

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1090—2000

等效采用:ITU-T G.983.1

接入网技术要求 ——基于 ATM 的无源光网络 (A-PON)

Access Network Technical Specifications –
Passive Optical Network Based on ATM(A-PON)

2000-11-28 发布

2001-05-01 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

目 次

前言IV

IUT-T G.983.1 前言 V

1 范围 1

2 引用标准 1

3 术语 2

3.1 扰动 churning 2

3.2 授权 grant 2

3.3 逻辑到达 logical reach 2

3.4 平均信号传输时延 mean signal transfer delay 2

3.5 光网络终端 ONT 2

3.6 测距 ranging 2

3.7 验证 verification 2

4 缩略语 2

5 光接入网结构 4

5.1 网络结构 4

5.1.1 FTTCab/C/B 4

5.1.2 FTTH 4

5.2 参考配置 5

5.2.1 业务节点接口 5

5.2.2 在参考点 S/R 和 R/S 处的接口 6

5.3 功能块 6

5.3.1 光线路终端 6

5.3.2 光网络单元 6

5.3.3 光配线网 6

5.4 ONU 功能块 6

5.4.1 ODN 接口 6

5.4.2 MUX 6

5.4.3 用户端口 7

5.4.4 ONU 供电 7

5.5 OLT 功能块 7

5.6 光配线网功能块 7

5.6.1 无源光器件 7

5.6.2 光接口 8

6 业务 9

7 UNI 和 SNI 9

7.1 SNI 接口	9
7.1.1 ATM 622 080 kbit/s 光接口	9
7.1.2 ATM 155 520 kbit/s 光接口	9
7.1.3 ATM 155 520 kbit/s 电接口	9
7.2 UNI 接口	9
7.2.1 ATM 2 048 kbit/s 接口	9
7.2.2 ATM 25 600 kbit/s 接口	9
7.2.3 10/100 Base-T 接口	9
7.2.4 Z 接口	9
7.2.5 ISDN BRA/PRA 接口	9
8 光网络要求	9
8.1 光网络分层	9
8.2 ATM-PON 系统的物理媒质依赖层要求	10
8.2.1 数字信号标称速率	10
8.2.2 物理媒质和传输方法	14
8.2.3 比特率	14
8.2.4 线路码型	15
8.2.5 工作波长	15
8.2.6 O_d 、 O_n 处的发送机	15
8.2.7 O_d/O_n 和 O_n/O_u 间的光通道	17
8.2.8 O_n 和 O_u 点的接收机	18
8.3 对 ATM-PON 传输会聚层的要求	20
8.3.1 PON 上点到多点的传输	20
8.3.2 下行和上行的最大净荷容量	20
8.3.3 下行接口	20
8.3.4 上行接口	21
8.3.5 传送特定 TC 功能	21
8.3.6 ATM 特定 TC 功能	32
8.3.7 OAM 功能	33
8.3.8 PLOAM 信道消息	38
8.3.9 自动保护倒换	50
8.4 测距方法	50
8.4.1 应用测距方法的范围	50
8.4.2 下行和上行之间的相位关系规范	51
8.4.3 测距协议中使用的消息的定义	56
8.4.4 测距过程	56
8.4.5 测距时间的要求	64
9 操作管理和维护功能	64
10 性能	65
11 环境要求	65
11.1 温度要求	65
11.2 湿度要求	65
11.3 大气压力要求	65

12 安全措施 65

12.1 电的安全和保护 65

12.2 光的安全和保护 65

附录 A(提示的附录) ODN 在 O_{m} 和 O_{rd} 、 O_{ig} 和 O_{lu} 上最小 ORL 66

附录 B(提示的附录) ODN 的光回损影响 68

附录 C(提示的附录) 测距流程图 73

附录 D(提示的附录) 接入网生存性 87

前 言

本标准等效采用国际电信联盟—电信标准部门 (ITU-T) 建议 G.983.1 (10/98)，在主要技术内容上与 G.983.1 一致，并结合我国接入网的具体情况规定了 A-PON 系统支持的业务以及 UNI 和 SNI 的接口规范。本标准的编写格式和方法采用我国标准化工作导则的有关规定。

本标准规定了基于 ATM 的无源光网络 (A-PON) 的主要技术要求，包括 A-PON 功能块的定义、支持的业务、UNI 和 SNI 接口规范、物理媒质依赖层的要求、传输会聚层的要求、测距方法和协议、操作管理和维护功能、性能、环境条件以及安全措施等。

本标准第 9 章“操作管理和维护功能”仅简要规定了 A-PON 系统的 OAM 功能，有关 A-PON 系统的 ONT 管理和控制接口规范见 ITU-T 建议 G.983.2 (04/2000)。

虽然本标准规范的是基于 ATM 的无源光网络，但是并不排除基于其他技术的无源光网络解决方案。

本标准的附录 A、B、C、D 为提示的附录。

本标准由信息产业部电信研究院提出并归口。

本标准起草单位：信息产业部电信传输研究所

本标准主要起草人：张成良 李 芳 张海懿 王春岭

ITU-T G.983.1 前言

概要

本建议描述了一个能支持 ISDN 和 B-ISDN 业务带宽需求的灵活的光纤接入网络。本建议描述了具有 155.520 Mbit/s 对称线路速率以及上行 155.520 Mbit/s 和下行 622.080 Mbit/s 不对称线路速率的系统。本建议给出了基于 ATM 的无源光网络 (ATM-PON) 的物理层要求以及对物理媒质层、TC 层和测距协议的规范。

来源

ITU-T 建议 G.983.1 由 ITU-T 第 15 研究组 (1997-2000) 制定, 并在 1998 年 10 月第 13 次会议上由 WTSC 决议的 No.1 议程通过。

中华人民共和国通信行业标准

接入网技术要求—基于 ATM 的无源光网络 (A-PON)

Access Network Technical Specifications—
Passive Optical Network Based on ATM (A-PON)

YD/T 1090—2000
等效采用: ITU-T G.983.1

1 范围

本标准规定了在接入网应用环境下的基于 ATM 的无源光网络 (A-PON) 的技术要求。本标准中规定的 A-PON 应能使网络运营者根据未来用户的需要进行灵活的升级演进, 特别是光配线网 (ODN) 部分。

本标准适用于在光纤上应用的 A-PON 系统, 在铜线和混合系统上的应用在其他标准中规定, 例如: xDSL 的标准。

2 引用标准

下列标准所包含的条文, 通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时, 所示版本均为有效。所有标准都会被修订, 使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

本标准引用了以下标准或规范:

ITU-T G.652 (04/97)	单模光纤光缆的特性
ITU-T G.671 (11/96)	无源光器件的传输特性
ITU-T G.783 (04/97)	同步数字体系 (SDH) 设备功能块的特性
ITU-T G.957 (06/99)	同步数字体系 (SDH) 设备和系统的光接口
ITU-T G.982 (11/96)	支持速率高于或等于 ISDN 基本速率的光接入网
ITU-T I.321 (04/91)	B-ISDN 协议参考模型和应用
ITU-T I.326 (11/95)	基于 ATM 的传送网的功能结构
ITU-T I.356 (10/96)	B-ISDN ATM 层信元转移性能。
ITU-T I.432.1 (08/96)	B-ISDN 用户—网络接口—物理层规范: 一般特性
ITU-T I.432.2 (02/99)	B-ISDN 用户网络接口—物理层规范: 155 520 kbit/s 和 622 080 kbit/s
ITU-T I.432.3 (02/99)	B-ISDN 用户网络接口—物理层规范: 1 544 kbit/s 和 2 048 kbit/s
ITU-T I.432.5 (06/97)	B-ISDN 用户网络接口—物理层规范: 25 600 kbit/s
ITU-T I.610 (11/95)	B-ISDN 操作和维护准则和功能
ITU-T I.732 (03/96)	ATM 设备的功能特性
YD/T 768-95	同步数字系列光缆数字线路系统技术要求
YDN 034-97	ISDN 用户—网络接口规范
YDN 052-97	B-ISDN ATM 层规范
YDN 061-97	接入网技术体制 (暂行规定)
YD/T1034-2000	接入网名词术语
YD/T1070-2000	接入网远端设备 Z 接口指标要求

3 术语

本标准的术语定义采用 YD/T1034—2000 的规定和以下定义。

3.1 扰动 churning

扰动是一项应用于从 OLT 到其 ONU 的下行用户数据的功能。它提供数据扰码的必要功能并为数据保密提供低层的保护。它被应用在 ATM-PON 系统的 TC 层，可以由点到点的下行连接激活。

3.2 授权 grant

OLT 通过发送一个许可来控制 ONU 的每个上行传输，授权的作用是当 ONU 接收到自己的授权时，允许 ONU 发送一个上行信元。

3.3 逻辑到达 logical reach

逻辑到达指某一传输系统所能达到的最大长度，与光功率预算无关。

3.4 平均信号传输时延 mean signal transfer delay

是在业务网络接口参考点“V”和用户网络接口参考点“T”间上行和下行信号传输时延的平均值，给出的实际值由测得的往返时延除以 2 来确定。

3.5 光网络终端 ONT

用于 FTTH 系统且包括用户端口功能的 ONU。

3.6 测距 ranging

是在本系统中为了没有信元冲突地传输上行信元所必需的功能。测距是测量每个 ONU 和 OLT 间的逻辑距离，当每个 ONU 接收到授权时确定发送定时。

3.7 验证 verification

如果用户知道某个 ONU 是关闭的，可能会有一恶意用户冒充其它 ONU 而使用网络，验证功能可检查出连接的 ONU 用户是否是恶意冒充的。

4 缩略语

AF	适配功能
APS	自动保护倒换
ATM	异步转移模式
BER	比特差错率
BIP	比特间插奇偶校验
B-ISDN	宽带综合业务数字网
BRA	基本速率接入
CID	连续恒等数字
CPE	信元相位差错
CRC	循环冗余校验
DSL	数字用户线路
E/O	电/光
FP-LD	法布里—珀罗激光二极管
FTTB/C	光纤到大楼/路边
FTTCab	光纤到机柜
FTTH	光纤到户
HEC	信头差错控制
IEC	国际电工技术委员会
ISDN	综合业务数字网

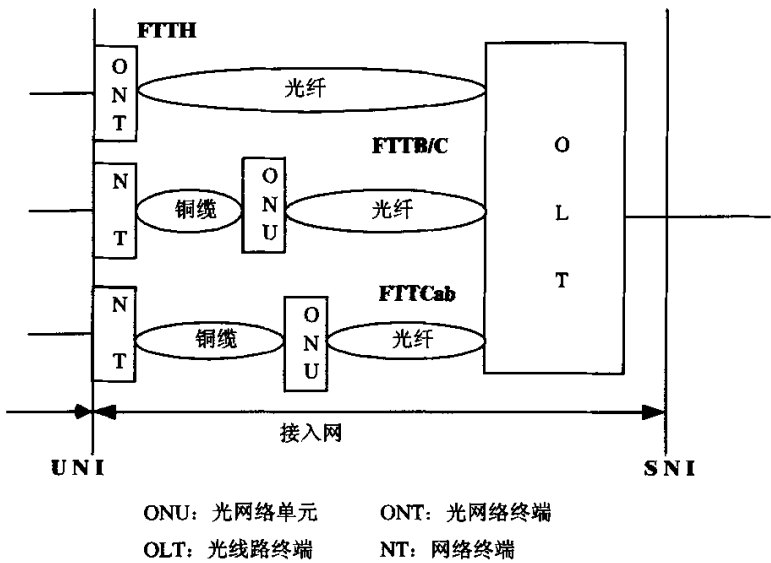
LAN	局域网
LCD	信元定界丢失
LCF	激光器控制域
LSB	最低有效位
LT	线路终端
MAC	媒质接入控制
MLM	多纵模
MSB	最高有效位
MUX	复用器
NRZ	非归零
NT	网络终端
O/E	光/电
OAM	操作管理和维护
OAN	光接入网
ODF	光配线架
ODN	光配线网
OLT	光线路终端
ONT	光网络终端
ONU	光网络单元
OpS	操作系统
ORL	光回损
PLOAM	物理层 OAM
PON	无源光网络
POTS	普通电话业务
PRA	基群速率接入
PRBS	伪随机序列
PST	PON 段跟踪
PSTN	公共交换电话网
QoS	业务质量
RAU	请求接入单元
REI	远端差错指示
RMS	均方根值
RXCF	接收机控制域
SDH	同步数字体系
SLM	单纵模
SN	业务节点
SNI	业务节点接口
TC	传输会聚
TDMA	时分多址接入
UI	单位间隔
UNI	用户网络接口
UPC	使用参数控制
VC	虚通路

VP	虚通道
VPI	虚通道识别
WDM	波分复用

5 光接入网结构

5.1 网络结构

接入网系统的光区段可以是点到点、有源的或是无源的、点到多点结构。通用的 OAN（光接入网）网络系统的结构如图 1 所示，所考虑的结构从 FTTH（光纤到户）、FTTB/C（光纤到大楼/路边）到 FTTCab（光纤到机柜）。



FTTCab 和 FTTB/C 网络选项的区别只是两种具体实施的结果，在本标准中它们被看作是同样的拓扑结构。

5.1.1 FTTCab/C/B

FTTCab/C/B 的业务种类如下：

- 不对称宽带业务（例如数字广播业务、VOD、互联网、远程教学、远程医疗等）。
- 对称宽带业务（例如小商业客户的电信业务、远程咨询等）。
- PSTN（公共交换电话网络）和 ISDN（综合业务数字网），接入网能够在适当的时候通过调整以灵活的方式提供窄带电话业务。

5.1.2 FTTH

光纤到户（FTTH）的业务驱动与 5.1.1 情形类似，主要由下列情况决定：

- 可为室内 ONT，应用于较好的环境条件。
- 将接入网能力升级到兼容未来宽带和多媒体业务的演进过程中不需要改变中间的 ONT。
- 维护容易，因为仅需要维护光纤系统，所有光纤系统都被认为比混合光纤铜轴系统可靠。
- FTTH 推动了先进光电技术的发展，光模块的大规模生产也将加速成本的降低。

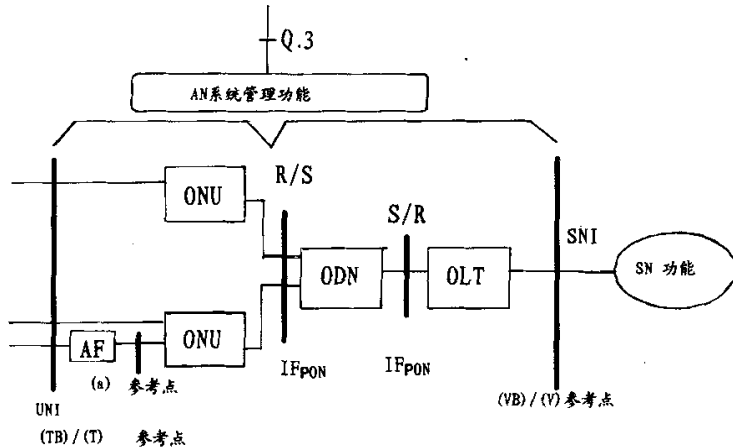
当这些因素完全被解决之后，就可以弥补相对较高的每线成本。在该情形下 FTTH 甚至在短期内就可被认为是经济可行的。

5.2 参考配置

参考配置如图 2 所示。

该 ODN 在一个 OLT 和一个或多个 ONU 间提供一条或多条光通道，每个光通道被限制在参考点 S 和 R 间的一个特定波长窗口内，在 ODN 内两个光传输方向分别定义如下：

- 信号从 OLT 到 ONU(s) 为下行方向；
- 信号从 ONU(s) 到 OLT 为上行方向。



ONU: 光网络单元

ODN: 光配线网

OLT: 光线路终端

AF: 适配功能

S: 在 OLT (下行) 或 ONU (上行) 输出光纤上的光连接点 (如光连接器或光接头)

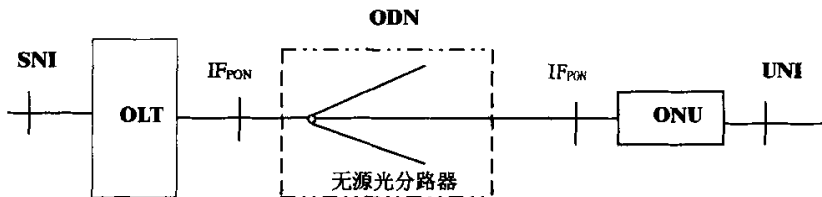
R: 在 ONU (下行) 或 OLT (上行) 输入光纤上的光连接点 (如光连接器或光接头)

(a): 增加该参考点是为了从 ONU 中区分出 AF。

V: 业务网络接口参考点

T: 用户网络接口参考点

图 2 (a) ATM-PON 的参考配置



SNI: 业务节点接口 UNI: 用户节点接口 IF_{PON}: PON 的专用接口

图 2 (b) ATM-PON 参考结构

本节给出在 PON 上支持 ATM 业务的参考结构，该系统由光线路终端 (OLT)、光网络单元 (ONU) 和光缆组成，其中光缆是具有无源光分路器的无源光网络 (PON) 结构。一根光纤在多个 ONU 之间进行无源的分路，而多个 ONU 共享这一根光纤的容量。由于是无源分路，在保密性和安全性方面需要采取特殊措施，另外，在上行方向需要采用 TDMA 协议。

5.2.1 业务节点接口

业务节点接口见 YDN061-97。

5.2.2 在参考点 S/R 和 R/S 处的接口

位于参考点 S/R 和 R/S 处的接口被定义为 IF_{PON} 。这是 PON 的专用接口，它支持所有允许在 OLT 和 ONU 之间传输需要的协议单元。

5.3 功能块

5.3.1 光线路终端

光线路终端 (OLT) 的接口位于 SNI，连接业务节点和 PON，OLT 负责管理 ATM 传送系统中 PON 所特有的特征。通过 PON 系统，ONU 和 OLT 在 UNI_s 和 SNI 间提供透明的 ATM 传送业务。

5.3.2 光网络单元

光网络单元 (ONU) 的接口位于 IF_{PON} ，连接 OLT 和 UNI，ONU 与 OLT 一起为 UNI 和 SNI 之间提供透明的 ATM 传送业务。

根据该结构，在 IF_{PON} 处的 ATM 传送协议是由物理媒质层、传输会聚层和 ATM 层组成。该结构仅针对 ATM 传送，具体细节参见 ITU-T 建议 I.732。

物理媒质层可包括上行和下行通道的调制方案（它们可以是不同的），在单方向上可允许规范多于一种物理媒质层。

传输会聚层负责管理通过多个 ONU 到上行 PON 资源分布式的接入。这是一个主要的协议单元而且会直接影响 ATM QoS。

ATM 协议在 PON 上运行时不需改变。在 OLT 和 ONU 内，ATM 层所完成的功能应包括信元中继。

5.3.3 光配线网

光配线网 (ODN) 为 OLT 到用户之间提供光传输手段，反之亦然，它使用无源光器件。

5.4 ONU 功能块

ONU 的核心部分是由 ODN 接口功能、用户端口功能、传输复用/解复用功能、用户和业务复用 (MUX)/解复用功能以及供电组成，见图 3。用例子说明，FTTH ONT 是有源的并对来自室内分配的接入网传送机制进行解复用。

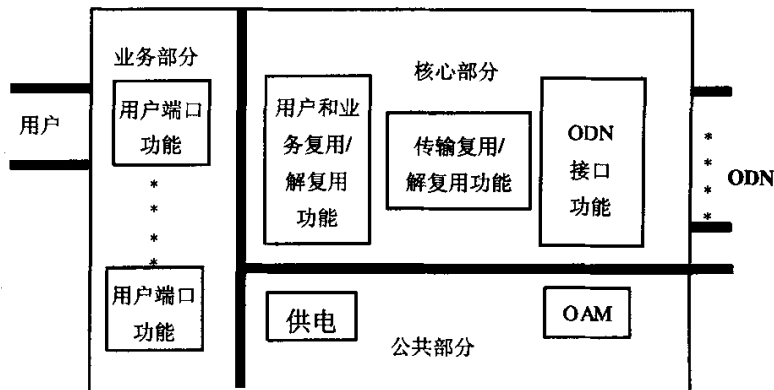


图 3 ONU 功能块

5.4.1 ODN 接口

ODN 接口处理光—电转换过程。ODN 接口从下行 PON 净荷中提取 ATM 信元，并向上行 PON 净荷中插入 ATM 信元，同步信号从下行帧定时中提取。

5.4.2 MUX

复用器 (MUX) 将业务接口复用至 ODN 接口，只有有效的 ATM 信元可以通过 MUX，这样多个 VP_s 能够有效共享分配的上行带宽。

5.4.3 用户端口

用户端口的接口通过 UNI 连接一个终端，用户端口可以向上行净荷中插入 ATM 信元并从下行净荷中提取 ATM 信元。

5.4.4 ONU 供电

ONU 供电方式与实现方式直接相关。

5.5 OLT 功能块

OLT 通过标准接口（SNI 接口）连接到业务网络，在分配侧它按允许的要求，如比特率、功率预算等提供光接入。

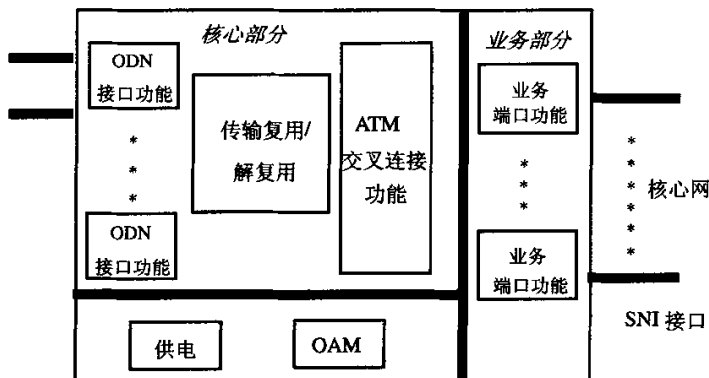


图 4 OLT 功能块

OLT 由 3 部分组成：业务端口功能、ODN 接口功能和用于 VP 汇集的 MUX（见图 4）。这种组合不应排除 OLT 的虚通路（VC）层功能，而 VC 层功能待研究。

1) 业务端口功能

该功能连接业务节点。该业务端口功能可以向上行 SDH 净荷插入 ATM 信元并从下行 SDH 净荷中提取 ATM 信元。该功能可以备份，则需要保护倒换功能。

2) MUX

MUX 为业务端口功能和 ODN 接口间提供 VP 连接，并在 IF_{PON} 点为不同的 VP 分配不同的业务。不同的信息如主要内容、信令和 OAM 信息流可用 VP 中的 VC 来交换。

3) ODN 接口

PON 线路终端处理光—电转换过程。ODN 接口向下行 PON 净荷插入 ATM 信元并从上行 PON 净荷中提取 ATM 信元。

5.6 光配线网功能块

光配线网（ODN）为 ONU 到 OLT 的物理连接提供光传输媒质。

单个 ODN 可组合在一起，并采用光放大器（G.982）来扩展应用。

5.6.1 无源光器件

ODN 由下列无源光器件组成：

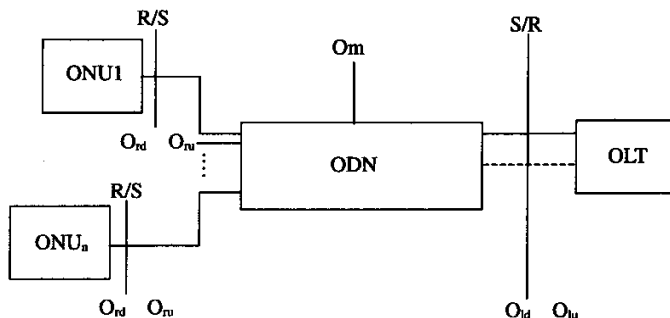
- 单模光纤和光缆
- 光纤带光纤和光纤带光缆
- 光连接器
- 无源光分路器件
- 无源光衰减器
- 光接头

有关无源光器件的定义和规范要求见 ITU-T 建议 G.671。

有关光纤和光缆的规范要求见 ITU-T 建议 G.652。

5.6.2 光接口

图 5 给出了 ODN 的通用物理配置。



R/S: 参考点

O_{rd} 、 O_{ru} 、 O_{ld} 、 O_{lu} : 光接口

实粗线代表一条或多条光纤

虚线表示保护光纤

图 5 ODN 通用物理配置模型

ODN 内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(s)；

—— 上行方向定义为光信号从 ONU(s) 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）。

如果 ODN 重组时需要额外的连接器或其它无源光器件，它们应位于 S 和 R 之间，关于光损耗的计算应考虑这些器件的损耗。

ODN 在 OLT 和一个或多个 ONU 之间提供一条或多条光通道。每个光通道被定义为参考点之间的某一特定波长窗口。

图 5 中定义了下列光接口：

O_{ru} O_{rd} ：ONU 和 ODN 之间参考点 R/S，上行和下行方向的光接口

O_{lu} O_{ld} ：OLT 和 ODN 之间参考点 S/R，上行和下行方向的光接口

在物理层上，接口可以要求不止一根光纤，例如为了区别传输方向或不同的信号（业务）类型。

ODN 的光特性应能提供现在可预见的任何业务，而不需对 ODN 进行任何改动。这一要求对组成 ODN 的无源光器件的特性有影响。一些对 ODN 的特性有直接影响的基本要求规定如下：

—— 波长透明：器件，如光分路器，没有任何波长选择的功能，能够支持 1310 nm 和 1550 nm 窗口的传输。

—— 可逆性：输出和输入口的倒置不应引起器件光损耗的大幅度变化。

—— 光纤的兼容性：光器件应与单模光纤 G.652 兼容。

5.6.2.1 光分配网损耗计算

光分配网损耗计算见 ITU-T 建议 G.982。

5.6.2.2 光分配网损耗计算方法

光分配网损耗计算方法见 ITU-T 建议 G.982。

6 业务

ATM-PON 应能支持 POTS 业务、窄带 ISDN 业务、宽带 ATM 业务接入（视频点播 VOD 业务、远程教育、远程医疗、数字视频广播或组播等）和宽带无连接的数据业务（基于 IP 的因特网接入——www 浏览、E-mail、FTP 等，局域网互联——LAN 10/100 Base-T、虚拟专用网 VPN 等）。

ATM-PON 应将窄带和宽带业务在 ATM 平台上传送。

7 UNI 和 SNI

UNI 和 SNI 的位置在第 5 章中进行了定义，本章规范了 ATM-PON 的 SNI、UNI 的具体接口和要求。

7.1 SNI 接口

7.1.1 ATM 622 080 kbit/s 光接口

ATM 622 080 kbit/s 光接口应符合 ITU-T 建议 I.432.2 的相关要求，物理层应基于 SDH 的传输方式。该接口应支持 ATM PVC，ATM SVC 为可选功能，此时接口应符合 UNI 3.1/4.0 的规定。

7.1.2 ATM 155 520 kbit/s 光接口

ATM 155 520 kbit/s 光接口应符合 ITU-T 建议 I.432.2 的相关要求，物理层应基于 SDH 的传输方式。该接口应支持 ATM PVC 功能，ATM SVC 为可选功能，此时接口应符合 UNI 3.1/4.0 的规定。

7.1.3 ATM 155 520 kbit/s 电接口

ATM 155 520 kbit/s 电接口应符合 ITU-T 建议 I.432.2 的相关要求，物理层应基于 SDH 的传输方式。该接口应支持 ATM PVC 功能，ATM SVC 为可选功能，此时接口应符合 UNI 3.1/4.0 的规定。

7.2 UNI 接口

ATM-PON 系统应支持如下一种或多种 UNI 接口。具体 UNI 接口包括宽带业务的 ATM 2 048 kbit/s、ATM 25 600 kbit/s 接口、10/100 Base-T 接口和窄带业务的 Z 接口、ISDN BRA/PRA 接口。以上 UNI 接口可根据具体接入技术和实际需要进行配置。

7.2.1 ATM 2 048 kbit/s 接口

ATM 2 048 kbit/s 接口应符合 ITU-T 建议 I.432.3 的相关要求。该接口应支持 ATM PVC 功能，ATM SVC 为可选功能，此时接口应符合 UNI 3.1/4.0 的规定。

7.2.2 ATM 25 600 kbit/s 接口

ATM 25 600 kbit/s 接口应符合 ITU-T 建议 I.432.5 的相关要求。该接口应支持 ATM PVC 功能，ATM SVC 为可选功能，此时接口应符合 UNI 3.1/4.0 的规定。

7.2.3 10/100 Base-T 接口

应符合 IEEE 802.3 的相关要求。

7.2.4 Z 接口

Z 接口应支持二线模拟用户的接入。

Z 接口应符合 YD/T1070—2000 的规定。

7.2.5 ISDN BRA/PRA 接口

ISDN BRA/PRA 接口支持 ISDN 用户的接入。ISDN BRA U 接口及 PRA U 接口应符合 YDN 034—97 的规定。

8 光网络要求

8.1 光网络分层

分层结构基于 ITU-T 建议 G.982。ODN 是基于无源光分路器、分支器件的光纤分配网络。OAN 是在图 2 中参考点“V”和“T”之间的系统。对于通过铜缆到用户的数字用户环路（DSL），ONU 可具有一个适配功能（AF）。作为一个网元，OAN 通过 Q3 接口被管理。

协议参考模型分为物理媒质层、传输会聚（TC）层和通道层，这在 ITU-T 建议 G.803，I.326 和 G.982 中有规定。表 2 为 ATM-PON 的分层结构说明。在 ATM-PON 网络中，通道层对应于 ATM 层的 VP（虚通道）。

TC 层分为 PON 传输子层和适配子层，它对应于 I.321 中 B-ISDN 的传输汇聚子层。PON 的传输子层终结了所要求的 ODN 传输功能。PON 的特定功能也在 PON 的传输子层终结，但在适配子层看不到。

按照 YD/T768—97 的分层原则，物理媒质层和 TC 层组成了传输媒质层。

表 1 ATM-PON 系统的分层结构

通道层			参考 I.732
传输媒质层	TC 层	适配	参考 I.732
		PON 传输	测距 信元时隙分配 带宽分配 保密和安全 帧定位 突发同步 比特/字节同步
	物理媒质层		E/O 适配 波分复用 光纤连接

注：传输媒质层应提供相关的 OAM 功能

8.2 ATM-PON 系统的物理媒质依赖层要求

8.2.1 数字信号标称速率

传输线路速率应为 8 kHz 的倍数，标准的速率应为：

选项 1：FTTCab/C/B/H 系统，对称的 155 520 kbit/s 系统。

选项 2：FTTCab/C/B 系统，非对称 155 520 kbit/s 上行 / 622 080 kbit/s 下行。

上行和下行定义的参数及标称比特率分类见表 2。

表 2 参数表

传送方向	标称速率	对应表格
下行	155 520 kbit/s	表 3b（下行，155 520 kbit/s）
	622 080 kbit/s	表 3c（下行，622080 kbit/s）
上行	155 520 kbit/s	表 3d（上行，155520 kbit/s）

所有参数都在下面进行了规范，并应与表 3a（ODN）、表 3b（下行，155 520 kbit/s）、表 3c（下行，622 080 kbit/s）和表 3d（上行，155 520 kbit/s）的规范保持一致。如果不引起误解，可将这些表格统称为表 3。一共有 4 种 ONU，它们通过比特率 155.52 Mbit/s 和 622.08 Mbit/s 以及光通道损耗类型 B 和类型 C 来区分（在 ITU-T 建议 G.982 中定义）。

规范的所有参数值都是最坏情况下的值，假定超过了标准运行条件的范围（例如温度和湿度范围），并包含老化效应。这些参数的规范对应的是在极端的光通道衰减和色散条件情况下光传输段的 BER 设计目标不劣于 1×10^{-10} 时的值。

表 3a ODN 物理媒质依赖层的参数

项 目	单 位	规 范
光纤类型	—	G.652
衰减范围(G.982)	dB	B 类:10~25 C 类:15~30
光通道损耗差异	dB	15
最大光通道代价	dB	1
最大逻辑到达距离差	km	20
在 S/R 和 R/S 点间最大光纤距离	km	20
支持的最小分路比	—	受限于通道损耗和 ONU 地址 具有无源分路器的 PON (16 或 32 条分路)
双向传输	—	1 根光纤 WDM 或 2 根光纤
维护波长	nm	特定

表 3b 155 520 kbit/s 下行方向的光接口参数

项 目	单 位	单 纤		双 纤	
		OLT 发送机（光接口 O _{ld} ）			
标称比特率	kbit/s	155 520		155 520	
工作波长	nm	1480~1580		1260~1360	
线路码型	—	扰码的 NRZ		扰码的 NRZ	
发送机眼图模板	—	图 6		图 6	
在发送机波长上测量的设备最大反射	dB	NA		NA	
在 O _{ld} 和 O _{lo} 点 ODN 的最小 ORL(注 1,2)	dB	>32		>32	
ODN 类别		B 类	C 类	B 类	C 类
最小平均发送功率	dBm	-4	-2	-4	-2
最大平均发送功率	dBm	+2	+4	+1	+3
发送机无输入时的发送光功率	dBm	NA		NA	
消光比	dB	>10		>10	
发送机入射光功率容限	dB	>-15		>-15	
MLM 激光器—最大 RMS 宽度	nm	1.8		5.8	
SLM 激光器—最大 -20 dB 宽度(注 3)	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最大反射	dB	<-20		<-20	

续表 3b

项 目	单 位	单 纤		双 纤	
		ONU 接收机 (光接口 O _{id})			
比特差错率	—	<10 ⁻¹⁰		<10 ⁻¹⁰	
ODN 类别		B 类	C 类	B 类	C 类
最小灵敏度 (BER=10 ⁻¹⁰)	dBm	-30	-33	-30	-33
最小过载 (BER=10 ⁻¹⁰)	dBm	-8	-11	-9	-12
连续相同数字 (CID) 抗扰度	bit	>72		>72	
抖动容限	—	图 9		图 9	
反射光功率容限	dB	<10		<10	
注 1: “ODN 在 O _{in} 和 O _{id} 及 O _{io} 和 O _{id} 点的最小 ORL” 值在可选情况下应大于 20 dB, 在附录 A 中已说明。 注 2: 对 “ODN 在 O _{in} 和 O _{id} 及 O _{io} 和 O _{id} 点的最小 ORL” 值是 20 dB 的情况时, ONU 发送机反射率的值在附录 B 中已说明。 注 3: 最大-20 dB 带宽和最小边模抑制比的值参见 ITU-T 建议 G.957。					

表 3c 622 080 kbit/s 下行方向的光接口参数

项 目	单 位	单 光 纤		双 光 纤	
		OLT 发送机（光接口 Old）			
标称比特率	kbit/s	622 080		622 080	
工作波长	nm	1480~1580		1260~1360	
线路码型	—	扰码的 NRZ		扰码的 NRZ	
发送机眼图模板	—	图 6		图 6	
在发送机波长上测量的设备最大反射	dB	NA		NA	
在 O _{id} 和 O _{in} 点 ODN 的最小 ORL(注 1,2)	dB	>32		>32	
ODN 类别		B 类	C 类	B 类	C 类
最小平均发送功率	dBm	-2	-2	-2	-2
最大平均发送功率	dBm	+4	+4	+3	+3
发送机无输入时的激光器发送光功率	dBm	NA		NA	
消光比	dB	>10		>10	
发送机入射光功率容限	dB	>-15		>-15	
MLM 激光器—最大 RMS 宽度	nm	NA		1.4	
SLM 激光器—最大-20 dB 宽度(注 3)	nm	1		1	
SLM 激光器—最小边模抑制	dB	30		30	

续表 3c

项 目	单 位	单 光 纤		双 光 纤	
		ONU 接收机（光接口 O _u ）			
在接收机波长上测量的设备最大反射	dB	<-20		<-20	
比特差错率	—	<10 ⁻¹⁰		<10 ⁻¹⁰	
ODN 类别		B 类	C 类	B 类	C 类
最小灵敏度（BER=10 ⁻¹⁰ ）	dBm	-28	-33	-28	-33
最小过载（BER=10 ⁻¹⁰ ）	dBm	-6	-11	-7	-12
连续相同数字（CID）抗扰度	bit	>72		>72	
抖动容限	—	图 9		图 9	
反射光功率容限	dB	<10		<10	
注 1：“ODN 在 O _u 和 O _u 及 O _m 和 O _u 点的最小 ORL” 值在可选情况下应大于 20 dB，在附录 A 中已说明。					
注 2：对“ODN 在 O _u 和 O _u 及 O _m 和 O _u 点的最小 ORL” 值是 20 dB 的情况时，ONU 发送机反射率的值在附录 B 中已说明。					
注 3：最大 -20 dB 带宽和最小边模抑制比的值参见 ITU-T 建议 G.957。					

表 3d 155 Mbit/s 上行方向的光接口参数

项 目	单 位	单 光 纤		双 光 纤	
		ONU 发送机（光接口 O _n ）			
标称比特率	Mbit/s	155.52		155.52	
工作波长	nm	1260~1360		1260~1360	
线路码型	—	扰码 NRZ		扰码 NRZ	
发送机眼图模板	—	图 7		图 7	
在发送机波长上测量的设备最大反射	dB	<-6		< -6	
在 O _d 和 O _w 点 ODN 的最小 ORL(注 1,2)	dB	>32		>32	
ODN 类别		B 类	C 类	B 类	C 类
最小平均发送功率	dBm	-4	-2	-4	-2
最大平均发送功率	dBm	+2	+4	+1	+3
发送机无信号时激光器发送光功率	dBm	<（最小灵敏度-10）		<（最小灵敏度-10）	
消光比	dB	>10		>10	
发送机入射光功率容限	dB	>-15		>-15	
MLM 激光器—最大 RMS 宽度	nm	5.8		5.8	
SLM 激光器—最大-20 dB 宽度(注 3)	nm	1		1	
SLM 激光器—最小边模抑制比	dB	30		30	

续表 3d

项 目	单 位	单 光 纤		双 光 纤	
		ONU 发送机（光接口 O _u ）			
抖动转移	—	图 8		图 8	
在 0.5 kHz ~1.3 MHz 带宽内产生的抖动	UI ptp	0.2		0.2	
		OLT 接收机（光接口 O _l ）			
在接收机波长上测量的设备最大反射	dB	<-20		<-20	
比特差错率	—	<10 ⁻¹⁰		<10 ⁻¹⁰	
ODN 类别		B 类	C 类	B 类	C 类
最小灵敏度（BER=10 ⁻¹⁰ ）	dBm	-30	-33	-30	-33
最小过载（BER=10 ⁻¹⁰ ）	dBm	-8	-11	-9	-12
连续相同数字（CID）抗扰度	bit	>72		>72	
抖动容限	—	NA		NA	
反射光功率容限	dB	<10		<10	
注 1：“ODN 在 O _u 和 O _{ld} 及 O _l 和 O _{ld} 点的最小 ORL” 值在可选情况下应大于 20 dB，在附录 A 中已说明。					
注 2：对“ODN 在 O _u 和 O _{ld} 及 O _l 和 O _{ld} 点的最小 ORL” 值是 20 dB 的情况时，ONU 发送机反射率的值在附录 B 中已说明。					
注 3：最大 -20 dB 带宽和最小边模抑制比的值参见 ITU-T 建议 G.957。					

8.2.2 物理媒质和传输方法

8.2.2.1 传输媒质

传输媒质是基于 ITU-T 建议 G.652 规范的光纤。

8.2.2.2 传输方向

信号在传送媒质中分上行和下行传送。

8.2.2.3 传输方法

双向传输可利用一根光纤的 1310 nm 和 1550 nm 窗口或 1550 nm 窗口两个波长的单纤双向 WDM 技术实现, 也可采用两根光纤的 1310 nm 窗口进行传输, 即一根光纤的 1310 nm 窗口传输下行信号, 另一根光纤的 1310 nm 窗口传输上行信号。

8.2.3 比特率

8.2.3.1 下行

OLT 至 ONU 的下行信号的标称速率为 155 520 kbit/s 或 622 080 kbit/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一级时钟 (准确度为 1×10^{-11})。当端局运行在自由振荡状态时, 下行信号的速率跟踪一个三级时钟 (准确度为 4.6×10^{-6})。当 OLT 运行在自由振荡模式时, 下行信号速率的精度为一个四级时钟 (准确度为 3.2×10^{-5})。

8.2.3.2 上行

当 ONU 处于它的一种运行状态或得到授权时, 它应发送与自己收到的下行信号时钟精度一样的 155 520 kbit/s 上行信号。当 ONU 不处于它的一种运行状态或未得到授权时, 则不能发送信号。

8.2.4 线路码型

8.2.4.1 下行方向

NRZ 编码, 扰码方法在 TC 层的规范中定义。

通常采用的光信号逻辑电平为: 二进制“1”表示发送高电平, 二进制“0”表示发送低电平。

8.2.4.2 上行方向

NRZ 编码, 扰码方法在 TC 层的规范中定义。

通常采用的光信号逻辑电平为: 二进制“1”表示发送高电平, 二进制“0”表示发送低电平。

8.2.5 工作波长

8.2.5.1 下行方向

单根光纤系统下行方向的工作波长范围应为 1480 nm ~1580 nm。

双根光纤系统下行方向的工作波长范围应为 1260 nm ~1360 nm。

8.2.5.2 上行方向

上行方向的工作波长范围应为 1260 nm~1360 nm。

8.2.6 O_{id} 、 O_m 处的发送机

以下为各参数的规范, 应与表 3 保持一致。

8.2.6.1 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 MLM 或 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, 但应明确本标准给出的标称激光器类型并不是必须要求的, 并且 SLM 可在标称为 MLM 光源类型的任何应用中作为替代, 而不引起系统性能的任何劣化。

8.2.6.2 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 20 dB 以内的所有边模。

对于 SLM 激光器, 最大光谱宽度采用中心波长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 20 dB 的频谱带宽。另外为了在 SLM 系统中控制模式分配噪声, 应规范激光器边模抑制比的最小值。

8.2.6.3 平均发送功率

在 O_{id} 和 O_m 点的平均发送功率是指发送机耦合进光纤的伪随机序列的平均功率。对平均发送功率规定了一个范围来允许系统成本最佳化, 并且考虑了在正常条件下工作包含的所有允许发送机连接器劣化、测量公差和老化效应等因素。

小的数值是在运行待命状态 2 (O6)、运行待命状态 3 (O7) 和运行状态 (O8) 应提供的最小功率, 而大的数值是在 O6、O7 和 O8 状态下永远不能超出的功率。在测距模式时, 测距待命状态 (O4, 仅适于光功率启动) 下的光功率可以小于规定的最小发送光功率, 并且不能超过规定的最大发送光功率 3 dB。

注: 为了准确地测量, 应特别注意 ONU 发送突发信号的模式。

8.2.6.3.1 发送机无输入信号时的发送光功率

在上行方向, ONU 发送机应在不是分配给自己的所有时隙中不发送任何光功率到光纤中。在除了可能被用作激光器预偏置的最后 2 个比特 (而该比特紧跟着分配的信号, 且在此期间输出降至零), ONU 在分配给它的时隙的防护时间也不发送任何功率到光纤中。在激光器预偏置时发送的功率电平应小于“1”电平的 0.1。

8.2.6.4 最小消光比

传统采用的光逻辑电平为:

- 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) 被定义如下:

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

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

上行方向突发模式信号的消光比被应用于从 “前置” 的第一比特到突发信号包含的最后一个比特。它不适用于光功率设置过程 (参见 8.4.4.2 ‘ONU 的测距过程’)。

8.2.6.5 在发送机波长测量的设备最大反射系数

从设备 (ONU/OLT) 返回到光缆线路的反射由 O_{10}/O_n 点测量的设备最大允许反射来规范, 它应与表 3 一致。

8.2.6.6 发送机眼图模板

在本标准中, 发送机脉冲形状特征包括上升时间、下降时间、脉冲正向过冲、脉冲负向过冲和振荡。应将这些指标控制在合理范围内以防止接收机灵敏度的过分劣化, 这些指标都以在 O_{10}/O_n 点的发送机眼图模板的形式加以规范。为了对传输信号进行评估, 重要的是不仅要考虑眼图的张开度, 而且还要考虑脉冲正向过冲和负向过冲的限制。

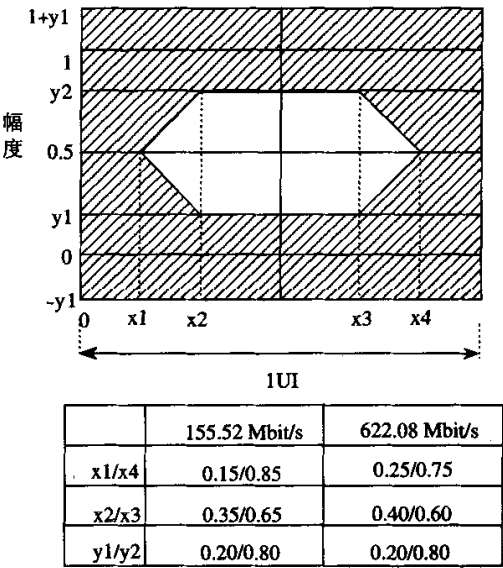
8.2.6.6.1 OLT 发送机

规范眼图模板的参数见图 6。

8.2.6.6.2 ONU 发送机

规范眼图模板的参数见图 7。

对于上行方向突发模式, 信号眼图模板适用于从 “前置” 的第一比特到突发信号包含的最后一个比特。它不适用于光功率设置过程 (参见 8.4.4.2 ‘ONU 测距过程’)。



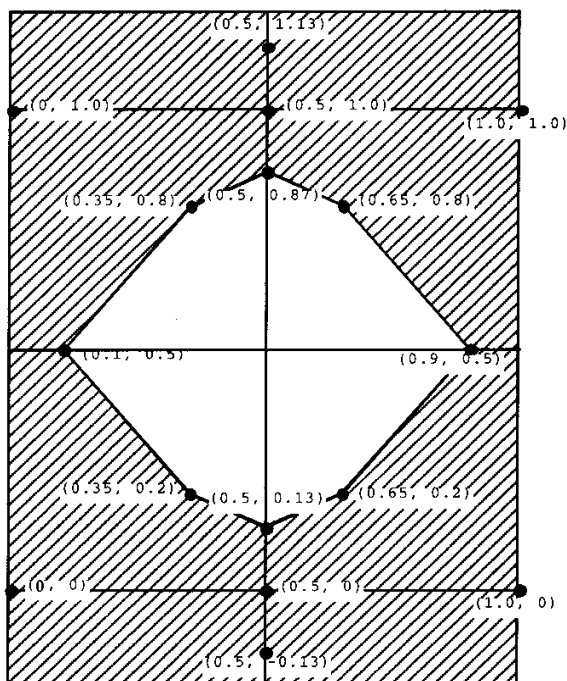
[测试配置]



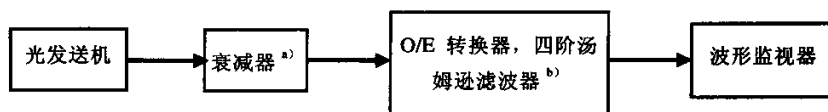
a) 如果需要可使用衰减器;

b) 滤波器的截止频率 (衰减 3 dB 的频率) 是输出比特率的 0.75 倍。

图 6 对于下行传输信号眼图的模板



[测试配置]



a) 如果需要可使用衰减器;

b) 滤波器的截止频率 (衰减 3 dB 的频率) 是输出比特率的 0.75 倍。

图 7 上行传输信号眼图的模板

8.2.6.7 光功率反射的容限

规定的发送机性能应满足表 3 中对 S 点的光反射电平的规范。

8.2.7 O_d/O_n 和 O_n/O_{in} 间的光通道

8.2.7.1 衰减范围

ITU-T 建议 G.982 中定义了两类衰减范围:

10~25 dB: B 类

15~30 dB: C 类

规范的衰减是假定最坏情况下的值, 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) 将来更改光缆配置 (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。

8.2.7.2 包括任何连接器的 R/S 点光缆线路的最小光回损

ODN R/S 点的总的最小光回损 (ORL) 的规范为优于 32 dB。可选择的是, ODN S 点的最小 ORL 的规范为优于 20 dB。附录 A 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-35 dB，两个 ODF 连接器的反射系数就可达到-32 dB。然而，基于其它的网络模型，总的反射率可以变为劣于-32 dB。

8.2.7.3 S、R 点间的最大离散反射系数

ODN 中的所有离散反射系数应优于-35 dB，如 ITU-T 建议 G.982 中所定义。

8.2.7.4 色散

色散受限系统具有在表 3 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 中用“NA”表示不适用。

8.2.8 O_{rd} 和 O_{ro} 点的接收机

所有的参数被规范如下，并应与表 3 保持一致。

8.2.8.1 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收值。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偏差。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。

8.2.8.2 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收值。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 为 10^{-10} 。

8.2.8.3 最大光通道代价

要求接收机能容忍不超过 1 dB 的光通道代价，以此来计算由于反射、码间干扰、模式分配噪声和激光器啾啾造成的总的劣化。

8.2.8.4 在接收波长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_{ro} 点测量的设备最大容许反射来规范的。它应与表 3 一致。

8.2.8.5 光通道损耗差异

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异，最大的光通道损耗差异应为 15dB。

8.2.8.6 时钟提取能力

注：上行发送信号的时钟是从几个正逻辑“1”、“0”交替的连续码（前置码）中快速提取的。从前置码中提取的时钟至少应在从上行信元的分界点到结束接收信号期间保持，或者在接收信号期间连续地从前置码后的信号中提取时钟。

8.2.8.7 抖动性能

本节是对 ATM-PON 中光接口抖动性能的要求。

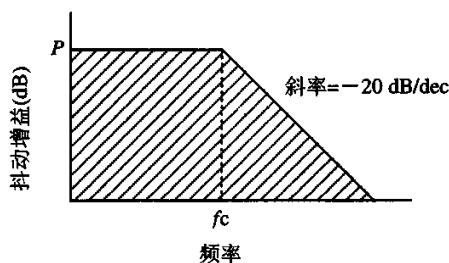
8.2.8.7.1 抖动转移

抖动转移的规范仅适用于 ONU；

抖动转移函数被定义为：

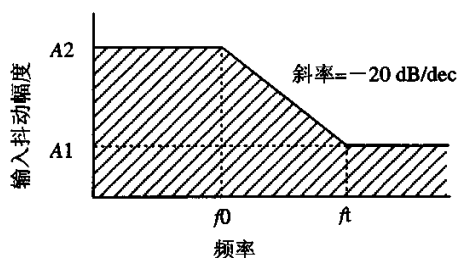
$$\text{抖动转移} = 20 \log \left[\frac{\text{上行信号的抖动 UI}}{\text{下行信号的抖动 UI}} \times \frac{\text{下行比特率}}{\text{上行比特率}} \right]$$

当输入为稍高于图 9 中的模板水平的正弦抖动，且在曲线中规范了每一比特率的参数时，ONU 的抖动转移函数应在图 8 给定的模板曲线之下。



	f_c [kHz]	P [dB]
155.52 / 155.52	130	0.1
155.52 / 622.08	500	0.1

图8 ONU的抖动转移



	f_t [kHz]	f_0 [kHz]	A_1 [UIp-p]	A_2 [UIp-p]
155.52 / 155.52	65	6.5	0.075	0.75
155.52 / 622.08	250	25	0.075	0.75

图9 ONU抖动容限模板

8.2.8.7.2 抖动容限

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

ONU 的容限应至少满足图 9 中模板的要求, 且在图表中规范了各个比特率的参数。

8.2.8.7.3 抖动产生

抖动产生的规范仅适用于 ONU。

当下行输入信号无抖动, 并且测量带宽为 0.5 kHz~1.3 MHz 时, ONU 产生的峰-峰值抖动应小于 0.2UI。

8.2.8.8 连续相等数字(CID)抗扰度

规定的测试模式是由 4 种连续的数据块组成:

- 全 1 (零定时含量、高平均值信号幅度);
- 具有 1/2 传号率的伪随机数据;
- 全 0 (零定时含量、低平均值信号幅度);
- 一个由 ATM 开销字节组成的数据块。

该测试模式是一个数据块序列, 由 d)、a)、b)、d)、c) 和 b) 组成。零定时含量周期 a) 和 c) 的

持续时间被设为等于最长的类似元素序列。CID 抗扰度被定义为该持续时间。

8.2.8.9 反射功率容限

当多点反射光被分别看作是在 O_{rd} 和 O_{lu} 的一个光噪声时，该反射功率容限是 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。

8.2.8.10 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，应考虑采用大约 10^{-6} 的传输比特差错率的开销字节。还应考虑在本地环境下光物理媒质依赖层的误码特性，决定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为小于 10^{-9} 的低误码率。在 G.957 定义的环境条件下，光器件的误码指标应优于 10^{-10} 。

8.3 对 ATM-PON 传输会聚层的要求

对于 ATM-PON，下面的表格给出了 TC 层的要求。

表 4 TC 层要求

信元速率解耦	I.432.1
HEC 计算差错校验	I.432.1
每个 PON 虚通道的最大数目	4096
最小编址容量	64 ONU

注：PON 寻址可使用 ATM 信元字头的全部 12 比特的 VP 域，如它被使用在跨越 V 参考点，见图 10。在 PON 上 VPI 的值没有必要等于 VPI 跨越 V 参考点上的值，因为 OLT 有 VP 交叉连接的功能。限制最多 4096 个 VP 是为了避免 ONU 中有昂贵的编址表，并更有效地利用 PON 资源。

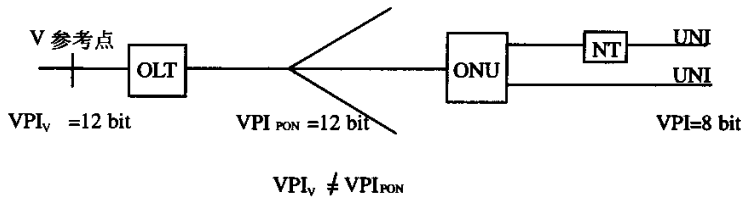


图 10 VP 在 PON 上的使用

8.3.1 PON 上点到多点的传输

在 PON 中下行信号被广播到所有的 ONU，OLT 控制来自每个 ONU 的所有上行传输，并在下行通过时分多址接入（TDMA）技术进行授权。

8.3.2 下行和上行的最大净荷容量

对于上行和下行信号，应在传输帧里使用最小的开销以使下行和上行方向的系统净荷容量最大。

系统性能和 OAM 功能所要求的开销容量应该能满足系统要求。因此，如果可能，最理想情况是在 ATM-PON 系统的下行中能够支持等效于一个 VC4 容量的净荷容量。

8.3.3 下行接口

对 ATM 信元的传递能力包括信息信元、信令信元、OAM 信元、未分配信元和用于信元速率解耦的信元。物理层开销信元包括物理层 OAM 信元（PLOAM 信元）。

155 520 kbit/s 接口的传递容量是 149 966 kbit/s ($155\ 520 \times 54/56$)。

622 080 kbit/s 接口的传递容量是 599 863 kbit/s。

8.3.4 上行接口

物理层开销包括 PLOAM 信元、用于 MAC 通路的微时隙和加在每个上行 ATM 信元、PLOAM 信元或微时隙前的开销字节。

155 520 kbit/s 接口的传递容量的上限为 147 189 kbit/s ($155\ 520 \times 53/56$ Mbit/s)。一些额外的带宽由 OLT 分配给上行 PLOAM 通路和 MAC 通路。

上行传递容量在 ONU 之间根据它们分配的上行带宽共享。

8.3.5 传送特定 TC 功能

8.3.5.1 帧结构

155 520 kbit/s 和 622 080 kbit/s 的下行接口结构由一个连续的时隙流组成，每个时隙包含一个 53 字节的 ATM 信元或 PLOAM 信元。

每 28 个时隙中插入一个 PLOAM 信元。对于 155 520 kbit/s 的下行信号，一个下行帧包含 2 个 PLOAM 信元且长度为 56 个时隙；对于 622 080 kbit/s 情况，它包含 8 个 PLOAM 信元，长度为 224 个时隙。

上行方向的帧中包含 53 个时隙，每个时隙包含 56 个字节。OLT 要求 ONU 通过由下行 PLOAM 信元传送的授权来发送一个 ATM 信元。以一个可编程的速率，OLT 要求一个 ONU 发送一个 PLOAM 信元或一个微时隙。上行 PLOAM 速率取决于 PLOAM 信元中需要的功能，每个 ONU 最小 PLOAM 速率是每 100 ms 一个 PLOAM 信元，OLT 定义分配给上行微时隙的带宽。

PLOAM 信元被用来传送物理层 OAM 信息。另外，它们承载 ONU 用于上行接入的授权信号。

一个分离时隙占据一个完整的上行时隙，并包含来自一组 ONU 的许多微时隙。为了实现动态的带宽分配，MAC 协议使用它们将 ONU 的状况传递给 OLT。这些分离时隙的使用是可选项。

上述的帧、信元、字节和比特按照它们编号以下面的顺序发送：帧按照升序发送，一个帧中的信元按照升序发送，一个信元中的字节也按照升序发送，且在一个字节中 MSB 首先发送。在一个字节中 MSB 的比特编号为 1，而 LSB 的比特编号为 8，则例如 0b10101010 的 MSB 等于 1。

8.3.5.1.1 上下行速率对称 PON 的帧结构

上下行速率对称 PON 的帧结构如在图 11 中所示。

上行开销字节包含的域见表 5。

表 5 上行开销字节

域	用 途
防护时间	在两个连续信元或微时隙之间提供足够的距离，以避免冲突
前置码	从到达的信元或与 OLT 的局内定时相关的微时隙中提取相位，和/或获得比特同步和幅度恢复。
定界符	一种用于指示 ATM 信元或微时隙开始的特殊码型，它可用于执行字节同步。

最小防护时间的长度是 4 bit，总的开销长度是 24 bit。防护时间长度、前置码型和定界符码型在 OLT 控制下可被编程。这些内容通过下行 PLOAM 信元中的上行开销 (Upstream_overhead) 消息来定义。

8.3.5.1.2 622 080/155 520 kbit/s PON 的帧结构

在此情况下，下行速率恰为上行速率的 4 倍，如图 12 所示。

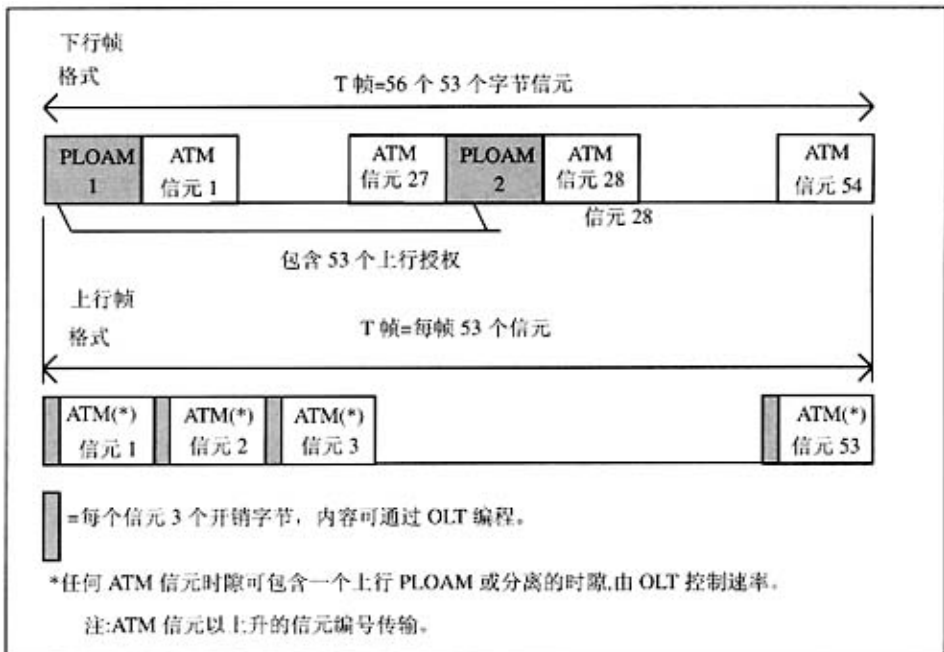


图 11 155 520/155 520 kbit/s PON 的帧结构

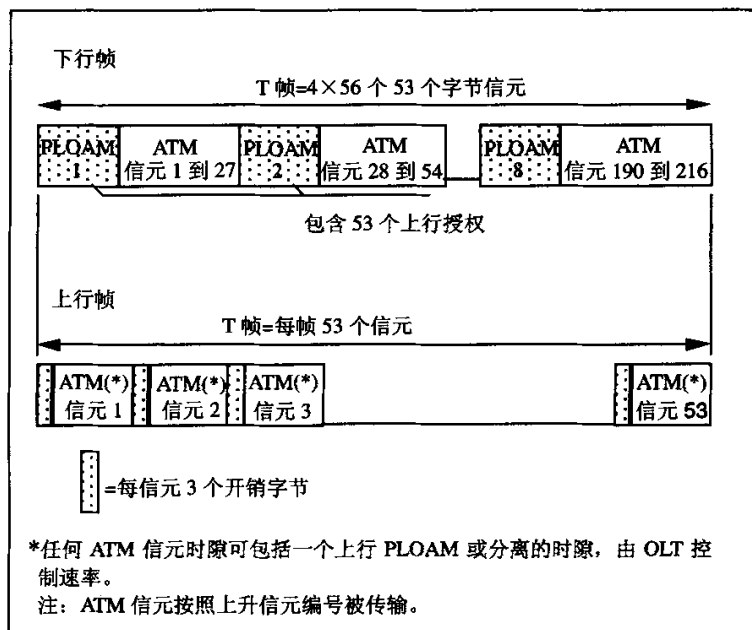


图 12 622 080/155 520 kbit/s PON 的帧结构

8.3.5.1.3 下行—上行帧的时间关系

在图 11 和图 12 中下行帧的开始和上行帧的开始是对齐的，这表明两帧有相同的持续时间。但是在 OLT 或 ONU 的参考点 S/R，并没有定义真正的相位差。两个帧可以在 OLT 内部的某些虚参考点上对齐。测距程序保证上行信元与上行帧对齐。

如图 11 和图 12 所示, 53 个授权被映射到一个帧的前两个 PLOAM 中, 并从 1 至 53 编号。为了确保正确的上行 TDMA 协议, 一个 ONU 被授权 X 寻址, 在应用测距协议中所定义的均衡时延之前, 将该授权排队 (X-1) 上行信元周期。

8.3.5.2 物理层信元识别

YDN052-97 规定了 PLOAM 信元流的特定格式。定义下面的格式以便于 ATM-PON 系统的维护 (见表 6)。

表 6 PLOAM 帧头

	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5
ATM-PON 的物理层 OAM 信元	0000 0000	0000 0000	0000 0000	0000 1101	HEC=有效码 0111 0110
注: 从 ATM 层的观点这些个别域是无意义的, 因为物理层 OAM 信元不通过 ATM 层。					

8.3.5.3 下行 PLOAM 结构

表 7 给出了下行信号 PLOAM 信元的净荷内容, 第一、三、五列是开销字节的序号。

表 7 下行 PLOAM 信元的负载内容

1	IDENT	17	GRANT13	33	GRANT27
2	SYNC1	18	GRANT14	34	CRC
3	SYNC2	19	CRC	35	MESSAGE_PON_ID
4	GRANT1	20	GRANT15	36	MESSAGE_ID
5	GRANT2	21	GRANT16	37	MESSAGE_FIELD1
6	GRANT3	22	GRANT17	38	MESSAGE_FIELD2
7	GRANT4	23	GRANT18	39	MESSAGE_FIELD3
8	GRANT5	24	GRANT19	40	MESSAGE_FIELD4
9	GRANT6	25	GRANT20	41	MESSAGE_FIELD5
10	GRANT7	26	GRANT21	42	MESSAGE_FIELD6
11	CRC	27	CRC	43	MESSAGE_FIELD7
12	GRANT8	28	GRANT22	44	MESSAGE_FIELD8
13	GRANT9	29	GRANT23	45	MESSAGE_FIELD9
14	GRANT10	30	GRANT24	46	MESSAGE_FIELD10
15	GRANT11	31	GRANT25	47	CRC
16	GRANT12	32	GRANT26	48	BIP

8.3.5.3.1 PLOAM 信元终结

PLOAM 信元终结在 ONU 的 TC 层, 只要 ONU 是帧同步且未监测到 OAML、FRML、LCD 或 LOS 时, 就处理 PLOAM 信元的净荷。在图 11 中被编号为“ATM 信元 1”到“ATM 信元 54”或在图 12 中被编号为“ATM 信元 1”到“ATM 信元 216”的任何信元, 其信头等于规定的 PLOAM 信元的开头, 在 ONU 的 ATM 特定 TC 层中被丢弃。

8.3.5.3.2 PLOAM 识别

表 8 给出了 IDENT 字节的内容。

表 8 IDENT 域的内容

比特	类型	编码	
1~7	FU	全 0	特定
8	帧	X	“1”表示下行帧的第一个 PLOAM 信元，‘0’表示其它 PLOAM 信元

8.3.5.3.3 帧同步

ONU 应在它接入上行链路前，根据下行 PLOAM 信元中的帧比特，与下行帧实现同步。一旦下行 ATM 信元的定界完成，通过每隔 T_{ploam} 发现 N_{ploam} 个连续正确的 PLOAM 信头，ONU 同步在 PLOAM 速率上。 T_{ploam} 是两个连续的 PLOAM 信元之间的时间。然后它通过每隔 T_{ploam} 发现 $N_{帧}$ 个连续帧比特=1 而同步在帧比特上。如图 13 所示。

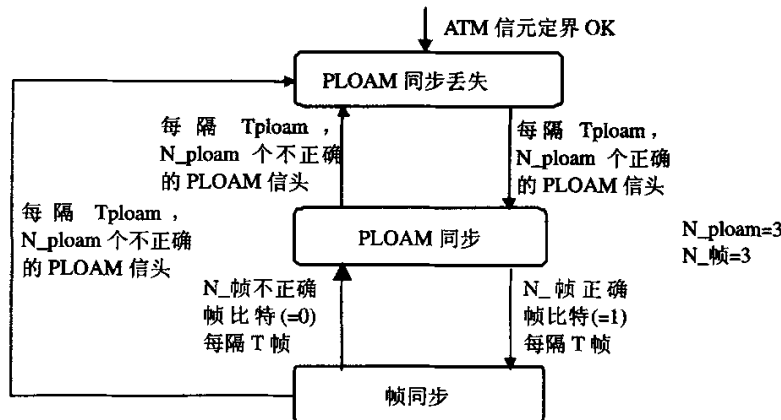


图 13 帧同步流

8.3.5.3.4 同步域 (SYNC1-SYNC2)

同步域的目的是传送一个由 OLT 提供给 ONU 的 1 kHz 参考信号。该功能是可选项。

对于下行为 155 520 kbit/s 的情况，下行方向的一个字节被发送后，OLT 的计数器加 1。对于下行为 622 080 kbit/s 的情况，每发送四个字节计数器加 1。计数器每 1 ms 复位 1 次，并产生一个 1 kHz 信号。在 OLT 中该计数器的值在发送一个帧的第一个 PLOAM 信元前被正确设置，且计数器内的最低 15 位比特被放在 SYNC1-SYNC2 域内的最低 15 位比特内。该计数器最高比特被放在 SYNC1 最高比特内。根据计数器的长度，也可以获得其他定时参考信号。在 ONU 中接收时，该字节被用于同步一个本地计数器。该 ONU 计数器就被锁定在 OLT 计数器上。如图 14 所示。

8.3.5.3.5 授权

每个 PLOAM 信元用 27 个授权填充，这些授权被 ONU 用于进行上行接入，且每帧仅需要 53 个授权。该 53 个授权被映射到下行帧的前两个 PLOAM 信元中，所有 53 个授权是“非空闲”授权。第二个 PLOAM 信元的最后一个授权由一个空闲授权填充。在非对称情况下，剩余 6 个 PLOAM 信元的授权域全部用空闲授权填充，因此不能被 ONU 使用。一个授权的长度是 8 比特，其类型被定义在表 9 中。

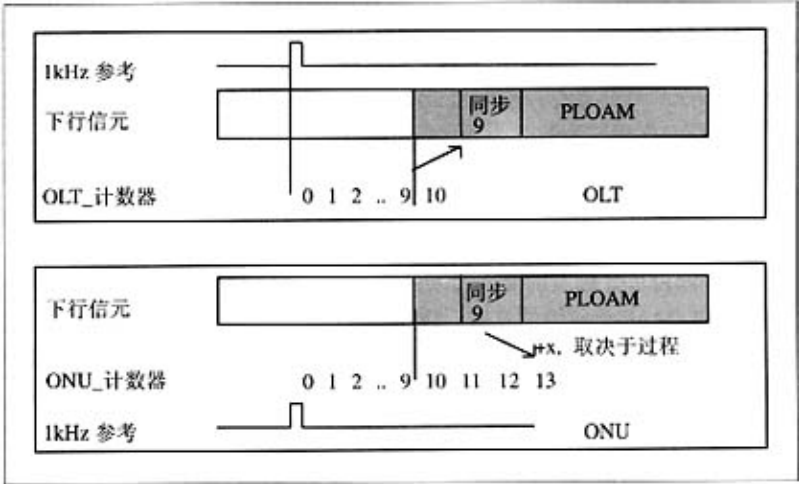


图 14 从 ONU 提取 1 kHz 参考时钟

表 9 授权规范

类 型	编 码	定 义
数据授权	除 1111 1101、1111 1110 和 1111 1111 外的任何值	指示一个上行 ONU 数据授权，在测距协议中使用授权-分配消息，将数据授权值分配给 ONU。则该 ONU 可发送一个数据信元，或当没有数据信元可用时发送一个空闲信元。
PLOAM 授权	除 1111 1101、1111 1110 和 1111 1111 外的任何值	指示一个上行 ONU 的 PLOAM 授权，在测距协议中使用 grant_allocation 消息，将 PLOAM 授权的值分配给 ONU。该 ONU 总是发送一个 PLOAM 信元来响应该授权。
分离-时隙授权	除 1111 1101、1111 1110 和 1111 1111 外的任何值，	指示一组上行 ONU 分离-时隙授权，使用 Divided_slot_grant_configuration 消息，OLT 分配授权给一系列 ONU，配置的每个 ONU 都发送一个微时隙。
预留授权	除 1111 1101、1111 1110 和 1111 1111 外的任何值，	在本标准的以后版本中，这些授权可作为特殊数据授权类型（例如，用于表示一个特定的 ONU 接口或 QoS 等级）。
测距授权	1111 1101	用于测距过程，测距协议中给出了对授权起作用的条件。
未分配的授权	1111 1110	指示一个未使用的上行时隙。
空闲授权	1111 1111	用于从上行信元速率里解耦下行 PLOAM 速率，ONU 忽略这些授权。

该 OLT 同时可寻址 32 个 ONU，可选情况下，它最多可寻址到 64 个 ONU。

8.3.5.3.6 授权保护

循环冗余校验（CRC）可保护由 7 个授权组成的一授权组，授权的 CRC 生成多项式是：

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

它最多可保护 15 个字节且汉明距离为 4，在不进行纠错处理时最多可检测三个比特误码。一旦 ONU 处于帧同步状态，且不丢失信元定界，则该授权组可被处理，而与 PLOAM 信头的正确性无关。

用于描述 CRC 的标记是基于循环编码的特性（例如，编码矢量 100101 可用多项式 $P(x)=x^5+x^2+1$ 表示）。 n 元码矢量的每个元素是 $n-1$ 阶多项式的系数，系数的值可以是 0 或者 1，多项式运算采用模 2 进行。由 7 个授权组成的授权组对应的多项式，不包括 CRC 域，是由该授权组的第一个比特作为最高阶系数而生成的。

授权组多项式乘以 x^8 ，然后被生成多项式 x^8+x^2+x+1 模 2 除后所得的余数即为 CRC 校验多项式。授权组的 MSB 是多项式 x^{35} 的系数，而 LSB 则为 x^0 的系数。

在发送机侧，计算除法余数的寄存器初始值全部置 0，然后通过除 CRC 域外的授权组除以生成的多项式来修改（如上所述），生成的余数作为 8 比特 CRC 被发送。

对最后由 6 个授权组成的授权组，加入假授权 0000 0000 作为第 7 个字节，然后计算授权组的 CRC。

当接收端的 CRC 出错后，整个块都被忽略。

8.3.5.3.7 消息域

所有 OAM 相关告警或由事件触发的交叉门限告警由 PLOAM 信元的消息来传送，而且所有与测距相关的消息也被映射到 PLOAM 信元的消息域。ONU 接收的与测距过程有关的消息处理应该在 6 个帧周期内完成($6 \times T_{\text{帧}}$)，其中包含与此下行消息对应的上行消息的最终准备。消息由与授权相同的多项式来加以保护。一旦 ONU 处于帧同步状态，消息域将被处理，而与 PLOAM 信头的正确性无关。该接收消息域不进行任何纠错处理，当 CRC 出错时，该消息在接收时被丢弃。

消息域（不包括 CRC 域）对应的多项式乘以 x^8 ，然后被生成多项式模 2 除后所得的余数即为 CRC 校验多项式。字节 35 的 MSB 是多项式 x^{35} 的系数，而字节 46 的 LSB 则为 x^0 的系数。

在发送机侧，计算除法余数的寄存器初始值预置为全 0，然后根据除 CRC 域外的消息域与上述发送机多项式模 2 除生成的余数进行修改，余数作为 8 比特 CRC 发送。

表 10 给出了这个消息域的格式。

表 10 PLOAM 信息的格式

MESSAGE_PON_ID	对特定 ONU 进行寻址。在测距协议中，分配给每个 ONU 一个编号 PON_ID。该 PON_ID 可为 0 到 63，被映射到 0x00 到 0x3F 的范围。 当向所有 ONU 广播时，该域置为 0x40。
MESSAGE_ID	指示消息类型
MESSAGE_FIELD	消息内容

8.3.5.3.8 比特间插奇偶校验(BIP8)

该域用于监视下行链路的 BER 性能，每个 PLOAM 信元包含一个 BIP8 字节，覆盖两个连续 BIPs 之间的 $28 \times 53 - 1$ 个字节，即 1483 个字节。BIP8 字节的每个比特是扰码前所有覆盖字节相应比特位的异或。ONU 将接收的 BIP8 与它根据接收字节流计算出的 BIP8 进行比较，并计算有差别的比特。当 BER 小于 10^{-4} 时，BIP 是对实际误码率的一个很好的估计。

8.3.5.4 上行 PLOAM 结构

表 11 给出了上行 PLOAM 信元的净荷内容。

表 11 上行 PLOAM 信元的净荷内容

1	IDENT	25	LCF11
2	MESSAGE_PON_ID	26	LCF12
3	MESSAGE_ID	27	LCF13
4	MESSAGE_FIELD1	28	LCF14
5	MESSAGE_FIELD2	29	LCF15
6	MESSAGE_FIELD3	30	LCF16
7	MESSAGE_FIELD4	31	LCF17
8	MESSAGE_FIELD5	32	RXCF1

续表 11

9	MESSAGE_FIELD6	33	RXCF2
10	MESSAGE_FIELD7	34	RXCF3
11	MESSAGE_FIELD8	35	RXCF4
12	MESSAGE_FIELD9	36	RXCF5
13	MESSAGE_FIELD10	37	RXCF6
14	CRC	38	RXCF7
15	LCF1	39	RXCF8
16	LCF2	40	RXCF9
17	LCF3	41	RXCF10
18	LCF4	42	RXCF11
19	LCF5	43	RXCF12
20	LCF6	44	RXCF13
21	LCF7	45	RXCF14
22	LCF8	46	RXCF15
23	LCF9	47	RXCF16
24	LCF10	48	BIP

8.3.5.4.1 PLOAM 信元终结

PLOAM 信元被终结在 OLT 的传输特定 TC 层,只要 ONU_i 的状态不是 $LOSi$ 、 $LCDi$ 、 $CPEi$ 或 $OAMLi$,则处理 PLOAM 信元的净荷。

8.3.5.4.2 PLOAM 标识

表 12 给出了 IDENT 字节的内容。

表 12 IDENT 字节的内容

比特	类型	编码	
1~8	FU	全 0	待定

8.3.5.4.3 消息域

所有 OAM 相关告警或由事件触发的交叉门限告警由 PLOAM 信元消息来传送。所有与测距相关的消息也被映射到 PLOAM 信元的消息域。该信息采用与下行消息域 CRC 相同的 CRC 来进行保护。该接收消息域不进行任何纠错处理,当 CRC 出错或 PLOAM 信头错误时,该消息将被丢弃。

消息域(不包括 CRC 域)对应的多项式乘以 x^8 ,然后被生成多项式 $x^8 + x^2 + x + 1$ 模 2 除后所得的余数即为 CRC 校验多项式。字节 2 的 MSB 是多项式 x^9 的系数,而字节 13 的 LSB 则为 x^0 的系数。

在发送机侧,计算除法余数的寄存器初始值为全 0,然后根据除 CRC 域外的消息域与上述发送机多项式模 2 生成的余数进行修改,余数作为 8 比特 CRC 发送。

表 13 给出了这个消息域的格式。

表 13 消息域的格式

MESSAGE-PON-ID	包含源 ONU 的 PON_ID。由于 OLT 发送授权给 ONU，因此它知道此隐含的 ONU_ID。如果该域的内容与此 PON_ID 相关的可能期望值不匹配，则该消息被丢弃。
MESSAGE-ID	指示消息类型
MESSAGE-FIELD	消息内容

8.3.5.4.4 比特间插奇偶校验 (BIP8)

该域用于监视上行链路的 BER 性能，每个 PLOAM 信元包含一个 BIP8 字节，覆盖两个连续 BIPs 之间发送信元的所有字节，但不包含开销字节和微时隙。BIP8 字节的每个比特是扰码前所有覆盖字节的相应比特位的异或。ONU 将接收的 BIP8 与它根据接收字节流计算的 BIP8 进行比较，计算差错比特。BIP8 字节的覆盖范围取决于两个连续 PLOAM 之间的信元数量以及分配的带宽。由于 OLT 定义了特定 ONU 的 PLOAM 速率，因此通过提高该速率，可使测量的 BER 具有更高的准确度。

8.3.5.4.5 激光器控制域 (LCF)

该域用于当允许 ONU 发送信元时，保持规定的标称光输出功率并控制消光比。由于上行信元被扰码，该模式通过要求的光发送模式与上行扰码器的生成多项式 PRBS 进行模 2 加而确定。

ONU 对该域进行编程，因为它取决于具体采用的上行激光器驱动方式。

8.3.5.4.6 接收机控制域 (RXCF)

该域用于 OLT 接收机恢复正确的门限电平，以从接收的上行模拟信号中再生数据。默认的是全 1 模式。OLT 用 Upstream_Rx_Control 消息对该模式进行编程。由于上行信元被扰码，该模式通过要求的光发送模式与上行扰码器的生成多项式 PRBS 进行模 2 加而确定。

8.3.5.5 分离时隙

上行时隙可包含一个分离时隙。它占用一个上行时隙并包含一组 ONU 发送的若干微时隙。OLT 给这组 ONU 分配一个分离时隙授权，用于发送它们的微时隙。分离时隙的格式如图 15 所示。

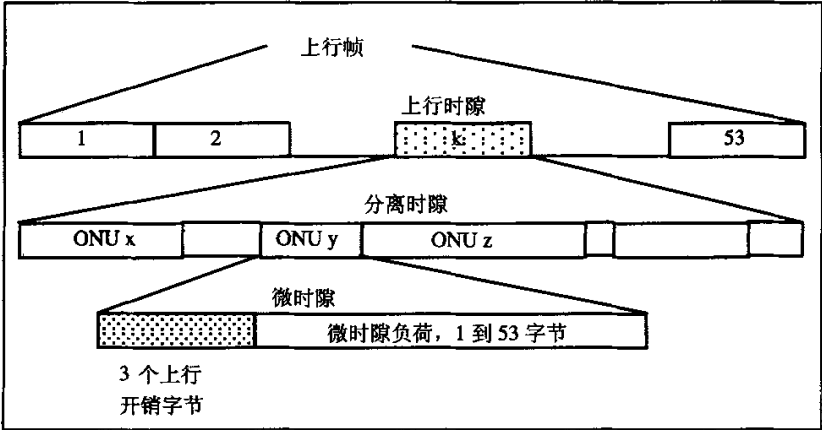


图 15 分离时隙的格式

微时隙起始于字节边界，长度为多个字节。最后一个微时隙应在上行时隙结束之前结束或与之保持一致。三个开销字节的定义见表 5。

8.3.5.6 扰动

由于 PON 的广播特性，下行信元在 TC 层利用 ONU 上行发送的一个扰动密钥被加密。扰动用于点到点的下行连接，且仅在设置时可激活或去激活每一个 VP 的扰动。每个 ONU 至少每秒更新一次扰动

密钥。如果扰动不能充分满足业务的安全性需求，则应在 TC 层之上采用适当的加密机制，以提供数据扰码。

8.3.5.6.1 扰动密钥的产生

当使用加密机制时，扰动密钥的长度为三字节。在 OLT 的请求下，扰动密钥由 ONU 提供。该扰动密钥是通过将三字节随机数与从上行用户数据中提取的三字节数据进行异或逻辑计算得到的，这样可以提高安全性。三字节码定义为 X1~X8, P1~P15 和 P16。

8.3.5.6.2 一个新扰动密钥的通知

ONU 通过“New_churn_key”消息将新扰动密钥通知给 OLT。三字节码 X1~X8, P1~P15 和 P16 在消息净荷中传送。

8.3.5.6.3 ONU 和 OLT 中 K1~K9 和 K10 比特的生成

K1~K9 和 K10 比特被用在扰动中，它们根据三字节码按照如下的方法生成。

K1、K2 比特是根据 X1~X8、P13~P15 和 P16，在 ONU 和 OLT 中分别生成的。生成方法如下：

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

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

其中+：逻辑或；*：逻辑与；not：逻辑非。

K3~K9, K10 比特是根据 K1, K2, P9~P11 和 P12，在 ONU 和 OLT 中生成。生成方法如下：

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

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

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

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

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

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

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

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

8.3.5.6.4 OLT 中的扰动功能

下行用户数据是在 OLT 中基于 14 比特码被扰动的。这 14 比特码，K1、K2、P1~P11 和 P12 被用于扰动。图 16 给出了 OLT 中的一个扰动功能配置实例。ATM 信元的 ATM 信头没有被扰动，仅扰动信元中的净荷。

8.3.5.6.5 ONU 中的去扰动

接收用户数据应该在 ONU 中基于 14 个比特码去扰动。这 14 比特码，K1、K2、P1~P11 和 P12 也被用于去扰动。图 16 也给出了 ONU 中的一个去扰动功能配置实例。

8.3.5.6.6 扰动消息流

在 OLT 请求下，扰动密钥由 ONU 提供。对应于先前有效 ONU 的已扰动 VPs 应在其返回到 PON 时被恢复。当接收到来自 ONU 的第一个密钥后，OLT 开始为该测距过的或重新测距过的 ONU 进行扰动。下面的图给出了扰动消息流。

当接收到 new_key_request 消息时，ONU 以一个 new_churning_key 响应。ONU 在 3 个连续的 PLOAM 信元中发送该消息。如果 OLT 接收到 3 个相同的新密钥时，则在 3 个 PLOAM 信元中发送 3 次 churning_key_update，信元保持适当的间隔 $16 \times T_{\text{帧}}$ ，以防消息丢失。消息 (i) 的序列号包含在这些消息中。如果至少接收到其中的一条消息，由于消息之间的延时是可预知的，因此 ONU 知道 OLT 激活该新密钥的时间。在第 3 个 churning_key_update 消息之后的 $16 \times T_{\text{帧}}$ 时，该新密钥开始有效。ONU 在正确的接收到每个 churning_key_update 消息后，发送一个确认消息。如果 OLT 在发送最后一个 churning_key_update 消息 300ms 后未收到任何确认，则 OLT 检测到该 ONU 为 Loss of Acknowledge (LOAi) 状态。

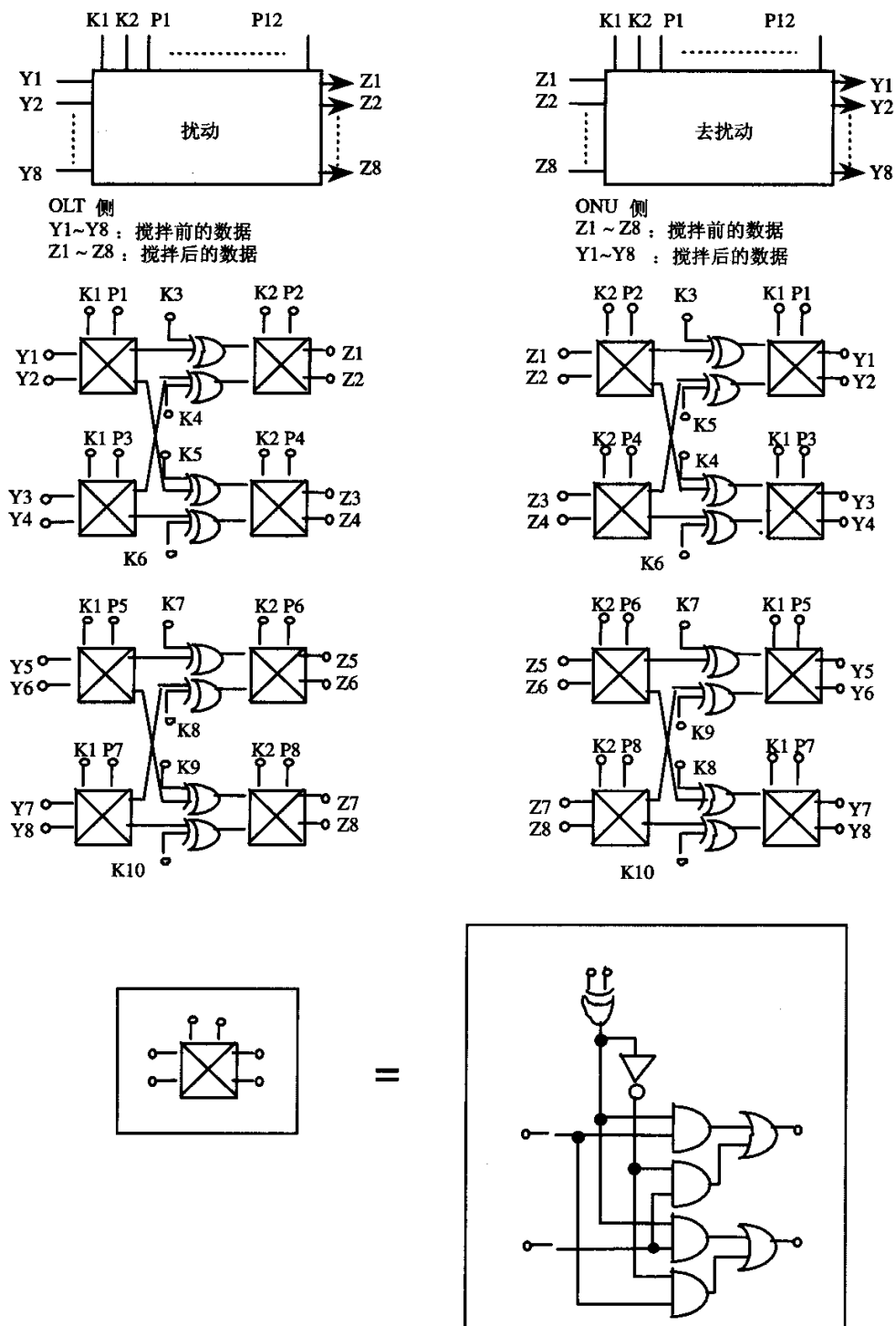


图 16 扰动功能

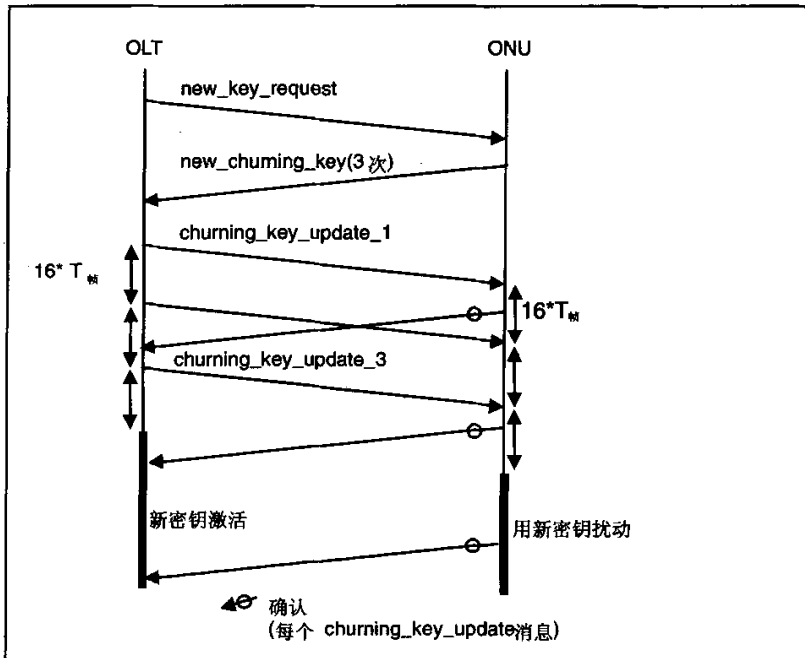


图 17 扰动消息流

如果在一个请求后 300 ms 的延迟时间内没有收到任何 new_churning_key, 则 OLT 发送一个 new_key_request; 或者它可在激活新密钥和至少收到一个确认后发送 new_key_request。

OLT 通过发送 3 次 churned_VP 消息来通知 ONU 哪些 VPs 被扰动。在将该 VP 下行发送到 ONU 之前, OLT 等待一个确认。如果在发送最后一个 churned_VP 消息后 300ms 内未接收到任何确认, 则 OLT 检测到 LOAi 状态。

8.3.5.7 验证功能

由于在测距协议中, 所有 ONU 的序列号可以从下行 PLOAM 信元中提取, 恶意用户通过 PLOAM 信元, 提取所有序列号, 就可以伪装成其它的 ONU。为防止这种行为, OLT 请求 ONU 发送口令。该口令仅在上行方向发送, 不能够被其它相连的 ONU 获得。

当 OLT 请求口令时, ONU 3 次发送自己的口令来响应。如果 OLT 3 次收到相同的口令, 则认为该口令有效。

根据操作员的需求, 可采用两种方法。如果 OLT 具有一个与其相连 ONU 的口令表, 则在操作员的命令下初始化, 仅需要将接收口令与本地口令表中的口令进行比较。如果 OLT 预先不知道口令, 则将第一次测距时接收的口令作为 ONU 剩余寿命期的口令。

如果 OLT 接收到未注册的口令, 则通知操作员。

8.3.5.8 高层的 VP/VC

TC 层激活/去激活一个上下行 VP/VC, OLT 和 ONU 利用这些 VP/VC 在 ATM 层通信, 该通道可用于如 ONU 的 UPC 功能配置、填充 ONU 过滤表格、ONU 接口配置等功能。

OLT 发送 3 个 configure_VP/VC 消息到 ONU, 并在发送最后一个 configure_VP/VC 消息后的 300 ms 内等待确认。如果未收到任何确认, 则 OLT 检测到 LOAi 状态并对 ONU 去激活。

8.3.5.9 全双工 PON 系统

在全双工系统中, 有一个冗余 PON 系统保护工作的 PON 系统, 使用 PLOAM 信元的特定消息激活保护倒换。该过程要求 OLT 的线路号应与 ONU 的完全一致。根据 OLT 与 ONU 的互连机制, 该线

路标识号被分配给一个发送机。线路标识号由 OLT 和 ONU 同时发送，以检验接收的线路标识号是否与自己的标识号一致。这在 PON Section Trace (PST) 消息中进行定义。然后，每个设备可以验证它到目的发送机的持续连接。如果接收线路号与自己的不同，则设备产生一个告警，发送 MIS (链路不匹配) 消息通知操作员或用户。

PST 消息包括 K1, K2 字节，与 G.783 中规范的相同，用于执行自动保护倒换 (APS)。

在单个系统中，链路不匹配为可选功能。

8.3.5.10 MAC 协议

OLT 中的 MAC 控制器在 PON 的 ONU 之间以公平的方式分配上行带宽，并需要信息来执行该任务。ONU 将所需信息映射到一个分离时隙的微时隙净荷域。在接收到相应的分离一时隙授权后，ONU 被允许发送该微时隙。通过 Divided_Slot_Grant_configuration 消息来建立和释放该授权。微时隙的长度或偏移也在同一消息中传送。信息传送格式和 MAC 协议有待进一步研究。

8.3.6 ATM 特定 TC 功能

8.3.6.1 下行

8.3.6.1.1 ATM 信元格式

ATM 信元格式在 YDN052-97 中定义。

8.3.6.1.2 帧头差错控制

帧头差错控制在 ITU-T 建议 I.432 中定义。

8.3.6.1.3 信元定界

在 ONU 中执行下行信元定界。ITU-T 建议 I.432 中定义了可选方法。

8.3.6.1.4 扰码

扰码在 ITU-T 建议 I.432 中定义 (基于信元传输系统的分布式信元扰码方法)。

8.3.6.1.5 空闲信元

空闲信元在 ITU-T 建议 I.432 中定义。空闲信元用于信元速率解耦，由 OLT 插入并在 ONU 中被丢弃。

8.3.6.1.6 PLOAM 信元

任何 ATM 信元，在图 11 中编号为“信元 1”到“信元 54”或图 12 中编号为“信元 1”直到“信元 216”，如果与 PLOAM 信元特定信头值相同，则在 ONU 中被丢弃。

8.3.6.2 上行

8.3.6.2.1 ATM 信元格式

ATM 信元格式在 YDN052-97 中定义。

8.3.6.2.2 信头差错控制

信头差错控制在 ITU-T 建议 I.432 中定义。

8.3.6.2.3 信元定界

由于不同 ONU 的上行信元以不同的相位到达 OLT，OLT 为 n 个有效 ONU 保留 n 个状态图，下面给出了一个 ONU 的状态图。

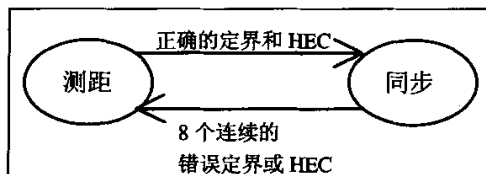


图 18 信元定界状态图

最初，信元定界通过测距方法获得。ONU 均衡往返时延，使它的信元在正确的时间到达 OLT。测距过程可看作 ITU-T 建议 I.432.1 的 HUNT 状态。在一次正确定界和 HEC 后，ONU 进入同步状态。在 8 个连续的错误定界或 HEC 后，ONU 进入失步状态 (LCDI)，且它将被去激活，重新测距。该 ONU 此前的授权将被丢弃。

8.3.6.2.4 扰码

上行信元利用一个生成多项式 X^9+X^4+1 进行扰码。图 19 中参考点 X 置成全 1。该模式对每个上行信元或微时隙进行模 2 加。上行开销字节不进行扰码。

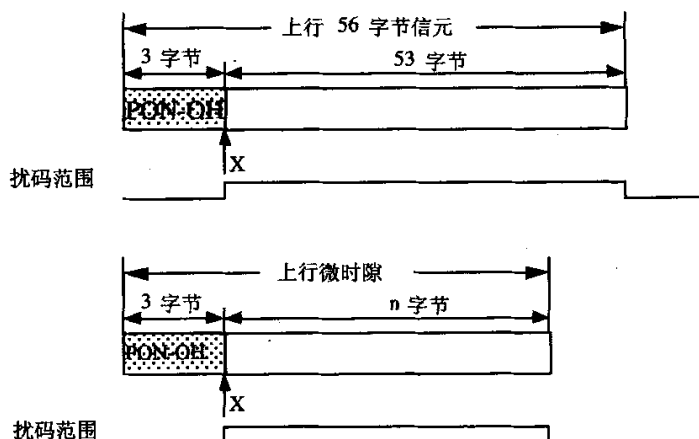


图 19 上行扰码器

扰码器的实现方法应在功能上等效于图 20 所示。所有的 FFs 被复位脉冲置为 1。

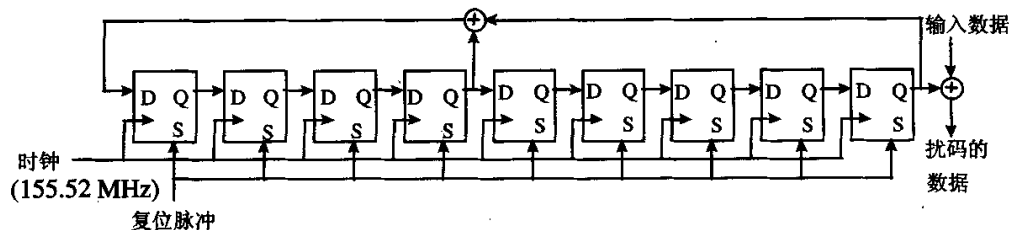


图 20 上行扰码器

8.3.6.2.5 空闲信元

当 ONU 接收到数据授权而无信元可用时，则发送一个空闲信元。空闲信元如在 ITU-T 建议 I.432 中所定义。空闲信元用于信元速率解耦，由 ONU 插入并在 OLT 中被丢弃。

8.3.6.2.6 PLOAM 信元

从传输特定 TC 层接收的 PLOAM 信元，如果为异常则丢弃。

8.3.7 OAM 功能

图 21 给出了 ONU 和 OLT 的 OAM 功能。它还给出了 OLT、ONU 之间的通知信号，这些信号被映射到 PLOAM 信元的消息域中。ITU-T 建议 I.610 中定义的通用原则适用于 PON 系统。由于物理媒体的点到多点特性，一些从 OLT 到 ONU 的通知是失效的。原则上 ONU 从属于 OLT，ONU 不能对这些通知进行任何操作。

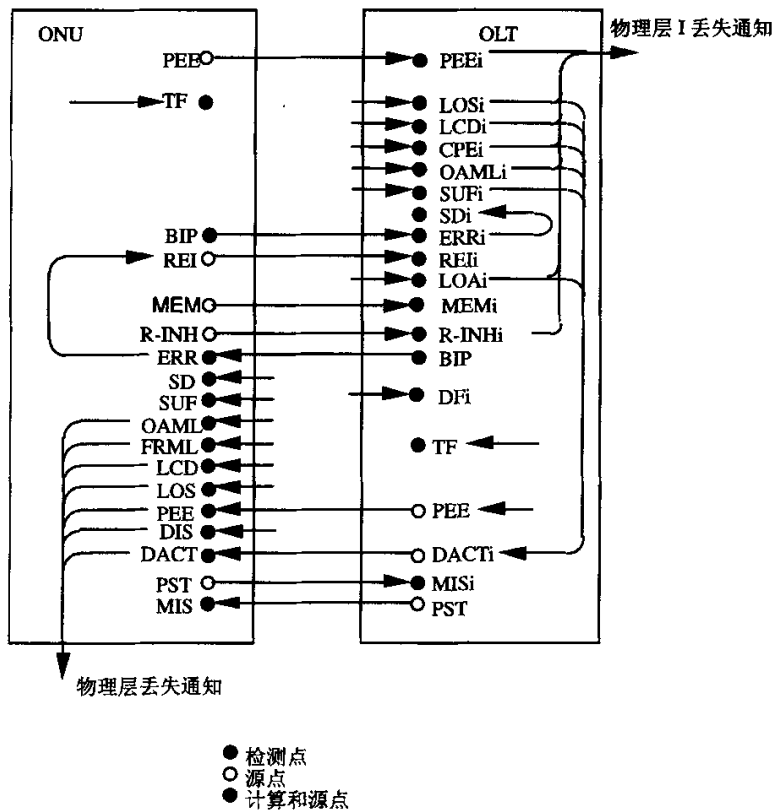


图 21 OAM 功能

8.3.7.1 OLT 检测的项目

表 14 OLT 检测的项目

类 型	描 述	
	检测条件	动作
	取消条件	动作
TF	发送机失效	
	当背景光电流不正常或驱动电流超出规定的最大值时，OLT 发送机宣布失效。	
SUFi	ONU _i 的启动失效	
	ONU _i 的测距已失败 n 次($n=2$ ；参考 8.4.4.3.3)而 OLT 接收到来自该 ONU 的突发光脉冲。	发送 3 次 deactivate_PON_ID 消息
	该 ONU 测距成功。	
PEEi	ONU _i 物理设备差错	
	当 OLT 接收到来自 ONU 的一个 PEE	产生 Loss_of_physical_layer_I 通知
	当 OLT3s 内未接收到来自 ONU _i 的一个 PEE 消息时	停止 Loss_of_physical_layer_I 通知

续表 14

类 型	描 述	
LCDi	ONU _i 信元定界丢失	
	当接收到来自 ONU _i 的 8 个连续的无效定界或无效 HEC _i 。	发送 3 次 deactivate_PON_ID 消息 产生 Loss_of_physical_layer_I 通知
	当在运行状态中获得 ONU _i 的信元定界。	
OAMLi	ONU _i 的 PLOAM 信元丢失	
	当 ONU _i 的 3 个连续 PLOAM 信元丢失时。	发送 3 次 deactivate_PON_ID 信息 产生 Loss_of_physical_layer_I 通知
	当 OLT 在运行状态中接收到与它的 PLOAM 授权对应的一个 PLOAM 信元。	
CPEi	ONU _i 的信元相位差错	
	当 OLT 可正确的接收定界, 但接收的信元相位超出范围, 依靠 OLT 纠错不能解决该问题。	发送 3 次 deactivate_PON_ID 信息 产生 Loss_of_physical_layer_I 通知
	当 OLT 在运行状态中以准确的相位接收到一个信元。	
LOSi	ONU _i 的信号丢失	
	从 ONU _i 的 8 个上行连续信元中, 在光/电接收机未接收到有效光信号。	发送 3 次 deactivate_PON_ID 信息 产生 Loss_of_physical_layer_I 通知
	当 OLT 在运行状态中接收到与它的授权对应的一个有效光信号。	
LOAi	ONU _i 确认丢失	
	OLT 发送一组下行消息, 希望上行确认, 但没有收到 ONU _i 的确认。	发送 3 次 deactivate_PON_ID 信息 产生 Loss_of_physical_layer_I 通知
	当 OLT 接收到一个确认。	—
DFi	ONU _i 的去激活失效	
	ONU 在 3 个 DACT 消息后没有正确响应。	
	被操作员删除。	
ERRi	ONU _i 块误码检测	
	比较上行接收的 BIP8 与根据接收流计算的 BIP8, 当它们之间有差别时, OLT 发布 ERRi。	
	当在 OLT 点接收到来自 ONU _i 的下一个上行 PLOAM 信元时, ERRi 应被更新。	
SDi	ONU _i 信号劣化	
	在时间间隔 $T_{\text{测量}}$ 内的累计差错比特数为 Error _i , 定义 $BER = \text{Error}_i / (BW * T_{\text{测量}})$ 。其中 BW 是分配的上行带宽。 当 ONU _i 的上行 $BER \geq 10^{-5}$ 时, 进入该状态。	
	当 ONU _i 的上行 $BER < 10^{-5}$ 时, 该状态被清除。	

续表 14

类 型	描 述	
REI _i	ONU _i 远端差错指示	
	当 OLT 接收一个 REI 消息时发布 REI _i 。	
	当在 OLT 点接收到来自 ONU _i 的 REI 消息时, ERR _i 应被更新。	—
MEM _i	来自 ONU _i 的 Message_Error 消息	
	当 OLT 接收到一个来自 ONU _i 的未知消息, 或接收的 Message_Error 消息。	
	当操作员已被通知。	
R-INH _i	ONU _i 接收告警禁止	
	当 OLT 接收到来自 ONU _i 的 R-INH 消息时, REC-INH _i 被检测到。	忽略接收到的 ONU 告警。 产生 Loss_of_physical_layer_I 通知
	当 OLT 在 ONU _i 的测距过程中接收到一个 PLOAM 信元。	—
MIS _i	ONU _i 链路不匹配	
	OLT 检测到接收的 PST _i 和发送的 PST _i 不同	
	OLT 检测到接收的 PST _i 和发送的 PST 相同	

8.3.7.2 ONU 检测的项目

表 15 在 ONU 上检测的项目

类 型	描 述	
	检测条件	动作
	取消条件	动作
TF	发送机失效	
	当背景光电流不正常或当驱动电流超出规定的最大值时, 该 OLT 发送机宣布失效。	
LOS	信号丢失	
	光信号无效。例如, 它可通过逻辑功能 (OAML、AND、FRML、AND、LCD) 生成。	关闭激光器。 产生 Loss_of_physical_layer 通知
	光信号有效。例如, 它可通过对上述逻辑功能的否定而生成。	
PEE	物理设备差错信号	
	当 ONU 接收到一个 PEE 消息。	产生 Loss_of_physical_layer 通知
	当 ONU 在 3s 内未接收到一个 PEE 消息。	

续表 15

类 型	描 述	
SUF	启动失效	
	ONU 的测距已失败 (见测距协议的精确条件)。	
	当测距成功时。	
OAML	PLOAM 信元丢失	
	当 3 个连续的 PLOAM 信头错误时。	关闭激光器。 产生 Loss_of_physical_layer 通知
	当 3 个连续正确的 PLOAM 信头时, OAM 同步。	
LCD	信元定界丢失	
	当 7 个连续的 ATM 信元有一个无效的 HEC。	关闭激光器。 产生 Loss_of_physical_layer 通知
	当 N 个连续的 ATM 信元有正确的 HEC (N=9 或 17)。	
FRML	下行帧丢失	
	当 3 个连续帧的帧比特是 '0' 时。	关闭激光器。 产生 Loss_of_physical_layer 通知
	当 3 个连续帧的帧比特是 '1' 时。	
ERR	块误码检测	
	在接收流中比较下行接收的 BIP8 和计算的 BIP8, 用 ERR 累积差错比特数。在固定间隔内, 通过 REI 消息通告 OLT。OLT 通过 BER_interval_timer 消息设置该间隔。 每接收到一个下行 PLOAM 信元后, ERR 被更新。	REI 以 BER_interval 时间为周期进行发送。
SD	信号劣化	
	当下行 $BER \geq 10^{-5}$ 时激活。	
	当下行 $BER < 10^{-5}$ 时去激活。	
MEM	消息差错消息	
	当 ONU 接收到一个未知消息。	发送上行 Message_error 消息。
DACT	PON_ID 去激活	
	它指示 ONU 自身去激活。	关闭激光器并进入状态 O2。 产生 Loss_of_physical_layer 通知。
	接收 Upstream_overhead 消息。	激活激光器。
DIS	无效的 ONU	
	当 ONU 接收到一个 Disable_serial_number 消息和它自身的序列号, 以及有效的 flag=0xFF。它一直保持该状态, 甚至在关闭电源后。	关闭激光器并进入紧急停止状态 O9。 产生 Loss_of_physical_layer 通知。
	当 ONU 接收到一个 Disable_serial_number 消息和有效的 flag=0x0F, 或当 ONU 接收到一个 Disable_serial_number 消息和它自身的序列号, 以及有效的 flag=0x00。	进入状态 O1。

续表 15

类 型	描 述	
MIS	链路不匹配	
	ONU 检测到接收的 PST 与发送的 PSTi 不同。	
	ONU 检测到接收的 PST 与发送的 PSTi 相同。	

8.3.8 PLOAM 信道消息

所有下行消息的处理时间应在 $6 \times T_{\text{帧}}$ 之内, $6 \times T_{\text{帧}}$ 是 ONU 处理下行消息并准备一些相应上行动作所需的时间。下行 churning_key_update 消息的优先级比所有其它下行消息高。优先级在“功能”一列给出。对于某些消息, ONU 需要回应一个上行消息。“功能”一列也给出了上行消息的优先级, 对于未给出的, 则优先级为 0 (0 是最低优先级)。

8.3.8.1 消息定义

消息定义见表 16。

表 16 消息定义

	消息名称	功 能	方 向	触 发 器	发送次数	接 收 结 果
1	No message	当发送 PLOAM 信元时, 不提供任何消息。	OLT → ONU	清空消息队列	—	丢弃
2	New_churning_key_rq	向 ONU 请求一个新扰动密钥。	OLT → ONU	OLT 需要一个用于扰动机制的新密钥。	1	ONU 产生一个新密钥并把该密钥以及一个 New_churning_key 消息传送给 OLT。
3	Upstream_RX_control	指示 ONU 上行 PLOAM 信元 RXCF 域的填充模式。	OLT → ONU	每次启动一个测距过程。	3	ONU 设置上行 PLOAM 信元的上行 RXCF 域。
4	Upstream_overhead	指示 ONU 上行方向使用何种开销和预分配的均衡时延。	OLT → ONU	每次启动一个测距过程。	3	ONU 设置上行开销和预分配的均衡时延。
5	Serial_number_mask	提供一个序列号以及可屏蔽部分序列号的一个屏蔽值	OLT → ONU	OLT 为了捕捉一个特定 ONU 的序列号	1	如果序列号和屏蔽值与该 ONU 序列号匹配, 则该 ONU 被激活来响应测距授权。
6	Assign_PON_ID	将一个空闲 PON_ID 编号与序列号联系起来, 并同时在该消息中提供。	OLT → ONU	当 OLT 已捕捉到一个特定 ONU 的序列号。	3	具有该序列号的 ONU 使用该 PON_ID 并将通过该 PON_ID 被寻址。
7	Ranging_time	指示具有 PON_ID 的 ONU 应填充均衡延时寄存器, 填充值由上行比特提供。	OLT → ONU	当 OLT 决定应更新该时延, 参见测距协议。	3	ONU 将该值写入到均衡时延寄存器中。
8	Deactivate_PON_ID	指示一个具有该 PON_ID 的 ONU 停止发送上行业务并自身复位。它也可是一个广播消息。	OLT → ONU	当检测到 LOSi, LCDi, OAMLi, LOAi, SUFi 或 CPEi。	3	具有该 PON_ID 的 ONU 关闭激光器并丢弃此 PON_ID。当 MPU 次序混乱时它应被激活。

续表 16

	消息名称	功 能	方 向	触 发 器	发送次数	接 收 结 果
9	Disable_serial_number	用该序列号去激活 ONU。	OLT → ONU	根据 OpS 的命令	3 或直到未检测到任何突发脉冲。	将 ONU 转到紧急停止状态, 该 ONU 不能响应授权。
10	Churning_key_update	向 ONU 指出何时该新扰动密钥有效。 优先级为 1。	OLT → ONU	当 OLT 准备对具有 PON_ID 的 ONU 扰动数据。	3	该 ONU 在第一个更新信息后 $48 \times T_{\text{帧}}$ 更换新扰动密钥。在每次正确接收消息后发送一个确认。
11	Grant_allocation 消息	向一个 ONU 分配一个数据和 PLOAM 授权。	OLT → ONU	在分配一个 PON_ID 给 ONU 后, 它需要一个数据和 PLOAM 授权来发送上行数据和 PLOAM 信元。	3	该 ONU 存贮这两种授权类型。
12	Divided_Slot_Grant_configuration 消息	向一个 ONU 分配或去分配一个 Divided_slot_grant 并识别微时隙长度和偏移位置。	OLT → ONU	OLT 需要/不再需要微时隙提供的业务。	3	该 ONU 在接收到分配的 Divided_slot_grant 后发送微时隙。如果去分配, 它不再响应此 Divided_slot_grant。
13	Configure_VP/VC	该消息为 ATM 层通信在下行和上行中激活或去激活一个 VP/VC。	OLT → ONU	当 OLT 想建立或拆除一个与 ONU 的连接时, 例如 UPC 功能配置、填充过滤表格或 ONU 接口的配置。	3	该 ONU 为通信信道而将这些 VP/VCs 激活/去激活。在每次正确接收消息后发送一个确认。
14	BER_interval	以下行帧数为单位定义了每个 ONU 的统计间隔, ONU 用它计数下行比特差错数。与 Configure_VP/VC 具有相同的超时。	OLT → ONU	OpS 定义该间隔并集中在特定 ONU 上。	3	该 ONU 启动一个 BER_interval 定时器并累积下行比特差错。在每次正确接收消息后发送一个确认。 REI 消息中的序列号被复位。
15	PST 消息	在一个冗余配置中检查 OLT-ONU 的连接并执行 APS。	OLT → ONU	以一定的速率发送它。	1 次/s	ONU 用自己的链路数来检查链路数, 如果不同则产生一个链路失配 MIS。
16	Physical_equipment_error 消息(PEE)	向 ONU 指出 OLT 不能从 ATM 层到 TC 层方向发送 ATM 信元和 OMCC 信元。	OLT → ONU	当 OLT 检测到它不能从 ATM 层到 TC 层方向发送 ATM 信元和 OMCC 信元。	1 次/s	取决于系统。
17	Churned_VP	向 ONU 指出哪个 VP/VC 已被扰动或没被扰动。	OLT → ONU	当一个新 VP 应被扰动或不被扰动。	3	(不)标记这一 VP 为经过扰动的, 并在每次正确接收消息后发送一个确认。
18	Request_password 消息	向一个 ONU 请求口令以进行验证。OLT 有连接的 ONU 口令的本地表格。如果在重新测距后口令改变, 则不能激活该 ONU。	OLT → ONU	在一个 ONU 被测距后。 该项可选。	1	发送 3 次口令消息。

续表 16

	消息名称	功 能	方 向	触 发 器	发送次数	接 收 结 果
19	POPUP 消息	OLT 可请求所有连接的 ONUs 恢复除均衡时延之外的设置, 并强制它们从 POPUP 状态转为运行备用状态 3 (O7)。	OLT → ONU	加速 ONU 子集或所有连接的 ONU 的重新测距。	3	ONU 恢复在检测到 LOS, LCD, OAML 或 FRML 之前的运行状态下使用的参数, 除了均衡延时被设为预分配均衡延时。
20	Vendor_specific 消息	为供应商的特定信息保留的一些 Message_IDs。	OLT → ONU	供应商特定	供应商特定	供应商特定
21	No message	当发送一个 PLOAM 信元时, 没有任何消息可用。	OLT ← ONU	清空消息队列。		丢弃
22	New_churning_key	包含一个用于此 ONU 下行扰动信元的新密钥。 优先级为 1。	OLT ← ONU	在 OLT 请求后, ONU 取得一个新密钥并将它发送给 OLT。	3 次	如果 OLT 接收到 3 个连续相同的新密钥, 则用该新密钥初始扰动机制, 在接收到第一个 churning_key_update 消息 48Tploam 时间间隔后, 切换到新密钥。
23	Acknowledge	ONU 用它指示接收到一个下行 Configure_VP/VC, Churning_key_update, Churned_VP 或 BER_interval 消息。对 Churning_key_update 的确认的优先级为 1, 其它的优先级为 0, 确认的超时为 300 s。	OLT ← ONU	在正确的接收到每一个下行消息后。	1 次	OLT 被通知下行消息已正确接收, 正在发送和执行相应的动作。
24	Serial_number_ONU	它包含一个 ONU 的序列号。	OLT ← ONU	当在测距模式并接收到一个测距授权或 PLOAM 信元时, ONU 发送该消息。	X (在测距协议期间可能发送多次)	OLT 提取序列号并将一个空闲的 PON_ID 分配给该 ONU。
25	Message_error 消息	它指示该 ONU 不能遵守来自 OLT 的一个消息。	OLT ← ONU	当该 ONU 不能遵守一个下行 PLOAM 信元中包含的一个消息。	3	通知操作员。
26	REI	它包含 BER 间隔期间计数的下行 BIP 不匹配数 (一个比特不匹配记数一次)。	OLT ← ONU	当 BER 间隔已期满时。	1 次/BER 间隔	OLT 可以按照时间的函数表示 ONU 的平均 BER
27	R-INH	通知 OLT 该 ONU 将在正常运行中关闭电源。这是为了防止 OLT 发布不需要的告警报告。 优先级为 2。	OLT ← ONU	当在正常运行中关闭电源 (例如电源切断或在没有备用电池的情况下抽出电源板) 被激活时, 该 ONU 产生该消息。	至少 3 次	丢弃来自该 ONU 的任何后继告警。 通知 OpS。

续表 16

	消息名称	功 能	方 向	触 发 器	发送次数	接 收 结 果
28	PST 消息	在一个冗余配置中测试 OLT-ONU 的连接性并执行 APS。	OLT ← ONU	以一定的速率发送它。	1 次/s	OLT 用它自己的链路数来检查链路数，如果不同则产生一个链路失配 MIS。
29	Physical_equipment_error	向 OLT 指出 ONU 不能在从 ATM 层到 TC 层方向发送 ATM 信元和 OMCC 信元。	OLT ← ONU	当 ONU 检测到它不能在从 ATM 层到 TC 层方向发送 ATM 信元和 OMCC 信元。。	1 次/s	取决于系统。
30	Password	根据一个 ONU 的口令来对其进行验证。	OLT ← ONU	当 OLT 通过 request_password 消息来请求口令时。	3	如果 OLT 接收到 3 个相同口令，则被认为有效。进一步的处理取决于系统。
31	Vendor_specific 消息	为供应商特定消息保留的一些 Message_IDs。	OLT ← ONU	供应商特定	供应商特定	供应商特定

8.3.8.2 消息格式

本节对上一节消息的内容进行定义。

8.3.8.2.1 下行消息格式

No message		
字节	内容	描 述
35	0100 0000	将消息广播到所有的 ONU。
36	0000 0000	消息识别 “no message”
37~46	待研究	

Upstream_Rx_Control 消息		
字节	内容	描 述
35	0100 0000	将消息广播到所有的 ONU。
36	0000 0001	消息识别 “Upstream_Rx_Control”。
37	子消息计数 n	n 可以是 0x00 或 0x01。它指出 RXCF 域的哪一部分用此消息中的其它字节表示。
38	dddd dddd	对 $n=0x00$ RXCF1 及对 $n=0x01$ RXCF10
39	dddd dddd	对 $n=0x00$ RXCF2 及对 $n=0x01$ RXCF11
40	dddd dddd	对 $n=0x00$ RXCF3 及对 $n=0x01$ RXCF12
41	dddd dddd	对 $n=0x00$ RXCF4 及对 $n=0x01$ RXCF13
42	dddd dddd	对 $n=0x00$ RXCF5 及对 $n=0x01$ RXCF14
43	dddd dddd	对 $n=0x00$ RXCF6 及对 $n=0x01$ RXCF15
44	dddd dddd	对 $n=0x00$ RXCF7 及对 $n=0x01$ RXCF16
45	dddd dddd	对 $n=0x00$ RXCF8 及对 $n=0x01$ 待研究
46	dddd dddd	对 $n=0x00$ RXCF9 及对 $n=0x01$ 待研究

Upstream_overhead 消息		
字节	内容	描 述
35	0100 0000	将消息广播到所有的 ONU。
36	0000 0010	消息识别 “Upstream_overhead”
37	gggg gggg	上行开销的防护比特数目是从上行开销字节的第一个比特开始计数。在字节 38~40 的开销数据中的第一个 gggggggg 比特的值被 ONU 忽略。
38	bbbb bbbb	在开销字节 1 中将对数据进行编程。
39	bbbb bbbb	在开销字节 2 中将对数据进行编程。
40	bbbb bbbb	在开销字节 3 中将对数据进行编程。
41	待研究	
42	待研究	
43	xxxx xxp	消息识别 “预分配的均衡时延(Te)” p="0" 表示 Te=0 p="1" 表示 Te 由 44 ~ 46 字节定义
44	dddd dddd	预分配的均衡时延的 MSB。
45	dddd dddd	
46	dddd dddd	预分配的均衡时延的 LSB

Ranging_time 消息		
字节	内容	描 述
35	PON_ID	直接发到一个 ONU 的消息
36	0000 0011	消息识别 “Ranging_time”
37	dddd dddd	时延的 MSB
38	dddd dddd	
39	dddd dddd	时延的 LSB
40~46	待研究	

Serial_number_mask 消息		
字节	内容	描 述
35	0100 0000	将消息广播到所有的 ONU。
36	0000 0100	消息识别 “Serial_number_mask”
37	nnnn nnnn	有效比特的数目, 从字节 45 的 LSB 开始计数直到字节 38 的 MSB。
38	abcd efgh	序列号字节 1
	
45	stuv wxyz	序列号字节 8
46	待研究	

Assign_PON_ID 消息		
字节	内容	描 述
35	0100 0000	将消息广播到所有的 ONU。
36	0000 0101	消息识别 “Assign_PON_ID”
37	pppp pppp	PON_ID
38	abcd efgh	序列号字节 1
.	
45	stuv wxyz	序列号字节 8
46	待研究	

Deactivate PON_ID 消息		
字节	内容	描 述
35	PON_ID	直接发到一个或所有 ONU 的消息。如果是对所有 ONUs 的广播, PON_ID = 0x40。
36	0000 0110	消息识别 " Deactivate PON_ID "
37~46	待研究	

Disable_serial_number 消息		
字节	内容	描 述
35	0100 0000	对所有 ONU 的广播消息。
36	0000 0111	消息识别 “Disable_serial_number”
37	Enable	0xFF: 有该序列号的 ONU 不允许上行接入。 0x0F: 所有被不允许上行接入的 ONUs 可参与测距过程。字节 38~45 的内容是不相关的。 0x00: 有该序列号的 ONU 可参与测距过程。
38	abcd efgh	序列号字节 1
.	
45	stuv wxyz	序列号字节 8
46	待研究	

New_churning_key_request 消息		
字节	内容	描 述
35	PON_ID	直接发到一个 ONU 的消息
36	0000 1000	消息识别 “New_churning_key_request”
37~46	待研究	

Churning_key_update 消息		
字节	内容	描 述
35	PON_ID	直接发到一个 ONU 的消息
36	0000 1001	消息识别 “Churning_key_update”
37	COUNT	从 1 到 3.
38~46	待研究	

Grant_allocation 消息		
字节	内容	描 述
35	PON_ID	直接发到一个 ONU 的消息
36	0000 1010	消息识别 “Grant_allocation”
37	dddd dddd	将数据授权分配给具有该 PON_ID 的 ONU 。
38	0000 000a	a = 1: 对此 ONU 激活数据授权 a = 0: 对此 ONU 去激活数据授权
39	pppp pppp	将 PLOAM 授权分配给具有此 PON_ID 的 ONU。
40	0000 000a	a = 1: 对此 ONU 激活 PLOAM 授权 a = 0: 对此 ONU 去激活 PLOAM 授权
41~46	待研究	

Divided_Slot_Grant_configuration 消息		
字节	内容	描 述
35	PON_ID	直接发到一个 ONU 的消息
36	0000 1011	消息识别 “Divided_Slot_Grant_configuration”
37	0000 000a	a = 1: 对此 ONU 激活授权 a = 0: 对此 ONU 去激活授权
38	DS_GR	为发送一个微时隙，定义分配给此 ONU 的授权值。
39	LENGTH	以字节数定义该微时隙净荷的长度，在 [0~53 偏移] 范围内。
40	OFFSET	从一个上行信元时隙的开始，以字节数定义该微时隙开始时的偏移。 OFFSET=0 表明微时隙从上行时隙的第一个字节开始。
41	业务_ID	定义要映射到微时隙中的业务。 0000 0000 用于 MAC 协议，其它值为 FU。
42~46	待研究	

Configure VP/VC 消息		
字节	内容	描 述
35	PON_ID	直接发到一个 ONU 的消息
36	0000 1100	消息识别 “Configure VP/VC”
37	0000 000a	字节 38-41 定义下行和上行 VP/VC a = 1: 激活该 VP/VC a = 0: 去激活该 VP/VC
38	HEADER1	ATM 信头字节 1 (MSB)
39	HEADER2	ATM 信头字节 2
40	HEADER3	ATM 信头字节 3
41	HEADER4	ATM 信头字节 4 (LSB) 4 个最低比特 (PTI 和 CLP) 对 TC 层透明。
42	MASK1	MASK 的所有比特被设为 1, 定义 HEADER 中的相应比特, 它应被用于在 ATM 层终结或产生信元。
43	MASK2	
44	MASK3	
45	MASK4	仅使用 4 个最高比特。
46	待研究	

Physical_equipment_error 消息		
字节	内容	描 述
35	0100 0000	将消息广播到所有的 ONU。
36	0000 1101	消息识别 “Physical_equipment_error”
37~46	待研究	

Request_Password 消息		
字节	内容	描 述
35	PON_ID	直接发到一个 ONU 的消息
36	0000 1110	消息识别 “Request_Password”
37~46	待研究	

Churned_VP 消息		
字节	内容	描 述
35	PON_ID	直接发到一个 ONU 的消息
36	0000 1111	消息识别 “Churned_VP”

Churned_VP 消息		
字节	内容	描 述
37	xxxx xxa	a=1 扰动 a=0 未扰动
38	abcd efgh	abcdefgh=VPI[11..4]
39	ijkl 0000	ijkl=VPI[3..0]
40~46	待研究	

POPUP 消息		
字节	内容	描 述
35	01000000	将消息广播到所有的 ONU。
36	00010000	消息识别“POPUP”
37~46	待研究	

Vendor_specific 消息		
字节	内容	描 述
35	xxxx xxxx	直接或广播到一个 ONU 的消息
36	0111 1zzz	消息识别“Vendor_specific”
37~46	yyyy yyyy	供应商特定。这些消息可被不同的供应商自己使用且永远不被标准化。

PST 消息		
字节	内容	描 述
35	01000000	将消息广播到所有的 ONU
36	1000 0000	消息识别“PST”
37	线路编号	可以是 0 或 1。
38	控制	这是 G.783 规范的 K1 字节。
39	控制	这是 G.783 规范的 K2 字节。
40~46	待研究	

BER_interval 消息		
字节	内容	描 述
35	PON_ID	直接发到一个 ONU 的消息
36	10000001	消息识别“BER_interval”
37	间隔 1	32 比特间隔, MSB

BER_interval 消息		
字节	内容	描 述
38	间隔 2	
39	间隔 3	
40	间隔 4	32 比特间隔, LSB, 间隔为几个帧.
41~46	待研究	

8.3.8.2.2 上行消息格式

No message		
字节	内容	描 述
2	PON_ID	指示该 ONU 此消息的来源
3	00000000	消息识别 “no message”
4~13	待研究	

New_churning_key 消息		
字节	内容	描 述
2	PON_ID	指示该 ONU 此消息的来源
3	00000001	消息识别 “New_churning_key”
4	Churning_key1	(MSB) X1,X2,,,X8 (LSB)
5	Churning_key2	(MSB) P1,P2,,,P8
6	Churning_key3	P9,P10,,,P16 (LSB)
7~13	待研究	

Acknowledge 消息		
字节	内容	描 述
2	PON_ID	指示该 ONU 此消息的来源
3	0000 0010	消息识别 “Acknowledge”
4	DM_ID	下行消息的消息识别
5	DMBYTE37	下行消息的字节 37
6	DMBYTE38	下行消息的字节 38
7	DMBYTE39	下行消息的字节 39
8	DMBYTE40	下行消息的字节 40
9	3. DMBYTE41	下行消息的字节 41

Acknowledge 消息		
字节	内容	描 述
10	4. DMBYTE42	下行消息的字节 42
11	5. DMBYTE43	下行消息的字节 43
12	6. DMBYTE44	下行消息的字节 44
13	7. DMBYTE45	下行消息的字节 45

Serial_number_ONU		
字节	内容	描 述
2	0100 0000	运行待命状态 2
	PON_ID	运行待命状态 3
3	0000 0011	消息识别 “Serial_number_ONU”
4	0000 0000	字节 5 到字节 12 构成了 ONU 的完整序列号。
5	VID1	Vendor_ID 字节 1
6	VID2	Vendor_ID 字节 2
7	VID3	Vendor_ID 字节 3
8	VID4	Vendor_ID 字节 4
9	VSSN1	供应商特定序列号字节 1
10	VSSN2	供应商特定序列号字节 2
11	VSSN3	供应商特定序列号字节 3
12	VSSN4	供应商特定序列号字节 4
13	待研究	

ANSI T1.220 中规范了 Vendor_ID 的编码。通过使用 ASCII/ANSI 字符编码并将它们串联，可将 4 个字符映射到 4 个字节域。

例如：Vendor_ID = ABCD ⇒ VID1=0x41, VID2=0x42, VID3=0x43, VID4=0x44.

Password 消息		
字节	内容	描 述
2	PON_ID	指示该 ONU 此消息的来源
3	0000 0100	消息识别 “Password”
4	pppp pppp	口令 1
..
13	pppp pppp	口令 10

Physical_equipment_error 消息		
字节	内容	描 述
2	PON_ID	指示该 ONU 此消息的来源
3	0000 0101	消息识别 “Physical_equipment_error”
4~13	待研究	

Vendor_specific 消息		
字节	内容	描 述
2	xxxx xxxx	指示该 ONU 此消息的来源
3	0111 1zzz	消息识别 “Vendor_specific”
4~13	yyyy yyyy	供应商特定。这些消息可被不同的供应商自己使用且永远不被标准化。

REI 消息		
字节	内容	描 述
2	PON_ID	指示该 ONU 此消息的来源
3	1000 0000	消息识别 “REI 消息”
4	Error_count1	32 比特差错计数器, MSB
5	Error_count2	32 比特差错计数器,
6	Error_count3	32 比特差错计数器,
7	Error_count4	32 比特差错计数器, LSB
8	0000 SSSS	序列号。每次发送这一消息时, 该 4 LSB 比特 SSSS 加 1。
9~13	待研究	

REC_INH 消息		
字节	内容	描 述
2	PON_ID	指示该 ONU 此消息的来源
3	1000 0001	消息识别 “REC_INH”
4~13	待研究	

PST 消息		
字节	内容	描 述
2	PON_ID	指示该 ONU 此消息的来源
3	1000 0010	消息识别 “PST”
4	线路编号	可以是 0 或 1。

PST 消息		
字节	内容	描 述
5	控制	这是 G.783 规范的 K1 字节。
6	控制	这是 G.783 规范的 K2 字节。
7~13	待研究	

Message_error 消息		
字节	内容	描 述
2	PON_ID	指示该 ONU 此消息的来源
3	1000 0011	消息识别 “Message_error”
4	message_ID	指示未被承认的下行 message_ID
5~13	待研究	

8.3.9 自动保护倒换

PON TC 层的自动保护倒换 (APS) 可作为一个可选功能来提供, 是否采用 APS 取决于用户数量和业务可靠性, 备份 ODN 或 ONU 的冗余配置系统适用于商业应用。保护协议控制比特被预留在 8.3.8.2.1 和 8.3.8.2.2 所定义的 PST 消息域中。详细资料可参见附录 D。

对于 APS 时间的要求, 应该考虑 32 个 ONU 的测距时间, 以使它能支持 POTS 和/或 ISDN 业务。当 APS 执行时, 不应影响在线连接。

8.4 测距方法

8.4.1 应用测距方法的范围

PON 系统应采用一种全数字基于带内的测距方法来测量各个 ONU 和 OLT 之间的逻辑到达距离。PON 的最大测距范围至少为 20 km, 对每个 ONU 传输时延的测量应能在线进行, 而不影响其它 ONU 的业务。

时延测量信号的窗口尺寸可在利用一些 ONU 位置信息的情况下使其最小化, 网络运营者可为 PON 提供一个先验的 OLT 与 ONU 之间的最小和最大距离 (如果未提供, 默认值是最小 0 km 最大 20 km)。最小和最大距离可由网络运营者定义的一个间隔来提供。对于没有预先测距的 ONU, 测距窗口的起始和结束由提供的最小和最大距离决定。

测距协议被规范和应用用于 ONU 的多种安装方法和多种测距过程, 如果需要, 可采用附加或可选功能。

8.4.1.1 ONU 的安装方法

有两种可能的方法来安装 ONU:

方法 A: ONU 的序列号由 OpS 系统在 OLT 上注册;

方法 B: ONU 的序列号不是由 OpS 系统在 OLT 上注册, 它需要一个 ONU 序列号 (或软件编码的唯一号码) 自动检测机制。

无论方法 A 或方法 B, ONU 的测距可以两种可能的方式开始:

- 1) 当知道一个新的 ONU 已被连接时, 网络运行者激活测距过程。测距成功 (或一次超时) 后, 测距自动停止。
- 2) OLT 周期性地自动开始测距过程, 并检测是否有新的 ONU 连接。通过 OpS 系统可以设定轮流

检测的频率，即测距窗口每毫秒或每秒被打开的次数。

8.4.1.2 测距过程的类型

下面给出了测距过程可能发生的四种不同类型。

8.4.1.2.1 冷 PON、冷 ONU

该情形的特征是：PON 中没有上行业务运行，且 ONU 未接收到来自 OLT 的 PON-IDs。

8.4.1.2.2 热 PON、冷 ONU

该情形的特征是：增加了没有预先测距的新 ONU(s)，或当业务在 PON 内运转时，先前有效的 ONU 动力恢复并返回到 PON 系统。

8.4.1.2.3 热 PON、热 ONU

该情形的特征是：一个保持上电状态并连接到一个已激活 PON 系统的预先激活 ONU，但处于 8.4.4.2.1 节所描述的 POPUP 状态，并且该情形还包括一个激活的 ONU 连接到一个正在运行的激活 PON 系统。

8.4.1.2.4 切换

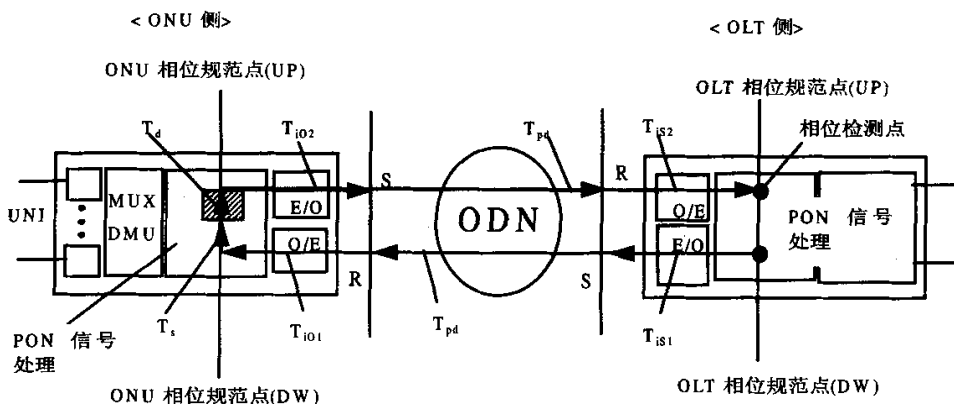
双工和/或半双工 ATM-PON 配置类型可以有多种。测距协议应被应用于以下情形。

8.4.2 下行和上行之间的相位关系规范

测距过程中，下行和上行之间的相位关系必须加以规范。

8.4.2.1 相位规范点的定义

规范点配置结构如图 22 所示。



$$T_{\text{const}} = T_{is1} + T_{pd} + T_{i01} + T_s + T_d + T_{i02} + T_{pd} + T_{is2}$$

$$T_{\text{响应}}(\text{ONU}) = T_{i01} + T_s + T_d + T_{i02} \quad (\text{在 } T_d = 0)$$

$$= T_{i01} + T_s + T_{i02}$$

$$0 \leq T_d (\text{均衡时延}) \leq \text{Max}$$

图 22 规范点的配置

8.4.2.1.1 ONU 和 OLT 的相位规范点

定义 ONU 相位规范点是为了便于规范信元的传输相位。它被虚拟地固定在 ONU 侧的参考点 S/R。定义 OLT 相位规范点也是为了规范信元的传输相位，它被虚拟地固定在 OLT 侧的参考点 R/S。

8.4.2.1.2 基本信元传输时延 (T_s)

基本信元传输时延被定义为当均衡时延为 0 时，在 ONU 相位规范点上相对于下行信元的上行信元相位，它对应于下行帧中的第一个 PLOAM 信元的第一个授权。该时延 (T_s) 是由 ONU 中的 PON 信号处理引起的。

8.4.2.1.3 ONU 信元传输时延

ONU 信元传输时延被定义为在 ONU 相位规范点上相对于下行信元的上行信元相位, 它对应于下行帧中的第一个 PLOAM 信元的第一个授权。ONU 的信元传输时延是测距过程中基本信元传输时延(T_s)和均衡时延(T_d)之和。

8.4.2.1.4 接口参考点 S/R 和 R/S 的相位

ONU 参考点 R 处的下行传输信元经一定的时延 T_{io1} 后, 到达 ONU 的相位规范点。在 ONU 相位规范点处的上行传输信元经时延 T_{io2} 后, 到达 ONU 的参考点 S。

同样, OLT 的相位规范点处的下行传输信元经一定的时延 T_{is1} 后, 到达 OLT 的参考点 S。OLT 参考点 R 处的上行传输信元经时延 T_{is2} 后, 到达 OLT 的相位规范点。

时延 T_{io1} 、 T_{io2} 、 T_{is1} 和 T_{is2} 是由于在 ONU 和 OLT 内的光—电和电—光转换而产生的 (见图 22)。

8.4.2.2 ONU 响应时间规范

应规范参考点 S/R 处的 ONU 中的响应时间— $T_{\text{响应}}(\text{ONU})$ 以确保多厂家环境下最远 ONU 的连通性。

响应时间 $T_{\text{响应}}(\text{ONU})$ 被定义如下:

$$\begin{aligned} T_{\text{响应}}(\text{ONU}) &= T_{io1} + T_s + T_d + T_{io2} \quad (\text{在 } T_d=0) \\ &= T_{io1} + T_s + T_{io2} \end{aligned}$$

该 $T_{\text{响应}}(\text{ONU})$ 的值应在 3136 和 4032 bit (对 155 520 kbit/s) 之间, 它等效于 7 到 9 个信元 (一个具有 56 个字节的信元) 之间, 这已充分估计了 ONU 中的信号处理时间。

$$3136 \text{ bit} \leq T_{\text{响应}}(\text{ONU}) \leq 4032 \text{ bit} \quad (\text{对 } 155 \text{ 520 kbit/s})$$

注: 由 $T_{\text{响应}}(\text{ONU})$ 引起的时延变化可被看作是 ONU 位置等效于约 600 m 的不确定性。

8.4.2.3 正常运行状态下的相位关系

在 ONU 参考点 S/R、OLT 参考点 R/S 以及 ONU 和 OLT 的相位规范点处, 上行和下行信元之间的相位关系见图 23。 T_{pd} 代表从 OLT 到 ONU (或反之) 的光纤传播时延。

#1 信元的上行信元时隙对应下行帧中的第一个下行 PLOAM 信元的第一个授权字段。含有第一个授权的 PLOAM 信元与相应的上行信元之间的时延被定义为均衡往返时延 ($Teqd$)。

均衡往返时延 ($Teqd$) 被定义在 OLT 相位规范点上。

$$\begin{aligned} Teqd &= 2 \times T_{pd} + T_s + T_d + T_{io1} + T_{io2} + T_{is1} + T_{is2} \\ &= 2 \times T_{pd} + T_{\text{响应}}(\text{ONU}) + T_d + T_{is1} + T_{is2} \end{aligned}$$

在正常运行状态下, $Teqd$ 对所有的 ONU 都是常量。考虑到 T_{pd} 和 $T_{\text{响应}}(\text{ONU})$ 的变化性, 均衡时延 (T_d) 被规定如下:

$$T_d \text{ 的最大值} \geq 32000 \text{ bit} \quad (\text{对 } 155 \text{ 520 kbit/s})$$

200 μs (等效于 20 km 光纤) 的最大往返行程时延大约等效于 69 个信元 (56 字节的信元) + 192 比特, 并且最大 $T_{\text{响应}}(\text{ONU})$ 等效于具有 2 个信元变化的 9 个信元, 因此该均衡时延应包括从 0 到 32000 bit (对 155 520 kbit/s) 的时延变化。

8.4.2.4 均衡时延的间隔尺度

均衡时延 (T_d) 应采用 155.52 Mbit/s 的 1 比特的间隔尺度来定义。

8.4.2.5 在测距过程中打开测距窗口

8.4.2.5.1 正常过程

在测距过程开始之前, OLT 发送一个 Upstream_overhead 消息来通知新的 ONU 应使用何种开销, 然后 OLT 开始测距过程。上行数据授权排队等待。

OLT 产生如下一串字符,

- 用来打开窗口的未分配授权;
- 一个测距授权 (或一个 PLOAM 授权);

—— 如果需要, 还有附加的测距授权或 PLOAM 授权。

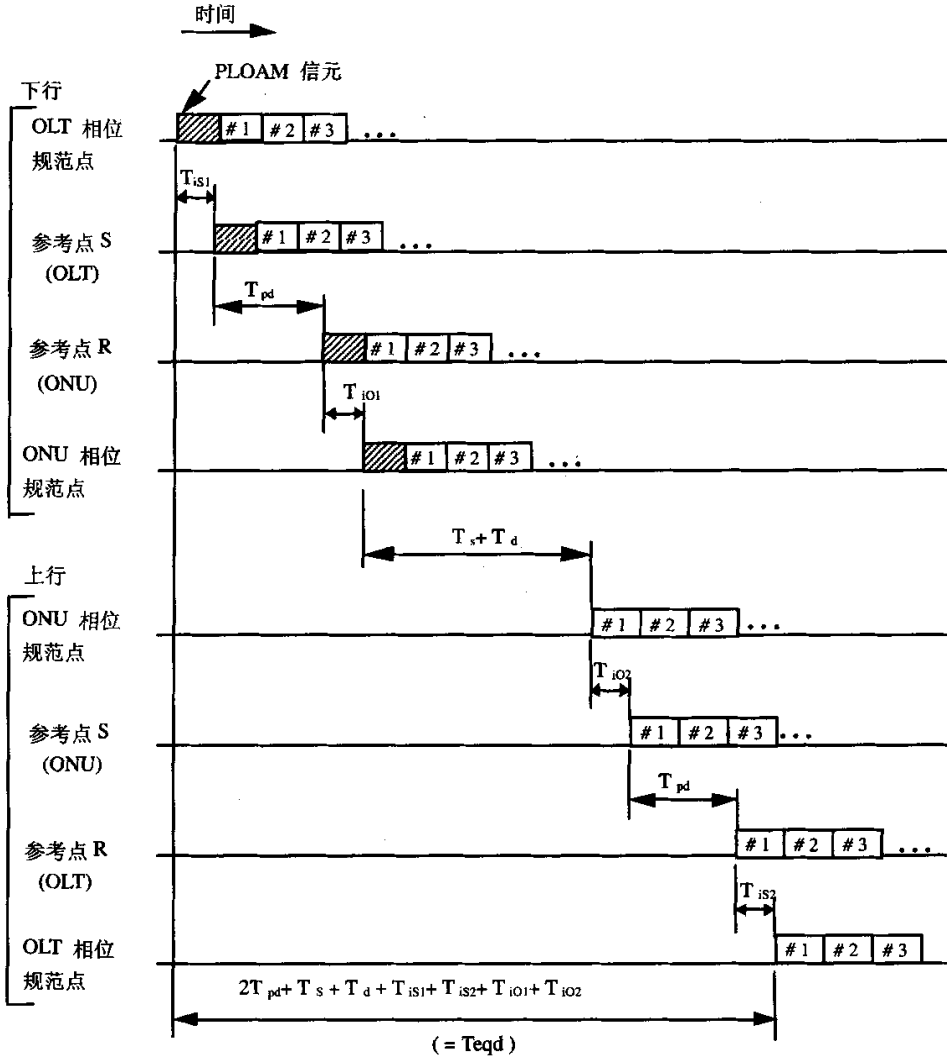


图 23 下行和上行之间的相位关系

这些字符被映射到下行的 PLOAM 信元中。这保证了在测距授权离开 OLT 后, 打开一个上行窗口来接收一个测距 PLOAM 信元。附加的测距授权或 PLOAM 授权用于 ONU 光功率设置和/或 OLT 门限控制或幅度查找等。用于 ONU 光功率设置的附加授权应只有一个, 用于 OLT 接收机的授权在必要时由 OLT 决定。

当需要更多的授权来完成 ONU 光功率设置时, 可通过允许在测距和再测距期间的几次失败来完成光功率设置。在采用序列号捕捉 (二进制树机制, 见 8.4.4.1.) 的情况下, ONU 可将授权用于 ONU 光功率设置。同样, 如果 OLT 周期性的开始测距过程来检查新连接的 ONUs, 它有利于此目的。

为了减小窗口大小, 一些用于该窗口的未分配的授权可由数据授权和/或 PLOAM 授权替代。

测距授权位于下行帧第一个 PLOAM 信元的第一个授权域, 此情况下的测距窗口打开方案见图 24。

每个被允许发送一个信元的 ONU 应该在接收到测距授权后立即发送一个测距 PLOAM 信元。在本

标准中“立即”是指每个 ONU 在对应于一个下行 PLOAM 信元的测距授权位置的指定时间发送一个 PLOAM 信元。

均衡时延 (T_d) 可按图 24 中的举例来测量,

$$T_d = T_{eqd} - (T_2 - T_1)$$

T_1 = 在 OLT 相位规范点包含一个测距授权的下行 PLOAM 信元的传输时间。

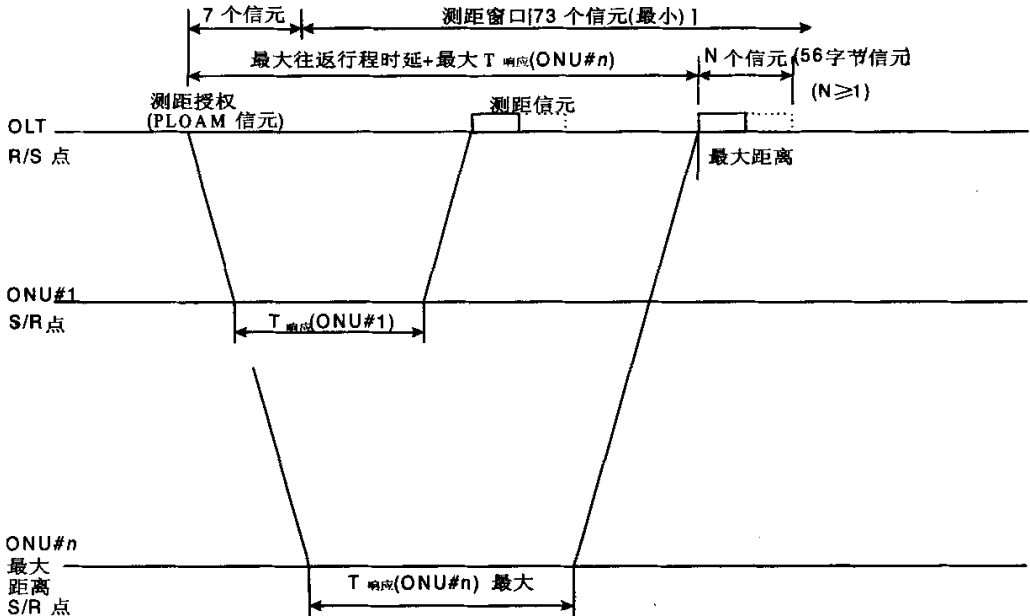
T_2 = 在 OLT 相位规范点上行测距信元的到达时间。

T_{eqd} = 79 个信元 (举例)。

利用 ONU 和 OLT 之间的距离信息, 测距窗口的大小可通过分配适当的未分配授权来编程设置, 如图 25 所示。

如果一个长度减小的测距窗口被要求在上行帧的一个固定位置打开, 则可使用一个预先分配的均衡时延。

在测距程序期间, 如果需要可打开更多的上行窗口, 如图 26 中的示例, 图中的值“M”表示打开窗口之间的间隔。“M”值的确定应从避免业务质量劣化的观点出发。“L”值表示完成测距过程所用的时间。



如果 ONU 接收到测距授权, ONU 立即发送一个测距信元。

在对应下行帧第一个 PLOAM 信元的一个授权的情况下, 测距信元在 $T_{响应}(ONU) +$ 往返行程, 时延之后接收到。

测距窗口尺寸应在考虑附加授权后决定。

图 24 测距窗口和相位关系

8.4.2.5.2 具有 ONU 位置信息的固定位置窗口

如果已知一些 ONU 的位置信息, OLT 可发送一个预先分配的均衡时延 (T_e) 给 ONU, 这里 T_e 近似等于均衡时延 (T_d)。

该预先分配的均衡时延 (T_e) 可在 Upstream_Overhead 消息中从 OLT 传输到每一个 ONU。 T_e 的默认值等于 0。

OLT 将发送一个未分配授权, 用来打开一个测距窗口, 窗口的尺寸将根据已知 OLT 与 ONU 的距离从最大值逐渐减小。然后它将再发送一个测距授权到 ONU。

下行

1 帧 56 个信元
(53 字节/信元)

M 帧

L 帧 (测距程序时间)

未分配的授权
用于窗口

测距授权

测距过程
开始

测距过程
结束

：PLOAM 信元

当接收到该测距授权时, ONU 将在一个预先分配的均衡时延 (T_c) 脉冲 $T_{\text{响应}}(\text{ONU})$ 之后用一个测距信元响应。这将保证该测距信元在打开的窗口之内到达, 该窗口位于上行帧的一个固定位置。

$$T_d = T_{eqd} - (T_2 - T_1) + T_e$$

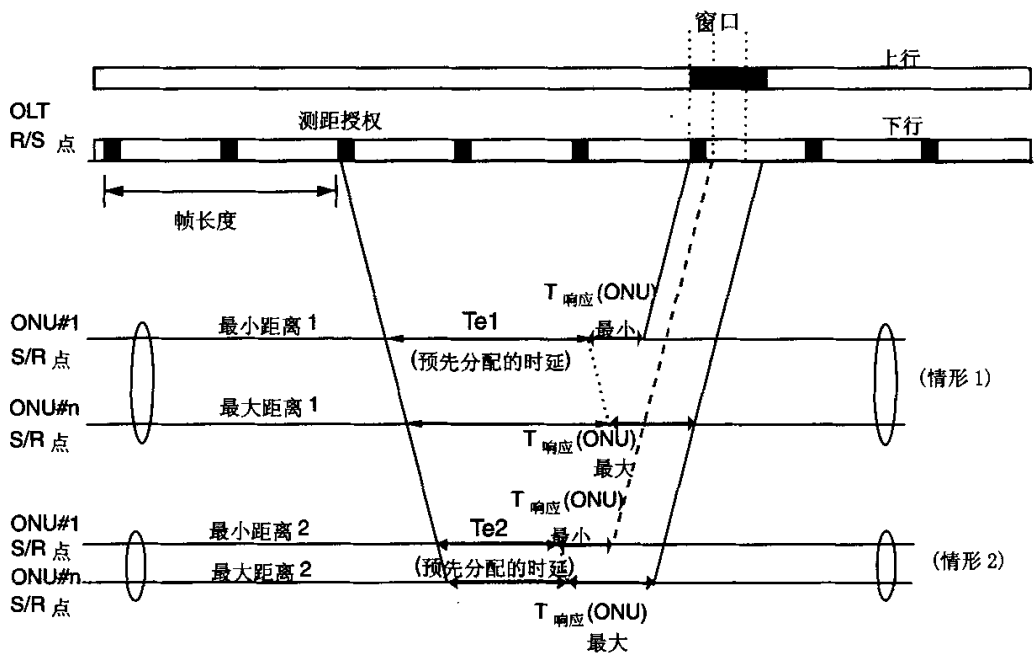


图 27 具有 ONU 位置信息的固定位置窗口

8.4.3 测距协议中使用的消息的定义

在测距协议中使用的消息在 TC 层规范部分被定义。

测距过程中下行消息和授权之间的定时关系应解释如下：

1) 如果一个下行 PLOAM 信元既包含授权又包含一个消息，正确的解释方法应是首先考虑授权然后是消息。ONU 接收的与测距过程相关的消息处理应在 6 个帧周期 ($6 \times T_{\text{帧}}$) 内完成。

2) 一收到 Ranging_Time 消息后，Td 也应在 6 个帧周期内更新完毕。这表明在测距过程中 OLT 应在前三个 Ranging_Time 消息发送后的 $6 \times T_{\text{frame}}$ 时间，才可发送一个 PLOAM 授权或一个数据授权到指定的 ONU。因为应在 ONU 的消息处理期间避免上行信元冲突。

在下行 PLOAM 和上行时隙之间的定时关系并不受以上定义的影响。

8.4.4 测距过程

8.4.4.1 总测距过程

测距是在 OLT 的控制之下执行的，ONU 响应在 OLT 中发起的消息。

测距过程的概况如下：

- OLT 测量来自 ONU 的上行信元的到达相位；
- OLT 将均衡时延通知给 ONU；
- ONU 根据通知的值调整传输相位。

该过程通过上行和下行信元之间传送的带内数字数据的交换来执行。

测距过程利用一些授权和消息来执行。

在正常运行状态下，所有信元都能被用于监视到达信元的相位。根据监视信元的相位信息来更新均衡时延。

采用安装方法 B 时，当 OLT 设法测距 ONU 而不止一个 ONU 同时进入系统时，测距会产生问题。由于不知道 ONU 的序列号，所以测距授权被直接发送到所有处于待命状态的 ONU。这样会有不止一个的 ONU 产生响应，它们的信号可能会在 OLT 中交迭，因此在 OLT 中产生冲突。采用二进制树机制

来解决该问题。

注：二进制树机制：在 OLT 中检测到测距信元冲突后，OLT 发送一个 Serial_number_mask 消息，随后有一测距授权来允许任何序列号与标志匹配的 ONU 发送一个测距信元。Serial_number_mask 每次加一个比特，直到只有一个 ONU 正在发送测距信元。这就可以对 ONU 进行单独测距。然后再次发布普通测距授权，允许其它 ONU 被测距和发送测距信元。如果冲突仍然发生，那么可重复使用该机制。

该二进制树机制在 ONU 功率设置期间，也可用于避免 OLT 接收机的光输入功率过载。

8.4.4.2 ONU 中的测距过程

该测距过程由实际定义的状态和状态转移中的功能行为来规范，如下所示。

附录 C1 中给出了 ONU 中的一个测距流程实例。

8.4.4.2.1 ONU 的状态

共有 10 个状态用于测距行为的描述：

a) 初始状态 (O1)

ONU 首次上电后，仍可检测到 LOS、LCD、OAML 或 FRML 状态。

b) 测距待命状态 1 (O2)

是测距的准备状态，但可检测到下行消息，并执行 Upstream_Overhead 消息的接收。该 Upstream_Overhead 消息中传送的预分配均衡时延也可在该状态中检测到。

c) 测距待命状态 2 (O3)

如果需要，可执行 ONU 的光功率设置过程。二进制树机制可被用于 ONU 的光功率设置。没有 PLOAM 信元可被发送来响应一个测距授权。

d) 测距待命状态 3 (O4)

如果需要，可执行 ONU 的光功率设置过程。二进制树机制可被用于 ONU 的光功率设置。可发送一个 PLOAM 信元来响应一个测距授权。

e) 运行待命状态 1 (O5)

PON-ID 的捕捉状态。二进制树机制可被用于序列号捕捉。

没有 PLOAM 信元可被发送来响应一个测距授权。

f) 运行待命状态 2 (O6)

PON-ID 的捕捉状态。二进制树机制可被用于序列号捕捉。

将发送一个具有 Serial_number_ONU 消息的 PLOAM 信元来响应一个测距授权。

g) 运行待命状态 3 (O7)

时延测量执行状态。

将发送一个具有 Serial_number_ONU 消息的 PLOAM 信元来响应一个 PLOAM 授权。

h) 运行状态 (O8)

均衡时延通过接收 Ranging_time 消息而被更新。

i) 紧急停止状态 (O9)

在接收到一个具有一个匹配序列号和 FFh 有效域的 Disable_serial_number 消息之后进入紧急停止状态。

没有 PLOAM 信元可被发送来响应一个测距授权。一旦 ONU 进入该状态，就不能因表 17 中列出的任何其它事件离开该状态，例如 Deactivate_PON_ID 消息、LOS 或 ONU 下电等。

只有在接收到具有一个匹配序列号和 00h 有效域或与序列号无关的 0Fh 有效域的 Deactivate_PON_ID 消息时，状态才转为 O1。

j) POPUP 状态 (O10)

ONU 在运行状态 (O8) 中检测到 LOS、LCD、OAML 或 FRML 后进入该状态。当接收到一个 POPUP 消息时，则 ONU 恢复激光器设置、Upstream_Overhead、LCF 和 RXCF 域、Te 的预先均衡时延、PON-

和 Grant_allocations。在 TO1 定时器启动后状态转到 O7。

8.4.4.2.2 ONU 中的行为规范

表 17 中的状态表用于描述 ONU 中的功能行为。表 17 中的第一列表示包括消息接收在内所发生的事件，第一行表示 ONU 中的状态。

8.4.4.2.2.1 信息接收

来自 OLT 的 PLOAM 信元中传送的消息应该受到 CRC 的保护，并且当 CRC 校验正确时，产生消息接收事件。在下面的 a)、b)、c)、d) 和 e) 情况下，这些消息被发送 3 次来确保 ONU 的正确接收。在这些情况下，至少一次正确地接收消息后才可产生消息接收事件。

a) Upstream_Overhead 消息的接收事件

该事件仅发生在测距待命状态 1 中。在成功接收到 Upstream_overhead 消息后，ONU 的状态转移为测距待命状态 2。

b) Serial_number_mask 消息的接收事件

该事件在测距待命状态 2、测距待命状态 3、运行待命状态 1 和运行待命状态 2 中被处理。

在测距待命状态 2 和测距待命状态 3 中：

当有效序列号与它自己的序列号匹配时，ONU 状态转移为测距待命状态 3。如果有效序列号与它的序列号不匹配时，则转移为测距待命状态 2。

在运行待命状态 1 和运行待命状态 2 中：

当有效序列号与它自己的序列号匹配时，ONU 状态转移为运行待命状态 2。如果有效序列号与它的序列号不匹配时，则转移为运行待命状态 1。

c) Assign_PON_ID 消息的接收事件

该事件仅在运行待命状态 1 和运行待命状态 2 中被处理。

当 Assign_PON_ID 消息中的序列号与它自己的序列号匹配时，PON-ID 被捕获。

d) Grant_Allocation 消息的接收事件

当 Grant_Allocation 消息中的 PON-ID 与它自己的 PON-ID 匹配时，一个数据授权和一个 PLOAM 授权被分配，然后 ONU 状态被设为运行待命状态 3。

e) Ranging_Time 消息的接收事件

当该 PON-ID 与它自己的 PON-ID 匹配时，该事件仅在运行待命状态 3 和运行状态中被处理。

该均衡时延在 Ranging_Time 消息中被接收，并被用作 Td 的均衡时延。

(在运行待命状态 3 中)

均衡时延被设置，且 ONU 状态被设置为运行状态。

(在运行状态中)

均衡时延被更新。

f) Deactivate_PON_ID 消息的接收事件

当 PON-ID 与它自己的 PON-ID 匹配时，该 ONU 状态转换为测距待命状态 1，也适用于一个广播式 Deactivate_PON_ID 消息。

g) Disable_serial_number 消息的接收事件

当该序列号(64 个比特)与它自己的序列号匹配并且该消息中第 37 个八位有效字节等于 FFh 时，ONU 状态转换为紧急停止状态。

当该序列号(64 个比特)与它自己的序列号匹配并且该消息中第 37 个八位有效字节等于 00h 时，或当有效域等于与序列号无关的 0Fh 时，ONU 状态从紧急停止状态转换为初始状态(O1)。

h) POPUP 消息的接收事件

该事件仅发生在 POPUP 状态(O10)中。当收到一个 POPUP 消息时，ONU 恢复激光器设置、Upstream_Overhead、LCF 和 RXCF 域、Te 的预先均衡时延、PON-ID 和授权-分配，定时器 TO1 开始计

时然后转换为 O7 状态。

8.4.4.2.2.2 授权接收

数据授权仅在运行状态下被处理，然后一个 ATM 信元被传送到 OLT。PLOAM 信元在运行待命状态 3 和运行状态下被传送到 OLT 用来响应一个 PLOAM 授权。在运行待命状态 3 状态下发送的 PLOAM 信元应该包括 Serial_number_ONU 消息，以确认用于响应 PLOAM 授权的测距信元。

该测距授权仅在测距待命状态 3 和运行待命状态 2 中有效。在测距待命状态 3 中，该 ONU 根据收到的测距授权发送一个 PLOAM 信元。在激光器设置期间，ONU 可能不正确地传送该 PLOAM 信元。在运行待命状态 2 中，ONU 在与测距授权对应的指定时间发送 PLOAM 信元。PLOAM 信元应与 Serial_number_ONU 消息一起发送，用于 OLT 的序列号捕捉。

8.4.4.2.2.3 其它事件

a) 光功率设置完成

只有当 ONU 光功率设置完成时，该事件才在测距待命状态 2 和测距待命状态 3 中发生。该事件在定时器 TO1 被设置启动后导致状态转换为运行待命状态 1。如果需要，在测距待命状态 3 中发送 PLOAM 信元仅用于接收测距授权的 ONU 的光功率设置过程。在不需要光功率设置的地方，处于测距待命状态 1 (O2) 中的 ONU 将从 Upstream_Overhead 消息中提取开销和预先分配的时延值，转为测距待命状态 2 (O3)，然后立即产生光功率设置完成事件，并再进入运行待命状态 1 (O5)。

b) 定时器 TO1 终止

该事件发生在时延测量过程在一定时间周期内未完成时。该事件使状态转换为测距待命状态 2。TO1 的值是 10 s。

c) LOS、LCD、OAML 或 FRML 检测

该事件导致 ONU 状态转移为初始状态 (O1)，ONU 正处于运行状态 (O8) 时除外。在运行状态 (O8) 中，该事件在定时器 TO2 启动后将使 ONU 的状态转移到 POPUP 状态(O10)。

d) LOS、LCD、OAML 和 FRML 的清除

该事件导致 ONU 状态从初始状态转移为测距待命状态 1。

e) 定时器 TO2 终止

在 POPUP 状态下，一定时期内没有接收到 POPUP 消息时产生该事件。该事件使状态转移为初始状态 (O1)。

TO2 的值是 100 ms。

表 17 ONU 的状态图表 (1/2)

	初始状态 (O1)	测距待命状态 1 (O2)	测距待命状态 2 (O3)	测距待命状态 3 (O4)	运行待命状态 1 (O5)
Upstream_ove rhead 消息	—	提取开销 设置预先分配时延 Te ⇒ O3	—	—	—
光功率设置完 成	—	—	—定时器 TO1 启动 ⇒ O5	—定时器 TO1 启动 ⇒ O5	—
Serial_number _mask 消息	—	—	SN 匹配 (有效比特)? ⇒ O4	SN 不匹配 (有效比特)? ⇒ O3	SN 匹配 (有效比特)? ⇒ O6
8. Assign_PON_ ID 消息	—	—	—	—	SN 匹配? —分配 PON_ID

续表 17 (2/1)

	初始状态 (O1)	测距待命状态 1 (O2)	测距待命状态 2 (O3)	测距待命状态 3 (O4)	运行待命状态 1 (O5)
9. Grant_allocation 消息	—	—	—	—	PON_ID 匹配? —分配数据/PLOAM 授权 ⇒ O7
10. POPUP 消息	—	—	—	—	—
11. 定时器 TO2 终止	—	—	—	—	—
12. 定时器 TO1 终止	—	—	—	—	⇒ O3 (告警 SUF)
13. Ranging_time 消息	—	—	—	—	—
14. 数据授权	—	—	—	—	—
15. PLOAM 授权	—	—	—	—	—
16. 测距授权	—	—	—	发送 PLOAM 信元	—
17. Deactivate_PON_ID 消息 ¹⁾	—	—	PON_ID 匹配? ⇒ O2	PON_ID 匹配? ⇒ O2	PON_ID 匹配? —定时器 TO1 停止 ⇒ O2
Disable_serial_number 消息	—	SN 匹配并有效= FFh?⇒ O9	SN 匹配并有效= FFh? ⇒ O9	SN 匹配并有效= FFh? ⇒ O9	SN 匹配并有效=FFh? —定时器 TO1 停止 ⇒ O9
检测 LOS 或 LCD 或 OAML 或 FRML	—	⇒ O1	⇒ O1	⇒ O1	定时器 TO1 停止 ⇒ O1
清除 LOS、LCD、OAML 和 FRML	⇒ O2	—	—	—	—

表 18 ONU 的状态图表 (2/2)

	运行待命状态 2 (O6)	运行待命状态 3 (O7)	运行状态 (O8)	紧急停止状态 1 (O9)	POPUP 状态 (O10)
Upstream_overhead 消息	—	—	—	—	—
光功率设置完成	—	—	—	—	—
Serial_number_mask 消息	SN 不匹配(有效比特)? ⇒ O5	—	—		

续表 18 (2/2)

	运行待命状态 2 (O6)	运行待命状态 3 (O7)	运行状态 (O8)	紧急停止状态 1 (O9)	POPUP 状态 (O10)
18. Assign_PON_ID 消息	SN 匹配? -分配 PON_ID	—	—	—	—
19. Grant_allocation 消息	PON_ID 匹配? -分配数据/PLOAM 授权 ⇒ O7	—	—	—	—
20. POPUP 消息	—	—	—	—	恢复激光器设置、 Upstream_overhead、 LCF 和 RXCF 域、Te、 PON_ID 和授权分配 定时器 TO1 开始 ⇒ O7
21. 定时器 TO2 终止	—	—	—	—	⇒ O1
22. 定时器 TO1 终止	⇒ O3 (告警 SUF)	⇒ O3 (告警 SUF)	—	—	—
23. Ranging_time 消息	—	PON_ID 匹配? -定时器 TO1 停止 -设置均衡时延 ⇒ O8	PON_ID 匹配? -更新均衡时延	—	—
24. 数据授权	—	—	发送 ATM 信元	—	—
25. PLOAM 授权	—	发送 PLOAM 信元	发送 PLOAM 信元	—	—
测距授权	发送 PLOAM 信元	—	—	—	—
Deactivate_PON_ID 消息 ^(*)	PON_ID 匹配? -定时器 TO1 停止 ⇒ O2	PON_ID 匹配? -定时器 TO1 停止 ⇒ O2	PON_ID 匹配? ⇒ O2	—	—
26. Disable_serial_number 消息	SN 匹配和有效=FFh? -定时器 TO1 停止 ⇒ O9	SN 匹配和有效=FFh? -定时器 TO1 停止 ⇒ O9	SN 匹配和有效=FFh? ⇒ O9	SN 匹配和有效=00h? 或有效=0Fh 和 SN 无关 ⇒ O1	—
27. 检测 LOS、LCD、OAML 或 FRML	定时器 TO1 停止 ⇒ O1	定时器 TO1 停止 ⇒ O1	计时器 TO2 启动 ⇒ O10	—	⇒ O10
28. 清除 LOS、LCD、OAML 和 FRML	—	—	—	—	—

注: (*) 包括广播式 Deactivate_PON_ID 消息 (PON_ID 的第 35 个字节=40H)。

如果 ONU 发生故障或掉电, 则它将退出运行状态。在该状态表中只考虑了 LOS、LCD、OAML 和 FRML 等维护信号。

“—”表明对相应事件不动作。

O6 和 O7 状态的 PLOAM 信元应该与其 Serial_number_ONU 消息一起在预先分配时延 Te 内传输, 并且 O4 状态的 PLOAM 信元应在预先分配的时延 Te 内传输。

当状态转换为 O1、O2、O3 和 O9 时 PON_ID 和授权分配应该被清除或丢弃, 且在转换为 O1 和 O2 时应清除预先分配时延 Te。

8.4.4.3 OLT 中的测距过程

该测距过程由功能行为来规范，而功能行为实际是通过定义状态及其状态转移来规定的，如下文所示。

附录 C2 给出了 OLT 中的一个测距流程实例。

8.4.4.3.1 OLT 的状态

测距过程中 OLT 的功能可分为公共部分和 ONU 专用处理部分 (n)，这里 n 对应于每个 ONU。公共部分处理一个线路接口中的公共功能，ONU 专用处理部分 (n) 处理该线路接口所支持的每个 ONU。下面分别给出这两部分的每个状态以及各自的行为。

8.4.4.3.2 OLT 中的行为规范

8.4.4.3.2.1 公共部分的行为

公共部分功能行为的描述状态表见表 19。表 19 中的第一列表示发生的事件，第一行表示公共部分的各种状态。

状态被定义为：

- 时延测量待命/执行状态 (OLT-COM2)；
- 序列号 (SN) 捕捉状态 (OLT-COM2)。

该事件被定义如下：

- a) 在窗口中接收的有效 PLOAM；
- b) 二进制树搜寻结束；
- c) 时延测量的条件完成 (n)；

该事件在第 n 个 ONU 专用处理部分 (n) 已准备好它的时延测量时发生。

- d) 非- (时延测量的条件完成 (n))；

通知时延测量结束。

该事件在第 n 个 ONU 专用处理部分 (n) 成功或不成功的完成时延测量时产生。定义该事件有益于在顺序测距时触发被测距 ONU 数目 “ n ” 的更新，但在并行测距时不能用作更新的触发条件。因此在状态表中对该事件未明确定义。

- e) SN 捕捉请求

表 19 OLT 中公共部分状态图

	时延测量待命/执行状态 (OLT-COM1)	序列号 (SN) 捕捉状态 (OLT-COM2)
SN 捕捉请求	⇒OLT-COM2	—
在窗口中接收有效 PLOAM	(注)	提取 SN 分配空闲的 n ， 分配空闲的 PON-ID
二进制树搜寻结束	—	⇒OLT-COM1
非- (时延测量全部的条件 (n))	更新 n	—
时延测量条件完备 ‘ n ’	时延测量开始命令 (n)	—
注：时延测量 (测量 Td)可以在 OLT 公共部分或 ONU 专用处理部分被执行。所以本状态表未明确描述这种功能。		

8.4.4.3.2.2 ONU 专用处理部分行为

在 ONU 专用处理部分 (n) 中用于描述功能行为的状态表见表 20。表 20 中的第一列表示发生的事件，而第一行表示 ONU 专用处理部分 (n) 中的状态。

这些状态被定义为：

- 初始状态（OLT-IDV1）
- 等待时延测量开始命令的状态。
- 时延测量状态（OLT-IDV2）
- 运行状态（OLT-IDV3）

该事件被定义如下：

a) 延迟测量开始次序 ‘n’

该事件在接收到来自公共部分的指令时发生。

b) 时延测量完成（n）

该事件在时延测量成功完成时发生。

当含有均衡时延的 Ranging_Time 消息已三次发送到既定 ONU 后，则通知 OLT 公共部分时延测量完成，然后状态转移到运行状态(OLT-IDV3)。

c) 时延测量异常停止（n）

该事件发生在时延测量失败时。

当 Deactivate_PON_ID 消息已三次发送到既定 ONU 后，则通知 OLT 公共部分时延测量完成，然后状态转移到初始状态(OLT-IDV1)。

d) LOSi(n)、CPEi(n)、LCDi (n)、OAMLi(n)、LOAi(n)或 REC-INHi(n)的检测

该事件导致状态转移为初始状态(OLT-IDV1)。

表 20 OLT 中 ONU 专用处理部分(n)状态表

	初始状态 (OLT-IDV1)	时延测量状态 (OLT-IDV2)	运行状态 (OLT-IDV3)
时延测量开始次序(n)	⇒OLT-IDV2	—	—
时延测量完成(n)	—	3 次发送 Ranging_Time 消息 时延测量完成通知(n) ⇒OLT-IDV3	—
时延测量 异常停止(n)	—	发送 3 次 Deactivate_PON_ID 消息 时延测量完成通知(n) ⇒ OLT-IDV1	—
检测 LOSi(n)、CPEi(n)、 LCDi(n)、OAMLi(n)、LOAi(n) 或 REC-INHi(n)	—	—	⇒OLT-IDV1
注：仅为了方便起见，已对时延测量结束(n)的通知进行了明确描述。因此，该事件应被看作是消息提示。			

8.4.4.3.3 均衡时延的过程

将下行 PLOAM 信元中 Ranging_Time 消息域中的特定字节设置为均衡时延的值，该值被传送给 ONU。

如果下述所有条件都满足，则表示此次均衡时延测量成功：

- 1) 在测距窗口中检测到一个有效 PLOAM 信元；
- 2) PLOAM 信元中的 Serial_number_ONU 消息与所寻址的 ONU 序列号匹配；
- 3) 测量的 Td 小于或等于一个固定值（例如：79 信元）；
- 4) 与参考信元的相位相比，ONU 的捕捉相位浮动不大于±2 个比特。

注：此参考信元被定义如下：

第一个捕捉相位没有参考信元，因此，如果第一个收到的 PLOAM 信元满足上面的条件(1~3)，则认为均衡时

延测量成功。对以后收到的 PLOAM 信元，第一个捕捉相位被看作接收到的下一个 PLOAM 信元的参考相位。

每次收到一个满足以上 (1~3) 条件的新的有效 PLOAM 信元，不管其是否满足条件(4)，参考信元都将被更新。

时延测量过程由一系列测量组成，并在两次成功或失败的测量后被认为完成。完成 $S(=2)$ 次上述动作表示一次成功的时延测量，并产生时延测量完成事件。反之， $F(=2)$ 次表示一次均衡时延测量失败，这表明没有满足成功时延测量所需的的条件，则产生时延测量异常停止事件。如果需要，可排除 OLT 接收机门限设置情况下的失败次数。

均衡时延的计算和传送方法如下：

当时延测量完成事件发生时，最新的成功均衡时延值和参考信元的均衡时延值被求平均并忽略小数部分。该平均值被送到 ONU 作为均衡时延值。

8.4.4.3.4 相位监视和更新均衡时延

当 ONU 被激活时，OLT 中接收信元的相位被连续地检测来防止与相邻信元冲突。OLT 时钟产生的抖动通过时钟相位较准法被吸收。由温度变化而引起的漂移使 ONU 的上行信元向其相邻信元漂移趋近。

对每个 ONU，信元到达 OLT 的相位都通过适当的信元抽样方法在一定的周期中求平均。更新的均衡时延值通过 Ranging_Time 消息发送到 ONU，该 ONU 利用它来调整其均衡时延。Ranging_Time 消息在一个特定最大周期内至少要发送一次。

如果 OLT 检测到 ONU 在一次超时后仍未调整其均衡时延，或 OLT 在一定时间内检测到信元相位错误，则 OLT 再发送更新的均衡时延值若干次。如果仍然不成功(CPEi)，OLT 将发送 3 次 Deactivate_PON_ID 消息。如果 ONU 不响应该消息，则将此异常通知给操作员。如果 ONU 沉默，则延缓该 ONU 的授权接收，并通知操作员。操作员可以决定停止该 ONU 的业务或是再次进行完整的测距过程。

8.4.5 测距时间的要求

测距时间应被规范如表 21 所示：

表 21 测距时间要求

条项	PON 情况（注 1）	ONU 情况（注 1）	方法	ONU 数量	要求
1	冷	冷	A	每个 ONU	2s
2	冷	冷	B	每个 ONU	10s
3	热	冷	A	1	1s
4	热	冷	B	1	3s
5	热	冷	A/B	31	93s
6（注 2）	热	热	A	16	100ms
7（注 3）	切换	热	参见 8.3.9 节		

注 1：关于 PON 和 ONU 情况的说明见 8.4.1.2 节。

注 2：第六条的要求应是可选项但应指配其容量。

以可编程的频率(例如每毫秒，见 8.4.1.1 节)打开窗口的能力可支持该要求。这将导致一些业务的 QoS 下降。

注 3：未定义切换条件下的测距定时要求。

完整的切换过程必须在 8.3.9 节所规定的时间内完成。

9 操作管理和维护功能

操作管理和维护 (OAM) 功能的分类可从两个角度考虑。一个是与 OAM 相关的 OAN 的功能子系统，另一个是 OAM 应完成的功能类别。

下列是与 OAM 相关的功能子系统:

1) 设备子系统包含 OLT 和 ONU 的机箱机柜机架, 也包含不在插板上的指示灯和铃以及光纤配线盘或配线架。设备子系统还包含 OLT 和 ONU 的机架机柜的供电以及光分路器的机壳。

2) 传输子系统由 OLT 和 ONU 的收发设备电路和光/电电路组成。光配线盘或配线架属于设备子系统, 但光元件本身属于光的子系统范畴。

3) 光的子系统由各种形式的光纤、光分路器、光滤波器和任何光时域反射仪(OTDR)或线夹式光功率计组成。

4) 业务子系统由那些为了支持不同业务而需要专门将该业务与 OAM 的一般核心功能相适配的子系统组成。例如 PSTN 和 ISDN。

从功能类别的角度看, 则 OAM 功能原则上必须具备 ITU-T 建议 M.3010 所规定的 4 类功能类别:

- 配置管理;
- 性能管理;
- 故障管理;
- 安全管理。

详细信息参见 ITU-T 建议 G.982 的附录 III。

10 性能

T-V 参考点(或 a-V)之间的平均信号传输时延应小于 2ms。

在 ATM 层, ATM 信元时延的变化由 ATM 性能建议 ITU-T I.356 定义。

11 环境要求

11.1 温度要求

室内设备: $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$

室外设备: 类别 1: $-30^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$

类别 2: $-10^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$

注: 以上为地板以上 2 m 和设备前方 0.4 m 处的温度。

11.2 湿度要求

系统在以下湿度条件下的环境中应能正常工作:

相对湿度: 10%~90%

注: 以上为地板以上 2 m 和设备前方 0.4 m 处的湿度。

11.3 大气压力要求

系统在以下大气压力条件下的环境中应能正常工作: 86~106kPa。

12 安全措施

12.1 电的安全和保护

ATM-PON 设备电的安全待研究。

12.2 光的安全和保护

ONU 发送机光功率电平不应超过在 IEC-825-1(1993)中已定义的 1 级。

注: 从安全角度来说, 需要 ONU 光功率关断功能, 光连接器拔出或故障情况引起的上行链路故障不应引起激光器自动关断。ONU 发送机关断应该是 TC-层动作的结果。

附录 A

(提示的附录)

ODN 在 O_{ru} 和 O_{rd} 、 O_{ld} 和 O_{lu} 上最小 ORL

A1 简介

在 8.2.7.2 规定了 ODN 在 O_{ru} 和 O_{rd} 、 O_{ld} 和 O_{lu} 点的最小 ORL 优于 32 dB。本附录给出的例子适用于 ORL 小于 32dB 的情况。

A2 位于 ONU 侧星型耦合器处的连接器开路的影响

当星形耦合器的所有端口都被终结时, ODN 的最小 ORL 应优于 32 dB。但当星形耦合器的所有端口没有被终结的, ODN 的最小 ORL 将不会优于 32 dB, 如图 A1 所示, 当 OLT 和星形耦合器间的光纤被保护时, 一个端口不是终结在 2 路星形耦合器上, 假设端口上的反射系数是 -14 dB, 而星形耦合器的双程光损耗是 -6 dB, 从 OLT 观察到的 ODN 的 ORL 是 $-(-14-6)=20$ dB。

A3 位于 OLT 侧星型耦合器处的连接器开路的影响

如图 A2 所示, 当一个端口不是终结在 2 路星形耦合器上时, 假设端口上的反射指标是 -14 dB, 而星形耦合器的双程光损耗在里是 -6 dB, 从 ONU 观察到的 ODN 的 ORL 是 $-(-14-6)=20$ dB。

尤其是在 FTTH 的情况下, 许多连接器接近 ONT, 在这种情况下, 20 dB 相当于 4 个 PC 连接器的反射, 而每个连接器的反射是 -25 dB。

A4 断开 ONU 侧连接器的影响

注意在图 A3 里, 连接器—C 与位于 OLT 旁的正运行的 ONU-A 取消了连接, 并显现了一个很窄的间隙。在此情况下来自 ONU-A 的光信号在连接器-C 被反射, 上行和下行光信号仍然传输而不取消连接。反射的光返回到 ONU-A 并在 ONU-A 上再次反射。此“双反射”信号可能重叠一个来自 ONU-B 的突发信号。图 A4 给出了信号的重叠。

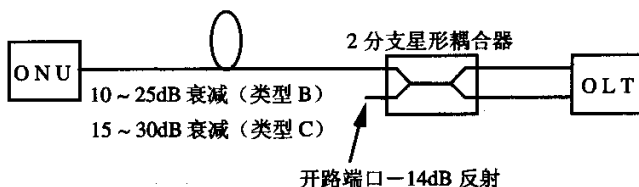


图 A1 位于 ONU 侧星形耦合器开放式连接器的影响

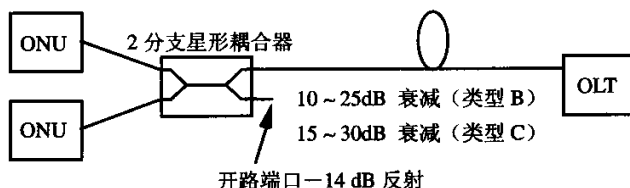


图 A2 位于 OLT 侧星形耦合器开放式连接器的影响

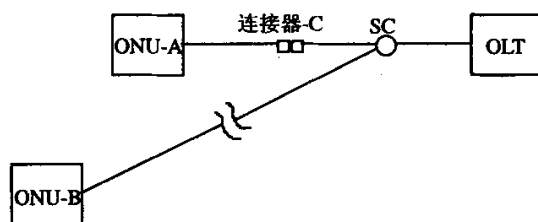


图 A3 取消连接连接器接近 ONU 的影响

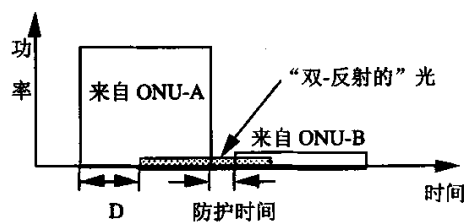


图 A4 突发信号和反射光的重叠

附录 B
(提示的附录)
ODN 的光回损影响

B1 简介

ODN 的每个网络模块都有它自己的光回损 (ORL)，而 PON 对 ODN 的 ORL 很敏感。本附录给出了需要考虑的几种反射之间的关系，ONU 和 OLT 间的 WDM 隔离度，以及 ODN 的 ORL 分别是 32dB 和 20dB 两种情况下 ONU 设备发送机和接收机的反射。

在光参数的计算中，我们假设 ONU 设备接收机的反射是 -20 dB，而 OLT 设备接收机的反射是 -20 dB。我们给出了反射的条件方程式和计算结果，它们限制了这些参数。

B2 32dB ODN 光回损**B2.1 考虑的反射模型**

考虑的反射模型如图 B2 所示。

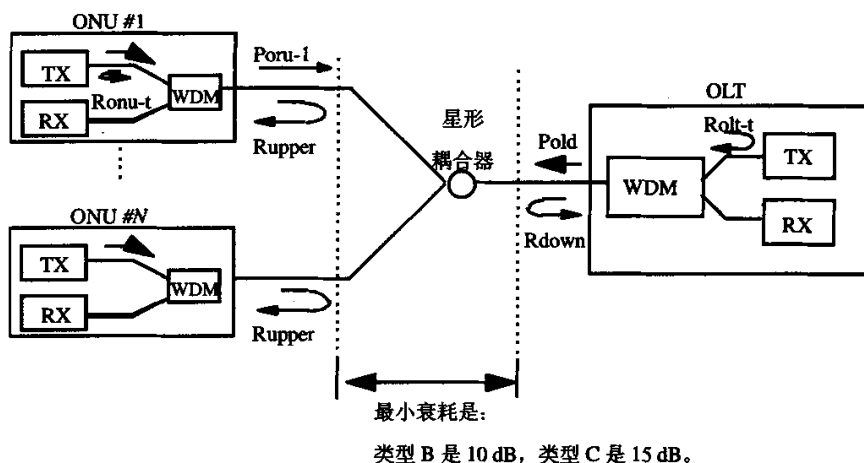


图 B1 考虑的反射模型

本标准使用了下列标记：

Poru-n:	在 O_n 点 ONU#N 发送机的光输出功率
Pold:	在 O_{ld} 点 OLT 发送机的光输出功率
Ronu-t:	ONU 发送机设备反射
Rolt-t:	OLT 发送机设备反射
Rupper:	在 O_n 和 O_{nd} 点 ODN 的 ORL
Rdown:	在 O_{ld} 和 O_{lo} 点 ODN 的 ORL
Iolt-t:	OLT 发送机的 WDM 隔离度
Iolt-r:	OLT 接收机的 WDM 隔离度
Ionu-r:	ONU 接收机的 WDM 隔离度

本附录中这些值全是作为正值处理的。

B2.2 反射进入 ONU 接收机的影响

图 B2 给出了反射信号的通道，下面方程式 A 应满足：

$\text{Poru}_1 - \text{Rupper} - \text{Ionu}_r < (\text{容许干扰光功率})$ [方程式 A]

在图 B2 中发送的信号从其它 ONUs(#2 ~ #N)输入到 ONU #1, 因为它们的传送时间不同于来自 ONU #1 的一个, 它们是不增加的。

对于 B 级, 假设总的容许干扰光功率等于最小灵敏度减去 10 dB, 则容许干扰光功率 = $-30 \text{ dBm} - 10 \text{ dB} = -40 \text{ dBm}$ 。

然后, $+2 - 32 - \text{Ionu}_r < -40$ (1)

得到 $\text{Ionu}_r > 10 \text{ dB}$. (2)

对于 C 级, 假设总的容许干扰光功率等于最小灵敏度减去 10 dB, 则容许干扰光功率 = $-33 \text{ dBm} - 10 \text{ dB} = -43 \text{ dBm}$ 。

然后, $+4 - 32 - \text{Ionu}_r < -43$ (3)

得到 $\text{Ionu}_r > 15 \text{ dB}$ (4)

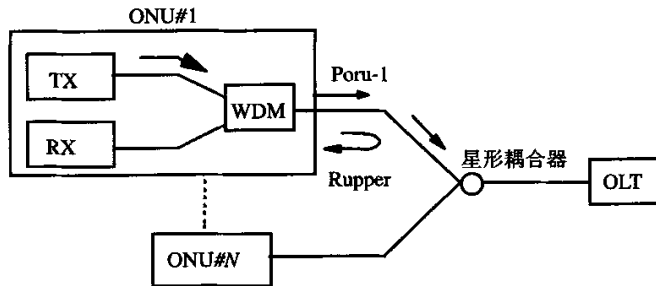


图 B2 入射进 ONU 接收机的模型

B2.3 反射进入 OLT 接收机（在信号区内）的影响

在以下两个条件下分析反射进入 OLT 接收机的影响：一个是反射信号迭加在上行突发信号区，另一个是反射信号在延迟测量窗口内没有信号。

在信号区内，应考虑如下 3 种情况：

B2.3.1 情况 1

图 B-3 给出了反射信号通道，下面方程式 B 应满足：

(突发光信号电平的最大差值) $- \text{Rupper} - \text{Ronu}_t < (\text{容许干扰光功率比})$ [方程式 B]

假定容许干扰的光功率比是 -10 dB , 我们得到 $(15+6) - 32 - \text{Ronu}_t < -10$, (5)

然后, $\text{Ronu}_t > -1 \text{ dB}$. (6)

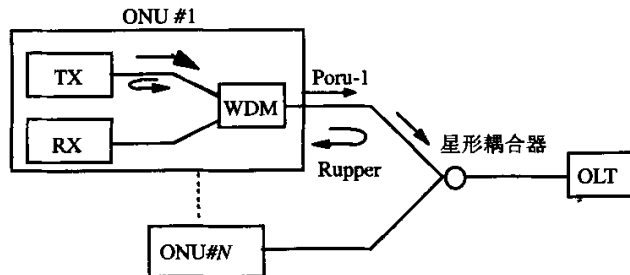


图 B3 入射进 OLT 接收机的模型 1

B2.3.2 情况 2

图 B-4 给出了反射信号的通道，应满足下面的方程式 C：

(突发光信号电平的最大差值) $-R_{olt_t}-R_{down}-I_{olt_t}\times 2 < (\text{容许干扰光功率})$ [方程式 C]

假定容许干扰的光功率是 -10 dB , 我们得到

$$(15+6) - R_{olt_t} - 32 - I_{olt_t} \times 2 < -10, \quad (7)$$

$$\text{然后, } -R_{olt_t} + I_{olt_t} \times 2 > -1\text{ dB}. \quad (8)$$

R_{olt_t} 和 I_{olt_t} 是正数, 在下面情况下不需要对 R_{olt_t} 和 I_{olt_t} 如此要求:

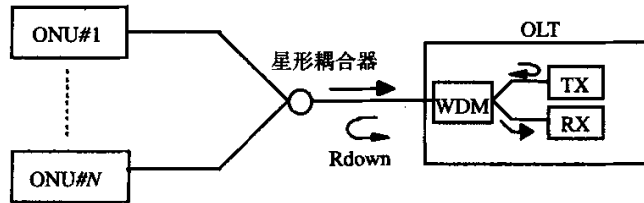


图 B4 映射进入 OLT 接收机的模型 2

B2.3.3 情况 3

图 B5 给出了反射信号的通道, 应满足下面的方程式 D:

$$P_{old} - R_{down} - I_{olt_r} < (\text{允许干扰光功率}) \quad [\text{方程式 D}]$$

对于 B 级, 假设允许干扰光功率等于最小灵敏度 -10 dB , 允许干扰光功率 = -30 dBm
 $-10\text{ dB} = -40\text{ dBm}$ 。

$$\text{然后, } +2 - 32 - I_{olt_r} < -40 \quad (9)$$

$$\text{得到, } I_{olt_r} > 10\text{ dB} \quad (10)$$

对于 C 级, 假设允许干扰光功率等于最小灵敏度 -10 dB , 允许干扰光功率 = -33 dBm
 $-10\text{ dB} = -43\text{ dBm}$ 。

$$\text{然后, } +4 - 32 - I_{olt_r} < -43 \quad (11)$$

$$\text{得到, } I_{olt_r} > 15\text{ dB} \quad (12)$$

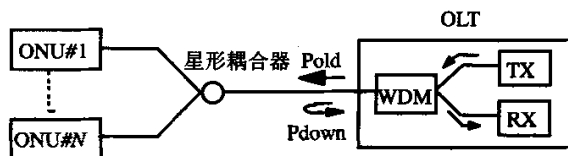


图 B5 入射进 OLT 接收机的模型 3

B2.4 反射进入 OLT 接收机 (在无信号区里) 的影响

在无信号区里, 反射考虑的主要情况是以下两种情况。

B2.4.1 情况 1

图 B3 给出了反射信号的通道, 如下方程式 E 应满足:

$$P_{oru_t} - R_{upper} - R_{onu_t} - (\text{最小光通道衰减}) < (\text{无信号时的判决电平}) \quad [\text{方程式 E}]$$

对于 B 级, 假设判决电平如同没有信号等于最小灵敏度 -10 dB , 则无信号时的判决电平 = -30 dBm
 $-10\text{ dB} = -40\text{ dBm}$ 。

$$\text{然后, } +2 - 32 - R_{onu_t} - 10 < -40 \quad (13)$$

$$\text{得到, } R_{onu_t} > 0\text{ dB} \quad (14)$$

因此, 在该情况下不必要对 R_{onu_t} 作要求。

对于 C 级, 假设无信号时的判决电平等于最小灵敏度数 -10 dB , 则无信号时的判决电平 = -33 dB
 $-10\text{ dB} = -43\text{ dBm}$ 。

然后, $+4-32-R_{onu_t}-15 < -43$ (15)

得到, $R_{onu_t} > 0\text{dB}$ (16)

因此, 在该情况下不必要对 R_{onu_t} 作要求。

B2.4.2 情况 2

图 B-5 给出了反射信号的通道, 应满足下面的方程式 F:

$P_{old}-R_{down}-I_{olt_r} < (\text{无信号时的判决电平})$ [方程式 F]

对于 B 级, 假设无信号时的判决电平等于最小灵敏度数 -10dB , 则无信号时的判决电平 $= -30\text{dBm}$
 $-10\text{dB} = -40\text{dBm}$ 。

然后, $+2-32-I_{olt_r} < -40$. (17)

得到, $I_{olt_r} > 10\text{dB}$. (18)

对于 C 级, 假设无信号时的判决电平等于最小灵敏度数 -10dB , 则无信号时的判决电平 $= -33\text{dBm}$
 $-10\text{dB} = -43\text{dBm}$ 。

然后, $+4-32-I_{olt_r} < -43$ (19)

得到, $I_{olt_r} > 15\text{dB}$. (20)

B3 ODN 反射的其它情况

上述的计算方法对 ODN 反射为 -20dB 才可用, 表 B1 给出了在 ODN 最小 ORL 是 32dB 和 20dB 时的光参数要求。

WDM 隔离度参数是一种具体实施, 且表 B1 中有关 WDM 隔离度的参数值是提示性的资料。

本标准包括 ONU 和 OLT 设备的反射, 考虑到 WDM 特性, R_{onu_t} 等于在发射波长处测量的 ONU 反射。

当 ODN 的 ORL 是 32dB 时, ONU 发送机的设备反射应小于入射的光功率。因此在一个普通的 FP-LD 模块中它为 6dB 才是可用的。

当 ODN 的 ORL 是 20dB 时, ONU 发送机的设备反射应小于 12dB 。

如上所述, ONU 发送机最大设备反射对 ODN 的 ORL 值敏感, 此值取决于运营商建设的网络。在 ODN 的 ORL 是 32dB 和 20dB 的情况下, 表 B1 中关于 ONU 发送机设备反射的值是可用的。在其它情况下, 由上述计算方法可得出适当的值。

表 B1 ONU 发送机设备反射值

ODN 的最小 ORL 值	类别	光参数	要求的特性					
			A ^{a)}	B ^{a)}	C ^{a)}	D ^{a)}	E ^{a)}	F ^{a)}
32 dB	B	ONU 接收机的 WDM 隔离度	10 dB					
		ONU 发送机的 WDM 隔离度						
		OLT 接收机的 WDM 隔离度				10 dB		10 dB
		OLT 发送机 WDM 的隔离度			NA			
		ONU 发送机的设备反射		NA			NA	
	C	ONU 接收机的 WDM 隔离度	15 dB					
		ONU 发送机的 WDM 隔离度						15 dB
		OLT 接收机的 WDM 隔离度				15 dB		
		OLT 发送机的 WDM 隔离度			NA			
		ONU 发送机的设备反射		NA			NA	

续表 B1

ODN 的最小 ORL 值	类别	光参数	要求的特性					
			A ^{a)}	B ^{a)}	C ^{a)}	D ^{a)}	E ^{a)}	F ^{a)}
20 dB	B	ONU 接收机的 WDM 隔离度	22 dB					
		ONU 发送机的 WDM 隔离度						
		OLT 接收机的 WDM 隔离度				22 dB		22 dB
		OLT 发送机的 WDM 隔离度			2.5 dB			
		ONU 发送机的设备反射		11 dB			12 dB	
	C	ONU 接收机的 WDM 隔离度	27 dB					
		ONU 发送机的 WDM 隔离度						
		OLT 接收机的 WDM 隔离度				27 dB		27 dB
		OLT 发送机的 WDM 隔离度			2.5 dB			
		ONU 发送机的设备反射		11 dB			12 dB	
a) A,B,C,D,E 和 F 分别代表方程式 A,B,C,D,E 和 F。								

附录 C
(提示的附录)
测距流程图

下面给出的测距流程图是测距过程正常运行的一个实例，为了简化流程图没有给出告警（如 LOS、LCD、OAML 和 FRML）的影响。特定消息（例如 Disable_serial_number 和 Deactivate_PON_ID）的影响也没有给出。

C1 ONU（例子）中的测距流程

图 C1（1/7 到 7/7）表示 ONU 中测距流程的一个例子。给出此例的目的不是具体规范测距过程而只是给出其信息。

C2 OLT（例子）中的测距流程

图 C2（1/7 到 7/7）表示 OLT 中测距流程的一个例子。给出此例的目的不是具体规范测距过程而只是给出其信息。

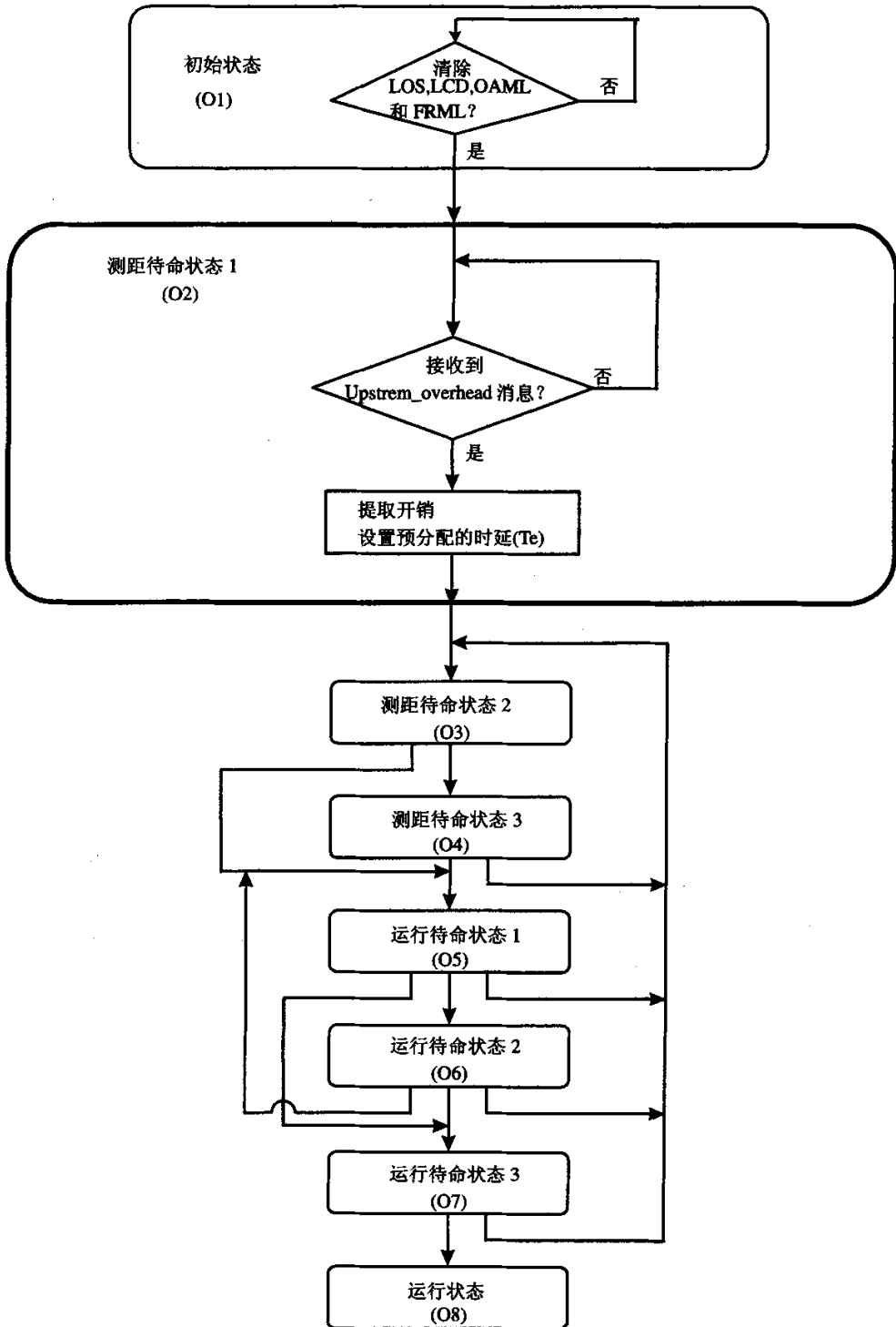


图 C1 [ONU]测量流程 (例子) (1/7)

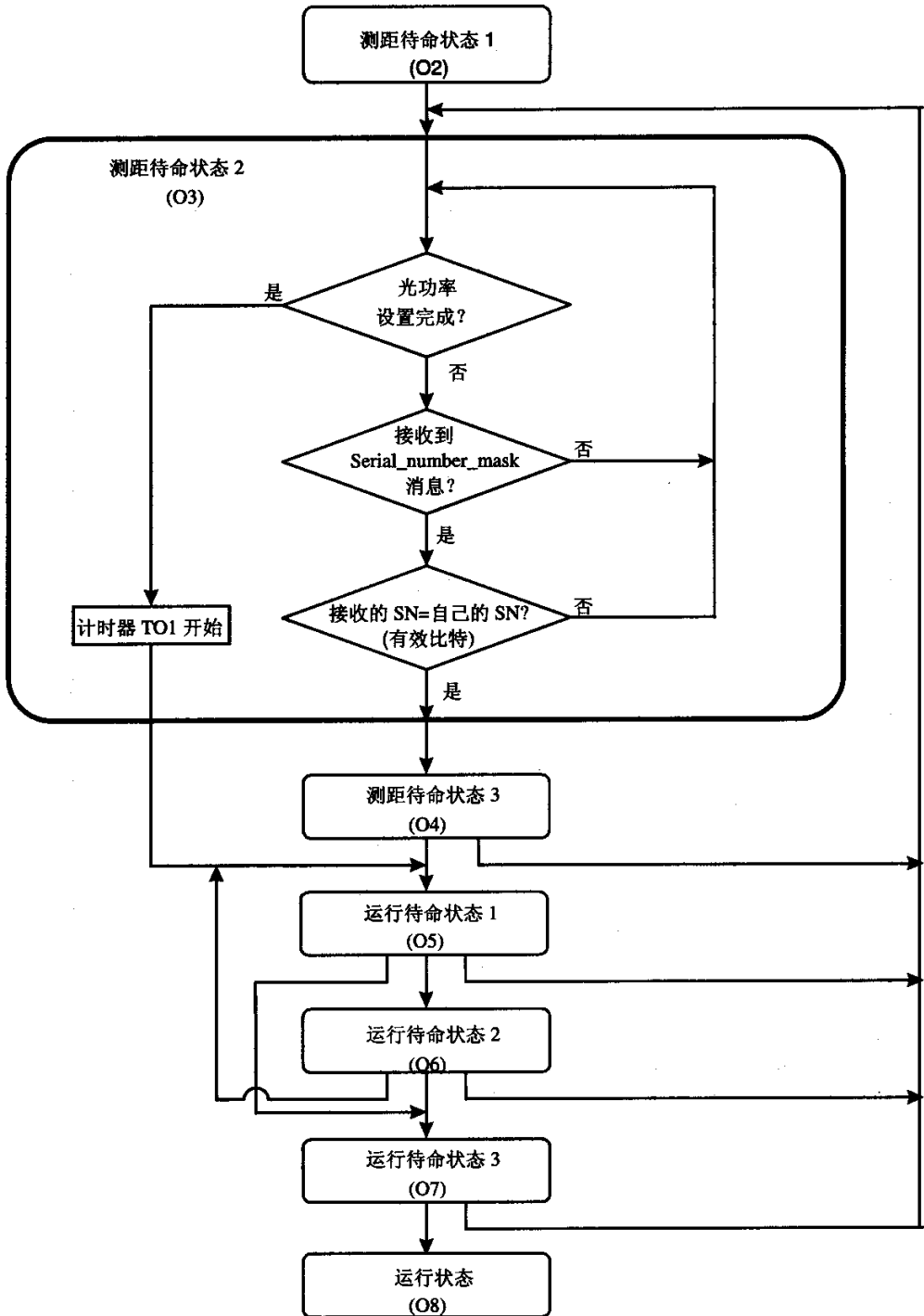


图 C1 [ONU]测距流程(例子) (2/7)

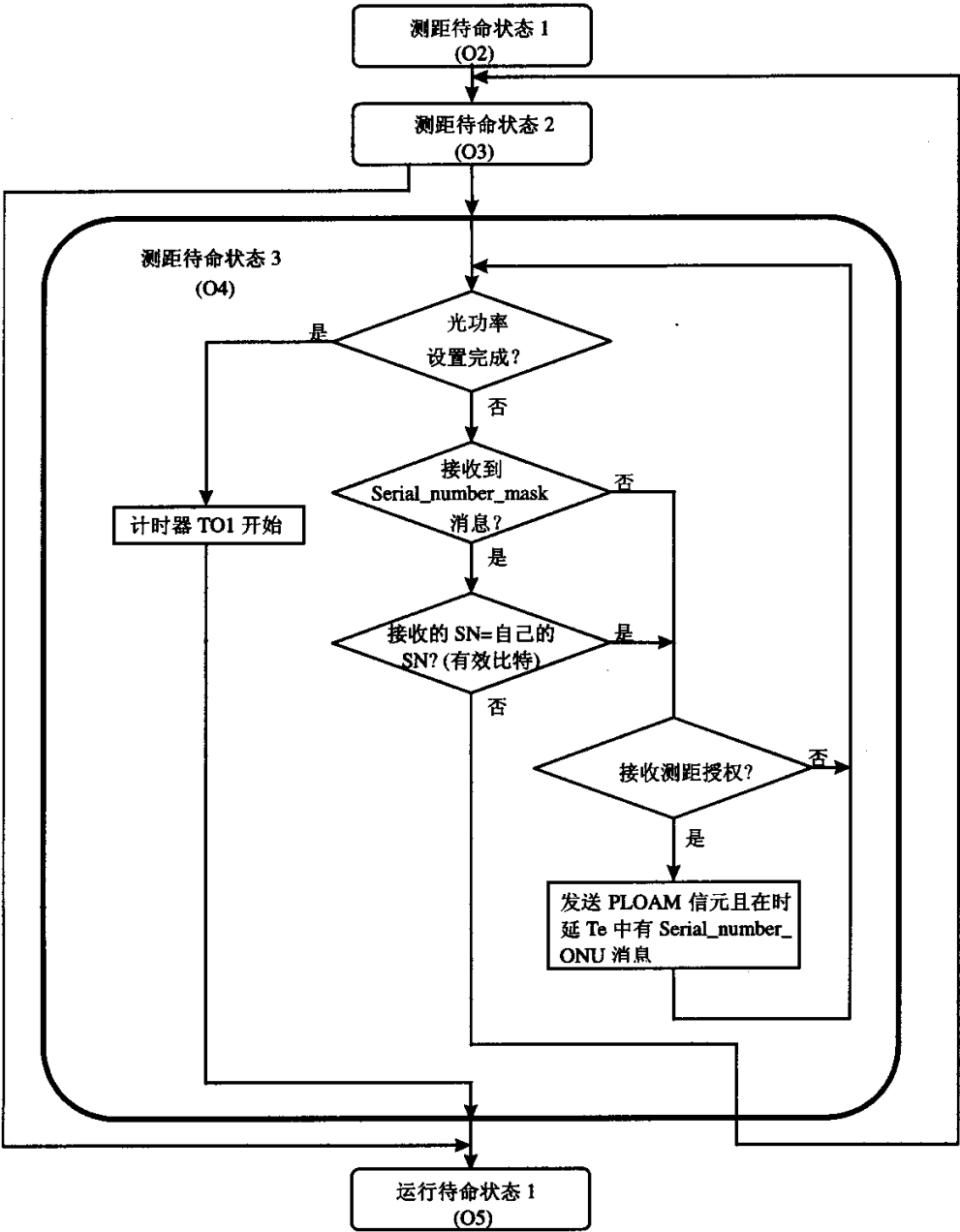


图 C1 [ONU]测距流程(例子) (3/7)

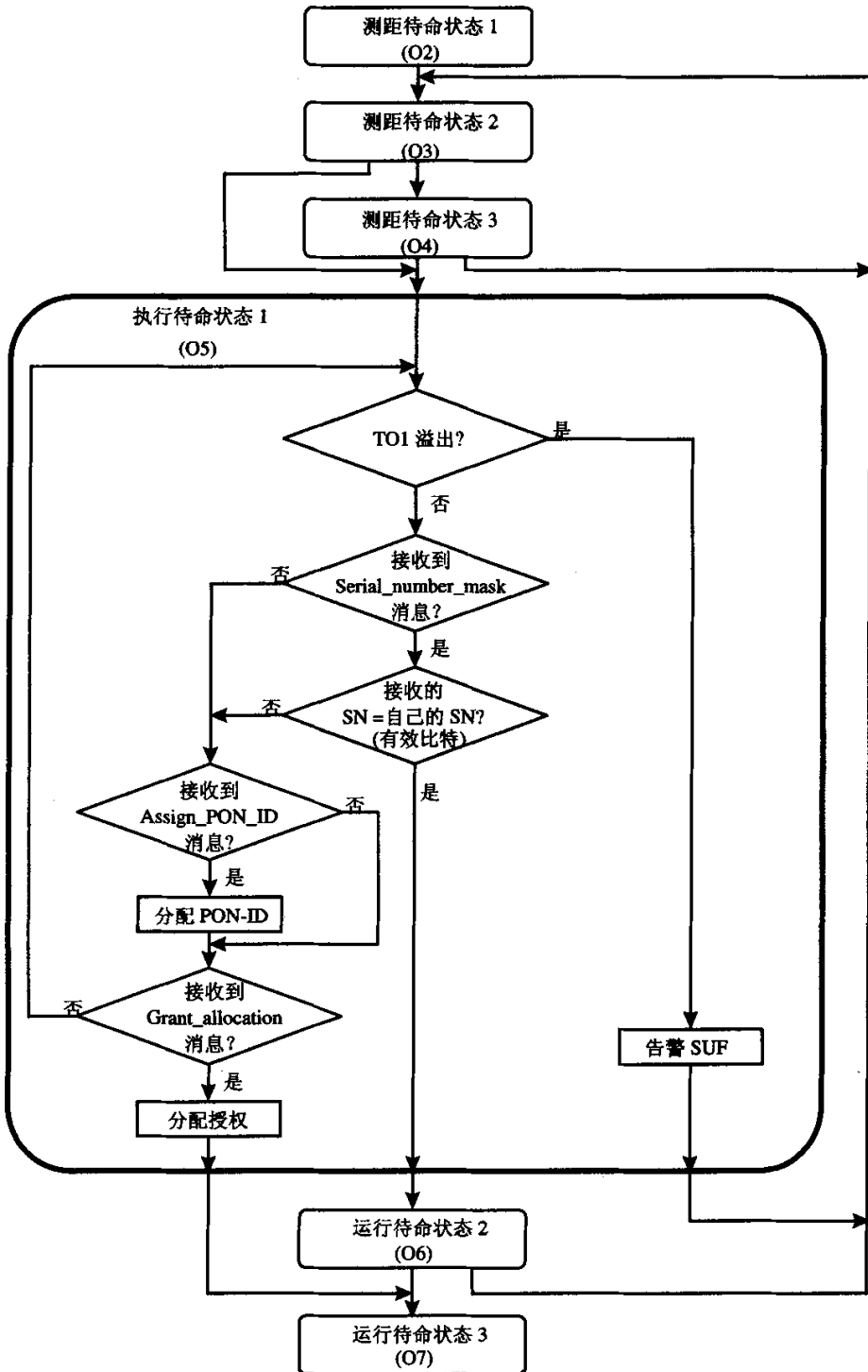


图 C1 [ONU]测距流程(例子) (4/7)

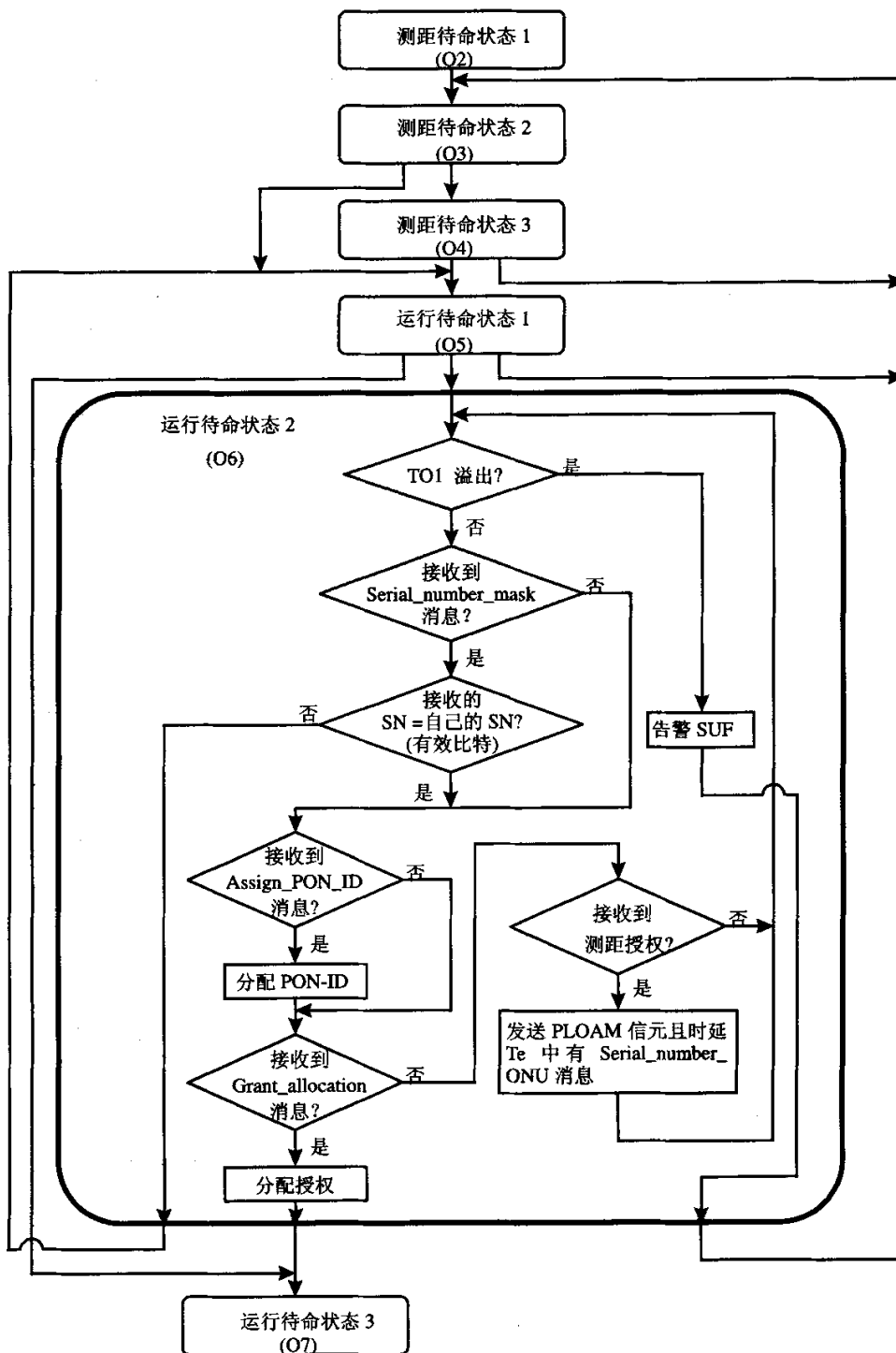


图 C1 [ONU]测距流程(例子) (5/7)

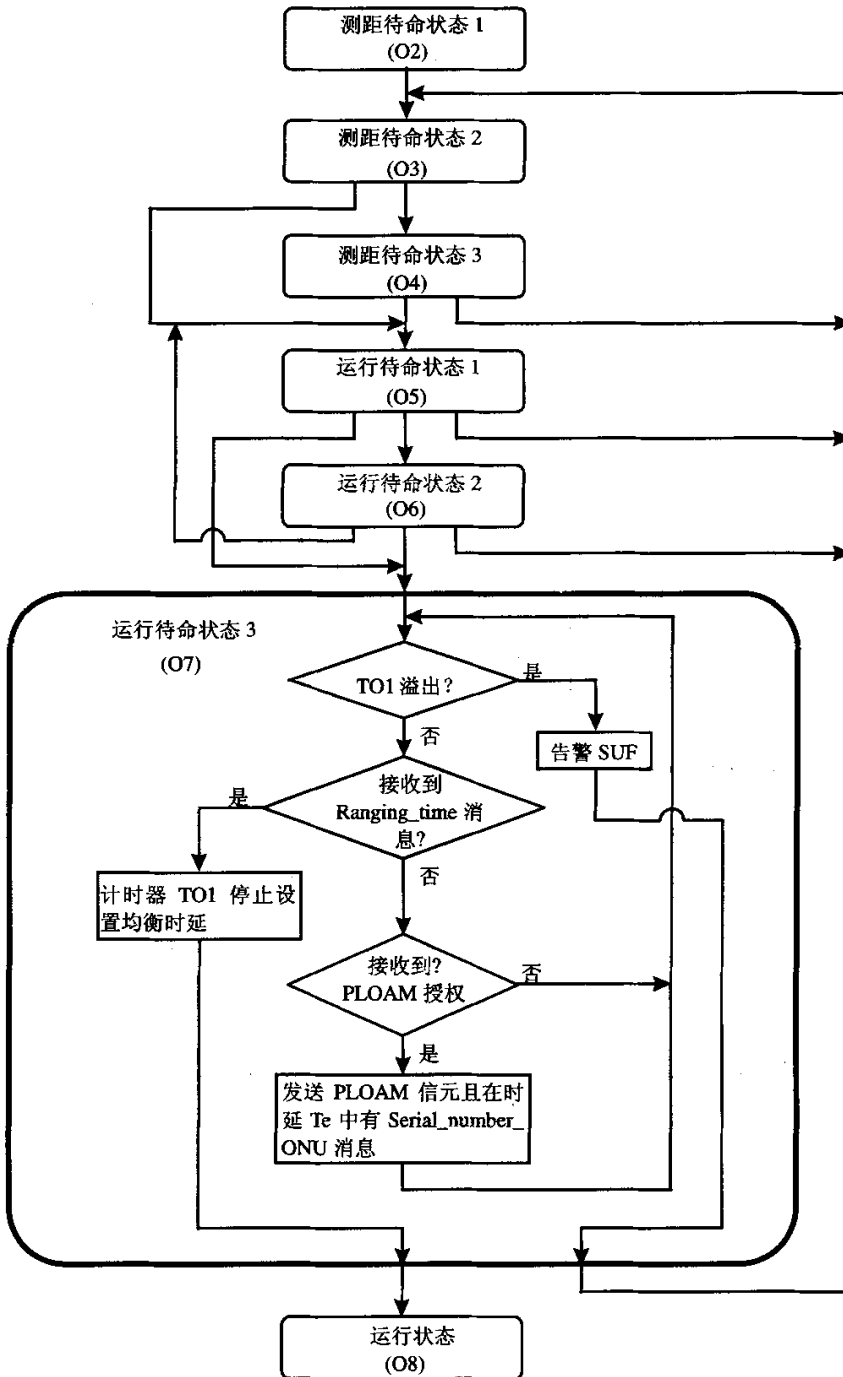


图 C1 [ONU]测距流程(例子) (6/7)

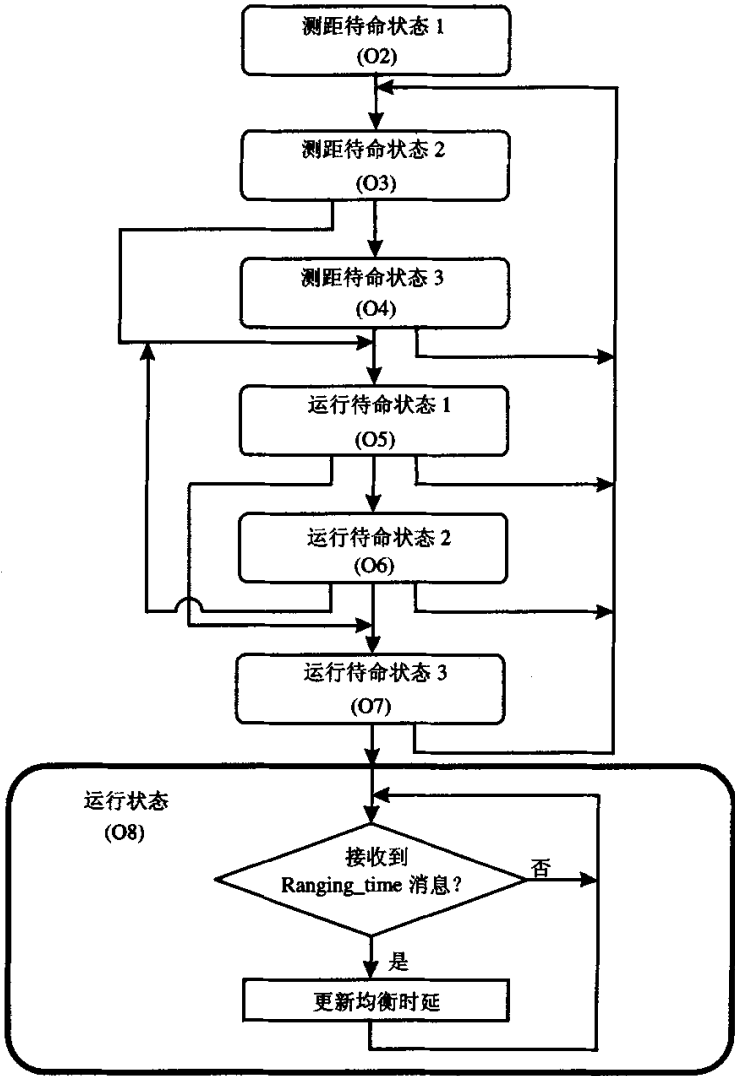


图 C1 [ONU]测距流程(例子) (7/7)

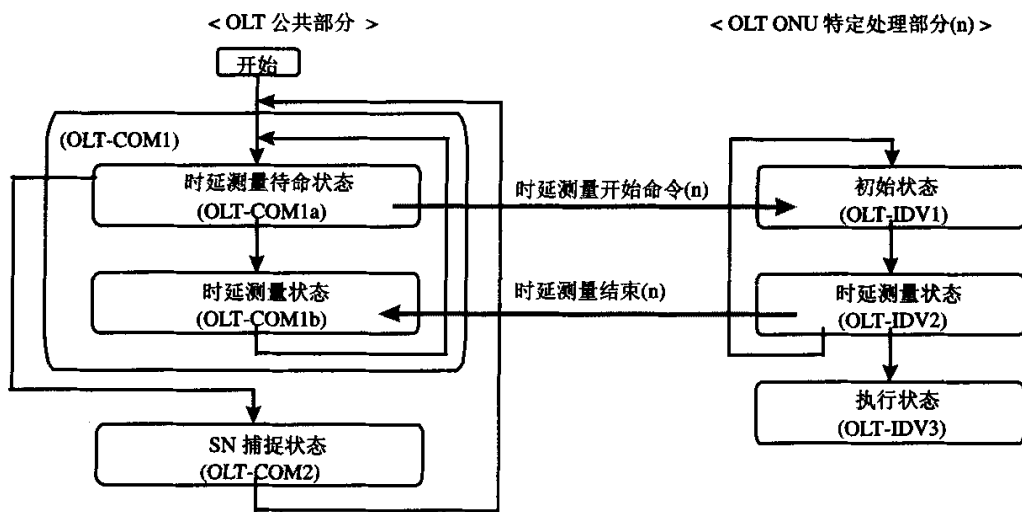


图 C2 [OLT]测距流程(例子) (1/7)

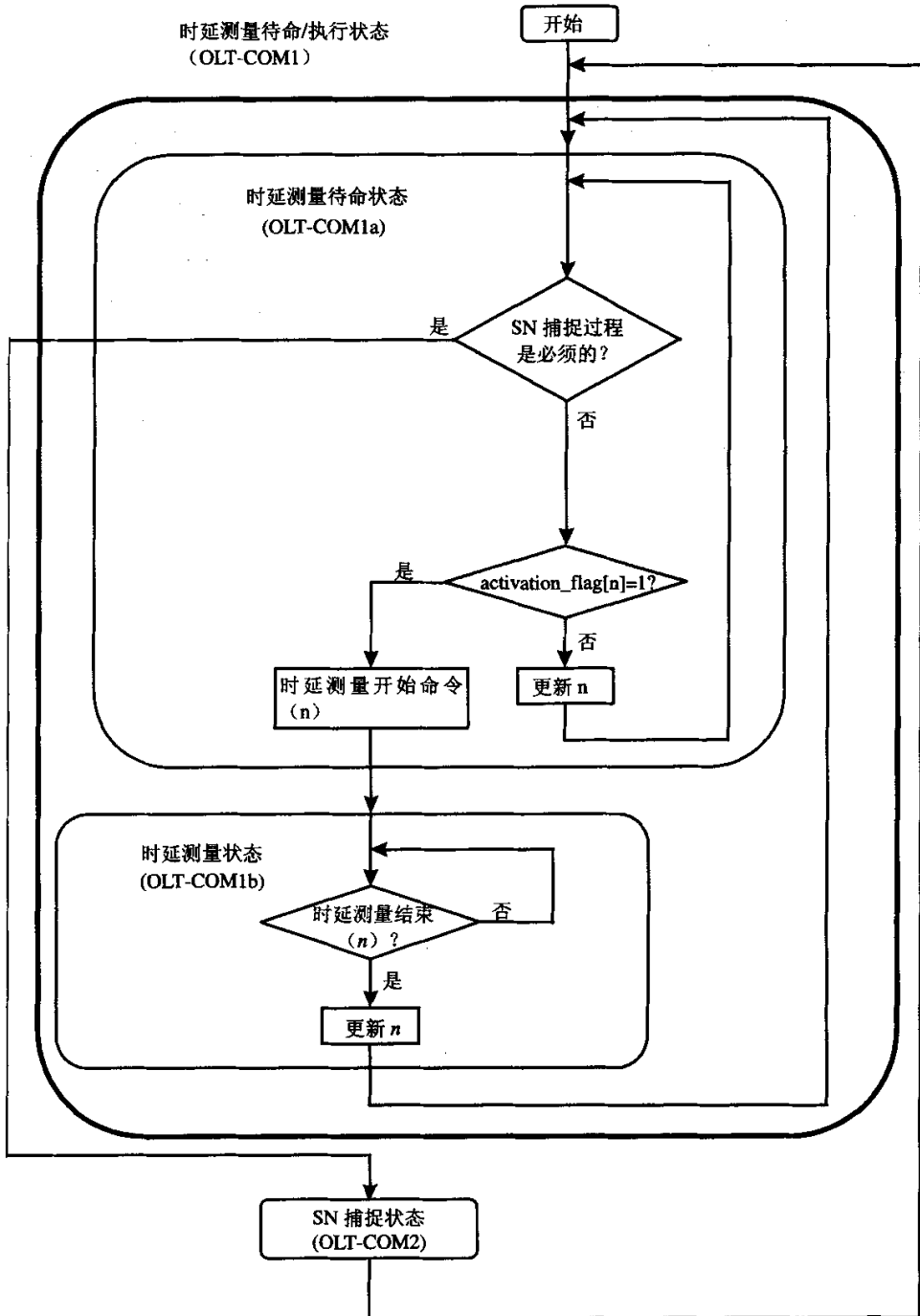


图 C2 [OLT]测距流程(例子) (2/7)

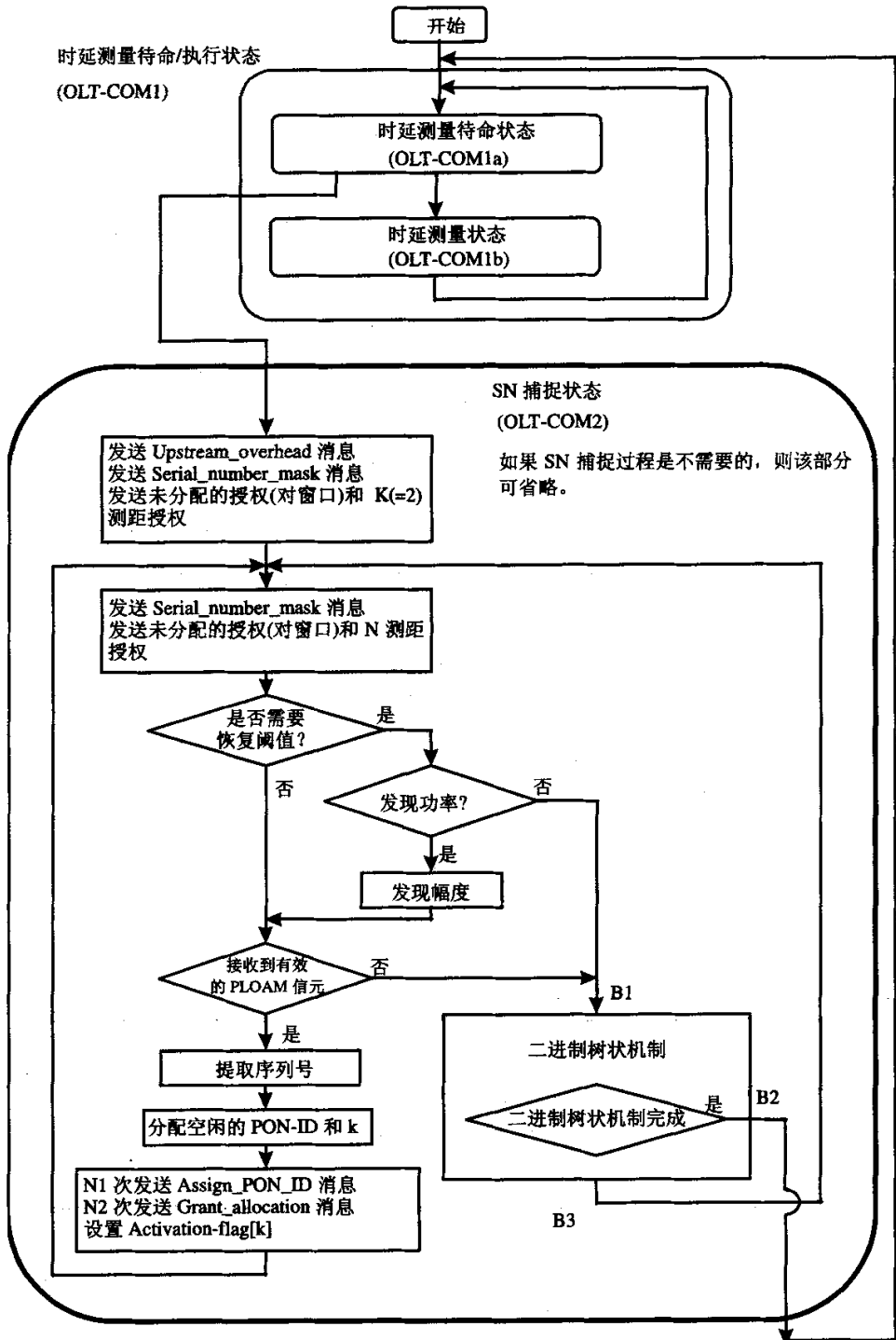
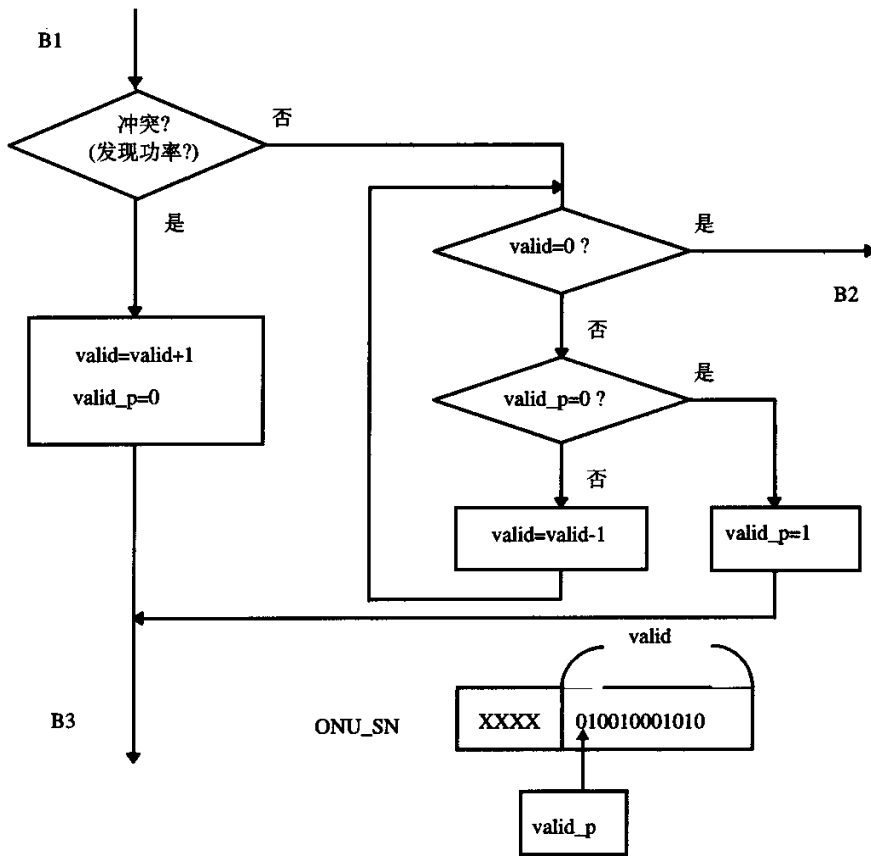


图 C2 [OLT]测距流程(例子) (3/7)



注: B1, B2 和 B3 点分别对应于图 C2 [OLT]测距流程(例子) (3/7)中的 B1, B2 和 B3 点。

‘valid’ 表示 ONU 序列号中的有效比特数。

‘valid_p’ 表示有效比特中的最重要比特。

图 C2 [OLT]测距流程(例子) (4/7)

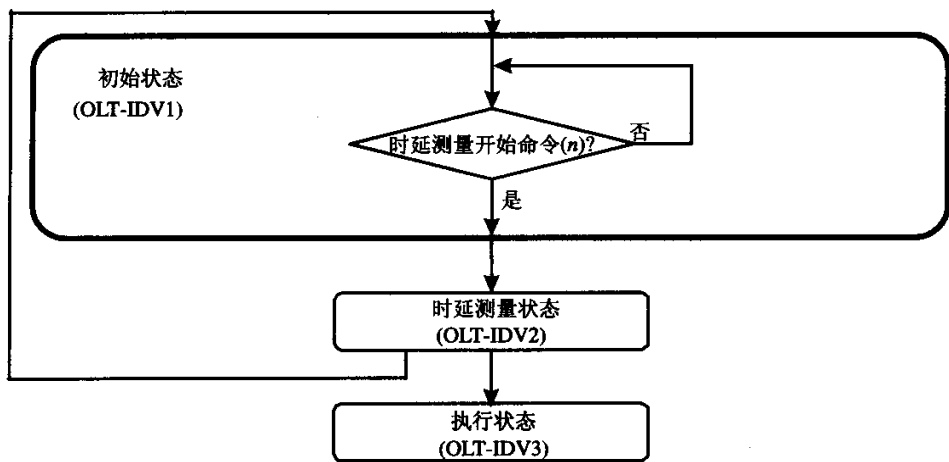


图 C2 [OLT]测距流程(例子) (5/7)

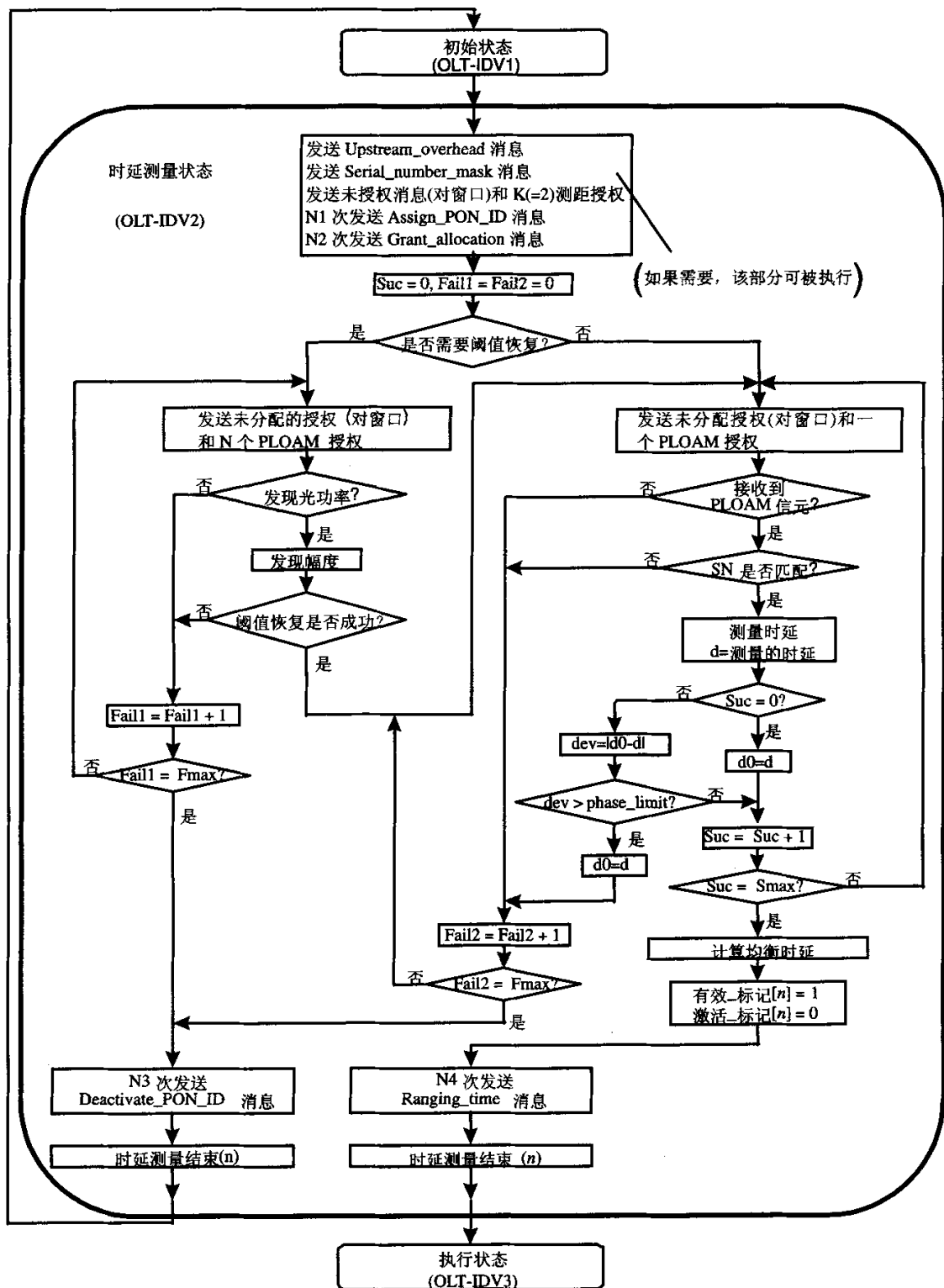
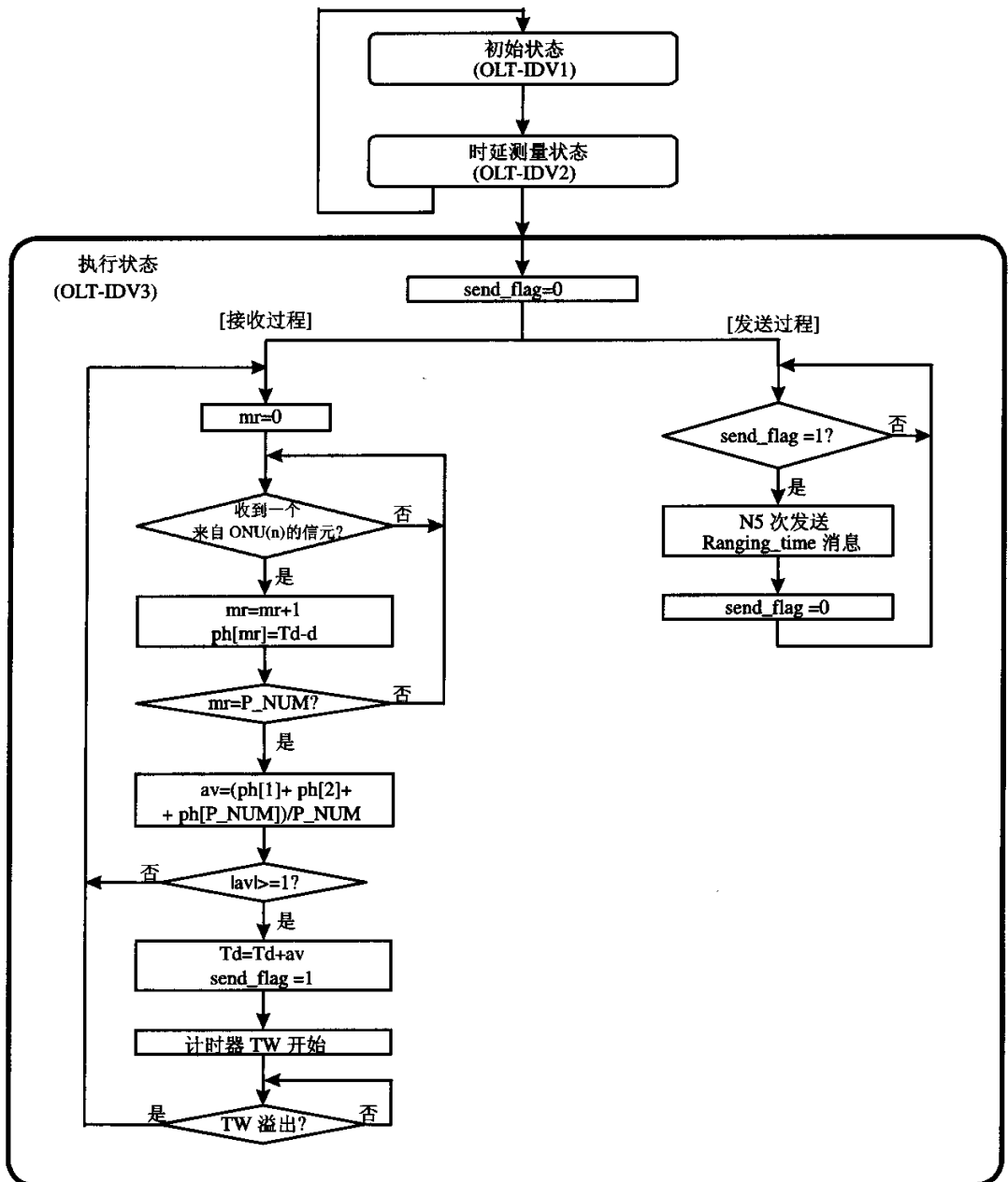


图 C2 [OLT]测距流程(例子) (6/7)



mr: 接收到来自 ONU(n) 的信元的计数器
 ph[j]: 相位差的差分
 P_NUM: 相位测量的次数
 av: ph[1], ph[2], ..., ph[P_NUM] 的平均值

Td: 目前使用的均衡_时延
 d: 最新测量的均衡_时延
 TW: 相位差测量的计时器
 send_flag: Ranging_time 消息的传输要求标签

图 C2 [OLT]测距流程(例子) (7/7)

附录 D

(提示的附录)

接入网生存性

D1 引言

从接入网管理的观点看, ATM-PON 的保护结构被认为是提高了接入网的可靠性。保护可作为一种可选机制放在附录中, 是否采用保护取决于系统的经济可行性。

本附录给出了一些可能的备份结构以及相关的要求, 作为 ATM-PON 的例子以促进今后的研究。另外, 还给出了保护所需的 OAM 信息。

D2 可能的倒换类型

保护倒换有两种类型: (i) 自动倒换和 (ii) 类似于 SDH 系统的强制倒换。第一种类型是通过故障检测来触发, 比如信号丢失, 帧丢失, 信号劣化, (BER 比预定的门限差) 等等; 第二种是由管理事件来激活, 比如光纤的预选路, 光纤的更换等等。两种类型都能够在 ATM-PON 系统中实现, 如果需要, 可将它们设为可选功能。倒换机制通常是由 OAM 功能来实现, 因此, 在 PLOAM 信元中应预留所需要的 OAM 信息域。

图 D-1 给出了接入网的备份系统模型, 在 ATM-PON 系统中与保护相关的部分应该是 OLT 的 ODN 接口和 ONU 的 ODN 接口之间通过 ODN 保护的一部分, 将 OLT 中的 SNI 冗余度排除在外。

D3 可能的备份 ATM-PON 结构和特点

备份 ATM-PON 系统可能有多种类型, 如图 D-2(a)至(d)所示。对于每种结构的控制协议应该各自独立地规范。

例如, 在图 D-2(a)中对 OLT/ONU 不要求任何倒换协议, 因为倒换仅应用于光纤, 而且在图 D-2(b)中也不要求任何倒换协议, 因为倒换仅在 OLT 中执行。

D3.1 结构举例

类型 A

第一种结构是只有光纤加倍, 如图 D-2(a)所示。在这种情况下 ONUs 和 OLTs 仍是单系统的。

类型 B

第二种 [图 D-2(b)] 是将 OLTs 和 OLTs 与光分路器之间的光纤加倍, 而且分路器在 OLT 侧有两个输入/输出端口。这种结构减少了双重 ONUs 的成本, 当然只有 OLT 侧可以被恢复。

类型 C

第三种配置 [图 D-1(c)] 不仅将 OLT 侧设备加倍, 而且 ONU 侧也如此。任何一点发生故障都可通过倒换至备用设备来恢复。因此, 双重成本提供了高可靠性。

类型 D

如果 ONUs 被安装在客户的建筑物内, 而屋内的引线可以或不可以是加倍的。另外, 如果每个 ONU 属于不同的用户所有, 则对可靠性的要求取决于每个用户, 因此只有有限数量的 ONUs 可能有备份配置。基于这个考虑, 最后一种 [图 D-2(d)] 允许在 ONU 侧有部分的备份。该图给出的例子是双重 ONU#1 和单个 ONU#N。它的主要原则是:

- 1) 采用加倍的 $N:2$ 光分路器连接 ONU#1 中的 PON LT(0)至分路器 $N(0)$ 和 ONU#1 中的 PON LT(1)至分路器 $N(1)$;
- 2) 连接 ONU#N 中的 PON LT 至其它的光分路器, 因为它是单个的;
- 3) 采用加倍的 $2:1$ 光分路器连接 OLT 中的 PON LT(0)至分路器 (0) 和 OLT 中的 PON LT(1) 至分

路器 (1);

4) 连接加倍的 $N:2$ 光分路器和加倍的 $2:1$ 光分路器, 在那里有分路器(1)的一个端口被连接到分路器 $N(0)$, 而分路器(0)的一个端口被连至分路器 $N(1)$;

5) 在 OLT 和 ONUs 里使用冷备用的方法避免来自 OLT 的 PON LT(0)和 PON LT(1)或者是 ONU#1 的 PON LT(0)和 PON LT(1)的光信号冲突。

D3.2 特点

类型 A: 在此情况下, 在倒换周期中信号丢失或甚至信元丢失是不可避免的。然而, 在业务节点和终端设备之间的所有连接都应该在光纤倒换后被保留。

类型 B: 该结构要求 OLT 侧的空闲电路处于冷备用状态。在此情况下, 在倒换周期中信号丢失或甚至信元丢失通常是不可避免的。然而, 在业务节点和终端设备之间支持的所有连接都应该在倒换后被保留。

类型 C: 在此情况下, 空闲接收电路的热备用在 ONU 和 OLT 侧是可能的。另外, 在该结构中无损伤倒换 (即无信元丢失) 也是可能的。

类型 D: 该类型的特点与类型 B 的相同。

D4 要求

i) 保护倒换功能应该是可选项;

ii) 自动保护倒换和强制倒换在 ATM-PON 系统中都是可行的, 如果有要求, 甚至它们都是可选功能。

iii) 即使它们是可选功能, D3 中的所有结构举例都将是可能的;

iv) 倒换机制通常是通过 OAM 功能实现的, 因而所要求的 OAM 信息域应保留在 PLOAM 信元中;

v) 在业务节点和终端设备之间支持的所有连接都应在倒换后被保留。

关于最后的要求, 支持 POTS 的业务节点 (交换) 要求信元丢失周期 < 120 ms。如果信元丢失周期比 120ms 长, 则业务节点将呼叫去连接并且在保护倒换后再次要求建立呼叫。因为 ATM-PON 支持传统业务的仿真, 例如 POTS 和 ISDN, 该值是应该考虑的。

D5 PLOAM 信元要求的信息域

根据 SDH 系统的模拟, 保护倒换要求上行和下行所使用的节点少于 10 个, 它将在 PLOAM 信元域内实现。要求定义用于保护的 PLOAM 信元的域映射。

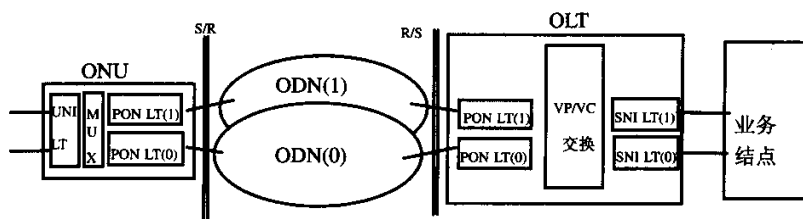
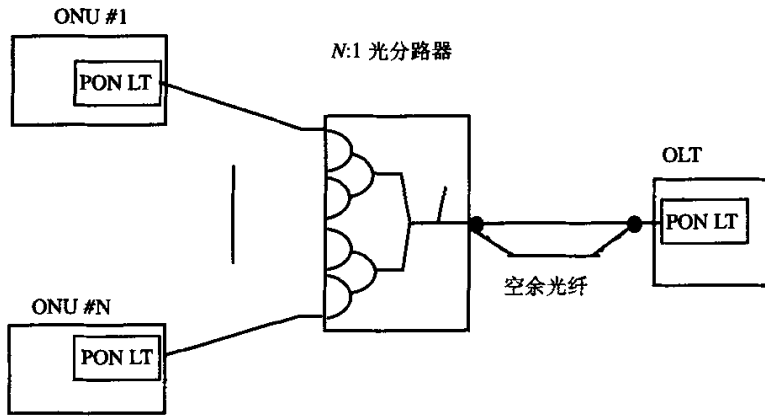
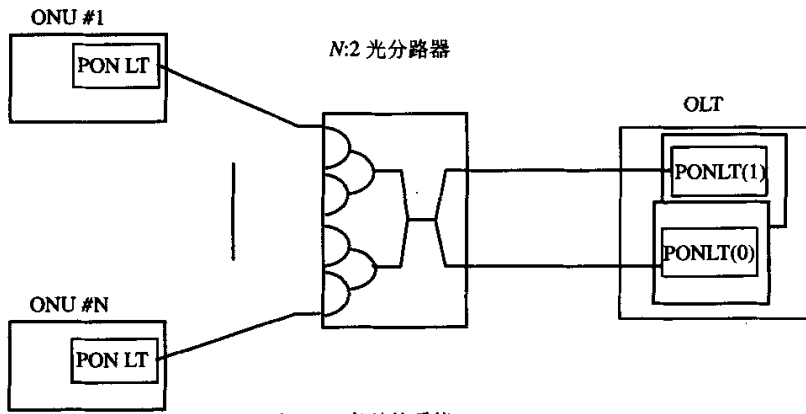


图 D1 备份系统模型

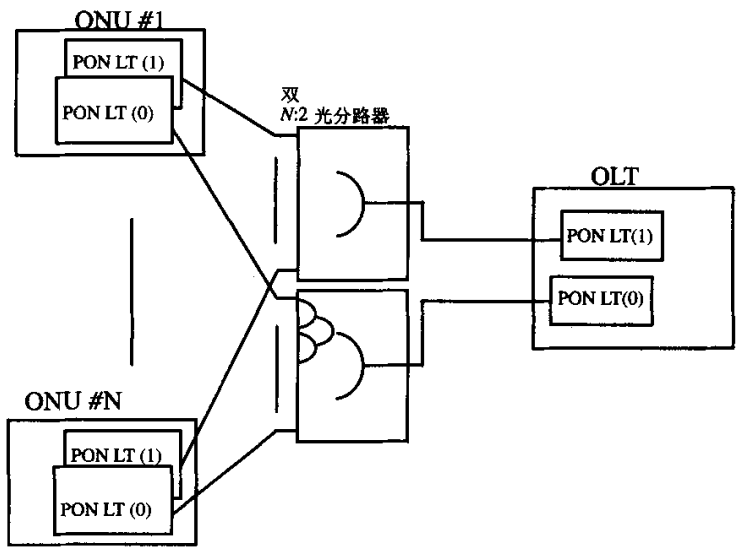


(a) 光纤备份系统

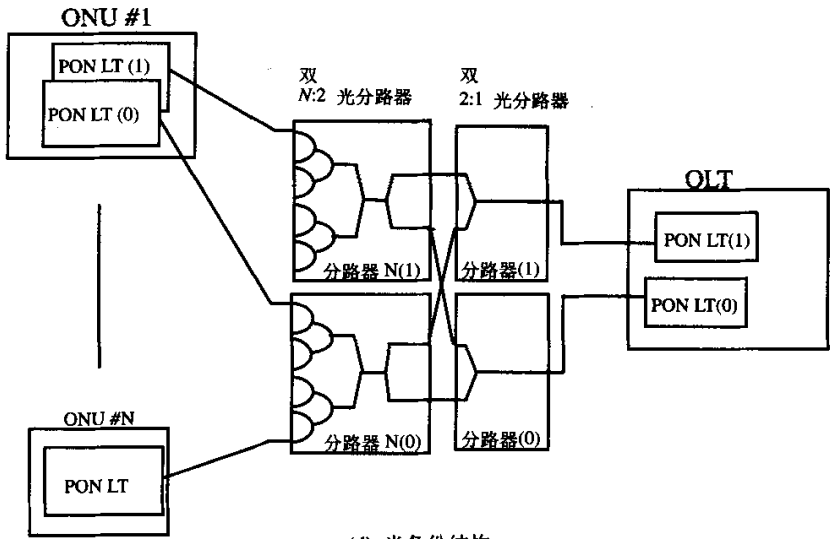


(b) 仅 OLT 备份的系统

图 D2 备份 ATM-PON 系统



(c) 全备份系统



(d) 半备份结构

图 D2 备份 ATM-PON 系统 (续)