

ICS 33 180 20
M 33

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1636-2007

光纤到户（FTTH）体系结构和总体要求

Architecture and General Requirements for Fiber to the Home

2007-04-16 发布

2007-10-01 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

目 次

前 言..... II

引 言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 缩略语..... 2

4 FTTH 系统的体系架构..... 4

5 FTTH 拓扑结构..... 10

6 业务和接口要求..... 13

7 FTTH 的实现技术和基本要求..... 14

8 保护要求..... 21

9 性能指标要求..... 22

10 FTTH 安全要求..... 24

11 FTTH 的 QoS 保证要求..... 25

12 FTTH 系统的管理要求..... 27

13 FTTH 系统的运行和维护要求..... 29

14 FTTH 用光纤光缆技术要求..... 30

15 FTTH 光缆线路（辅助）设施..... 34

16 FTTH 光缆线路设计概要..... 36

17 FTTH 网络测试基本要求..... 36

附录 A（资料性附录）三波长 PON 的 FTTH 系统的实现..... 39

附录 B（资料性附录）FTTH 布线方案设计要点..... 40

附录 C（资料性附录）FTTH 光缆安装施工要求及方法..... 43

参考文献..... 46

前 言

本标准的第4章修改为采用ITU-T G.983.1-2005《基于无源光网络的宽带光接入系统》第5部分，修改的主要内容是针对FTTH这一特定应用类型的实际情况，将ONU修改为ONT，ODN修改为DN等。

本标准的第8章修改为采用ITU-T G.984.1-2003《G比特无源光网络（GPON）》第14部分，修改的主要内容包括：取消了基于无源光分配网的线路保护方式，而采用以有源节点接口部件提供倒换功能的保护方式；将FTTH DN网的构成要素与保护机制有机关联起来等。

本标准参考了以下标准：

- YD/T 1619-2007 宽带光接入网总貌
- YDN 005-1996 接入网概貌
- YDN 057-1997 接入网技术要求——基于无源光网络技术的光接入网
- YDN 061-1997 接入网技术体制（暂行规定）

本标准的附录A、附录B、附录C为资料性附录。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：武汉邮电科学研究院

信息产业部电信研究院

中国网通集团公司

中国电信集团公司

中兴通讯股份有限公司

华为技术有限公司

北京西门子通信网络股份有限公司

上海贝尔阿尔卡特股份有限公司

UT斯达康（重庆）通讯有限公司

深圳飞通光电子技术有限公司

润欣通信技术（上海）有限公司苏州分公司

本标准主要起草人：毛 谦 杨 铸 敖 立 张文钺 王 波 何 岩 程淑玲 张继军

贝劲松 刘 谦 欧阳伟龙 陆 伟 陈 晓 赵 刚 陈 洁 李 青

引 言

在各种类型的宽带接入方式中，光纤到户（即 FTTH）是宽带有线接入的发展方向。随着 FTTH 产业化进程的不断加快，整个通信行业（包括网络运营商、设备制造商、相关的房地产开发商和最终用户）迫切需要一个新的行业标准，从系统的角度完整地规范 FTTH 的体系架构和相关总体要求，以梳理现有的数量众多的与 FTTH 系统相关但分别侧重于某一特定方面的技术规范，更好地为今后 FTTH 的产业化发展发挥指导作用。

考虑到系统总体要求标准的完整性，本标准包括了系统节点设备，节点设备间的光纤、光缆以及光缆线路辅助设施等。由于 FTTH 直接将光纤媒质覆盖到最终用户，系统设计、施工、验收和维护在本标准中也有所考虑。

光纤到户 (FTTH) 体系结构和总体要求

1 范围

本标准规定了光纤到户 (FTTH, Fiber To The Home) 的体系架构及总体要求, 包括FTTH系统的体系架构、网络拓扑、支持的业务类型、实现技术与要求、性能指标要求以及运行和维护要求等, 概要地规范了FTTH用光缆及线路辅助设施的基本要求。

本标准适用于在我国公用电信网中FTTH用户接入的网络 (包括系统设备、线路及相关配套设施), 专用电信网亦可参照本标准。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件, 其随后所有的修改单 (不包括勘误的内容) 或修订版均不适用于本标准。然而, 鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本适用于本标准。

GB/T 7611-2001	脉冲编码调制通信系统网路数字接口参数
GB 9254-1998	信息技术设备无线电骚扰限值和测试方法
GB/T 9771.1	通信用单模光纤系列 第 1 部分: 非色散位移单模光纤特性
GB/T 9771.3	通信用单模光纤系列 第 3 部分: 波长段扩展的非色散位移单模光纤特性
GB/T 13993.4-2002	通信光缆系列 第 4 部分: 接入网用室外光缆
GB/T 17618-1998	信息技术设备抗扰度限值和测试方法
YD/T 778	光纤配线架
YD/T 814.1-2004	光缆接头盒
YD/T 876-1996	用户接入网中综合传输电信业务和有线电视业务的技术要求
YD/T 925-1997	光缆终端盒
YD/T 988-2007	通信光缆交接箱
YD/T 1054-2000	接入网技术要求——综合数字环路载波 (IDLC)
YD/T 1090-2000	接入网技术要求——基于 ATM 的无源光网络 (A-PON)
YD/T 1099-2005	以太网交换机技术要求
YD/T 1128-2001	电话交换设备总技术规范 (补充 1)
YD/T 1160-2001	接入网技术要求——基于以太网技术的宽带接入网
YD/T 1171-2001	IP 网络技术要求——网络性能参数与指标
YD/T 1258.1-2003	室内光缆系列 第 1 部分: 总则
YD/T 1258.2-2003	室内光缆系列 第 2 部分: 单芯光缆
YD/T 1258.3-2003	室内光缆系列 第 3 部分: 双芯光缆
YD/T 1258.4-2005	室内光缆系列 第 4 部分: 多芯光缆

YD/T 1258.5-2005	室内光缆系列 第 5 部分：光纤带光缆
YD/T 1385	基于软交换的综合接入设备技术要求
YD/T 1475-2006	接入网技术要求——基于以太网方式的无源光网络（EPON）
GY/T 121-95	有线电视系统测量方法
GY/T 198-2003	有线数字电视广播 QAM 调制器技术要求和测量方法
YDN 065-1997	邮电部电话交换设备总技术规范书
ITU-T G.984.2-2003	吉比特无源光网络（GPON）：物理媒介相关（PMD）层规范
ITU-T G.984.3-2004	G 比特无源光网络（GPON）：传输汇聚层规范
ITU-T I.732	ATM 设备的功能特性
IEEE 802.1ad	虚拟桥接局域网——网络提供商网桥
IEEE 802.1D	媒体访问控制（MAC）网桥
IEEE 802.1Q	虚拟桥接局域网
IEEE 802.1x	基于端口的访问控制协议
IEEE 802.3-2005	带碰撞检测的载波监听多重访问的访问方式及物理层定义
IEEE 802.3ae-2002	万兆以太网
IEEE 802.3ah-2004	第一英里以太网
RFC2474	IPv4 与 IPv6 包头中区分服务字段（DS Field）的定义
RFC2475	区分服务体系结构

3 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

ACF	Access Control Function	接入控制功能
APON	ATM Passive Optical Network	基于 ATM 方式的无源光网络
ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步转移模式
BAS	Broadband Access Server	宽带接入服务器
CATV	Cable TV	有线电视
CPE	Customer Premise Equipment	用户驻地设备
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	动态主机配置协议
DN	Distribution Network	分配网
DSCP	Differentiated Services（DiffServ）Code Point	区分服务（DiffServ）代码点
E/O	Electrical/Optical	电光（转换）
EPON	Ethernet Passive Optical Network	基于以太网方式的无源光网络
FE	Fast Ethernet	快速以太网
FIFO	First-In First-Out	先入先出
FQ	Fair Queuing	公平队列
FRU	Field Replacing Unit	现场可更换单元

FTTB/C	Fiber to The Building/Curb	光纤到楼宇/分线盒
FTTCab	Fiber to The Cabinet	光纤到交接箱
FTTH	Fiber to The Home	光纤到户
FTTO	Fiber to The Office	光纤到办公室
GE	Gigabit Ethernet	千兆比特以太网
GEM	GPON Encapsulation Mode	GPON 封装模式
GMII	Gigabit Media Independent Interface	千兆媒质无关接口
GPON	Gigabit Passive Optical Network	吉比特无源光网络
GTC	GPON Transmission Converge	GPON 传输汇聚(层)
IP	Internet Protocol	互联网协议
IPTV	Internet Protocol Television	互联网协议电视
LED	Light Emitting Diode	发光二极管
LLID	Logical Link IDentification	逻辑链路标识
LT	Line Terminal	线路终端
MAC	Media Accessing Control	媒质接入控制
MDI	Media Dependent Interface	媒质相关接口
MOS	Mean Opinion Score	平均判断分
NMI	Network Management Interface	网络管理接口
NT	Network Terminal	网络终端
OAM	Operation, Administration and Maintenance	操作、管理与维护
ODN	Optical Distribution Network	光分配网络
ODP	Optical Distribution Point	光分配点
O/E	Optical/Electrical	光电(转换)
OLT	Optical Line Terminal	光线路终端
ONT	Optical Network Terminal	光网络终端
ONU	Optical Network Unit	光网络单元
ORL	Optical Return Loss	光回损
OSI	Open System Interconnection	开放系统互联
OTDR	Optical Time Domain Reflectometry	光时域反射仪
PCS	Physical Code Sub-Layer	物理编码子层
PMA	Physical Media Attachment	物理媒质附加
PMD	Physical Media Dependent	物理媒质相关
PON	Passive Optical Networks	无源光网络
POTS	Plain Old Telephone Service	传统电话业务
PPPoE	Point to Point Protocol over Ethernet	以太网上点到点协议
PQ	Priority Queue	优先队列

PSQM	Perceptual Speech Quality Measurement	感知语音质量测度
QoS	Quality of Service	服务质量
RED	Random Early Detect	随机早期监测
RS	Reconciliation Sub-layer	协调子层
SIP	Session Initiation Protocol	会话初始协议
SLA	Service Level Agreement	服务等级协议
SN	Service Node	业务节点
SNI	Service Node Interface	业务节点接口
SNMP	Simple Network Management Protocol	简单网络管理协议
SPF	Service Port Function	业务接口功能
TC	Transmission Convergence	传输汇聚（层）
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议
TDMA	Time Division Multiple Access	时分多址
TF	Transmission Function	传送功能
TMN	Telecommunication Management Networks	电信管理网
T-CONT	Transmission Containers	传输容器
UDP	User Data Protocol	用户数据协议
UNI	User Network Interface	用户网络接口
USF	User Service port Function	用户业务接口功能
VLAN	Virtual Local Area Networks	虚拟局域网
VoIP	Voice over Internet Protocol	互联网协议电话
VP	Virtual Path	虚通道
WDM	Wavelength Division Multiplexing	波分复用
WFQ	Weighted Fair Queuing	加权公平队列
WTR	Wait To Restore	返回等待时间

4 FTTH 系统的体系架构

4.1 FTTH 的定义

FTTH（Fiber To The Home，光纤到户）是指仅利用光纤媒质连接通信局端和家庭住宅的接入方式，引入光纤由单个家庭住宅独享。

4.2 FTTH 在整个网络中的位置

公用电信传送网包括核心网和接入网，FTTH在整个网络中的位置如图1所示。

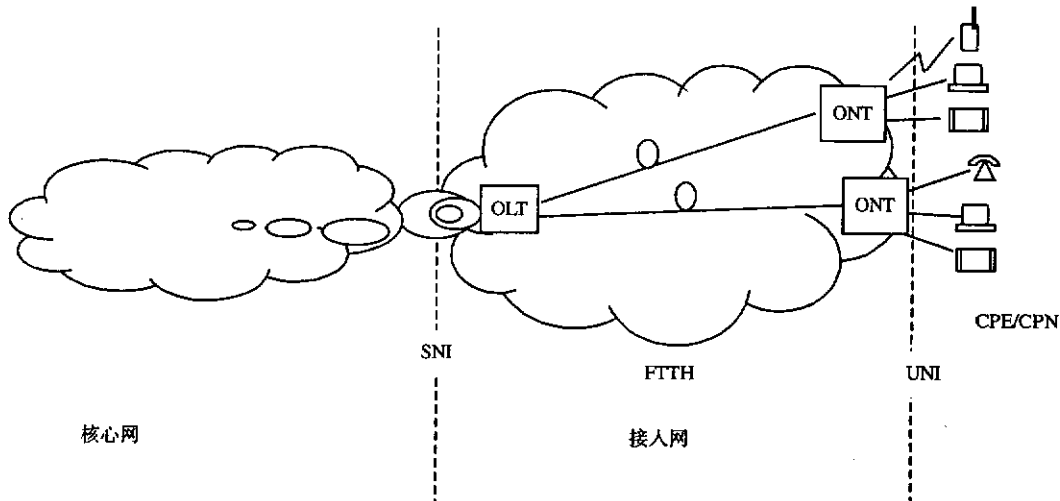


图1 FTTH 在整个网络中的位置示意

FTTH与其他网络实体之间的连接如图2所示。CPE/CPN通过用户网络接口（UNI）连接到FTTH，FTTH可以通过业务节点接口（SNI）连接到业务节点（SN），FTTH通过网络管理接口（NMI）连接电信管理网。原则上，对FTTH可实现的UNI和SNI的类型和数目没有限制。FTTH与其他宽带光接入网的关系如图3所示。

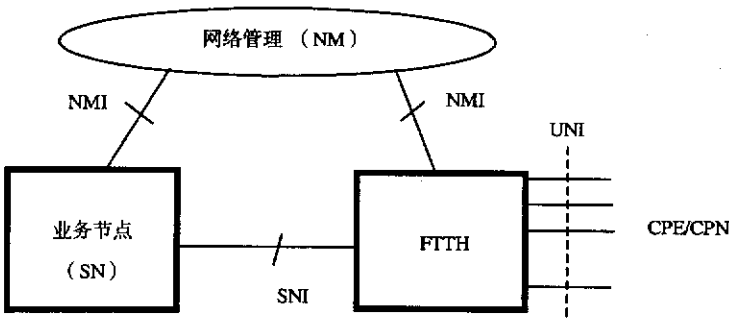
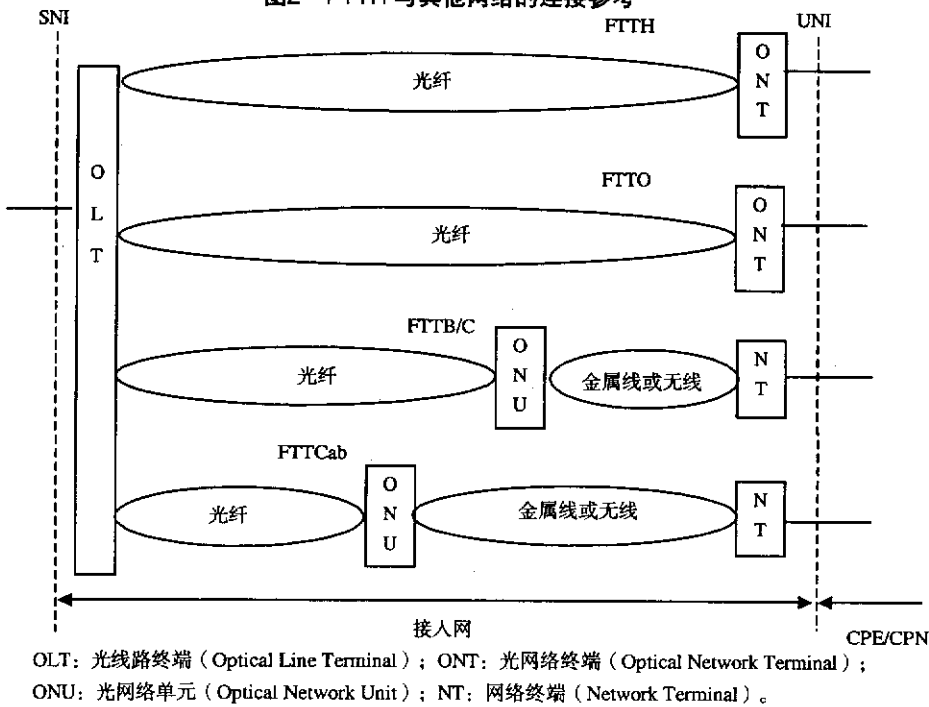


图2 FTTH 与其他网络的连接参考



OLT: 光线路终端 (Optical Line Terminal) ; ONT: 光网络终端 (Optical Network Terminal) ;
ONU: 光网络单元 (Optical Network Unit) ; NT: 网络终端 (Network Terminal) 。

图3 FTTH 与 FTTx 的关系

FTTCab、FTTB/C传输路程是部分采用光纤媒质，其余采用金属线或无线；FTTH、FTTO传输路程是全程采用光纤介质，两者用户对象与需求不同。FTTO、FTTB/C和FTTCab的详细表征参见YD/T 1619-2007《宽带光接入网总貌》。

4.3 FTTH 系统基本功能模型

FTTH可分为5个基本的功能组：用户业务接口功能、业务接口功能、核心功能、传送功能和管理功能。功能组之间的关系如图4所示。

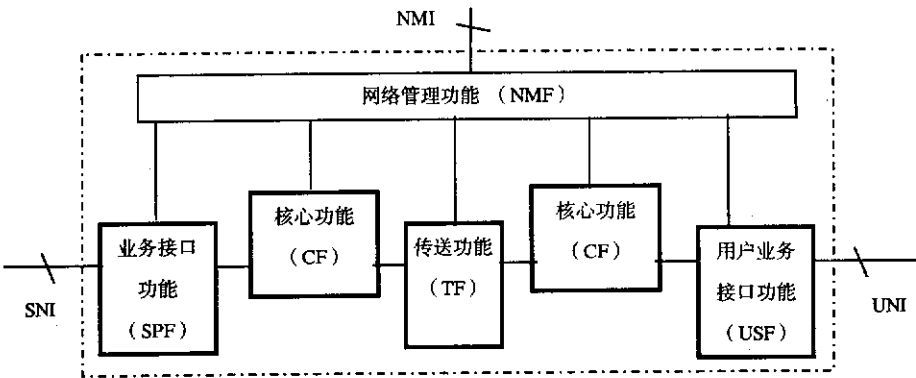


图4 FTTH 基本功能模型

业务接口功能将特定SNI定义的要求与外部公共承载体、驻地内容载体等适配，以便处理，并进行相关管理功能（包括认证、计费等）的信息处理。

用户业务接口功能将特定UNI的要求适配到核心功能和管理功能。

核心功能位于用户业务接口功能和业务接口功能之间，适配各个用户业务接口承载体要求或业务接口承载体要求进入公共传送承载体。包括协议处理、业务疏导和用于传送的复用功能。

传送功能为公共承载体的传送提供通道和传输媒质适配，如复用、交叉连接、物理媒质、管理等功能。

网络管理功能对其用户业务接口功能、业务接口功能、核心功能和传送功能进行指配、操作和管理，如配置和控制、故障检测 / 故障指示、使用信息和性能数据采集等。

4.4 FTTH 的功能部件

4.4.1 FTTH 系统组成

FTTH系统的基本组成包括FTTH光线路终端（OLT）、分配网（DN）、FTTH光网络终端（ONT）三大部分，如图5所示。

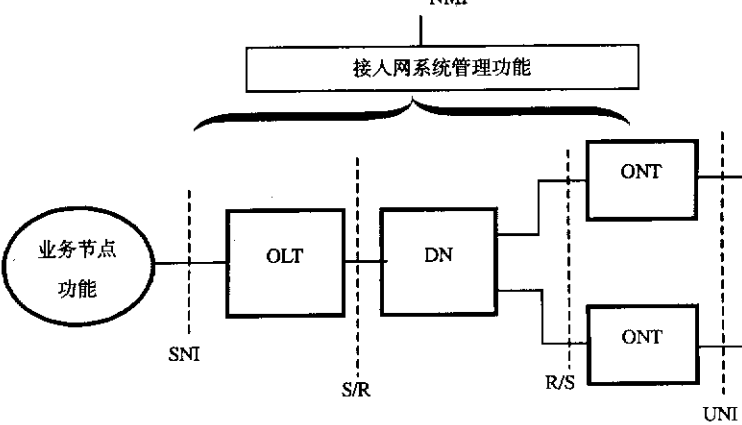


图5 FTTH 系统的组成

4.4.2 OLT 功能

OLT一方面将承载各种业务的信号在局端进行汇聚，按照一定的信号格式送入接入网络以便向终端用户传输，另一方面将来自终端用户的信号按照业务类型分别送入各种业务网中。OLT的作用是为FTTH提供网络侧与本地交换机及本地内容服务器之间的接口，并经DN与用户侧的ONT通信。OLT可以直接设置在本地交换机接口处，也可以设置在远端。

OLT在S/R点提供与DN连接的光接口，应至少能提供一个或一个以上的DN侧接口。OLT可以与本地交换机或/和本地内容服务器共处一地也可以安装在远端。其功能块可以用图6来描述。

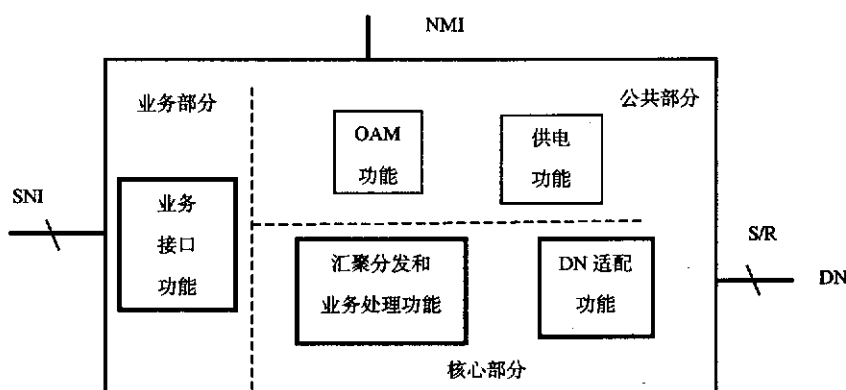


图6 OLT 功能组成

由图6可见，OLT功能可以由三部分组成，即核心部分，业务部分和公共部分。

a) 核心部分

OLT的核心部分功能包括汇聚分发和业务处理功能和DN适配功能。

汇聚分发和业务处理功能完成对于不同的业务类的信息进行处理，可以包括：复用/解复用、交换和/或交叉、业务质量控制、带宽管理、用户隔离和业务隔离、广播和组播等，上行与业务接口功能相连，下行与DN适配功能相连。其中：

- 复用/解复用功能，为各类业务流量实现在DN方向上的发送和接收提供统一复用的信息传送通道；
- 交换和/或交叉功能，为OLT DN侧可用的带宽与OLT网络侧可用的带宽提供交换和/或交叉能力；
- 业务质量控制，是指为保证OLT业务处理过程中各类业务的QoS、安全等特性所需的对OLT资源和相关业务流量的控制功能；
- 用户隔离和业务隔离，是指基于用户或业务类型对流量采取的隔离措施，以防止用户数据的私有性被破坏和业务被窃取；
- 广播和组播，是指OLT节点为实现点到多点流量传输所应支持的广播和组播能力，以提高带宽使用效率。

DN适配功能对DN接口（S/R点）进行分配，一个OLT可以提供至少一个DN接口，并具有一系列物理光接口的适配功能，包括光/电和电/光转换、物理媒质访问控制以及定时同步功能。需要光路保护时，OLT应能提供备用DN接口。

b) 业务部分

OLT业务部分具有业务接口功能，可包括接口适配、接口保护以及在需要时具有特定业务（如语音业务等）的信令处理和媒质传输制式的转换功能。OLT业务部分应至少提供一种业务端口。

c) 公共部分

OLT公共部分功能包括供电与OAM功能。供电功能将外部供电转换为所需的电源，在必要时，提供电源保护功能。OAM功能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，并可提供网络运营相关的信息（如计费原始信息）。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NMI接口还可以与上层网管系统相连。

4.4.3 ONT 功能

ONT的作用是对相应用户的不同业务进行复用和解复用，以便在上行方向将各种不同的家庭终端的不同业务信号复用起来在同一传输媒体中传输；而在下行方向将不同的业务解复用，通过不同的接口送到相应的终端（比如电话机、电视机、计算机等）。UNI支持语音、视频，数据等业务接入，并为用户提供对外的接口。ONT还在R/S点提供与DN之间的光接口，在UNI点实现FTTH用户侧的接口功能，其功能块可以用图7来描述。

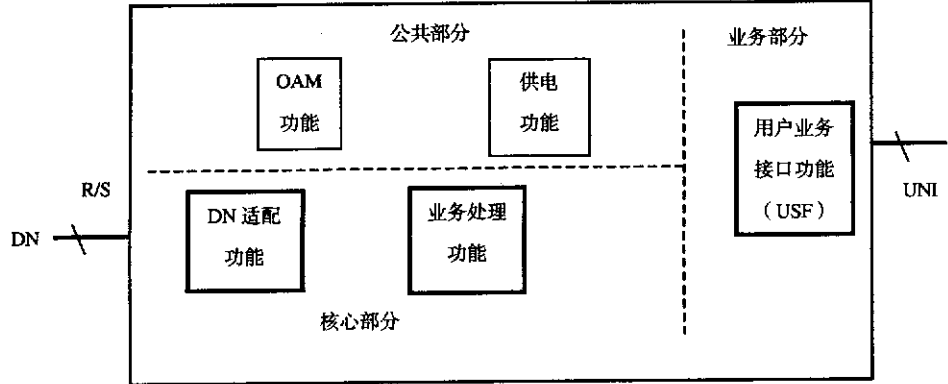


图7 ONT 功能组成

由图7可见，ONT的功能由三部分组成，即核心部分、业务部分和公共部分。

a) 核心部分

ONT核心部分功能包含与DN的接口适配功能和业务处理功能。

与DN的接口功能提供一系列物理光接口适配，包括光 / 电和电 / 光转换。

业务处理功能对于不同的业务类的信息进行处理，如：复用/解复用、业务质量控制和安全机制等，

上行与DN适配功能相连，下行与用户业务接口功能相连。其中：

- 复用/解复用功能为各类业务流量实现在DN方向上的发送和接收提供统一复用的信息传送通道；
- 业务质量控制和安全机制是指为保证ONT业务处理过程中各类业务的QoS、安全等特性所需的对ONT资源和相关业务流量的控制功能。

b) 业务部分

ONT的业务部分提供用户网络接口功能，如提供给用户的POTS、以太网、CATV等业务接口。

c) 公共部分

ONT公共部分功能包括供电和OAM功能。其中供电功能为ONT供电（例如交 / 直流转换或直流 / 直流转换），一般采用本地供电。ONT应该支持节能功能。ONT应能在备用电池供电条件下正常工作。OAM功能为ONT的所有功能块提供处理操作、管理和维护功能，如不同功能块的环回控制功能等。

4.4.4 DN 功能

DN是FTTH网络中参考点S/R和R/S之间的部分，如图8所示。其作用是将OLT和ONT连接起来，为OLT与ONT之间提供传输手段。

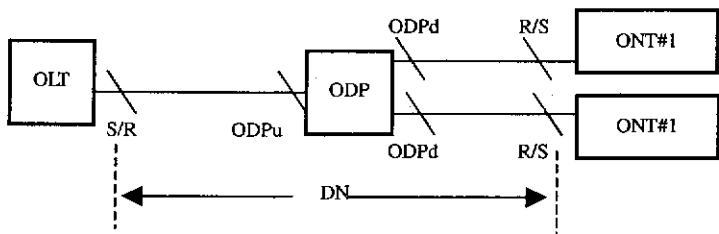


图8 DN 的参考结构

DN可由OLT和ONT之间直接连接的光纤/光缆组成，也可包含具有汇聚/分配功能的光分配点(ODP)。包含ODP的DN具有若干内部参考点，如ODPu、ODPd。参考点S/R与ODPu之间的光缆线路为FTTH主干线路，参考点ODPd与R/S之间的光缆线路为FTTH支线路。

当DN仅由光纤及无源光元件（如光连接器和光分路器等）组成时又称为ODN，相应的ODP主要指光信号的分路/合路功能。采用有源方式实现的ODP主要完成有源电信号的汇聚/分配/处理功能等，其功能块可以用图9来描述。

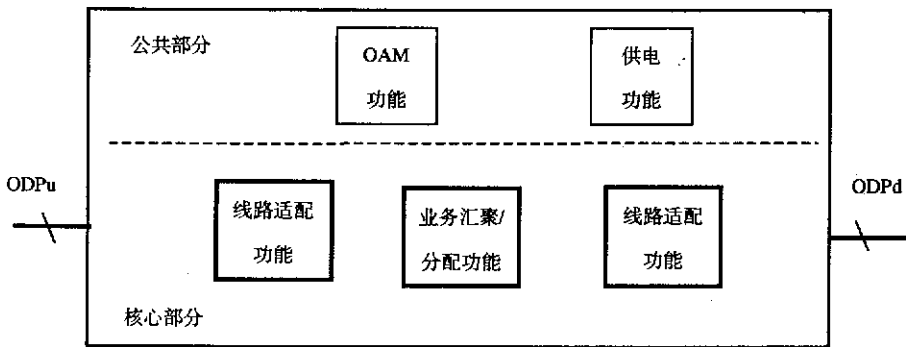


图9 有源 ODP 的功能组成

有源ODP的功能由两部分组成，即核心部分和公共部分。

a) 核心部分

DN核心部分功能包含业务汇聚/分配功能和线路适配功能。

业务汇聚/分配功能是指以实现FTTH网络拓扑适配为目的，在ODP处应提供的业务信号的汇聚、分配等处理功能（可以包括FTTH提供某些特定业务时所需的组播控制功能）以及用于保证各类业务信号所需服务特性（如QoS、安全等）的控制功能。

线路适配功能主要包括一系列物理线路光接口的适配功能，包括光 / 电和电 / 光转换。光路保护时，线路适配功能应能提供备用线路接口功能。

b) 公共部分

有源ODP公共部分功能包括供电和OAM功能。供电功能将外部供电转换为所需的电源，在必要时，提供电源保护功能；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。有特殊需要时，公共部分功能还可提供OAM接口功能。

4.5 逻辑接口

4.5.1 逻辑接口种类

FTTH有3类主要接口，即业务节点接口（SNI）、用户网络接口（UNI）和网络管理接口（NMI）。

4.5.2 业务节点接口 SNI

SNI是FTTH和SN（业务节点）之间的接口。如果FTTH-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。

4.5.3 用户网络接口 UNI

UNI是用户终端和网络之间的接口。UNI采用标准接口，以使功能尽量简单、操作简便，满足不同家庭及不同应用类型的需要。同时，为满足未来与家庭网络连接的需要，UNI应考虑扩展性。随着家庭网络的发展，UNI有可能演变为综合型家庭网关的内部逻辑接口。

4.5.4 网络管理接口 NMI

FTTH的管理可以纳入接入网的网络管理体系。FTTH可通过NMI与上层网管系统相连，以便统一协调不同网元（例如FTTH和SN）关于USF、TF和SPF的管理，形成用户所需要的接入和接入承载能力。

a) OLT应能通过其所带的CONSOLE口对其进行带外方式的操作维护，应支持经TELNET方式远程对其进行操作管理维护，应支持通过网管系统远程进行操作管理维护，可选支持远程WEB方式的网管。

b) OLT应能通过其所带的以太网接口，提供基于SNMP的管理接口。应支持带外管理和带内管理方式，带外访问方式应当提供所有带内访问方式的功能，带外和带内访问方式应当实现访问控制，防止非授权访问。

c) ONT的管理信息可经由OLT，并通过NMI与上层网管相连。

5 FTTH 拓扑结构

5.1 拓扑类型

FTTH拓扑结构是指由FTTH局端设备、用户端设备和分配网（DN）所构成网络的拓扑结构。DN可以有源的，也可以是无源的。根据局端设备接入侧的光接口对应用户端光接口的情形，可以分为5种拓扑结构：点到点、星形、树形、总线和环形。

FTTH拓扑结构还可包括其他类型以及上述基本类型的有限组合，如环带星形等。

5.2 点到点拓扑

局端OLT在DN侧仅有一个光接口，只同一个ONT光接口进行连接和通信，这种网络结构叫点到点拓扑结构，如图10所示。这种接入方式中的ONT相互独立地工作，ONT之间无关联性。图10中LT为线路终端。

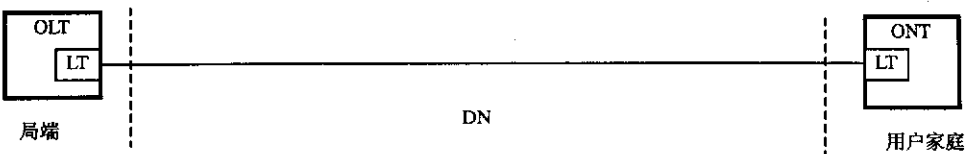


图10 点到点结构示例

5.3 星形拓扑

星形拓扑是从局端OLT多个DN侧光接口以点对点的光纤连接多个ONT，每个OLT DN侧光接口只同一个ONT光接口进行连接，这种结构为星形拓扑结构，如图11所示。图10的点到点拓扑是星形拓扑的一个特例，即OLT DN侧只有一个光接口。

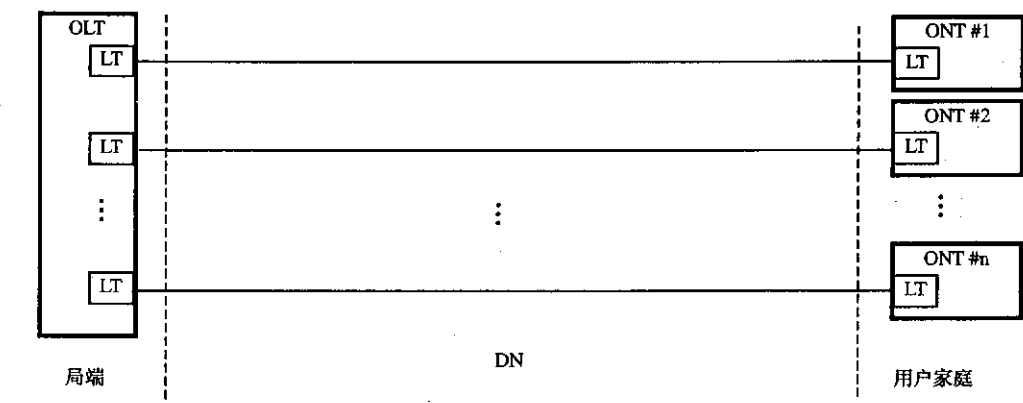


图11 星型结构示例

5.4 树型拓扑

树型拓扑是DN中出现ODP，所有的ODP和光纤链路一起形成了既有树干又有树枝和树叶的形态，从OLT的光接口点到第一个ODP的光纤构成了树干，ODP间的光纤和ODP到ONT间的光纤构成了树枝，ONT则成了树型结构上的树叶。

树型结构是点到多点的基本结构，图12是比较均衡的树型结构，每个树枝上都有树叶，这种结构利用了两级ODP对下行信号进行分配，传给多个用户，同时也靠这些ODP将上行信号聚合在一起送给OLT。

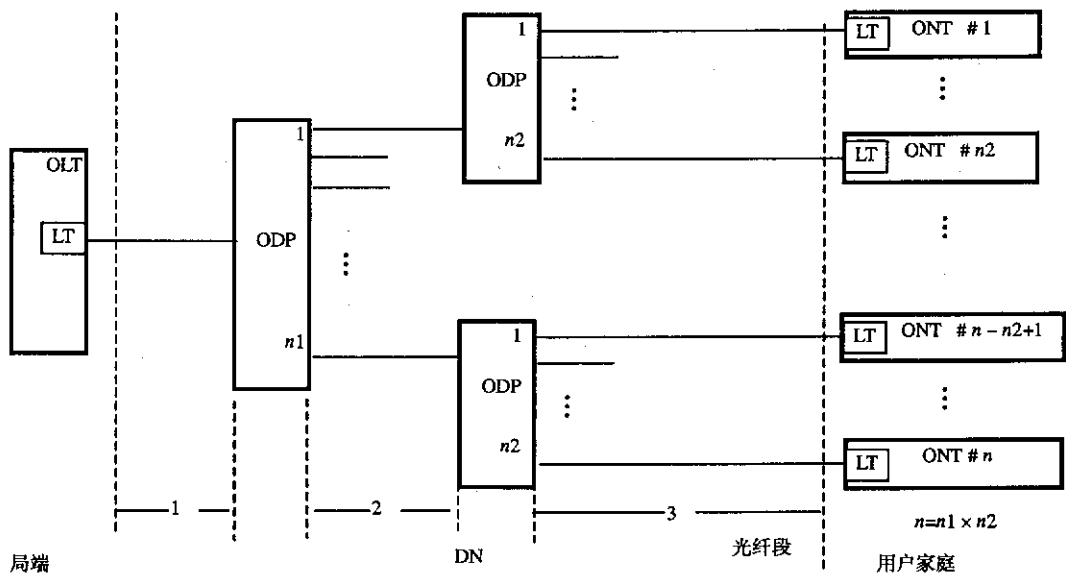


图12 树型结构示例

树型结构也适用于不平衡的有ODP的光网络。在树型结构中，ODP的级数不宜太多，以免造成不必要的损耗或者增加管理维护的困难。

在FTTH中常用的一种简单的树型拓扑是DN中只有一个ODP，以ODP为中心，多个ONT与其连接形成放射状分布，图13显示了一个OLT连接n个ONT的简单的树型拓扑的示例。

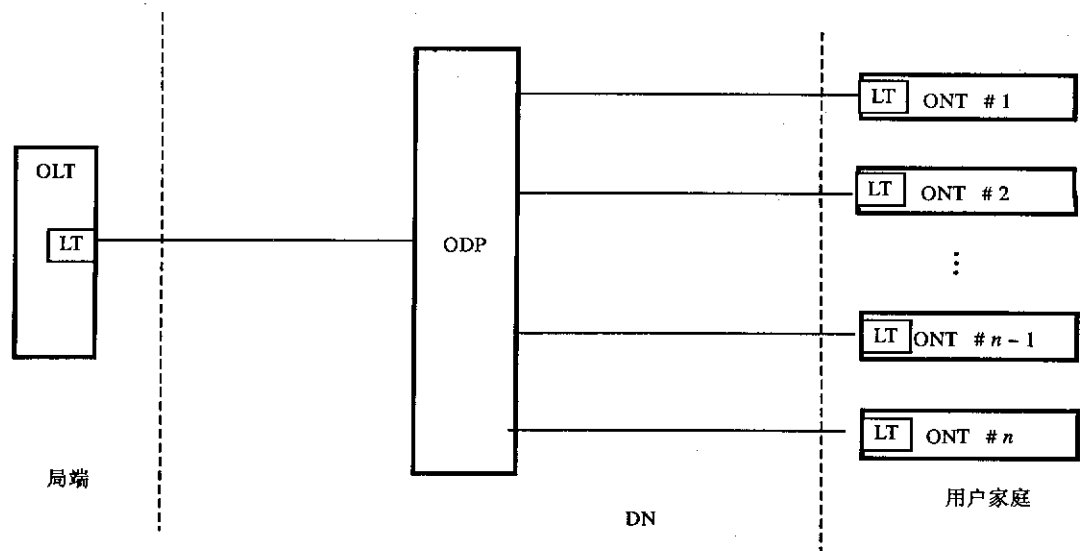


图13 只有一个 ODP 的简单的树型结构示例

5.5 总线拓扑

总线拓扑由一条光线路和连接在上面的多个ODP组成。这种结构利用了一系列串联的ODP以便从总线上分配OLT发送的信号，同时又能将每一ONT发送的信号插入总线送回给OLT。总线结构也是点到多点配置的基本结构，它可以看作是树型结构的一种特例。图14显示了一典型示例。

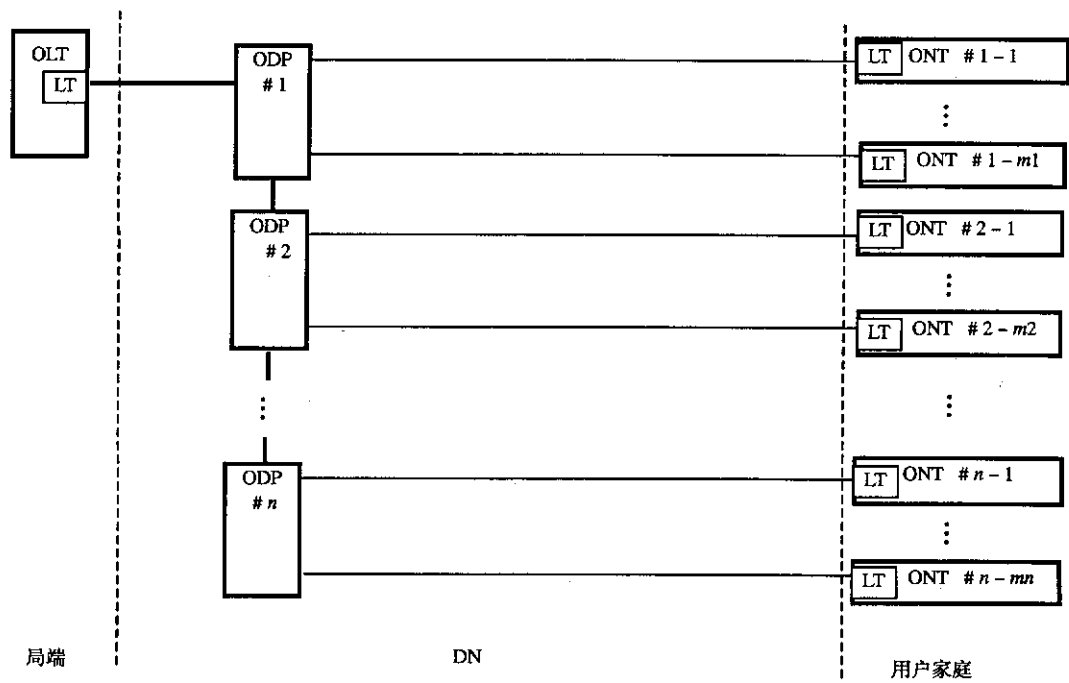


图14 总线型结构示例

5.6 环型拓扑

将OLT与所有ODP串联起来首尾相连就形成了环型结构。这种环型结构在有源ODP应用较多，可以改进网络的可靠性。图15给出了这种结构的示例。

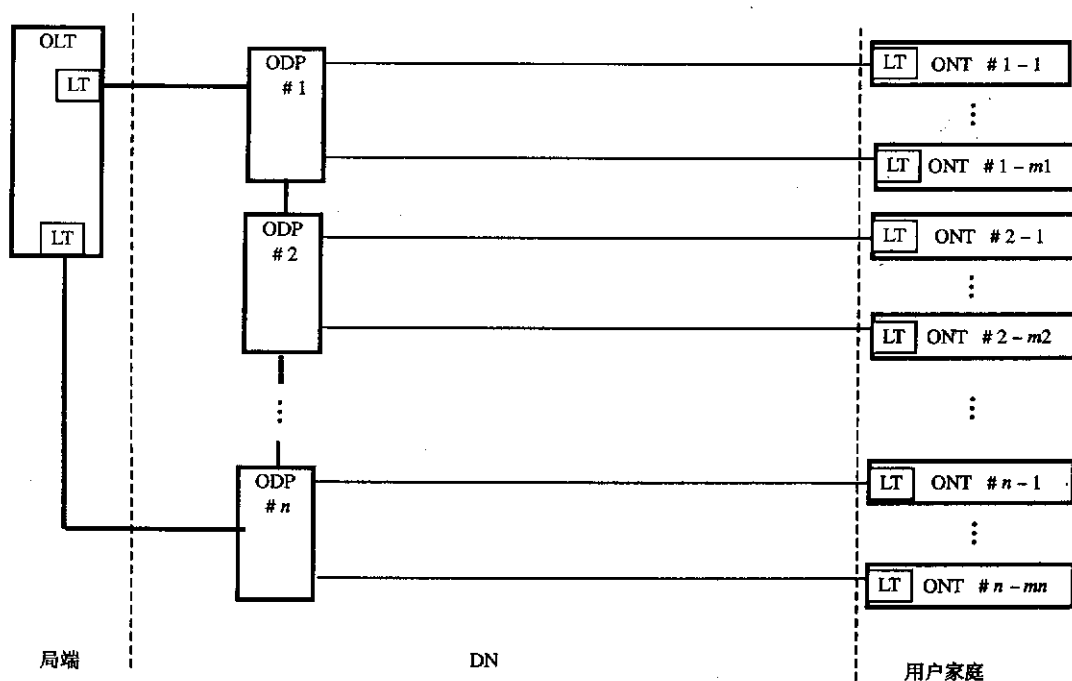


图15 环型结构示例

6 业务和接口要求

6.1 业务要求

FTTH系统可以承载的业务类型包括：

- IP数据业务；
- 语音业务，包括POTS语音业务或VoIP业务；
- 视频业务，包括交互式视频业务和广播式视频业务，如IPTV、CATV等；
- 其他业务类型。

其中，IP数据业务和语音业务为FTTH必须支持的业务类型，对视频业务的支持可选。

为有效支持上述业务类型及各种可能的业务类型的组合，FTTH系统应具备提供不小于30 Mbit/s的平均用户接入带宽的能力。

6.2 业务接口要求

6.2.1 业务节点接口 SNI

FTTH系统的SNI必须支持GE接口，可选支持10GE、10/100BASE-T接口、E1接口和CATV接口。

a) GE接口

FTTH SNI支持的GE接口可以是1000BASE-LX、1000BASE-SX、1000BASE-CX和1000BASE-T接口中的一种或多种，各种接口均应符合IEEE 802.3-2005的规定。

b) 10/100BASE-T接口

FTTH SNI支持的10/100BASE-T接口应符合IEEE 802.3-2005的规定。

c) 10GE接口

FTTH SNI支持的10GE接口应符合IEEE 802.3ae-2002的规定。

d) E1接口

FTTH SNI支持的E1接口应符合GB/T 7611-2001的相关规定。

e) CATV接口

FTTH SNI支持的CATV接口应符合YD/T 876-1996 7节的规定。

提供语音业务时，SNI可以通过V5.2接口或H.248/MGCP/SIP接口接入到SN。

6.2.2 用户网络接口 UNI

FTTH系统的UNI应支持10/100BASE-T接口，同时应支持Z接口和Za接口中的一种或多种，可选支持GE接口和CATV接口。

a) GE接口

FTTH UNI支持的GE接口可以是1000BASE-LX、1000BASE-SX、1000BASECX和1000BASE-T接口中的一种或多种，各种接口均应符合IEEE 802.3-2005的规定。

b) 10/100BASE-T接口

FTTH UNI支持的10/100BASE-T接口应符合IEEE 802.3-2005的规定。

c) Z/Za接口

FTTH UNI支持的Z接口应符合YD/T 1054-2000 10.1.1节的规定，Za接口应符合YD/T 1054-2000 10.1.2节的规定。

d) CATV接口

FTTH UNI支持的CATV接口应符合YD/T 876-1996 7节的规定。

7 FTTH 的实现技术和基本要求

7.1 传输信号的双工方式

同一个家庭用户的上行和下行信号可以采用不同的光纤分开传输，也可以在同一根光纤中采用波分复用（WDM）的方式传输。

a) 单纤双向传输

使用WDM技术，在一根光纤里传两个方向相反、波长不同的波，每个波承载一个方向的数据流，两个波协同工作完成数据的双向交互功能，参见图16。

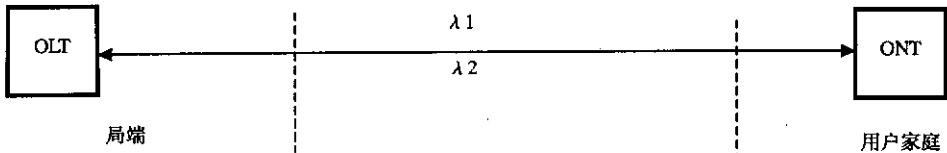


图16 单纤双向传输示意

b) 双纤双向传输

上下行信号各用一根独立的物理光纤承载，参见图17。

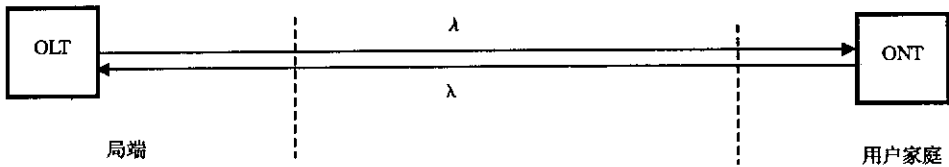


图17 双纤双向传输示意

7.2 基于 PON 的 FTTH 系统实现和基本要求

7.2.1 基于 PON 的 FTTH 系统实现

7.2.1.1 采用两波长 PON 方式的 FTTH 系统实现

两波长PON方式可采用树型或环型的网络结构，图18示意了基于PON的简单的树形结构的FTTH系统组成。在此系统中，从OLT到ONT全部采用无源方式的光传输；从系统经济性考虑，优先采用单纤双向传输方式；对于每一个方向，都采用时分方式对所有用户的多种业务进行复用。

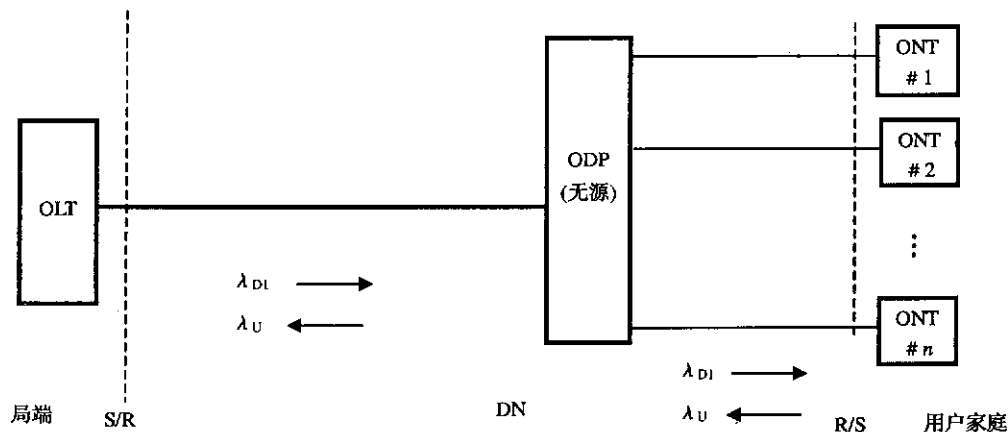


图18 基于两波长 PON 树型拓扑的 FTTH 实现示意

ODP是一个无源光分路器。光分路器将从局端OLT下行信号分为与原信号完全相同的多路信号；光分路器不改变信号的内容，只分配信号的功率。同时，光分路器将各ONT的上行信号合路送往OLT。

下行信号用 λ_{D1} 波长（ λ_{D1} 范围为1480~1500nm），上行信号用 λ_U 波长（ λ_U 范围为1260~1360nm）。

通常上行信道采用时分多址接入（TDMA）通信协议，此时OLT和ONT两端应具有测距功能，OLT应具有突发接收功能、快速比特同步，ONT具有突发发送功能。

7.2.1.2 采用三波长 PON 方式的 FTTH 系统实现

三波长PON的FTTH系统，通常采用单纤三波长WDM方式。除了两个波长（ λ_{D1} 、 λ_U ）用于和两波长PON系统相同的用途外，第三个波长 λ_{D2} （ λ_{D2} 范围为1540~1560nm）通常可用于广播电视的传输，并采用频分复用方式。

三波长PON方式可采用树型或环型的网络结构，图19示意了基于PON的简单的树形结构的FTTH系统组成。

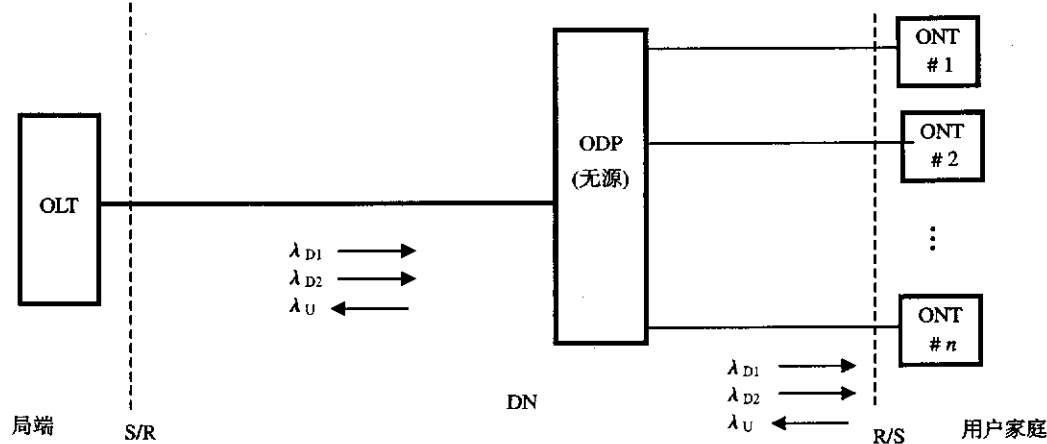


图19 基于三波长 PON 树型拓扑的 FTTH 实现示意

三波长PON方式系统中的广播电视信号通常是单向传输。当广播电视信号需要双向服务时，如用户在获得视频服务的同时需发送点播等控制信息，可以利用上行的 λ_0 波长作为上行控制信号的传输通道（具体技术待定）。

传输广播电视信号（如CATV）的三波长PON的FTTH系统的一种实现可参见附录A。

7.2.2 基于 PON 的 FTTH 系统的协议参考模型和基本要求

7.2.2.1 基于 EPON 的 FTTH 系统的协议参考模型和基本要求

7.2.2.1.1 协议参考模型

基于EPON的FTTH系统的协议参考模型如图20所示。

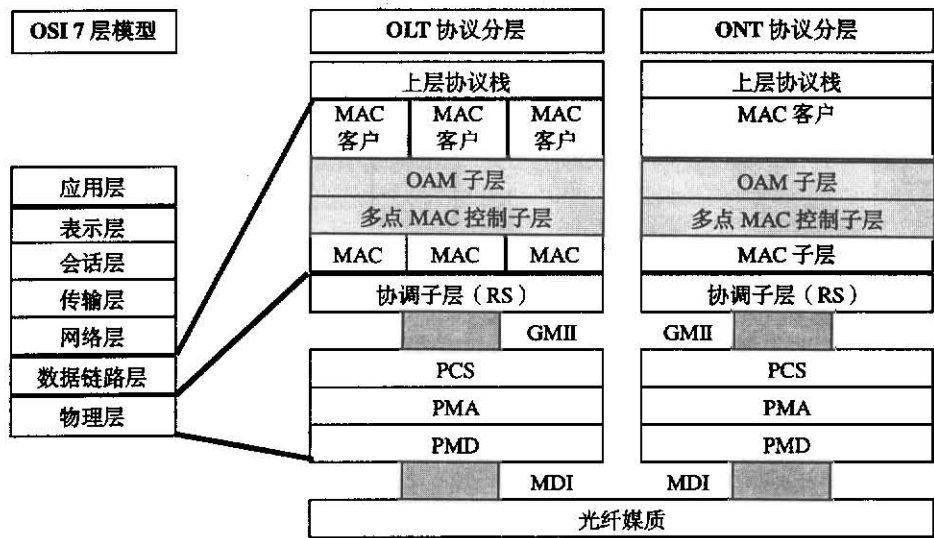


图20 基于 EPON 的 FTTH 系统的协议参考模型

图20所示的协议参考模型中，物理媒质相关（PMD）子层、物理媒质附加（PMA）子层、物理编码（PCS）子层和协调子层（RS）位于OSI协议参考模型的物理层，MAC层、多点MAC控制子层和OAM子层位于OSI协议参考模型的数据链路层。

7.2.2.1.2 基本要求

基于EPON的FTTH系统应满足以下基本要求。

a) 物理层

基于EPON的FTTH系统的物理层包括PMD子层、PMA子层、PCS子层和RS子层。

PMD子层应满足YD/T 1475-2006附录A的规范；RS子层、PMA子层和PCS子层应满足YD/T 1475-2006附录C、IEEE 802.3-2005以及IEEE 802.3ah-2004等相关标准对应章节的规范。

b) 数据链路层

—— MAC子层

MAC子层应满足IEEE 802.3-2005相关章节的基本要求。

—— 多点MAC控制子层

多点MAC控制子层包含了将点到点拓扑纳入以太网框架所需的机制和控制协议。具体应满足YD/T 1475-2006附录B的规范。

—— OAM子层

OAM子层应提供管理链路运行的机制(如远端故障指示和远端环回控制等),以保障网络处于良好运行状态,并具有快速故障定位的能力。具体应满足YD/T 1475-2006附录D的规范。

—— 流量管理和控制功能

为了提高系统带宽利用率,OLT应采用动态带宽分配机制(DBA)为每个LLID分配带宽授权,最小带宽分配粒度不应大于256 kbit/s。

7.2.2.2 基于 GPON 的 FTTH 系统的协议参考模型和基本要求

7.2.2.2.1 协议参考模型

基于GPON的FTTH系统的协议参考模型如图21所示。

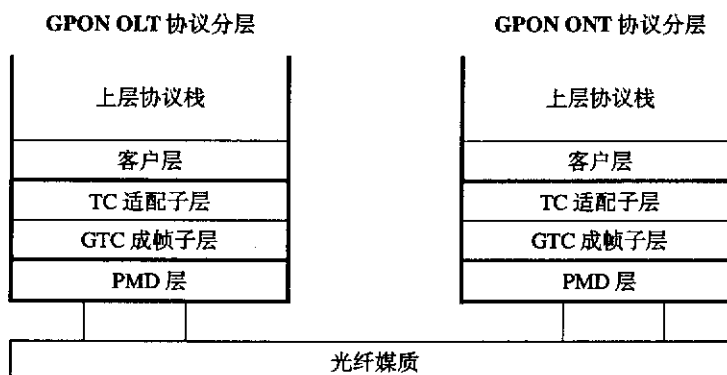


图21 基于 GPON 的 FTTH 系统的协议参考模型

基于GPON的FTTH系统的协议参考模型包括物理媒质相关(PMD)层和GPON传输汇聚(GTC)层。其中,GTC层包括TC适配子层和GTC成帧子层。GTC层主要为其客户层提供3种类型的接口:ATM客户接口、GEM客户接口和ONT管理和控制接口(OMCI)。

7.2.2.2.2 基本要求

a) PMD层

PMD层应支持E/O或O/E的适配功能、波分复用功能(可选)和光纤连接功能。具体应满足ITU-T G984.2-2003规范。

b) GTC层

GTC层应满足ITU-T G984.3-2004规范。

7.2.2.3 基于 BPON 的 FTTH 系统的协议参考模型和基本要求

7.2.2.3.1 协议参考模型

基于BPON的FTTH系统的协议参考模型如图22所示。

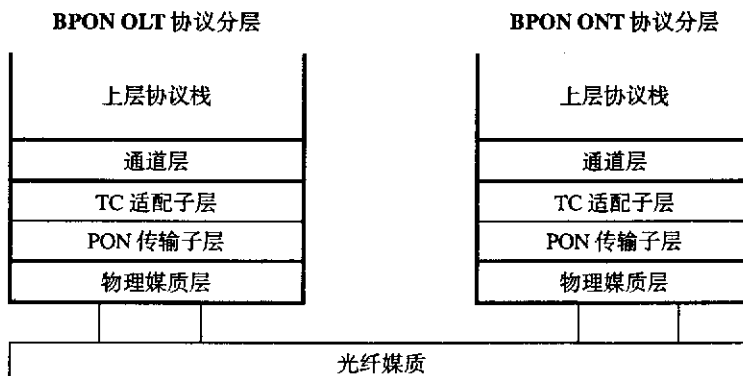


图22 基于 BPON 的 FTTH 系统的协议参考模型

基于BPON的FTTH系统的协议参考模型包括物理媒质层、传输汇聚（TC）层和通道层。其中，通道层由ATM层的VP（虚通道）组成；TC层包括适配子层和PON传输子层。按照YD/T 768-97的分层原则，物理媒质层和TC层组成了传输媒质层。

7.2.2.3.2 基本要求

基于BPON的FTTH系统具体应满足的性能和功能要求应符合YD/T 1090-2002规范。其中，应满足的基本要求包括以下内容：

a) 物理媒质层

物理层应支持E/O或O/E的适配功能、波分复用功能（可选）和光纤连接功能。具体应满足YD/T 1090-2000第8节要求。

b) 传输汇聚层

传输汇聚层包括PON传输子层和适配子层两部分。PON传输子层应负责终结ODN传输功能和PON的特定功能，包括PON的测距、信息时隙分配、带宽分配、保密和安全、帧定位、突发同步和比特/字节同步等功能。

BPON传输子层应满足YD/T 1090-2000第9节要求；适配子层应满足ITU-T I.732规范。

c) 通道层

通道层应满足ITU-T I.732规范。

7.3 基于点到点光纤以太网技术的 FTTH 系统实现和基本要求

7.3.1 基于点到点光纤以太网技术的 FTTH 系统实现

7.3.1.1 采用单级点到点方式的 FTTH 系统实现

基于光纤以太网技术的单级点到点方式的FTTH系统,从OLT局端到每个家庭用户直接采用光纤连接。从系统经济考虑,优先采用单纤双向传输方式。下行信号用 λ_D 波长（ λ_D 范围为1480~500nm），上行信号用 λ_U 波长（ λ_U 范围为1260~1360 nm）。各个家庭用户的速率可以相对独立地进行调整而不影响其他家庭用户。点到点拓扑的FTTH系统实现如图23所示。

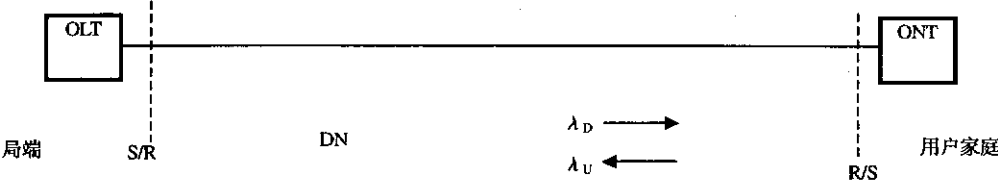


图23 基于单级点到点拓扑的 FTTH 实现示意

7.3.1.2 采用两级点到点方式的 FTTH 系统实现

基于光纤以太网技术的两级点到点方式的FTTH系统，从OLT局端到每个家庭用户的信号传输经过ODP；从OLT到ODP之间为第一级，采用点到点光纤以太网技术传输；从ODP到ONT之间为第二级，也采用点到点光纤以太网技术传输。第一级采用高速光接口相连，第二级一般采用低速光接口相连，优先采用单纤双向传输方式，下行信号用 λ_D 波长，上行信号用 λ_U 波长。ODP上用以太网交换机完成用户业务在高速光接口和低速光接口之间的汇聚功能。两级方式的系统，简单的树形拓扑的FTTH系统组成如图24所示。

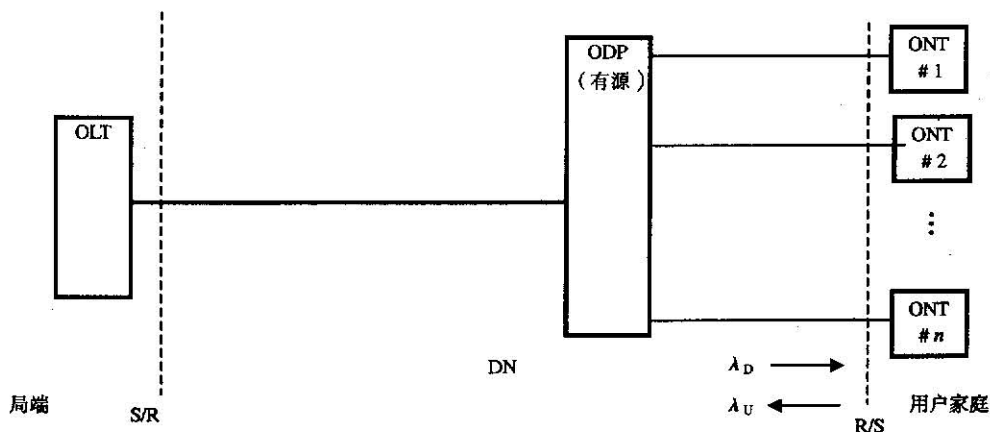


图24 基于两级点到点传输树形拓扑的 FTTH 实现示意

两级方式的系统，ODP是一个有源节点，需要供电、维护和管理。

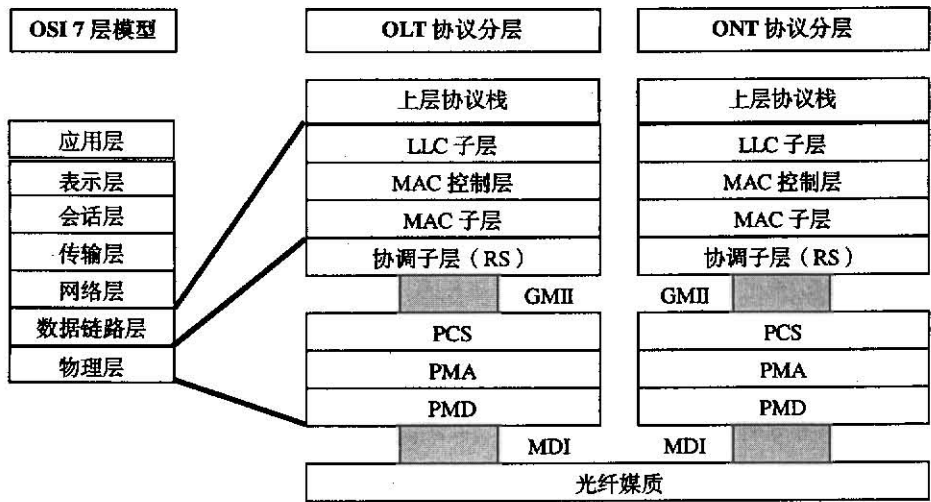
可以采用两级方式的总线形拓扑或环形拓扑来实现FTTH。总线形拓扑或环形拓扑实际是第一级OLT与ODP的拓扑。环形结构在FTTH干线线路部分具有保护能力。

7.3.2 基于点到点光纤以太网的 FTTH 系统的协议参考模型和基本要求

7.3.2.1 协议参考模型

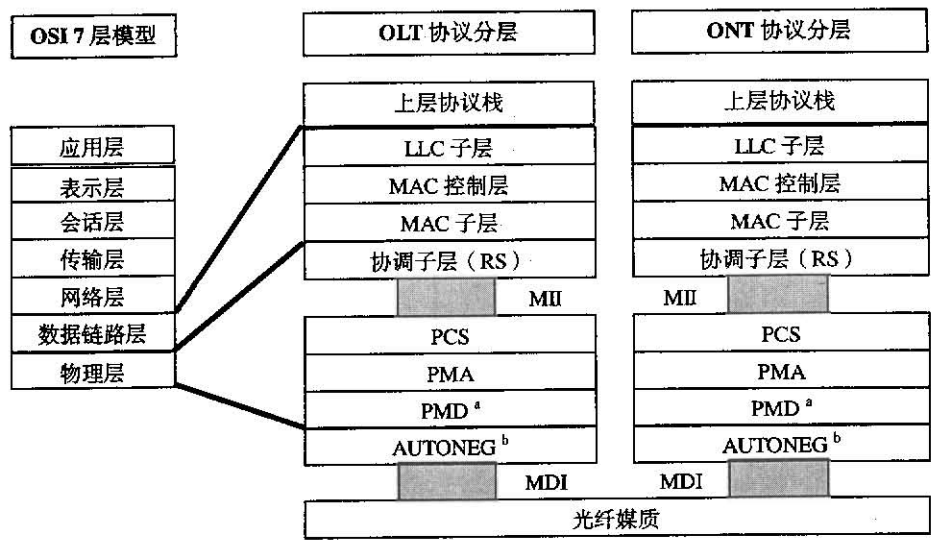
基于点到点光纤以太网的FTTH系统的协议参考模型如图25所示。

- 单级方式的FTTH系统的协议参考模型：在采用单级点到点光传输方式的FTTH系统的协议参考模型中，OLT和ONT节点通常应支持图25示意的完整协议栈。
- 两级方式的FTTH系统的协议参考模型：在采用两级点到点光传输方式的FTTH系统的协议参考模型中，OLT应支持图25示意的完整协议栈，ONT节点可选支持MAC子层以上的各层协议（含MAC子层），有源ODP在与OLT或ONT相连的接口侧所支持的协议栈应分别与相应OLT或ONT相同。



PMD = 物理媒质相关；PMA = 物理媒质附加；PCS = 物理编码；RS = 协调子层；MAC = 媒体接入控制；LLC = 逻辑链路控制；
OSI = Open System Interconnection；OAM = 操作、管理与维护；GMII = 千兆媒质无关接口；MDI = 媒质相关接口。

(a) GE



MII = 媒质无关接口。
a) PMD 仅对 100BASE-X, 对 100BASE-T4 不用;
b) AUTONEG 是可选的。

(b) FE

图25 基于点到点光纤以太网技术的 FTTH 系统的协议参考模型

7.3.2.2 基本要求

基于点到点光纤以太网的FTTH系统内，具有图25示意的完整协议参考模型的OLT或ODP应满足以下基本要求：

a) 物理层

基于点到点光纤以太网的FTTH系统的物理层应满足IEEE 802.3-2005相关标准章节的规定。

b) 数据链路层

1) 数据帧的转发及过滤功能

OLT和/或有源ODP应支持对以太网数据帧的转发和过滤功能（包括应支持基于端口或MAC地址的以太网数据帧过滤功能）。具体应满足YD/T 1099-2005第6章的要求。

应支持实现各ONT之间的二层隔离功能。

2) 决定数据帧转发/过滤的信息的维护功能

OLT和/或有源ODP应支持维护以太网帧的过滤/转发信息、网桥协议数据单元、生成树协议（STP）、多链路聚合等功能，具体应满足YD/T 1099-2005第7章的要求。

在FTTH网络结构中，系统应支持组播功能，实现方式可采用IGMP Snooping或IGMP Proxy。

应支持VLAN和VLAN stacking（可选）功能，具体应分别满足IEEE 802.1Q、802.1ad协议规范。应支持按照端口划分VLAN的VLAN划分方法，以及可选支持按照MAC地址划分VLAN的VLAN划分方法。

3) 流量控制功能

应具有衡量流量控制性能的能力，支持半双工和全双工方式下的流量控制功能，支持基于策略的流量控制功能。具体应满足YD/T 1099-2005第8章的要求。

应支持对广播帧和组播帧的抑制功能。

7.4 基于其他技术的 FTTH 系统

FTTH的系统实现可以是采用上述多种实现方式的组合，也不排除采用其他的FTTH实现方式。

8 保护要求

8.1 保护原则

为了提高网络可靠性和生存性，在FTTH系统中可选采用光纤保护倒换机制。保护的目的是避开故障点。一般原则是越是靠近局端、涉及的家庭用户数越多、保护的重要性越强，即应重点考虑OLT及FTTH主干线路的保护倒换功能。FTTH支线线路和ONT部分的保护倒换功能仅在用户需要时选择配置。

8.2 保护倒换功能要求

8.2.1 保护分类

根据保护作用范围的不同，FTTH系统的保护倒换功能可分为FTTH主干保护和全保护。

8.2.2 FTTH主干保护

FTTH主干保护指仅保护DN主干线路部分和与主干线路相连的光接口。当采用此保护方式时，ONT设备不做冗余配置。

根据FTTH主干线路拓扑类型的不同，可相应采用不同的保护方式，如线路保护和环保护。常用的FTTH主干保护方式为线路保护，如图26所示。

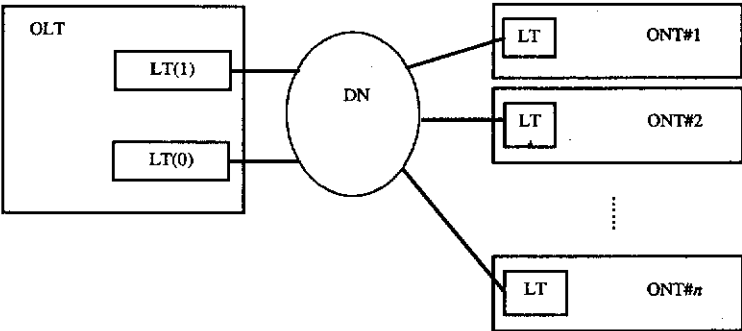


图26 FTTH 主干保护

8.2.3 全保护

全保护指对OLT的DN侧光接口、FTTH主干线路、FTTH支线线路、ONT的DN侧光接口等部分进行保护，ODP可以选择冗余或非冗余，如图27所示。当采用此保护方式时，OLT和ONT的光接口模块均做冗余配置。

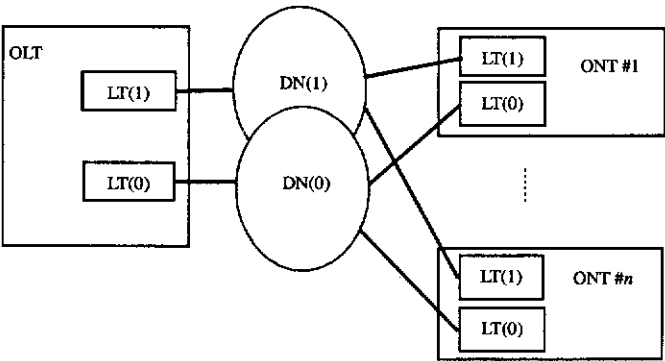


图27 全保护方式（1+1 或 1：1）

FTTH网络在采用FTTH全保护时，可以根据用户需求的不同，只选择对部分ONT保护。

8.3 光纤线路保护要求

光纤线路的保护有3种：

- 同缆分纤方式：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。这种方式最简单经济，但不能保证光缆切断故障；

- 同路由不同光缆方式：不同光纤携带不同光通道，主用和备用光纤不在同一光缆内，但置于相同的管道或路由。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（如大型机械的施工故障等）；

- 不同路由不同光缆方式：主用和备用光纤不仅不同缆，而且不在同一管道或路由。这种方式提供了最大程度的保护，但经济代价也最高。

8.4 保护倒换方式

光纤保护倒换可分为以下两种方式进行：

- 自动倒换：由故障发现触发，如信号丢失或信号劣化等；
- 强制倒换：由管理事件触发。

8.5 返回机制

可采用返回方式，也可采用不返回方式。

当采用返回方式时，上述保护倒换机制应可以支持被保护业务的自动返回或人工返回。对于自动返回方式，在消除造成倒换的故障后，经过一定返回等待时间（WTR），被保护业务应自动返回到原来的工作路由，返回等待时间应可以设置。

在热保护配置情况下，建议保护和返回过程中的业务受损时间各在50ms以内。

9 性能指标要求

9.1 语音业务的性能指标要求

根据实现方式不同，会话语音业务可分为电路交换方式的语音业务和VoIP方式的语音业务。

a) 电路交换方式语音业务的性能要求

采用电路交换方式承载语音业务时，语音业务的性能应满足YDN 065-1997和YD/T 1128-2001对纯电路交换语音质量的要求。

b) VoIP方式语音业务的性能要求

下述业务的性能指标，应是该业务在全程全网条件下的体现。全网指标的分配待研究，但FTTH网络不应劣化全网指标。

采用VoIP方式承载语音业务时，语音业务性能应满足如下指标要求。

1) 语音的客观评定

- 网络条件很好时，PSQM的平均值 <1.5 ；
- 网络条件较差时（丢包率=1%，抖动=20ms，时延=100ms），PSQM的平均值 <1.8 ；
- 网络条件恶劣时（丢包率=5%，抖动=60ms，时延=400ms），PSQM的平均值 <2.0 。

2) 语音的主观评定

- 网络条件很好时，MOS >4.0 ；
- 网络条件较差时（丢包率=1%，抖动=20ms，时延=100ms），MOS >3.5 ；
- 网络条件恶劣时（丢包率=5%，抖动=60ms，时延=400ms），MOS >3.0 。

3) 编码率

根据不同的编码算法，ONT应具有不同的编码率：

- 对于G.729a，要求编码率 <18 kbit/s；

- 对于G.723.1, 要求G.723.1 (5.3) <18 kbit/s, G.723.1 (6.3) <15 kbit/s。

4) ONT的时延指标

由ONT完成VoIP业务处理是FTTH支持IP语音业务的主要实现方式, 这里主要提出与时延相关的性能指标要求。

处理VoIP业务的时延包括编解码时延、收端输入缓冲时延和内部队列时延等:

- 采用G.729a编码时, 时延<150 ms;
- 采用G.723.1编码时, 时延<200 ms。

5) 对于VoIP业务, ONT处理时延抖动的缓冲时间应小于80ms。

9.2 有线电视信号的网络性能指标要求

模拟有线广播电视信号在48.5 ~ 860 MHz射频性能要求如下:

a) 幅频响应

广播电视: 任何频道内幅度变化不大于 $\pm 2\text{dB}$, 在任何0.5MHz频率范围内, 幅度变化不大于0.5dB;

b) 载波互调比

广播电视 $\geq 57\text{dB}$ (对电视频道的单频干扰);

$\geq 54\text{dB}$ (对电视频道内多频互调干扰)。

c) 载波组合3次差拍比

$\geq 54\text{dB}$ (对电视频道的多频互调干扰)。

d) 载噪比

广播电视: 入户射频信号 $\geq 43\text{dB}$ 。

有线数字电视广播信号在接收侧的性能指标应满足GY/T 198-2003的相关规范。

9.3 基于IP的网络性能指标要求

当FTTH系统支持3层处理功能时, 基于IP的网络性能参数主要包括IP分组吞吐量、IP分组传输时延 (IPTD)、分组时延变化 (IPDV) 和IP分组丢失率 (IPLR)。

与上述各参数相关的网络性能应满足YD/T 1171-2001对接入网部分的性能要求。

9.4 基于以太网的网络性能指标要求

基于以太网的网络性能要求包括时延、时延变化、帧误差率、帧丢失率等, 具体指标待研究。

9.5 可靠性与可用性要求

9.5.1 系统的可用性要求

FTTH系统的可用性通常应不小于99.99%, 相当于在一年内不可用时间通常不大于53min。

9.5.2 系统设备的可靠性要求

为保证FTTH系统的可用性目标, 相应设备应满足表1所示的可用性要求。

表1 FTTH功能部件的可靠性要求

	FTTH 线路终端 (OLT)	分配网 (DN)	FTTH 网络终端 (ONT)
全年不可用时间 (min) (包含无源 DN 的 FTTH 网络)	10	17	26
全年不可用时间 (min) (支持有源 DN 的 FTTH 网络)	待研究	待研究	待研究

10 FTTH 安全要求

10.1 FTTH 安全总则

在FTTH网络中以IP方式承载的业务存在着网络安全方面的问题。从业务提供的角度来说,网络安全的隐患主要是用户数据的私有性被破坏和业务被窃取。网络信息安全(加密)功能可以防止偷听行为,防止用户的私有性信息因网络原因而泄露。业务被窃取的防治方法主要是授权,防止假冒的主要措施对用户端设备的认证和用户账号的认证。

从设备稳定性的角度来说,安全问题来自设备采用以太网/IP协议所带来一系列安全隐患。相应地,安全措施主要是设备的抗干扰能力,包括抗风暴能力和抗攻击能力。

从公众安全来说,网络应该支持“访问的不可抵赖性”相关的辅助性措施。

并非所有的安全问题都要在FTTH网络上解决,如针对服务器网页攻击的骇客行为,理论上是核心网或高层协议应该来解决的问题。因此,为解决那些逐渐走向以IP方式承载的业务的网络安全问题,需要有全网的安全机制,各个要素相互依托,FTTH网络应具备提供所需的相应承载和配合的能力。

10.2 信息安全要求

a) FTTH 系统应支持不同用户之间的信息隔离。可采用链路层的隔离措施,如基于 VLAN 的二层隔离。

b) 基于PON技术的点到多点FTTH系统,下行共享同一条链路,并在物理层以广播方式发送数据,任何一个ONT可以接收到OLT发送给所有ONT的数据。这对于许多应用,如付费电视、视频点播等业务是不安全的。

基于PON技术的点到多点系统应支持MAC层以下安全措施。MAC层之上的安全措施只对净负荷进行信息安全处理,而对帧头信息(包括MAC地址)透明传送,非法ONT仍然可以获取任何其他ONT的MAC地址,此时采用MAC层以下安全措施可防止恶意用户轻易截获系统中其他用户的信息。

MAC层以下的安全措施可以选择适当的信息安全处理方式。其中,目的地址、源地址、长度/类型都可属于信息安全处理的对象。

c) FTTH系统可采用MAC层之上的安全措施,本标准暂不具体规定。

d) FTTH系统应该支持用户端口的溯源的安全措施。

10.3 ONT 合法性检查及对其控制

对于点到多点的FTTH系统,可选支持对用户端系统的认证,以确认其合法性。

ONT应支持基于端口的用户MAC地址数量限制的功能,限制的MAC地址数量应由局端灵活配置。

支持家庭网关功能的用户端系统可选支持访问列表(ACL),例如对基于MAC地址、VLAN和IP地址的过滤。

10.4 用户认证功能

在FTTH网络结构中,通常由上一级设备(例如BAS)完成用户认证功能。FTTH系统可选支持用户认证功能。当支持该功能时,应支持PPPoE或IEEE 802.1x认证方式或应用层+DHCP认证方式。

当使用应用层+DHCP认证或PPPoE认证时,应符合YD/T 1160-2001的规范。

10.5 抗风暴能力

OLT应支持对广播以太网帧、组播以太网帧抑制功能,支持对单播以太网帧的基于MAC地址、VLAN和IP地址的过滤。ONT应支持广播包抑制。

11 FTTH 的 QoS 保证要求

11.1 FTTH 的 QoS 保证基本架构

FTTH应提供必要的服务质量保证功能，并与核心网、业务网中的QoS控制机制相配合，以保证用户所需多类型业务的服务质量。

从逻辑角度，FTTH可以支持的QoS保证机制可分为3种类型，并形成相互独立但有机关联的3个平面——控制平面、数据平面和管理平面。

从网络实现角度，FTTH架构中的OLT、ONT以及有源组网方式下的有源ODP均应提供必要的QoS保证能力。FTTH QoS保证的基本功能框架如图28所示。

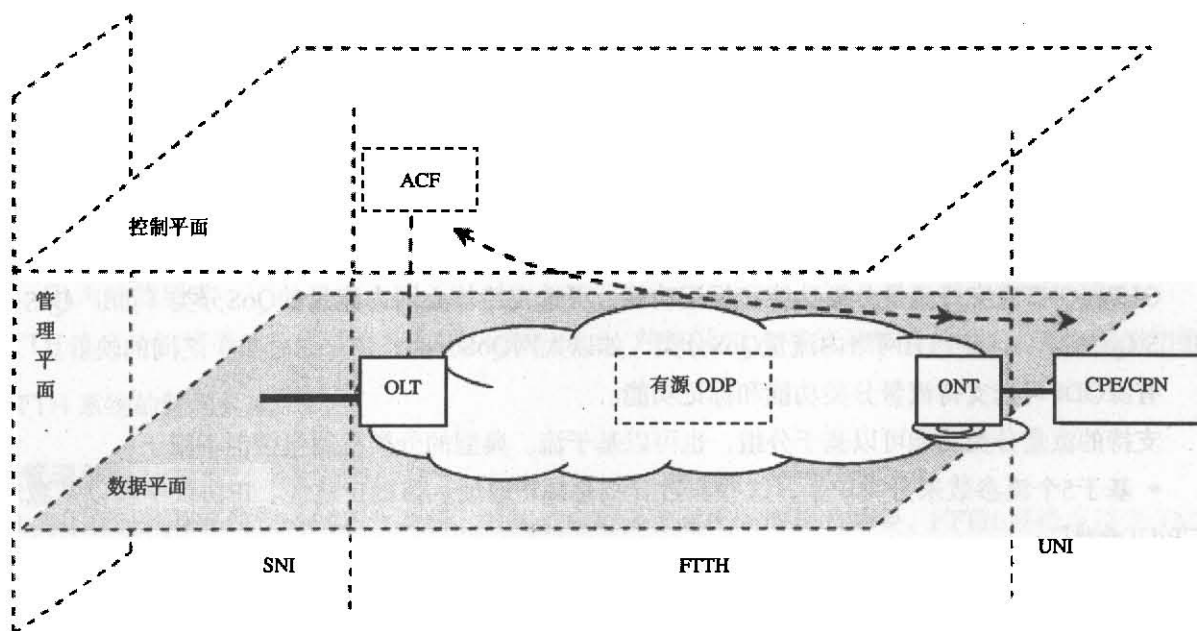


图28 FTTH QoS 保证的基本功能框架

QoS保证功能的实现包括静态和动态两类，静态的QoS保证通常采用数据平面内的QoS控制机制（如流量分类、流量标识、流量整形和流量管制等），动态的QoS保证通常还需要控制平面内的QoS控制机制（如接纳控制）的参与。

基于成本因素，FTTH网络应支持静态的QoS保证功能，可选支持动态的QoS保证功能。

11.2 控制平面 QoS 保证要求

11.2.1 控制平面 QoS 保证机制的分类

控制平面包含了一系列与用户流量传播路径相关的控制功能。FTTH系统可以支持的控制平面QoS机制主要包括接纳控制。

11.2.2 接纳控制

FTTH可选支持接纳控制功能，在ONT的入口处控制业务流量能否接入FTTH网络。FTTH支持的接纳控制的决策功能可以由ACF完成（如图28所示），也可以由业务网络完成。ACF处理与特定分组流或业务流相关的资源请求。当FTTH具有ACF时，该功能可以在OLT节点内实现，作为OLT业务处理功能的一部分，也可以在专门的服务器中实现。

通常情况下的接入标准是一个策略驱动的决策过程，流量是否被接入取决于SLA中已经协商确定的用户服务的优先等级。接纳的决定应依赖于网络中可用资源的多少和接入该流量后是否会影响已被接入到网络中的其他流量的服务性能。

接纳控制机制必须确保服务提供者在和用户的交易过程中协商确定的性能参数能够得到满足，同时还必须满足用户期望的（也是由服务提供者和用户事先协商约定的）服务可用性和可靠性。

FTTH实现的初期，可通过网管实现静态的接纳控制功能；必要时ONT应能够提供动态接纳控制功能并接受上层控制设备的策略调度。

对于用户业务流量，连接接纳控制可以考虑区分4种优先等级：紧急服务（一般保留给应急通信流量）、高优先级、一般优先级和尽力传送。

11.3 数据平面 QoS 保证要求

11.3.1 数据平面 QoS 保证机制的分类

数据平面内包含的是直接涉及用户流量的控制功能。FTTH可以支持的数据平面QoS功能包括流量分类、流量整形和流量管制、排队和调度、拥塞避免、缓存管理等。

11.3.2 流量分类和标记

OLT和ONT应支持流量分类功能和标记功能，可选支持核心网内流量的QoS分类（如IP QoS分类、MPLS QoS分类）与FTTH网络内流量QoS分类（如以太网QoS分类、IP QoS分类）之间的映射。

有源ODP可选支持流量分类功能和标记功能。

支持的流量分类功能可以基于分组，也可以基于流。典型的分类机制包括但不限于：

- 基于5个流参数来分类IP流，这些参数分别是源IP地址、目的IP地址、IP协议字段以及源和目的TCP/UDP端口；

- 基于IP分组的优先级字段或区分服务编码点DSCP字段进行分类；
- 基于源和目标MAC地址进行分类；
- 基于流量出/入OLT或ONT物理端口的分类。

当采用基于IP分组的流量分类时，应支持区分服务（DiffServ）模型，具体应满足IETF RFC2475、RFC2474。

当采用基于以太网的流量分类时，应支持IEEE 802.1D和IEEE 802.1Q中规范的分类机制。

支持的流量标记功能的实现方式包括但不限于IEEE 802.1D user priority、IP优先级标记、DSCP、EPON RS层的LLID、GPON GTC层的T-CONT等。

11.3.3 流量整形和流量管制

FTTH OLT应支持（ONT可选支持）流量整形功能，即控制离开FTTH网络的流量速率和数量，使流量符合合约要求。流量整形方法可选采用漏桶方法和令牌桶方法。

FTTH OLT应支持（ONT可选支持）流量管制功能，即负责判定经由SNI和UNI进入FTTH网络的流量是否符合事先商定的合约，并可选择丢弃不符合约定的流量。

11.3.4 排队和调度

FTTH中的有源节点（包括OLT、有源ODP和ONT）应支持流量的排队和调度功能，即控制分组选择发送的输出链路。相应功能应具有公平性、时延特性、对恶意业务流的隔离能力、链路带宽的利用率等。

可选支持的排队和调度机制包括但不限于：FIFO、FQ、PQ、WFQ和基于分类的排队。

11.3.5 拥塞控制和拥塞避免

FTTH中的有源节点（包括OLT、有源ODP和ONT）应具有拥塞判定功能，并支持特定的拥塞控制机制。

FTTH可选支持拥塞避免机制，即通过接纳控制等功能，将负载控制在FTTH网络能够有效处理的能力水平以下，保证网络承载流量的性能水平，避免发生拥塞。

11.3.6 缓存管理

FTTH中的有源节点（包括OLT、有源ODP和ONT）应支持缓存管理机制，即决定并实施队列中待发送分组的缓存或丢弃。

FTTH的缓存管理机制应保证当链路可用时处于稳定状态的队列长度最小，或避免出现由于某一个连接或流量独占队列空间而使其他流量被拒绝的现象。

FTTH 可选支持的丢弃策略包括“队尾丢弃”或“随机丢弃”，如 RED/WRED 等算法。

11.4 管理平面 QoS 保证要求

11.4.1 管理平面 QoS 保证机制的分类

管理平面内包含的 QoS 保证机制涉及网络运营、管理等方面。FTTH 可以支持的管理平面 QoS 控制功能包括 SLA、策略管理等。

11.4.2 SLA 功能要求

FTTH 应支持网络服务提供者与特定用户签署 SLA，并根据 SLA 实施网络资源的 OAM 方面的功能。

12 FTTH 系统的管理要求

12.1 管理总则

a) 为了保证网络系统设备的正常运行，并能适应业务流量不断增长的需要，FTTH 系统应遵守 TMN 的通用管理功能要求，具体应包括配置、故障、性能和安全管理的四大功能。

b) 网管系统要支持对 FTTH 网络上运行的所有设备进行集中监控、维护和管理，包括 OLT、ONT 以及有源 ODP 等设备。对 ONT 应支持远程管理。

c) OLT 应能通过其所带的 CONSOLE 口对其进行带外方式的操作维护，应支持经 TELNET、SNMP 方式远程对其进行操作管理维护，应支持通过网管系统远程进行操作管理维护，可选支持远程 Web 方式的网管。

d) OLT 应支持带外管理和带内管理方式，带外访问方式应当提供所有带内访问方式的功能，带外和带内访问方式应当实现访问控制，防止非授权访问。

e) 网管系统及支持子系统的瘫痪，不应造成系统数据平面或业务平面的损伤，相应的硬件部分和为用户提供的业务应该保持正常。

f) 管理系统应采用中文界面。

12.2 FTTH 系统的管理基本功能要求

12.2.1 事件报告

事件报告是送给管理系统表示重要的系统事件的通知，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给管理系统，这样会同查询和相关分析所得到的信息，就能唯一地识别出任何出问题的部件，并给出事件的原因等细节信息。例如，如果使用备用方式，系统应该具有相应的事件报告能力，如发生倒换的事件报告应送管理系统。

12.2.2 配置管理要求

- a) 应能对网络侧、用户侧端口的接口参数进行配置,如接口类型、帧格式、管理状态和操作状态、用户端口能够同时支持的 MAC 地址数量、用户端口的接入速率等。
- b) 应能对业务流参数进行配置,如保证带宽、最大带宽和业务优先级等,配置的保证带宽总和不应超过 FTTH 传送功能部分可提供的最大系统带宽。
- c) 应能配置以太网功能,如 VLAN、帧过滤等。
- d) 应能配置 FTTH 节点设备的系统功能,如加密、光纤保护倒换等。
- e) 可对单个用户的业务进行配置,包括提供或中止。
- f) 网络拓扑结构发生变化时应能自动更新,如 ONT 上线/下线等。
- g) 应能通过网管对系统软件进行升级。
- h) 所有配置操作应记录到日志文件,并支持检索。
- i) 应能对环境监控参数进行配置(可选)。
- j) ONT 内置 VoIP 模块的配置管理要求应符合 YD/T 1385 的规定。
- k) FTTH 系统能够指示已配置的子模块以及系统的空闲容量(可选)。

12.2.3 性能管理要求

- a) 网管应能启动性能测量功能,采集和处理测量数据,分析测量结果。
- b) 性能管理应具备对系统性能管理事件的当天和前一天的每 15min 计数以及 24h 计数功能。统计参数应包括 FTTH 系统设备的接口性能参数、网络侧和用户侧业务接口性能参数等。
- c) 应能对 FTTH 系统设备的带宽使用情况、各 ONT 使用带宽情况进行统计。
- d) 应能查询历史系统性能记录,并能将查询结果和统计结果保存到外部文件并输出。
- e) OLT 可对 ONT 掉电事件进行记录,当 ONT 恢复上电后,OLT 应更新掉电记录(可选)。
- f) OLT 和 ONT 可测量发射光功率和接收光功率值(可选)。
- g) ONT 内置 VoIP 模块的性能管理要求应符合 YD/T 1385 的规定。

12.2.4 故障管理要求

- a) 网管应能对系统的各个部分进行持续的或间断的测试、观察和监测,以发现故障或性能的降低。
- b) 当 FTTH 系统设备的接口物理层性能(如光通道误码率)严重下降时,系统应能产生告警。
- c) 应能通过指示灯和告警信号指示设备的故障,不同的故障原因对应不同的告警信息。
- d) 应能判定故障发生的时间和故障的位置,故障定位应能定位到电路板。
- e) 故障事件恢复后,系统网管的相应告警信息应能自动清除。
- f) 系统告警日志统计列表应可对故障类型基于故障严重程度、故障原因、时间段进行分级处理。
- g) 应能按照不同等级、不同时间段和产生告警的原因等方式对告警统计进行过滤。
- h) 局端设备应支持系统硬件、软件的故障自动倒换和备份,自动倒换后,系统应能正常工作。
- i) ONT 内置 VoIP 模块的故障管理要求应符合 YD/T 1385 的规定。

12.2.5 安全管理要求

- a) 网管系统应通过定义个人访问权限的方式,提供对于管理员/操作系统访问的安全措施,不同级别的管理员有不同的权限,确保访问请求的发起者只能在自己的权限范围内执行管理操作。敏感信息或固定用户终端鉴权属性,数据库和配置数据只能由有授权的个人和管理系统进行操作。
- b) 网管系统应记录所有用户的操作,包括用户名、操作时间、操作类型。非法用户登陆应产生安全

性告警，未经授权的操作尝试由系统日志记录并产生安全警告提示。

c) 可选支持管理区域的划分，将不同的资源分配到不同的管理区域，在不同管理区域内对相应资源进行管理操作。

d) 对系统数据提供备份和灾难恢复功能。有特殊需要时，可通过双机热备、温备等手段提高系统可靠性和可用性。

e) ONT 内置 VoIP 模块的安全管理要求应符合 YD/T 1385 的规定。

13 FTTH 系统的运行和维护要求

13.1 运行和维护的基本功能要求

13.1.1 现场可更换单元 (FRU)

运行和维护中最常使用的手段是使用现场可更换单元 (FRU)。FRU 是基本的备用部件，具有易拆卸、可替换特性，插板就是典型的 FRU。FTTH 系统的运行和维护需要提供的 FRU 可以但不限于下面所列单元：

- 局端设备中的 DN 侧传送接口单元；
- 用户端的光网络终端 (ONT)；
- 局端设备中供电单元 (不包括采用分散供电的情况)。

在系统更换 FRU 时，只应对用户业务造成最小的中断。

当节点设备相关功能部件采用集成方式实现时，替换的部件是整个设备。

13.1.2 可视指示

FTTH 系统应具有可视指示功能。OLT/ONT/FRU 等除应具有单个 LED 来表示系统/FRU 是否正常工作外，还应根据系统/FRU 的特点指出其工作状态。

13.2 多运营接入要求

FTTH 系统应具有支持多运营接入的能力。

13.3 FTTH 系统的运行环境要求

13.3.1 光纤温度交变要求

当 FTTH 用光纤处于 $-25^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ 的温度交变环境内时，OLT 和 ONT 应能正常工作，业务性能不应恶化或中断。

13.3.2 温度、湿度要求

设备应能在以下温度、湿度范围内的环境中正常工作。其中，OLT 应至少支持类别 A2，ONT 应支持 3 种类别中的一种：

- 类别 A2：温度： $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 相对湿度：10% ~ 95%；
- 类别 B2：温度： $-35^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 相对湿度：5% ~ 95% (非凝结)；
- 类别 C1：温度： $-10^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ 相对湿度：5% ~ 95% (非凝结)。

注：以上为地面以上 2 m 和设备前方 0.4 m 处的温度和湿度。

13.3.3 防尘要求

FTTH 系统设备应能在以下灰尘环境下正常工作：

直径大于 $5\mu\text{m}$ 的灰尘浓度 $\leq 3 \times 10^4$ 粒/ m^3 ，灰尘粒子是非导电、导磁和腐蚀性的。

13.3.4 大气压力要求

FTTH 系统设备应能在 86 ~ 106kPa 大气压力条件下的环境中正常工作。

13.3.5 电源要求

OLT 应支持直流或交流供电方式，在 a) 或者 b) 条件下应能正常工作。

ONT 应支持交流供电方式，在 b) 条件下应能正常工作，可选支持备用电池供电。可以选择通过降低功耗的工作方式，降低能耗以及在外电源断电情况下，延长关键业务的提供时间。

a) 直流电压及其波动范围要求：

标称电压：-48V；

电压波动：在直流输入端子处测试的 -48V 电压允许变化范围为 -57V ~ -40V。

b) 交流电压及其波动范围要求：

单相 $220 \times (1 \pm 10\%)$ V，频率 $50 \times (1 \pm 5\%)$ Hz，线电压波形畸变率小于 5%。

在正常情况下，设备的外壳与电源间的绝缘电阻不应小于 $50M\Omega$ 。

13.4 电气安全要求

13.4.1 绝缘电阻

正常情况下，设备的绝缘电阻不应小于 $50M\Omega$ 。

13.4.2 设备接地要求

局端设备的接地电阻应小于 5Ω 。

13.4.3 过压、过流保护

设备应安装过压、过流保护器。过压、过流保护器在外接电源异常时保护设备的核心部分。

设备应满足 YD/T 1082-2000 对模拟雷电冲击、电力线感应、电力线接触等指标的要求。

13.4.4 电磁兼容

设备的电磁兼容性应符合国标 GB 9254-1998 和 GB/T 17618-1998。

14 FTTH 用光纤光缆技术要求

14.1 FTTH 光缆网络结构概述

FTTH 光缆网络是由 OLT 至 ONT 之间的所有光缆、无源器件和线路辅助设施组成的，其基本结构如图 29 所示。FTTH 光缆网络可被划分为馈线光缆段、配线光缆段和入户线光缆段，基本节点包括 OLT 局端、光缆分配点、用户接入点以及 ONT 用户终端。

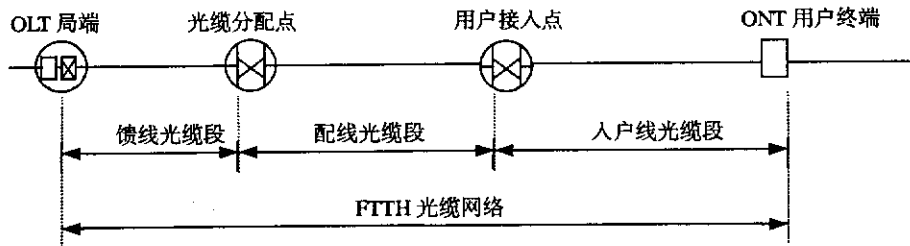


图29 FTTH 光缆网络基本结构

用户接入点是多个用户的光纤集中汇聚点。从用户接入点处以单条光缆（即入户线光缆）的形式进入单个 ONT 用户终端。光缆分配点是多个用户接入点的靠近 OLT 局端的光纤集中汇聚点。在点到点网络结构中，光缆分配点仅为不同芯数的光缆提供光纤交接分配作用；在点到多点无源光网络中，主要在光缆分配点实现光纤光功率分配。

FTTH 的馈线光缆从 OLT 局端延伸到各光缆分配点，配线光缆从光缆分配点延伸到用户接入点，入

户线光缆则从用户接入点延伸到每一个 ONT 用户终端。

对于点到多点 FTTH 光缆网络，采用一级分光方案时，光分路器通常放置在光缆分配点；采用多级分光方案时，除光缆分配点外，在 OLT 局端和用户接入点处均可放置光分路器。

14.2 FTTH 光纤一般要求

14.2.1 光纤的类型

用于 FTTH 的光纤宜采用符合 GB/T 9771.1 的 B1.1 类单模光纤，也可以采用符合 GB/T 9771.3 的 B1.3 类单模光纤。不排除入户线光缆段采用其他新型光纤。

14.2.2 光纤的性能

B1.1 和 B1.3 类单模光纤的传输特性和几何特性、光纤的机械性能和环境特性应符合 GB/T 9771.1 和 GB/T 9771.3 的规定。

14.2.3 光纤的弯曲性能

在特殊应用环境下，当需要将光纤弯曲到较小的弯曲半径时，应保证光纤在此弯曲条件下，在 1550nm 及 1625nm 波长上引起的宏弯损耗不超过 0.1dB。

14.3 FTTH 光缆一般要求

14.3.1 光缆类型

用于 FTTH 网络中的光缆按工作环境分为室外光缆、室内光缆和室内室外光缆。按照光缆在 FTTH 网络中的位置分为馈线光缆、配线光缆和入户线光缆。

14.3.2 室外光缆要求

14.3.2.1 光缆中光纤衰减

室外光缆中光纤的衰减系数应符合表 2 的规定。

表 2 室外光缆中光纤的衰减系数

光纤类型	波长 nm	分立光纤光缆最大衰减系数 dB/km	光纤带光缆最大衰减系数 dB/km
B1.1 和 B1.3	1310/1550	0.40/0.25	0.45/0.30

14.3.2.2 光缆的机械特性和环境特性

室外光缆的机械特性和环境特性均应符合 GB/T 13993.4-2002 的规定。

14.3.2.3 光缆产品的其他要求

室外光缆的型式、规格和结构等均应符合 GB/T 13993.4-2002 的规定。

14.3.3 室内光缆要求

14.3.3.1 分类

用于 FTTH 的室内光缆通常分为单芯光缆、双芯光缆、多芯光缆和光纤带光缆。另外依据用途不同，又可分为垂直布线用光缆、水平布线用光缆和设备互连用光缆。

14.3.3.2 光缆中光纤衰减

室内光缆中光纤的衰减系数应符合表 3 的规定。

表 3 室内光缆中光纤的衰减系数

光纤类型	波长 nm	最大衰减系数 dB/km
B1.1 和 B1.3	1310/1550	0.8/0.6

14.3.3.3 光缆的机械特性

室内光缆的允许拉伸力应符合表 4 的规定。在长期允许拉力下光纤应变应不大于 0.2%，光纤应无明显附加衰减；在短暂拉力下光纤应变应不大于 0.4%，应无明显残余附加衰减，护套应无目视可见的开裂。

表 4 室内光缆的机械性能

应用场合	光缆芯数	允许的短期拉力 N	允许的短期压扁力 $N / 10\text{cm}$	光缆允许的最小弯曲半径
垂直布线用	≤12 芯 >12 芯	660 1320	1000	在动态弯曲情况下为 $20D$ 或 $20H$ ，在静态弯曲下为 $10D$ 或 $10H$ 。其中， D 为圆形光缆外径， H 为扁形光缆高度。扁平光缆应在扁平方向弯曲
水平布线用	≤12 芯 >12 芯	440 660	1000	
入户线光缆	单芯/双芯	100	1000	
设备互联用	单芯 双芯 >2 芯	100 200 440	500	

注：光缆允许的长期拉力为短期拉力的 30%

14.3.3.4 室内光缆的其他性能

室内光缆的其他性能要求应分别符合 YD/T 1258.1-2003、YD/T 1258.2-2003、YD/T 1258.3-2003、YD/T 1258.4-2005 和 YD/T 1258.5-2005 中的规定。

14.3.4 室内室外光缆要求

14.3.4.1 分类

依据结构不同，可分为全介质光缆、金属光缆和混合光缆。

14.3.4.2 光缆材料和结构

光缆材料和光缆结构的选用应适合预期用途及安装条件，应特别注意符合建筑物安全和环保要求。当光缆进入室内，应依据不同的使用场合，满足 YD/T 1258.4-2005 规定的相应阻燃等级的要求。

室内室外光缆应为阻水结构，并应满足在室内环境下敷设施工的要求。

14.3.4.3 光缆中光纤衰减

室内室外光缆中光纤的衰减系数应符合表 5 的规定。

表 5 室内室外光缆中光纤的衰减系数

光纤类型	波长 nm	光缆最大衰减系数 dB/km
B1.1 和 B1.3	1310/1550	0.8/0.6

14.3.4.4 光缆的机械特性

室内室外光缆的允许拉伸力应符合表 6 规定。在长期允许拉力下光纤应变应不大于 0.2%，光纤应无明显附加衰减；在短暂拉力下光纤应变应不大于 0.4%，应无明显残余附加衰减，护套应无目视可见的开裂。

表 6 室内室外光缆的机械性能

应用场合	光缆芯数	允许的短期拉力 <i>N</i>	允许的短期压扁力 <i>N</i> / 10cm	光缆允许的最小弯曲半径
垂直布线用	≤12 芯 >12 芯	660 1320	1000	在动态弯曲情况下为 20 <i>D</i> 或 20 <i>H</i> ，在静态弯曲下为 10 <i>D</i> 或 10 <i>H</i> 。其中， <i>D</i> 为圆形光缆外直径， <i>H</i> 为扁形光缆高度。扁平光缆应在扁平方向弯曲
水平布线用	≤12 芯 >12 芯	440 660	1000	
管道入户线光缆	单芯/双芯	440	1000	
跨距不大于 50m 的自承式架空入户线光缆	单芯/双芯	660	1000	
注：光缆允许的长期拉力为短期拉力的 30%				

14.3.4.5 适用温度范围及其衰减温度特性

室内室外光缆的适用温度范围及其光纤相对于 20℃时的允许温度附加衰减应符合表 7 的规定。

表 7 室内室外光缆的适用温度范围和允许温度附加衰减

分级代号	适用温度范围 ℃	光纤允许附加衰减 dB/km
A	- 40~+60	≤0.40
B	- 30~+60	
C	- 20~+60	
注：光缆温度附加衰减为适用温度下相对于 20℃的光纤衰减差		

14.3.4.6 光缆的阻燃性能

室内室外光缆的阻燃性能应符合 YD/T 1258.4-2005 中的规定。

14.3.4.7 光缆护套完整性

室内室外光缆的护套完整性应符合 GB/T 13993.4-2002 的规定。

14.3.4.8 渗水性能

室内室外光缆的渗水性能应符合 GB/T 13993.4-2002 的规定。

14.3.4.9 低温下卷绕性能

温度特性 A 级的光缆，应具有耐 - 15℃低温下卷绕的能力。试验完成后，光纤应不断裂，护套应无目视可见的开裂。

14.4 光缆选用要求

14.4.1 按使用环境选用

通常，在室外环境下宜选用室外光缆，在室内环境下宜选用室内光缆。

14.4.2 跨入建筑物内的光缆选用

当需要光缆从室外跨入室内时，可选用室内室外光缆直接进入室内，也可使用室外光缆在具有良好接地保护的金属管线内直接进入室内，如果没有金属管线保护，则室外光缆在室内的应用距离不应超出 15m。

14.4.3 馈线光缆选用

根据馈线光缆段所在的环境位置，馈线光缆可为室外光缆、室内光缆或室内室外光缆。不同类型光缆的选用按 14.4.1 和 14.4.2 的要求。

14.4.4 配线光缆选用

根据配线光缆段所在的环境位置，配线光缆可为室外光缆、室内光缆或室内室外光缆。不同类型光缆的选用按 14.4.1 和 14.4.2 的要求。

14.4.5 入户线光缆选用

a) 当 FTTH 系统使用单纤传输方案时，入户线光缆可使用单芯光缆；当 FTTH 系统使用双纤传输方案时，入户线光缆可使用双芯光缆。在某些情况下，入户线光缆中光纤芯数可适当留有冗余。

b) 根据入户线光缆段所在的环境位置，入户线光缆可为室外光缆、室内光缆或室内室外光缆。室内型和室内室外型入户线光缆的机械特性见表 4 和表 6，不同类型的入户线光缆的选用按 14.4.1 和 14.4.2 的要求。

c) 入户线光缆应采用结构简单、操作方便、具有较强的抗拉和抗侧压性能的光缆，以便于架空、户外管道和楼内穿管布放，并保证使用的可靠性。在敷设条件苛刻的情况下，入户线光缆宜采用高抗弯性能的光纤。

14.5 光缆安装要求

14.5.1 室外光缆敷设要求

a) 用于馈线光缆段的室外光缆宜采用管道敷设方式。对于重要的光纤用户群，馈线光缆可采用环型配线法，使馈线光缆从两个不同方向的路由出局。

b) 用于配线光缆段的室外光缆可采用管道或架空敷设方式。为避免受城市地下其他管线影响，光缆尽量不采用直埋或路面敷设方式。

c) 用于入户线光缆段的室外光缆可采用管道或架空敷设方式。当采用直埋或路面敷设方式时，应尽量避免受城市地下其他管线影响。

14.5.2 室内光缆敷设要求

a) 室内光缆可走建筑物竖井、墙面线槽、暗管或在天花板吊顶内布线。

b) 根据建筑物的防火等级和对材料的耐火要求，室内布线应采取相应的措施。例如，在易燃的区域和大楼竖井内布放光缆，应采用阻燃光缆；在大型公共场所宜采用阻燃、低燃、低毒的光缆；在某些安装条件下（如弱电井内），楼内光缆应装入金属线管线槽以备防火。

15 FTTH 光缆线路（辅助）设施

15.1 线路辅助设施及其功能

15.1.1 局端辅助设施

OLT 局端辅助设施主要完成 FTTH 馈线光缆的固定保护、光纤的分配、组合、调度等。

局端辅助设施主要为光纤配线架。

15.1.2 光缆分配点辅助设施

光缆分配点辅助设施主要完成馈线光缆和配线光缆的固定和交接分配。

光缆分配点辅助设施主要为光纤配线架、光缆交接箱。

15.1.3 用户接入点辅助设施

用户接入点辅助设施主要完成将配线光缆中的光纤进一步分配，并以单条光缆（即入户线光缆）的形式进入单个用户终端。

用户接入点辅助设施主要有光缆分纤箱、光缆分纤盒和光缆分歧接头盒等。

15.1.4 用户终端辅助设施

用户终端辅助设施主要完成 ONT 与 FTTH 光缆网络的连接。

用户终端辅助设施主要有光纤现场连接器、光纤信息面板和用户智能终端盒等。

15.2 线路辅助设施的要求

15.2.1 光纤配线架

光纤配线架是光缆与光通信设备的配线连接设备。当光缆分配点位于建筑物内时,可使用光纤配线架完成馈线光缆与配线光缆的交接分配;对于点到多点的 FTTH 光缆网络,光纤配线架内还应考虑光分路器的放置。光分路器宜采用活动连接方式,以便于线路维护和线路检测。

光纤配线架的性能和指标要求应符合 YD/T 778 的规定。

15.2.2 光缆交接箱

光缆交接箱是光缆交接分配的接口设备。当光缆分配点位于室外时,可使用光缆交接箱完成馈线光缆与配线光缆的交接分配;对于点到多点的 FTTH 光缆网络,光缆交接箱内应考虑光分路器的放置。光分路器宜采用活动连接方式,以便于线路维护和线路检测。

光缆交接箱的性能和指标要求应符合 YD/T 988 的规定。

15.2.3 光缆分纤箱(盒)

光缆分纤箱(盒)是用户接入点常用设备之一,主要完成配线光缆与入户线光缆在室外或室内的连接作用。光缆分纤箱(盒)应提供光缆固定、光纤的连接和分纤功能。光纤的连接可采用固定方式或活动连接方式。对于点到多点 FTTH 光缆网络,当采用多级分光方案时,根据光线路工程要求,在光缆分纤箱(盒)中可能需要放置光分路器。当用户暂不开通光纤业务时,可使用具有光纤端接功能的光缆分纤箱(盒),将配线光缆端接在盒内,待用户申请业务时再将光缆连接到用户端。

光缆分纤箱(盒)的性能和指标要求应符合 YD/T 925-1997 的规定。

15.2.4 光缆接头盒

光缆接头盒可用于两根或多根光缆之间的保护性连接、光纤分配。

用于多根光缆连接的光缆分歧接头盒是用户接入点常用设备之一,主要完成配线光缆与入户线光缆在室外的连接作用。

光缆接头盒的性能和指标要求应符合 YD/T 814.1-2004 的规定。

15.2.5 光纤现场连接器

在某些情况下,可使用光纤现场连接器为入户线光缆提供端接和保护作用。现场连接器可固定在用户光纤信息面板上,采用活动连接方式与 ONT 连接,也可直接将其连接到 ONT 光口插座上。

光纤现场连接器的安装应在现场完成,无需注胶、加热、研磨等工艺。可安装在对该连接器具有良好保护的光纤信息面板内或用户智能终端盒内。

用于光纤现场连接器端接的光纤应具有良好的抗弯性能,应保证在应用波长上因光纤现场连接器引入的总附加损耗不超过 0.5dB。

15.2.6 光纤信息面板

光纤信息面板主要固定和保护光纤现场连接器。光纤信息面板可采用隐装或明装方式,可以固定在墙面或者弱电箱等固定结构内。光纤信息面板的外观应与强电面板、弱电面板的外观接近或基本一致。

光纤信息面板应带有光纤防尘装置,底盒内应能够保存至少 50cm 长度的光缆冗余。

15.2.7 用户智能终端盒

用户智能终端盒主要完成入户线光缆端接，提供 ONT、ONT 电源和 ONT 电池模块的安装、保护及光/电缆储存和保护的功能。

用户智能终端盒可采用嵌入式或外挂式安装方式，箱体应具有良好的散热功能。

16 FTTH 光缆线路设计概要

16.1 线路的光功率预算方法

FTTH 线路系统的光通道损耗包括了 S/R 和 R/S（S：光发信参考点；R：光收信参考点）参考点之间所有光纤和无源光元件（例如光分路器、活动连接器和光接头等）所引入的损耗。对于有源 ODP 的情形，则损耗应分段分别计算。

根据 FTTH 线路系统拓扑结构，其光功率预算值应在下面表 8 所规定的损耗范围内。光通道损耗宜采用最坏值法计算。

如果网络需要预留扩展添加 1550nm 有线电视光信号时，还应考虑有线电视光传输要求，验证光功率和光通道预算。

16.2 光通道损耗分类

光通道损耗分类见表 8。

表 8 光通道损耗分类

光通道损耗分类	A 类	B 类	C 类
最小损耗	5dB	10dB	15dB
最大损耗	20dB	25dB	30dB

注：以上三类光通道损耗均适用于点到点光纤以太网技术的 FTTH 实现方式。对基于 PON 技术的 FTTH 实现方式，光分路比不大于 1:8 的，适用于 A 类光通道损耗；1:16 或 1:32 光分路比，适用于 B 或 C 类光通道损耗

16.3 光反射要求

FTTH 线路系统的 S/R 和 R/S 参考点之间线路总回损应大于 32dB。

当 FTTH 系统含 CATV 业务时，S/R 和 R/S 参考点之间的所有离散反射损耗应大于 55dB。

16.4 光缆线路布线

光缆线路的布线设计要点参见附录 B。

光缆线路的施工要求及方法概要参见附录 C。

17 FTTH 网络测试基本要求

17.1 物理线路测试基本要求

17.1.1 线路测试项目

FTTH 线路需要进行的主要光学测试项目包括：线路连通性测试、链路长度测量、端到端衰减测量和双向光回损（ORL）测量等。

17.1.2 线路系统连通性测量要求

可用背向散射法（采用光时域反射仪）进行 FTTH 线路系统连通性测试。使用 OTDR 对整个链路内的故障（如连接不良、断裂或大的弯曲等）进行检验和定位。

17.1.3 链路长度测量要求

应用背向散射法测量每条链路光纤的物理长度，对于 PON 系统，应分别在分路器的两侧端口测量分路器至 OLT 局端之间、级联的分路器之间（多级分光时）和分路器至用户端之间光纤的物理长度。但对

各段链路物理长度不作具体要求。

17.1.4 端到端衰减测量要求

用光源和光功率计在每个用户终端 ONT 的 R/S 参考点和 OLT 之间测量端到端总衰减。根据线路拓扑结构和光分路比要求,线路光通道总衰减不能超过表 8 中规定的光通道损耗分类要求。

17.1.5 光回损 (ORL) 测量要求

对于支持 CATV 业务的 FTTH 系统,应在链路的两个方向上测量 ORL。

应用回波损耗仪测量每个链路总的 ORL,用光时域反射仪测量每个链路的每个分离反射的 ORL。光回损应满足本标准 16.3 中的要求。

17.2 系统测试基本要求

17.2.1 FTTH 系统测试总则

FTTH 系统的测试包括实验室部分的测试和现场测试。实验室部分的测试依据实现的技术(本标准第 7 章)参照相应的测试规范。本标准主要对现场测试部分做框架性规定。

FTTH 现场测试,主要应考虑到 FTTH 支持高带宽传送,提供多业务承载,具备 QoS 保证、安全以及必要的处理能力,支持业务扩展及其快速部署,注重降低网络建设和运营维护成本等特点。

从业务提供方面,应考虑 FTTH 系统支持各种现有的宽带、窄带业务以及即将开展的业务的提供能力,也应考虑同时支持 2 个以上业务的提供能力,如:

- 带宽能力;
- 支持多业务同时接入能力;
- 对即将开展的业务的扩展支持能力;
- 对未来家庭网络接口的支持能力;

.....

具体的测试参照相应业务的标准要求。

从 FTTH 系统实现方面,可以根据所采用技术的类型,分别有各自具体的测试内容,这些技术可能是:

- 基于 PON 技术,包括 EPON、GPON 技术等;
- 基于点到点光以太网技术,包括 FE/GE/10GE 光纤直连等;
- 视频传输技术(如 CATV);
- 其他发展的新技术;

.....

具体的测试要求参见相应的标准要求。

FTTH 系统现场测试主要包括连通性测试、功能测试、业务业务性能测试等方面,如 17.2.2-4 节所述。

17.2.2 连通性测试

FTTH 系统连通性测试主要包括 SNI、UNI 和 NMI 接口功能及特性的测试,也包括局端设备与用户端设备之间的接口测试。根据 FTTH 选择的具体接口类型,采用相应的连通性测试。具体接口类型如:

- 1000BASE-LX 接口的测试;
- 10BASE-T/100BASE-TX/100BASE-FX 等接口的测试;

- OLT 以及 DN 的对上层网络管理和操作维护系统的接口（如 SNMP）；
-

17.2.3 功能测试

根据不同的 FTTH 系统实现，有诸多方面的功能测试，可根据具体系统实现方式采取相应测试。如：

- 采用无源光网络共享（如 PON）技术时的动态带宽分配；
 - QoS 方面，要求满足业务的 QoS 保证需要，可以有 802.1Q 的优先级测试；
 - 安全方面，有用户之间的业务安全与隔离等；
 - OAM 方面，应能保证 FTTH 高效和可靠运行要求，如对 ONT 应支持远程管理，远端设备自动发现，设备断电通知功能，线路自环测试等；
 - 可选择的保护功能测试；
-

17.2.4 业务性能测试

业务性能测试可根据具体的业务类型采取相应测试。如：

- 语音业务的性能测试要求应至少满足 YD/T 1385；
 - CATV 业务的性能测试要求应满足 GY/T 106-1999 和 GY/T 121-95；
 - 业务体验测试（可以有 IP 数据业务、POTS 语音业务、VoIP 业务、交互式视频业务、广播式视频业务、多业务同时传送的体验）；
-

附录 A
(资料性附录)

三波长 PON 的 FTTH 系统的实现

本部分给出了传输广播电视 (CATV) 信号的三波长 PON 的 FTTH 系统的一种实现方法。

CATV 信号的三波长 PON 的 FTTH 系统的一种网络结构如图 A-1 所示。与两波长 PON 系统不同的是,增加了第二个下行波长 λ_{D2} 传输广播电视信号。

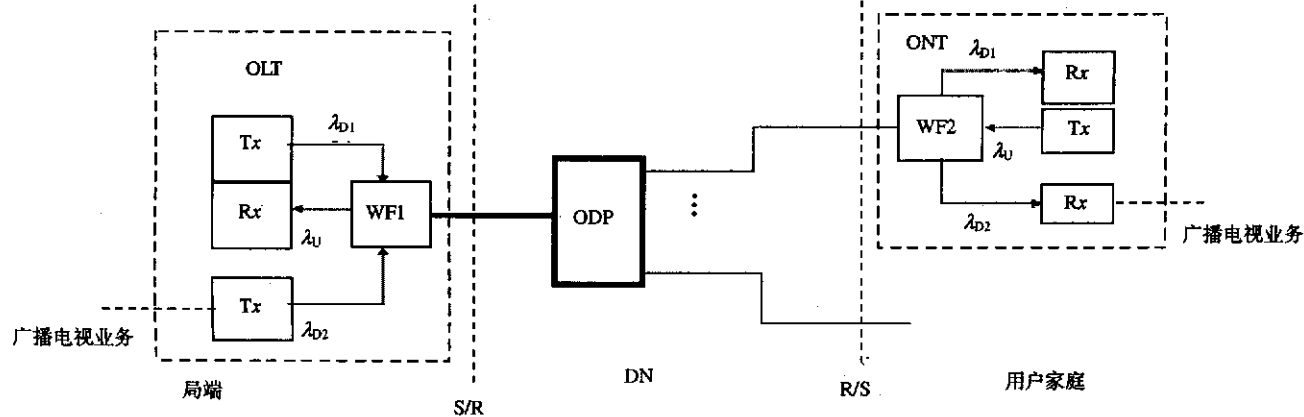


图 A.1 传输广播电视 (CATV) 信号的三波长 PON 系统示例

在这个系统中, WF1 为是波分复用/光合波功能器 (Wavelength Division Multiplexing and/or Optical Combining Functions 1), 它将两个下行波长 λ_{D1} 和 λ_{D2} 合波, 同时在上行方向分离出 λ_U ; WF2 为波分复用/光分路器 (Wavelength division multiplexing and/or optical splitting functions 2), 它将两个下行波长 λ_{D1} 和 λ_{D2} 分离, 同时在上行方向插入 λ_U 。

附录 B

(资料性附录)

FTTH 布线方案设计要点

B.1 设计原则和方法

- a) 充分考虑线路安全可靠, 测试、维护方便;
- b) 获取建筑物有关资料、设计图;
- c) 考虑用户区特点, 针对没有网络用户区和已有网络用户区分别进行合理规划;
- d) 确定用户总量, 考虑网络发展和预期用户增长;
- e) 设计 FTTH 网络配置方案和光缆网络结构;
- f) 设计支撑系统 (桥架、管道设计);
- g) 设计布线路由。

B.2 设计时要考虑的技术因素

- a) 用户所在地及其用户的分布;
- b) OLT 和 ONT 之间的距离;
- c) 不同业务的光通道;
- d) 可利用的技术;
- e) 光功率预算值;
- f) 波长的分配;
- g) 升级的需要;
- h) 可靠性和可用性;
- i) 操作管理和维护性;
- j) ONT 供电问题;
- k) 安全问题;
- l) 光缆容量。

B.3 FTTH网络各节点的规划设计要点

B.3.1 OLT局端

- a) OLT 局端设备间应便于搬运大型设备; 应尽量远离高强震动源、强噪声源、强电磁场干扰源和易燃易爆源;
- b) 设备间要有足够的空间, 以保障设备的存放;
- c) OLT 设备间要有良好的工作环境 (温度和湿度);
- d) OLT 设备间的建设标准应按机房建设标准设计;
- e) OLT 设备间应配备足够的安全防火设备;
- f) OLT 设备间可利用现有机房, 以减少机房建设费用。

B.3.2 光缆分配点

- a) 一个光缆分配点可覆盖一栋建筑、一个建筑群或一个小区;

- b) 应根据用户分布、所覆盖的用户数量和预期用户增长合理规划光缆分配点容量，当系统采用一级分光方式时，通常一个光缆分配点最多可容纳 1000 个光纤用户；
- c) 光缆分配点以机架方式管理光纤光缆。馈线光缆与配线光缆采用活动连接方式相连接；
- d) 光缆分配点可以设置在室外（光缆交接箱）或室内（光纤配线架、光缆交接箱）；
- e) 光缆分配点的位置应便于光缆出入；
- f) OLT 机房离用户很近时，光缆分配点可设置在 OLT 局端机房内。

B.3.3 用户接入点

- a) 应根据所覆盖用户数量和预期用户增长合理规划每个用户接入点容量。为便于线路维护和用户管理，一个用户接入点所容纳的用户数量不宜过多。当需要以分歧接头盒在室外地下实现用户接入，或需要在无法安装较大体积分纤设备的室内环境下完成用户接入时，通常一个接入点最多可容纳 16 个光纤用户。当安装条件容许时（如弱电竖井中），接入点所容纳的用户数可适当增加；
- b) 用户接入点可以在室外（光缆分歧接头盒、光缆分纤箱）或室内（光缆分纤盒）；
- c) 配线光缆和入户光缆可采用熔接或跳接方式进行连接；
- d) 当用户未申请光纤业务时，可将光缆敷设至用户接入点，待用户申请业务时再将光缆引入用户室内。

B.3.4 用户终端

B.3.4.1 FTTH用户对象

针对不同的 FTTH 用户对象，由于成本、需求等原因，用户终端的线路实现方法各不相同。FTTH 用户对象有如下两种：

- a) 居民住宅楼用户；
- b) 独立住宅用户。

采用光纤到末端的接入方式的办公楼用户和商业楼宇用户，也可参照如下光缆布线方法。

B.3.4.2 ONT连接方式

a) 尾纤连接

从楼道的光纤分线箱（盒）采用固定连接的方式引出尾纤，尾纤直接连接到用户室内 ONT 上。

b) 尾纤端接

入户线光缆进入用户室内后，在智能终端盒内采用现场熔接/冷接方式将尾纤连接到 ONT 上。

c) 现场连接器

在用户室内对入户线光缆采用现场连接技术制作一个现场连接器。该现场连接器可固定在用户光纤信息面板上，采用活动连接方式与 ONT 连接，也可直接连接到 ONT 的光口插座上。其中，采用光纤信息插座的活动连接方式在光缆固定部分和活动部分形成明确的活动连接界面，可最大限度地避免对光缆线固定部分的损坏，且为用户开通业务提供灵活可变的连接方案。

B.3.4.3 居民住宅楼的用户终端线路实现方法

居民住宅楼用户可采用 B.3.4.2 中的任意一种连接方式。

B.3.4.4 独立住宅的用户终端线路实现方法

对于独立住宅用户，可采用 B.3.4.2b 和 c 的连接方式。

B.3.4.5 商业楼宇的用户终端线路实现方法

对于商业楼宇，由于其出售或租赁对象的不确定性和流动性等因素，用户业务需求的不确定性和变更的可能性较大，宜采用开放办公布线结构。可采用 B.3.4.2c 中方法将入户线光缆端接在光纤信息插座

上。此插座宜安装在墙面等固定结构上。安装位置宜离地面 30cm，应每 10 ~ 100m² 至少安装一个光纤终端插座。

B.3.4.6 办公楼的用户终端线路实现方法

对于办公室用户，宜采用开放办公布线结构。可采用 B.3.4.2c 中方法将入户线光缆端接在光纤信息插座上，采用活动连接方式与 ONT 连接。

B.4 光缆进入建筑物室内的方法

当需要光缆从室外跨入室内时，可选用室内室外光缆直接进入室内，如图 B.1a；也可使用室外光缆在具有良好接地保护的金属管线内直接进入室内，如图 B.1b 所示；如果没有金属管线保护，则室外光缆在室内的应用距离不应超出 15m，如图 B.1c 所示。

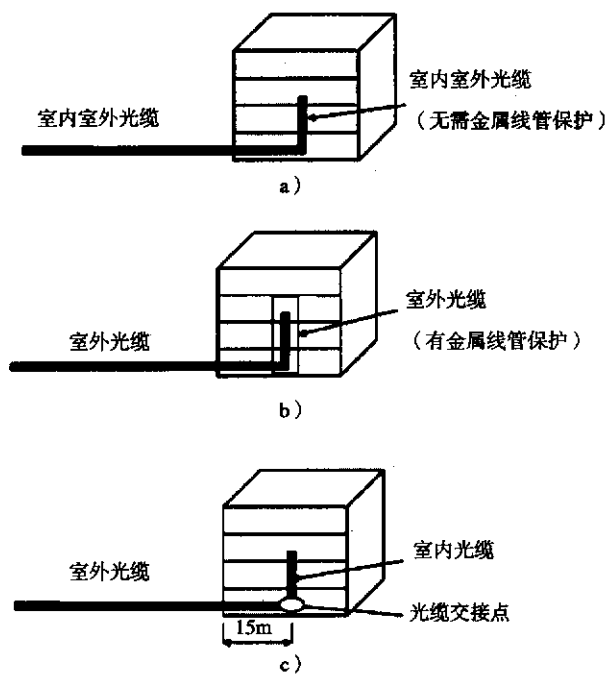


图 B.1 光缆跨入建筑物室内的方法

附录 C

(资料性附录)

FTTH 光缆安装施工要求及方法

C.1 室外光缆安装施工要求

a) 敷设光缆时应以光缆允许承受的短期拉力牵引光缆, 牵引拉伸力应施加在光缆的钢丝或其他抗张力元件上, 距离较长时应分段多处同时牵引。

b) 光缆在布放中不应超过弯曲半径的折弯、踩踏及超负荷的牵引。

c) 架空光缆在布放时, 应采用较大滑轮, 并调整好牵引角度 (应大于 130°)。

d) 光缆在人手孔中作引上时, 不能与其他电缆布放在同一引上管内。

e) 光缆预留余长: 管道、架空光缆接头两侧余长为 10~12m (长井脖及电杆超过 8m 时则加长); 局端、终端局所、业务预测点, 余长为 20m; 架空光缆可适当在电杆上作“U”型余长 (约 20cm)。所有余长应作保护及盘数。

f) 敷设保护措施: 光缆接头盒应安装在人孔或手孔中常年积水水位以上的位置, 并采取保护托架或其他方法承托和固定。

g) 人孔或手孔中的光缆应采用塑料软管保护并绑扎在电缆托板上, 同时采用醒目的标志, 以便识别光缆编号、用途和规格等内容。

C.2 建筑群间光缆布线

C.2.1 敷设方法

在建筑群间敷设光缆, 一般采用两种方法, 即地下管道敷设和架空敷设。

C.2.2 管道内敷设光缆

在管道中敷设光缆时, 有 3 种情况:

- 小孔到小孔;
- 在小孔间的直线敷设;
- 沿着拐弯处敷设。

可用人或/和机器来敷设光缆。

C.2.3 架空敷设光缆

- 线杆间隔距离以 30 ~ 50 m 为宜;
- 根据光缆的质量选择钢丝绳;
- 先接好钢丝绳;
- 架设光缆;
- 每隔 0.5 m 架一个挂钩。

C.3 建筑物内光缆敷设要求

a) 彻底了解建筑物的结构、走线的路由, 准确掌握可布线位置。通常, 建筑物内可选用天花板、暗道、墙壁线槽等形式敷设光缆。在决定采用哪种方法之前, 应到施工现场进行比较, 从中选择一种最佳的施工方案。

b) 确定现有线缆的位置和布放方式, 尽可能使用原有路由。当需要建立新的路由时, 应尽可能不破坏原有的建筑物结构。

c) 拉线与光缆的连接点应尽量平滑, 采用电工胶带紧紧地缠绕在连接点外面, 以保证平滑和牢固。

d) 应采取慢速而又平稳的拉线速度, 以避免造成光缆的缠绕或被绊住。

e) 牵引光缆的牵引力应不超过光缆允许的最大拉力

f) 光缆弯曲半径应不小于允许的光缆弯曲半径。

C.4 室内光缆线槽敷设

C.4.1 线槽品种

- a) 金属槽;
- b) 金属管;
- c) PVC 塑料槽;
- d) PVC 塑料管。

C.4.2 线槽敷设要求

a) 在安装线槽时, 首先应计算线槽中将要放的线缆的数量与重量, 以免线槽的支撑点负载超过建筑物结构上所容许的负载。

b) 所有需固定的线槽都要加固定件, 不能有松动或脱落。

c) 线槽中的线缆应固定在线槽上。在垂直线槽中, 通常每隔 500 ~ 700mm 用固定件把光缆固定在线槽上。

C.5 室内光缆穿管敷设

a) 管道弯曲半径应不小于光缆允许的最小弯曲半径;

b) 当光缆的弯曲半径条件不能保证时, 光缆穿过过线盒时应加管道保护, 如图 C.1 所示;

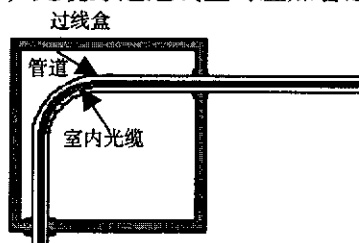


图 C.1 光缆穿过过线盒的方法

c) 当光缆的静态弯曲半径条件不能保证时, 应避免光缆直接穿过直角管道;

d) 当需要光缆穿过直角管道时, 应分两各步骤完成: 先将光缆穿过一个方向, 再将光缆穿过另一个方向, 如图 C.2 所示;

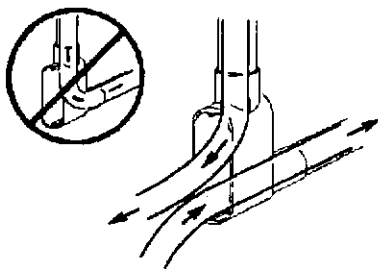


图 C.2 光缆穿过直角管道的方法

e) 当仅有一条光缆穿过管道时, 允许的占空比可达 50%; 当两条光缆穿过一条管道时, 允许的占空比可达 33%; 当多于两条光缆同时穿过一条管道时, 其允许的占空比不应超过 40%;

f) 在已有光缆的管道内不宜添加无铠装的室内软光缆, 如需增加敷设软光缆, 应在原有管道内增加内衬管;

g) 管道内应预置拉(牵引)线, 拉线应是路由的全长。

C.6 建筑物内垂直光缆敷设方法

通常, 在建筑物内竖井中敷设光缆, 有两种方法可供选择: 向下垂放; 向上牵引。通常向下垂放比向上牵引容易。如光缆卷轴机搬到高层很困难时, 则只能采用由下向上牵引方法。

向下垂放光缆步骤如下:

a) 将光缆卷轴安放在离建筑层槽孔 1 ~ 1.5m 处, 固定卷轴, 确保光缆在整个施工时间内都是垂直的;

b) 光缆牵引时, 应保证光缆不超过最小弯曲半径和最大抗张强度的规定;

c) 将光缆引导进入槽孔中, 如果是一个小孔, 则首先应安装一个塑料导向板, 以防止光缆与混凝土边侧产生磨擦而使光缆的损坏;

d) 将光缆缓慢地向下牵引, 直到下一层的人能将光缆引入到下一个槽孔中;

e) 沿整个槽孔长度, 每隔 1.5 ~ 2m 左右打一线夹;

向上牵引光缆与向下垂放光缆方向相反, 操作方法类似。

参考文献

- | | | |
|----|---------------------|---|
| 1 | GB/T 9771 | 通信用单模光纤系列 |
| 2 | GB/T 50311-2000 | 建筑与建筑群综合布线工程系统设计规范 |
| 3 | YD/T 1007-1999 | 接入网中传输性能指标的分配 |
| 4 | YD/T 1077-2000 | 接入网技术要求——窄带无源光网络 (PON) |
| 5 | YD/T 1089-2000 | 接入网技术要求——接入网网元管理功能 |
| 6 | YD/T 1146-2001 | 接入网网络管理接口规范 通用传输部分 |
| 7 | YD/T 1156-2001 | 路由器测试规范——高端路由器 |
| 8 | YD/T 1240-2002 | 接入网设备测试方法——基于以太网技术的宽带接入网设备 |
| 9 | YD/T 1250-2003 | 接入网测试方法——基于 ATM 方式的无源光网络 (A-PON) |
| 10 | YD/T 1381 | IP 网络技术要求——网络性能测量方法 |
| 11 | YD/T 1619-2007 | 宽带光接入网总貌 |
| 12 | GY/T 143-2000 | 有线电视系统调幅激光发送机和接收机入网技术条件和测量方法 |
| 13 | YDN 005-1996 | 接入网概貌 |
| 14 | YDN 021-96 | V5.1 接口一致性测试技术规范 |
| 15 | YDN 042-1997 | 接入网用馈线光缆技术要求 |
| 16 | YDN 057-1997 | 接入网技术要求——基于无源光网络技术的光接入网 |
| 17 | YDN 061-1997 | 接入网技术体制 (暂行规定) |
| 18 | ITU-T G.982-1996 | 支持 ISDN 基群速率或具有相同比特率业务的光纤接入网 |
| 19 | ITU-T G.983.1-2005 | 基于无源光网络的宽带光接入系统 |
| 20 | ITU-T G.983.10-2004 | 支持数字用户线路接口的 B-PON 系统的 ONT 管理和控制接口 (OMCI) |
| 21 | ITU-T G.984.1-2003 | G 比特无源光网络 (GPON) |
| 22 | ITU-T G.984.4-2004 | G 比特无源光网络 (GPON): ONT 管理和控制接口规范 |
| 23 | ITU-T G.985-2003 | 基于以太网的 100Mbps 点到点光接入系统 |
| 24 | ITU-T G.1010 | End-user Multimedia QoS Categories, Dakar, 2001 |
-