

邮电部技术规定

YDN 057-1997

(内部标准)

接入网技术要求—— 基于无源光网络技术的光接入网

1997-09-17 发布

1998-01-01 实施

中华人民共和国邮电部 发布

目 次

| | |
|--------------------------|----|
| 前言 | IV |
| 1 范围 | 1 |
| 2 引用标准 | 1 |
| 3 接入网分层结构和物理参考模型 | 1 |
| 3.1 光接入网分层结构 | 1 |
| 3.2 物理参考模型 | 2 |
| 4 接口 | 3 |
| 4.1 用户网络接口 | 3 |
| 4.2 业务节点接口 | 3 |
| 4.3 网管接口 | 4 |
| 5 OAN 的参考配置和应用类型 | 5 |
| 5.1 OAN 的定义 | 5 |
| 5.2 OAN 的功能参考配置 | 5 |
| 5.3 OAN 的功能结构 | 6 |
| 5.4 OAN 的应用类型 | 6 |
| 5.5 OAN 的业务支持能力 | 6 |
| 6 光纤选型及进网基本要求 | 8 |
| 6.1 光纤选型 | 8 |
| 6.2 光纤进网的基本要求 | 8 |
| 6.3 光缆的基本要求 | 9 |
| 7 双向传输技术 | 10 |
| 7.1 SDM 技术 | 10 |
| 7.2 TCM 技术 | 10 |
| 7.3 WDM 技术 | 11 |
| 7.4 SCM 技术 | 11 |
| 8 工作波长区 | 12 |
| 9 OAN 系统规范 | 13 |
| 9.1 OAN 容量和 ONU 类型 | 13 |

| | |
|--------------------------|----|
| 9.2 逻辑传输距离 | 13 |
| 9.3 ONU 功能规定 | 13 |
| 9.4 OLT 功能规定 | 14 |
| 10 ODN 结构和功能 | 16 |
| 10.1 ODN 组成 | 16 |
| 10.2 ODN 结构 | 16 |
| 10.3 保护配置 | 18 |
| 10.4 ODN 模型 | 18 |
| 10.5 光通道损耗类别 | 21 |
| 10.6 ODN 的反射要求 | 21 |
| 11 无源光器件的基本技术要求 | 22 |
| 11.1 无源光器件的类型 | 22 |
| 11.2 各种无源器件的参数值 | 22 |
| 12 定时和同步要求 | 24 |
| 12.1 同步结构 | 24 |
| 12.2 同步保护和 ONU 定时 | 25 |
| 12.3 用于传送同步业务的网络侧接口规定 | 25 |
| 12.4 用于传送同步业务的用户侧接口规定 | 25 |
| 13 网络性能 | 25 |
| 13.1 信号传输延时 | 25 |
| 13.2 误码性能 | 25 |
| 13.3 抖动和漂移性能 | 26 |
| 14 可靠性与可用性要求 | 27 |
| 14.1 系统可用性要求 | 27 |
| 14.2 系统运行寿命 | 27 |
| 14.3 系统设备可靠性要求 | 28 |
| 15 供电方式及基本要求 | 28 |
| 15.1 基本要求 | 28 |
| 15.2 供电方式 | 28 |
| 16 操作管理维护要求 | 28 |
| 16.1 操作管理维护功能 | 28 |
| 16.2 操作维护管理要求 | 29 |
| 17 安全要求 | 30 |
| 18 运行环境要求 | 32 |
| 18.1 室内环境条件 | 32 |
| 18.2 室外环境条件 | 32 |
| 附录 A(标准的附录) ODN 光通道损耗的计算 | 34 |

| | | |
|-------------|----------------|----|
| 附录 B(提示的附录) | 操作管理维护功能 | 38 |
| 附录 C(提示的附录) | 术语 | 41 |

前 言

本标准是根据国际电信联盟—电信标准化部门 (ITU—T) 有关建议 G 982 以及欧洲电信标准协会的标准 ETS 300 463, 并结合我国具体情况制定的, 在技术内容上与上述建议和标准一致; 在编写格式和方法上采用我国标准化工作导则的有关规定。

本标准由邮电部科学技术司提出并归口。

本标准起草单位: 邮电部电信传输研究所

北京市电信管理局

本标准主要起草人: 韦乐平 张成良 王春岭

邮电部技术规范

接入网技术要求 ——基于无源光网络技术的光接入网

YDN 057—1997
(内部标准)

1 范围

本标准规定了采用无源光分配网络(ODN),基于一点到多点的拓扑结构,可传送双向交互式业务的光接入网(OAN)的主要技术要求,适用于公用电信网的接入网环境,特别是业务量需求不很大的企事业单位和居民用户,可以提供从 64kbit/s 到 ISDN 一次群(2Mbit/s)的接入能力。本标准所规定的 OAN 能为满足用户将来需要而具有灵活的升级能力,特别是 ODN 部分。本标准是以上行信道采用时分多址接入(TDMA)通信协议为基础的,实际应用中并不排除其它通信协议。

宽带分配业务(如 CATV)和光放大器在 OAN 的运用不在本标准考虑范围之内。

本标准的主要技术要求也可供专用电信网参照使用。

2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而成为本标准的条文。在标准出版时,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。

ITU-T 建议 G. 652 1996 单模光纤光缆的特性

ITU-T 建议 G. 803 1996 SDH 传送网结构

GB. 7425 1987 光缆的机械性能试验方法

3 接入网分层结构和物理参考模型

3.1 光接入网分层结构

用户接入网(简称接入网)的功能结构是以 ITU-T 建议 G. 803 的分层模型为基础的。接入网的分层及每层属性的示例,如表 1 所示,相邻层之间是客户/服务者关系。例如

PDH 系统的特定 PDH 通道既是下面传输段层的客户,又是上面特定电路层的服务者。

网络分层后,每一层仍然很复杂。为了便于管理,在分层的基础上可以进一步将每一层网络划分为若干分离的子网,其间由链路互连,每一子网还可以进一步分割。在每一层网络中的每一种元件可能有若干属性详细地描述该元件的能力,例如电路层的电路方式元件具有属性 B 通路、H0 通路、H11 通路和其他。

表 1 接入网层属性示例

| | |
|----------|-----------------------------|
| 接入承载能力要求 | 用户承载通路,用户信令,管理 |
| 接入承载处理功能 | 待定 |
| 电路层 | 电路方式,ATM 信元方式,X.25 分组方式,帧方式 |
| 通道层 | PDH,SDH,ATM,其他 |
| 传输媒质层 | 已超出接入网功能结构的范畴 |

a) 电路层

电路层网络涉及电路层接入点之间的信息传递并独立于传输通道层。电路层直接为用户提供通信业务,诸如电路交换业务,分组交换业务和租用线业务,按照提供业务的不同可以区分不同的电路层网络。

b) 通道层

通道层网络涉及通道层接入点之间的信息传递并支持一个或多个电路层网络,为其提供传送服务。通道层与传输媒质层独立。

c) 传输媒质层

传输媒质层可以细分为段层和物理层,其中段层网络涉及段层接入点之间的信息传递并支持一个或多个通道层,如 SDH 通道或 PDH 通道。

物理层网络涉及实际的传输媒质,如光纤、双绞线、同轴电缆或无线,并支持段层网络。

每一层网络可以分解成 3 个基本功能,即适配、终结和交叉连接。这种分层模型对于规定接入网 Q3 接口的管理目标十分有用,每一层网络可以独立规定,具有自己的操作和维护能力。这样可以减少操作和维护行动及对其他层的影响,也便于独立地在各层引进新技术,维持技术规范的相对稳定性。

3.2 物理参考模型

一个完整的接入网物理参考模型可以用图 1 来表示,其中灵活点(FP)和配线点(DP)是两个最重要的信号分路点,大致对应传统铜线用户线的交接箱和分线盒。实际物理配置可以有各种不同程度的简化,最简单的情况就是用户直接与端局相连,这对离端局不远的用户是最直接了当的连接方式。多数情况则介于上述两种极端情况之间。所谓接入网通常指端局本地交换机或远端交换模块(RSU)至用户终端之间的部分。其中远端 RT 可以为数字环路载波系统 DLC 的远端复用器或集中器,其位置比较灵活,有时可以设置在 FP 点或其它位置,RT 所对应的局端设备未在图中画出,图中 RSU 和 RT 可以根据需要

决定是否设置。

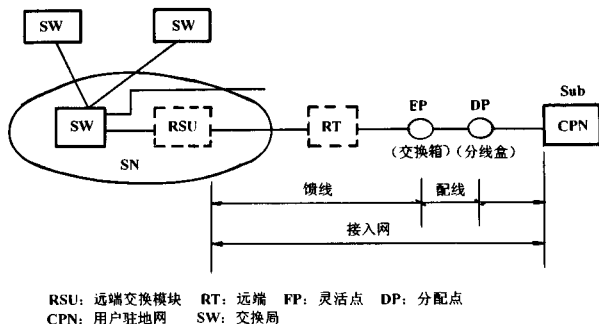


图1 接入网物理参考模型

4 接口

接入网有3类主要接口,即用户网络接口(UNI)、业务节点接口(SNI)和Q3管理接口。

4.1 用户网络接口(UNI)

用户网络接口是用户和网络之间的接口。用户口功能(UPF)仅与一个SNI通过指配功能建立固定联系,这一原则既适用于单个的UNI,也适用于共享的UNI。在单个UNI的情况下,ITU-T所规定的UNI(包括各种类型的公用电话网和ISDN的UNI)应该用于AN中以便支持目前所能提供的接入类型和业务。当一个以上的业务节点(SN)可以通过单个UNI接入时(例如UNI采用ATM方式时),单个UNI可以支持多个逻辑接入,其中每一个逻辑接入经由一个SNI连至不同SN。

4.2 业务节点接口(SNI)

a) 业务节点类型

业务节点接口(SNI)是AN和一个SN(业务节点)之间的接口。如果AN-SNI侧和SN-SNI侧不在同一地方,可以通过透明传送通道实现远端连接。通常,AN需要支持大量的接入类型,而SN主要有下面3种情况:

- 仅支持一种专用接入类型;
- 可支持多种接入类型,但所有接入类型支持相同的接入承载能力;
- 可支持多种接入类型,且每种接入类型支持不同的接入承载能力。

按照特定SN类型所需要的能力,根据所选接入类型、接入承载能力和业务要求可以规定合适的SNI。

支持一种特定业务的SN有:

• 单个本地交换机(例如公用电话网业务,窄带 ISDN 业务,宽带 ISDN 业务以及分组数据网业务等);

• 单个租用线业务节点(例如以电路方式为基础的租用线业务,以 ATM 为基础的租用线业务以及以分组方式为基础的租用线业务等);

• 特定配置下提供数字图像和影视点播业务的业务节点;

• 特定配置下提供数字或模拟图像和声音广播业务的业务节点。

b) 业务节点接口类型

按照前述关于 SNI 的定义,SNI 可以覆盖多种不同类型的接入,表 2 规定了不同的接入类型和标准化的 SNI。

表 2 标准化的 SNI 及相应接入类型

| 类别 SN 参考点 接入类型 | 单独接入 | | | 综合接入(注) | |
|--|------|----|--------------------------------------|---------|--------|
| | V1 | V3 | VB1 | V5.1 | V5.2 |
| PSTN 和窄带 ISDN 的 UNI; PSTN ISDN BRA ISDN PRA(2048kbit/s) | ✓ | ✓ | | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| B-ISDN 的 UNI B-ISDN SDH(155520kbit/s) B-ISDN 信元(155520kbit/s) B-ISDN SDH(622080kbit/s) B-ISDN 信元(622080kbit/s) B-ISDN 信元(51840kbit/s) B-ISDN SDH(51840kbit/s) B-ISDN 信元(25600kbit/s) B-ISDN 低速率(2048kbit/s) 数据业务: 用户适配构成 AN—部分 用户适配处于 AN 之外 | ✓ | ✓ | ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ | ✓ | ✓ |
| 注:综合接入方式中尚有宽带接入的 VB5.1 /VB5.2 接口,该接口原则上可以支持现有各种 UNI 接入类型,其中 VB5.2 还可以支持按需接入类型。 | | | | | |

4.3 网管接口

接入网的管理应纳入 TMN 的管理范畴,因而 AN 应通过 TMN 的标准管理接口 Q3 接口经协调设备(MD)与 TMN 相连,以便统一协调不同网元(例如 AN 和 SN)关于 UPF、TF 和 SPF 的管理,形成用户所需要的接入和接入承载能力。

5 OAN 的参考配置和应用类型

5.1 OAN 的定义

光接入网 (OAN) 是由光接入传输系统支持, 共享相同网络侧接口的一系列接入链路组成, 可以包括若干连至同样光线路终端的无源光配线网。

5.2 OAN 的功能参考配置

图 2 给出了一个与业务和应用无关的光接入网功能参考配置示例。

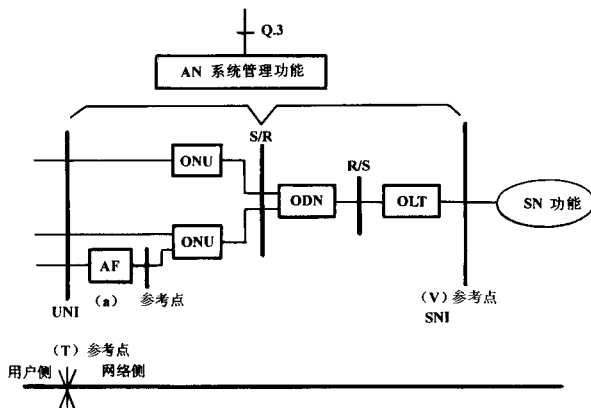


图 2 OAN 的参考配置示例

图中从给定网络接口 (V 接口) 到单个用户接口 (T 接口) 之间的传输手段的总和称为接入链路。光接入传输系统可以看作是一种使用光纤的具体实现手段, 用以支持接入链路。于是, 光接入网 (OAN) 定义为共享同样网络侧接口, 且由光接入传输系统支持的一系列接入链路, 由光线路终端 (OLT)、光配线网 (ODN)、光网络单元 (ONU) 及适配功能 (AF) 组成, 可能包含若干与同一 OLT 相连的 ODN。

OLT 的作用是为光接入网提供网络侧与本地交换机之间的接口并经一个或多个 ODN 与用户侧的 ONU 通信, OLT 与 ONU 的关系为主从通信关系。OLT 可以直接设置在本地交换机接口处, 也可以设置在远端, 与远端集中器或复用器接口。OLT 在物理上可以是独立设备, 也可以与其他功能集成在一个设备内。

ODN 为 OLT 与 ONU 之间提供光传输手段, 其主要功能是完成光信号功率的分配任务。ODN 是由无源光元件 (诸如光纤光缆、光连接器和光分路器等) 组成的纯无源的光配线网, 通常呈树形一分支结构。

ONU 是为光接入网提供远端用户侧接口, 处于 ODN 的用户侧。

AF 为 ONU 和用户设备提供适配功能,具体物理实现则既可以包含在 ONU 内,也可以完全独立。

图中发送参考点 S 是紧靠在发送机(ONU 或 OLT)光连接器后的光纤点;而接收参考点 R 是紧靠在接收机(ONU 或 OLT)光连接器前的光纤点;a 参考点是 ONU 与 AF 之间的参考点;V 参考点是用户接入网与业务节点间参考点;T 参考点是用户网络接口参考点;Q3 为网管接口。

5.3 OAN 的功能结构

按照传送网分层原理,图 3 显示了光接入网功能结构配置的示例,主要参照 64kbit/s 电路方式业务节点接口(V5.1 接口)的功能要求以及无源光网络。图中 AP 表示接入点,TCP 表示终端连接点。从广义的角度看,光接入网仍然分为电路层、通道层和传输媒质层,其中通道层和传输媒质层组成了接入网的传送层,但传输媒质层出现了很多与光有关的功能块和子层,如图 3 所示。

5.4 OAN 的应用类型

按照 ONU 在光接入网中所处的具体位置不同,可以将 OAN 划分为 3 种基本不同的应用类型,如图 4 所示。

a) 光纤到路边(FTTC)

在 FTTC 结构中,ONU 设置在路边的人孔或电线杆上的分线盒处,即 DP 点,有时也可能设置在交接箱处,即 FP 点,但通常指前者。此时从 ONU 到各个用户之间的部分仍为双绞线铜缆。若要传送宽带图像业务,则除了距离很短的情况以外,这一部分可能会需要同轴电缆。

FTTC 结构主要适用于点到点或点到多点的树形——分支拓扑,用户为居民住宅用户和小企事业用户,典型用户数在 128 个以下。

b) 光纤到楼(FTTB)

FTTB 可以看作是 FTTC 的一种变型,不同处在于将 ONU 直接放到楼内(通常为居民住宅公寓或小企事业单位办公楼),再经多对双绞线将业务分送给各个用户。FTTB 是一种点到多点结构,通常不用于点到点结构。FTTB 的光纤化程度比 FTTC 更进一步,光纤已到楼,因而更适于高密度用户区,也更接近于长远发展目标。很适合于那些新建工业区或居民楼以及与宽带传输系统共处一地的场合。

c) 光纤到户(FTTH)和光纤到办公室(FTTO)

在原来的 FTTC 结构中,如果将设置在路边的 ONU 换成无源光分路器,然后将 ONU 移到用户家即为 FTTH 结构。如果将 ONU 放在企事业用户(公司、大学、研究所、政府机关等等)终端设备处并能提供一定范围的灵活的业务,则构成所谓的光纤到办公室(FTTO)结构。FTTO 主要用于企事业用户,业务量需求大,因而结构上适于点到点或环形结构。而 FTTH 用于居民住宅用户,业务量需求很小,因而经济的结构必然是点到多点方式。

5.5 OAN 的业务支持能力

OAN 是一种为双向交互式业务而设计的系统,初期主要支持 2Mbit/s 以下速率的窄带业务,基本业务有下面 7 类:

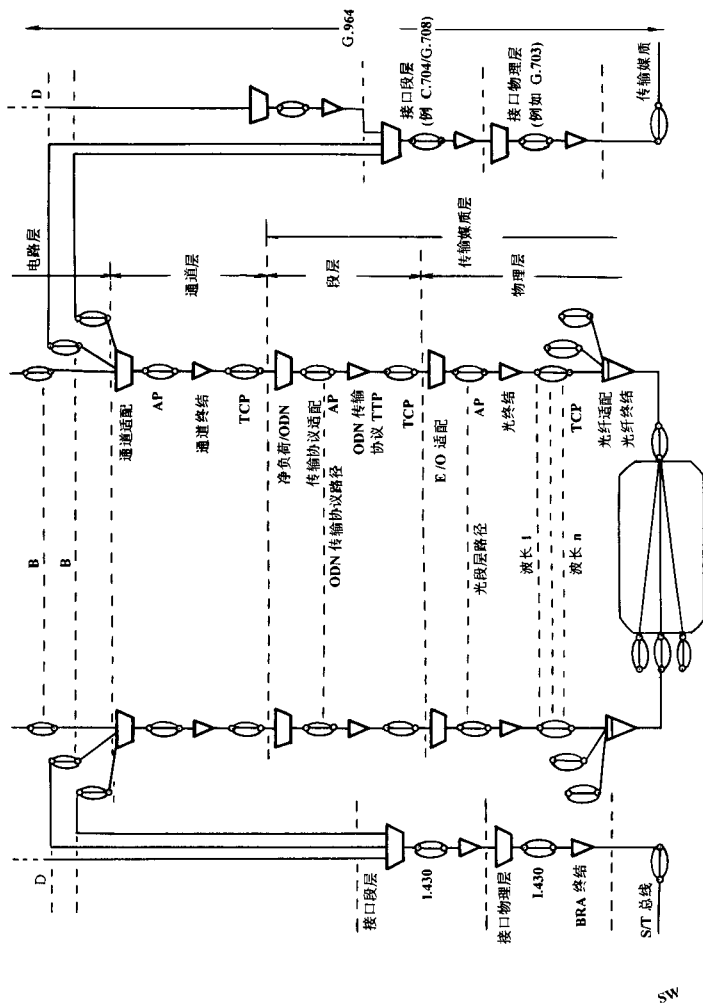


图 3 OAN 功能结构配置示例

- 普通电话业务(POTS);
- 租用线;
- 分组数据;
- ISDN 基本速率接入(BRA);
- ISDN 一次群速率接入(PRA);
- $n \times 64\text{kbit/s}$;
- 2Mbit/s (成帧和不成帧)。

除了上述 7 种基本窄带业务外,还有其他一些可能支持的业务,特别是在将来应能支持宽带业务,诸如单向广播式业务(如 CATV 业务),双向交互式业务(如 VOD 或数据通信业务)等,而且还可能支持模拟广播式业务。

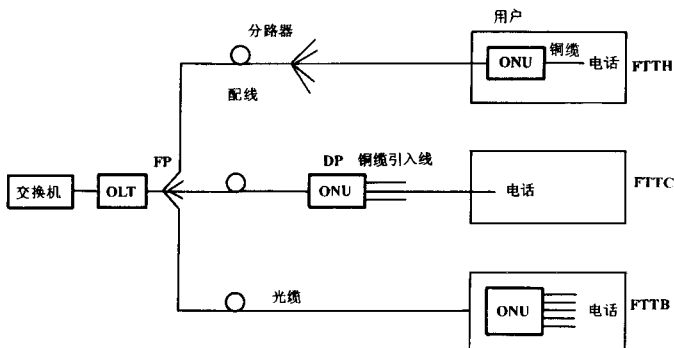


图 4 OAN 应用类型

6 光纤选型及进网基本要求

6.1 光纤选型

鉴于接入网环境传输距离近,带宽要求不很高,而成本要求很严格的特点,目前本标准规定只使用 1310nm 波长性能最佳的单模光纤(即标准 G. 652 光纤),不使用多模光纤和其他类型的单模光纤。

6.2 光纤进网的基本要求

6.2.1 模场直径和几何尺寸

a) 模场直径

由于光纤基模场强分布不局限于纤芯之内,因而单模光纤纤芯直径的概念已不再适用,而应用模场直径的概念来代替。模场直径是表示基模场强空间强度分布集中程度的度量。

G. 652 光纤在 1310nm 波长区的模场直径标称值应在 $8.6 \sim 9.5\mu\text{m}$ 范围内,允许偏

差不大于 10%。

b) 包层直径

包层直径为 $125 \pm 2 \mu\text{m}$ 。

6.2.2 模场同心度误差

模场同心度误差不得大于 $1 \mu\text{m}$ ，一般应小于 $0.5 \mu\text{m}$ 。

6.2.3 弯曲损耗

G. 652 光纤在 1310nm 波长区的弯曲损耗应不大于 0.5dB。

6.2.4 衰减常数

单模光纤在 1310nm 和 1550nm 波长区的衰减常数应分别小于 0.5dB/km 和 0.3dB/km。

6.2.5 色散系数

G. 652 光纤的零色散波长范围为 1300 ~ 1324nm，最大零色散斜率为 $0.093 \text{ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ 。在 1288 ~ 1339nm 范围的最大色散系数应不大于 $3.5 \text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ 。

6.2.6 截止波长

G. 652 光纤在 2~20m 长跳线光缆上的截止波长 $\leq 1260 \text{nm}$ ，在短于 2m 长跳线光缆上的光纤的截止波长 $\leq 1250 \text{nm}$ ，在 22m 长光缆上截止波长 $\leq 1260 \text{nm}$ 。

6.2.7 光纤筛选张力

为了保证光纤的长期寿命，用于管道、直埋光缆和架空光缆的光纤筛选张力均不得小于 8N(牛顿)。筛选试验的停留时间 1s。

6.2.8 光纤富余度 Mc

当 OAN 的传输距离 $\leq 5 \text{km}$ 时，光纤富余度不少于 1dB；当 OAN 的传输距离 $> 5 \text{km}$ 但 $\leq 10 \text{km}$ 时，光纤富余度不少于 2dB；当 OAN 的传输距离 $> 10 \text{km}$ 时，光纤富余度不少于 3dB。

6.3 光缆的基本要求

6.3.1 光缆的种类

以结构形式可分为层绞式、骨架式、束管式和带状光缆等 4 种。

以敷设方式可分为直埋式、管道式和架空式等 3 种。

6.3.2 光缆芯数系列

依照应用场合业务量需要和扩容需要，光缆芯数系列可以按需要依偶数递增。

6.3.3 光缆的机械性能

光缆的机械性能应能经受拉伸、压扁、冲击、反复弯曲、扭转、曲挠、钩挂、弯折、卷绕等项符合国家标准 GB. 7425 光缆机械性能试验的要求。

6.3.4 光缆的防护性能

光缆应具备防潮、防水、防火性能。此外，还应根据使用条件及安装环境的需要具备防白蚁、鼠、昆虫咬、以及防腐蚀、防强电，防雷等符合国家标准 GB. 8405《光缆环境性能试验的防护性能要求》。

7 双向传输技术

一般电信业务都是交互式的,因而必须解决信号的上、下行的关系,把用户的上行和下行业务分开,保证能实现全双工通信。

鉴于光接入网在技术上的多样性,目前在本标准中只要求光接入网系统满足纵向兼容性,即两端设备的标准化可以独立于其间的光分配网而进行,因而本标准并不限定双向传输的具体实现技术。

在光接入网中,下行信号都采取 TDM 方式(时分复用技术)。由于在 ODN 中全是无源器件,整个无源分配网(不含 WDM 分路器件时)只对信号进行衰减,而不对信号进行分离和过滤,因而信号在 ODN 上的传送是透明的,广播式的,每个 ONU 都能收到所有的下行信号,每个 ONU 必须而且也只能解复用出那些属于自己的时隙信号。

对于上行信号采用 TDMA(时分多址)技术的,各个 ONU 上行信号通过占有不同的时隙,从而在时域上划分开来。

上行信号的传送,与选用的具体技术有很大关系,双向传输技术主要有以下 4 种:SDM(空分复用技术),TCM(时间压缩复用技术),WDM(波分复用技术),SCM(副载波复用技术)。

7.1 SDM 技术

所谓空分复用,即在常规的光纤通信系统中,每根光纤只用于一个方向的信号传输,双向通信则需要一对光纤。也就是采用一对光纤(两根光纤)来实现局端到用户的双工通信。下行信号为 TDM,上行信号则采取 TDMA(时分多址技术),每个 ONU 有其固定的时隙分配。此外,在 OLT 中必须对每个 ONU 进行距离测量,即所谓“测距”,并对每个 ONU 的发脉冲时间进行调整,以便在 OLT 处使各个 ONU 发来的脉冲正确地复用在一起。采用 SDM 技术的 OAN 系统结构如图 5 所示。

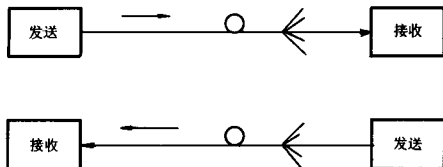


图 5 采用 SDM 技术的 OAN 系统结构

这是一种最直接、最简单的方式。缺点是采用双纤,增加了系统成本。而且当 OLT 配置的 ODN 数目较大时,因纤数很多,管理起来比较复杂。

7.2 TCM 技术

TCM 技术,即时间压缩复用技术,也是我们平常所说的乒乓法。通过在时域上对上

下行脉冲信号进行压缩,宽度分别压缩到原来的 50%以下,从而能在原来脉冲时间的一半就可发送完脉冲。这样可以在上半个脉冲时间向下行方向发下行信号,下半个脉冲时间向上行方向发上行信号,以实现单根光纤上下行双向通信。下行信号为 TDM 信号,上行则为 TDMA 信号。采用这种技术,线路上传输的速率其实是下(上)行标称速率的 2 倍。发送和接收信号必须通过光耦合器耦合到光纤线路中,而耦合器会带来 3dB 的功率代价,减少了可用功率。同样,TCM 技术也必须有精确“测距”功能。采用 TCM 技术的 OAN 系统结构如图 6 所示。

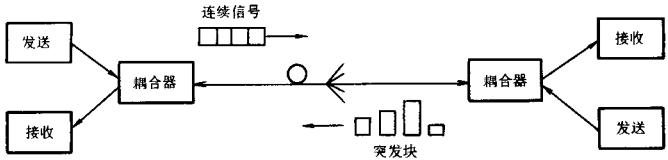


图 6 采用 TCM 技术的 OAN 系统结构

7.3 WDM 技术

波分复用技术就是采用波分复用器(合波器)在发送端将不同规定的信号光载波合并起来并送入一根光纤进行传输。而在接收端,再由一波分解复用器(分波器)将这些承载不同信号的光载波分开的复用方式。同样,WDM 技术也必须有精确的“测距”功能。采用 WDM 技术的 OAN 系统结构如图 7 所示。

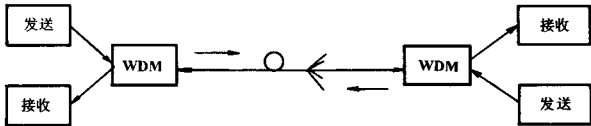


图 7 采用 WDM 技术的 OAN 系统结构

为了解决信号的上、下行关系,我们只需要采用 1310nm / 1550nm 的两波分复用技术即可。该技术十分简单,成本较低。利用一个波长发送下行信号,另一个波长传送上行信号,通常采用 1310nm 传送上行业务,1550nm 传输下行信号。也可以在 1310nm 窗口进行两波分复用。

采用 WDM 技术时,由于波分复用器的引入,将带来一定的插入损耗,减少了系统可用功率,限制了传输距离。另外如果现在使用了 1550 nm 窗口,则有可能影响未来宽带分配业务在该波长区的应用。

7.4 SCM 技术

SCM 即副载波复用技术。首先,各路基带信号(模拟或数字,即每个 ONU 的上行信号)对不同的副载波频率振荡器进行调制,经调制后的各路变频信号再经过带通滤波和功

率放大后调制一个光发送机成为受调光信号向上行方向发送。

在该技术中,下行信号采用 TDM 方式,由于下行基带数字信号的带宽有限,而光纤具有很宽的带宽,我们有可能在下行数字信号频谱分量高端以上的频带采用副载波复用技术传送上行信号,每一个 ONU 占用一个副载波。在 OLT 处对各个副载波进行合路,同时进行解调。

上行信号,由于每个 ONU 占用一个副载波,因而每个 ONU 所占用的带宽在频率上被区分开来,即每个 ONU 确定地占用一段频带,这样就消除了使用 TDMA 方式中为了避开“时隙”碰撞而必须对 ONU 进行“测距”的复杂程序,也减少了反射的影响。采用 SCM 技术的 OAN 系统工作原理如图 8 所示。

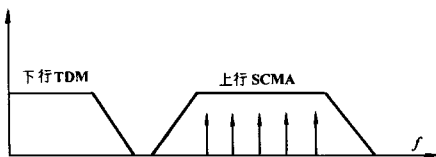


图 8 采用 SCM 技术的 OAN 系统工作原理

SCM 方式中上行信号采用了模拟的副载波复用技术,各副载波间不可避免地存在着交调,因而要求各个激光器的线性要非常好,各路副载波的频率定位要十分准确,以避免相互干扰。另外,副载波调制含有模拟技术的成分,有模拟技术不可克服的某些弱点。

8 工作波长区

在光接入网中,所采用的光纤均为常规的 G. 652 单模光纤。它可以工作在 1310nm 和 1550nm 两个窗口。

G. 652 光纤的 1310nm 窗口的工作波长应在 1260~1360nm 之间。而 1550nm 窗口的工作波长应在 1480~1580nm 之间。传输窄带交互型业务的波长分配的方案如表 3 所示。

表 3 窄带交互型业务的传输

| 每纤传输方式 | 双向传输所需光纤数 | 波长区 | 双向传输技术 | 将来的更新 |
|--------|-----------|------------------------------|------------|--------------------------------|
| 单工 | 2 | 上下行皆 1310nm 区 | SDM | |
| 双工 | 1 | 上下行皆 1310nm 区 | TCM SCM | |
| 异波长双工 | 1 | 上行皆 1310nm 区 下行皆 1550nm 区 | WDM | 上行皆 1310nm 高端 下行皆 1310nm 低端 |

9 OAN 系统规范

9.1 OAN 容量和 ONU 类型

表 4 规定了 OAN 系统容量和 ONU 类别,其中通路传输距离是逻辑距离,即特定传输系统所能通达的最大距离,与光路功率预算无关。ONU 的类别按照其在用户侧所需要的最大通透容量来规定,即以 B 通路(64kbit/s 承载通路)为基本度量单位,通常不含控制和信令通路,除非携带在承载通路内(例如 ISDN、PRA)。

表 4 OAN 容量和 ONU 类别规定

| 参数 | 类型 1(例如 SDM 和 WDM) | 类型 2(例如 TCM) |
|--------|---|---|
| ODN 接口 | 总容量至少 800B 至少 4 个 ODN 接口 每个 ODN 接口至少 200B | 总容量至少 800B, 至少 4 个 ODN 接口 每个 ODN 接口至少 100B |
| 最大分路比 | 最大逻辑距离 20km 以下时:16 最大逻辑距离 10km 以下时:32 | 最大逻辑距离 20km 以下时:8 最大逻辑距离 10km 以下时:16 |
| | 类别 1:至少 2B 类别 2:至少 16B 类别 3:至少 32B 类别 4:至少 64B 类别 5:至少 128B | 类别 1:至少 2B 类别 2:至少 16B 类别 3:至少 32B 类别 4:至少 64B 类别 5:至少 128B |

9.2 逻辑传输距离

逻辑传输距离是指由于帧结构和 ONU 数量所限定的理论上可达的最大传输距离。

当所用系统类型和分路比不同时其逻辑传输距离不同,表 5 给出了两种不同类型系统的逻辑传输距离与分路比关系。

表 5 传输距离与分路比关系

| 逻辑传输距离 | 类型 1 | 类型 2 |
|--------|-------------|-------------|
| 20km | 至少能支持分路比 16 | 至少能支持分路比 8 |
| 10km | 至少能支持分路比 32 | 至少能支持分路比 16 |

需要注意,系统设计还必须能保证 ODN 中不同光纤长度之间的差别可以为 0~5km 之间的任意值,即至少能容忍 5km 光纤长度差别。

9.3 ONU 功能规定

ONU 提供与 ODN 之间的光接口,实现 OAN 用户侧的接口功能。ONU 提供了必要的手段来传递系统所处理的各种不同业务,其功能块可以用图 9 来描述。

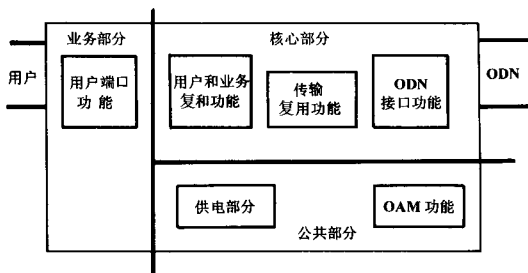


图 9 ONU 功能块

由图可见,ONU 的功能由 3 部分组成,即核心部分、业务部分和公共部分。

a) 核心部分功能

ONU 核心部分功能包含:

- 用户和业务复用功能;
- 传输复用功能;
- ODN 接口功能。

传输复用功能为来自与送给 ODN 接口功能的进出信号进行评估和分配,提取和输入与 ONU 相关的信息。用户和业务复用功能对于来自或送给不同用户的信息进行组装和拆卸并与每种不同的业务接口功能相连。ODN 接口功能则提供一系列物理光接口功能终结相应的 ODN 的一系列光纤,其功能包括光/电和电/光转换。

b) 业务部分功能

ONU 的业务部分功能主要提供用户端口功能。用户端口功能提供用户业务接口并将其适配入 64kbit/s 或 $n \times 64\text{kbit/s}$ 。上述功能既可以提供给单个用户,又可以提供给一群用户。最后,用户端口功能还能按照物理接口来提供信令转换功能,诸如振铃、信令、A/D 和 D/A 转换等。

c) 公共部分功能

ONU 公共部分功能包括供电和 OAM 功能。其中供电功能为 ONU 供电(例如交/直流转换或直流/直流转换),供电既可以是本地供电,又可以为远供,几个 ONU 可以公用同一供电系统。ONU 应能在备用电池供电条件下也能正常工作。

OAM 功能为 ONU 的所有功能块提供处理操作、管理和维护功能,例如不同功能块的环回控制功能等。

9.4 OLT 功能规定

OLT 提供与 ODN 之间的光接口,应至少能为 ODN 提供网络侧的一个网络接口。OLT 可以与本地交换机共处一地也可以安装在远端。OLT 提供必要的手段来传递不同

的业务给 ONU,其功能块如图 10 所示。

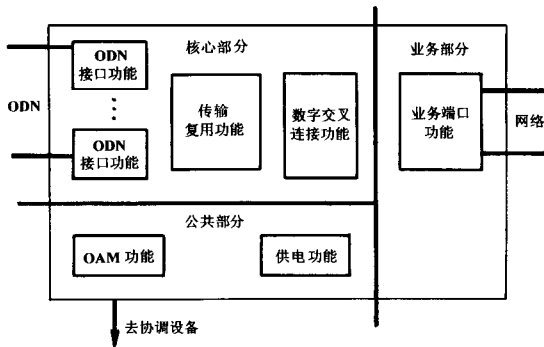


图 10 OLT 功能块

由图可见,OLT 功能可以由 3 部分组成,即核心部分、业务部分和公共部分。

a) 核心功能部分

OLT 的核心部分功能包括:

- 数字交叉连接功能;
- 传输复用功能;
- ODN 接口功能。

传输复用功能为在 ODN 上发送和接收业务通路提供必要的功能。数字交叉连接功能为 OLT 的 ODN 侧的可用带宽与 OLT 网络侧的可用带宽提供交叉连接能力。ODN 接口功能提供一系列物理光接口功能终结相应 ODN 的一系列光纤,其功能包括光/电和电/光转换。为了实现从 OLT 直到 ODN 中光分路器处的灵活分配点之间不同地理路由间的保护倒换,OAN 系统应能为 OLT 装备可选的备用 ODN 接口。

b) 业务部分功能

OLT 业务部分包括业务端口功能,业务端口至少应能携带 ISDN PRA 速率并能配置成至少提供一种业务或能同时支持 2 种或多种不同的业务。任何提供 2 个或多个 2Mbit/s 端口的支路单元(TU)都应以每个端口为基础进行独立配置。对于上述多端口 TU 还应能将每个端口配置给不同的业务。OLT 设备中的每一 TU 位置应能允许容纳任何类型的 TU。OLT 适应能支持任何不超过最大设计数目且能任意结合不同业务类型的 TU。当然,业务部分功能通常还应能提供手段来处理通过 OLT 的信令信息。

c) 公共部分功能

OLT 公共部分功能包括供电与 OAM 功能,其中供电功能将外部供电电源转换为所需的数值。OAM 功能则提供必要的手段来处理所有功能块的操作。管理和维护功能。公共部分功能还提供 OAM 接口功能。对于本地控制,可以提供测试接口。通过协调功能经 Q3 管理接口还可以与上层网管操作系统相连。

10 ODN 结构和功能

10.1 ODN 组成

通常,ODN 为 ONU 和 OLT 提供光传输媒质作为其间的物理连接。多个 ODN 可以通过光纤放大器结合起来延长传输距离和扩大服务用户数。

ODN 是由无源光元件组成的无源光分配网,主要的无源元件有:

- 单模光纤和光缆;
- 连接器;
- 无源分路元件,又称光分路器(OBD);
- 无源光衰减器;
- 光纤接头。

ODN 的配置通常为点到多点方式,即多个 ONU 通过 ODN 与一个 OLT 相连。这样,多个 ONU 可以共享同一光传输媒质和光电器件,从而节约了成本。点到点配置,即一个 ONU 与一个 OLT 相连的形式可以看作是上述点到多点方式的特例或子集,此时无需光分路器。

10.2 ODN 结构

ODN 是一种点到多点结构,按照其连接方式不同可以细分为 4 种结构,即星形、树形、总线和环形。

a) 单星形结构

当 ONU 与 OLT 之间按点到点配置,即每一 ONU 直接经一专用光链路与 OLT 相连,中间没有光分路器(OBD)时就构成了所谓的单星形结构。光链路可以是一根光纤,也可以是一对光纤。由于这种配置不存在光分路引入的损耗,因此传输距离远大于点到多点配置。图 11 显示了单星形结构的一个示例。

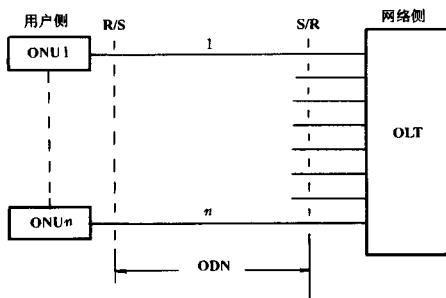


图 11 单星形结构示例

b) 树形结构

树形结构是点到多点配置的基本结构,图 12 显示一典型示例。这种结构利用了一系列级联的光分路器对下行信号进行分路,传给多个用户,同时也靠这些光分路器将上行信号结合在一起送给 OLT。光分路器常为 $1:n$ 型,为了测试监视和保护的目的,可能需要 $h:n$ 型,这里 $1 < h \leq n$ 。

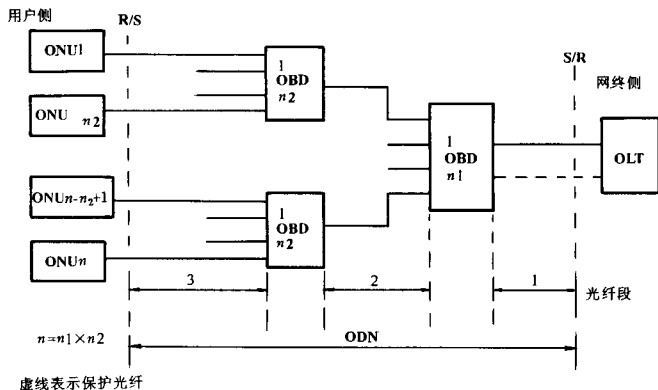


图 12 树形结构示例

c) 总线结构

总线结构也是点到多点配置的基本结构,图 13 显示了一典型示例。这种结构利用了

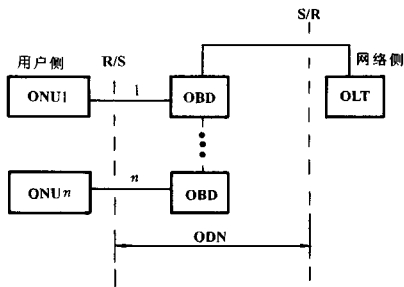


图 13 总线结构示例

一系列串联的非平衡光分路器件以便从光总线上检出 OLT 发送的信号,同时又能将每一 ONU 发送的信号插入光总线送回给 OLT。采用这种非平衡光分路器后会在光总线中

引入损耗从而消耗掉一些光功率。

d) 环形结构

环形结构也属于点到多点配置,无源环形结构可以看作是无源总线结构的一种特例,即逻辑上等效于一折叠的总线结构。这种闭合的总线结构在某些情况下可以改进网络的可靠性,图 14 给出了这种结构的示例。

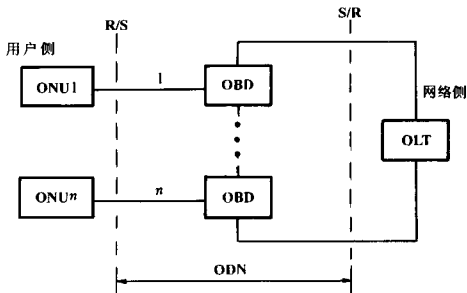


图 14 环形结构示例

ODN 结构的选择需要考虑多种因素,主要有用户所在地的分布,OLT 和 ONU 之间的距离,不同业务的光通道,可用的技术,光功率预算值,波长的分配,升级的需要,可靠性和可用性,操作管理和维护,ONU 供电,安全,光缆容量等等。

10.3 保护配置

对于 ODN 本身,保护通常指在网络的某部分建立备用光通道,备用光通道往往靠近 OLT 以便保护尽可能多的用户。具体实施方法有:

- 不同光纤携带不同光通道,但主用和备用光纤在同一光缆内,即同缆分纤方式。这种方式最简单经济,但不能保护光缆切断故障。
- 不同光纤携带不同光通道,主用和备用光纤在不同缆内,但置于同一管道或路由上。这种方式可以防止普通光缆切断故障,但不能防止大型故障(大型机械的施工事故等)。
- 不同光纤携带不同光通道,主用和备用光纤不仅不同缆,而且管道或路由也不同。这种方式提供最大程度的保护,但经济代价也最高。

以树形结构为例,图 12 显示的保护方法就是在第一个分路点之前进行保护,即图中虚线所示的备用光纤和 OLT 备用部分构成了保护设施。这样,当 OLT 失效或第一个分路点之前的光纤失效时,OLT 的备用部分激活,连同备用光纤一起可以保证业务不丢失。否则 OLT 失效或光纤故障可能导致全部 ONU 丢失业务,相当全部光纤被切断,因而这一部分的保护十分要紧,越往用户侧延伸,保护的重要性和必要性越来越少。

10.4 ODN 模型

10.4.1 通用物理配置模型

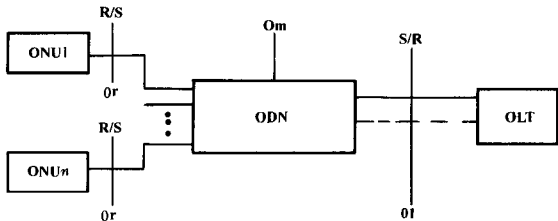


图 15 ODN 的通用物理配置模型

ODN 的通用物理配置模型如图 15 所示，其中 Or 表示 ONU 和 ODN 之间的光接口，Oi 表示 OLT 和 ODN 间的光接口，Om 表示 ODN 与测试和监视设备间的光接口。ODN 应能提供纵向兼容性，即 ODN 的标准化可以独立于两端的设备而进行。

ODN 的设计特性应能保证可以提供任何目前可以预见得到的业务而无须较大的改动，这一要求对各种无源器件的特性有较大影响。可能直接影响 ODN 光特性的要求有：

- 光波长透明性：诸如光分路器之类的无源器件应能支持 1310nm 和 1550nm 波长区内任意波长的信号传输。这不仅能降低对现有单波长系统的光源要求，而且也为将来的 WDM 系统应用提供了基础。

- 可逆性：ODN 的输入输出对换后不应导致器件损耗的重要变化，这样可以简化网络的设计。

- 光纤兼容性：所有光元件都应能与 G. 652 光纤兼容，G. 652 光纤将是接入网中唯一的光纤类型。

10.4.2 光通道损耗计算

ODN 的光功率预算所容许的损耗定义为 S/R 和 R/S 参考点之间的光损耗，以 dB 表示。这一损耗包括了光纤和无源光元件（例如光分路器，活动连接器和光接头等）所引入的损耗。ODN 的容许损耗值对下行和上行方向是相同的。

决定整个系统光通道损耗性能的参数主要有下面 3 项：

- ODN 光通道间的最大损耗差。
- 最大容许通道损耗：即最小发送功率和最高接收灵敏度的差。
- 最小容许通道损耗：即最大发送功率和最低接收灵敏度（过载点）的差。

上述定义中的收发机参数均为寿命结束条件下的参数，即包括了温度和老化造成的影响，而且最后的最大和最小损耗值应该在需要的环境和波长范围内规定，而不仅是在给定波长、给定时间和给定温度下的测量结果。

图 16 给出了 OLT 和某一特定 ONU 之间下行光通道的图解表示。

由图可见，每一光通道将某一特定 ONU 与 OLT 相连，OLT 和 ONU 之间的光通道由 P 个级联的光通道元件构成，第 j 个光通道元件由第 $(j-1)$ 个光分路器的输出口开始，在第 j 个光分路器的输出口结束。但对 $j=1$ 和 $j=p$ 这两种情况例外，其中 $j=1$ 时，光通道元件由 S/R 参考点开始，在第 1 个光分路器的输出口结束，对于 $p=j=1$ 时，则于 R/S

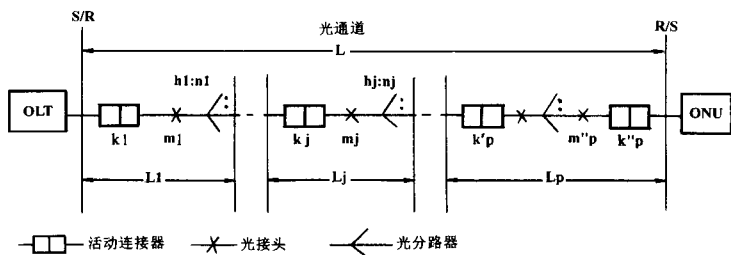


图 16 ODN 光通道图解

参考点结束。当 $j=p$ 时，光通道元件由第 $(P-1)$ 个光分路器的输出口开始（对于 $p=j=1$ 时，则由 S/R 参考点开始），在 R/S 参考点结束，这样规定的目的是考虑最后一个分路器输出口可能呈现的光活动连接器和光纤接头的影响。通常，第 j 个光通道元件由长度为 L_j 的光纤和下述无源光元件组成：

- 第 j 个光分路器，分路比 $h_j:n_j (h_j \geq 1, n_j \geq 1)$ ；
- 第 K_j 个活动连接器， $K_j \geq 0$ ；
- 第 M_j 个光纤接头，且

$$M_j = \overline{M}_{dj}L_j + \overline{M}_{rj} + \overline{M}_{aj} \quad (10.4.1)$$

式中 \overline{M}_{dj} 是初始安装阶段所规划的单位光纤长度的平均接头数， \overline{M}_{rj} 是运行期预计会发生的单位光纤长度的平均维修接头数， \overline{M}_{aj} 是 $\overline{M}_{dj}L_j$ 数中没有考虑的附加的规划接头数，例如由于安装光分路器所发生的接头以及 ODN 终结点所发生的额外接头（诸如局内光配线架和 ONU 侧的光终结点）。

于是，总的光通道由下述各项组成：

a) P 段光纤的和 L

$$L = \sum_{j=1}^P L_j \quad (10.4.2)$$

b) P 个光分路器，分路比 $h_j:n_j (h_j \geq 1, n_j \geq 1, j=1 \cdots, P)$

c) P 个光活动连接器之和 K

$$K = \sum_{j=1}^P K_j \quad (10.4.3)$$

d) P 个光接头之和 m

$$m = \sum_{j=1}^P m_j \quad (10.4.4)$$

光通道的总的分路比 n 可以表示为：

$$n = \prod_{j=1}^P n_j \quad (10.4.5)$$

对于点到点配置的 ODN,光通道中没有光分路器,因而只要考虑一个光通道元件即可,上述分析仍然有效,只须将涉及光分路器的地方去掉即可。

10.4.3 光通道损耗计算方法

光通道的损耗计算方法有两种,即最坏值法和统计法。

a) 最坏值法

最坏值法就是将所有光通道中的光元件损耗选加起来即为 ODN 光通道的光损耗,这些损耗值都应该是系统寿命终了前且处于允许的工作温度范围内任意点的数值。这样设计的系统显然是十分安全的,然而实际光元器件参数值的离散性很大,所有光参数同时取最坏值的可能性极小,因而按最坏值法设计的系统往往过于保守,导致资源浪费和成本较高。

b) 统计法

由于实际光元器件参数值的分布范围较宽,因而若能充分利用其统计分布特性,按统计特性将各个光元件的损耗相加,则有可能大大延长传输距离。

高斯法是最简单的统计法,其基本原理就是利用多个高斯随机变量之和仍为高斯分布的特性,直接对各个随机变量的均值和方差进行运算从而算出光通道损耗的上界和下界,即最坏值和最好值。(见附录 A)。

当光元件损耗的分布接近高斯形时,高斯法的精度很好,否则会导致较大的误差,此时采用蒙特卡洛模拟(MCS)法将给出更准确的结果。蒙特卡洛模拟法又称随机模拟法,是一种通用的数值计算方法,其基本思路是从不同元件的分布中随机抽样,由这些随机抽样的值产生模拟的系统值,重复上述过程(成百上千次)就会产生一系统损耗值的分布,可以作为实际系统性能的指示,重复次数越多,模拟结果与实际情况越相近。蒙特卡洛模拟法的计算精度与 $1/N$ (N 为抽样点数)成正比,带有随机性质,要求精度高一位,样点数需要增加 100 倍,即需要较大的计算量才能达到较高的计算精度,这是其不足之处。

10.5 光通道损耗类别

为了限制系统类别的数量,本标准只规定了 3 种类别的光通道损耗,如表 6 所示。

表 6 光通道损耗类别

| | 类别 A | 类别 B | 类别 C |
|------|------|------|------|
| 最小损耗 | 5dB | 10dB | 15dB |
| 最大损耗 | 20dB | 25dB | 30dB |

这些规范值已经考虑了 S/R 参考点和 R/S 参考点之间的不同分路比、距离和有关通道损耗值。对于单星形结构,由于不存在光分路器,因而光通道损耗可能 $< 5\text{dB}$ 。

10.6 ODN 的反射要求

ODN 的反射取决于构成 ODN 的各种元件的回损以及光通道上的任意反射点。本标准规定所有离散反射必须优于 -35dB ,光纤接头的最大离散反射则应优于 -50dB 。

11 无源光器件的基本技术要求

11.1 无源光器件的类型

在无源光网络中,所有光元器件均为无源器件。主要器件有:

- 波分复用器和解波分复用器
- 分路器
- 光衰减器
- 滤波器
- 光连接器
- 接头

11.2 各种无源器件的参数值

下面表中所列的器件参数为考虑了温度、湿度各种干扰后,寿命终了仍可达到的指标。以下参数是假设系统工作在一个或两个通带波长区内,但如果在某一通带内存在一限定波长范围,则像损耗之类的参数仅适用于该限定波长区。在某些特殊情况下,运营者可以要求比以下数值更加苛刻的指标。

表 7 波分复用器($1 \times n$ 端口, $2 \leq n \leq 32$)

| 参数 | 最大值 | 最小值 |
|--------------------|---------------------|-----------|
| 插入损耗(dB) | $1.5 \log_2 n$ | — |
| 反射系数(dB) | -40 | — |
| 工作波长范围(nm) | 1360/1580 | 1260/1480 |
| 偏振损耗(Δ dB) | $0.1(1 + \log_2 n)$ | — |
| 与波长有关的损耗 | 待研究 | — |
| 远端串音(dB) | 待研究 | 待研究 |
| 近端串音(dB) | 待研究 | 待研究 |

表 8 分路器件(无波长选择性, $1 \times n$ 端口, $2 \leq n \leq 32$)

| 参数 | 最大值 | 最小值 |
|---|---------------------|-----------|
| 插入损耗(dB) | $4.0 \log_2 n$ | — |
| 反射系数(dB) | -40 | — |
| 工作波长范围(nm) | 1360/1580 | 1260/1480 |
| 偏振损耗(Δ dB) | $0.1(1 + \log_2 n)$ | — |
| 均匀一致性(dB) | $1.0 \log_2 n$ | — |
| 方向性系数(dB) | — | 50 |
| 说明:有关($2 \times n$ 端口, $2 \leq n \leq 32$)的分路元件正在研究中。 | | |

表 9 光衰减器

| 参数 | 最大值 | 最小值 | 标称值 |
|----------------|-----------|-----------|--------------------------|
| 插入损耗容忍度 | ±15% | ±15% | — |
| 插入损耗(dB,固定衰减器) | — | — | 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30 |
| 反射系数(dB) | -40 | — | — |
| 工作波长范围(nm) | 1360/1580 | 1260/1480 | 1310/1550 |
| 偏振损耗(Δ dB) | 0.3 | — | — |
| 损耗范围(Δ dB) | 待研究 | 待研究 | — |
| 损耗差(Δ dB) | 待研究 | 待研究 | — |

表 10 光滤波器

| 参数 | 最大值 | 最小值 |
|-------------|-----|-----|
| 插入损耗(dB,通带) | 1.5 | — |
| 插入损耗(dB,阻带) | — | 40 |
| 反射系数(dB) | -40 | — |
| 工作波长范围(nm) | | |
| 偏振损耗(Δ dB) | 待研究 | — |

说明:本节所讨论的滤波器应用在光通路上。

表 11 光连接器

| 参数 | 最大值 | 最小值 |
|------------|-----------|-----------|
| 插入损耗(dB) | 0.5(单模光纤) | — |
| 反射系数(dB) | -35 | — |
| 工作波长范围(nm) | 1360/1580 | 1260/1480 |
| 偏振损耗(Δ dB) | 0.1 | — |

表 12 光纤接头

| 参数 | 最大值 | 最小值 |
|-----------|-----|-----|
| 插入损耗(dB) | | |
| 机械接头 | 0.5 | — |
| 有源校准的熔融接头 | 0.3 | — |
| 无源校准的熔融接头 | 0.5 | — |

续表 12

| 参数 | 最大值 | 最小值 |
|--------------------|-----------|-----------|
| 光反射系数(dB) | | |
| 机械接头 | -40 | — |
| 熔融接头 | -70 | — |
| 工作波长范围(nm) | 1360/1580 | 1260/1480 |
| 偏振损耗(Δ dB) | 待研究 | — |
| 偏振反射(Δ dB) | 待研究 | — |

说明:以上数据都是假定一种光纤的接续。其中插入损耗是在所有环境条件下进行大规模抽样所得的最坏值。典型的机械接头插入损耗为 0.15dB,有源校准熔融接头 0.08dB,无源校准熔融接头为 0.15dB。

12 定时和同步要求

12.1 同步结构

我国网同步采用主从同步要求,光接入网所携带的主要业务是以 64kbit/s 为基础的交换业务,为了尽量减小这些同步业务上的字节滑动损伤,光接入网系统的定时必须能跟踪外定时直至最终至基准参考时钟(PRC)为止。

如果光接入网系统的 OLT 与具备同步供给单元(SSU)质量的时钟共处一地,则其时钟应同步于 SSU。通常,光接入网的时钟有 3 种来源:

- 支路接口信号(例如 V5 接口);
- 外部定时;
- 内部定时。

光接入网应能通过操作系统(OS)指定哪一种定时源作业务同步。而且一旦配置完毕,无论光接入网是否仍与 OS 相连,所有业务同步的检查核实功能都能正常实现。光接入网的同步结构必须遵守下述要求:

a) 采用支路接口信号提取定时,如果与光接入网相连的交换机有 SSU 质量的时钟,则光接入网的定时基准应该从与该交换机相连的携带业务量的 2048kbit/s 接口提取(例如 V5 接口)。如果交换机未配备 SSU 质量的时钟,则光接入网的定时基准可以从其他携带 SSU 定时质量的支路接口信号中提取。

如果 OLT 设置在远端,则只要携带业务量的 2048kbit/s 接口的定时和漂移性能符合网络限值要求,则光接入网的定时基准仍应该从携带业务量的 2048kbit/s 接口提取。

b) 采用外部定时源时,如果 SSU 是在一独立的同步设备中时,光接入网系统可以直接经由 2048kbit/s 或 2048kHz 外同步接口提取定时基准,优选 2048kbit/s 接口。

c) 采用内部定时源时,内部定时基准源的频率及其精度必须至少为 2048kHz \pm 50ppm。在这种定时方式下,光接入网可以继续工作,但其业务质量会有某种程度的劣化。

12.2 同步保护和 ONU 定时

为了保证以 64kbit/s 为基础的交换业务的质量,应该对同步定时源提供保护,通常要求 OLT 至少有两个外同步接口并能在定时基准失效时提供自动定时基准倒换功能,定时基准的硬件保护倒换不应影响系统的正常信息传输。

在光接入网系统内,定时将由 OLT 通过 ODN 分配给与 OLT 相连的 ONU,这意味着 64kbit/s 业务将在 ONU 内利用 OLT 提供的定时基准重新定时。然而,对于不成帧的 2Mbit/s 一类的业务不能按上述方式处理,这类业务试图支持第三方定时的传送,因而要求光接入网对时钟全透明。

12.3 用于传送同步业务的网络侧接口规定

a) 抖动和漂移容限

OLT 的 2048kbit/s 接口的抖动容限应该满足 13.3 节的要求。

b) 抖动和漂移产生

当使用通带频率为 20Hz 至 100kHz 的带通滤波器测量时,2048kbit/s 接口的输出抖动应该小于 $0.38UI_{pp}$;当使用通带频率为 18kHz 至 100kHz 的带通滤波器测量时,2048kbit/s 接口的输出抖动应该小于 $0.075UI_{pp}$ 。

要求 OLT 不应对同步接口出现的漂移附加任何明显的漂移,在任何频率下 OLT 对漂移的放大量都必须小于 0.1dB。

12.4 用于传送同步业务的用户侧接口规定

在用户网络接口(UNI)处,对抖动和漂移的容限要求以及抖动和漂移的产生要求取决于光接入网所携带的业务,应分别遵守传送相应业务所应满足的规定。

13 网络性能

13.1 信号传输延时

OAN 的信号传输延时定义为下行和上行信号传输延时的平均值。按照这一定义,信号传输平均延时是测量的信号往返传输延时的一半,测量方法可以按照上述定义进行,测量条件通常假设传输距离为 10km,用户侧的铜缆引入线长度忽略不计。

本标准规定,对于 FTTH 应用,光接入网络 V 参考点与 T 参考点之间的最大信号传输延时不得超过 1.5ms;对于其他应用(FTTC,FTTO,FTTB),则光接入网的 V 参考点与 a 参考点之间的最大信号传输延时不得超过 1.5ms。此时 V 参考点与 T 参考点之间的最大信号传输延时仍需满足 ISDN 的 2ms 指标要求。

13.2 误码性能

13.2.1 度量参数

a) $N \times 64\text{kbit/s}$ 数字连接的误码性能参数

1) 误码秒比(ESR)

一秒内至少有一个误码的秒称误码秒。

2) 严重误码秒(SES)

严重误码秒(SES)表示误码率 $BER \geq 1 \times 10^{-3}/s$ 。

b) 高比特率通道的误码性能参数

高比特率通道的误码性能是以“块”为基础的一组参数,所谓“块”指一系列与通道有关的连续比特。进而,误码性能参数的评价只有在通道处于可用状态时才有效。

1) 误块秒比(ESR)

当某 1 秒具有 1 个或多个误块或至少出现一种缺陷时称为误块秒(ES)。在规定测量时间间隔内出现的误块秒数与总的可用时间之比称为误块秒比(ESR)。

2) 严重误块秒比(SES)

当某 1 秒内包含有不少于 30% 的误块或者至少出现一种缺陷时称该秒为严重误块秒(SES)。SES 可以看作 ES 的子集。

在规定测量时间内出现的 SES 数与总的可用时间之比称为严重误块秒比(SESER)。

3) 背景误块比(BBER)

扣除不可用时间和 SES 期间出现的误块以后所剩下的误块为背景误块(BBE)。BBE 数与扣除不可用时间和 SES 期间所有块数后的总块数之比称 BBER。

13.2.2 误码性能规范

a) $N \times 64\text{ kbit/s}$ 数字连接的误码性能

光接入网系统从 V 参考点到 T 参考点之间 $N \times 64\text{ kbit/s}$ 数字连接的误码性能应满足表 13 的要求。

表 13 光接入网 $N \times 64\text{ kbit/s}$ 数字连接的误码性能指标

| 速率 | ESR | SESER | 等效 BER |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|---|
| $N \times 64\text{ kbit/s}$ | 1.2×10^{-3} | 1.5×10^{-5} | $1/N \times 1.87 \times 10^{-8}$ (注) |

b) 高比特率通道的误码性光接入网系统从 V 参考点到 T 参考点之间高比特率通道的误码性能应满足表 14 的要求。误码性能主要适用于不中断业务测量,也可用于中断业务测量。

表 14 光接入网高比特率通道的误码性能指标

| 速率 | ESR | SESER | BBER | 等效 BER |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|
| 2048kbit/s | 2.4×10^{-3} | 1.2×10^{-4} | 1.2×10^{-5} | 1.17×10^{-9} (注) |

注:当测试条件受限时,允许采用等效 BER 指标(假设泊松分布)作为替代测试指标。

实际系统设计指标和工程验收指标应比上述网络性能指标至少严格 10 倍。误码网络性能的测试时间暂定为 1 个月,工程验收测试时间暂定不少于 24h。

13.3 抖动和漂移性能

13.3.1 网络侧接口抖动性能

a) 抖动和漂移容限

网络侧支路接口的抖动和漂移容限应符合图 17 所示的模框要求,参数值和限值如表

15 所示。漂移容限要求与其位置有关。当 OLT 与 SSU 共处一地时,其漂移容限要求最低为 $18\mu\text{S}$ 。当 OLT 处于远端时,则其漂移容限要求最高,其值待定。

b) 抖动和漂移产生:参见 12.3 节。

13.3.2 用户侧接口规定

在用户网络接口(UNI)处,对抖动和漂移的容限要求以及抖动和漂移的产生要求取决于光接入网所携带的业务,应分别遵守传送相应业务所应满足的规定。

表 15 设备 PDH 输入抖动和漂移容限的参数

| 参数值 速率 (kbit/s) | UI_{pp} | | | | 频率 | | | | | | | | 伪随机 测试 信号 |
|-----------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------|--------------------------------|------------|-------------|----------|------------|-----------|------------|-----------------|
| | A_0 | A_1 | A_2 | A_3 | f_0 | f_{10} | f_9 | f_8 | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | |
| 2048 | 36.9 ($18\mu\text{s}$) | 1.5 | 0.2 | 18 | $1.2 \times 10^{-5}\text{Hz}$ | $4.88 \times 10^{-3}\text{Hz}$ | 0.01 Hz | 1.667 Hz | 20 Hz | 2.4 kHz | 18 kHz | 100 kHz | $2^{15}-1$ |

注:2048kbit/s 速率下 f_8 、 f_9 和 f_{10} 的数值指不携带同步信号的 2048kbit/s 接口特性。

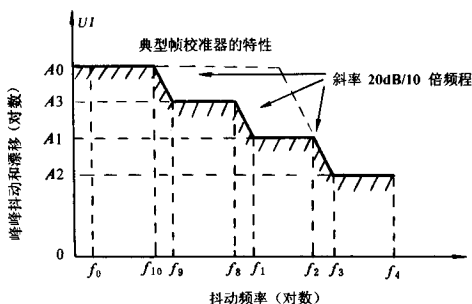


图 17 PDH 支路输入口的抖动和漂移容限

14 可靠性与可用性要求

14.1 系统可用性要求

在一个标准的光接入网假设参考配置中,其可用性应不小于 99.99%,相当于在一年内不可用时间不大于 53min。

14.2 系统运行寿命

整个系统配置运行寿命不少于 20 年。

14.3 系统设备可靠性要求

当采用光接入网时,为了保证系统的可用性要求,对设备可靠性提出如下要求:

表 16 设备可靠性要求

| | 光线路终端 (OLT) | 馈线 (Feeder) | 光网络单元 (ONU) | 引入线 (Drop line) | 光分配网络 及配线等 |
|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|---------------|
| 全年不可用时间(min) | 10 | 6 | 26 | 5 | 6 |
| 故障率(FiT) | 19026 | 11415 | 49467 | 9513 | 11415 |

15 供电方式及基本要求

15.1 基本要求

对供电系统总的要求是:安全、可靠、维护使用方便、成本低廉。

15.2 供电方式

根据网路运行实际环境,可选择如下供电方式:

a) 集中供电

由本地集中供电点通过金属线对向远离交换局的 OLT 和 ONU 供电。此方法适合于铜缆与光缆双网共存的地区,特别是用户较为集中,传输距离不太长的地方。

b) 分散(本地)供电

1) 由市电分别就近向系统各用电设备供电,这在市电有保证的地方是一种十分经济可靠的供电方式,但必须设有备用电池组,能确保停电后 8h 的设备用电。

2) 由太阳能或其他能源电池向系统各用电设备供电,这种方法在距离不太长时虽不够经济,但在偏远地区市电无保证、用户又远离集中供电点且分散时,也是确保通信用电的一种方法。

16 操作管理维护要求

16.1 操作管理维护功能

光接入网的操作管理维护(OAM)功能应遵守 TMN 的通用功能要求,同时又必须有一些针对光接入网的特有功能要求。(详见附录 B)

OAM 功能的分类可以从两个角度来考虑。一个是与 OAM 有关的 OAN 的功能子系统,另一个是 OAM 应完成的功能类别。

完成 OAM 要求的 OAN 的功能子系统有 4 类:

- 设备(主要是电源供给和外观设备)
- 传输
- 光的子系统
- 业务子系统

从功能类别的角度看,则 OAN 原则上必须具备 TMN 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

16.2 操作维护管理要求

为保证网络系统设备的正常运行和适应业务量的不断增加,必须对此提出操作方法及应达到的要求,对运行环境、维护条件及保障方法给予明确规定,具体要求如下:

16.2.1 操作系统(OS)

目前系统允许在 OLT 和支持系统或协调设备间采用专用的 Qx 接口,然而这样的支持系统或协调设备与上述操作系统之间应有开放型 Q₃ 接口。

16.2.2 现场可更换的单元(FRU)

现场可更换的单元(FRU)是最基本的维护备件,插板就是典型 FRU,起码的一套 FRU 应是:

- a) 光线路终端(OLT)的无源光网络(PON)接口;
- b) 光网络单元(ONU)的无源光网络(PON)接口;
- c) OLT 的电源供给单元(PSU);
- d) ONU 的电源供给单元(PSU);
- e) 支路单元(TU);
- f) 业务单元(SU)。

16.2.3 事件报告

事件报告是送给 OS 表示重要的 PON 系统事件的通知,这样的事件包括各种问题、潜在问题、问题的变化以及任何影响或可能影响系统功能的其他事件。

如果事件发生,系统应该把事件报告送给 OS,这样会同查询和相关分析所得到的信息 OS 就能唯一地识别任何出问题的 FRU。

如果使用备用方式,且发生备用元件间倒换时,发生倒换的事件报告应送操作系统。

当系统中插入或去掉任何 FRU 都应有事件报告,这一事件报告应包括 FRU 类型和位置的详细情况。其他事件报告应该指示诸如 ONU 投入业务或退出业务等其他信息。

16.2.4 测试

当 FRU 插入机架时应自动进行测试,测试可以是内部自动测试,也可以利用系统的其他部分的内在智能自动进行。

ONU 线路测试功能应该考虑 ONU 和用户之间的铜线长度。

16.2.5 可视指示

FRU 用发光二极管(LED)的可视指示方案应是一目了然的,FRU 应该可以由单个 LED 来表示整个 FRU 的工作状态是否正常,并以此作为一种本地手段来指导现场维护人员置换出问题的单元。

16.2.6 配置和操作

- a) 在与 OS 失去通信联络时,无源光网络硬件应继续正确地工作。

b) PON 系统能够监视它的设备和设备的增加,这样规划和指配工作就可以正常进行并能准确了解什么时候系统空闲容量将会用完。

c) 在系统中更换通用设备时只应对用户业务造成最小的中断。

d) 可以进行单个电路配置(包括业务的提供和终止)。

e) PON 系统的所有配置(备用部件的自动倒换除外)通常通过 OS 在远端完成,但在系统安装或紧急维修时除外。

f) 系统应提供全接入能力,这样任何 PON 上 SU 的业务通路都能通过合适业务类型的任何 TU 业务通路提供服务,这配置应在 OS 控制之下。

g) 一旦系统配置了所希望的 FRU 装置,FRU 一安装就能自动完成配置。

h) 除那些由 FRU 直接支持的电路外,任何 FRU 的拆卸和插入或关闭及重新启动都不应影响到任何电路的工作。

i) FRU 必须保持包括 FRU 的类型、系列序号、软件和硬件组成的货物清单信息。在 OS 查询和 FRU 安装时应将这些信息送给 OS。

j) 在 ONU 上的业务配置不应影响该 ONU 或其他 ONU 上的业务操作。

k) 系统应设计成任何光纤的断裂,将不影响不通过该光纤的其他 ONU 的操作。

l) 发生在任何单独 ONU 上的电源失效、备用电源失效或电源恢复,将不影响任何其他 ONU 的业务。所有 ONU 业务量、呼叫控制、同步、系统管理和业务管理信息都应使用核心传输系统经 PON 送出。

m) 能够连接和断开 ONU 而不影响同一 PON 上任何其他 ONU 上的任何业务。

n) 在 OS 控制之下,ONU 能够把 ONU 上任何单个 SU 电路接至具有相同业务类型的任意用户铜线,这些连接不应影响任何网络接口的配置。

16.2.7 在整个接入系统各参考点应具有与局内或各参考点间相互联系的功能,这是保证系统维护的基本条件。

17 安全要求

a) 一般安全要求

由于 OAN 固有的分布特性,一个用户的数据可以到达下行方向的所有 ONU 处,因此 OAN 的安全是一个十分重要的问题,需要有周密的考虑。对以分路器为基础的 ODN 系统的一般安全要求是必须采用合适的结构和程序来抗拒诸如有意破坏,有意侵扰,窃听等现场难以避免的威胁。

b) 识别和鉴权

通常,每一个 FRU 的库存信息应该是唯一的。一旦通电,操作系统应对所有 FRU 进行鉴权,未经授权的人是不能决定任何 ONU 的配置状态。

鉴权过程的开始由 OLT 或 ONU 的通电触发,在现有 OLT 或 ONU 上增加一个 FRU 也会触发鉴权过程。这一鉴权过程检查 FRU 类型是否与操作系统的数据库相匹配并将任何不一致的情况报告给用户或高层操作系统。未经授权的人不能改变任何 FRU 的序列号码。

c) 接入控制

FRU 只允许接入要求的和授权的信息或资源,不准接入其余信息和资源。应防止一切未经授权的对信息的阅读、生成、修改或删除。ONU 应该置于封闭式单元或机箱中并有物理锁定以防止未经授权的接入 ONU FRU。ONU 单元或机箱的打开应产生事件报告并送给操作系统。

除了上述封闭和锁定措施外,ONU 处还应提供进一步的措施来限制物理接入与其他用户的 ONU 有关的信息以及用来调制 ONU 光发送机的电驱动信号。

如果 ONU 丢失了与 OLT 的管理通信联系,应立即停止发送用户信息。通过操作系统应能压制上述功能。

如果 OLT 丢失了与某个 ONU 的管理通信联络,应停止那个 ONU 发送用户信息。同样,通过操作系统应能压制上述功能。

如果 OLT 丢失了与任意 ODN 接口上的所有从属 ONU 的管理通信联络,它应该中止从那个 ODN 接口发送任何用户信息。同样,通过操作系统应能压制上述功能。

d) 检查跟踪

对系统物理配置的任何变化细节都应送给操作系统。如果一旦 OLT 和 OS 间的管理通信失败,有关事件报告的信息应该存储在相关 OLT 中直至管理通信恢复正常为止,此时上述事件报告的信息再送给操作系统。

e) 准确性

应始终保持与安全有关的信息的正确性,同时还应防止任何未经授权的对安全有关的信息或安全有关信息不同项目之间关系的修改。

f) 可用性

只要有需要应能将安全有关的信息及运行系统的资源和信息提供给 FRU 使用。

g) 数据交换

系统管理数据的完整性和保密性应该在核心传输系统上的传输期间始终保持,而且在核心传输系统上传输期间的系统管理数据的完整性应该是可以检验核实的。此外从 OLT 传送给所有从属 ONU 的用户数据以及从 ONU 传送给相关 OLT 的用户数据的保密性应始终保持。

h) ONU 安全的分层

OAN 的安全性可以按 3 层来考虑,物理安全性,传输系统安全性和业务安全性,如图 18 所示,下面分别讲述。

1) 物理安全功能

OAN 的安全分层的第一层是物理安全性,其主要功能包括为下述物理单元提供安全措施,即光缆、机架、光分路器盒、家用 ONU 机箱和路边或交接箱用 ONU 机箱等。主要的物理保护措施有:锁定、光衰减的监视、门接触器、铅封等。

2) 传输系统安全功能

该层主要为核心传输系统提供安全功能,有关的安全措施包括对核心传输系统公用的功能,主要有:

- 对 FRU 的鉴权过程;

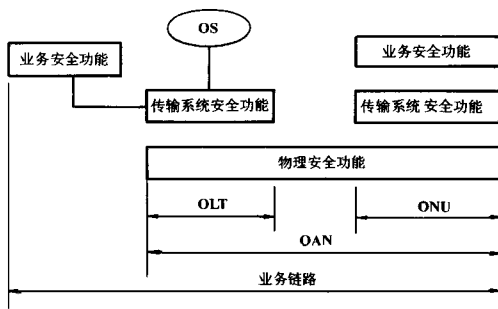


图 18 光接入网安全的分层

- OUN 的接入控制措施；
- 核心传输系统中数据的接入控制措施。

这些措施是集中供给核心传输系统的，即对所有 ONU 都是公用的。

- 库存信息；以下有关的消息必须送给操作系统：
- 接入控制信息；
- 物理配置的改变。

整个鉴权过程也由操作系统控制。

3) 业务安全功能

该层为业务部分功能提供安全措施。对于需要极端保密的特殊业务，安全功能必须按一段一段链路为基础实施，这类安全措施与特殊业务有关，必须在业务部分内实施。

18 运行环境要求

为了确保电路质量，网络设备在室内、室外都应能正常运行，考虑我国地域广阔、南北差异较大的实际情况，规定设备必须适应下述环境条件：

18.1 室内环境条件

- 温度： $+5^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$ ；
- 湿度： 最大（相对 $+25^{\circ}\text{C}$ 时）不大于 85%；
- 配电： 直流、正极接地。

标称值 -48V ，容差 $\pm 15\%$ 时系统正常运行。

18.2 室外环境条件

- 温度：

| | |
|----|--|
| 南方 | $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ ； |
| 北方 | $-40^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ |

- 湿度

相对 25℃时不小于 95%。

c) 大气压力

70~106kPa。

d) 机箱封装

设备应密封于机箱内,防水、防尘、防潮、防雷、防震、防蛀等。

附录 A

(标准的附录)

ODN 光通道损耗的计算

本附录主要是关于采用高斯法计算光通道损耗的方法和结果。

由于实际光元器件参数值的分布范围较宽,因而若能充分利用其统计分布特性,按统计特性将各个光元件的损耗相加,则有可能大大延长传输距离。

高斯法是最简单的统计法,其基本原理就是利用多个高斯随机变量之和仍为高斯分布的特性,直接对各个随机变量的均值和方差进行运算从而算出光通道损耗的上界 l_u 和下界 l_l ,即最坏值和最好值。采用 3 倍标准差后,所算上下界的统计置信度可达 99.7%,可靠性很好。ITU-T G. 982 给出了如下光通道损耗的上界 l_u 和下界 l_l 参考计算公式:

$$l_u = (mS_\mu + kC_\mu + LF_\mu + bB_\mu + M_\mu) + 3\sqrt{mS_\sigma^2 + KC_\sigma^2 + LF_\sigma^2 + bB_\sigma^2 + M_\sigma^2}$$

$$l_l = (mS_\mu + kC_\mu + LF_\mu + bB_\mu + M_\mu) - 3\sqrt{mS_\sigma^2 + KC_\sigma^2 + LF_\sigma^2 + bB_\sigma^2 + M_\sigma^2}$$

式中 m 表示光接头数, K 表示光活动连接器数目, L 表示光纤长度, b 表示光分路器数目, S_μ 表示平均接头损耗 (dB), C_μ 表示平均活动连接器损耗 (dB), F_μ 表示平均光纤损耗 (dB/km), B_μ 表示平均光分路器损耗 (dB), M_μ 表示其他光器件 (例如 WDM 等) 的平均损耗, S_σ 表示光接头损耗的标准偏差, C_σ 表示活动连接器损耗的标准偏差, F_σ 表示光纤损耗的标准偏差值 (dB/km), B_σ 表示光分路器损耗的标准偏差, M_σ 表示其他光器件损耗的标准偏差。

在现在实际的光接入网 OAN 中,如果不考虑引入 WDM 等器件情况下,即没有其它光器件损耗, $M_\mu = M_\sigma = 0$, 公式可以进行简化。但是,此时我们必须考虑光缆的富裕度。所谓光缆富裕度主要是考虑将来的维修需要以及由于温度和波长变化所引起的光通道损耗增加而预留的数值。上面公式可修改为:

$$l_u = (mS_\mu + kC_\mu + LF_\mu + bB_\mu + M_c) + 3\sqrt{mS_\sigma^2 + KC_\sigma^2 + LF_\sigma^2 + bB_\sigma^2}$$

$$l_l = (mS_\mu + kC_\mu + LF_\mu + bB_\mu + M_c) - 3\sqrt{mS_\sigma^2 + KC_\sigma^2 + LF_\sigma^2 + bB_\sigma^2}$$

式中 M_c 表示光缆富裕度。

当光元件损耗的分布接近高斯形时,高斯法的精度很好,否则会导致较大的误差。

附录 A 表 A1、表 A2 给出了计算模型的各个参数的假定取值。

表 A1 光通道中的假设参数

| | | |
|----------|--------|--------|
| 假设: | | |
| | 0 | WDM 器件 |
| | 2 | 活动连接器 |
| 链路两端至少有 | 2 | 光纤接头 |
| 5km 以下时 | 2.0 | 接头/km |
| 5~20km 时 | 1.5 | 接头/km |
| 20km 以上时 | 1.2 | 接头/km |
| 富余度 | 1~3 dB | |

表 A2 无源器件损耗的均值和方差参考值

| | 均值 | 方差 |
|----------|-----------|-----------------|
| 1:1 分路器 | 0.00dB | 0.00dB |
| 1:2 分路器 | 3.50dB | 0.20dB |
| 1:4 分路器 | 6.70dB | 0.42dB |
| 1:6 分路器 | 8.70dB | 0.30dB |
| 1:8 分路器 | 9.80dB | 0.55dB |
| 1:16 分路器 | 13.10dB | 0.67dB |
| 1:32 分路器 | 17.00dB | 0.90dB |
| 1:64 分路器 | 20.80dB | 1.20dB |
| | 均值 | 方差 |
| WDM | 0.50dB | 0.10dB |
| 光纤损耗 | 0.35dB/km | 0.02dB/sqrt(km) |
| 活动连接器 | 0.40dB | 0.10dB |
| 光接头 | 0.10dB | 0.05dB |

表 A3 光通道损耗高斯法计算结果

| 距离 | | 0.1km | 1km | 2km | 3km | 4km | 5km | 10km | 15km | 20km | 25km | 30km |
|----|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | (1;1) | | 2.03 | 2.53 | 3.04 | 3.55 | 4.07 | 7.23 | 10.61 | 13.01 | 14.76 | 17.03 |
| | ×(1;1) 分路器 | 2.51 | 3.07 | 3.67 | 4.26 | 4.85 | 5.43 | 8.77 | 12.39 | 14.99 | 16.74 | 19.17 |
| 2 | (1;1) | 4.94 | 5.43 | 5.95 | 6.47 | 6.99 | 7.52 | 10.70 | 14.11 | 16.53 | 18.27 | 20.56 |
| | ×(1;2) 分路器 | 6.53 | 7.07 | 7.65 | 8.23 | 8.81 | 9.38 | 12.70 | 16.29 | 18.87 | 20.63 | 23.04 |
| 4 | (1;1) | 7.57 | 8.07 | 8.60 | 9.13 | 9.67 | 10.20 | 13.41 | 16.85 | 19.29 | 21.03 | 23.33 |
| | ×(1;4) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 分路器 | 10.30 | 10.83 | 11.40 | 11.97 | 12.53 | 13.10 | 16.39 | 19.85 | 22.51 | 24.27 | 26.67 |
| | (1;2) | 8.42 | 8.91 | 9.44 | 9.96 | 10.49 | 11.02 | 14.21 | 17.64 | 20.07 | 21.81 | 24.10 |
| 6 | ×(1;2) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 分路器 | 10.45 | 10.99 | 11.56 | 12.14 | 12.71 | 13.28 | 16.59 | 20.16 | 22.73 | 24.49 | 26.90 |
| | (1;1) | 9.90 | 10.39 | 10.92 | 11.44 | 11.97 | 12.50 | 15.69 | 19.12 | 21.55 | 23.29 | 25.59 |
| | ×(1;6) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 8 | 分路器 | 11.97 | 12.51 | 13.08 | 13.66 | 14.23 | 14.80 | 18.11 | 21.68 | 24.25 | 26.01 | 28.41 |
| | (1;1) | 10.31 | 10.81 | 11.34 | 11.88 | 12.41 | 12.95 | 16.17 | 19.62 | 22.07 | 23.81 | 26.12 |
| | ×(1;8) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 分路器 | 13.76 | 14.29 | 14.86 | 15.42 | 15.99 | 16.55 | 19.83 | 23.38 | 25.93 | 27.69 | 30.08 |
| 12 | (1;2) | 11.13 | 11.63 | 12.16 | 12.70 | 13.23 | 13.77 | 16.98 | 20.42 | 22.87 | 25.61 | 26.92 |
| | ×(1;4) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 分路器 | 14.14 | 14.67 | 15.24 | 15.80 | 16.37 | 16.93 | 20.22 | 23.78 | 26.33 | 28.09 | 30.48 |
| | (1;2) | 13.42 | 13.91 | 14.44 | 14.97 | 15.50 | 16.04 | 19.24 | 22.67 | 25.11 | 26.85 | 29.15 |
| 16 | ×(1;6) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 分路器 | 15.85 | 16.39 | 16.96 | 17.53 | 18.10 | 18.66 | 21.96 | 25.53 | 28.09 | 29.85 | 32.25 |
| | (1;1) | 13.26 | 13.76 | 14.30 | 14.84 | 15.38 | 15.92 | 19.14 | 22.59 | 25.05 | 26.80 | 29.11 |
| | ×(1;16) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 24 | 分路器 | 17.41 | 17.94 | 18.50 | 19.06 | 19.62 | 20.18 | 23.46 | 27.01 | 29.55 | 31.30 | 33.69 |
| | (1;2) | 13.89 | 14.39 | 14.93 | 15.47 | 16.00 | 16.54 | 19.76 | 23.21 | 25.66 | 27.41 | 29.72 |
| | ×(1;8) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 分路器 | 17.58 | 18.11 | 18.67 | 19.23 | 19.80 | 20.36 | 23.64 | 27.19 | 29.74 | 31.49 | 33.88 |
| 32 | (1;4) | 13.97 | 14.47 | 15.01 | 15.54 | 16.08 | 16.62 | 19.83 | 23.29 | 25.74 | 27.49 | 29.80 |
| | ×(1;4) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 分路器 | 17.70 | 18.23 | 18.79 | 19.36 | 19.92 | 20.48 | 23.77 | 27.31 | 29.86 | 31.61 | 34.00 |
| | (1;4) | 16.19 | 16.69 | 17.22 | 17.76 | 18.30 | 18.83 | 22.04 | 25.49 | 27.94 | 29.69 | 31.99 |
| 32 | ×(1;6) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 分路器 | 19.48 | 20.01 | 20.58 | 21.14 | 21.70 | 22.27 | 25.56 | 29.11 | 31.66 | 33.41 | 35.81 |
| | (1;1) | 16.49 | 16.99 | 17.53 | 18.07 | 18.62 | 19.16 | 22.38 | 25.85 | 28.32 | 30.06 | 32.39 |
| | ×(1;32) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 32 | 分路器 | 21.98 | 22.51 | 23.07 | 23.63 | 24.18 | 24.74 | 28.02 | 31.55 | 34.08 | 35.84 | 38.21 |
| | (1;2) | 16.86 | 17.37 | 17.91 | 18.45 | 18.98 | 19.52 | 22.74 | 26.20 | 28.66 | 30.41 | 32.73 |
| | ×(1;16) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 分路器 | 21.21 | 21.73 | 22.29 | 22.85 | 23.42 | 23.98 | 27.26 | 30.80 | 33.34 | 35.09 | 37.47 |
| 32 | (1;4) | 16.78 | 17.29 | 17.83 | 18.37 | 18.90 | 19.44 | 22.66 | 26.12 | 28.58 | 30.33 | 32.65 |
| | ×(1;8) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 32 | 分路器 | 21.09 | 21.61 | 22.17 | 22.73 | 23.30 | 23.86 | 27.14 | 30.68 | 33.22 | 34.97 | 37.35 |

续表 A3

| 距离 | | 0.1km | 1km | 2km | 3km | 4km | 5km | 10km | 15km | 20km | 25km | 30km |
|----|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 36 | (1,6) | 18.44 | 18.94 | 19.47 | 20.01 | 20.54 | 21.07 | 24.28 | 27.72 | 30.16 | 31.91 | 34.21 |
| | ×(1,6) 分路器 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 48 | (1,6) | 18.97 | 19.48 | 20.01 | 20.55 | 21.09 | 21.63 | 24.85 | 28.30 | 30.76 | 32.50 | 34.82 |
| | ×(1,8) 分路器 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 64 | (1,6) | 18.97 | 19.48 | 20.01 | 20.55 | 21.09 | 21.63 | 24.85 | 28.30 | 30.76 | 32.50 | 34.82 |
| | ×(1,8) 分路器 | 22.90 | 23.42 | 23.99 | 24.55 | 25.11 | 25.67 | 28.95 | 32.50 | 35.04 | 36.80 | 39.18 |
| | (1,1) | 19.40 | 19.91 | 20.45 | 20.99 | 21.54 | 22.08 | 25.31 | 28.79 | 31.26 | 33.01 | 35.34 |
| | ×(1,64) 分路器 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | (1,2) | 20.11 | 20.62 | 21.16 | 21.70 | 22.24 | 22.79 | 26.01 | 29.48 | 31.95 | 33.70 | 36.02 |
| | ×(1,32) 分路器 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | (1,4) | 19.80 | 20.30 | 20.84 | 21.38 | 21.92 | 22.46 | 25.69 | 29.15 | 31.61 | 33.36 | 35.68 |
| | ×(1,16) 分路器 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | (1,8) | 19.63 | 20.14 | 20.68 | 21.22 | 21.76 | 22.30 | 25.52 | 28.99 | 31.45 | 33.20 | 35.52 |
| | ×(1,8) 分路器 | 24.44 | 24.96 | 25.52 | 26.08 | 26.64 | 27.20 | 30.48 | 34.01 | 36.55 | 38.30 | 40.68 |
| | (1,16) | 19.40 | 19.91 | 20.45 | 20.99 | 21.54 | 22.08 | 25.31 | 28.79 | 31.26 | 33.01 | 35.34 |
| | ×(1,64) 分路器 | 26.67 | 27.19 | 27.75 | 28.31 | 28.86 | 29.42 | 32.69 | 36.21 | 38.74 | 40.49 | 42.86 |

表 1 中对富裕度的取值,我们根据第 6 章的规定,0~5km(含 5km)取 1dB, 5~10km(含 10km)取 2dB, 10km 以上取 3dB。

对接头的数值,无论距离多么短,在链路的两端至少要有 2 个。5km 以内(含 5km)每公里附加 2 个,5~10km 每公里附加 1.5 个,10km 以上每公里附加 1.2 个。每增加一个分路器件增加 2 个接头。

光活动连接器的数目取为 2 个。

光通道中最大分路比为 1:64。最长传输距离取为 30km。

附录 B

(提示的附录)

操作管理维护功能

光接入网的操作管理维护(OAM)功能应遵守 TMN 的通用功能要求,同时又必须有一些针对光接入网的特有功能要求。

OAM 功能的分类可以从两个角度来考虑。一个是与 OAM 有关的 OAN 的功能子系统,因为一个 OAN 系统由许多功能子系统主持,有些功能子系统与 OAM 有关。另一个是 OAM 应完成的功能类别。

OAN 的功能子系统与 OAM 有关的有 4 类,即设备(着重机械部分)、传输(着重光/电电路和电路部分)、光的子系统和业务子系统,用来完成 OAM 要求。

- 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、铃、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。

- 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。

- 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。

- 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 OAN 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 OAN 的功能原则上必须具备 TMN 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。

下面将分述其具体规定。

B1 配置管理

a) 设备

- 支持简单方便的工作实施;
- 内部元件的配置;
- 系统备用元件的配置。

b) 传输

- OLT 和 ONU 之间带宽分配的配置;
- ONU 的初始化;
- ONU 状态和库存的维护;
- OLT 的交叉连接;

- 环回测试的重新配置。

c) 光的子系统

- 利用线夹式光功率计可支持 OAN 识别；
- 如果需要的话,在不同 OAN 间倒换 OTDR。

d) 业务子系统

- 线路测试的重新配置(FTTH 情况下为任选项)；
- 环回测试的重新配置；
- ONU 中线路卡指示的配置；
- ONU 中线路卡和 OLT 中交换接口的更新升级；
- 通过使用 ONU 中空闲线路的重新供给达到配置管理(FTTH 情况下为任选项)。

B2 性能管理

主要性能管理功能有：

a) 设备

- 供电条件监视；
- 环境监视。

b) 传输

- 误码监视；
- 有延时调整功能时可以对调整的延时进行监视。

c) 光的子系统

- OAN 性能劣化的监视。

d) 业务子系统

- 对 OLT 的交换机接口进行监视；
- 对 ONU 处的线路进行监视；

B3 故障管理

为了防止大量告警信息充斥网络管理层而采取的告警优先级划分和告警遮蔽行动与所有功能子系统有关。其他涉及故障管理的功能有以下几方面：

a) 设备

- 元件故障位置告警的监视；
- 电源失效监视；
- 如果需要的话,在 ONU 处的环境告警监视。

b) 传输

- 与 ONU 通信联络的丢失；
- 传输系统的 OLT 失效的监视；
- 过量误码的监视；
- 传输段层的诊断测试。

c) 光的子系统

- 利用例行测试发现故障和 OAN 性能劣化；
- 利用测试对 OAN 进行故障定位。

d) 业务子系统

- OLT 的交换机接口告警的监视；
- OLT 的交换机接口的测试；
- 对 ONU 处线路的测试；
- 业务能力的环回测试。

B4 安全管理

主要安全管理功能有：

a) 设备

防止未经授权接入设备。

b) 传输

- 对未经授权的 ONU 试图接入系统的检测；
- OLT 和 ONU 之间传输的安全保证。

c) 光的子系统

- 对未经授权的光信号分支的检测。

附 录 C

(提示的附录)

术 语

| | |
|--|---------------|
| Access facility (AF) | 接入设施 |
| Access network (AN) | 接入网 |
| Active optical network (AON) | 有源光网络 |
| Adaptation function (AF) | 适配功能 |
| Adaptation unit (AU) | 适配单元 |
| Asynchronous transfer mode (ATM) | 异步传递(转移)模式 |
| ATM passive optical network (APON) | ATM 无源光网络 |
| Background block error (BBE) | 背景误块(块差错) |
| Background block error ratio (BBER) | 背景误块比(块差错比) |
| Basic rate access (BRA) | 基本速率接入 |
| Bearer service | 承载业务 |
| Bit error ratio (BER) | 比特差错率, 误码率 |
| Central office termination (COT) | 局端 |
| Common management information service (CMIS) | 公共管理信息服务 |
| Customer premises equipment (CPE) | 用户驻地设备 |
| Customer premises network (CPN) | 用户驻地网 |
| Digital loop carrier (DLC) | 数字环路载波 |
| Diplex | 异波长双工 |
| Distribution point (DP) | 配线点 |
| Duplex | 双工 |
| Drop line | 引入线 |
| Erbium doped fiber amplifier (EDFA) | 掺铒光纤放大器 |
| Errored second (ES) | 误码秒, 差错秒, 误块秒 |
| Errored second ratio (ESR) | 误块秒比, 差错秒比 |
| Exchange termination (ET) | 交换终端 |
| Fiber in the loop (FITL) | 光纤环路系统 |
| Fiber to the building (FTTB) | 光纤到楼 |
| Fiber to the curb (FTTC) | 光纤到路边 |
| Fiber to the home (FTTH) | 光纤到户 |
| Field replaceable unit (FRU) | 可更换单元范围 |
| Flexible point (FP) | 灵活点 |
| Host digital terminal (HDT) | 局用数字终端 |
| Integrated service digital network (ISDN) | 综合业务数字网 |

| | |
|--|--------------|
| International Telecommunication Union (ITU) | 国际电信联盟 |
| Local exchange (LE) | 本地交换机 |
| Line termination (LT) | 线路终端 |
| Macrobending loss | 宏弯损耗 |
| Mediation device (MD) | 协调设备, 中介设备 |
| Microbending loss | 微弯损耗 |
| Modal noise | 模式噪声 |
| Mode field diameter (MFD) | 模场直径 |
| Mode partition noise (MPN) | 模分配噪声 |
| Monte Carlo Simulation (MCS) | 蒙特卡洛模拟 |
| Motion Picture Experts Group (MPEG) | 运动图像专家组 |
| Multimedia service | 多媒体业务 |
| Near VOD (NVOD) | 准点播电视, 准影视点播 |
| Network element (NE) | 网元 |
| Operation system (OS) | 操作系统 |
| Operations, administration and maintenance (OAM) | 操作管理和维护 |
| Optical distribution network (ODN) | 光配线网 |
| Optical access network (OAN) | 光接入网 |
| Optical amplifier (OA) | 光放大器 |
| Optical branching device (OBD) | 光分路器 |
| Optical line terminal (OLT) | 光线路终端 |
| Optical network unit (ONU) | 光网络单元 |
| Optical time domain reflectometer (OTDR) | 光时域反射仪 |
| Passive optical network (PON) | 无源光网络 |
| Path | 通道 |
| Plain old telephone service (POTS) | 普通电话业务 |
| Plesiochronous digital hierarchy (PDH) | 准同步数字体系 |
| Primary cable access | 主干电缆接入 |
| Primary rate access (PRA) | 一次群速率接入 |
| Public switched telephone network (PSTN) | 公用电话交换网 |
| Ranging | 测距 |
| Section | 段 |
| Service access point (SAP) | 业务接入点 |
| Service node (SN) | 业务节点 |
| Service node interface (SNI) | 业务节点接口 |
| Service port function (SPF) | 业务端口功能 |
| Severely errored cell block ratio (SECBR) | 严重差错信元块比 |
| Severely errored second (SESR) | 严重差错秒 |

| | |
|--|------------|
| Severely errored second ratio (SESR) | 严重差错秒比 |
| Simplex | 单工 |
| Space division multiplexing (SDM) | 空分复用 |
| Splitter | 分路器 |
| Subscriber network interface (SNI) | 用户网络接口 |
| Subscriber premises network (SPN) | 用户室内网 |
| Subcarrier multiple access (SCMA) | 副载波多址接入 |
| Subcarrier multiplexing (SCM) | 副载波复用 |
| Synchronous digital hierarchy (SDH) | 同步数字体系 |
| Switched digital video (SDV) | 交换式数字图像 |
| Telecommunication management network (TMN) | 电信管理网 |
| Time compression multiplexing (TCM) | 时间压缩复用 |
| Time division multiple access (TDMA) | 时分多址接入 |
| Transport network | 传送网 |
| Tree and branch architecture | 树型—分支结构 |
| Tributary unit (TU) | 支路单元 |
| User network interface (UNI) | 用户网络接口 |
| User port function (UPF) | 用户端口功能 |
| Video on demand (VOD) | 点播电视, 影视点播 |
| Wander | 漂移 |
| Wavelength division multiplexing (WDM) | 波分复用 |
