

接入网技术要求——吉比特的无源光网络(GPON)

第2部分：物理媒质相关(PMD)层要求

1 范围

本部分规定了吉比特无源光网络（GPON）系统的物理媒质相关（PMD）层要求，以及PMD层和传输汇聚（TC）层之间的交互。

本部分规定的GPON系统上、下行传输速率为吉比特级。

本部分适用于公众电信网环境下的GPON设备，专用电信网也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。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部分。然而，鼓励根据本部分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部分。

GB/T 9771(所有部分)	通信用单模光纤系列
GB/T 20185-2006	同步数字体系设备和系统的光接口技术要求
ITU-T G.982-1996	支持速率高于或等于 ISDN 基本速率业务的光纤接入网
ITU-T G.983.1-1998	基于无源光网络（PON）的宽带光纤接入系统

3 缩略语

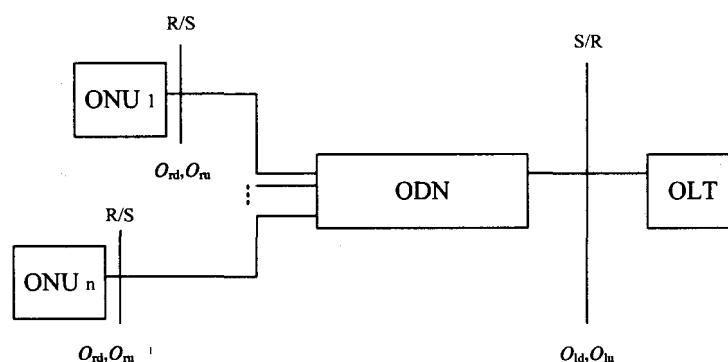
下列缩略语适用于本部分。

APD	Avalanche Photodiode	雪崩光电二极管
ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步传输模式
BER	Bit Error Ratio	误码率
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network	宽带综合业务数字网
CID	Consecutive Identical Digit	连续相同数字
DFB	Distributed FeedBack laser	分布式反馈激光器
DSL	Digital Subscriber Line	数字用户线
E/O	Electrical/Optical	电/光
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
FTTH	Fibre to the Home	光纤到户
GPON	Gigabit-capable Passive Optical Network	吉比特无源光网络
ISDN	Integrated Services Digital Network	综合业务数字网
MLM	Multi-Longitudinal Mode	多纵模
MPN	Mode Partition Noise	模式分配噪声
NRZ	Non Return to Zero	不归零（码）
O/E	Optical/Electrical	光/电

OAN	Optical Access Network	光接入网
ODF	Optical Distribution Frame	光配线架
ODN	Optical Distribution Network	光分配网
OLT	Optical Line Termination	光线路终端
ONU	Optical Network Unit	光网络单元
ORL	Optical Return Loss	光回损
PIN	Photodiode without Internal Avalanche Gain	无内部雪崩增益的光电二极管
PMD	Physical Media Dependent	物理媒质相关
PON	Passive Optical Network	无源光网络
PRBS	Pseudo Random Bit Sequence	伪随机序列
RMS	Root Mean Square	均方根值
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字系列
SLM	Single-Longitudinal Mode	单纵模
SNI	Service Node Interface	业务节点接口
SOA	Semiconductor Optical Amplifier	半导体光放大器
TC	Transmission Convergence	传输汇聚
TDM	Time Division Multiplexing	时分复用
TDMA	Time Division Multiple Access	时分多址接入
Tp _{lo}	Time of Physical Layer Overhead	物理层开销时间
UI	Unit Interval	单位间隔
UNI	User Network Interface	用户网络接口
WDM	Wavelength Division Multiplexing	波分复用

4 ODN 物理配置

ODN 通用物理配置模型如图 1 所示。



S: 在 OLT (下行) 或 ONU (上行) 输出光纤上的光连接点
R: 在 ONU (下行) 或 OLT (上行) 输入光纤上的光连接点
 O_{nd} : ONU 侧 R/S 参考点处下行光接口
 O_{nu} : ONU 侧 R/S 参考点处上行光接口
 O_{ld} : OLT 侧 S/R 参考点处下行光接口
 O_{lu} : OLT 侧 S/R 参考点处上行光接口

图 1 ODN 通用物理配置

ODN 中两个光传输方向分别定义如下：

- 下行方向定义为光信号从 OLT 至 ONU；
- 上行方向定义为光信号从 ONU 至 OLT。

上下行的传输可以在同一光纤和器件（双向/双工工作）或分离的光纤和器件中进行（单向工作）中进行，推荐采用单纤双向传输方式。

5 物理媒质相关（PMD）层要求

5.1 数字信号标称速率

GPON 系统的线路传输速率应为 8kHz 的倍数，其标称线路速率（下行/上行）有两种，分别为：

- 1244.16Mbit/s/1244.16Mbit/s
- 2488.32Mbit/s/1244.16Mbit/s

本标准不排斥更高上行线路速率的实现。更高上行线路速率的 PMD 层具体要求待研究。

上、下行标称速率和对应的参数分类见表 1。

表 1 上、下行标称速率和对应的参数

传输方向	标称速率	对应的参数
下行	1244.16Mbit/s	表 3(下行, 1244Mbit/s)
	2488.32Mbit/s	表 4(下行, 2488Mbit/s)
上行	1244.16Mbit/s	表 5(上行, 1244Mbit/s) 表 6(上行, 1244Mbit/s)

ODN PMD 层参数见表 2，上、下行各种线路速率类型对应的 PMD 层参数分别见表 3～表 6。

表 2～表 6 中的所有参数值都是最坏条件下的值，即假定运行条件（如温度和湿度范围）超过了标准的范围并包含了老化效应，与之相对应的是在极端光通道衰减和色散条件下光传输段的 BER 设计目标不劣于 1×10^{-10} 。

表 2～表 6 是在不使用 FEC 条件下的规定。当 GPON 系统采用 FEC 时，可以支持表 2 中 ODN 的衰减范围，但发射机和接收机的性能可劣于表 3～表 6 的规定。

表 2 ODN PMD 层参数

项 目	单 位	规 范
光纤类型 ^a	—	GB/T 9771-2000
衰减范围	dB	B 类: 10~25 ^b C 类: 15~30
光通道损耗差	dB	15
最大光通道代价	dB	1 ^c 0.5 (B+类 ODN)
最大逻辑距离	km	60 ^d
最大逻辑距离差	km	20
S/R 和 R/S 点之间的最大光纤距离	km	20
支持的最小分路比	—	受光通道损耗的限制，可支持 32 或 64 分路
双向传输	—	1 根光纤 WDM 或 2 根光纤
维护波长	nm	待定
^a 对未来距离的扩展 (>20km)，不同类型光纤的应用待研究。 ^b B+类光通道损耗预算处于 B 类和 C 类之间。 ^c 参见表 5 中的脚注 ^d 。 ^d 由系统较高层（MAC 层、TC 层和测距）管理的最大距离，待研究		

表 3 1244Mbit/s 下行方向的光接口参数

项 目	单 位	单 纤		双 纤	
OLT 发射机（光接口 O_{ld} ）					
标称速率	Mbit/s	1244.16		1244.16	
工作波长	nm	1480~1500		1260~1360	
线路码型	—	扰码的 NRZ		扰码的 NRZ	
发射机眼图模板	—	图 2		图 2	
在发射机波长上测量的设备的最大反射	dB	N.A		N.A	
O_{lu} 和 O_{ld} 处 ODN 的最小 ORL ^{a b}	dB	大于 32		大于 32	
ODN 类别		B	C	B	C
最小平均发射功率	dBm	+1	+5	+1	+5
最大平均发射功率	dBm	+6	+9	+6	+9
发射机无输入信号时的发射光功率	dBm	NA		NA	
消光比	dB	大于 10		大于 10	
发射机入射光功率容限	dB	大于-15		大于-15	
MLM 激光器—最大 RMS 谱宽	nm	N.A		N.A	
SLM 激光器—最大-20dB 谱宽	nm	1		1	
SLM 激光器—最小边模抑制比	dB	30		30	
ONU 接收机（光接口 O_{rd} ）					
在接收机波长上测量的设备的最大反射	dB	小于-20		小于-20	
误码率	—	小于 10^{-10}		小于 10^{-10}	
ODN 类别		B	C	B	C
最小灵敏度	dBm	-25	-26	-25	-25
最小过载	dBm	-4	-4 ^c	-4	-4
连续相同数字抗扰度	bit	大于 72		大于 72	
抖动容限	—	图 5		图 5	
反射光功率容限	dB	小于 10		小于 10	
^a 在 ITU-T G.983.1 附录 I 规定的可选情况下, O_{ru} 和 O_{rd} 以及 O_{lu} 和 O_{ld} 处 ODN 的最小 ORL 应大于 20dB。					
^b ITU-T G.983.1 附录 II 规定了 O_{ru} 和 O_{rd} 以及 O_{lu} 和 O_{ld} 处 ODN 的最小 ORL 为 20dB 时的 ONU 发射机反射值。					
^c 当 C 类 ODN 仅要求过载功率为-6dBm 时, 所有类型 ODN 的 ONU 接收机过载功率均要求为-4dBm					

表 4 2488Mbit/s 下行方向的光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤	
OLT 发射机（光接口 O _{ld} ）						
标称速率	Mbit/s	2488.32			2488.32	
工作波长	nm	1480~1500			1260~1360	
线路码型	—	扰码的 NRZ			扰码的 NRZ	
发射机眼图模板	—	图 2			图 2	
在发射机波长上测量的设备的最大反射	dB	N.A			N.A	
O _{lu} 和 O _{ld} 处 ODN 的最小 ORL ^{a b}	dB	大于 32			大于 32	
ODN 类别		B	B+	C	B	C
最小平均发射功率	dBm	+5	+1.5	+3 ^c	+5	+3 ^c
最大平均发射功率	dBm	+9	+5	+7 ^c	+9	+7 ^c
发射机无输入信号时的发射光功率	dBm	N.A			N.A	

表 4 (续)

项 目	单 位	单 纤			双 纤	
消光比	dB	大于 10			大于 10	
发射机入射光功率容限	dB	大于－15			大于－15	
MLM 激光器—最大 RMS 谱宽	nm	N.A			N.A	
SLM 激光器—最大-20dB 谱宽	nm	1			1	
SLM 激光器—最小边模抑制比	dB	30			30	
ONU 接收机（光接口 O_{rd} ）						
在接收机波长上测量的设备的最大反射	dB	小于-20			小于－20	
误码率	—	小于 10^{-10}			小于 10^{-10}	
ODN 类别		B	B+	C	B	C
最小灵敏度	dBm	－21	－27	－28 ^c	－21	－28 ^c
最小过载	dBm	－1	－8	－8 ^c	－1	－8 ^c
连续相同数字抗扰度	bit	大于 72			大于 72	
抖动容限	—	图 5			图 5	
反射光功率容限	dB	小于 10			小于 10	
^a 在 ITU-T G983.1 附录 I 规定的可选情况下, O_{ru} 和 O_{rd} 以及 O_{lu} 和 O_{ld} 处 ODN 的最小 ORL 应大于 20dB。						
^b ITU-T G983.1 附录 II 规定了 O_{ru} 和 O_{rd} 以及 O_{lu} 和 O_{ld} 处 ODN 的最小 ORL 为 20dB 时的 ONU 发射机反射值。						
^c 该值假定 OLT 使用大功率 DFB 激光器发射机和 ONU 使用基于 APD 的接收机。考虑到 SOA 技术的发展, 将来 OLT 发射机可以使用 DFB 激光器+SOA 或者更高功率的激光二极管, ONU 可以使用基于 PIN 的接收机。器件参数值可以假定为（受限于眼睛安全规则和惯例）: OLT 发射机最大平均发射功率: +12dBm OLT 发射机最小平均发射功率: +8dBm ONU 接收机最小灵敏度: -23dBm ONU 接收机最小过载: -3dBm						

表 5 1244Mbit/s 上行方向的光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤	
ONU 发射机（光接口 O _{ru} ）						
标称速率	Mbit/s	1244.16			1244.16	
工作波长	nm	1260~1360			1260~1360	
线路码型	—	扰码的 NRZ			扰码的 NRZ	
发射机眼图模板	—	图 3			图 3	
在发射机波长上测量的设备的最大反射	dB	小于-6			小于-6	
O _{ru} 和 O _{rd} 处 ODN 的最小 ORL ^{a b}	dB	大于 32			大于 32	
ODN 类别		B	B+	C	B	C
最小平均发射功率	dBm	-2	+0.5	+2	-2	+2
最大平均发射功率	dBm	+3	+5	+7	+3	+7
发送机无输入信号时的发射光功率	dBm	小于（最小灵敏度-10）			小于（最小灵敏度-10）	
最大 Tx 启用 °	bits	16			16	
最大 Tx 禁止 °	bits	16			16	
消光比	dB	大于 10			大于 10	
发射机入射光功率容限	dB	大于-15			大于-15	
MLM 激光器—最大 RMS 谱宽	nm	d			d	

表 5 (续)

项 目	单 位	单 纤			双 纤	
ONU 发射机（光接口 O_m ）						
SLM 激光器——最大-20dB 谱宽	nm	1			1	
SLM 激光器——最小边模抑制比	dB	30			30	
抖动转移	—	图 4			图 4	
在 2.0kHz 到 5.0MHz 带宽内产生的抖动	UI _{p-p}	0.33			0.33	
OLT 接收机（光接口 O_{in} ）						
在接收机波长上测量的设备的最大反射	dB	小于-20			小于-20	
误码率	—	小于 10^{-10}			小于 10^{-10}	
ODN 类别		B	B+	C	B	C
最小灵敏度	dBm	-28	-28	-29	-28	-29
最小过载	dBm	-7	-8	-8	-7	-8
连续相同数字抗扰度	Bit	大于 72			大于 72	
抖动容限	---	N.A			N.A	
反射光功率容限	dB	小于 10			小于 10	

^a 在 ITU-T G983.1 附录 I 规定的可选情况下, O_m 和 O_{rd} 以及 O_{in} 和 O_{ld} 处 ODN 的最小 ORL 应大于 20dB。

^b ITU-T G983.1 附录 II 规定了 O_m 和 O_{rd} 以及 O_{in} 和 O_{ld} 处 ODN 的最小 ORL 为 20dB 时的 ONU 发射机反射值。

^c 在 5.6.4.1 节中规定。

^d 当 MLM 激光器类型不能支持表 2 中的全部 ODN 光纤距离时, 在 R/S 点和 S/R 点之间 ODN 最大光纤距离小于 10km 的情况下可以使用 MLM 激光器。此时, 应用于上行 1244.16Mbit/s 线路速率的 MLM 激光器的最大 RMS 谱宽应满足下面的规定:

MLM激光器类型1的最大RMS谱宽: 1.4

MLM激光器类型2的最大RMS谱宽: 2.1

MLM 激光器类型 3 的最大 RMS 谱宽: 2.7

满足更窄谱宽规定的发射机可容许更大的中心波长范围, 符合规定的激光器在 ODN 上产生小于 1dB 的光通道代价。具有不同光参数的激光器可以相互替代, 但应满足 1) 总波长范围不超过 1260~1360nm, 2) 光通道代价大于 1dB 时可可通过增加最小发射功率或提高接收机最小灵敏度来补偿

表 6 1244Mbit/s 上行方向的光接口参数 (ONU 发射机使用了功率调节机制)

项 目	单 位	单 纤		双 纤	
ONU 发射机（光接口 O_m ）					
ODN 类别		B	C	B	C
最小平均发射功率	dBm	-2	+2	-2	+2
最大平均发射功率	dBm	+3	+7	+3	+7
OLT 接收机（光接口 O_{lu} ）					
ODN 类别		B	C	B	C
最小灵敏度	dBm	-28	-29	-28	-29
最小过载	dBm	-13	-14	-13	-14
注 1: 该表说明了由于 ONU 发射机处采用功率调节机制而带来的表 5 中参数的变化, 即 ONU 发射机的发射功率和 OLT 接收机的灵敏度和过载功率的变化。其他所有参数和注见表 5					

5.2 物理媒质和传输模式

5.2.1 传输媒质

GPON 系统传输媒质为光纤, 并应符合 GB/T 9771 的规定。

5.2.2 传输方向

信号在传输媒质的上行和下行方向传输。

5.2.3 传输方法

双向传输可利用一根光纤上的波分复用（WDM）技术实现，也可利用两根光纤上的单向传输技术来实现（见 5.5 节）。

5.3 线路速率

5.3.1 下行

OLT 至 ONU 的下行信号的标称速率为 1244.16Mbit/s 或 2488.32Mbit/s。当 OLT 和端局工作在正常状态时，下行信号的速率跟踪一个 1 级时钟（精度为 1×10^{-11} ）。当端局运行在自由振荡模式时，下行信号的速率跟踪一个 3 级时钟（精度为 4.6×10^{-6} ）。当 OLT 运行在自由振荡模式时，下行信号的速率精度为一个 4 级时钟（ 3.2×10^{-5} ）。

5.3.2 上行

ONU 至 OLT 的上行信号的标称速率为 1244.16Mbit/s。当 ONU 处于运行状态或者得到授权时，它应发送与自己接收到的下行信号时钟精度一样的信号。当 ONU 不处于运行状态或者没有得到授权时，它不能发送任何信号。

5.4 线路码型

下行和上行：NRZ 编码。

PMD 层未定义扰码方法。

通常采用的光信号逻辑为：

- 二进制“1”表示发送高光功率；
- 二进制“0”表示发送低光功率。

5.5 工作波长

5.5.1 下行方向

单光纤系统下行方向的工作波长范围应为 1480~1500nm。

双光纤系统下行方向的工作波长范围应为 1260~1360nm。

5.5.2 上行方向

上行方向的工作波长范围应为 1260~1360nm。

5.6 O_d 和 O_u 处的发射机

5.6.1 概述

发射机所有参数的规定与表 3~表 6 中的参数保持一致。

5.6.2 光源类型

根据线路的衰减和色散情况，发送机设备可以选择多纵模（MLM）或单纵模（SLM）激光器。对于每一个应用，本标准给出了一个标称的光源类型，但本标准给出的标称激光器类型并不是必须要求的，并且 SLM 可以替代标称为 MLM 光源类型的任何应用而不会引起系统性能的任何劣化。

5.6.3 光谱特性

对于 MLM 激光器，光谱宽度采用在标准工作条件下的最大均方根（RMS）宽度来衡量，RMS 表明了光谱分布的标准偏差。RMS 宽度的测量方法应包括低于峰值模 20dB 以内的所有模式。

对于 SLM 激光器, 最大光谱宽度采用中心波峰的最大全宽来衡量, 即在标准工作条件下测量从中心波长的最大幅度下降 20dB 的光谱宽度。

5.6.4 平均发射功率

在 O_{ld} 和 O_m 点的平均发射功率是指发射机耦合进光纤的平均功率。对平均发射功率规定了一个范围, 以允许系统成本最佳化, 并且考虑了正常运行条件下发射机连接器劣化、测量误差和器件老化等因素。

在运行状态, 最小的数值是应提供的最小光功率, 而最高的数值则对应最大光功率。

O_m 光接口点发射功率的测量, 应考虑 ONU 发送上行传输的突发性。

5.6.4.1 发射机无输入信号时的发射光功率

在上行方向上, ONU 发射机应在非分配给自己的所有时隙中不发送任何光功率。发射机无输入信号时的发射光功率参见表 5 和表 6 中的规定。除了在可能被用作激光器预偏置的最后一位 T_x 使能位和紧跟着分配的信号的 T_x 禁止位, ONU 也应在分配给它的保护时间内满足该要求。发射光功率在禁止位期间光功率降为 0。在激光器预偏置期间, 允许的最大发射光功率应符合表 5 和表 6 中规定的消光比条件下的光逻辑“0”功率。

每一上行速率, 允许的最多 T_x 使能位和 T_x 禁止位, 见表 5 和表 6。

5.6.5 最小消光比

传统采用的光逻辑为:

- 逻辑“1”为光发射高电平;
- 逻辑“0”为光发射低电平。

该消光比 (EX) 被定义为:

$$EX = 10 \log_{10} (A/B)$$

在这里 A 是在逻辑“1”的中心的平均光功率, B 是在逻辑“0”的中心的平均光功率。

上行方向突发模式信号的消光比适用于从前导码的第一比特到突发信号包含的最后一比特。但不适用于光功率调整时期。

5.6.6 在发射机波长测量的设备的最大反射系数

从设备 (ONU/OLT) 返回到光缆线路的反射由 O_{ld}/O_m 点测量的设备最大允许反射来规范, 它应与表 3~表 6 的规定一致。

5.6.7 发送机眼图模板

5.6.7.1

在本标准中, 发送机脉冲形状特征包括上升时间、下降时间、脉冲过冲、脉冲负向过冲和振荡。为了对传输信号进行评估, 不仅要考虑眼图的张开度, 而且还要考虑过冲和负过冲的限制。

5.6.7.2 OLT 发射机眼图

OLT 发射机眼图模板参数如图 2 所示。

5.6.7.3 ONU 发射机眼图模板

ONU 发射机眼图模板参数如图 3 所示。

对于上行方向突发模式, 信号眼图模板适用于从前导码的第一比特到突发信号包含的最后一比特。但不适用于光功率调整时期。

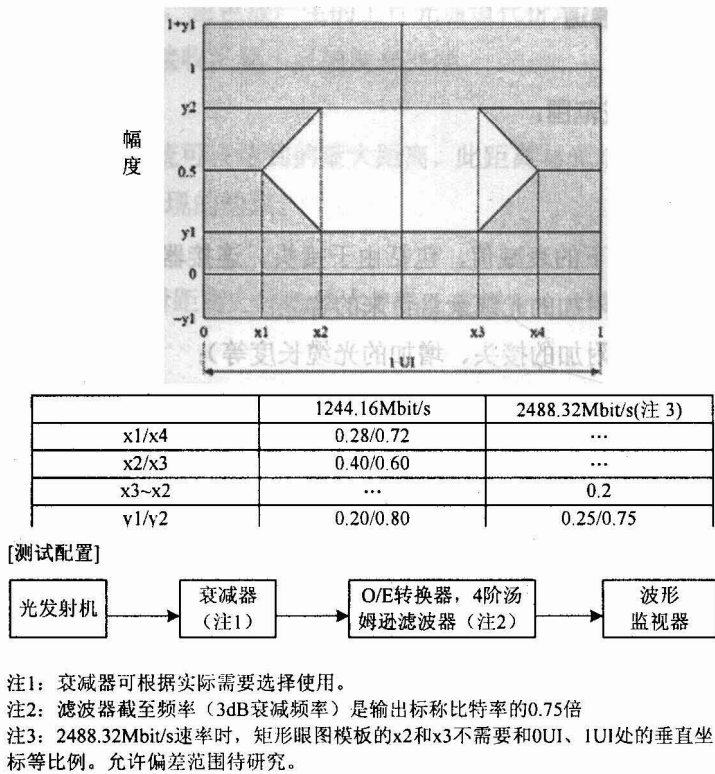


图 2 下行传输信号眼图的模板

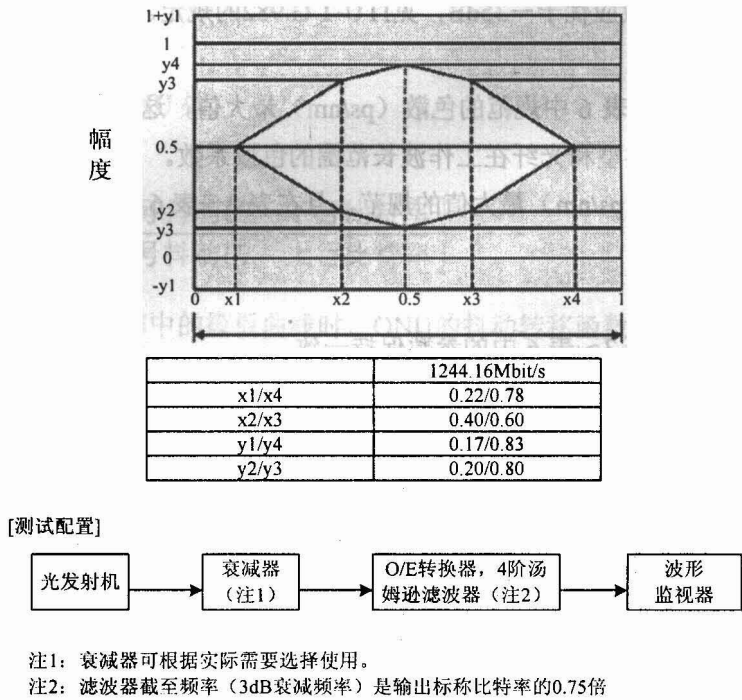


图 3 上行方向传输信号眼图的模板

5.6.8 反射光功率容限

发送机性能应满足表3~表6规定的S点光反射功率要求。

5.7 O_d/O_u 和 O_{rd}/O_{ru} 之间的光通道

5.7.1 衰减范围

ITU-T G982 定义了两类衰减范围:

- 1) 10dB~25dB: B 类
- 2) 15dB~30dB: C 类

规定的衰减是假定最坏情况下的衰减, 包括由于接头、连接器、光衰减器(如果使用)或其它无源光器件带来的损耗, 以及任何附加的光缆余量带来的容差:

- 1) 将来变更光缆配置(如附加的接头、增加的光缆长度等);
- 2) 由于环境因素引起的光纤光缆性能变化;
- 3) 任何连接器、光衰减器(如果使用)或在 S 和 R 点间配置的其它无源光器件的劣化。

5.7.2 包括任何连接器的 R/S 点光缆线路的最小光回波损耗

ODN R/S 点的总的最小光回损 (ORL) 规定为大于 32dB。可选择的是, ODN S 点的最小 ORL 规定为大于 20dB。ITU-T G983.1 附录 I 列出了可选择的情况。

注: 一个ODN模块在S/R点的总反射系数主要受ODF(光配线架)上光连接器的影响。在ITU-T G.982中的单个分离元件的最大反射系数是-35dB, 两个ODF连接器的反射系数就可达到-32dB。然而, 基于其它的网络模型, 总的反射率可以变为劣于-32dB。

5.7.3 S 和 R 之间的最大离散反射系数

ODN中的所有离散反射系数应优于-35dB, 见ITU-T G.982的规定。

5.7.4 色散

色散受限系统具有在表 3~表 6 中规范的色散 (ps/nm) 最大值, 这些值与规范的最大光通道代价一致。它们考虑了规范的发送机类型和光纤在工作波长范围的色散系数。

损耗受限系统不具有色散 (ps/nm) 最大值的规范, 且在表 3~表 6 中用 “N·A” 表示不适用。

5.8 O_{rd} 和 O_{ru} 的接收机

5.8.1 概述

接收机所有参数的规定与表 3~表 6 中的参数保持一致。

5.8.2 最小灵敏度

接收机灵敏度被定义为在R点获得 $BER=10^{-10}$ 时接收的平均功率的最小可接受值。它考虑了由于采用在标准运行条件下工作的发送机而导致的功率代价, 这些条件包括在S点最差的消光比、脉冲上升和下降时间、光回损以及接收机连接器劣化和测量公差。接收机灵敏度不包括与功率代价相关的色散、抖动或光通道的反射, 这些影响在最大光通道代价的分配中分别规范。对老化效应也没有单独规范, 因为这是需要网络提供商和设备制造商之间协调的典型事例。

5.8.3 最小过载

接收机过载就是在R点获得 $BER=10^{-10}$ 时接收的平均功率的最大可接受值。接收机应具有一定的健壮性, 来抵制测距期间由于启动或潜在的碰撞而出现的光功率增加, 此时不能保证 $BER=10^{-10}$ 。

5.8.4 最大光通道代价

接收机的光通道代价容限不超过 1dB, 包括由于反射、码间干扰、模分配噪声和激光器啁啾造成的劣化。上行方向上, 表 3~表 6 规定的光器件类型在 ODN 上产生的光通道代价小于 1dB。表 5 中的脚注^d指

明, 在速率为 1244Mbit/s 的情况下, 由色散产生的上行光通道代价增加是容许的, 光通道代价大于 1dB 时可通过增加最小发射功率或提高接收机最小灵敏度来补偿。

5.8.5 最大逻辑距离

最大逻辑距离是指某一传输系统可以达到的最大距离, 此距离与光功率预算无关, 以 km 为单位, 不受 PMD 参数限制, 只受 TC 层和实现的约束。

5.8.6 最大逻辑距离差

逻辑距离差是指所有 ONU 逻辑距离之间的最大差值。它以 km 为单位测量, 不受 PMD 参数限制, 只受 TC 层和实现的约束。

5.8.7 在接收波长上测量接收设备的最大反射系数

从设备 (ONU/OLT) 返回至光缆线路的反射是通过在 O_{rd} 和 O_{ld} 点测量的设备最大容许反射来规范的, 它应符合表3~表6的规定。

5.8.8 光通道损耗差

光通道损耗差异是指在同一ODN内最大和最小光通道损耗之间的差值, 最大光通道损耗差应为15dB。

5.8.9 时钟提取能力

上行发送信号时钟从几个正逻辑“1”、“0”交替的连续码(前置码)中快速提取获得。从前置码中提取的时钟至少应在从定界符到上行信号结束的接收信号期间保持, 或者在接收信号期间连续地从前置码后的信号中提取。

5.8.10 抖动性能

5.8.10.1 抖动转移

抖动转移的规定仅适用于 ONU 处。

抖动转移函数定义如下:

$$\text{抖动转移} = 20 \log_{10} \left[\frac{\text{上行信号抖动 } UI}{\text{下行信号抖动 } UI} \times \frac{\text{下行比特率}}{\text{上行比特率}} \right]$$

当输入的正弦抖动稍高于图5中的模板曲线时, ONU的抖动转移函数应在图4给定的模板曲线之下。图5规定了每种比特率对应的参数。

5.8.10.2 抖动容限

抖动容限被定义为使光设备产生 1dB 光功率代价时加在输入 PON 信号上的正弦抖动峰-峰值幅度。这是一个保证在工作条件下不产生附加代价的重要测试项。

ONU 的容限应至少满足图 5 中模板的要求, 图 5 还规定了各种比特率对应的参数。

5.8.10.3 抖动产生

抖动产生的规定仅适用于 ONU 处。

当下行输入信号无抖动, 测量带宽符合表 5 规定, 并且速率为 1244.16Mbit/s 时, ONU 产生的峰-峰值抖动应不大于 0.33UI。

5.8.11 连续相等数字(CID)抗扰度

OLT 和 ONU 的 CID 抗扰度应符合表 3~表 6 的规定。

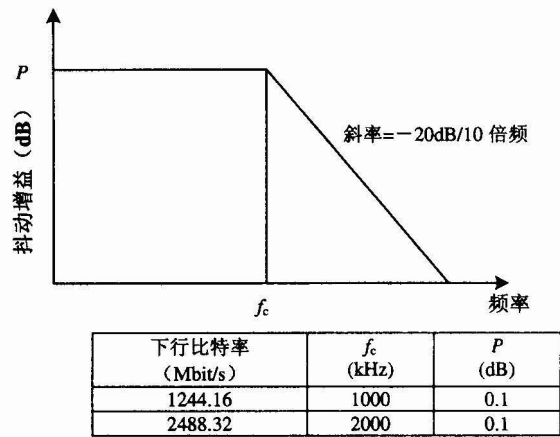


图 4 ONU 抖动转移

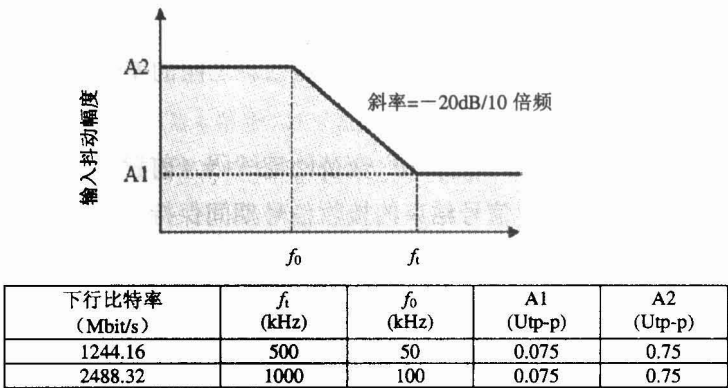


图 5 ONU 抖动容限模板

5.8.12 反射功率容限

当多点反射光被分别看作是在 O_{rd} 和 O_{lu} 的一个噪声光时，反射功率容限是 O_{rd} 和 O_{lu} 的输入平均光功率与反射光平均功率的允许比值。

反射光功率容限在最小接收灵敏度时被定义。

5.8.13 传输质量和误码性能

在设计帧结构时，为了避免系统停机或失效，应考虑采用传输比特误码率约为 10^{-6} 的开销字节。还应考虑在本地环境下光物理媒质依赖层的误码特性是否需要在段层上对开销字节采用某种纠错机制。

整个PON系统的平均传输质量应具有小于 10^{-9} 的低误码率。在GB/T 20185-2006定义的环境条件下，光器件的误码指标应优于 10^{-10} 。

6 PMD 层和 TC 层的交互

6.1 概述

第 5 节描述了一种光接入网（OAN）的 PMD 层特性，该 OAN 具有在用户网络接口和业务节点接口之间传送各种业务的能力。然而，一些 GPON 功能属于或者会影响 PMD 层和 TC 层。6.2 节~6.4 节描述了这些功能性并解释了 GPON 中 PMD 层和 TC 层之间的关系。

6.2 前向纠错

采用前向纠错（FEC）的系统能够支持表 2 中 ODN 的衰减范围，但发射机和接收机的性能可劣于表

3~表 6 的规定。

采用 FEC 的系统的有效光增益 G 定义为 $BER=1 \times 10^{-10}$ 时使用或不使用 FEC 情况下接收机输入的光功率差值。

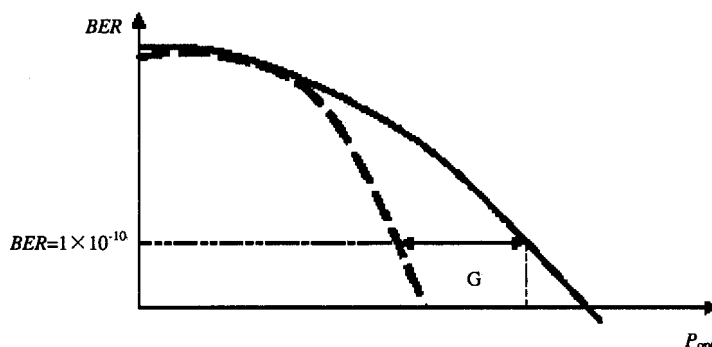


图 6 使用 FEC 时获得的有效光增益 G

采用 FEC 且有效光增益 G (以 dB 表示) 的系统, 下列任意一种表 3~表 6 中的性能变化均可接受 (但不是全部, 以提高互通性):

- 1) 最小和最大发射机功率可以通过 G 来减小;
- 2) 最小接收机灵敏度可以通过 G 来减小。

另外, 如果采用表 3~表 6 规定的相同性能的发射机和接收机, 使用有效光编码增益 G 可获得更远的物理距离或更高的分光比。ONU 采用 MLM 激光器时, FEC 可用于降低 MPN 引起的光功率代价。

FEC 在 TC 层实现, 本部分不作规范。

FEC 增益不能改变接收机过载规定。

6.3 ONU 发射机的功率调节机制

OLT 接收机要求在 1244.16 Mbit/s 或更高速率情况下采用 APD, 此时接收机必须在高速率下为突发模式接收提供高灵敏度和大动态范围。GPON 支持扩展波长时 WDM 器件会带来额外的插入损耗与损耗变化, 这会降低 APD 接收机的非线性增益因子 M , 特别是对 GPON 支持扩展波长的情况。

为了减少 OLT 接收机的动态范围, 应降低 ODN 损耗较小的 ONU 发射机功率, 以防止 OLT 接收机过载。

功率调节机制要求 TC 层的部分功能, 例如 ONU 可以根据 OLT 发送的下行消息增加或降低发射功率。初始化过程或操作过程中执行功率调节的功能不在本部分规定。

GPON 系统 PMD 层支持功率调节机制的要求如下所述。附录 B 给出了一种功率调节机制的示例。

a) 出功率有三种模式。PMD 可以在任何一种模式下直接操作。PMD 能执行任何一种需要进行的操作, 以达到以下规定的范围内的输出功率。

模式 0: 正常值 (表 3~表 6 规定的最小/最大平均发射功率);

模式 1: Low 1 = 正常值 - 3 dB;

模式 2: Low 2 = 正常值 - 6 dB。

b) T 测量每一个 ONU 突发的平均光功率 P 。OLT 将测量结果和阈值 (TL 和 TH) 进行比较, 并发送以下三种指示之一:

$P > TH$: 功率高指示

$P < TL$: 功率低指示

$TL < P < TH$: 功率正常指示

注: TL 为必选(单阈值操作), TH 为可选(双阈值操作)。

阈值比较的不确定范围最大应为4dB。

c) 到表3~表6规定的OLT接收最小灵敏度 P_{ms} 和最小过载 P_{mo} 光功率值, TH 和 TL 的值应满足以下条件:

双阈值操作:

R1: $P_{mo} > TH > (P_{mo} - 4\text{dB})$

R2: $(P_{ms} + 5\text{dB}) > TL > (P_{ms} + 1\text{dB})$

R3: $TH - TL > 8\text{dB}$

单阈值操作:

R2: $(P_{ms} + 7\text{dB}) > TL > (P_{ms} + 1\text{dB})$

d) T接收应能在(灵敏度-5dB)条件下(灵敏度见表3~表6)测量突发功率(但不需要准确读出该数据)。

功率调节机制具有以下优点:

- 降低了 OLT 接收机的动态范围要求, 因为低 ODN 损耗下的 ONU 会设定在一个低发送机功率值上。
- 当 ONU 工作在低功率模式下, 激光器寿命增加且功率消耗降低。

功率调节机制允许 OLT 接收机降低表 3~表 6 规定的要求。

6.4 上行物理层开销

GPON 帧结构见 TC 层定义。然而上行突发必须依赖合适的物理层开销来实现, 物理层开销用于完成 GPON 系统中的几个物理进程。物理层开销长度见表 7。

表 7 GPON 上行物理层开销

上行速率	开销字节
1244.16Mbit/s	12

此外, 附录 A 说明了物理层开销时间(T_{plo})内的处理信息, 并描述了利用这些开销时间的一些优化方法。

附 录 A
(资料性附录)
物理层开销时间的分配

物理层开销 (T_{plo}) 时间用于实现PON中的五个物理进程, 它们是: 激光器开/关时间、定时漂移容限、功率电平恢复、时钟恢复、突发定界开始。分配给这些功能的确切物理层时间部分由约束条件决定, 部分由实现机会决定。本附录给出了OLT应遵循的约束条件, 以及可任意确定取值的参数的建议值。

表 A.2 列出了在不同速率情况下 T_{on} 、 T_{off} 、和 T_{plo} 的规定值。 T_{plo} 可以根据 ONU 数据模式的要求划分为三个部分。简单来说, 这些时间可以分为保护时间 (T_g)、前导时间 (T_p) 和定界时间 (T_d)。在 T_g 内, ONU 发送不大于标称“0”功率电平。在 T_p 内, ONU 以最大发射功率发送一个前导码以实现快速功率控制以及时钟恢复功能。最后, 在 T_d 内, ONU 发送一个具有最佳自相关性的特定数据码, 以使 OLT 找到突发的起始点。

PON 控制逻辑的一个附加参数是总峰峰值定时偏差 (T_u)。该偏差是由温度引起的光纤和元器件变化以及其他环境因素引起的传输时间变化产生的。

OLT 应遵守的约束条件为:

$$T_g > T_{on} + T_u,$$

$$T_g > T_{off} + T_u$$

T_d 应足够长, 以便在出现误比特的情况下仍然提供一个健壮的定界功能。定界符的抗错误能力取决于图形相关器的准确实现。定界符的比特数 (N) 和容许的误比特数量 (E) 之间的一个简单近似关系为:

$$E = \text{int}(N/4) - 1 \tag{A.1}$$

研究证明式 A.1 对于 8~20 比特的定界符有效。假定前导码重复为“1010”, 定界符中 0 和 1 的数目相等。所有移位模式中的最优定界符与前导码的汉明距离 $D = \text{int}(N/2) - 1$, 由此可得出了差错容限。

给定一个 BER, 产生严重错误突发概率(P_{seb})公式为:

$$P_{seb} = \left(\frac{N}{E+1} \right) BER^{E+1} \tag{A.2}$$

将式 A.1 代入式 A.2, 得出的 P_{seb} 的公式为:

$$P_{seb} = \left(\frac{N}{\text{int}(N/4)} \right) BER^{\text{int}(N/4)} \tag{A.3}$$

若 $BER=1E-4$, 各定界符长度代入 N 得出的 P_{seb} 见表 A.1。从该表可以看出, 为了抑制这种误差, 定界符长度至少应大于 16 位。

表 A.1 不同定界符长度的严重错误突发概率

N	P_{seb}
8	2.8E-07
12	2.2E-10
16	1.8E-13
20	1.5E-16
24	1.3E-19

推荐的物理层开销分配参见表 A.2。表 A.2 列出了 ONU 的 T_x 启用时间和 T_x 禁止时间的标称值以及供参考的总物理层开销时间。

表A.2 用于OLT功能的突发模式开销时间的推荐分配

上行数据速率 (Mbits/s)	T_x 启用 (位)	T_x 禁止 (位)	总时间 (位)	保护时间 (位)	前导时间 (位)	定界时间 (位)
1244.16	16	16	96	32	44	20
注	最大	最大	强制	最小	建议	建议

附录 B

(资料性附录)

功率调节机制的描述与示例

B.1 介绍

该附录给出了为实现稳定有效的功率调节机制应考虑各个方面，也是对 6.3 节的具体说明。

B.2 ONU级别

ONU 发射机功率（平均发射最小值和最大值）见表 3~表 6，这些值符合模式 0。符合模式 1 和模式 2 的值分别低 3dB 和 6dB。例如，1244Mbit/s 时一个具有功率调节能力的 B 类 ONU 需符合以下的输出功率范围：

模式 0: $\text{MIN} = -2\text{dBm} \leq \text{平均发送功率} \leq \text{MAX} = +3\text{dBm}$

模式 1: $\text{MIN} = -5\text{dBm} \leq \text{平均发送功率} \leq \text{MAX} = 0\text{dBm}$

模式 2: $\text{MIN} = -8\text{dBm} \leq \text{平均发送功率} \leq \text{MAX} = -3\text{dBm}$

功率调节机制由 OLT 控制，并且确定了必要的级别变化。当 ONU 接收到从一个模式转移到另一个模式的命令时，它会将其发射功率设置到新模式的相应范围内，然后重新发送上行数据。需要注意的是，ONU 发射功率从一个模式到另一个模式的有效变化量不一定以 3dB 或 6dB 为步长，只要符合规定的范围即可。

例 1:

- 处于模式 1 的 ONU 发射光功率为 -1dBm ;
- 该 ONU 接收到转移到模式 0 的消息（增加值设置为 $+3\text{dB}$ ）;
- 有效发射功率现为 $+1\text{dBm}$ ，没有增加 3dB 但仍然在模式 0 的范围之内。

例 2:

- 处于模式 2 的 ONU 发射功率为 -4dBm ;
- 该 ONU 接收到转移到模式 1 的消息（增加值设置为 $+3\text{dB}$ ）;
- 有效发射功率现为 -5dBm ，低于原来的功率但是处于模式 1 的范围之内;
- OLT 期望较高功率但测试到一个较低的功率，OLT 的算法将发送另一个命令以增加 3dB（转到模式 0）;
- 该 ONU 现在发送的功率在模式 0 的范围内，最小为 -2dBm 。

B.3 OLT处的阈值

OLT 接收机测量某个特定 ONU 的输入功率电平，并且将它同 OLT 设定的阈值相比。由于实现特定的不确定性（比如电源，高接收功率时接收机的非线性，电源电压变动，电放大器的温度影响等等），这种测量方法具有一定的不确定性。当与设定值相比较时，测量的不确定性会影响有效阈值的不确定性。为保证功率调节机制的兼容性和稳定性，应考虑这种不确定性。OLT 整个工作范围内阈值可变化的不确定范围为不应超过 4dB。

考虑到表 3~表 6 规定的 OLT 接收最小灵敏度 P_{ms} 和最小过载 P_{mo} 光功率值，OLT 接收机正常运行

所允许的功率范围为 $(P_{ms} + 1\text{dB}) \sim P_{mo}$ 。注意 P_{ms} 包含了 1dB 的光功率代价, 无需为最小光功率考虑。OLT 接收机处正确的功率值应由功率调节机制来保证。该机制分为两种情况: 单阈值和双阈值。

B.3.1 双阈值比较 (TL , TH)

在这种情况下, 功率调节机制通过比较 OLT 接收的平均功率 (P) 和两个阈值 (TL 和 TH) 来实现。当 $P < TL$ 时, 认为 OLT 处的功率过低, ONU 应转移到高模式。当 $P > TH$, 认为 OLT 处的功率过高, ONU 应转移到低模式。当 $TH > P > TL$, 认为 OLT 处的功率合适, ONU 可以保持当前的模式。

1) 有效的 TH 值必须保证:

- 检测出任何高于 OLT 接收机过载的功率电平: $P_{mo} > TH$ 。
- 如果因为 $P > TH$ 所以 ONU 转移到低模式, OLT 接收机不低于灵敏度:

$$TH > P_{mo} - ((P_{mo} - P_{ms} - 1\text{dB}) - 3\text{dB} - (P_{ONU\text{ Tx MAX}} - P_{ONU\text{ Tx MIN}}))$$

$$\text{即 } TH > P_{mo} - 6\text{dB}。$$

2) 有效的 TL 值必须保证:

- 检测出任何低于 OLT 接收机灵敏度的功率电平: $TL > P_{ms} + 1\text{dB}$ 。
- 如果因为 $P < TL$ 所以 ONU 转移到高模式, OLT 接收机不会出现过载情况:

$$(P_{ms} + 1\text{dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1\text{dB}) - 3\text{dB} - (P_{ONU\text{ Tx MAX}} - P_{ONU\text{ Tx MIN}})) > TL$$

$$\text{即 } P_{ms} + 7\text{dB} > TL。$$

3) TL 和 TH 必须共同保证:

- 该机制是稳定的 (模式之间无交叉)。如果由于 $P < TL$ 或 $P > TH$ 而 ONU 转移到其他模式, OLT 接收机的新功率电平不会跨到相反的阈值。这相当于定义一个 TH 和 TL 之间的最小间距。

$$TH - TL > 3\text{dB} + (P_{ONU\text{ Tx MAX}} - P_{ONU\text{ Tx MIN}})$$

$$\text{即 } TH - TL > 8\text{dB}。$$

这个联合要求强调了 TH 和 TL 之间的隔离要求, 它们之间的间距至少为 8dB。考虑到最大为 4dB 的不确定度, 最符合第一个和第二个条件 (TH 和 TL 之间的最大间距) 的情况是:

$$R1: P_{mo} > TH > P_{mo} - 4\text{dB}$$

$$R2: P_{ms} + 5\text{dB} > TL > P_{ms} + 1\text{dB}$$

因为 R1 和 R2 只保证 6dB 的间距, 那么第三个必要条件就应该为:

$$R3: TH - TL > 8\text{dB}。$$

R1、R2 和 R3 允许在 OLT (温度, 等) 的整个运作范围之内 TH 和 TL 的变化范围是 4dB, 但要求在任一时刻, TH 和 TL 的间距至少为 8dB。

如果 OLT 功率测量精度高于 4dB, 则可以选择 TH 和 TL 的任何组合, 只要符合 R1、R2 和 R3 条件即可。

B.3.2 一个阈值 (TL)

功率调节机制由所有 ONU 从模式 2 开始 (在它们的初始化过程中) 实现, 并且将在 OLT 处接收的平均功率 (P) 同阈值 (TL) 进行比较。当 $P < TL$, 认为 OLT 处的功率过低, ONU 应转移到高模式。当 $P > TL$, 认为 OLT 处的功率合适, ONU 可以保持当前的模式。

有效的 TL 值必须保证:

- 检测出任何低于 OLT 接收机灵敏度的功率电平: $TL > P_{ms} + 1\text{dB}$

- 如果因为 $P < TL$ 所以 ONU 转移到高模式, OLT 接收机不会出现过载情况:

$$(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx 最大}} - P_{ONU \text{ Tx 最小}})) > TL$$

$$\text{即 } P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL$$

因此有效TL的要求是:

$$R2: P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$$

不确定范围为 4dB 时, TL 值设置需选择:

例1: 1244Mbit/s时的B类网络: $-23 \text{ dBm} > TL > -27 \text{ dBm}$ 。

例2: 1244Mbit/s时的B类网络: $-21 \text{ dBm} > TL > -25 \text{ dBm}$ 。

B.4 功率检测

为了初始化新的ONU, OLT应周期性地打开测距窗, 这样新的ONU可以发送上行数据。OLT应可以检测出任一个新ONU的存在。这表明当新的ONU以模式2开始时, OLT应可以检测出(但不需要读出该数据)一个与 $(P_{ms} + 1 \text{ dB}) - 6 \text{ dB} = P_{ms} - 5 \text{ dB}$ 一样弱的光功率。

附录 C

(资料性附录)

下行 2.488Gbit/s、上行 1.244Gbit/s 速率的 GPON 系统最佳实现

C.1 介绍

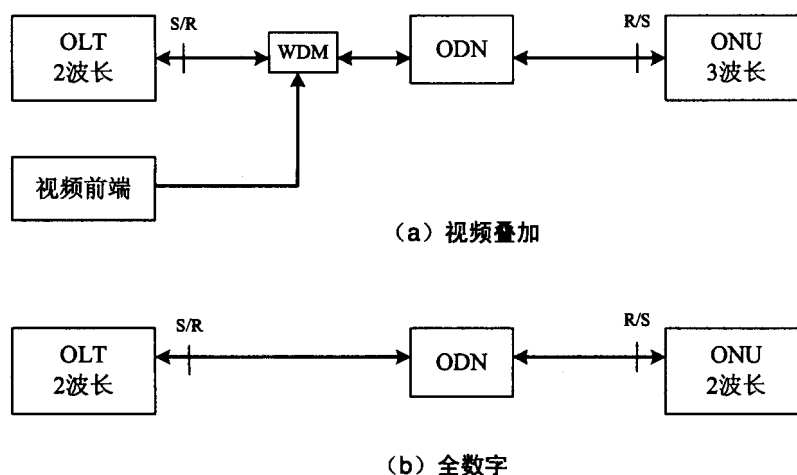
业界广泛关注下行2.488Gbit/s、上行1.244Gbit/s速率的GPON系统，本附录提供了该系统的一个最佳工业实现方案。

本附录中值得注意的光通道损耗预算变化包括：

- 光通道损耗预算处于 B 类和 C 类之间；
- 光通道代价差值；
- OLT 必须在下行方向支持 FEC。

C.2 系统应用

目前GPON系统有两种主要的应用。第一种是叠加了视频业务的全业务系统，第二种是无视频业务叠加的全数字系统。这两种应用见图C.1。



图C.1 GPON应用

C.3 光规定

OLT和ONU的光学规定见表C.1。表C.1指出了在图C.1的接口点上测量的光功率电平。特别地，OLT和ONU设备外的WDM滤波器被认为是ODN的一部分，这意味着对标准正文表5和表6规定的扩展，表中其他规定依然有效。

ONU灵敏度可通过不支持FEC时使用APD，或者支持FEC时使用PIN来实现，这在实现ONU时自由选择。APD方案是一种立即可行的方式，而使用FEC的PIN方案则是一种长远实现的方式，它依赖于更高性能接收机电路。OLT要具有计算和在下行信号中发送FEC校验字节的能力，才能在下行方式支持FEC。OLT还必须具有根据系统命令激活或去激活下行FEC功能的能力。ONU可选支持FEC下行解码，在任意特定情况下ONU可自行决定使用FEC校验。

光代价不包括下行波长的拉曼损伤，拉曼效应带来的光代价应在链路预算外考虑。然而，任何拉曼效应可感知的系统也具有相当长的光纤。因为1490nm和1310nm波长的损耗存在差异，所以认为拉曼损伤可通过1490nm波长较低的光纤损耗来补偿。

表C.1 下行2.4Gbit/s、上行1.2Gbit/s系统的光功率电平

项 目	单 位	单 纤
OLT		OLT
平均发射光功率 MIN	dBm	+1.5
平均发射光功率 MAX	dBm	+5
最小灵敏度	dBm	-28
最小过载	dBm	-8
下行光代价	dB	0.5
ONU		ONU
平均发射光功率 MIN	dBm	+0.5
平均发射光功率 MAX	dBm	+5
最小灵敏度	dBm	-27
最小过载	dBm	-8
上行光代价	dB	0.5

C.4 链路预算

链路预算见表C.2。预算覆盖了OLT和ONU之间的所有光器件，包括为复用视频业务叠加而使用的非集成的WDM滤波器以及其他扩展带宽业务。预算还必须包含叠加信号带来的任何拉曼损伤。

表C.2 GPON系统的光损耗预算

项 目	单 位	单 纤
1490nm 最小光损耗	dB	13
1310nm 最小光损耗	dB	13
1490nm 最大光损耗	dB	28
1310nm 最大光损耗	dB	28