



EPON 系统培训教材

(2.0 版)

烽火通信科技股份有限公司

2007 年 12 月

感谢您选择我们的产品！

非常感谢您选择购买和使用我们提供的产品，我们视您的满意为我们的宗旨。

我们将竭诚为您提供全方位的技术支持和售后服务。

您可通过以下方式与我公司总部、驻地办事处或客户服务中心取得联系：

烽火通信科技股份有限公司

Fiberhome Telecommunication Technologies Co., Ltd.

地址：湖北省武汉市洪山区邮科院路 88 号

邮编：430074

服务热线：（86）（027）8769 1549

服务受理：（86）（027）8769 3756

服务传真：（86）（027）8769 1939

公司网址：<http://www.fiberhome.com.cn>

版权声明

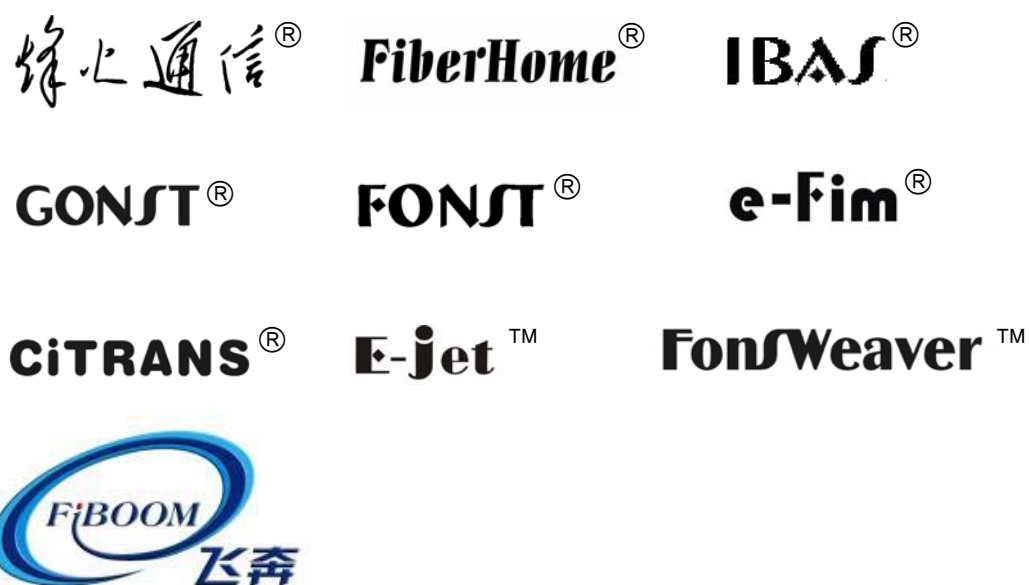
版权所有，侵权必究。

烽火通信科技股份有限公司对本教材保留一切权利。

任何单位和个人，未经烽火通信科技股份有限公司的书面许可，不得擅自摘抄、复制本教材（包括电子版本）的部分或全部，不得以任何形式进行传播。

本教材保留升级更新之权利，恕不另行通知！

商标说明



均为烽火通信科技股份有限公司的商标，不得仿冒。

本教材中提到的所有其他商标都有其相应的归属方。

前 言

烽火通信科技股份有限公司一直致力于 FTTH 产业的研究和实践，是国内唯一一家顺利完成“863” APON、EPON 和 EPON 产业化等项目的承担单位，拥有多项基于千兆以太网无源光网络 (EPON) 和其光模块与器件的专利和技术，是国内优秀的 FTTH 整体解决方案提供商，是中国电信、中国网通、中国移动、广电总局等战略合作伙伴。

烽火通信 AN5000 EPON 系统已通过国内外主要运营商的严格测试，并获得超过 20 万线的规模应用。烽火通信在国内第一个开通真正商用的“三网融合”FTTH 工程--武汉“紫菰花园”FTTH 接入工程。根据赛迪顾问公布的数据，烽火通信 FTTH 设备 2005 年和 2006 年连续两年国内市场占有率排名第一，分别占据 43.75%、46.87%的份额。同时，AN5000 EPON 系统在欧洲、美洲、非洲、亚洲等国外市场也获得了广泛应用。

作为中国光接入技术的倡导者，烽火通信在中国光接入系统技术标准制订上发挥了积极的作用。烽火通信是中国通信标准化协会《FTTH 体系架构和总体要求》标准的第一牵头单位，同时还是多项光接入相关国家、行业标准的主要起草单位。目前，正积极参与 ITU-T 相关标准和 IEEE 802.3av 10G EPON 国际标准的制定。

为了将在国内外 EPON 系统推广过程中的经验教训及时与我们的重要合作伙伴分享，特组织烽火通信具有资深研发背景的专家、项目经理和具有丰富工程设计、开通与维护经验的工程师联合编写了此本教材。希望在与业内领导、专家和同仁交流的过程中，不断丰富完善。

由于 EPON 技术本身还处于不断发展的过程中，应用环境复杂，加之编写时间仓促，书中难免有错误和不当之处，敬请批评指正。

版本说明

教材版本	说明
1.0 版	初始版本
1.1 版	在原版本基础上，增加了 ONU 品种。
2.0 版	依据用户反馈，教材结构做了调整。

组织结构

本教材的组织结构如下：

1 EPON 原理及系统架构

本章主要描述 EPON 原理及系统架构。

2 典型应用场景分析

本章主要对 FTTx 的典型应用场景进行了总结和分析，明确实际工程对 EPON 设备的具体要求。

3 OSP 网络设计

本章主要对 ODN 的规划设计做了介绍，讲述了实际 FTTx 工程中 ODN 的设计原则，以及光缆、配附件的选择。

4 烽火通信 EPON 设备介绍

介绍 EPON 设备各种类型的特点和功能。

5 烽火通信 EPON 设备配置方案

针对典型应用场景，提出烽火通信设备的解决方案。

6 EPON 设备网管系统

介绍管理 EPON 设备的 ANM2000 网管系统及其配置方法。

7 线路施工及设备安装

本章介绍 ODN 的线路施工和 EPON 设备的安装方法。

8 使用维护管理

本章主要介绍 EPON 系统用户开通、故障处理和日常维护。

9 EPON 系统建设成本浅析

针对参考模型，采用烽火通信的全套解决方案，并对解决方案进行初步的经济分析。

目 录

前 言.....	I
版本说明	II
组织结构	III
1 EPON原理及系统架构.....	1-1
1.1 现有宽带接入技术简介	1-2
1.1.1 ADSL/ADSL2/ADSL2+	1-2
1.1.2 VDSL/VDSL2	1-3
1.1.3 LAN技术简介	1-3
1.1.4 点到点（MC）技术简介	1-3
1.1.5 当前宽带接入技术发展趋势	1-4
1.2 PON技术概述.....	1-5
1.3 EPON系统架构	1-11
1.4 EPON基本原理	1-16
1.4.1 多点控制协议（MPCP）	1-16
1.4.2 QoS与SLA管理	1-21
1.4.3 操作维护和管理（OAM）	1-23
1.5 EPON多业务承载.....	1-23
1.6 EPON技术标准化进展.....	1-28
1.7 EPON与GPON分析	1-32
2 典型应用场景分析.....	2-1
2.1 FTTH（或类似FTTH）应用场景	2-2
2.1.1 应用场合	2-2
2.1.2 业务与接口需求	2-2
2.1.3 ONU形态	2-3

2.2	FTTB/C应用场景	2-4
2.2.1	应用场合	2-4
2.2.2	业务与接口需求	2-5
2.2.3	ONU形态	2-5
2.3	FTTO应用场景	2-7
2.3.1	应用场合	2-7
2.3.2	业务与接口需求	2-8
2.3.3	ONU形态	2-8
2.4	FTTCab应用场景	2-9
2.4.1	应用场合	2-9
2.4.2	业务与接口需求	2-9
2.4.3	ONU形态	2-10
3	OSP网络设计	3-12
3.1	FTTx光缆网络结构概述	3-13
3.2	ODN网络架构分析	3-13
3.2.1	3种ODN网络架构	3-13
3.2.2	分布式分光网络架构	3-15
3.2.3	汇聚式分光的网络架构	3-15
3.2.4	集中式分光的网络架构	3-16
3.3	节点设计	3-17
3.3.1	OLT设备间	3-17
3.3.2	光分配点	3-18
3.3.3	用户接入点	3-18
3.3.4	用户终端	3-19
3.4	光缆选择	3-20
3.4.1	馈线光缆选择	3-20
3.4.2	配线光缆选择	3-20
3.4.3	入户线光缆的选择	3-21
3.5	信息管道设计要求	3-23
3.5.1	光缆敷设的一般要求	3-23
3.5.2	室内光缆通道设计要求	3-25
3.6	系统光功率预算	3-28

3.6.1	光通道损耗指标要求	3-28
3.6.2	光功率预算	3-30
3.6.3	CATV系统光功率验算	3-32
4	烽火通信EPON设备介绍	4-1
4.1	EPON局端机系列	4-2
4.1.1	AN5116-02	4-2
4.1.2	AN5116-03	4-5
4.1.3	AN5116-06	4-7
4.2	EPON用户端机系列	4-9
4.2.1	AN5006-02	4-9
4.2.2	AN5006-03	4-10
4.2.3	AN5006-04	4-11
4.2.4	AN5006-05	4-12
4.2.5	AN5006-06	4-13
4.2.6	AN5006-07	4-14
4.2.7	AN5006-08	4-15
4.2.8	AN5006-09	4-16
4.2.9	AN5006-10	4-17
4.2.10	AN5006-11	4-18
4.2.11	AN5006-12	4-19
4.2.12	AN5006-15	4-20
4.2.13	AN5006-03W	4-22
5	烽火通信EPON系统配置方案	5-1
5.1	局端OLT的配置选择	5-2
5.2	FTTH应用场景中ONU设备的选择	5-2
5.3	FTTB/C场景中ONU设备的选择	5-3
5.4	FTTO场景中ONU设备的选择	5-4
5.5	FTTCab场景中的设备的选择	5-6
6	EPON设备网管系统	6-1
6.1	简介	6-2
6.2	连接	6-3
6.3	管理功能	6-7

6.4	网管开通配置步骤	6-9
7	线路施工及设备安装	7-1
7.1	线路施工	7-2
7.1.1	室外管道内穿放光缆	7-2
7.1.2	室内管道内穿放光缆	7-2
7.2	FTTH线路测试	7-3
7.2.1	施工阶段测试	7-3
7.2.2	线路验收测试	7-3
7.3	EPON局端机的安装	7-6
7.4	EPON用户端机的安装	7-8
7.5	室外机的安装	7-10
7.5.1	室外型ONU的安装	7-10
7.5.2	盒式ONU的室外安装	7-11
7.5.3	插卡式ONU的安装	7-12
8	使用维护管理	8-1
8.1	用户业务开通	8-2
8.1.1	开通需要具备的条件	8-2
8.1.2	业务开通步骤	8-3
8.2	故障的处理	8-6
8.3	故障定位的常用方法	8-7
8.4	故障处理的一般流程	8-7
8.4.1	单一用户故障处理流程	8-7
8.4.2	重大故障处理流程	8-9
8.5	日常维护	8-12
9	EPON系统建设成本浅析	9-1
9.1	建设参考模型	9-2
9.2	参考模型分析	9-4
9.3	建设方案配置	9-6
9.4	建设成本浅析	9-12
附 录	缩略语	1

插图

图 1-1	A/BPON帧结构.....	1-6
图 1-2	典型EPON系统结构示意图.....	1-7
图 1-3	EPON上/下行传输原理.....	1-7
图 1-4	GTC (GPON TC) 系统协议栈	1-8
图 1-5	GTC TC帧结构	1-8
图 1-6	TDM信号映射成GEM帧的方法示意.....	1-9
图 1-7	EPON系统架构基本图.....	1-11
图 1-8	光纤插损图	1-12
图 1-9	PLC内部结构示意图	1-13
图 1-10	1X32 PLC光分路器实物照片	1-13
图 1-11	分路器性能对比	1-14
图 1-12	MPCP与OSI协议栈的对应关系	1-17
图 1-13	启动注册过程示意图	1-18
图 1-14	测距原理图	1-20
图 1-15	ONU的SLA调度机制	1-22
图 1-16	EPON支持数据业务时的动态带宽分配机制示意	1-24
图 1-17	基于V5 的话音解决方案	1-24
图 1-18	基于软交换的话音解决方案	1-25
图 1-19	EPON支持IPTV业务示意图	1-25
图 1-20	CATV解决方案	1-26
图 1-21	EPON开展TDM业务示意图	1-27
图 1-22	EPON定时机制	1-29
图 1-23	IEEE 10G EPON解决方案.....	1-30
图 1-24	10G EPON与 1G EPON的兼容性	1-30
图 1-25	中国电信EPON企标对IEEE EPON标准的扩展.....	1-31

图 2-1	FTTH应用场景	2-2
图 2-2	FTTB/C应用场景	2-4
图 2-3	FTTO应用场景	2-7
图 2-4	FTTCab应用场景	2-9
图 3-1	FTTx网络基本结构	3-13
图 3-2	分布分光示意图	3-14
图 3-3	汇聚分光示意图	3-14
图 3-4	集中分光示意图	3-14
图 3-5	管道中应用的常用配线光缆	3-20
图 3-6	竖井中应用的常用配线光缆	3-21
图 3-7	管道入户用的入户线光缆	3-21
图 3-8	楼内入户用的“8”字布线光缆	3-22
图 3-9	自承架空入户用的“8”字布线光缆	3-22
图 4-1	AN5116-02 EPON局端机外观图	4-3
图 4-2	AN5116-03 EPON局端机外观图	4-5
图 4-3	AN5116-06 EPON局端机外观图	4-7
图 4-4	AN5006-02 EPON用户端机外观图	4-9
图 4-5	AN5006-03 EPON用户端机外观图	4-10
图 4-6	AN5006-04 EPON用户端机外观图	4-11
图 4-7	AN5006-05 EPON用户端机外观图	4-12
图 4-8	AN5006-06 EPON用户端机外观图	4-13
图 4-9	AN5006-07 EPON用户端机外观图	4-14
图 4-10	AN5006-08 EPON用户端机外观图	4-15
图 4-11	AN5006-09 EPON用户端机外观图	4-16
图 4-12	AN5006-10 EPON用户端机外观图	4-17
图 4-13	AN5006-11 EPON用户端机外观图	4-18
图 4-14	AN5006-12 EPON用户端机外观图	4-19
图 4-15	AN5006-15 EPON用户端机外观图	4-20
图 4-16	AN5006-03W室外用户端机外观图	4-22
图 6-1	ANM2000 软件模块结构	6-2
图 6-2	组网模型	6-3
图 6-3	带内连接方式	6-3
图 6-4	带外连接方式	6-4

图 6-5	基于局域网的组网一	6-4
图 6-6	基于局域网的组网二	6-5
图 6-7	基于广域网的组网一	6-5
图 6-8	基于广域网的组网二	6-6
图 6-9	带外连接方式	6-6
图 6-10	带内连接方式	6-7
图 6-11	ANM2000 网管配置步骤	6-9
图 7-1	PON连通性测试	7-4
图 7-2	端到端光损测试	7-5
图 7-3	EPON局端机的安装流程图	7-6
图 7-4	EPON用户端机的安装流程图	7-8
图 7-5	烽火通信野外型ONU	7-10
图 7-6	盒式ONU安装图	7-11
图 7-7	插卡式ONU室外机柜安装图	7-12
图 8-1	设备开通的基本步骤	8-4
图 8-2	单个故障处理流程	8-8
图 8-3	故障处理流程	8-10
图 9-1	参考模型 1 示意图	9-2
图 9-2	参考模型 3 示意图	9-3
图 9-3	参考模型 4 示意图	9-3
图 9-4	FTTH建设模式ODN拓扑	9-4
图 9-5	FTTB建设模式ODN拓扑	9-4
图 9-6	农村信息化建设模式ODN拓扑	9-5
图 9-7	宽带下沉建设模式ODN拓扑	9-5
图 9-8	建设成本对比分析	9-12

表 格

表 1-1	EPON和GPON对比表	1-32
表 3-1	标准ODN技术要求	3-28
表 3-2	光通道损耗与推荐应用场景	3-29
表 3-3	标准EPON光功率要求	3-30
表 3-4	烽火通信PLC技术指标	3-31
表 3-5	光功率预算表	3-31
表 9-1	参考模型 1 设备配置表	9-6
表 9-2	参考模型 1 OSP配置表	9-6
表 9-3	参考模型 2 设备配置表	9-7
表 9-4	参考模型 2 OSP配置表	9-8
表 9-5	参考模型 3 设备配置表	9-9
表 9-6	参考模型 3 OSP配置表	9-10
表 9-7	参考模型 4 OSP配置表	9-10
表 9-8	参考模型 4 设备配置表	9-11

1 EPON 原理及系统架构

本章主要描述 EPON 系统架构、原理及特点等。主要包括以下内容：

-  现有宽带接入技术简介
-  EPON 系统架构
-  EPON 基本原理
-  EPON 多业务承载
-  EPON 技术标准化进展
-  EPON 与 GPON 分析

1.1 现有宽带接入技术简介

目前，主流的宽带接入技术主要有基于铜线接入的 xDSL 技术、LAN 接入、点到点以太网媒体转换器（MC）和无源光网络（主要是 EPON、GPON）等。以下将分别简介各种接入技术。

1.1.1 ADSL/ADSL2/ADSL2+

ADSL 是 xDSL 家族的一种。DSL 英文全称是 Digital Subscriber Line，意即数字用户线路，是以铜芯对绞线作传输介质的传输技术。ADSL（Asymmetrical Digital Subscriber Line）的含义是非对称数字用户线路。高速率的视频、音频、和数据信号借助普通电话线传送，使得普通固定电话用户以较小的投资，实现家庭办公、多媒体通信、视频点播、快速访问 Internet 等诸多业务。

鉴于 ADSL 技术能够充分利用现有铜缆资源，并且为用户提供较高的接入速率，自 2002 年以来，ADSL 技术获得迅猛发展，成为主流宽带接入技术。据某权威调查机构发布的一份调查报告表明，ADSL 已从有线电视接入等诸多竞争技术中脱颖而出，一跃成为全球宽带接入的主流平台。国内在中国电信和中国网通两大固网运营商的大力推动下，中国已成为全球 ADSL 用户最多的国家，仅中国电信的宽带用户就突破了 1000 万，其中绝大部分是 ADSL 用户。

ADSL 系统主要由安装在网络侧的 ADSL 局端设备（ADSL 接入复用器）DSLAM 和安装在用户侧的用户端设备 ATR-U（ADSL-Modem）组成。除此之外，线路两侧还要安装 POTS 信号分离器（ADSL 滤波器）。在网络侧，POTS 分离器将电话信号和 ADSL 信号分离，分别送入程控交换机和 ATM 交换机（或者核心路由器）。在用户侧，POTS 分离器负责将下行方向的混合信号分离出模拟信号和数字信号，分别送给用户电话机和 ADSL-Modem，并且在上行方向上还负责将来自电话机的模拟信号和来自 ADSL-Modem 的数字信号复用在同一对双绞线上。

1.1.2 VDSL/VDSL2

目前，电信运营商主要利用其丰富的铜线资源，采用 ADSL/ADSL2+接入技术提供宽带接入。ADSL/ADSL2+的有效传输距离为 5~6 公里，ADSL下行速率最高为 8Mbps，上行速率为 640kbps，而ADSL2+下行速率最高为 24Mbps，上行速率为 1Mbps。从传输速率看，ADSL难以满足高带宽用户的接入要求，ADSL2+在近期内可以基本满足带宽需要，但上行带宽偏低。

继第一代VDSL后ITU于2005年5月通过了VD-SL2(第二代VDSL)的标准G.993.2，VDSL2通过扩展频谱和改善发射功率谱密度，支持更高的传输速率和更长的传输距离，满足将来用户对高带宽的需求。

1.1.3 LAN 技术简介

LAN 接入原本主要应用于计算机网络，一般采用五类或超五类非屏蔽双绞线（UTP）作为接入线路。由于技术上的发展，使得 LAN 的传输距离大为扩展，完全可以满足接入网和城域网数据通信的需求。其上下行速度是对称的，可达 10Mbit/s、100Mbit/s（FE）甚至于 1000Mbit/s（GE），传输距离一般为 100m~150m，下面从几个方面对 xDSL 和 LAN 两种接入技术作个比较。

1.1.4 点到点（MC）技术简介

点到点以太网系统是最直接的以太网光纤接入技术。每个用户通过一根/对光纤直接连接到局端以太网交换机的一个用户光接口。在点到点以太网系统方式中，通过扩充的以太网 OAM 协议，可以通过局端交换机对用户端设备进行远程管理，从而提供电信级可运营、可管理的以太网接入方式。

1.1.5 当前宽带接入技术发展趋势

接入网的长远目标是实现光纤到户（FTTH），本着这样的目标大多数运营商都在积极推进接入网的光纤化进程，目前大城市已基本实现了光纤到小区、光纤到大楼，但受用户需求、成本和业务定位诸多因素的影响，光纤到户的进程一直比较缓慢。虽然近年来比较热门的光接入技术——EPON 受到越来越多的关注，有关 EPON 的试验项目正在逐步开展，在一些竞争比较激烈的地区，EPON 甚至被运营商用于抢占网吧客户的重要手段，但是实现光纤到户仍需要相当长的一段时间。光纤接入网正越来越受到运营商、设备商、甚至是政府的重视。特别是作为光纤接入最有发展前景的宽带 PON 技术正面临前所未有的机遇。这里所说的宽带 PON 技术，指的是基于以太网技术的 EPON 技术和具有 GBit/S 传送能力的 GPON 技术，曾经风云一时的 APON 由于技术复杂、设备价格高，加之 ATM 网络在市场的萎缩，很难在将来的光纤接入市场中占据一席之地。EPON 是在一些设备商的推动下产生的，旨在将目前最为简单和应用最为广泛的以太网技术与 PON 系统相结合，以点对多点的方式解决以太网接入问题。EPON 采用 8B/10B 码型、利用以太网控制帧来传送信息，是基于以太网帧结构、TDMA 方式的宽带 PON 技术。EPON 支持 1.25Gbit/S 对称速率，支持 10km 和 20 km 两种最大传输距离，支持的用户分支数为 32 路或 16 路。EPON 技术相对简单、速率高、可扩展性强，能够以较低成本高效率地传送 IP 业务，与 APON 相比，具有更宽的带宽、更低的价格和更强的宽带业务能力。有些厂商还对 EPON 系统进行了改造，通过类似 TDM 方式定时发送分组信号来传送实时性要求强的信号，从而很好地支持 TDM 业务。

1.2 PON 技术概述

无源光网络(PON: Passive Optical Network)系统最早在 20 世纪 90 年代初期就已经出现。1996 年国际电信联盟 (ITU-T) 完成了对 G.982 文档的标准化,其主要目标是对 2Mbit/s 以下接入速率的窄带 PON 系统进行定义。与此同时,以 ATM 技术为基础的 PON(即 APON)系统也获得了较快发展。1998 年 ITU-T 正式通过了 G.983.1 建议,即“基于无源光网络(PON)的宽带光接入网”,对 APON 系统的各项技术指标做出了详尽的规范。G.983.1 建议主要规定了 APON 标称线路速率、光网络要求、网络分层结构、物理媒质层要求、会聚层要求、测距方法和传输性能要求等。1999 年 ITU-T 又推出 G.983.2 建议,即“ATM-PON 的 ONT 管理和控制接口规范”,该建议主要从网络管理和信息模型上对 APON 系统进行了定义,以确保不同厂商的设备可实现互操作。随后,为了提高 APON 性能,增强可管理可运营特性,ITU-T 又制定了 G.983.3、G.983.4、G.983.5、G.983.6、G.983.7 等系列技术标准。为上行速率 155.52Mb/s、下行速率 622.08Mb/s 的 APON 系统上/下行帧结构。从图中可以看出,APON 上下行均采用了复帧的结构,加之 ATM 技术本身是面向连接的技术,通过配置特定的 VPI/VCI,可以很好支持固定比特率(CBR)、可变比特率(VBR)和未知比特率(UBR)等多种业务的接入。同时,为了弥补由于 G.983.1 标准制定之初没有考虑对 1550nm 下行模拟视频业务支持的不足,在 2001 年 3 月发布的 G.983.3 标准中,就对以前的上行 1310nm 波长,下行 1550nm 波长的传输机制进行了重新划分,决定将下行波长调整为 1490nm,1550nm 波长则用于下行模拟视频业务的传送。

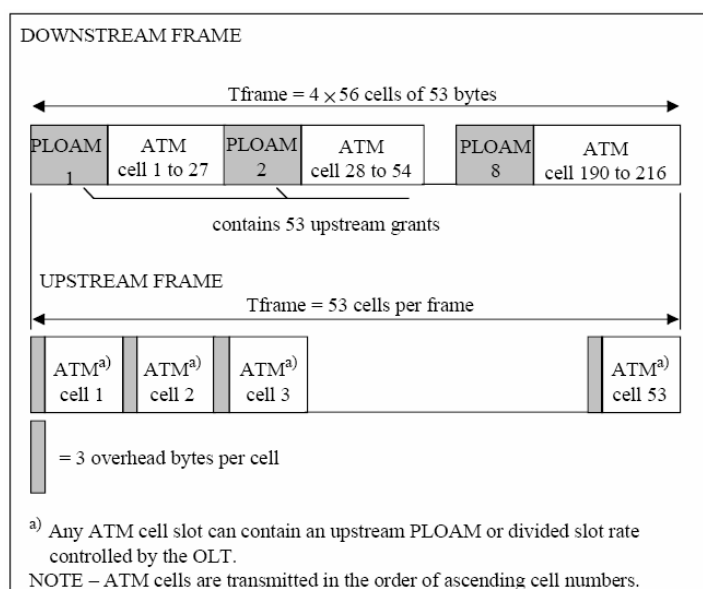


图 1-1 A/BPON 帧结构

随着Internet的高速发展，用户对网络带宽的需求不断提高，各种新的宽带接入技术已成为当前研究的热点。正是在这种背景下，美国电气与电子工程师协会（IEEE）于2000年底成立了以太网第一英里工作组(EFM: Ethernet in the First Mile Study Group)，引入了一种新的接入技术标准——以太网无源光网络(Ethernet PON，简称EPON)。2004年6月，IEEE 802.3ah-2004最终获得了通过，成为正式的EPON国际标准。IEEE 802.3ah定义了EPON光线路终端（OLT: Optical Line Terminal）和光网络单元（ONU: Optical Network Unit）的设计技术规范、系统指标和性能要求，专门针对EPON系统定义了点控制协议（MPCP: Multi-Point Control Protocol），并引入了操作维护管理（OAM: Operation, Administration & Management）子层来增强系统的可管理和可运营性能。顾名思义，EPON就是利用PON的拓扑结构实现以太网等多种业务的接入，所有业务数据都将被封装成IEEE 802.3标准以太网帧在系统内传输。尽管广义的EPON包括上行采用时分多址（TDMA: Time Division Multiple Address）和波分复用（WDM: Wavelength Division Multiplex）两种方式的实现，但是由于相关的光器件技术还不够成熟，目前绝大多数的商用EPON系统上行都采用TDMA的方式。图 1-2 示出了有三个波长的EPON系统的应用实例，其中1310nm波长的光波用于ONU上行发送，1490nm波长和1550nm波长的光波则分别用来传送下行的数据和下行广播方式的模拟或数字电视节目。

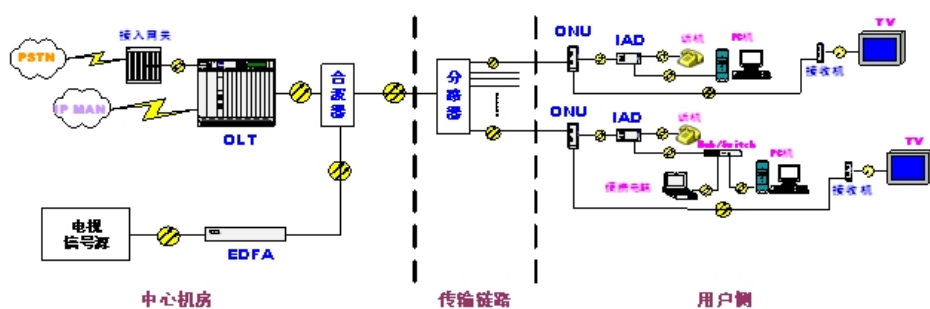


图 1-2 典型 EPON 系统结构示意图

EPON 系统下行采用广播方式，ONU 根据接收到的帧的目的 MAC 地址、逻辑链路标识（LLID: Logic Link Identifier）或 VLAN Tag 等接收属于自己的数据。

在上行方向，EPON 系统采用 TDMA 的方式来避免不同 ONU 的发送冲突，每个 ONU 都只能在由 OLT 授权的时隙内发送数据。由于每个 ONU 与 OLT 之间的物理距离不同，加之 ONU 只能在特定时间隙发送，OLT 侧的光接收机必须工作在突发模式，且应具备自动阈值控制（ATC: Automatic Threshold Control）功能，同理 ONU 的激光器也工作在突发发送模式。图 1-3 为采用 TDMA 方式的 EPON 上行/下行传输原理图。由于 EPON 上下行并没有固定的传输帧格式，在提高网络传输效率，简化网络设备复杂性的同时，也将导致对语音和视频业务支撑能力的下降，需要采取措施保证不同应用的 QoS。

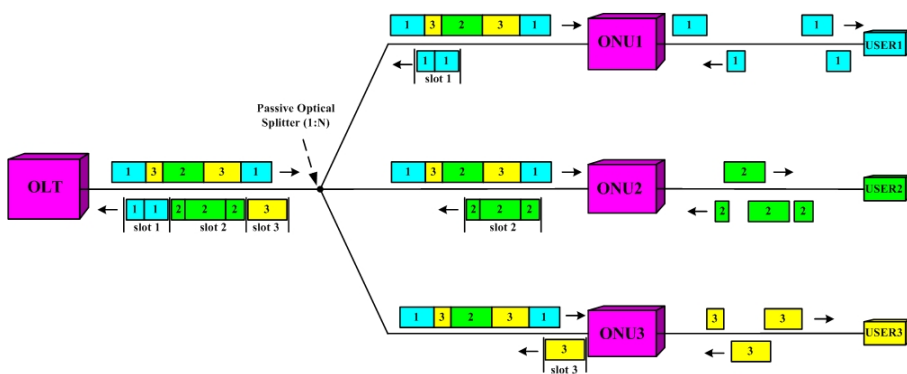


图 1-3 EPON 上/下行传输原理

几乎与此同时，2001 年全业务接入网联盟（FSAN）提出了千兆无源光网络（GPON: Gigabit Passive Optical Network）的概念。之后在不同标准化组织和设备厂商的推动下，ITU-T 于 2003 年 1 月正式通过并颁布了

GPON 标准系列中的两个标准 G.984.1 和 G.984.2，2003 年 8 月又发布了 G.984.3 和 G.984.4 标准。由于 GPON 标准是 ITU-T 在 APON 标准之后推出的，因此 G.984 系列标准不可避免地沿用了 G.983 系列标准的很多思路。错误！未找到引用源。显示了 GPON 系统的协议栈结构。GPON 拥有高速宽带及高效率传输的特性，定义了全新的传输汇聚层（TC: Transmission Convergence）来完成多种业务的适配，应用“GPON 封装模式”（GEM: GPON Encapsulation Mode），实现 ATM、Ethernet 和 TDM 等业务的可靠传输。它可以支持最大上/下行 2.488Gb/s 的对称速率传输，也可以支持上/下行不对称速率的传输。在波长规划方面，仍然选择 1310nm 作为 ONU 上行发送波长，1490nm、1550nm 波长分别用于下行数据和模拟视频业务的传送。GPON 的下行采用周期为 125us 的复帧结构，上行则采用 TDMA 的方式实现多个 ONU 的突发发送。

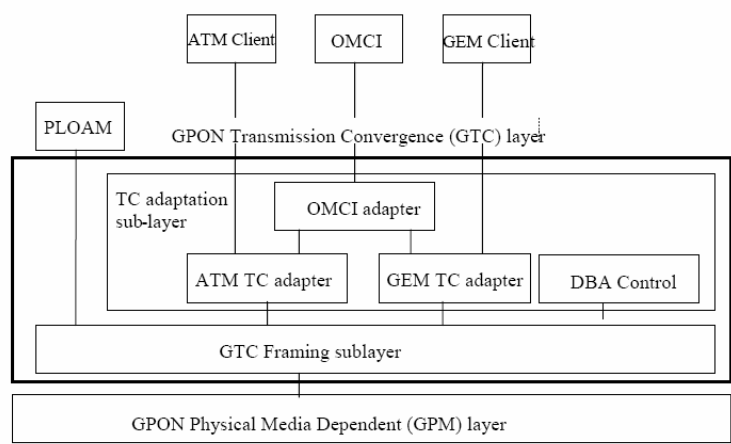


图 1-4 GTC（GPON TC）系统协议栈

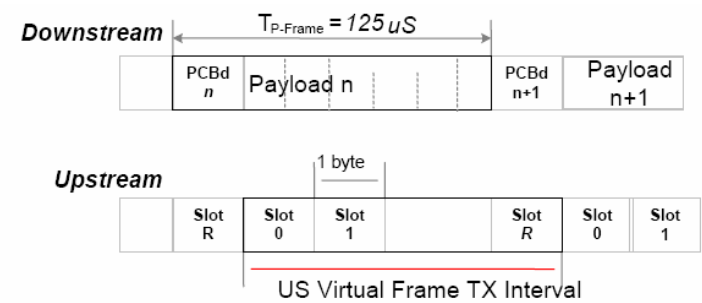


图 1-5 GTC TC 帧结构

ONU 通过利用下行帧物理控制块 (PCBd: Physical Control Block Downstream) 中固定的 32 比特 Physical synchronization (Psync) 域实现与 OLT 的时钟同步。GPON 采用将 TDM 客户的数据封装成可变长度的 GEM 帧透明传送 TDM 业务。如图所示, GEM 帧的长度根据 TDM 客户的频率偏移状况动态变化。通过运用一定的动态带宽分配 (DBA) 策略, 可以较好的保证 TDM 业务的传输质量。但是, 由于 GPON 对光器件的要求很高, 相关技术还不成熟, 目前符合标准的商用芯片较少等客观情况, 造成 GPON 系统的成本太高, 实现过于复杂, 目前尚未获得大规模商用。

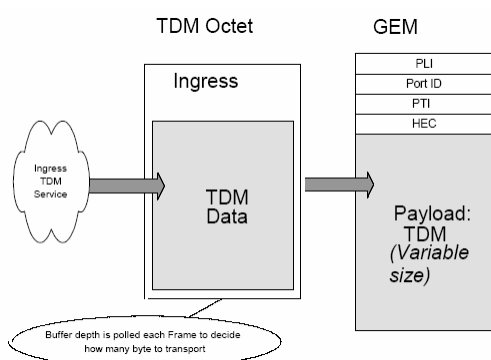


图 1-6 TDM 信号映射成 GEM 帧的方法示意

◆ EPON 技术的优势

IEEE EFM 工作组的目的是在现有 IEEE802.3 协议的基础上，通过较小的修改实现在用户接入网络中传输以太网帧。EPON 相对于现有其他宽带接入技术的优势归纳起来主要体现在以下几个方面：

与现有以太网技术兼容。以太网技术，是迄今为止最成功和成熟的局域网技术。EPON 只是对现有 IEEE802.3 协议作较少的补充，是与传统以太网兼容的。随着 EPON 标准的正式发布和成熟 EPON 系统的大规模商用，在 WAN 和 LAN 连接时将减少很多协议转换引入的成本和代价。

高带宽。EPON 的下行信道为千兆广播方式，而上行信道则为用户共享的千兆信道，即使在分路比为 1: 32 时，每个 ONU 的上/下行平均带宽仍然可以达到近 30Mb/s，峰值带宽甚至可以达到 900Mb/s 及以上。这比目前的其他接入方式，如 Modem、ISDN、ADSL 甚至 APON(下行 622/155Mbit/s，上行共享 155Mbit/s)都要高很多倍。

低成本。EPON 提供较大的带宽和较低的用户设备成本。首先，由于采用 PON 的结构，EPON 网络中减少了大量的光纤和光器件以及网络建成后的运营维护成本，降低了预先支付的设备资金和与 SDH/SONET 及 ATM 有关的投资。其次，以太网本身的价格优势，如廉价的器件和简便的安装维护使 EPON 具有 APON 和 GPON 等所无法比拟的低成本。

为灵活和快速的服务重组提供了方便。提供了多层安全，例如限制用户（支持如 802.1x 的用户身份认证和多种业务水平协议 SLA）、支持虚拟专用网（VPN: Virtual Private Network）的 VLAN、IP 安全(IPSec)等。

网络运营商可通过在 EPON 体系结构上开发的广泛而灵活的服务来增加收入，例如管理防火墙、语音交易支持、VPN 和 Internet 接入等。利用 IGMP Proxy/Snooping 功能，可以方便的开通视频点播（VoD: Video on Demand）、视频会议、大型文体活动的现场直播等多种业务。

1.3 EPON 系统架构

以太网无源光网络（EPON）是一种采用点到多点（P2MP）结构的单纤双向光接入网络，其典型拓扑结构为树型。典型的 EPON 系统采用上下行对称 1.25Gb/s 速率的传输，可以支持最大 1:32 分路比时的 20Km 可靠传输，可以采用 1 级（集中分光）或 2 级分光（分散分光）。

EPON 系统由局侧的光线路终端（OLT）、用户侧的光网络单元（ONU）和光分配网络（ODN）组成，为单纤双向系统。光线路终端（OLT）是 EPON 系统局端设备，提供与城域网（IP、SDH、MSTP、MPLS 等）的连接，用于实现用户业务的接入、管理和用户侧业务的汇聚等功能。

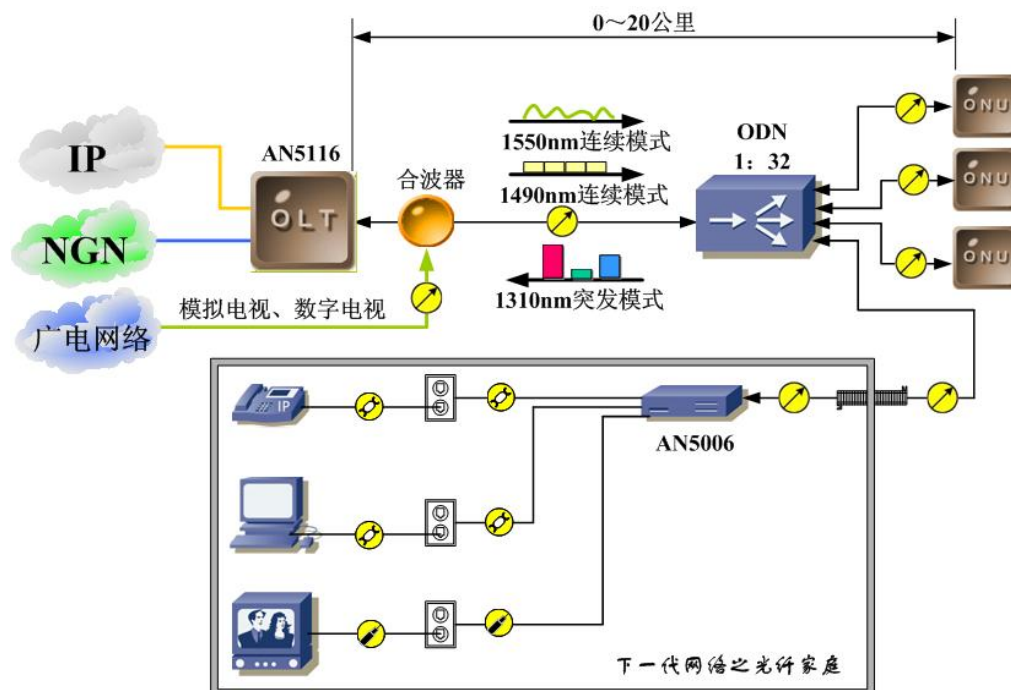


图 1-7 EPON 系统架构基本图

外线部分（OSP：Outside Plant）用于实现局端到用户端的光纤分配和连接，主要包括光缆、光分路器、光连接器、波分复用器、光配线设备、用户终端盒等。其中光缆又可以根据网络位置的不同分为馈线光缆、配线光缆和引入光缆三段。光分路器根据制作工艺的不同，可分为熔融拉锥形和平面波导型两种。

◆ 熔融拉锥光纤分路器（Fused Fiber Splitter）

熔融拉锥技术是将两根或多根光纤捆在一起，然后在拉锥机上熔融拉伸，并实时监控分光比的变化，分光比达到要求后结束熔融拉伸，其中一端保留一根光纤（其余剪掉）作为输入端，另一端则作多路输出端。目前成熟拉锥工艺一次只能拉 1×4 以下。 1×4 以上器件，则用多个 1×2 连接在一起。再整体封装在分路器盒中。

这种器件主要优点有（1）拉锥耦合器已有二十多年的历史和经验，许多设备和工艺只需沿用而已，开发经费只有 PLC 的几十分之一甚至几百分之一（2）原材料只有很容易获得的石英基板，光纤，热缩管，不锈钢管和少些胶，总共也不超过一美元。而机器和仪器的投资折旧费用更少， 1×2 、 1×4 等低通道分路器成本低。（3）分光比可以根据需要实时监控，可以制作不等分分路器。

主要缺点有（1）损耗对光波长敏感，一般要根据波长选用器件，这在三网合一使用过程是致命缺陷，因为三网合一传输的光信号有 1310nm、1490nm、1550nm 等多种波长信号。

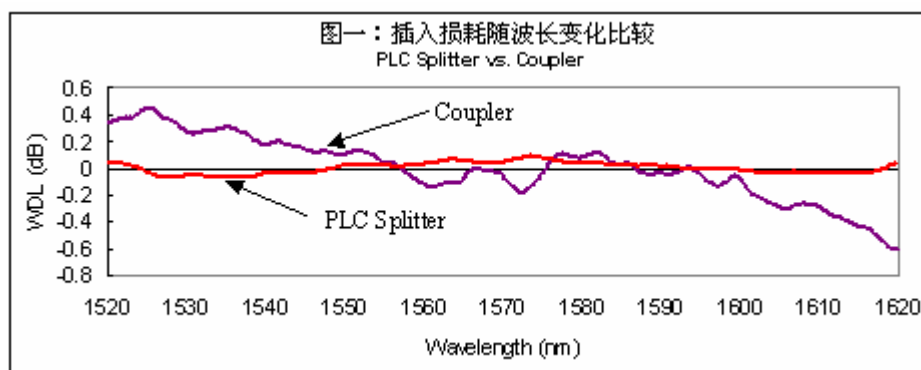


图 1-8 光纤插损图

（2）均匀性较差， 1×4 标称最大相差 1.5dB 左右， 1×8 以上相差更大，不能确保均匀分光，可能影响整体传输距离。（3）插入损耗随温度变化变化量大（TDL）（4）多路分路器（如 1×16 、 1×32 ）体积比较大，可靠性也会降低，安装空间受到限制。

◆ 平面光波导功率分路器（PLC Optical Power Splitter）

平面光波导技术是用半导体工艺制作光波导分支器件，分路的功能在芯片上完成，可以在一只芯片上实现多达 1×32 以上分路，然后，在芯片两端分别耦合封装输入端和输出端多通道光纤阵列。

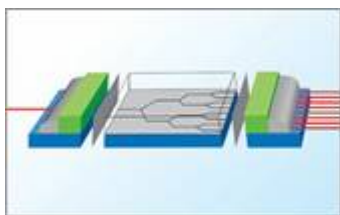


图 1-9 PLC 内部结构示意图

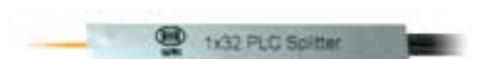


图 1-10 1X32 PLC 光分路器实物照片

这种器件的优点有（1）损耗对传输光波长不敏感，可以满足不同波长的传输需要。

（2）分光均匀，可以将信号均匀分配给用户。（3）结构紧凑，体积小(博创科技 1×32 尺寸：4×7×50mm),可以直接安装在现有的各种交接箱内，不需特殊设计留出很大的安装空间。（4）单只器件分路通道很多，可以达到 32 路以上。（5）多路成本低，分路数越多，成本优势越明显。主要缺点有：（1）器件制作工艺复杂，技术门槛较高，目前芯片被国外几家公司垄断，国内能够大批量封装生产的企业也只有烽火科技等很少几家。（2）相对于熔融拉锥式分路器成本较高，特别在低通道分路器方面更处于劣势。

参数	熔融拉锥型分路器	平面光波导分路器
工作波长范围	1310 (1550) $\pm$ 40nm	1260~1650nm
功率分配比例	可变, 不等分	均分
最大插入损耗 (dB)	1×4 7.2 1×8 10.5 1×16 14.0 1×32 17.5	1×4 7.2 1×8 10.5 1×16 13.5 1×32 16.5
插入损耗均匀性 (dB)	1×4 1.6 1×8 1.8 1×16 2.4 1×32 3.0	1×4 0.6 1×8 0.8 1×16 1.2 1×32 1.7
PDL (dB)	0.3	0.2
外形尺寸	多通道体积很大 (1×32 : $190 \times 120 \times 18\text{mm}$)	很小 (1×32 : $4 \times 7 \times 50\text{mm}$)
波长敏感度	高	低
价格	低分路价格低, 总体价格高	低分路价格高, 总体价格低

图 1-11 分路器性能对比

光网络单元 (ONU) 是 EPON 系统用户端设备, 用于提供与 EPON 网络的连接, 并向用户提供多种业务接口, 如以太网 (FE、GE)、POTS 电话接口、xDSL、E1 和射频 (RF) 接口等。根据 ONU 应用场合的不同, 可分为单用户单元 (SFU)、多住户单元 (MDU)、家庭网关单元 (HGU)、单商户单元 (SBU) 多商户单元 (MTU) 等类型。

网络管理系统实现对 EPON 网络内所有设备的管理, 并与上层设备 (BRAS、Radius 等) 一起实现对用户的认证和对用户业务的管理。典型的 EPON 网管系统以 WINDOWS 风格的图形操作界面生动地为用户提供配置管理、故障管理、性能管理、安全管理等管理功能:

配置管理模块: 主要针对 EPON 所特有的多业务承载特性提供丰富、灵活的用户配置操作接口界面;

性能管理模块: 提供基于 OLT 上联端口、PON 端口, ONU PON 端口、用户侧 UNI 接口和每个用户每种业务的性能统计与实时监控;

故障管理模块：提供对 OLT 设备（含业务板卡、上联板卡、电源等）、ONU 设备（PON 端口、UNI 端口、ONU 掉电）和光纤链路的监控；

安全管理模块：为不同的操作用户提供分级分权管理功能，为不同特点的操作人员配置不同的管理员级别，分配不同的操作、管理权限，同时可以准确记录每个用户在登录后的操作日志；

资源管理模块：实现对 OLT 设备资源（业务板卡和 PON 端口数量等）和 ONU 设备资源（每种设备类型的数量等）等的实时统计，并生成相应报表。

1.4 EPON 基本原理

1.4.1 多点控制协议（MPCP）

◆ MPCP 简介

EPON 以 MAC 控制子层的 MPCP (multi-point control protocol) 机制为基础, MPCP 通过消息、状态机和定时器来控制访问 P2MP 的拓扑结构。MPCP 涉及的内容包括 ONU 发送时隙的分配、ONU 的自动发现和加入、向高层报告拥塞情况以便动态分配带宽。P2MP 拓扑中的每个 ONU 都包含一个 MPCP 实体,它可以和 OLT 中的 MPCP 实体进行消息交互。MPCP 在 OLT 和 ONU 之间规定了一种控制机制来协调数据的有效发送和接收: 系统运行过程中上行方向在一个时刻只允许一个 ONU 发送, 位于 OLT 的高层负责处理发送的定时、不同 ONU 的拥塞报告从而优化 PON 系统内部的带宽分配。

P2P 仿真子层是 EPON/MPCP 协议中的关键组件, 通过给每个分组包增加 LLID (logical link identification) 从而替代 2 字节的前缀, 它可使 P2MP 网络拓扑对于高层来说表现为多个点对点链路的集合。下图表示了 EPON 中 MPCP 在 IEEE802.3 体系结构中的位置。

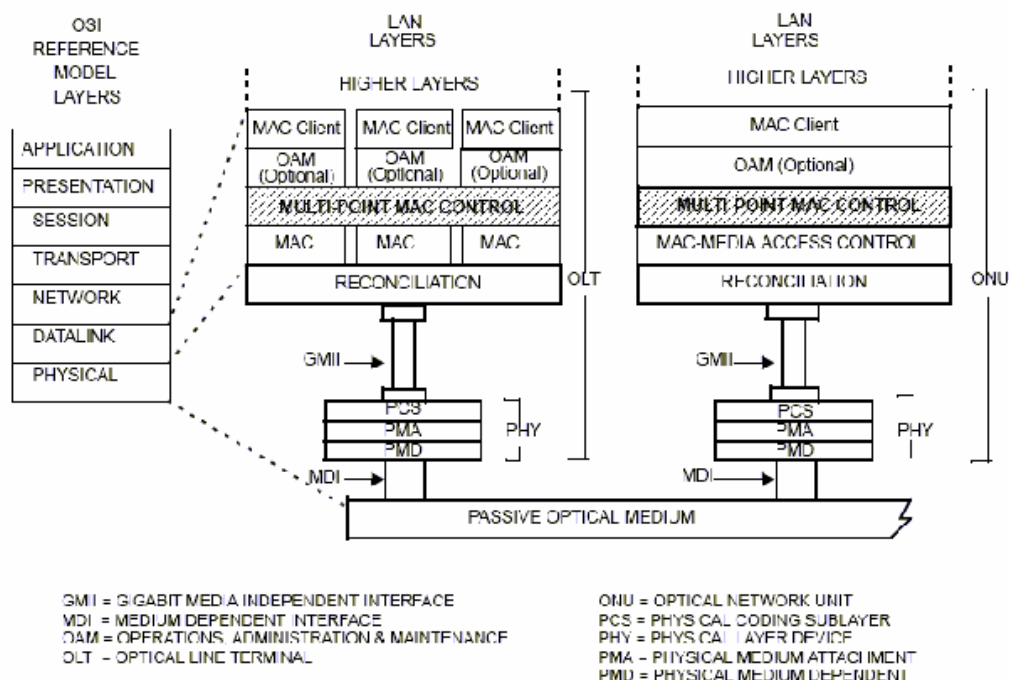


Figure 64-2—Relationship of Multi-point MAC Control and the OSI protocol stack

图 1-12 MPCP 与 OSI 协议栈的对应关系

EPON 拓扑结构是树状结构，由位于根部的 OLT 和位于枝端的多个 ONU 组成。OLT 可以和各个 ONU 互通信号，但 ONU 之间不能互通。因此，当不同的 ONU 向 OLT 发送数据时有可能发生碰撞，这就需要由 OLT 进行全局控制，安排好各个 ONU 的上传时隙。在此过程中，OLT 扮演着主控角色，ONU 扮演着受控角色。为了在主控的 OLT 和受控的 ONU 之间有效地传输数据，需要一个有效的控制机制来控制 OLT 和 ONU，这就是多点控制协议(MPCP: MultiPoint Control Protocol)。它在已有的 Ethernet 控制帧的基础上又定义了 5 个控制帧，以实现 EPON 系统的启动注册、时间同步、时隙分配等功能。MPCP 功能的实现位于分层结构的 MAC 控制子层。

◆ MPCP 在 EPON 中控制启动注册的机制

EPON 定义了 5 种控制帧: GATE、REPORT、REGISTER-REQ、REGISTER 及 REGISTERACK。MPCP 协议首先要完成的任务就是当有新的 ONU 加入系统时能发现它们给予登记,即启动注册,使新加入的 ONU 能和其他 ONU 一样有效地正常工作。这个启动注册过程是用上述控制帧并由 OLT 主导来完成的。OLT 将周期性地留出一个注册窗口时段,给不在线的 ONU 一个让 OLT “认识”(注册)的机会。MPCP 在实现新 ONU 融入 PON 系统(启动注册)过程中主要完成以下功能: 1)为点到点仿真[3]分配端口号,即建立逻辑连接; 2)测距并对环回时延进行补偿; 3)协商网络参数。

ONU 注册的详细过程如下图所示。

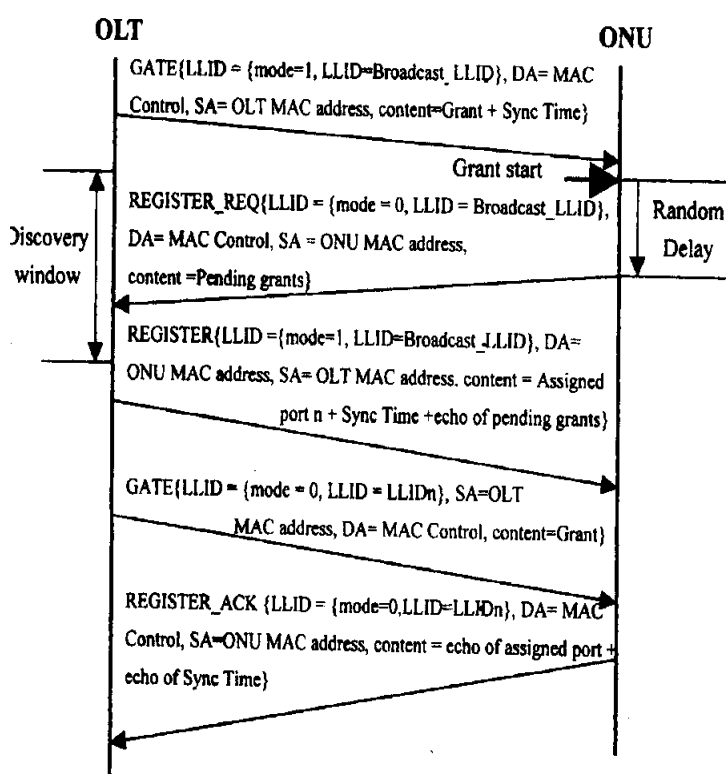


图 1-13 启动注册过程示意图

首先 OL T 广播一个注册的 GA TE 帧, 内容包含注册窗口的起始时间、窗口大小和同步时间; 未注册的 ONU 在收到注册 GA TE 帧后随机延迟一段时间, 然后发送一个 REG ISTER-REQ 帧, 有用内容包括 ONU 的 MAC 地址和 Pending gran t s 值; OL T 收到 REG ISTER-REQ 后就为 ONU 注册, 并分配和指定新的端口标识(LL ID), 把相应的 MAC 和 LL ID 绑定, 然后发送 REG ISTER 帧给新发现的 ONU , 内容包括新分配的端口标识(LL ID)、OL T 所需的同步时间和对 Pending gran t s 值的回应。至此,OL T 已有了安排新 ONU 进行数据传输的足够信息,OL T 随后向新 ONU 发送一个普通 GA TE 帧, 让新 ONU 回送 REG ISTER-ACK,OL T 一旦接收到 REG ISTER-ACK, 整个注册过程成功完成。在注册时, 若有多于一个的 ONU 需要注册, 则在注册窗口中不同 ONU 发送的消息有可能冲突。这时, 需要采用一定的机制来减少冲突。减少冲突有 2 种方法: 1) ONU 随机延迟一段时间再发送注册请求; 2) 一部分 ONU 按一定规则随机延后几个注册窗口后再发送注册请求。究竟采用哪种方法或二者相结合, 取决于设计者的具体设计。另外, 为了防止恶意攻击, 在此过程中安全性问题也很重要。

◆ MPCP 在测距及时延补偿中的机制

由于 EPON 系统中各 ONU 到 OL T 的物理距离不同, 器件老化且受外界温度等因素影响, 信号来往于 OL T 和各 ONU 之间所费时间不同, 于是将影响上行信道的复用, 致使信道利用率降低。所以, 有必要准确测量各个 ONU 到 OL T 的距离并精确地对各个 ONU 进行时延补偿, 以减小 ONU 发送窗口间的间隔, 从而提高上行信道的利用率。

首先, 我们来看如何准确测量各个 ONU 到 OL T 的距离。在 OL T 和 ONU 中都有一个计数器, 该计数器每传输 16 比特就增加 1, 按 EPON 标称速率 1 Gbp s 来计算, 则每 16 ns 增加 1, 如图 4 所示。当 OL T 有 MPCP 协议数据单元发送时, 把计数器的值 T 1 写入控制帧的时戳(T im e Stamp) 中,ONU 一旦收到控制帧后就用时戳中的值替换计数器中的值。当 ONU 发送 MPCP 协议数据单元时, 把计数器的值 T 2 写入时戳, 当 OL T 收到该帧后其计数器值为 T 3, 用 T 3 减去收到帧的时戳值 T 2 即得到环回时间 RTT (Round T rip T im e) = (T 3- T 2)。另外, 需要说明的是, 写进时戳的值是 MPCP 协议数据单元第一字节发送时计数器的值。

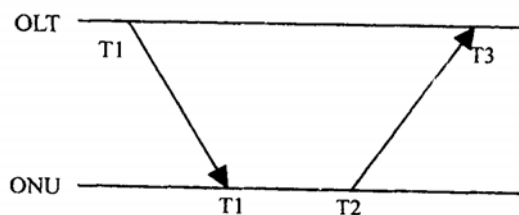


图 1-14 测距原理图

其次, 在知道 RTT 后就要对各 ONU 进行时延补偿。当 OLT 接收完第 i 个 ONU 发送的数据后, 经过保护时段后, 希望在 T 时刻收到第 $i+1$ 个 ONU 上传的数据。OLT 在之前给 ONU 确认, 以指定传输窗口起始时间时需补偿时延。这时, 只需告诉 ONU 传输起始时间为 $(T - RTT)$, 即可有效补偿时延。

◆ MPCP 的时隙分配机制

在 EPON 系统中, 各 ONU 共享上行信道。由于上行数据具有突发性, 因此 OLT 在调度各 ONU 发送数据时, 一般不采用给每个 ONU 分配固定时隙或随机竞争接入低带宽利用率的方法。产品制造商们倾向采用基于请求 2 授权方式的动态带宽分配方法, 即 ONU 通过上行信道用 REPORT 帧向 OLT 提交发送带宽申请, 经 OLT 统一协调后, 用 GATE 帧向各 ONU 发送调度信息, 告诉 ONU 其发送窗口的起始时间和窗口大小, 从而实现发送时隙分配。在各 ONU 依次向上发送数据时, 第 i 个 ONU 发送完数据到第 $i+1$ 个 ONU 开始发送数据之间, 还需要有一个警戒带, 如图 5 所示。这是因为 ONU 发送数据是突发性的, ONU 之间不能直接相互协调, 相邻的不同 ONU 发送数据间隙有可能发生冲突。OLT 在开始接收新一个 ONU 正式上传的数据之前要作一些诸如接收门限、同步等调整。在警戒带宽内, 要关闭上一个 ONU 激光器, 打开新 ONU 激光器(根据 GATE 帧中的 grant start time 来打开激光器)。OLT 根据新 ONU 发送激光的强度进行接收门限调整, 并对新上传的数据进行时钟提取、同步、码组对齐等工作。同时, OLT 和 ONU 之间的时钟漂移也需警戒带宽来消除其影响。ONU 何时发送数据主要依据启动注册时的同步时间(Sync Time)来确定最后真正发送上行数据的时间。

1.4.2 QoS 与 SLA 管理

EPON 的出现为各种网络应用提供了很大的带宽支持,但是随着互联网的快速发展,网络服务提供商(NSP)提供的服务种类越来越多,而且用户对相应的服务质量(QoS)要求也越来越高。

通过服务水平协议(SLA)可以在 NSP 和用户之间架起一个桥梁,它是 NSP 与用户之间签署的关于某项服务所能达到 QoS 水平的协议。

SLA 通常是通过一些参数来综合表示的,如延时、抖动、带宽等,以对 NSP 提供的各类服务进行有效地维护,便于对网络资源进行管理,进而能够提供良好的 QoS 保证。

SLA 根据服务协商方式的不同,可以分为静态 SLA 和动态 SLA。

静态 SLA 一般是采用离线定期协商的方式,如包月、包年等,不能够及时满足用户动态服务的需求。而动态 SLA 能够使得 NSP 实时地在线响应用户对服务的协商请求,对于用户申请业务的不同,提供相应的服务保证。为了确保协商后的 SLA 能够被有效地执行,不同形式的 SLA 要求不同的 QoS 服务模型。由于静态 SLA 的服务签订是以每用户或每服务等级为单位,并且持续时间较长(年或月),因此其 QoS 服务模型比较简单,一般基于每用户的资源预留或简单的优先级服务便可满足要求。动态 SLA 则要复杂得多。用户首先需要通过信令动态地请求服务,NSP 经过接入允许控制决定是否拥有足够资源满足该请求,如果满足则必须由相应的动态 QoS 服务模型满足该业务的 SLA 要求,同时保证已有服务不受干扰,并且业务的持续时间相对较短(小时或分钟)。随着未来各种多媒体新业务进一步涌现,用户对于动态 SLA 的要求将会更加普遍,而计费方式也由原来固定的包月或按流量计算逐渐向更灵活的按内容或应用方式计算,便于 NSP 开展各种增值业务,提高收入。

在 EPON 系统中实现动态 SLA,用户就能够通过动态的信令进行实时业务请求。这些业务可以是不同粒度的,如基于类的粗粒度业务,也可以是基于单个流的细粒度业务。

对于不同种类的业务,首先必须通过标识符来区分它们,以便于管理。当前在 EPON 内部有多种业务识别技术,如多协议标签交换(MPLS),VLAN(虚拟局域网)等。MPLS 技术主要用于核心网,利用标签(label)进行数据的快速转发,提高数据传输效率。利用 MPLS 技术中的 label 可以标识不同的服务,但是如果将 MPLS 用于边缘网络(例如 EPON),将会使网络的设备复杂度提高,成本上升[3]。相比之下,VLAN 是一种在 EPON 中能很好实现的技术。它工作在二层,而且已经标准化,相对来讲比较成熟,具有可扩展性。我们可以利用 VLAN 技术中的 VLAN-ID 对不同的业务进行标识,同时 VLAN 还具有服务优先级类别的标识功能。对于每个上行业务,在 SLA 协商过程中必须由 OLT 统一分配系统唯一的标识,用户发送的上行业务数据中必须携带这个标识用于区分每个 SLA 业务。

在下行方向,OLT 采用广播方式将数据帧发送至 ONU,所有的带宽调度由 OLT 负责,实现起来比较简单。而在上行方向,由于各 ONU 分别服务于不同用户,而且各用户的 SLA 配置也不相同,因此 OLT 除了要在各 ONU 间进行带宽动态分配以外,还必须保证各 ONU 内部不同服务等级和 QoS 要求的多个业务及应用公平共享 ONU 带宽。

为了保证带宽分配的公正性,提高网络的吞吐量,在 ONU 端对数据按其优先级重新排队,每个优先级都有自己的缓存区。用户数据到达后,根据该数据的优先级,按先进先出的规则插入到对应的缓存区中,如图所示。数据优先级的管理按 IEEE802.3 定义的优先级排队管理规定,在高优先级缓存区溢出的情况下,到达的高优先级数据可以占用低优先级数据的缓存区,高优先级的数据比低优先级的数据先得到服务;当低优先级缓存器已满时,新到达的高优先级数据将取代原有低优先级的数据,而新到达的低优先级数据将被直接丢弃掉。

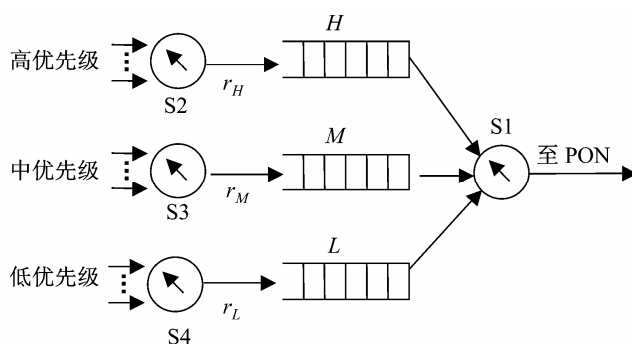


图 1-15 ONU 的 SLA 调度机制

1.4.3 操作维护和管理（OAM）

IEEE 在 802.3ah 中定义了可选的 OAM 功能，但目前只包含以下这些基本的 OAM 功能。

- ◆ 远端故障指示

提供一种机制来向对端指示接收端的 DTE 已不能运行，物理层链路要支持单向传输，以使 OAM 远端的故障指示能够在链路故障状态下单向传递到对方。

- ◆ 远端环回

提供一种机制来支持让所有帧在数据链路层环回的模式。

- ◆ 链路监视

提供一种支持事件报告的机制，报告中可包括诊断信息；提供一种支持变量轮询的机制，可获取任何在 802.3ahMIB 中定义的变量的值。

1.5 EPON 多业务承载

EPON 系统可以很好支持数据、语音和视频等多种业务的综合接入，提高用户体验，实现“保存量用户，拉增量用户”的目标。

数据业务

宽带数据业务是 EPON 系统所能够提供的最基本的业务。EPON 系统能够提供高速率的用户接入（最大 1Gb/s），所有用户的数据业务在局端采用多个以太网接口与上游汇聚交换机、BAS 或业务路由器（SR）等连接，计费、认证等管理工作程序同传统的 xDSL 基本一致，以最大限度利用现有的网络资源和维护流程。对用户带宽管理的方式可以是固定带宽分配或动态带宽分配或两种方式相结合；对 VLAN 相关的处理可以在 OLT 侧进行，也可以在 ONU 侧进行。

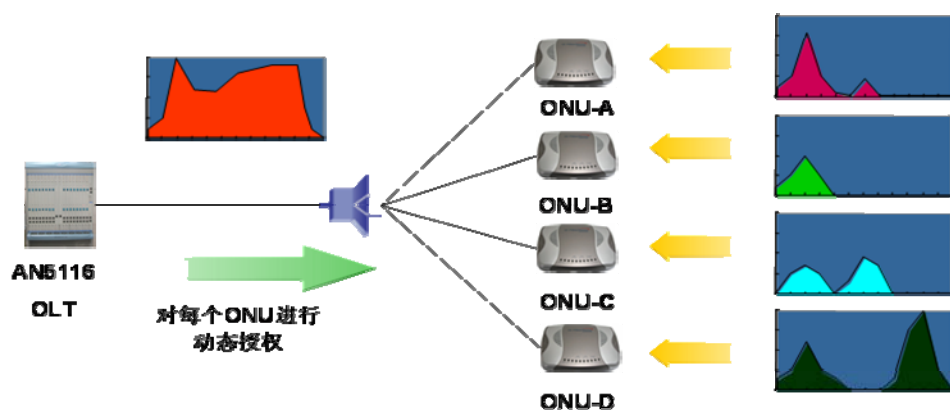


图 1-16 EPON 支持数据业务时的动态带宽分配机制示意

语音业务（V5 与软交换）

EPON 系统支持语音业务主要有两种方式：利用传统 V5.2 协议与 PSTN 交换机连接；利用 MGCP、H.248、SIP 等软交换协议与软交换机连接。

对于目前软交换网络尚未建设好或程控交换机资源富裕的区域，在 OLT 处采用开放式 V5 接口与现有 PSTN 网络对接，充分利用现有网络资源；待软交换平台成熟后可以平滑升级到软交换方式。示意图如下。

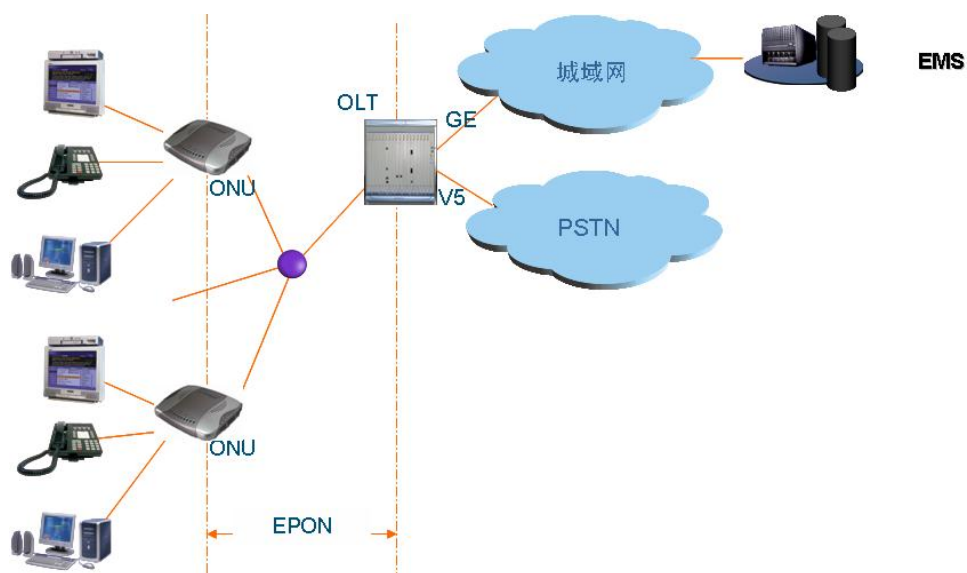


图 1-17 基于 V5 的话音解决方案

对于具备软交换平台的地区，可以直接与软交换平台对接，ONU 可以是内置 IAD 功能的设备，也可以采用外置 IAD 实现。

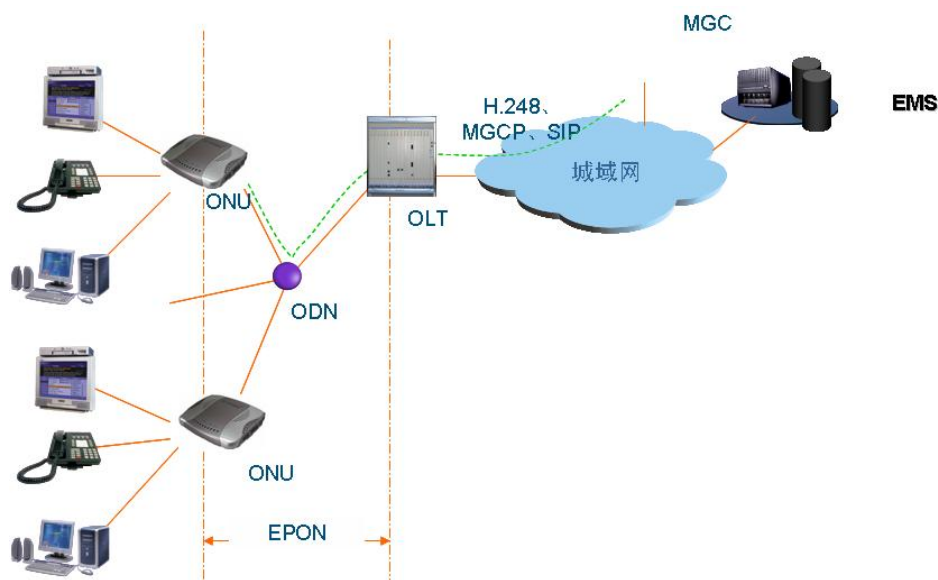


图 1-18 基于软交换的话音解决方案

IPTV 业务

EPON 系统具有很高的系统带宽和单拷贝广播（SCB）特性，可以很好支持组播、点播等视频业务，节省网络带宽资源，简化处理流程。既支持普通的 IGMP Snooping 方式实现用户 IPTV 业务的管理；也支持可靠组播的管理方式。

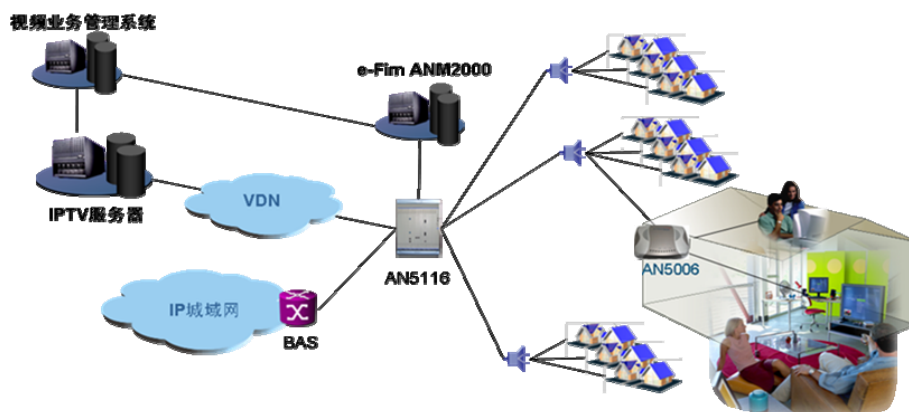


图 1-19 EPON 支持 IPTV 业务示意图

CATV 业务

EPON 系统可以提供透明的传输通道，提供视频业务的叠加。CATV 信号采用独立的 1550nm 波长信道与 EPON 的上行（1310nm）、下行（1490nm）信号同时在单纤上传送，因此在布署 EPON 接入网络的同时既不需要额外敷设同轴电缆也不需要增加光纤即可提供 CATV 业务。示意图如下。

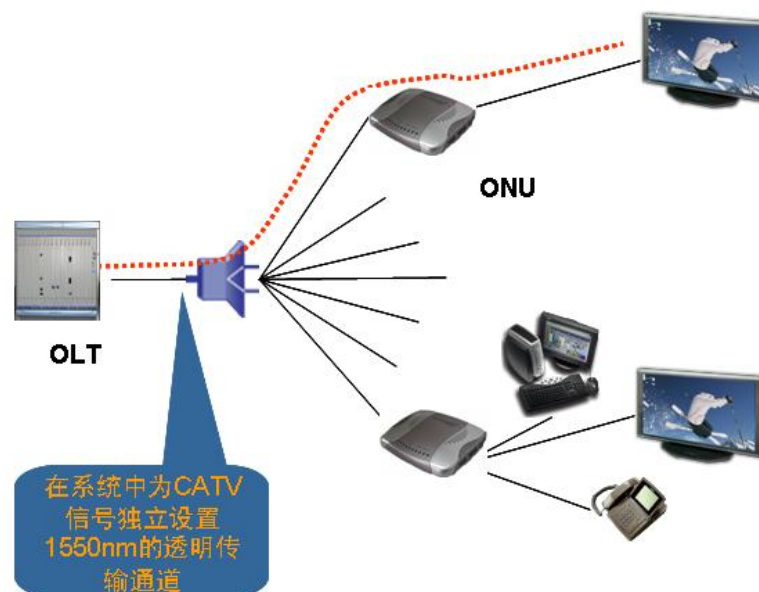


图 1-20 CATV 解决方案

TDM 业务

EPON 系统利用电路仿真技术 (CESoP) 可以很好支持 E1 等 TDM 业务的可靠传输，满足商用用户对 TDM 专线的需求。在 EPON 系统上提供 TDM 业务，可以减少网络重复建设投资，吸引高端客户。

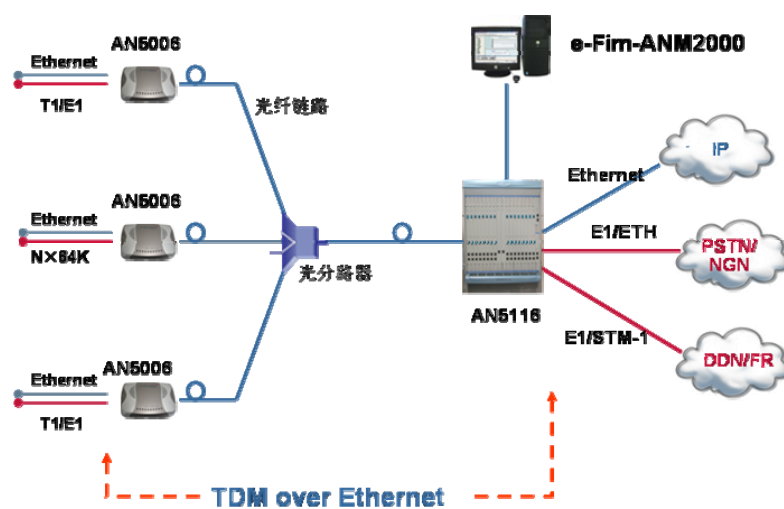


图 1-21 EPON 开展 TDM 业务示意图

1.6 EPON 技术标准化进展

国际上，目前 IEEE、CCSA 等标准化组织和中国电信、中国网通等电信运营商也都在积极制定相关的 EPON 技术和设备标准，并取得了重大进展。在 1998 年发布了吉比特以太网标准之后，从 2000 年开始，IEEE 通过成立 802.3ah，即第一英里以太网（Ethernet for the First Mile, EFM）工作组的方式开始了 EPON 的标准化工作，2004 年 6 月正式通过了 IEEE 802.3ah-2004，后被合并到 IEEE 802.3-2005，作为其中的 Part 5。EPON 具有以下优点，包括协议成熟，技术简单，易于扩展，面向用户等，并可以消除 WAN/LAN 连接中 ATM 和 IP 之间的协议转换。为了加速 EPON 的标准化工作，IEEE 将其工作重点放在 EPON 的 MAC 协议上，其余将主要参照已有 IEEE 802 系列标准和 ITU-T G.983 建议，因此很多现有标准的内容都可以被有效引用，实现了很好的兼容性。

IEEE 制定 EPON 标准的基本原则是尽量在 802.3 体系结构内进行 EPON 的标准化工作，最小程度地扩充以太网 MAC 协议。为了支持 PON 这一新应用和新介质，IEEE 在研究点到点（point to point, P2P）光纤以太网，速率最低 1 000Mbit/s，距离至少 10 km 的基础上，定义了新的网络拓扑和相应的物理层：点到多点（point to multi point, P2MP）光纤以太网，速率最低 1000 Mb/s，距离至少 10 km。

在 IEEE 制定的 EPON 标准中，EPON 以 MAC 控制子层的 MPCP（multi point control protocol）机制为基础，MPCP 通过消息、状态机和定时器来控制访问 P2MP 的拓扑结构。MPCP 涉及的内容包括 ONU 发送时隙的分配、ONU 的自动发现和加入、向高层报告拥塞情况以便动态分配带宽。P2MP 拓扑中的每个 ONU 都包含一个 MPCP 实体，它可以和 OLT 中的 MPCP 实体进行消息交互。MPCP 在 OLT 和 ONU 之间规定了一种控制机制来协调数据的有效发送和接收：系统运行过程中上行方向在一个时刻只允许一个 ONU 发送，位于 OLT 的高层负责处理发送的定时、不同 ONU 的拥塞报告从而优化 PON 系统内部的带宽分配。P2P 仿真子层是 EPON/MPCP 协议中的关键组件，通过给每个分组包增加 LLID（logical link identification）从而替代 2 字节的前缀，它可使 P2MP 网络拓扑对于高层来说表现为多个点对点链路的集合。另外，EPON 通过在 MAC 层中实现 802.1p 来提供与 APON 类似的 QoS。

EFM 还规定了系统同步方式、ONU 的自动识别方式、以太网的管理和维护以及信息安全等功能的实现方式。

为了实现系统同步，EPON 系统的时钟同步采用时间标签方式：在 OLT 侧有一个全局的计数器，OLT 根据本地计数器在下行方向插入时钟标签，ONU 根据收到的时钟标签修正本地计数器，完成系统同步；ONU 根据本地的计数器在上行方向插入时钟标签，OLT 根据收到的时钟标签完成测距。

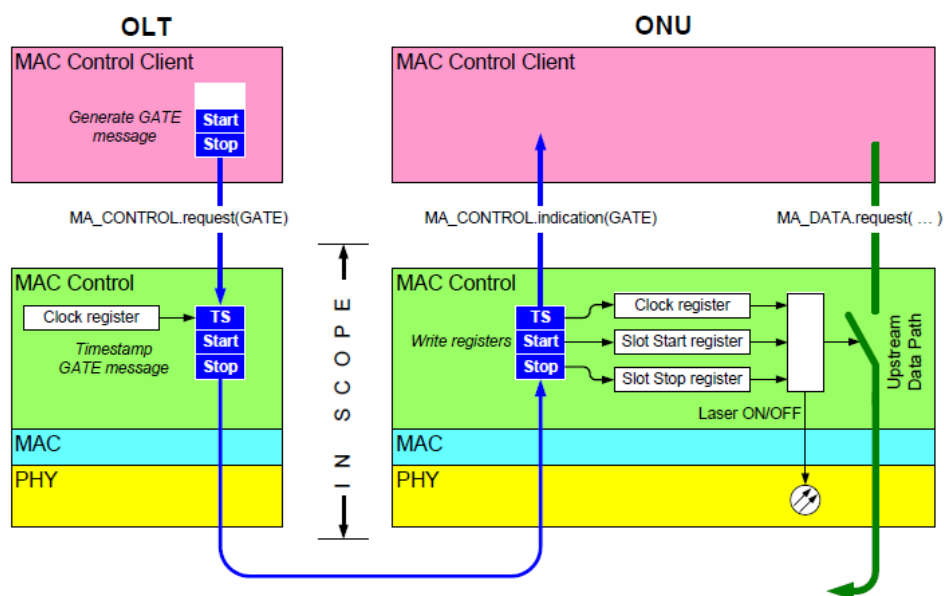


图 1-22 EPON 定时机制

IEEE EPON 标准规定了完整的电信级管理功能，OLT 可以监测业务网和用户驻地网之间的物理链路和设备的一些重要的信息。主要的 OAM 功能包括：远端错误指示，远端环回，链路监视等。

2005 年 11 月，一些业界领先的电信运营商（NTT、KDDI、CTC、CNC、KT 等）、系统设备制造商（Fiberhome、Alloptic、SEI 等）、芯片厂家（Teknovus、PMC、Broadcom 等）、光模块厂家（Fiberxon、Zenko 等）和测试仪表厂家（Agilent、Fujitsu 等）基于市场应用和业务发展的需求，开始就下一代高速率、大容量 EPON 系统交换看法和意见，计划开发下行 10Gbps 的 XEPON 系统。并于 2006 年 3 月 7 日开始广泛征求意见和建议，2006 年 9 月 15 日，正式成立了 IEEE P802.3av 10GEPON 工作组，负责相关标准化工作。经过多次会议讨论，目前已在很多方面达成初步共识。已于 2007 年 11 月形成该标准的 D1.0 草案，将在 2008 年形成较稳定的版本，2009 年下半年释放正式标准。10G EPON 有两种模式：下行 10G/上行 10G 对称传输和下行 10G/上行 1G 非对称传输，并可以兼容现有 1G EPON 系统。

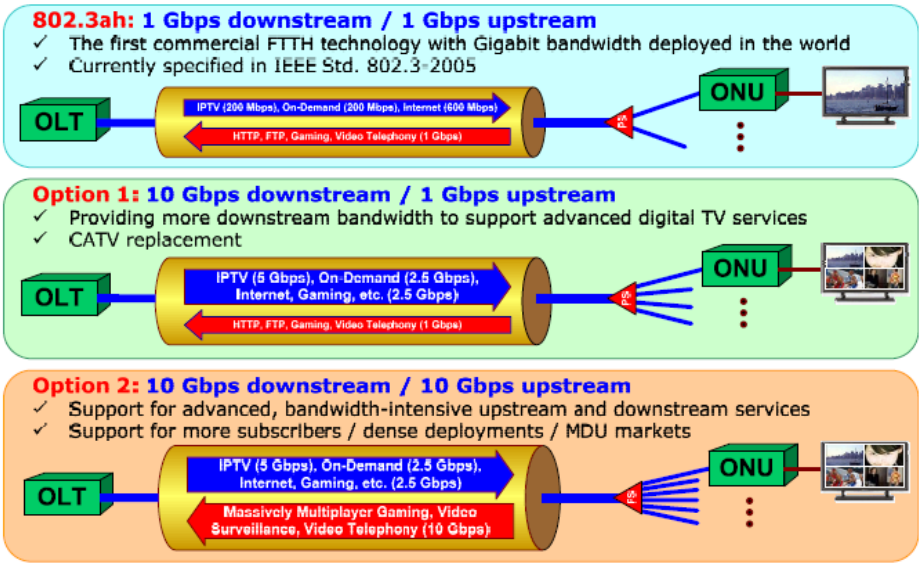


图 1-23 IEEE 10G EPON 解决方案

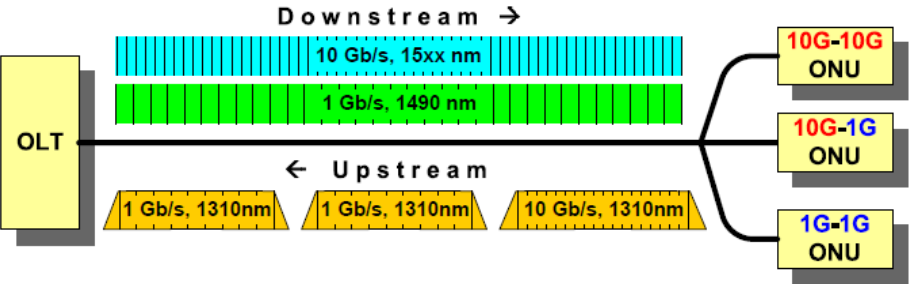


图 1-24 10G EPON 与 1G EPON 的兼容性

CCSA 标准化状况

近年来，在中国通信标准化协会（CCSA）的统一部署与领导下，各相关委员会和工作组已经开展了大量与 EPON 相关的标准化工作。已经完成的与 EPON 相关的通信行业标准涵盖了有源/无源器件、系统、系统互通性、多业务承载、网管等各个方面。目前已发布和正在制定的相关技术标准主要有：

- ◆ YD/T 1636-2007: 《FTTH 体系架构及总体要求》
- ◆ YD/T 1619-2007: 《宽带光接入网总貌》
- ◆ 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）》

- ◆ YD/T 1531-2006:《接入网设备测试方法—基于以太网方式的无源光网络（EPON）》
- ◆ YD/T xxxx-xxxx:《接入网技术要求—EPON 系统互通性》
- ◆ YD/T xxxx-xxxx:《接入网设备测试方法—EPON 系统互通性》
- ◆ YD/T xxxx-xxxx:《接入网技术要求—EPON/GPON 系统承载多业务》
- ◆ YD/T 1664-2007:《基于以太网方式的无源光网络（EPON）网络管理接口技术要求》等。

2007 年 7 月，CCSA 也启动了 10Gbps EPON 和 WDM-PON 的研究报告立项，将在相关国际标准成熟后尽快立项进行行业标准的编撰。

中国电信企标进展

随着国际标准和国内标准的相继完善，中国电信运营商也相继制定出其企业标准，该企业标准在 MPCP 发现和注册，扩展 OAM、可控组播、三重搅动、DBA 等方面均有一定改进和创新，尤其是扩展 OAM 部分，该部分弥补了 EPON 国际标准在 OAM 方面的不足，成为设备互联互通的技术准则。中国电信企标重点在以下领域进行了完善和规范，目前已推出 V2.0 版本：

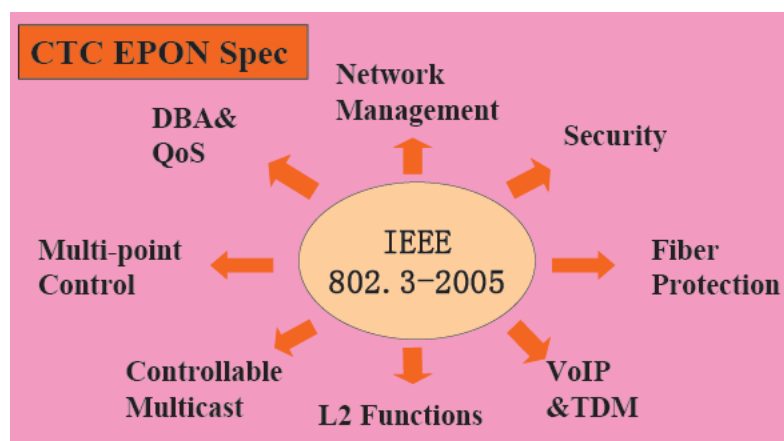


图 1-25 中国电信 EPON 企标对 IEEE EPON 标准的扩展

随着 EPON 标准的日趋成熟和其在设备投资成本以及操作和维护等方面的优势，将成为运营商解决“最后一公里”的一种非常经济的宽带接入解决方案，可以预见 EPON 技术将成为未来接入网技术的发展方向。

1.7 EPON 与 GPON 分析

EPON 与 GPON 技术是目前广受关注的两项接入技术，其特点主要分析如下：

表 1-1 EPON 和 GPON 对比表

项目	EPON	GPON
标准化组织	IEEE	ITU-T
线路速率	1.25/2.5/10G	1.25/2.5G
封装效率	80%左右	90%左右
加密	三重搅动和AES-128	AES-128
TDM业务支持	标准电路仿真技术	电路仿真技术/Native TDM
组播	IGMP Proxy/Snooping; 可控组播	不完善
DBA	功能完善	不太成熟
QoS	多LLID+802.1P	T-Conts
OAM	标准OAM+扩展OAM+TR-069	PLOAM+OMCI
系统和芯片成熟度	成熟，大规模商用	不成熟，仅小规模应用
商用规模	> 1200万	较少

随着 EPON 产业链的日趋成熟和完善，加之其在设备投资成本、多业务综合接入能力、可升级特性以及操作维护管理等方面的优势，将成为运营商解决“最后一公里”的一种非常经济的宽带接入解决方案，可以预见 EPON 将成为未来宽带接入网技术的发展方向。

2 典型应用场景分析

本章主要对 FTTx 的典型应用场景进行总结和分析。主要包括以下内容：

-  FTTH（或类似 FTTH）应用场景
-  FTTB/C 应用场景
-  FTTO 应用场景
-  FTTCab 应用场景

2.1 FTTH（或类似 FTTH）应用场景

2.1.1 应用场合

FTTH（或类似 FTTH）建设模式主要应用在以下场合：

- ◆ 小区新建用户，标准 FTTH 应用方式；
- ◆ 城市热点（机场、车站、酒店），WiFi 无线接入方式，需要室内/室外安装；
- ◆ 视频监控（全球眼），需要在室外以悬挂、抱杆或壁挂方式安装；

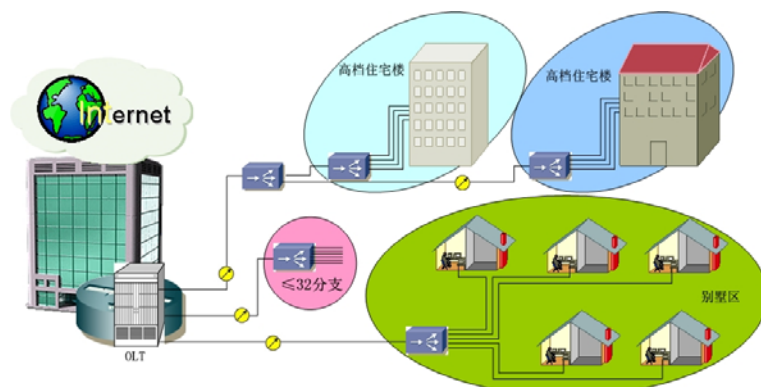


图 2-1 FTTH 应用场景

2.1.2 业务与接口需求

上述应用场合需要 ONU 能够提供以下业务和接口：

- ◆ 标准 FTTH 建设模式，要求能够提供宽带上网业务、IPTV、电话或 CATV 业务。需要 2 个或 4 个 FE 端口，2 个 POTS 接口，可选连接电视机/机顶盒的 RF 接口；
- ◆ 城市热点建设模式，要求能够提供宽带连接业务，对下行带宽有要求。需要 4 个 FE 端口，可选 POE（以太网供电）；
- ◆ 视频监控（全球眼）建设模式，要求能够提供宽带连接业务，对上行带宽有要求。需要 4 个 FE 端口。

2.1.3 ONU 形态

针对上述应用场合的业务与端口需求，FTTH（或类似 FTTH）应用场景的 ONU 需要具备以下特征：

- ◆ 标准 FTTH 建设模式，室内应用型 ONU，安装在壁挂或嵌入式智能终端盒内（也可以放置在桌面（FTTD）），本地供电（有 POTS 业务时可考虑后备电池）。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-02（2×FE，可选 RF）
 - ▶ AN5006-02A（1×GE+1×FE，可选 RF）
 - ▶ AN5006-03（4×FE，可选 RF）
 - ▶ AN5006-04（4×FE+2×POTS，可选 RF）
 - ▶ AN5006-05（2×FE+2×POTS，可选 RF）
 - ▶ AN5006-05A（1×GE+1×FE+2×POTS，可选 RF）
- ◆ 城市热点建设模式，室外应用型 ONU，可以悬挂在光缆线路上，也可以以抱杆方式安装在电线杆上，也可以以壁挂方式安装在楼宇室外墙壁上（楼内安装方式时可以采用标准的 FTTH 型 ONU），采用本地供电方式。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-03W（4×FE）
- ◆ 视频监控（全球眼）应用模式，室外应用型 ONU，可以悬挂在光缆线路上，也可以以抱杆方式安装在电线杆上，也可以以壁挂方式安装在楼宇室外墙壁上（楼内安装方式时可以采用标准的 FTTH 型 ONU），采用本地供电方式。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-03W(4×FE)

2.2 FTTB/C 应用场景

2.2.1 应用场合

FTTB/C 建设模式主要应用在以下场合：

- ◆ 新建楼宇用户，光纤到大楼或楼层应用方式，尽量靠近用户，减少铜缆的建设费用；
- ◆ 旧小区宽带改造（光进铜不退），光纤到小区（楼层），ONU 提供宽带接入业务，原有的电话接入方式不变；
- ◆ 旧小区宽带改造（光进铜退），光纤到小区（楼层），ONU 提供宽带接入和电话业务，将原有程控电话业务转移到软交换平台（或通过 V5 接口连接程控交换机）；
- ◆ 旧小区 LAN 网络改造，光纤到楼道（楼层），ONU 提供 FE 端口，替换原有的以太网接入交换机，实现统一管理；
- ◆ 宽带下沉（光进铜不退），光纤到小区/路边，ONU 提供宽带接入业务，原有电话接入方式不变；
- ◆ 宽带下沉（光进铜退），光纤到小区/路边，ONU 提供宽带接入和电话业务，将原有程控电话业务转移到软交换平台（或通过 V5 接口连接程控交换机）；

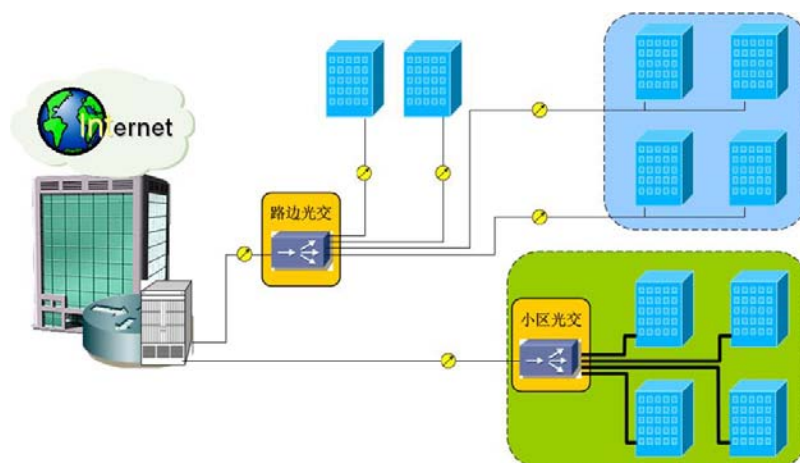


图 2-2 FTTB/C 应用场景

2.2.2 业务与接口需求

上述应用场合需要 ONU 能够提供以下业务和接口：

- ◆ 新建楼宇用户，需要开通电话、宽带上网、IPTV、（可能有 CATV）业务。需要 FE 接口和 POTS 接口，可选 RF 接口（输出电平满足 1:16 电分支的需要）；
- ◆ 旧小区宽带改造（光进铜不退），需要开通宽带上网、IPTV 等数据业务，需要 ADSL2+或 VDSL2 接口；
- ◆ 旧小区宽带改造（光进铜退），需要开通宽带上网、IPTV 和电话业务，需要 ADSL2+或 VDSL2 接口、POTS 接口；
- ◆ 旧小区 LAN 网络改造，需要开通宽带上网、IPTV 等数据业务，只需要 FE 接口；
- ◆ 宽带下沉（光进铜不退），需要开通宽带上网、IPTV 等宽带数据业务，需要 ADSL2+或 VDSL2 接口；
- ◆ 宽带下沉（光进铜退），需要开通宽带上网、IPTV、电话业务，需要 ADSL2+或 VDSL2 接口、POTS 接口。

2.2.3 ONU 形态

针对上述应用场合的业务与端口需求，FTTB/C 应用场景的 ONU 需要具备以下特征：

- ◆ 新建楼宇用户，楼内应用的盒式/插卡型 ONU，安装在楼内机房、弱电井、楼道内的室内机柜/箱中。本地供电，也可考虑采用综合接入缆、UPS 电源线、双绞线进行远程供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-07（16×FE+16×POTS，可选 RF）
 - ▶ AN5006-08（32×ADSL2+）
 - ▶ AN5006-09（8×FE+8×POTS）
 - ▶ AN5006-10（24×FE）
 - ▶ AN5006-11（16×VDSL2）
 - ▶ AN5006-12（16×POTS+16×ADSL2+）
 - ▶ AN5006-15（4×线卡，可选 32×ADSL2+/32×POTS/32×VDSL2 接口卡）

- ◆ 旧小区宽带改造（光进铜不退），采用室内机柜/箱应用在楼道/楼层的应用场合，采用室外机柜/箱应用在路边、电缆交接箱处。本地供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-08（32×ADSL2+）
 - ▶ AN5006-10（24×FE）
 - ▶ AN5006-11（16× VDSL2）
 - ▶ AN5006-15（4×线卡，可选 32×ADSL2+/32×POTS/32×VDSL2 接口卡）
- ◆ 旧小区宽带改造（光进铜退），采用室内机柜/箱应用在楼道/楼层等场合，采用室外机柜/箱应用在路边、电缆交接箱处。本地供电，也可考虑采用综合接入缆、UPS 电源线、双绞线进行远程供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-07（16×FE+16×POTS，可选 RF）
 - ▶ AN5006-08（32×ADSL2+）
 - ▶ AN5006-09（8×FE+8×POTS）
 - ▶ AN5006-10（24×FE）
 - ▶ AN5006-11（16× VDSL2）
 - ▶ AN5006-12（16×POTS+16×ADSL2+）
 - ▶ AN5006-15（4×线卡，可选 32×ADSL2+/32×POTS/32×VDSL2 接口卡）
- ◆ 旧小区 LAN 网络改造，采用室内机箱应用在楼道/楼层等场合。本地供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-10（24×FE）
- ◆ 宽带下沉（光进铜不退），采用室外机柜/箱，应用在路边、交接箱处，本地供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-08（32×ADSL2+）
 - ▶ AN5006-10（24×FE）
 - ▶ AN5006-11（16× VDSL2）
 - ▶ AN5006-15（4×线卡，可选 32×ADSL2+/32×POTS/32×VDSL2 接口卡）

- ◆ 宽带下沉（光进铜退），采用室外机柜/箱，应用在路边、交接箱处，本地供电，也可考虑采用综合接入缆、UPS 电源线、双绞线进行远程供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：

- ▶ AN5006-08（32×ADSL2+）
- ▶ AN5006-10（24×FE）
- ▶ AN5006-11（16× VDSL2）
- ▶ AN5006-15（4×线卡，可选 32×ADSL2+/32×POTS/32×VDSL2 接口卡）

2.3 FTTO 应用场景

2.3.1 应用场合

FTTO 建设模式主要应用在以下场合：

- ◆ 网吧，光纤到网吧；
- ◆ 小型商业机构，光纤到办公室、营业厅；
- ◆ 高校 201 改造，光纤到机房、路边、楼道。

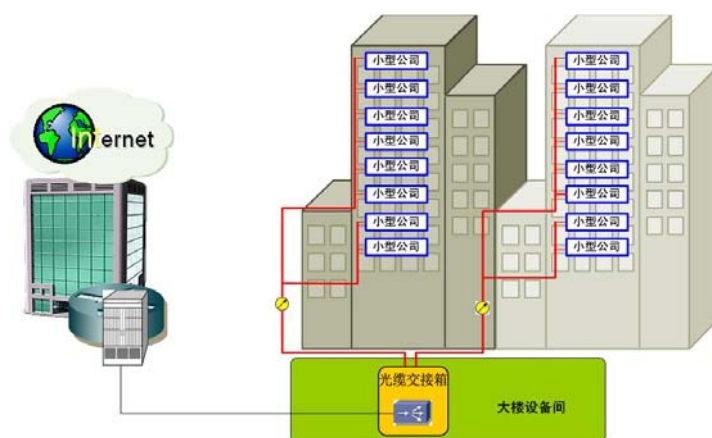


图 2-3 FTTO 应用场景

2.3.2 业务与接口需求

上述应用场合需要 ONU 能够提供以下业务和接口：

- ◆ 网吧，要求开通宽带上网业务。需要 FE/GE 接口；
- ◆ 小型商业机构，要求开通宽带上网、电话、E1 专线等业务。需要 FE、POTS 和 E1 接口；
- ◆ 高校 201 改造，要求开通宽带上网、电话业务。需要 ADSL2+或 VDSL2 接口。

2.3.3 ONU 形态

针对上述应用场合的业务与端口需求， FTTO 应用场景的 ONU 需要具备以下特征：

- ◆ 网吧应用场合，室内应用的小型盒式 ONU。本地供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-02 (2×FE)
 - ▶ AN5006-02A (1×GE+1×FE)
 - ▶ AN5006-03 (4×FE)
- ◆ 小型商业机构，室内应用盒式 ONU。本地供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-06 (4×FE+4×E1)
 - ▶ AN5006-07 (16×FE+16×POTS)
 - ▶ AN5006-09 (8×FE+8×POTS)
 - ▶ AN5006-10 (24×FE)
- ◆ 高校 201 改造，楼道、室内、室外应用盒式、插卡型 ONU，本地供电，也可考虑采用综合接入缆、UPS 电源线、双绞线进行远程供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-07 (16×FE+16×POTS)
 - ▶ AN5006-08 (32×ADSL2+)
 - ▶ AN5006-09 (8×FE+8×POTS)

- ▶ AN5006-10 (24×FE)
- ▶ AN5006-11 (16× VDSL2)
- ▶ AN5006-12 (16×POTS+16×ADSL2+)
- ▶ AN5006-15 (4×线卡, 可选 32×ADSL2+/32×POTS/32×VDSL2 接口卡)

2.4 FTTCab 应用场景

2.4.1 应用场合

FTTCab 建设模式主要应用在以下场合:

- ◆ 农村信息化 (光进铜退);
- ◆ 农村信息化 (光进铜不退);
- ◆ 农村信息化 (新建网络)。

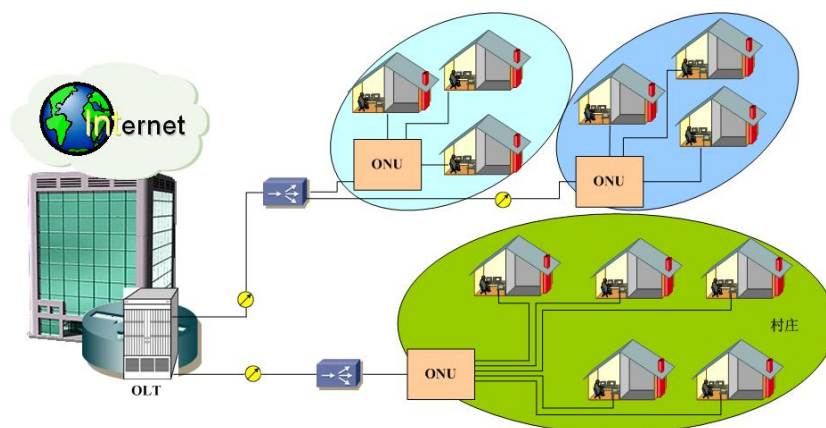


图 2-4 FTTCab 应用场景

2.4.2 业务与接口需求

上述应用场合需要 ONU 能够提供以下业务和接口:

- ◆ 农村信息化（光进铜退），要求能够提供宽带上网、IPTV、电话等业务。需要提供 ADSL2+、POTS 接口；
- ◆ 农村信息化（光进铜不退），要求能够提供宽带上网、IPTV 等业务。需要提供 ADSL2+接口；
- ◆ 农村信息化（新建网络），要求能够提供宽带上网、IPTV、电话等业务。需要提供 ADSL2+、POTS 接口；

2.4.3 ONU 形态

针对上述应用场合的业务与端口需求，FTTO 应用场景的 ONU 需要具备以下特征：

- ◆ 农村信息化（光进铜退），室外应用型 ONU，通过室外机柜放置在地面，或通过室外机箱放置在交接箱、电线杆等处，采用本地供电方式，也可考虑采用综合接入缆、UPS 电源线、双绞线进行远程供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-08（32×ADSL2+）
 - ▶ AN5006-11（16× VDSL2）
 - ▶ AN5006-12（16×POTS+16×ADSL2+）
 - ▶ AN5006-15（4×线卡，可选 32×ADSL2+/32×POTS/32×VDSL2 接口卡）
- ◆ 农村信息化（光进铜不退），室外应用型 ONU，通过室外机柜放置在地面，或通过室外机箱放置在交接箱、电线杆等处，采用本地供电方式。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-08（32×ADSL2+）
 - ▶ AN5006-11（16× VDSL2）
 - ▶ AN5006-15（4×线卡，可选 32×ADSL2+/32×POTS/32×VDSL2 接口卡）
- ◆ 农村信息化（新建网络），室外应用型 ONU，通过室外机柜放置在地面，或通过室外机箱放置在交接箱、电线杆等处，采用本地供电方式，也可考虑采用综合接入缆、UPS 电源线、双绞线进行远程供电。烽火通信下列 ONU 可应用在此场合：
 - ▶ AN5006-08（32×ADSL2+）
 - ▶ AN5006-11（16× VDSL2）
 - ▶ AN5006-12（16×POTS+16×ADSL2+）

- ▶ AN5006-15 (4×线卡, 可选 32×ADSL2+/32×POTS/32×VDSL2 接口卡)

3 OSP 网络设计

本章主要对 ODN 的规划设计做了介绍，包括以下内容：

-  FTTx 光缆网络结构概述
-  ODN 网络架构分析
-  节点设计
-  光缆选择
-  信息管道设计要求
-  系统光功率预算
-  光缆敷设施工要求
-  FTTx 物理线路测试

3.1 FTTx 光缆网络结构概述

FTTx 光缆网络是由 OLT 至 ONU 之间的所有光缆、无源器件和线路辅助设施组成，其基本结构如下图所示。FTTx 光缆网络可被划分为馈线光缆段、配线光缆段和入户线段(光缆或铜缆)，基本节点包括 OLT 局端、光分配点、用户接入点以及用户终端。

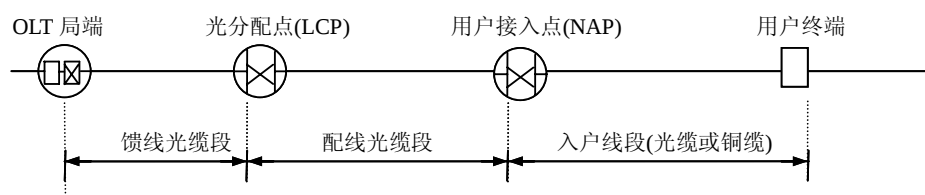


图 3-1 FTTx 网络基本结构

用户接入点是多个用户的入户线缆汇聚点。对于 FTTH 接入方式，在该点实现配线光缆和入户线光缆交接分配，对于 FTTB 接入方式，在该点设置楼道型 ONU，入户线为铜缆。

光分配点汇聚许多用户接入点。采用一级分光方案时，光分路器通常放置在光分配点；采用多级分光方案时，除光分配点外，在用户接入点也可放置光分路器。

3.2 ODN 网络架构分析

3.2.1 3 种 ODN 网络架构

ODN 网络有以下 3 种网络架构：

- ◆ 分布式分光（1x8 / 1x4 或 1x4 / 1x8）

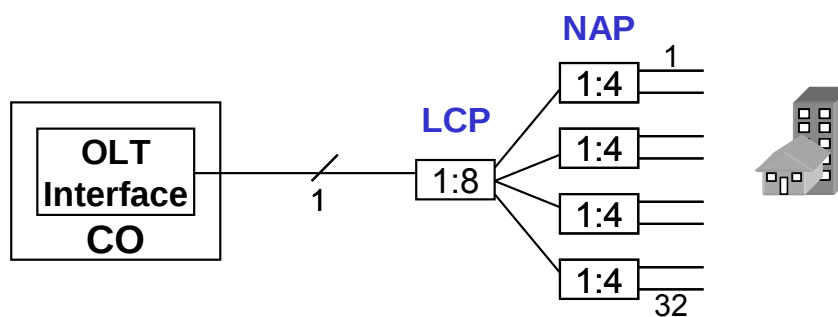


图 3-2 分布分光示意图

◆ 汇聚式分光

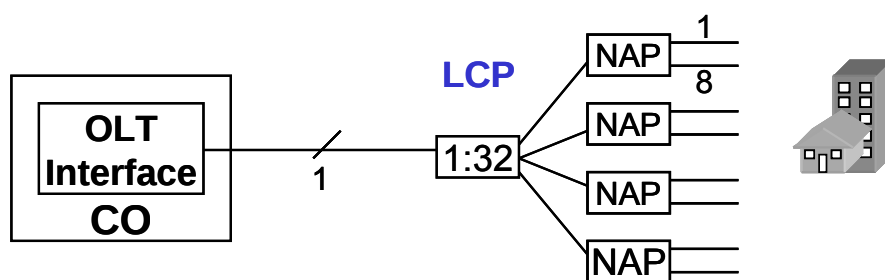


图 3-3 汇聚分光示意图

◆ 集中式分光

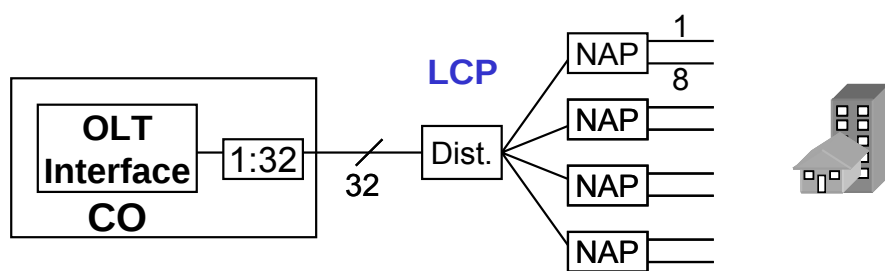


图 3-4 集中分光示意图

3.2.2 分布式分光网络架构

- ◆ 分路器布放方法

- ▶ 将分路器分级放置在 LCP 和 NAP 处。

- ◆ 特点

- ▶ 多点测试和维护
- ▶ 光分路器和 OLT 设备端口利用率低
- ▶ OLT 的 PON 设备端口和光分路器需要一次投放到位，设备初期投资高
- ▶ 分路器端口成本高
- ▶ 光损耗较大
- ▶ 网络构造较复杂，不便于用户管理

- ◆ 适用场合

- ▶ 适合架空接入方式；
- ▶ 适合网络改造的工程；
- ▶ 适合主干管道和主干光缆资源不足的情况。

3.2.3 汇聚式分光的网络架构

- ◆ 分路器布放方法

- ▶ 将所有分路器集中放置在 LCP 处。

- ◆ 特点

- ▶ 线路集中测试和用户集中管理
- ▶ 光分路器和 OLT 设备端口利用率高
- ▶ 可按业务需求投入 OLT 的 PON 设备端口和光分路器，减少初期投资
- ▶ 分路器端口成本最低
- ▶ 光损耗最小

- ▶ 网络构造简单，便于用户管理

◆ 适用场合

- ▶ 适合管道敷设方式；
- ▶ 适合新建工程；
- ▶ 适合管道和光缆资源较充足的情况。

3.2.4 集中式分光的网络架构

◆ 分路器布放方法

- ▶ 将所有分路器集中放置中心机房，所有光纤均从中心机房引入到用户端

◆ 特点

- ▶ 单点测试和维护
- ▶ 光分路器和 OLT 设备端口利用率高
- ▶ 可按业务需求投入 OLT 的 PON 设备端口和光分路器，减少设备初期投资
- ▶ 分路器端口成本最低
- ▶ 光损耗最小
- ▶ 每个用户均有专用的光纤线路，并可为用户提供最大的宽带
- ▶ 移动、增加或改变网络布局都可在局端完成无需重新布线，具有最大的网络灵活性
- ▶ 巨大的基础建设费用，线路前期投资高，局端的光纤管理复杂

◆ 适用场合

- ▶ 适合管道敷设方式；
- ▶ 适合新建工程；
- ▶ 适合机房面积、管道和光缆资源较充足的情况；
- ▶ 适合用户离中心机房很近的情况

3.3 节点设计

3.3.1 OLT 设备间

OLT 机房部署和设计要求

根据用户密集程度和有效覆盖范围，一个 OLT 机房可覆盖千户或万户以上用户，覆盖半径可达 10 公里以上。OLT 机房选址可利用现有条件，设置在现有的模块局机房或用户小区机房内。如需要新建机房，则应考虑：

- ◆ 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。
- ◆ 设备间要有足够的空间，以保障设备的存放。
- ◆ OLT 设备间要有良好的工作环境（温度和湿度）。
- ◆ OLT 设备间的建设标准应按机房建设标准设计。
- ◆ OLT 设备间应配备足够的安全防火设备。

机房供电要求

- ◆ 机房应提供-48V 供电；
- ◆ 设备机房的供电负荷等级应按小区内现有用电设备的最高负荷等级确定；
- ◆ 机房的供电线路应单独引入，在机房内设专用配电箱，为适应以后扩容的需要，其供电容量应留有裕量；
- ◆ 机房内设备应配置 UPS 电源；
- ◆ 电源输入端应按第 II 类耐冲击过电压类别的要求安装电源 SPD。

机房设备接地要求

- ◆ 机房内宜将交流工作接地、安全保护接地、直流工作接地、防雷接地等四种接地共用一组接地装置，接地电阻按各系统中所要求的最小值确定；
- ◆ 设备机房应预留接地端子板；

- ◆ 引入线宜采用截面 25mm² 或以上的铜导体;
- ◆ 接地电阻应小于 5 欧。

3.3.2 光分配点

光分配点通常可设置在靠近用户区的用户汇聚点上,用于集中设置光分路器。一个光分配点盖一栋楼、一个楼群或一个小区的用户。光分配点应设置在便于用户管理和维护的大楼配线间、大楼弱电竖井、用户区室外光缆交接箱内,特殊情况下,光分配点可与 OLT 同址。当用户区不适合集中设置光分路器时,也可将其设置在地下人井或架空电杆上。

以线路的隐蔽性、安全性、可行性和成本因素为原则,根据用户群分布的地理环境、管线路由和有效覆盖用户数量、充分利用分路器和设备端口资源等因素对用户进行分片划区,确定每一个光分配点的具体选址和光分配设备的类型。

在光分配点,光分路器通常以活动连接方式连接馈线光纤和配线光纤,以便于线路检测和维护。

3.3.3 用户接入点

用户接入点一般更加靠近用户,设备体积不宜过大。其位置选择应便于光缆施工,注意其隐蔽性、安全性。根据现有条件,用户接入点可设置在楼内竖井、楼道梯位间、室外人/手孔、架空电杆上。

在 FTTH 接入方式中,用户接入点实现配线光缆和入户线光缆交接分配,配线光缆和入户线光缆宜采用固定连接方式,以减少设备体积,减小线路连接损耗和降低线路成本。在 FTTB 接入方式中,应保证有足够空间安装楼道型 ONU,并能解决 ONU 在楼道内的供电问题。

3.3.4 用户终端

ONU 设备安装

当采用 FTTH 接入方式时，对于新建住宅家庭用户，室内宜安装专用箱体，在墙内隐蔽安装 ONU，以方便室内隐蔽布线和线缆汇聚。对于旧的家庭住宅用户和需要光纤到桌的办公用户，可将入户线光缆以光纤信息面板成端预留，以光纤跳线跳接桌面 ONU。

安装 ONU 设备的箱体，其结构设计应考虑入户光缆成端功能。无论在 ONU 的安装箱体还是光纤信息面板内，入户光缆均可采用熔接成端或冷接成端的方式。考虑到成本和施工方便性等因素，在用户端线路集中施工期间，入户光缆可采用熔接或冷接两种成端方式，在零星的用户开通期间施工时，入户光缆可采用冷接方式成端。

在采用冷接方式成端时，入户光缆以及成端用的冷接组件需配套，并需有妥善的接头保护措施。

ONU 供电方案

家庭用户的 ONU 一般采用本地供电方式，当用户需要断电保护时，可采用后备电源方式，实现 2~3 小时的断电保护措施。

楼道 ONU 有以下几种供电方案：

- ◆ UPS 集中供电，适合 ONU 分布较集中，距离机房较远，有条件本地取电的情况；
- ◆ 后备电源供电，适合 ONU 分布集中或分散，有条件本地取电的情况；
- ◆ 综合引入用光缆远程供电，适合 ONU 分布分散，且不具备本地取电条件的情况。如农村信息化工程等。

烽火综合引入用专为 ONU 远程供电而设计，光缆中的光纤单元供光传输信号接入，而其中的金属线既可作为光缆的加强元件，又可作为 ONU 的电源引入线，相对 ONU 专用电源引入线而言，大大节约线缆材料成本和线缆敷设成本。光电复合缆可为分散的 ONU 部署方式，如城区 FTTB 接入方式，农村信息化应用场合带来便利。

3.4 光缆选择

3.4.1 馈线光缆选择

馈线光缆是从 OLT 机房出局至光分配点的光缆，某些情况下，这段光缆为已敷设的现有城域网光缆，或需要就近从现有城域网光缆中割接出少量的光纤芯数。需要重新敷设此段光缆时，应充分考虑用户预期增长和潜在业务需求的发展，避免将来重复投资。馈线光缆的选择同常规的城域网光缆选择基本一致。

3.4.2 配线光缆选择

FTTH 配线光缆通常需要频繁下线和分歧接续。按照缆芯结构，配线光缆通常有层绞式松套管光缆、松套管带缆和骨架式带缆几种类型，按照应用环境，光缆可为室内光缆、室外光缆和室内室外光缆。

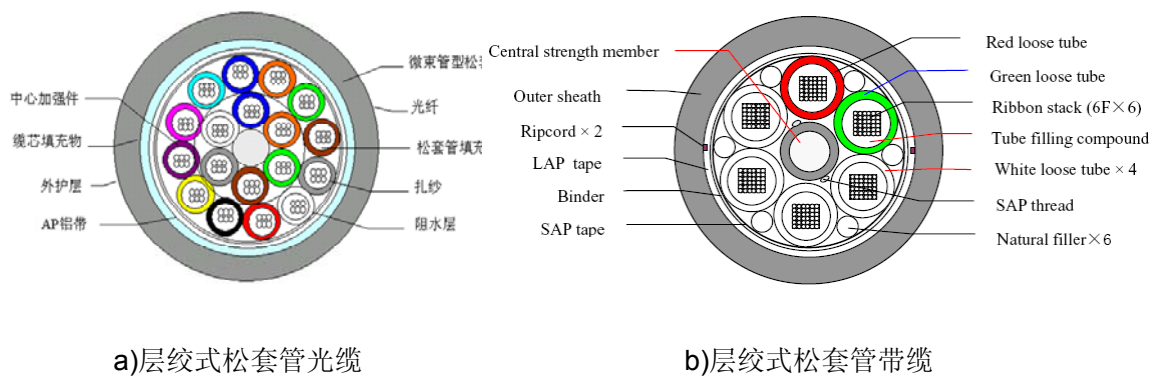


图 3-5 管道中应用的常用配线光缆

配线光缆分歧接续时可使用掏接技术，以避免不必要地剪断大量光纤，但其配套的光缆接头盒和楼内分纤盒的设计均需具有掏接分歧的功能。

光缆掏接分歧是十分常见的施工技术，普通松套管光缆和带状光缆均可实现掏接分歧，当光缆芯数不大时，使用松套管光缆将更具成本优势。当松套管光缆掏接施工时，每次只需剪断一至多根松套管。松套管数量和每管芯数根据分歧需要设计。单层层绞式光缆最多可含 12 根松套管，双层层绞式光缆最多可含 18 条松套管供分歧使用。

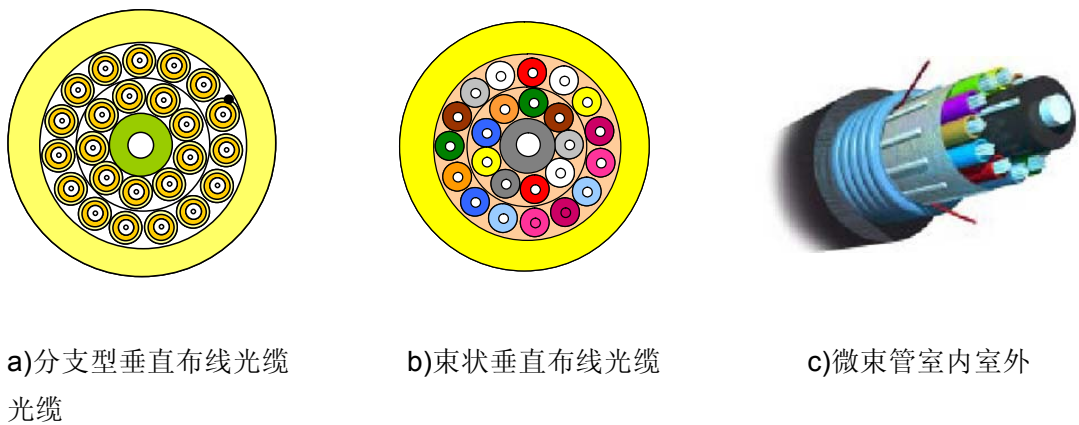


图 3-6 竖井中应用的常用配线光缆

3.4.3 入户线光缆的选择

根据光缆入户的环境，入户线光缆可为室外光缆、室内光缆或室内室外光缆。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，并保证光缆使用的可靠性。

根据光缆入户路径，可选择烽火下列管道应用、室内应用和架空应用的入户光缆。

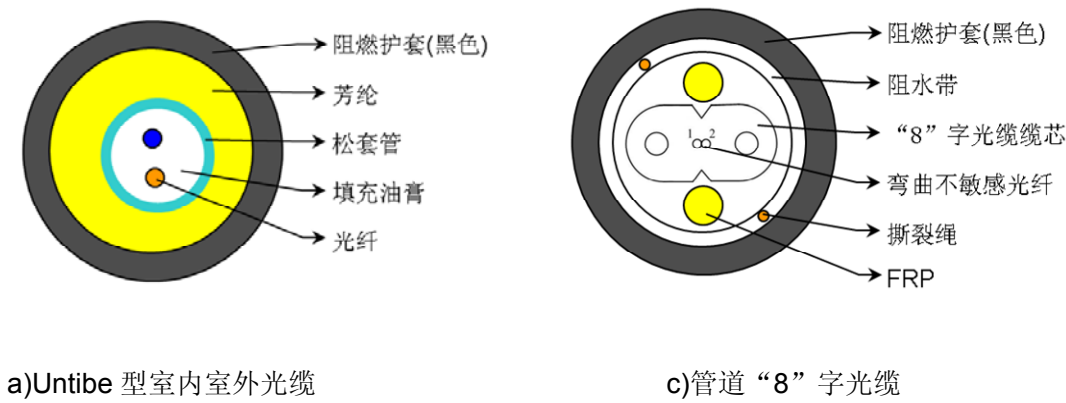


图 3-7 管道入户用的入户线光缆

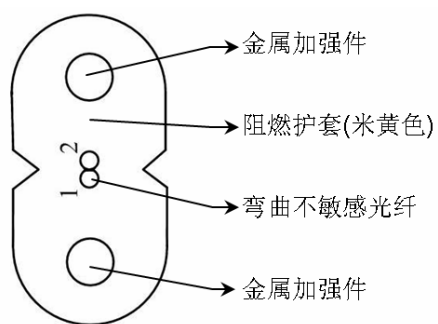


图 3-8 楼内入户用的“8”字布线光缆

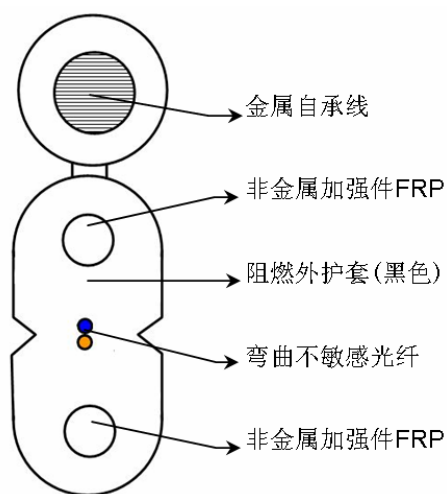


图 3-9 自承架空入户用的“8”字布线光缆

3.5 信息管道设计要求

3.5.1 光缆敷设的一般要求

楼外光缆敷设要求

新建小区楼外应采用地下管道方式敷设光缆，对于已覆盖用户区，楼外光缆敷设可与原有网络共用路由，当需要建立新的光缆路由时，应尽量减少对小区环境的破坏。

楼内光缆敷设的一般要求

新建小区室内应采用隐装方式敷设光缆，对于已覆盖用户区，楼内光缆敷设可与原有网络共用路由，当需要明敷光缆或建立新的光缆路由时，应尽量减少对建筑物结构的破坏。室外管道设计要求

管孔要求

对于新建小区，楼外信息管网应按终期容量一次建成，并适当预留备用管孔。对于分期开发的小区，应预留后续工程所需的管道数量。

楼外管道应按接入管网、分支管网分段分别计算管孔的终期需求数量。对于覆盖用户数为 5000 户以下的小区机房，出局管道管孔数不宜少于 4 孔，分支管管孔数不宜少于 2 孔。

管道连通性和引上要求

各建筑物应预埋引入管道，引入管道应由建筑物向人孔方向倾斜，倾斜的坡度不小于 4%。引入管道宜采用钢管，引上钢管外径应不小于 $\phi 50\text{mm}$ 。

对于各梯位之间未连通的建筑物或建筑物群，每个梯位均需预埋引入管道，对于各梯位连通的一个建筑物或建筑物群，应至少预埋一个引上管道。

建筑物楼外通信管道应与各建筑物的引入管道连通。

管材选用要求

室外管道宜选用塑料管或钢管。当管道埋深过浅、路面荷载过重、地基松软或有强电干扰影响需要防护等情况下应采用钢管。

塑料管材的材质宜选用硬聚氯乙烯（PVC-U），或高密度聚乙烯（HDPE）。

管道路由的选择

管道路由应根据小区规划设计，沿规定的路线和断面建设。

室外管道路由的选择要兼顾网络分支分配的灵活性和管道安全性等多方面综合要求。

管道位置的确定还应考虑施工和维护的方便性。

管径确定

管材的管孔内径应按电（光）缆外径确定，并应符合下列要求：

$$D \geq 1.25d \quad (4.2.3)$$

式中 D ——管孔内径（mm）；

d ——穿放电（光）缆的外径（mm）。

管道段长和弯曲

在管道的在直线路由上，人（手）孔之间的最大段长不得超过 150 米。

人（手）孔间的每段管道应尽量取直。若因地形、建筑物及其他管线限制，必须使用弯管道时，管道段长应相应缩短。

弯管道的曲率半径不应小于 10m，弯管道中心夹角宜尽量大。同一段管道不应有反向弯曲（即“S”形弯）或弯曲部分的中心夹角小于 90° 的弯管道（即“U”型弯）。

人（手）孔设置

人（手）孔的位置应选择在管道分歧点、拐弯处、直通管道的分段处、建筑物引入点等地；

人（手）孔的位置应与其他地下管线的检查井相互错开，其他地下管线不得在人（手）孔内穿越；

人（手）孔的位置不应设置在建筑物的正门口、规划存放器材或其他货物的堆场，更不得设置在低洼积水地段。

人（手）孔应建混凝土基础。当土壤松软或地下水位较高时，还应增设碎石地基或采用钢筋混凝土基础。

3.5.2 室内光缆通道设计要求

室内光缆敷设方式

低层及多层住宅的信息管网应采用暗管敷设方式，中高层宜采用电缆竖井、电缆线槽和暗管敷设相结合的方式，高层住宅应采用电缆竖井、电缆线槽和暗管敷设相结合的方式。

室内应根据敷设现场环境情况及现行国家标准、规范的要求，确定采用金属导管或是PVC管，采用金属线槽或是塑料线槽。

弱电竖井的设置要求

敷设垂直光缆的弱电竖井宜与住宅内其他智能化系统共用竖井，在有困难时，也可与强电竖井合并使用。

以FTTH方式接入的楼内弱电竖井的净空间不宜小于0.8m（宽）×1.2m（深），以FTTB方式接入的楼内弱电竖井的净空间宜不小于1.5平方米，以保证有足够的空间供楼层设备安装和检修使用。

每个住户以 $\phi 20\text{mm}$ 左右的导管从户内汇聚到弱电竖井内。

垂直暗管的敷设要求

当建筑物采用垂直暗管敷设光缆时，应在每一梯位的每一层楼设置一个楼层过线盒，其位置应便于穿线。垂直暗管贯穿每一个过线盒。每个住户以 $\Phi 20\text{mm}$ 左右的导管从户内汇聚到楼层过线盒内。在每个梯位的某一中低层位还应设置一个梯位弱电箱，供光缆分纤盒嵌墙安装。

楼层过线盒截面积不宜小于 $250\times 250\text{mm}$ ，梯位弱电箱截面积不宜小于 $350(\text{宽})\times 300\text{mm}(\text{高})$ 。根据梯位内用户数量，垂直暗管宜为 $\Phi 40\sim\Phi 50\text{mm}$ 的导管 1~2 根。

楼内箱体安装

楼内分散的设备箱体宜安装在弱电竖井或建筑物的公共部位等便于安装和维护的地方。在竖井内的设备箱体可采用壁挂或落地方式安装；在建筑物公共部位的设备箱体宜采用嵌墙式安装。若壁挂明装时应不得影响人的正常通行。安装在公共部位的设备箱体，其外观、色彩及安装位置应与周围环境相协调。

家居配线箱

对于新建的住宅区，可在每个住户室内设置家居配线箱，用于室内线缆汇聚和运营商终端设备安装。规划中以 FTTH 方式接入的住宅区，当户内面积不大于 70m^2 时，其家居配线箱尺寸不小于 $320\times 260\text{mm}(\text{宽}\times\text{高})$ 或 $260\times 320\text{mm}(\text{高}\times\text{宽})$ ，当户内面积大于 70m^2 时，其家居配线箱尺寸不小于 $380\times 280\text{mm}(\text{宽}\times\text{高})$ 或 $280\times 380\text{mm}(\text{宽}\times\text{高})$ 。箱体的深度不宜小于 80mm 。以 FTTB 方式接入的住宅区，用户的家居配线箱尺寸不宜小于 $250\times 250\text{mm}$ 。

对于 FTTH 用户接入方式，家居配线箱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、保护及室内线缆汇聚、储存和保护的功能。箱体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。

对于 FTTB 用户接入方式，家居配线箱主要完成入户铜缆和用户室内线缆交接汇聚的作用。箱体可采用嵌入式或外挂式安装方式，无需具散热功能。

家居配线箱宜安装在离地 30cm 的室内墙壁结构上。箱体的深度应能使所有汇聚的暗管穿行其中。

光纤信息面板

对于办公用户、商业用户或已入住的住宅用户，可在用户室内安装光纤信息面板，供光纤到桌的应用。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家居配电箱等固定结构上。在墙面安装的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。推荐采用标准 86 面板结构。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 50 cm 长度的光缆冗余。

光纤信息面板的安装高度应与同一室内的其它强弱电面板安装高度一致。

室内导管敷设要求

室内导管宜采用钢管（包括薄壁钢管）或阻燃硬质聚氯乙烯管；

埋地敷设的金属导管应选用水煤气钢管，埋设在混凝土内或墙内的 PVC 绝缘导管应采用中型以上的导管；

导管截面利用率不大于 40%；

墙体预埋导管最大外径不宜大于 50mm，楼板中预埋导管最大外径不宜大于 25mm；

暗管外壁距墙表面不得小于 15mm；

导管与线盒、线槽、箱体连接时，管口必须光滑；

导管敷设后，应做好管口的封口处理，防止浇注时或穿线作业前杂物落入管内造成管路堵塞。

室内线槽敷设的要求

垂直线槽安装在弱电竖井内，自下而上，贯通整个大楼，用来安放和引导光缆，并起到机械保护的作用，能够防鼠，同时还提供了一个防火、密封和紧固的空间使线缆可以安全地延伸到目的地，并为今后维护提供方便。

线槽截面利用率不宜大于 50%。当垂直光缆条数不超过 20 条时，可使用 PVC 线槽，当需要固定更多的光缆时，需要使用金属线槽。

光缆由建筑物的弱电竖井进入配线间,在竖井中敷设光缆时,为了减少光缆上的负荷,应在一定的间隔上用缆夹或缆带将光缆扣住在桥架或垂直线槽上。

线槽转弯处应满足槽内敷设光缆所允许的弯曲半径的要求。

敷设在竖井内和穿越不同防火区的线槽,应有防火隔堵措施。

3.6 系统光功率预算

3.6.1 光通道损耗指标要求

FTTH 线路系统的光通道损耗包括了 S/R 和 RS(S: 光发信号参考点; R: 光收信号参考点)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。

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,而不仅仅是在给定波长,给定时间和给定温度下的测量结果。

光通道的损耗计算方法有最坏值法、统计法和联合设计法。鉴于接入网环境传输距离很短,通常无须使用联合设计法,并建议采用最坏值法。

最坏值法是将所有光通道中的光元件损耗值迭加起来即为 ODN 光通道的光损耗,这些损耗值都应该是系统寿命终了前处于允许工作范围内任意点的数值。这样设计的系统显然是十分安全的。相关标准关于 ODN 技术指标要求如下:

表 3-1 标准 ODN 技术要求

项 目	1000BASE-PX10-U	1000BASE-PX10-D	1000BASE-PX20-U	1000BASE-PX20-D
光纤类型	G.652 单模光纤			
标称发射波长(nm)	1310(上行)	1490(下行)	1310(上行)	1490(下行)
最小范围（注1）	0.5m~10km		0.5m~20km	
最大通道插入损耗（注2）	20 dB	19.5 dB	24 dB	23.5 dB
最小通道插入损耗（注3）	5 dB	5 dB	10 dB	10 dB

注 1：如果在链路上启用前向纠错，可增加最小传输范围；也可以允许链路上有较高的通道插入损耗。

注 2：在标称发射波长处。

注 3：PX10 和 PX20 链路的功率预算是假定在接收器和发射器之间有一个最小的插入损耗。PMD 的测试需要这个最小衰减值。

光通道损耗和推荐的 PON 网络典型应用模式如下：

表 3-2 光通道损耗与推荐应用场景

光通道损耗分类	链路最小损耗	链路最大损耗	推荐的典型应用模式
10km	5dB	20dB	分路比不大于1:16，传输距离不大于10km的PON链路。
20km	10dB	24dB	分路比不大于1:16，传输距离不大于20km的PON链路； 分路比不大于1:32，传输距离不大于10km的PON链路。

3.6.2 光功率预算

光接口光功率指标

下表为我国通信行业标准中关于 EPON 光模块的光功率技术指标要求：

表 3-3 标准 EPON 光功率要求

	OLT侧(dBm)				ONU侧(dBm)			
	1490nm		1310nm		1310nm		1490nm	
	最小发送光功率	最大发送光功率	接收灵敏度	平均最大接收功率	最小发送光功率	最大发送光功率	接收灵敏度	平均最大接收功率
1000BASE-PX10	-3	+2	-24	-3	-1	+4	-24	-1
1000BASE-PX20	+2	+7	-27	-6	-1	+4	-24	-3

满足上表要求的光模块，即是合格的 1000BASE-PX10 和 1000BASE-PX20 光模块。如不能满足上述标准则应降级使用。

通常烽火 EPON 设备的实际光功率指标优于以上标准要求，通常有 2~3dB 或更多的冗余。

ODN 光功率预算

可采用最坏值法，并选用 G652 光纤衰耗较大的 1310nm 波长估算 OLT 至 ONU 之间光通道损耗。

如果网络需要预留扩展添加 1550 nm 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。

对于 FTTH 工程，可根据下列接入网常用的工程数据估算 ODN 的传输损耗：

G.652 单模光纤衰耗：≤0.34 dB/km（1310nm）；

光纤跳纤、尾纤插入损耗：0.1dB~0.2dB；

光分路器插入损耗：可参考烽火平面波导光分路器的技术指标：

表 3-4 烽火通信 PLC 技术指标

PLC光分路器参数		单位	指标					
			1x4	1x8	1x16	1x32	2x32	1x64
插入损耗	典型值	dB	7.1	10.0	13.5	16.6	17.5	19.6
	最大值		7.4	10.3	13.8	17.0	18	20.5

注：插入损耗不包括连接器的损耗，连接器损耗 $\leq 0.2\text{dB}$ 。

某工程光功率预算：

(某工程)最长主干光缆按照 4.5 公里计算，从光缆交接箱到用户家最长光纤链路按照 0.5 公里计算；从 OLT 的 PON 口至 ONU 的 PON 口，光通道经过一个 1:32 分光器，3 个法兰盘。最大损耗如下表。

表 3-5 光功率预算表

项目 1310nm)	单位损耗	数量/长度	总损耗 (dB)
分路器(1:32)	16.5~17.0(dB/个)	1个	17.0
熔接接头	0.02~0.05(dB/个)	4个	0.2
连接器(APC)	0.1~0.2(dB/个)	3个	0.6
光缆老化损耗	$\leq 0.05(\text{dB}/\text{km})$	5km	0.25
光 纤 损 耗 (1310nm)	$\leq 0.34(\text{dB}/\text{km})$	5km	1.7
总损耗	19.75dB		

光纤链路 1310nm 的最大损耗为 19.75dB，在 1000BASE-PX10 允许的 20dB 的最大通道插入损耗范围之内，并且大于 1000BASE-PX10 允许的最小通道插入损耗。因此选择 10Km 光模块，可以保证数据光信号可靠传输。

3.6.3 CATV 系统光功率验算

ONU 的 1550nm 波长的接收光功率必须在 $-2\sim-6\text{dBm}$ 之间, 信号质量较好的情况下, 可以部分放宽到 $-2\sim-10\text{dBm}$ 之间;

在上述工程案例中, 如果 CATV 光信号通过 OPAMS 的 EDFA 的发射光功率 $\geq 22\text{dBm}$, 经过 1:8 分路器和 ODN 网络传输, 到达用户端, ONU 的接收光功率为 $22-10-19.6=-7.6\text{dBm}$, 在保证用户收看电视的 CATV 光信号接收功率($-2\sim-6\text{dBm}$)范围之外, 但是仍在放宽的范围之内, 因此能够满足有线电视传输要求。

4 烽火通信 EPON 设备介绍

烽火通信公司自主研发的 EPON 系列产品拥有丰富的，适用于多种不同需求的设备种类。AN5116/5006 系列 EPON 系统是典型的多业务融合平台。通过该系统，运营商可为用户提供高速数据业务、语音业务、IPTV、CATV 等多种业务的任意组合。本章将分别介绍这些系列产品的特点和功能。

 EPON 局端机系列

 EPON 用户端机系列

 提示：本章仅对各产品的功能和特点进行介绍，关于产品的更多详细说明请参见各产品手册。
本公司还提供 EPON 设备的其他配套产品，如室内室外的机柜、电池等，本教材中暂不介绍。

4.1 EPON 局端机系列

EPON 局端机也即 OLT（光线路终端），OLT 下面可接多个 ONU（光网络单元），上联 NGN 交换机或 V5 交换机。

EPON 局端机都支持单纤三波（1310 nm，1490 nm 和 1550 nm）和双纤三波两种应用模式。1490 nm 和 1310 nm 两个波长分别用来承载上行和下行信号，为用户提供高达 1G 的对称共享带宽。1550 nm 波长则用来承载 CATV 信号。

下面分别介绍 EPON 局端机的几种类型。

4.1.1 AN5116-02

AN5116-02 EPON 局端机是一款支持三网合一和光纤到户的综合业务接入设备。它采用电信级宽窄带一体化接入方式，将数据网、电话网和电视网三者的接入融为一体。它支持统一的网络和业务管理，接入、汇聚和传送多种业务到各种宽窄带网络中。用户可在一台远端设备（ONU）上同时享受到电话、传真、IPTV 和 CATV 等各种宽窄带业务。

该设备以纯 IP 包为内核，在用户网络接口侧（UNI）提供 EPON 宽带 IP 业务接口，实现语音、数据和 IPTV 等业务的综合接入。加上合波器后，可实现 CATV 图像业务的并传。在业务节点接口侧（SNI）提供 E1（V5）、STM-1、FE/GE 等不同接口，分别与 PSTN、SDH、ATM/IP 网络互联，实现业务分离。

AN5116-02 设备位于接入网的边缘，直接与终端用户相连，处于用户与汇聚层设备之间。它适合于 FTTH、FTTO、FTTB 的应用，一般置于小区或大楼内。



图 4-1 AN5116-02 EPON 局端机外观图

特点

- ◆ 设备为千兆 IP 交换平台，具有速率高达 48Gbit/s 的核心交换单元和 96G 的背板交换容量。
- ◆ 采用宽窄带一体化设计，竖插板方式，具有高密度端口，并支持级联。
- ◆ 支持 EPON 机盘的灵活配置，两个 PON 口既可配成 1：1 保护，也可各自独立使用。
- ◆ 每个子框最多可提供 32 个 1000 M PON 光口，每个 PON 口最大可带 64 个 ONU（光网络单元），每个 ONU 最多可接 2 路电话，因此，每个子框最多可支持 4096 路电话。
- ◆ 当每个 PON 口所接的分路器的光分路比为 1：32 时，信号至少能传输 20 公里。光分路比为 1：64 时，则至少能传输 10 公里。
- ◆ 支持远端电源备份，在断电情况下保证电话业务仍然能够畅通至少 1 小时。

- ◆ 具备 MAC 地址和 IP 地址的绑定及过滤、带宽控制、VLAN（基于端口和 802.1Q 的两种方式）、流量控制等丰富的可运营、可管理电信特性。
- ◆ 支持各种类型业务盘的热拔插。
- ◆ 提供两种带宽分配方式，固定带宽分配和 DBA（动态带宽分配）。按照 SLA 参数来进行业务开展。本设备强大的动态带宽分配和带宽共享能力，能高效地提高带宽利用率。
- ◆ 窄带业务通过 E1 接口上联时，支持 V5 协议。通过 GE 口上联时，支持 MGCP/H.248/ SIP 软交换协议。

功能

- ◆ 核心交换盘和语音控制盘都支持的主备倒换，可实现 1+1 保护功能。
- ◆ 具有灵活的带宽管理能力，基于 SLA 和优先级的双重管理模式，有效地保证用户的最小指定带宽需求和高优先级业务的低时延要求。
- ◆ 基于二层业务分类模式可为用户提供灵活的业务映射选择。
- ◆ 支持 QoS、ACL 功能，能对数据流进行分类和处理。
- ◆ 支持全面的二层功能，包括 802.1Q VLAN、802.1D STP（生成树协议）、优先级控制、IGMP snooping、IGMP proxy、802.3X 流量控制、端口镜像、802.3ad 端口聚合、MAC 地址过滤和绑定、广播抑制等。
- ◆ 支持对用户端设备进行远程测试和远端 ONU 的环回测试。
- ◆ 支持远端 ONU 断纤自动告警和远端 ONU 断电自动告警。
- ◆ 支持 ONU 的自动发现和自动注册，并支持先配置后发现的发现方式。
- ◆ 支持 AES-128 位的加密算法，为用户提供良好的安全保障机制。
- ◆ 采用电信级冗余保护设计和-48V 分散式供电方式，有效地防止设备的单点故障，提高系统工作稳定性。
- ◆ 基于 SNMPv1/v2c/v3 的集中网管系统，支持 TELNET、FTP 等远程控制方式，也支持通过串口的本地管理。
- ◆ 其各项功能和性能指标均满足 ITU-T、IEEE 相关建议及有关国际标准、行业标准，EMC（电磁兼容性）设计也符合 CISPR22、CISPR24 及 IEC61000 相关标准。
- ◆ 支持 VoIP 技术，具有与软交换网络连接的能力，充分满足网络发展的需求。

4.1.2 AN5116-03

AN5116-03 小型 EPON 局端机是构成新一代以太网无源光网络的局端设备之一，是为电信运营商提供的一种电信级 FTTH（光纤到户）宽带接入设备。它具有集成度高、小巧轻便、应用灵活、节省光纤资源、高可靠性、易于安装和管理、可灵活扩容和组网等特点。

本设备主要应用于 FTTH 工程，实现光纤到户，可完成 IP 电话、宽带数据、IPTV 等业务的接入；能汇聚城域网宽带数据和 TDM 业务，解决网络建设中光纤资源紧张的问题。

AN5116-03 设备和 AN5116-02 设备是互补型设备。



图 4-2 AN5116-03 EPON 局端机外观图

特点

- ◆ IP 交换核心平台；
- ◆ 上联口为标准以太网接口，可以和 BE2000 系列以太网交换机一起组网；
- ◆ 提供 4 个 10/100/1000Base-T 以太网接口，并提供 4 个端口的端口汇聚能力（Trunk），其传输速率为 10/100/1000M 自适应，传输距离为 100 米，采用 RJ45 型接头，可作为带内网管接口；
- ◆ 提供 2 个 1000Base-Fx 光以太网接口，并支持端口的汇聚功能，其传输速率为 1000M，传输距离为 10~80 千米，采用 LC/PC 型光纤接头；
- ◆ 每个 PON 口采用 SC/PC 接头光纤连接远端 ONU，最大上下行速率可达 1Gbps；
- ◆ 每个 PON 口的分光比最大可达 1:64，现阶段通常用 1:32。单台设备最大可接 128 个 ONU。每个 PON 口的分光比与有效传输距离的对应关系为：分光比为 1:32 时，有效传输距离为 20Km，分光比为 1:64 时，有效传输距离为 10Km；
- ◆ 带外管理接口采用 EMS 100M 以太网接口，支持 TCP/IP 协议和 SNMP 协议；

- ◆ 提供 RS232 串口，可供本地维护；
- ◆ 提供多种上联接口，10/100/1000M 自适应电口和 1000M 光口接口；
- ◆ 本设备的电源采用-48V 直流。若机房没有-48V 直流电源，可外接 AD 100/48-01 交直流变换器，将 220V 的交流电转换成-48V 直流电。

功能

- ◆ 支持的主要二层功能包括：802.1Q VLAN、VLAN Trunk 功能、优先级控制、802.3X 流量控制、IGMP SNOOPING、802.3AD 端口聚合、以及端口镜像、广播抑制等；
- ◆ 提供 VLAN 组网应用及 ONU 间的二层隔离；
- ◆ 提供两对千兆以太网上联接口（光电可选），两个千兆以太网扩展接口，通过上联和扩展接口可以实现灵活扩展；
- ◆ 提供 OLT 组播堆积和延迟；
- ◆ 具有 ONU 的 PAUSE 流控功能；
- ◆ 具有完善的网络管理，方便的维护功能，丰富的可运营、可管理电信特性，支持基于 SNMP 的集中网管系统，支持 TELNET 远程控制和串口本地管理两种方式；
- ◆ 支持 QOS 功能，并对数据流进行分类处理。

4.1.3 AN5116-06

AN5116-06 EPON 局端机是新一代的 FTTH 局端设备之一,能够通过电信级 GEPON 宽带接入方式,为用户提供数据、语音、TDM (E1) 等多种综合业务,具有高密度端口、中/小规模用户数、高可靠性及提供服务质量 (QoS) 保证、可管理、可灵活扩容和组网等特点。

AN5116-06 设备主要完成 GEPON 用户端口的宽带接入、用户端口的认证、业务流量交换。它与 AN5116-02 设备属同一系列产品,它们的机盘完全兼容,只是结构和系统容量不同。AN5116-02 是竖插盘结构,可插 16 个 EPON 机盘;AN5116-06 是横插盘结构,可插 4 个 EPON 机盘。

本设备一般位于接入网的边缘,直接与最终用户相连,处于用户与汇聚层设备之间,适合与 FTTB/FTTC/FTTH 的应用。一般放在电信局机房或小区、大楼。如果网络简单,无需汇聚层,也可以直接连接骨干层设备。

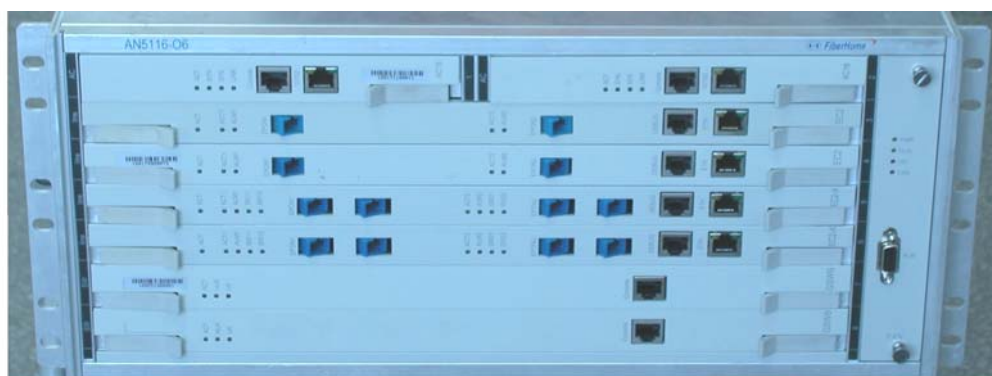


图 4-3 AN5116-06 EPON 局端机外观图

特点

- ◆ 高端口密度,竖插板式,中间背板,每框可接 256/512 个 ONU;
- ◆ 10/100/1000Base-T 以太网接口:速率为 10/100/1000M 自适应,传输距离为 100 米,采用 RJ45 接头。系统可以支持最大 7 个接口,可提供 7 个端口的端口汇聚能力 (TRUNK);

- ◆ 1000Base-Fx 以太网接口：速率为 1000M，传输距离为 10—80 千米，采用 LC/PC 接头。系统可以支持 4 个接口；支持端口汇聚功能；
- ◆ GEPON 业务接口：每板提供 2 个 PON 口，每个 PON 口分光比最大可达 1:64，采用 SC/PC 接头光纤接远端 ONU，最大上下行速率可达 1Gbps，有效传输距离为 20Km (1:32) /10Km (1:64)；
- ◆ TDM 接口盘：每板提供 2 个 155 光口，通过 GEPON 业务接口，为 GEPON 用户提供 E1/T1 接口，每个光口可提供 63 个 E1 接口的汇聚；
- ◆ 窄带控制盘：每板提供 16 个 E1 接口，通过 GEPON 业务接口，为 GEPON 用户提供电话业务，实现语音业务的 V5 或软交换两种接入的功能；
- ◆ 提供 RS232 串口，可用于本地维护，可通过该接口连 Modem 支持远程维护；
- ◆ 多种上联接口，10/100/1000M 电口，1000M 光口、155 光口、2M 接口；
- ◆ 电源接口：本设备采用-48V 分散供电，在子框上有 2 组电源输入接口，可以进行主备电源的切换。

功能

- ◆ 以 IP 交换为核心平台，支持全千兆以太网的背板交换。
- ◆ 所有盘支持热拔插，IP 核心交换盘、窄带控制盘具有主备功能，并可以自动倒换；
- ◆ 每框前面用户接口槽位 4 个，支持各种业务板混插。2 个 IP 核心交换盘控制槽、2 个窄带控制盘，后面对应上联盘和空槽位；
- ◆ 支持语音业务的 V5 接入和软交换接入两种功能；
- ◆ 具有完善的网络管理，方便的维护功能。丰富的可运营、可管理电信特性。支持基于 SNMP 的集中网管系统，支持 RMON、TELNET 等远程控制方式。支持通过串口的本地管理功能。
- ◆ 支持的主要二层功能包括：802.1Q VLAN、802.1D 生成树协议、优先级控制、802.3X 流量控制、IGMP SNOOPING、802.3AD 端口聚合、以及端口镜像、广播抑制等；
- ◆ 支持 QOS、ACL 功能能够对数据流进行分类和处理；

4.2 EPON 用户端机系列

EPON 用户端机也即 ONU。它上联 OLT，将不同的用户业务上传给 OLT。按照不同的用途，烽火通信公司的 EPON 用户端机拥有丰富的种类，用户可选择任意合适的种类与 OLT 进行搭配。它们具有可靠性高、支持服务质量保证、可管理、可灵活组网和扩容的特点。既有安装于局端机房的，也有安装到办公室、家庭、大楼和街道等位置的。下面来分别进行介绍烽火通信自主研发的 ONU。

4.2.1 AN5006-02

AN5006-02 EPON 用户端机是支持三网合一的 FTTH 接入设备。该设备与烽火通信自主研发的 EPON 局端设备可以组成吉比特 EPON 系统，同时提供宽带数字业务、IPTV 业务和 CATV 业务的接入，满足用户同时上网和观看有线电视的需求，是家庭娱乐或小型企业办公的良好选择。



图 4-4 AN5006-02 EPON 用户端机外观图

AN5006-02 设备为用户提供以下接口：

- ◆ 提供 1 个 EPON 光接口，用于连接 OLT；
- ◆ 提供 2 个用户以太网接口，用于连接用户 PC，实现宽带数字业务和 IPTV 业务的接入；

- ◆ 提供 1 个 CATV 接口，用于连接电视机顶盒或电视机，实现 CATV 信号的接入。

4.2.2 AN5006-03

AN5006-03 EPON 用户端机是支持三网合一的 FTTH 接入设备。该设备与烽火通信自主研发的 EPON 局端设备可以组成吉比特 EPON 系统，同时提供宽带数字业务、IPTV 业务和 CATV 业务的接入，满足用户同时上网和观看有线电视的需求，是家庭娱乐或小型企业办公的首选设备。



图 4-5 AN5006-03 EPON 用户端机外观图

AN5006-03 设备为用户提供以下接口：

- ◆ 提供 1 个 EPON 光接口，用于连接 OLT；
- ◆ 提供 4 个用户以太网接口，用于连接用户 PC，实现宽带数字业务和 IPTV 业务的接入；
- ◆ 提供 1 个 CATV 接口，用于连接电视机顶盒或电视机，实现 CATV 信号的接入。

4.2.3 AN5006-04

AN5006-04 EPON 用户端机是支持三网合一、单用户型 FTTH 接入设备。它与烽火通信自主研发的 EPON 局端设备一起，可组成千兆 EPON 系统，为用户提供三网合一的宽带接入，可满足家庭或小型办公企业上网、电话及视频娱乐等多种需求。



图 4-6 AN5006-04 EPON 用户端机外观图

AN5006-04 设备为用户提供以下接口：

- ◆ 1 个 EPON 光接口，用于连接 OLT；
- ◆ 4 个 10/100BASE-TX LAN 口，用于连接用户 PC，实现宽带数字业务和 IPTV 业务的接入；
- ◆ 2 个 FXS 端口，用于连接用户电话；
- ◆ 1 个 CATV 同轴电缆接口，用于连接电视机顶盒或电视机，实现 CATV 信号的接入。

4.2.4 AN5006-05

AN5006-05 设备与烽火通信的 EPON 局端设备一起，可以组成吉比特 EPON 系统，为用户提供三网合一的宽带接入，可满足家庭或小型办公企业的上网、电话及视频娱乐要求。



图 4-7 AN5006-05 EPON 用户端机外观图

AN5006-05 设备可以提供以下业务接口：

- ◆ 提供 1 个 EPON 端口，用于连接 OLT；
- ◆ 提供 2 个 PORT 端口，用于连接用户 PC 机，提供上网数据业务；
- ◆ 提供 2 个 FXS 端口，用于连接用户电话；
- ◆ 提供 RF 接口，为 CATV 业务接口。

4.2.5 AN5006-06

AN5006-06 EPON 用户端机是为解决在光纤上传输综合业务方案而推出的远端设备，是新一代光纤到办公室（FTTO）的用户端宽窄带接入设备。通过 AN5006-06 设备，用户可在同一台 EPON 系统远端设备（ONU）上开展电话、传真、IPTV、2M 专线、高速上网等多种宽窄带业务。



图 4-8 AN5006-06 EPON 用户端机外观图

AN5006-06 可以提供三种用户侧接口：

- ◆ 两个 EPON 口：可互为 1+1 光路保护，上联 OLT；
- ◆ LAN 用户接口：可以提供 4 个 10/100BASE-TX 接口，用户可以使用这些接口直接上网或接二层交换机。
- ◆ FXS 业务接口：可以提供 8 个 FXS 接口，用户可以使用这些接口直接连接普通电话或传真机，也可以接 PBX。
- ◆ TDM 业务接口：可以提供 4 个 E1 接口，用于 TDM 2M 专线业务，用户可以根据需要选择使用。

4.2.6 AN5006-07

AN5006-07EPON 用户端机是目前业界领先的 FTTB（光纤到大楼）宽带接入设备，与烽火通信的 EPON 局端设备一起，可以组成吉比特 EPON 系统，实现三网合一，满足高档写字楼、大型住宅或网吧等的上网、电话及视频娱乐需求。

AN5006-07 设备是一款高端口密度、高带宽、多业务的 EPON 远端设备。它根据传输距离、供电方式、是否提供语音业务、是否提供 CATV 业务、是否提供光路保护功能等方面的不同，共分为 32 种不同型号的产品，用户可以根据需要选择最合适的产品型号。



图 4-9 AN5006-07 EPON 用户端机外观图

AN5006-07 设备可以提供以下用户接口：

- ◆ 两个 EPON 口：可互为 1+1 光路保护，上联 OLT；
- ◆ 提供 16 个 FE 接口，可同时连接 16 个用户 PC 机和 16 路电话；
- ◆ 提供 1 个 PHONE 音频接口，连接音频线后，可接 16 路电话；
- ◆ 提供 1 个 RF 接口，传输 CATV 信号。

4.2.7 AN5006-08

AN5006-08 EPON 用户端机是光纤到楼、DSL 到户型的宽带接入设备。基于传统的铜线接入方式，本设备能对旧的铜线接入网络升级改造提供很大的帮助。

AN5006-08 设备与烽火通信的 EPON 局端机一起，可组成吉比特 EPON 系统，为用户提供语音和数据的接入，可用于高档写字楼或大型住宅的上网、电话及视频娱乐等。



图 4-10 AN5006-08 EPON 用户端机外观图

AN5006-08 设备可以提供以下用户接口：

- ◆ 两个 EPON 口：可互为 1+1 光路保护，上联 OLT；
- ◆ 1 个 ADSL 端口插座：通过音频线可连接 32 或 16 个用户；
- ◆ 1 个 PSTN 端口插座（内置话音分离器）：通过音频线可连接 32 或 16 个 POTS 语音用户。

该设备还可灵活配置成支持 ADSL2 或 ADSL2+ 等技术。

4.2.8 AN5006-09

AN5006-09 EPON 远端机是 FTTB（光纤到大楼）型宽带接入设备。与烽火通信的 EPON 局端设备一起，组成吉比特 EPON 系统，满足高档写字楼或大型住宅的上网、电话及视频娱乐需求。



图 4-11 AN5006-09 EPON 用户端机外观图

AN5006-09 设备可以提供以下用户接口：

- ◆ 两个 EPON 口，可互为光路保护，上联 OLT，传输距离为 20 Km；
- ◆ 8 个 FE 口，可与 HUB、PC 或服务器直接相连，可同时连接 8 个 PC 机和 8 路电话；
- ◆ 1 个 CATV 同轴电缆 RF 接口，将 RF 接口和 1:8 的分配器相连后，可将该路信号分连至 8 个用户的电视，提供电视信号。
- ◆ 1 个 DB9 的插座，连接外部电源告警线，当采用直流供电模块时，可监控电池的运行情况。

4.2.9 AN5006-10

AN5006-10 EPON 远端机也是一款 FTTB 型接入设备。它在 GE PON 方式下采用单纤双向方式，支持纯数据业务，满足大量数据业务的需求。



图 4-12 AN5006-10 EPON 用户端机外观图

AN5006-10 设备可以提供以下用户接口：

- ◆ 提供两个 EPON 口，连接 OLT，两口互为光路保护，可完成系统在光路上的全保护功能。不仅可以实现主干路光纤的主备倒换功能，还可以实现对支路光纤的主备倒换，全面提高系统运行的可靠性，保证用户数据安全。
- ◆ 提供 24 个 FE 口，通过网线可直接连接 PC 机。

4.2.10 AN5006-11

AN5006-11 EPON 远端机是一款多用户型远端 EPON 接入设备，用于 FTTB 型设备组网。与烽火通信的 EPON 局端设备一起，组成吉比特 EPON 系统，为用户提供宽带上网业务、普通电话业务、数字电视业务、IPTV 业务，用于高档写字楼或大型住宅的上网，电话及视频娱乐要求。

AN5006-11 可通过本机前面板的 VDSL 用户接口与用户家庭的铜线 MODEM 连接，同时通过语音分离器连接到话机提供语音服务，实现多业务接入。



图 4-13 AN5006-11 EPON 用户端机外观图

AN5006-11 可提供以下用户接口：

- ◆ 提供 1 个 EPON 光口，上联 OLT，10Km/20Km 光纤传输距离。
- ◆ 提供 1 个 16 路 VDSL2 接口，通过音频线可连接 16 路数据，1.5Km 传输距离。

4.2.11 AN5006-12

AN5006-12 EPON 远端机是一款多用户 FTTB 型用户端设备。它与 AN5006-11 设备的功能基本相同。不同之处在于，AN5006-12 设备前面板上的接口是 ADSL2+ 型接口，与用户家庭的铜线 MODEM 连接，同时，还可通过语音分离器连接到用户电话机，提供语音服务。



图 4-14 AN5006-12 EPON 用户端机外观图

AN5006-12 可提供以下用户接口：

- ◆ 提供 1 个 EPON 光口，上联 OLT，10Km/20Km 光纤传输距离。
- ◆ 提供 1 个 16 路 ADSL2+ 接口，通过音频线可同时连接 16 路数据和语音，5Km 传输距离。

4.2.12 AN5006-15

AN5006-15 EPON 用户端机是烽火通信新型研制一款 FTTB 型、128 路 ADSL/2/2+ 端口或 128 路 POTS 端口混插的宽带接入设备。相对于一步到位的 FTTH 产品，大幅度降低了每户的平均成本。

它与烽火通信的 EPON 局端设备一起，组成 GEPON 系统，为用户提供数据和语音业务的接入。

该设备相比其他 ONU 产品，具有更加强大的接入功能。

- ◆ 实现更高性价比的光纤接入，可让 64 个 ADSL 用户和 64 个 POTS 用户共同分担一路 EPON 成本，能有效降低每户接入的成本。这种方式相对于传统的接入技术，具有非常好的带宽保障能力。
- ◆ 更加灵活的应用方式，根据不同的工程应用环境，每台 AN5006-15 设备最多可直接带 128 个用户，为每户提供 ADSL、ADSL 2、ADSL 2+ 业务或 POTS 业务，分别实现最高达到 8M 或 25M 的下行接入带宽，为运营商节省线路成本和建设成本，实现铜线接入向光纤接入的演进。
- ◆ 更高可靠性的设计，由于 FTTB 的应用中每个 ONU 都服务于多个用户，光纤线路故障的影响面大大超过 FTTH 的应用场合。因此，为了增强网络可靠性，提升用户满意度，AN5006-15 型 ONU 的上联 PON 接口可支持主备冗余保护。



图 4-15 AN5006-15 EPON 用户端机外观图

AN5006-15 设备采用灵活的插板结构，可提供如下多种需求组合。

- ◆ 64 路 ADSL+64 路 POTS;
- ◆ 32 路 ADSL+96 路 POTS;
- ◆ 96 路 ADSL+32 路 POTS;
- ◆ 128 路 ADSL;
- ◆ 128 路 POTS。

AN5006-15 设备可提供以下用户接口:

- ◆ 1 个 EPON 口, 用于上联 OLT;
- ◆ DSL 口: 每个机盘一个 DSL 口, 可最多插 4 块机盘;
- ◆ POTS 端口: 每个机盘一个 POTS 口, 可最多插 4 块机盘。

4.2.13 AN5006-03W

AN5006-03W EPON 用户端机是一款室外 ONU。它的功能、接口和 AN5006-03 设备几乎一样。其特点就在于运行的环境温度要求在-40~60 摄氏度间。



图 4-16 AN5006-03W 室外用户端机外观图

5 烽火通信 EPON 系统配置方案

本章主要介绍烽火通信 EPON 系列产品在各个典型场景中的推荐组合配置方法。主要内容包括：

-  局端 OLT 的配置选择
-  FTTH 场景中 ONU 的选择
-  FTTB/C 场景中 ONU 的选择
-  FTTO 场景中 ONU 的选择
-  FTTCab 场景中 ONU 的选择

5.1 局端 OLT 的配置选择

- ◆ 根据业务需求：
 - ▶ 只需要数据业务，可以选择 AN5116-02/03/06；
 - ▶ 需要数据和语音业务，可以选择 AN5116-02/06；
 - ▶ 需要数据、语音、E1 专线业务，可以选择 AN5116-02/06；
 - ▶ 有 CATV 业务需求，需增加 OPAMS（光功率管理控制系统）设备。
- ◆ 根据用户数量：
 - ▶ 64 个 ONU 需求以下，可以选择 AN5116-03；
 - ▶ 256 个 ONU 需求以下，可以选择 AN5116-06；
 - ▶ 1024 个 ONU 需求以下，可以选择 AN5116-02；
 - ▶ 大于 1024 个 ONU 需求，可以采用增加子框的方法扩容。

5.2 FTTH 应用场景中 ONU 设备的选择

- ◆ 新建用户，依据业务需求的不同，可以灵活选择：
 - ▶ 只有宽带数据需求，可以选择 AN5006-02/02A；
 - ▶ 有宽带数据和 CATV 业务需求，可以选择 AN5006-02/02A；
 - ▶ 有宽带数据和语音业务需求，可以选择 AN5006-04/05/05A；
 - ▶ 有宽带数据、语音和 CATV 业务需求，可以选择 AN5006-04/05/05A。
- ◆ 城市热点应用环境，只需要少量的 FE 端口，对安装环境有较高要求，可以选择：
 - ▶ 室外型 AN5006-03W，提供 4 个 FE 端口；
- ◆ 视频监控（全球眼）应用环境，只需要少量的 FE 端口，对安装环境有较高的要求，可以选择：
 - ▶ 室外型 AN5006-03W，提供 4 个 FE 端口；

5.3 FTTB/C 场景中 ONU 设备的选择

- ◆ 新建楼宇用户，依据业务需求的不同，可以灵活选择：
 - ▶ 只有宽带业务需求，可以选择 AN5006-08(ADSL2+接口)、AN5006-10 (FE 接口)、AN5006-11 (VDSL2 接口)、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡)；
 - ▶ 有宽带上网、电话业务需求，可以选择 AN5006-07 (16 个 FE 接口和 16 个 POTS 接口)、AN5006-09 (8 个 FE 接口和 8 个 POTS 接口)、AN5006-12 (16 个 ADSL2+接口和 16 个 POTS 接口)、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡、POTS 接口卡)；
 - ▶ 有宽带上网、电话、CATV 业务需求，可以选择 AN5006-07 (16 个 FE 接口和 16 个 POTS 接口，可选 RF 接口)、AN5006-09(8 个 FE 接口和 8 个 POTS 接口，可选 RF 接口)；
- ◆ 旧小区宽带改造（光进铜不退），依据安装环境的不同，可以灵活选择：
 - ▶ 光纤到楼道/楼层，可以选择 AN5006-08(ADSL2+接口)、AN5006-10 (FE 接口)、AN5006-11 (VDSL2 接口)、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡)；
 - ▶ 光纤到路边，可以选择 AN5006-08(ADSL2+接口)、AN5006-11 (VDSL2 接口)、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡)；
- ◆ 旧小区宽带改造（光进铜退），依据安装环境的不同，可以灵活选择：
 - ▶ 光纤到楼道/楼层，可以选择 AN5006-07 (16 个 FE 接口和 16 个 POTS 接口)、AN5006-09 (8 个 FE 接口和 8 个 POTS 接口)、AN5006-12 (16 个 ADSL2+接口和 16 个 POTS 接口)、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡、POTS 接口卡)；
 - ▶ 光纤到路边，可以选择 AN5006-12 (16 个 ADSL2+接口和 16 个 POTS 接口)、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡、POTS 接口卡)；
- ◆ 旧小区 LAN 网络改造，光纤到楼道/楼层，可以选择：
 - ▶ AN5006-10(24 个 FE 端口)；
- ◆ 宽带下沉（光进铜不退），依据安装环境的不同，可以灵活选择：

- ▶ 光纤到楼道/楼层，可以选择 AN5006-08(ADSL2+接口)、AN5006-10 (FE 接口)、AN5006-11 (VDSL2 接口)、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡)；
- ▶ 光纤到路边，可以选择 AN5006-08(ADSL2+接口)、AN5006-11 (VDSL2 接口)、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡)；
- ◆ 宽带下沉（光进铜退），依据安装环境的不同，可以灵活选择：
 - ▶ 光纤到楼道/楼层，可以选择 AN5006-07（16 个 FE 接口和 16 个 POTS 接口）、AN5006-09（8 个 FE 接口和 8 个 POTS 接口）、AN5006-12（16 个 ADSL2+接口和 16 个 POTS 接口）、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡、POTS 接口卡)；
 - ▶ 光纤到路边，可以选择 AN5006-12（16 个 ADSL2+接口和 16 个 POTS 接口）、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡、POTS 接口卡)；

5.4 FTTO 场景中 ONU 设备的选择

- ◆ 网吧，光纤到网吧，依据用户对带宽的不同要求，可以灵活选择：
 - ▶ 100M 带宽需求以内，可以选择 AN5006-02（2 个 FE 接口）、AN5006-03（4 个 FE 接口)；
 - ▶ 带宽需求大于 100M 小于 1000M，可以选择 AN5006-02A（1 个 GE 接口、1 个 FE 接口)；
- ◆ 小型商业机构，光纤到办公室、营业厅，依据用户对业务的不同要求，可以灵活选择：
 - ▶ 只有宽带业务需求，可以根据用户对以太网端口数量的不同需求，可以灵活选择 AN5006-02(2 个 FE 接口)、AN5006-03(4 个 FE 接口)、AN5006-02A（1 个 GE 接口、1 个 FE 接口）、AN5006-10（10 个 FE 接口)；
 - ▶ 有宽带上网和电话业务需求，可以根据用户对端口数量的不同要求灵活选择 AN5006-07（16 个 FE 接口和 16 个 POTS 接口）、AN5006-09（8 个 FE 接口和 8 个 POTS 接口)；
 - ▶ 有宽带上网和 E1 专线业务需求，可以选择 AN5006-06（4 个 FE 接口和 4 个 E1 接口)；

- ◆ 高校 201 改造，光纤到机房、路边、楼道，依据用户对业务和设备安装位置的不同要求，可以灵活选择：
 - ▶ 只有宽带业务时，可以选择 AN5006-08(ADSL2+接口)、AN5006-10 (FE 接口)、AN5006-11 (VDSL2 接口)、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡)；
 - ▶ 有宽带和电话业务时，可以选择 AN5006-07 (16 个 FE 接口和 16 个 POTS 接口)、AN5006-09 (8 个 FE 接口和 8 个 POTS 接口)、AN5006-12 (16 个 ADSL2+接口和 16 个 POTS 接口)、AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡、POTS 接口卡)；

5.5 FTTCab 场景中的设备的选择

- ◆ 农村信息化（光进铜退），根据实际工程对端口数量的要求，可以灵活选择：
 - ▶ 较少用户数量要求，可以选择 AN5006-12(16 个 ADSL2+接口和 16 个 POTS 接口)；
 - ▶ 较多用户数量要求，可以选择 AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、POTS 接口卡)
- ◆ 农村信息化（光进铜不退）：
 - ▶ 较少用户数量要求，可以选择 AN5006-08（32 个 ADSL2+接口）；
 - ▶ 较多用户数量要求，可以选择 AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、VDSL2 接口卡)；
- ◆ 农村信息化（新建网络）。
 - ▶ 较少用户数量要求，可以选择 AN5006-12(16 个 ADSL2+接口和 16 个 POTS 接口)；
 - ▶ 较多用户数量要求，可以选择 AN5006-15(4 个线卡槽位，可以混插 ADSL2+、POTS 接口卡)

6 EPON 设备网管系统

烽火通信公司 ANM2000 网管系统能够实现 EPON 系列产品的配置、监控和管理。
本章将介绍 ANM2000 网管系统的结构、功能和配置方法。

6.1 简介

ANM2000 是烽火公司开发、研制的宽带接入综合管理平台，它可以对烽火公司的多种宽带接入设备进行高效的统一管理。

ANM2000 网管系统基于 Windows 2000 Family Server 操作系统和 Informix 数据库，它包括四大模块：管理者模块、数据库接口模块、数据库访问模块、管理界面模块。ANM2000 的软件结构如下图所示。

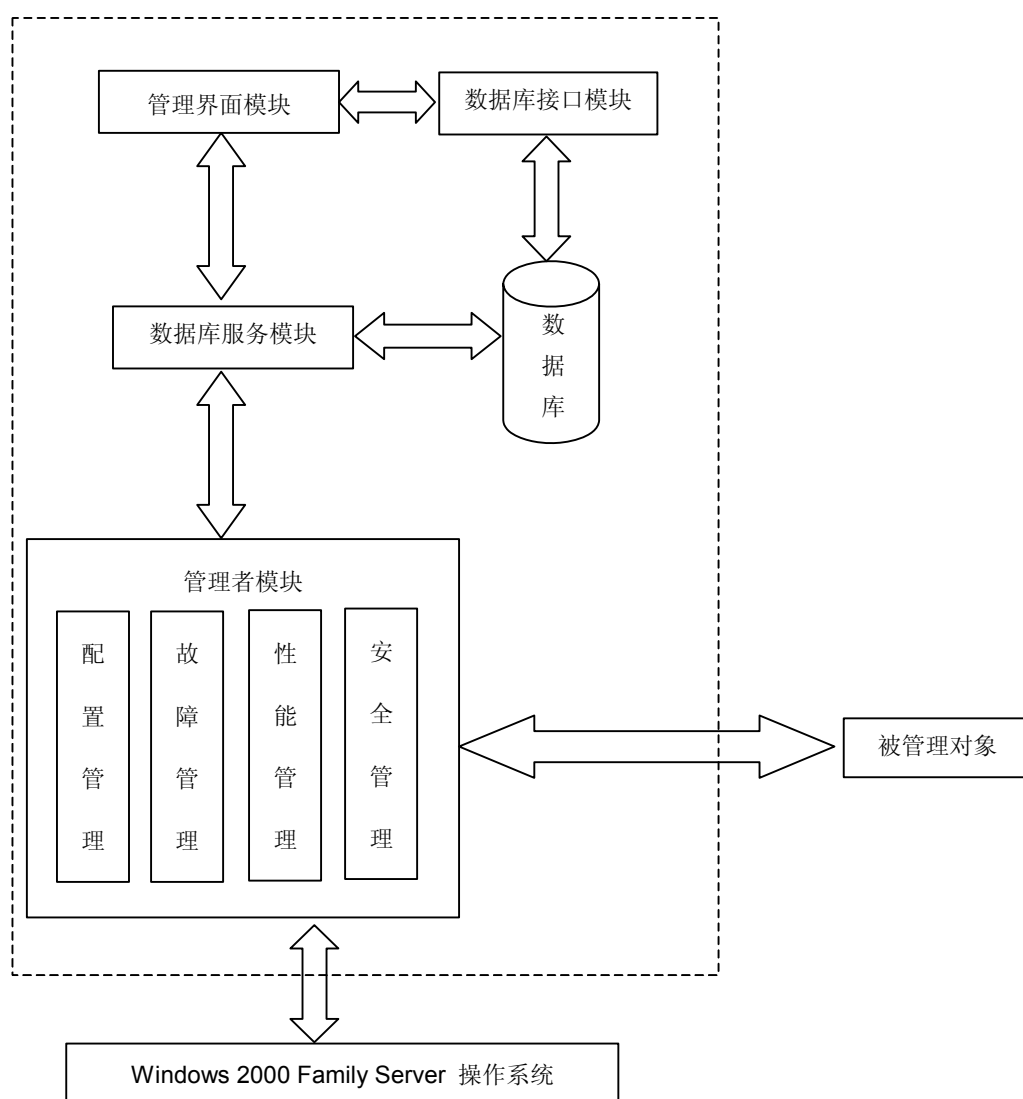


图 6-1 ANM2000 软件模块结构

6.2 连接

连接模型

本地网管与被管系统通过以太网接口连接，如下图所示：

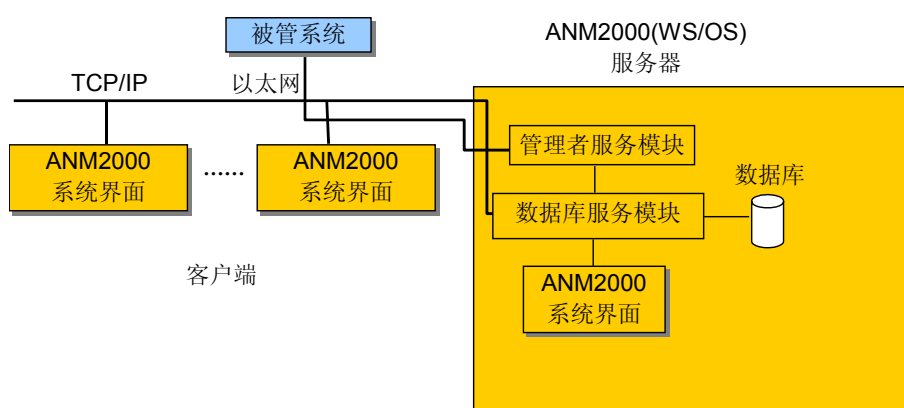


图 6-2 组网模型

组网方式

在网络中对接入设备提供了带内/带外两种方式进行组网。带内方式指网管的管理数据和接入网用户的上网数据使用了同一条数据链路。带外方式指网管的管理数据和接入网用户的上网数据是分开的，如下图所示。

◆ 带内方式

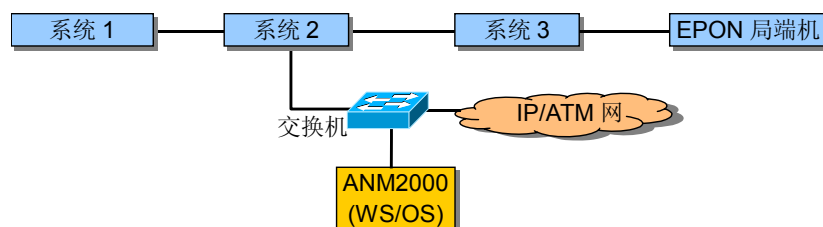


图 6-3 带内连接方式

◆ 带外方式

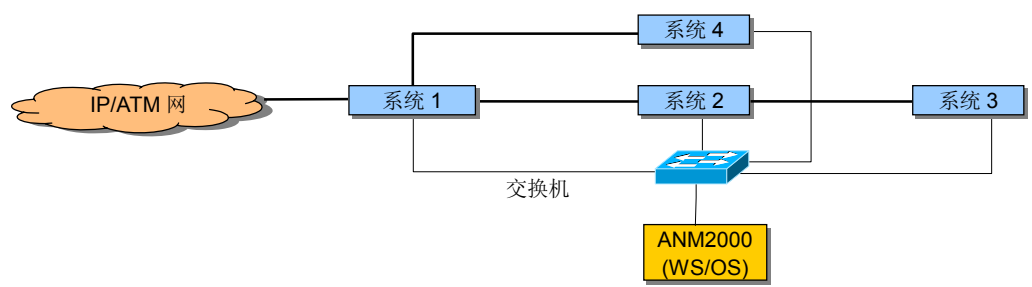


图 6-4 带外连接方式

基于局域网的组网

基于局域网的组网，如下图所示。

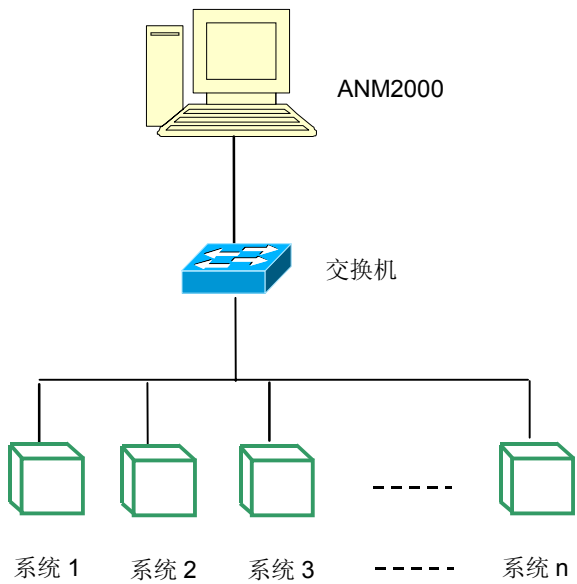


图 6-5 基于局域网的组网一

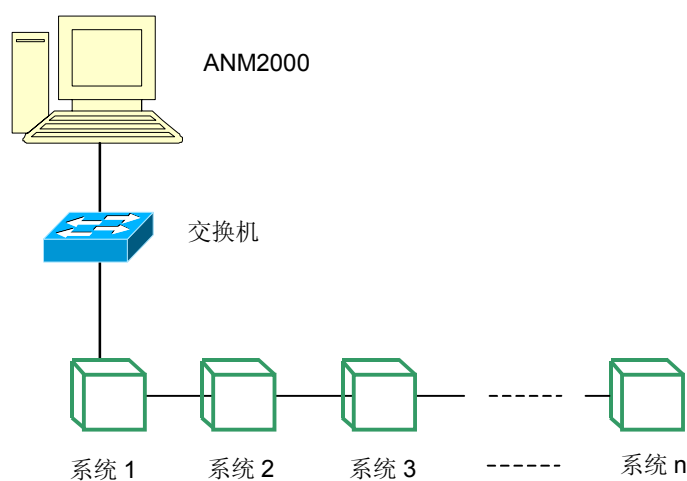


图 6-6 基于局域网的组网二

基于广域网的组网

基于局域网的组网，如下图所示。

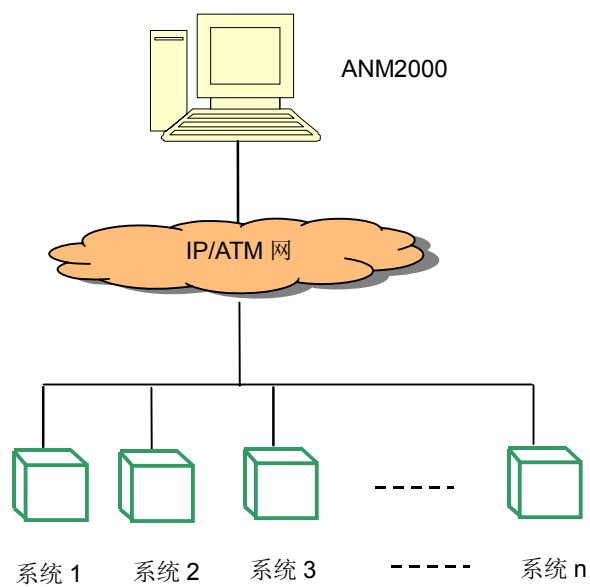


图 6-7 基于广域网的组网一

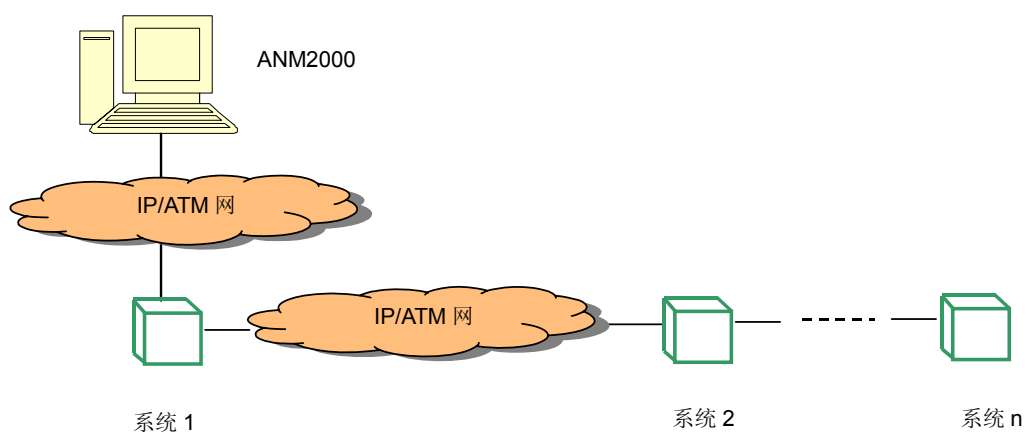


图 6-8 基于广域网的组网二

连接方法

在网络中对接入设备还提供了带内/带外方式进行组网，下面分述两种方式的实现方式。

◆ 带外连接方式

带外连接方式是将工作站的网卡通过网线与设备的核心交换盘的 **Console** 口或是上联盘上的 **FE** 电口相连。

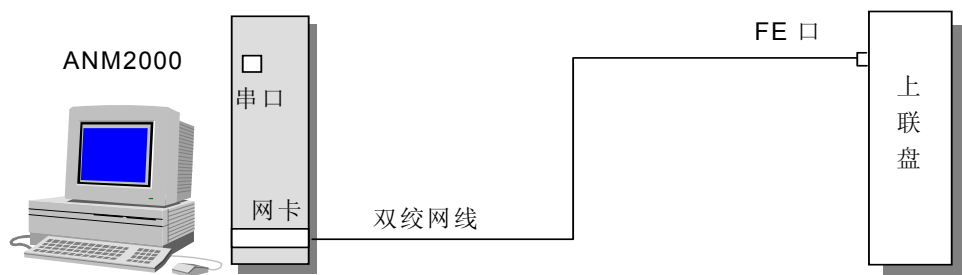


图 6-9 带外连接方式

◆ 带内连接方式

带内连接方式是通过网线和 **ATM/IP** 网与设备上联盘的千兆电口相连。

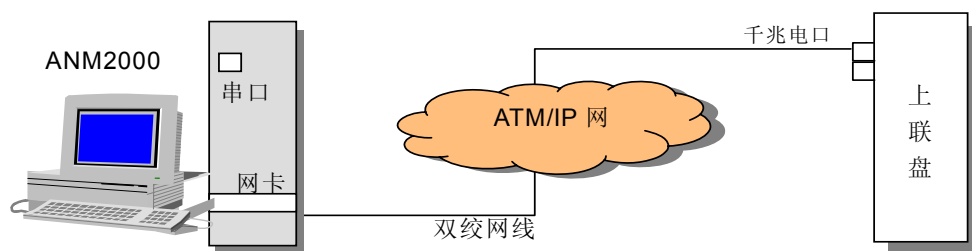


图 6-10 带内连接方式

6.3 管理功能

配置管理

强大而灵活的配置功能是 ANM2000 管理系统的特色之一，该管理系统可支持多种接入设备共同组成的网络；支持拓扑结构复杂的网络；网络结构清晰直观、方便修改。网络节点属性描述详细；网络设备的物理和逻辑性可由用户灵活、方便的设置。

配置管理负责管理对接入设备进行的操作，包括：系统的添加、删除、修改、系统的初始化和系统各种功能的配置。

配置管理可以实现对系统、机盘及其端口的全部配置。

对系统的配置主要包括以下几项功能：

- ◆ **管理配置：**通过管理配置命令可以建立网管到设备间的连接。管理配置参数包括：系统号、系统名、系统类型，管理程序、IP 地址、子网掩码、用户名和用户密码等。
- ◆ **设备配置：**给系统下达设备配置参数。包括：模块及其所包括单卡的配置、单卡的端口数、端口类型、线路类型和线路编码等。
- ◆ **校时：**使网管系统的时间和被管设备的时间进行同步。配置参数为：系统当前日期、时间。

 **提示：**上述三条配置命令均是对系统进行初始化，下命令的顺序一般是校时、下管理配置、下设备配置。如果要使配置更改后生效，必须先保存配置，然后才能下配置命令。

- ◆ **业务设置：**对于 **AN2100-01** 系统，可以设置的业务包括：系统上联口自动倒换模式、系统上联口业务类型、系统设备用户间通信模式、系统网桥配置。
- ◆ **系统设置：**设置系统的属性。包括：系统号、系统名、设备生产商名称、系统上联 IP 地址。

故障管理

故障管理对电信网设备及网络通道的异常运行情况进行实时监视，完成对告警信号的监视、报告、存储以及故障的诊断、定位和处理等任务，并对告警信息进行查询与过滤，同时给出告警显示，使用户能在尽可能短的时间内做出反应和决定，并采取相应的措施，对故障进行隔离和校正，恢复由于故障而影响的业务。下面简介告警级别定义及故障管理的主要功能：

性能管理

在接入网网络管理系统中，性能管理处是相当重要的地位，因为接入网是面向业务，面向用户的，对设备性能要求很高。**ANM2000** 管理系统以其精心的设计，既可保证即时性能采集的实时性，也能确保历史性能数据记录详尽正确，同时可为用户查询性能数据提供方便可靠的接口。

性能管理主要提供有关接入设备状况，网络或系统效能的报告和评估。主要作用是收集接入网中有关设备实际运行的质量数据，形成统计数据用于监视或校正系统或设备的状况和效能，为管理人员提供评价、分析、预测和规划的依据。其主要功能如下：性能数据的采集和存储、性能数据的查询和显示、容量管理和报表管理。

安全管理

安全管理负责对访问网管系统的操作人员进行安全检查，避免未授权的操作人员对网络资源和设备进行非法访问。安全管理涉及到所有的管理功能。安全管理主要功能为：用户级别和权限的管理、访问控制和数据安全性。

 **提示：**关于功能的详细说明请参见《**ANM2000** 网管系统使用手册（**DUCH**）》。

6.4 网管开通配置步骤

要实现 ANM2000 网管系统对 EPON 局端机的开通配置，需要经过以下几个步骤，

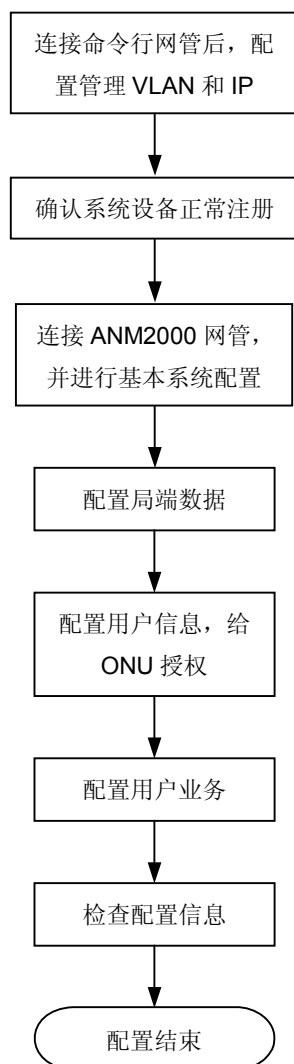


图 6-11 ANM2000 网管配置步骤

第一步：配置设备管理 VLAN 和 IP。

将命令行网管通过串口与设备相连，给设备配置管理 VLAN 和 IP。配置完后，ANM2000 网管系统才能对设备进行管理。

第二步：确认系统正常注册。

确定局端和用户端设备都已正常上电，且 ONU 正常注册。只要光纤连接正常，新连接的 ONU 会自动进行注册。若注册正常，ONU 上的 REG 灯将会常亮，若注册有误或未注册上则 REG 灯会闪烁或不亮。

 提示：如果是做预配置，则无需进行此操作。

第三步：连接 ANM2000 网管，并进行基本的系统配置。

连接上 ANM2000 网管系统，并添加管理域、系统、模块和机盘，将设备纳入管理。

第四步：配置局端数据。

根据工程的相关局端数据进行配置，包括局端业务 VLAN 配置、局端语音业务配置以及 QOS 等功能配置。

 提示：前四个步骤是开通局端设备时，或者增加新业务盘或新业务种类时的配置步骤。第五步到第七步是针对每一个申请开通业务的用户单独进行的配置。

第五步：配置用户信息，给 ONU 授权。

对于第一次申请业务的新用户，要在用户管理界面中填写用户信息，包括用户姓名、地址、联系方式等，并要添加和授权 ONU，这些都在网管界面中“EPON 用户管理”项中配置。如果该用户是老用户，即以前已经开通了某项业务，这次只是申请增加一种业务，则直接进行下一步操作。

第六步：配置用户业务。

根据工程实际情况，对用户业务进行配置，包括上网业务、语音业务、CATV 业务等。

第七步：检查配置信息。

检查所有的配置信息，包括局端配置和用户配置。

至此所有的 ANM2000 网管配置完成。

 提示：详细的网管开通说明请参见各设备 ANM2000 网管系统使用手册。

7 线路施工及设备安装

本章介绍 ODN 的线路施工和 EPON 设备的安装方法。

-  线路施工
-  EPON 局端机的安装
-  EPON 用户端机的安装
-  室外机的安装

7.1 线路施工

7.1.1 室外管道内穿放光缆

母管中计划穿放的所有子管(塑料管或钢管)通常应一次性地同时穿放。子管不得跨井敷设。子管伸出管口的余长,应符合设计要求,并用塑管堵头、热缩端帽封堵管孔出口和子管的管口。穿放光缆时,端别不得放反,曲率半径不得小于光缆外径的 20 倍;严禁在地上拖拉或扭曲光缆。

牵引线缆的牵引力应不超过线缆允许的最大拉力,并且牵引力应施加在光缆的钢丝或其它抗张元件上。距离较长时应分段多处同时牵引,也可采用盘“8”字向两个方向布放。

直通人孔中的光缆不得在人孔中间直接穿过,应沿人孔壁布放到人孔铁架托板上。分歧、拐弯、十字型人孔中光缆不得走捷径,应沿人孔壁铁架托板作大迂回布放。

光缆在短距离内穿越多个人孔时,应在每个人孔内留足光缆弯曲余量,并用扎带绑在托板上。

光缆在人(手)孔内布放时,光缆和接头盒需沿墙壁内侧绑扎固定好,安装在人(手)孔中常年积水水位以上的位置,并采取保护托架或其它方法承托和固定。

人孔内余留光缆可盘成小盘用扎带捆好,采用挂钩或支架固定在人孔壁上。

7.1.2 室内管道内穿放光缆

室内管道内应预置拉(牵引)线,拉线应是路由的全长。拉线与线缆的连接点应尽量平滑,要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。

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。

牵引线缆的牵引力应不超过线缆允许的最大拉力。

光缆弯曲半径不应小于允许的光缆弯曲半径。

7.2 FTTH 线路测试

7.2.1 施工阶段测试

在线路施工阶段进行充分的测试，可以及早发现因敷设不当造成光缆过度弯曲、有问题的接头、有灰尘或损坏的连接器或其它有故障的器件，这将能最大限度地减少后期运营阶段查找或解决故障所需付出的人力、费用和时间。

对于在原有网络基础上改建的 FTTH 工程，一部分光纤链路中可能使用了原有光缆，应在线路勘查阶段对原有光缆线路部分进行测试，获得这些链路的链路损耗值参数，确认已有线路质量能否满足改建 FTTH 网络后的传输要求。

对于新建的 FTTH 工程，如果使用了 PON 网络，在馈线光缆段敷设完毕后，可在 OLT 中心局的 ODF 和光分配点之间以 OTDR 进行端到端测量；配线光缆和入户线光缆敷设完毕后，在光分配点和用户线路末端之间以 OTDR 进行端到端测量。此阶段测试的目的是尽早发现因敷设不当造成的光缆过度弯曲和有问题的接头，有灰尘或损坏的连接器或其它有故障的器件，及时整改线路和更换故障器件。

线路整改过程中，可用可视化缺陷定位器(VFL)向光纤内发射明亮的红色激光，以检查肉眼可见的故障、光缆绞接不良、光纤断裂或大的弯曲，以便对故障点进行准确定位。

7.2.2 线路验收测试

线路验收测试项目

线路验收测试的目的是测试光纤线路的可用性。线路验收测试的注意项目如下：

PON 连通性测试；

链路端到端光损测试；

测试之前的准备工作包括：了解待测系统的拓扑、各部分的性能指标和相关参数，校准仪表，检查连接和分路器端口的一致性。

PON 连通性测试

可用可视化故障定位仪(VFL)和光时域反射仪(OTDR) 进行 PON 连通性测试，以 OTDR 测试时可一并得到每条光纤链路的实际长度。

VFL 向光纤内发射明亮的红色激光，以检查肉眼可见的故障、连接不良、断裂或大的弯曲。使用 OTDR 对整个链路内的故障、连接不良、断裂或大的弯曲等故障的检验和定位，及时整改表现异常的故障点或潜在故障点。

用 OTDR 测试时，可从光分配点分别向 OLT 和 ONU 两个方向进行端到端的测试，获取并保存每段链路的测试曲线，作为竣工文件的存档资料。

在 FTTH 线路中，许多情况下，从 ONU 至光分配点距离在数十米甚至几米长度范围内，应选用衰减盲区尽可能小和距离分辨率尽可能高的 OTDR，以便能精确分辨间距很短的多个事件点。

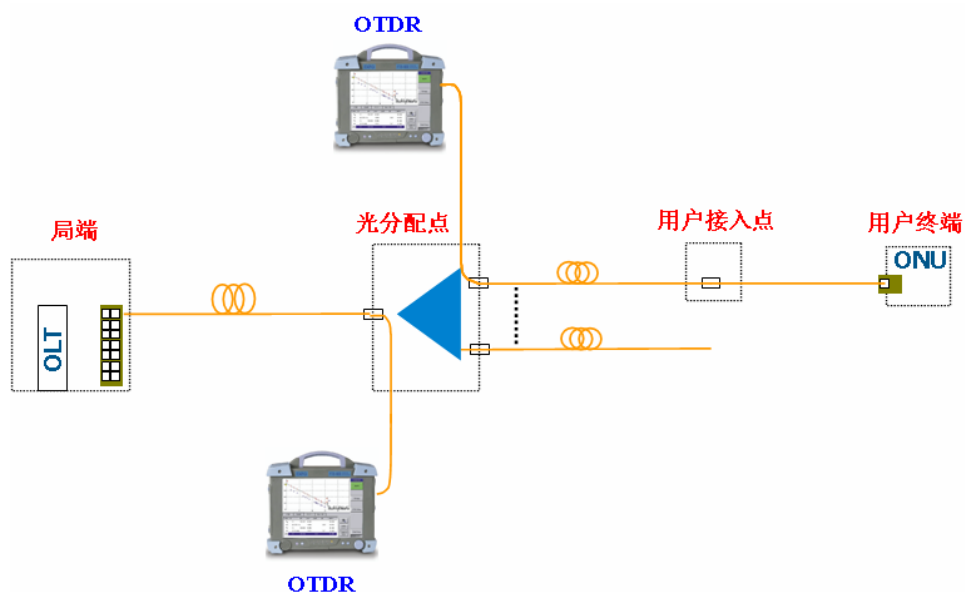


图 7-1 PON 连通性测试

链路端到端光损测试

确保传输正常的最关键因素是要保证每一条光纤链路实际的总损耗在链路损耗预算范围内，以保证光纤线路的可用性。

可用独立的光源和光功率在 OLT 局端和 ONU 终端之间测试每条光纤链路端到端总光损。每条链路的光损应在标准规定的光功率损耗范围内。

记录并保存每条链路端到端总光损数据，作为竣工文件的存档资料。

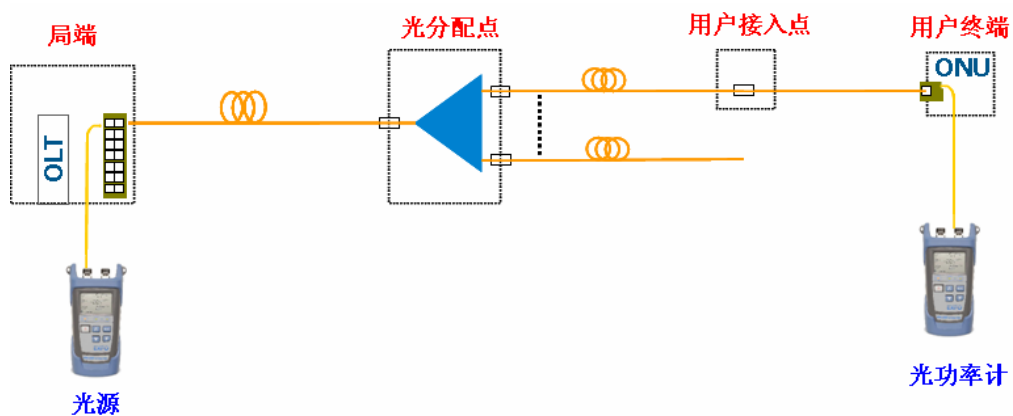


图 7-2 端到端光损测试

7.3 EPON 局端机的安装

EPON 局端机的体积较大，都需要安装在机柜中。若没有机柜，则要先安装机柜。以下是安装的总体流程图。

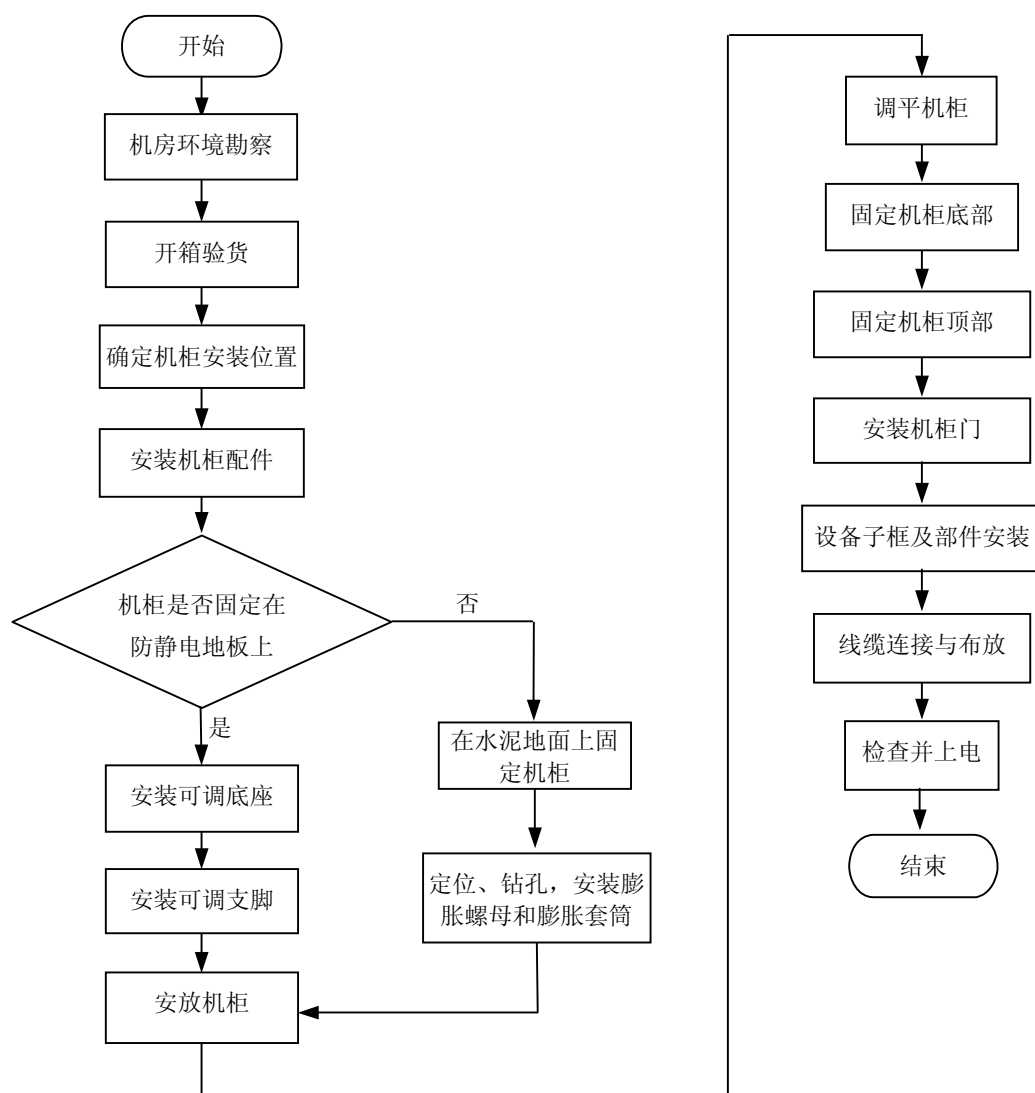


图 7-3 EPON 局端机的安装流程图

在整个安装流程中应特别注意以下几点。

- ◆ 机柜的底部安装根据安装地点的不同也不一样；请根据不同的条件选择不同的安装操作；

- ◆ 机房的地线一定要与设备的地线良好连接；
- ◆ 注意不得将光纤产生折弯，必须弯曲光纤时，曲率半径不得小于 38mm。
- ◆ 强功率激光对人体特别对眼睛有危害，不得将光发送器的尾纤端面或其上面的活动连接器的端面对着眼睛。
- ◆ 不得用手触摸机盘上的元器件、布线及插头座中的金属导体。维修机盘必须触及时应采取静电防护措施。机房地面不得使用地毯或其它容易产生静电的材料。
- ◆ 光纤通信设备须注意对强电和雷电的防护，尤其应注意光缆在设备终接时，必须采取有效措施，以免将强电或雷电引入设备。
- ◆ 设备中的光纤活动连接器不得随意打开，维修设备必须打开时，须采取保护措施，以免连接器的端面被污染。
- ◆ 网络管理用的计算机是专用设备，不得挪作它用。特别不得使用来历不明的软盘，以免病毒的侵害。
- ◆ 在进行设备维护和对设备接口指标测试时，仪表的地必须与设备（或设备所在的机架）的地良好地接在一起。否则可能会损坏信号接口的相关元器件。

 提示：这里仅说明了安装的步骤，具体的安装方法，请参见相关设备的安装手册。

7.4 EPON 用户端机的安装

EPON 用户端机的体积相对较小，有安装在局端机房中的，也有安装在用户家中的。具体安装位置的选择较为灵活，可依据不同需求来定。其总体的安装流程如下。

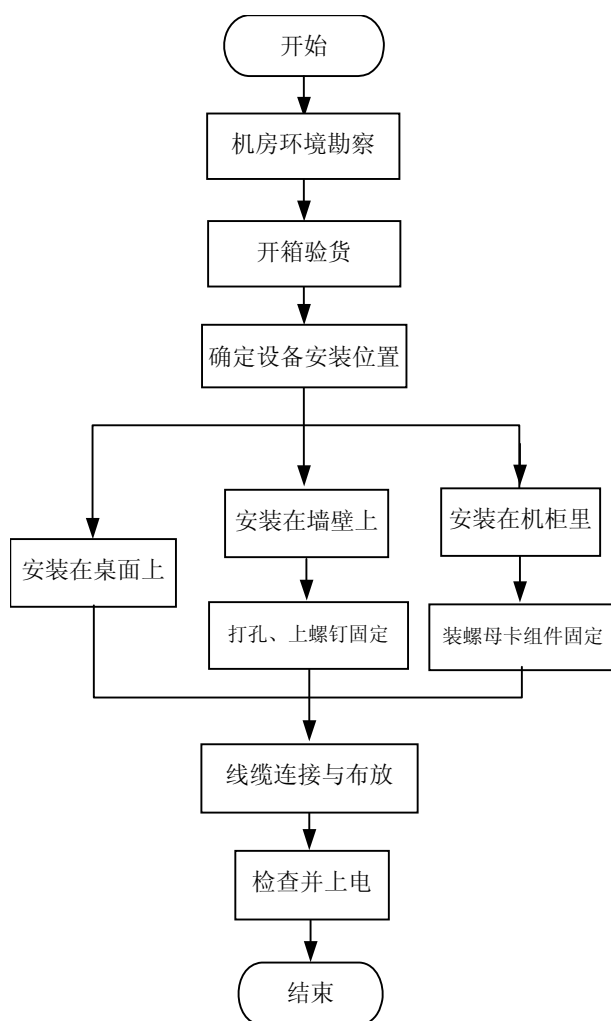


图 7-4 EPON 用户端机的安装流程图

安装前请注意以下四点：

- ◆ 安装的位置要保证满足设备的连接条件，例如：电源线、网线、音频接口连接线和 CATV 同轴电缆的出线空间等。
- ◆ 安装的位置要保证足够的空气流动，以利于设备散热。

- ◆ 安装的位置具备防水、防潮、防雷等条件。
- ◆ 安装的位置具备接地条件。

 提示：这里仅说明了安装的步骤，具体的安装方法，请参见相关设备的安装手册。

7.5 室外机的安装

7.5.1 室外型 ONU 的安装

室外型 ONU 主要应用在视频监控（全球眼）、WLAN 无线覆盖等对安装环境有较高要求的应用场合。



图 7-5 烽火通信野外型 ONU

- ◆ 可以直接悬挂在光缆吊线上；
- ◆ 可以以抱杆方式安装在电线杆上；
- ◆ 可以壁挂方式安装在室内/室外墙面上。

7.5.2 盒式 ONU 的室外安装



图 7-6 盒式 ONU 安装图

- ◆ AN5006-07/08/09/10/11/12 等盒式 ONU，可以安装在室外机箱中，应用在室外环境中；
- ◆ 可以壁挂方式安装在室外墙面上；
- ◆ 可以抱杆方式安装在电线杆上。

7.5.3 插卡式 ONU 的安装



图 7-7 插卡式 ONU 室外机柜安装图

- ◆ AN5006-15 等型号插卡式的 ONU，可以安装在室外机柜中，应用在室外环境；
- ◆ 可以放置在地面。

8 使用维护管理

本章主要介绍 EPON 系统用户开通、故障处理和日常维护。

 业务开通

 故障处理

 日常维护

8.1 用户业务开通

8.1.1 开通需要具备的条件

设备安装到位

包括机房局端设备和远端的 ONU 设备。其中局端设备安装包括 OLT 上架，上电；各种线缆的连接，比如光跳纤，上联链路等。远端设备安装包括 ONU 安装，光跳纤和网线连接等。

光路指标符合要求

EPON 技术是采用光纤来传送信号，所有光路指标一定要符合要求，不然将无法正常开通业务。

以下为设备光功率的正常范围指标：

OLT 侧： 当采用 1000BASE-PX10 时为：-3~+2dBm

当采用 1000BASE-PX20 时为：+2~+7dBm；

ONU 侧： 当采用 1000BASE-PX10 时为：-1~+4dBm

当采用 1000BASE-PX20 时为：-1~+4dBm

OLT 光接收机的灵敏度为：

当采用 1000BASE-PX10 时为：≥-24dBm

当采用 1000BASE-PX20 时为：≥-24dBm

OLT 光接收机的过载光功率为：

当采用 1000BASE-PX10 时为：-3dBm

当采用 1000BASE-PX20 时为：-3dBm

ONU 光接收机的灵敏度为

当采用 1000BASE-PX10 时为：最小值-24dBm

当采用 1000BASE-PX20 时为：最小值-27dBm

ONU 光接收机的过载光功率为

当采用 1000BASE-PX10 过载光功率-1dbm

当采用 1000BASE-PX20 过载光功率-6dbm

 注：PX-10 表示 10KM 模块，PX-20 表示 20KM 模块。工程实际开通中，OLT 侧的发光功率和 ONU 侧的接收光功率均采用 1490nm 波长的功率计进行测试。OLT 侧的接收光功率和 ONU 侧的发送光功率均采用突发 1310nm 波长的功率计进行测试。

VLAN 规划

开通用户上网业务时，需要在设备上配置 VLAN，目前设备支持所有用户共用一个 VLAN 或者每个用户使用不同的 VLAN。所以在分配 VLAN 前，需要规划好用户 VLAN 的使用方式。设备可配置的 VLAN 范围为 1-4085。

8.1.2 业务开通步骤

用户业务配置都可以通过 ANM2000 网管系统来完成。ANM2000 网管系统配置的基本步骤，如下面框图所示：

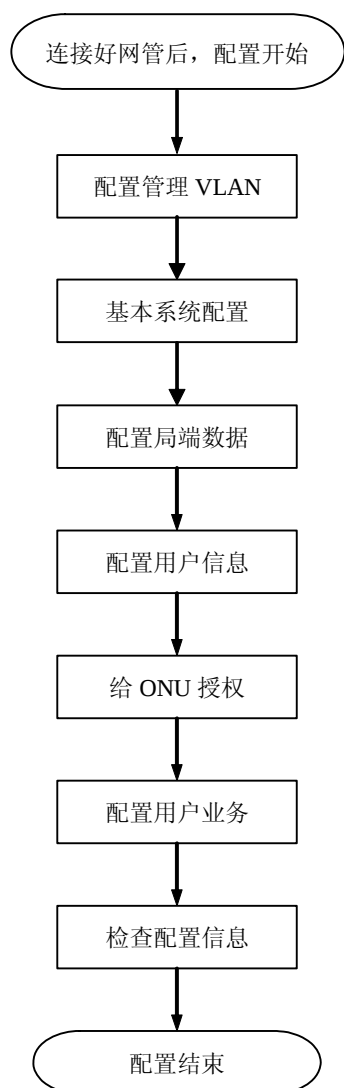


图 8-1 设备开通的基本步骤

第一步：配置设备管理 VLAN 和 IP。

使用串口方式，通过超级终端在命令行模式下配置设备的管理 VLAN 和 IP。只有配置了设备的管理 VLAN 和 IP，网管系统才能对设备进行管理和配置。

第二步：基本系统配置。

在网管系统中添加管理域，系统，模块，机盘。将设备纳入管理。

第三步：配置局端数据。

根据工程的相关局端数据进行配置，包括局端业务 VLAN 配置，局端语音业务配置以及 QOS 等相关功能配置。

第四步：配置用户信息。

根据用户信息进行配置，包括用户姓名，地址，联系方式等。

第五步：给 ONU 授权。

给用户对应的 ONU 进行授权。

第六步：配置用户业务。

根据工程实际情况，对用户的业务进行配置，包括上网业务，语音业务，CATV 业务等。

第七步：检查配置信息。

检查所有的配置信息，包括局端配置和用户配置。

8.2 故障的处理

EPON 设备属于接入层设备，和普通用户联系非常紧密，一般出现故障即会导致用户业务中断，因此就要求维护人员迅速判断故障的性质、位置，以便修复故障。故障处理中，第一步而且最关键的一步就是将故障点准确定位，然后才是采取的措施。

由于接入设备直接面对普通用户，应用环境比较复杂。很多时候用户申告的故障都是用户自身的原因造成的，比如电脑系统问题，电脑硬件问题，话机质量问题等。所以在收到故障申告后，首先需要确认故障是否是用户自身问题引起的。在排除了用户自身原因后，再来确认故障是线路问题还是设备问题。

故障处理要求判断是线路故障还是设备故障。如果是线路故障，则要求定位出故障的是馈线光缆还是配线光缆或者是入户线，然后通知线路维护人员进行修复；如果是设备故障，就需要根据故障现象判断出设备的故障原因，以便能够及时处理和排除。

8.3 故障定位的常用方法

故障处理的关键在于故障定位。故障定位的常用方法有：网管状态分析法，逐段检测法，替换法、仪表测试法等。故障发生时，首先利用网管通过对设备状态的查看，对告警事件的分析以及观察设备的运行状况，初步对故障进行判断；接着，可以用替换法，在用户端排除用户自身问题；再通过逐段检测，排除上联故障；最后，通过替换单盘，将故障排除。当然，还可以通过丰富的实践经验处理故障，而且随故障范围、故障类型的不同，所使用的故障处理方法也可能综合并用。

8.4 故障处理的一般流程

设备故障处理的一般流程有两种，分别为单一用户故障处理和重大故障处理。

根据故障的不同，具体处理的方法和步骤也不相同，应注意结合具体情况，具体问题具体分析，采取适当的方法和措施，多观察，多分析，避免盲目性。

8.4.1 单一用户故障处理流程

对于单一用户故障，其故障处理流程图如下图所示：

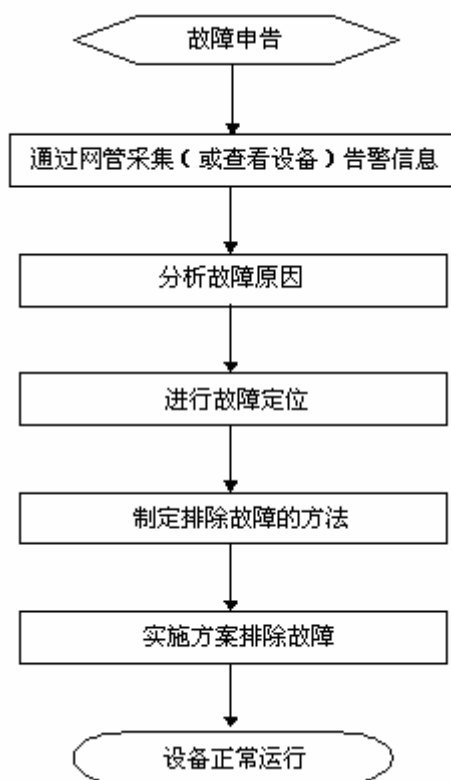


图 8-2 单个故障处理流程

8.4.2 重大故障处理流程

流程图

设备运行中的重大故障是指由于掉电、断纤、网管配置数据设置不准确、维护操作不当、以及设备不稳定等原因引起大量用户甚至是所有用户业务中断的故障，也是维护工作中需要快速准确定位和处理的故障。为此拟定如图 13-3 所示的重大故障处理流程图以帮助维护人员规范性地处理故障问题。

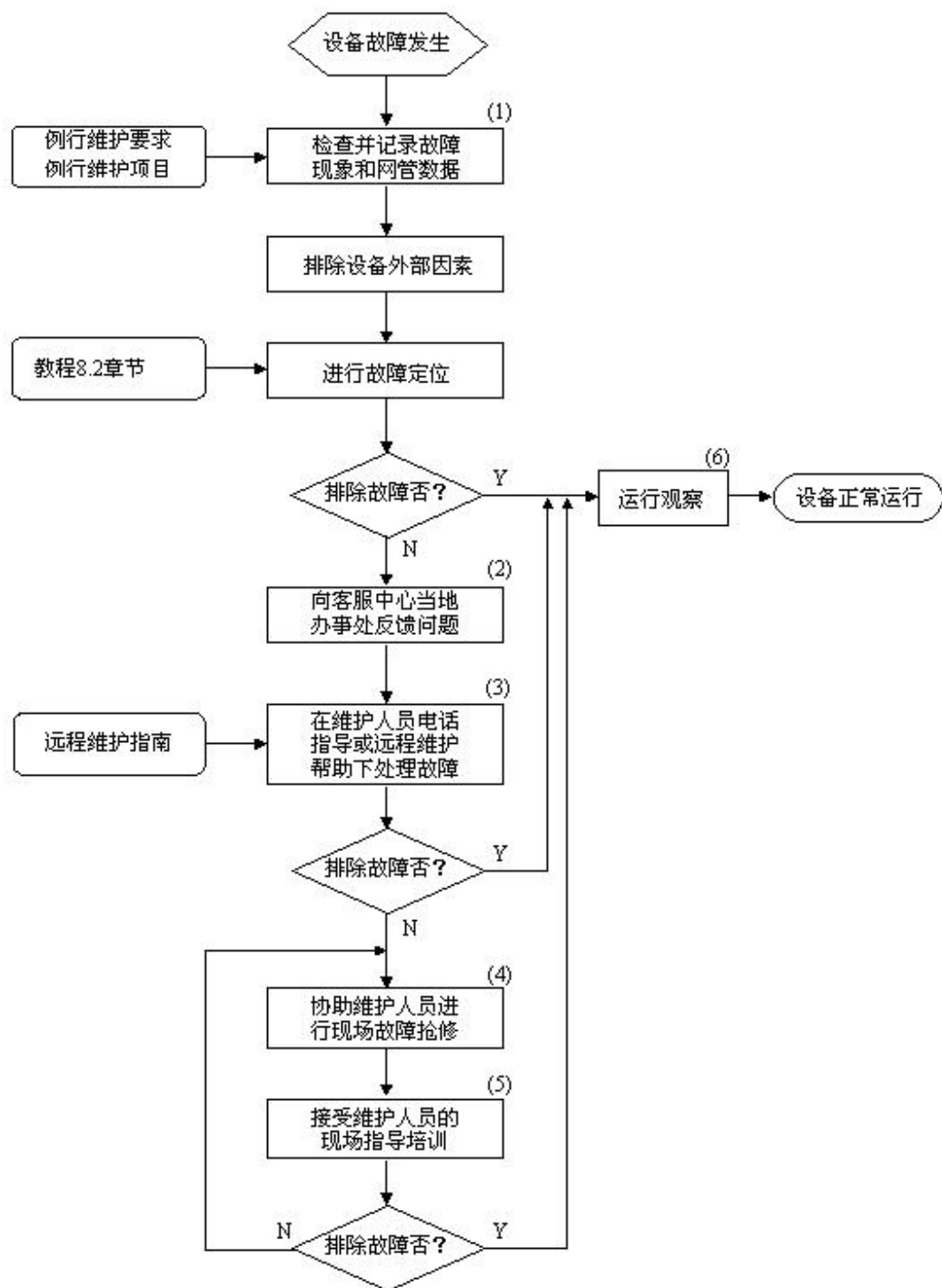


图 8-3 故障处理流程

注意事项

在按照此流程处理重大故障时要注意以下几点：

- ◆ 以尽快恢复业务为原则，但同时一定要作好故障处理过程及相关网管告警、性能数据的记录，以备故障分析，防止遗漏潜在的故障问题；
- ◆ 在解决问题的过程中尽可能少地进行带电拔盘等危险操作，注意防静电措施，避免因维护操作不当而导致问题扩大化；
- ◆ 尽量通过故障分析解决问题不要盲目地换盘；
- ◆ 在自身无法解决问题的情况下，若条件允许尽可能联系烽火通信股份有限公司驻当地办事处获取技术支持，并配合烽火公司维护人员利用电话指导或远程维护方式定位故障，以便尽量减少业务中断时间；
- ◆ 做好设备维护人员的培训工作，从实战中学习和掌握处理故障的方法；
- ◆ 应将故障的现象和处理过程的详细记录及时向烽火通信股份有限公司驻当地办事处反馈并存档。

8.5 日常维护

在日常使用维护时，对设备数据的备份是非常重要的。完整的数据备份有利于设备出现问题时及时恢复业务。

数据备份包括网管配置数据备份和设备配置数据备份。网管数据可以使用导出配置指令进行备份，当网管系统出现问题时，可及时通过导入备份来恢复业务。设备配置数据可以通过 **FTP** 的方式进行上传，下载。

9

EPON 系统建设成本浅析

本章主要介绍在参考模型中采用烽火通信 EPON 产品、光缆及配附件产品进行 FTTx 网络建设中的综合成本分析。主要包括：

 建设参考模型

 参考模型分析

 建设方案组成

 建设成本分析

9.1 建设参考模型

◆ 参考模型 1

FTTH 建设模式，假设有一个新建小区，有 1000 个用户。局机房与小区光缆距离有 5 公里。

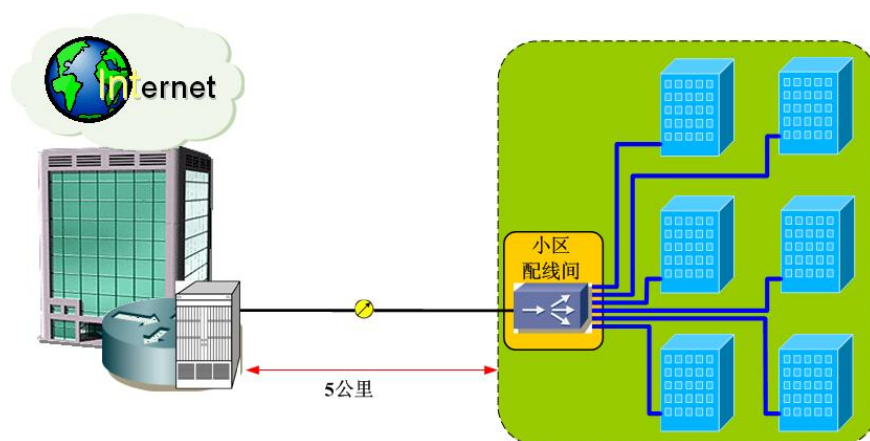


图 9-1 参考模型 1 示意图

◆ 参考模型 2

FTTB 建设模式，假设有一个新建小区，有 1000 个用户。局机房与小区光缆距离有 5 公里。如上图。

◆ 参考模型 3

农村信息化（光进铜退），假设有 20 个自然村，每个村庄 10~200 个用户不等，合计 1000 个用户。局机房到村庄有 5~15 公里。

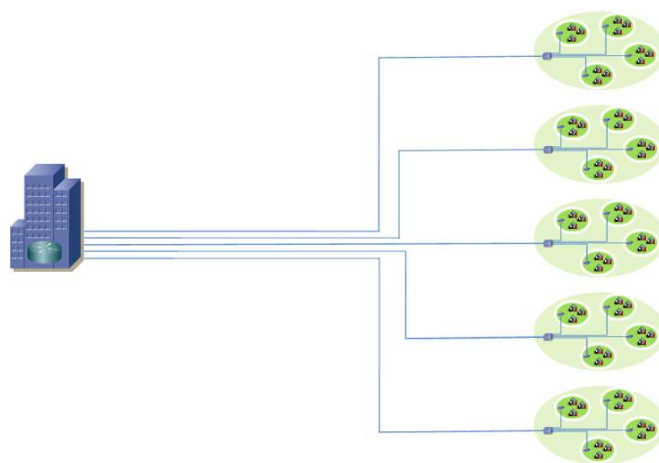


图 9-2 参考模型 3 示意图

◆ 参考模型 4

宽带下沉（光进铜不退），假设某市区进行宽带下沉工程，共计 20 个小区/楼宇，机房与小区光缆距离有 5 公里。

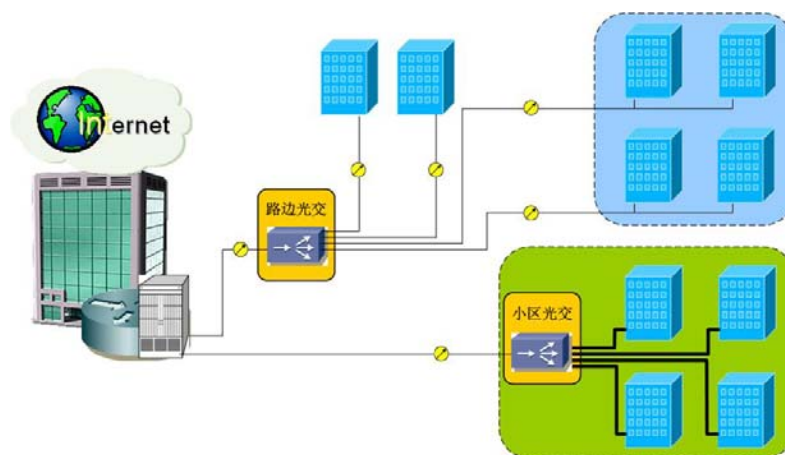


图 9-3 参考模型 4 示意图

9.2 参考模型分析

- ◆ 参考模型 1 中，由于是新建小区，所以用户需要宽带上网、电话、IPTV 等业务。由于用户集中，推荐在小区绿地中安装大容量室外光交接箱进行光缆成端、光分支分配。在楼道中安装楼道分纤盒，进行楼内外光缆交接。入户光缆采用烽火通信的单芯 8 字光缆，在用户家中安装智能终端盒，进行光缆端接和 ONU 的安装。

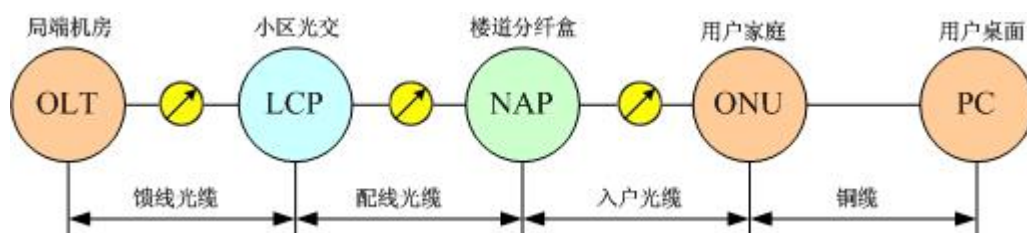


图 9-4 FTTB 建设模式 ODN 拓扑

- ◆ 参考模型 2 中，由于是新建小区，所以用户需要宽带上网、电话、IPTV 等业务。由于用户集中，推荐在小区绿地中安装中等容量室外光交接箱进行光缆成端、光分支分配。在楼道中安装小型户外机箱，进行光缆端接和 ONU 的安装。从小型户外机箱到用户家庭采用 1 根 5 类线，通过用户信息盒内的混线器分离出以太网线和电话线。

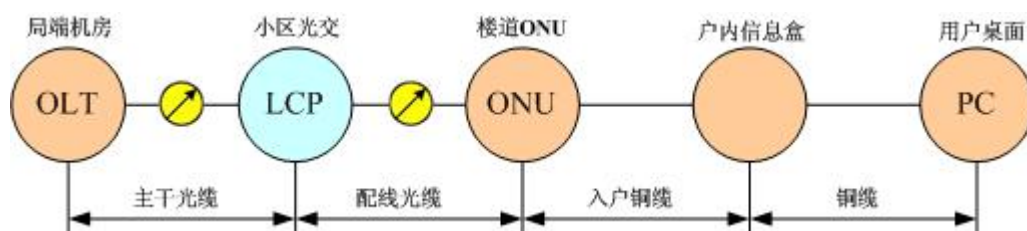


图 9-5 FTTB 建设模式 ODN 拓扑

- ◆ 参考模型 3 中，从局端机房拉光缆到村庄相对集中点的合适位置，进行光缆分支，分支光缆到村庄用户集中点连接盒式或插卡型 ONU，通过双绞线连接最终用户。用户可以开通电话、宽带上网、IPTV 等业务。由于局端机房到 ONU 安装地点距离长，并且采用 MFU 类型的 ONU，因此采用 1: 8 或 1: 4 的分路比，以保证长距离的用户接入。

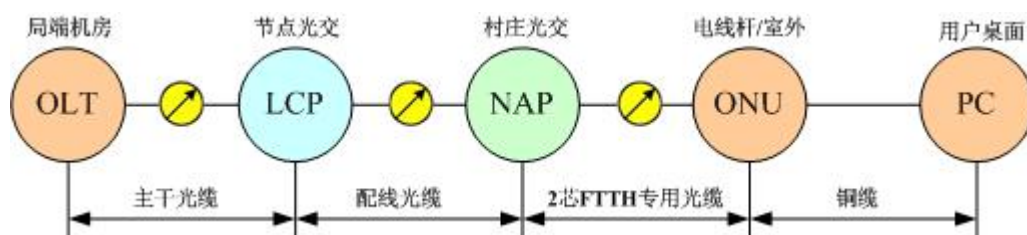


图 9-6 农村信息化建设模式 ODN 拓扑

- ◆ 参考模型 4 中，由于是老小区，电话双绞线已经入户，为了减少铜缆接入长度，提高用户可用带宽，需要将宽带接入设备（小型 DSLAM）尽量靠近用户。因此推荐采用光缆到路边/交接箱，对那些对带宽有较高需求的用户进行升级。

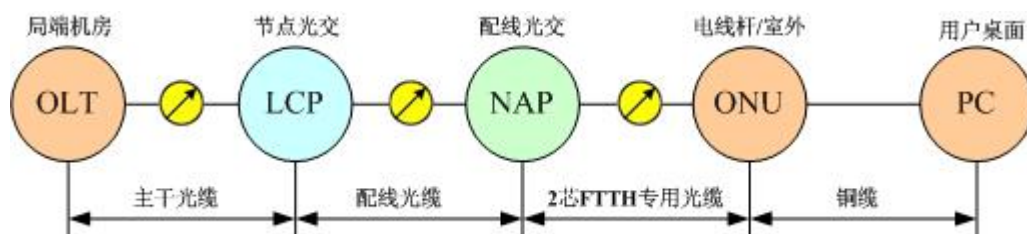


图 9-7 宽带下沉建设模式 ODN 拓扑

9.3 建设方案配置

◆ 参考模型 1 中：

▶ 建议采用的设备配置如下：

表 9-1 参考模型 1 设备配置表

序号	名称	数量
1.1	19" 机柜(2200×600×600mm)	1
1.2	PDP电源分配单元	1
公用机盘及配件		
2.1	功能子框（含子框、高速背板、风扇单元，16业务槽位	1
	核心交换版	
2.2	千兆核心交换及主控盘（GSWC）	2
	上联卡及配件	
2.3	千兆上联盘（GUP7）	1
2.4	千兆上联盘（GUPE7）	0
2.5	GE光接口模块	3
	功能板卡	
2.6	V5语音处理盘（AC16）	0
2.7	VoIP处理盘（AC16）	1
2.8	16E1接口盘（16E1）	1
线卡机盘及配件		
3.1	GEPON接口盘（EC2-10km）	16
3.2	GEPON接口盘（EC2-20km）	0
AN5006-05系列		
4.1	AN5006-05- I 2	1000

◆ 建议采用的 ODN 配置如下

表 9-2 参考模型 1OSP 配置表

序号	名称	数量
1	36 芯常规光缆（km）	5
2	18 芯室内外两用光缆（300 米）	70
3	2 芯 FTTH 入户 8 字光缆（20 米）	1000
4	576 芯室外光缆交接箱	2
5	楼内光缆交接箱	70
6	1: 32 分路器	32
7	智能终端盒	1000

◆ 参考模型 2 中：

- ▶ 建议采用的设备配置如下：

表 9-3 参考模型 2 设备配置表

序号	名称	数量
1.1	19" 机柜(2200×600×600mm)	1
1.2	PDP电源分配单元	1
公用机盘及配件		
2.1	功能子框（含子框、高速背板、风扇单元，16业务槽位	1
	核心交换版	
2.2	千兆核心交换及主控盘（GSWC）	2
	上联卡及配件	
2.3	千兆上联盘（GUP7）	1
2.4	千兆上联盘（GUPE7）	0
2.5	GE光接口模块	3
	功能板卡	
2.6	V5语音处理盘（AC16）	0
2.7	VoIP处理盘（AC16）	1
2.8	16E1接口盘（16E1）	1
线卡机盘及配件		
3.1	GEPON接口盘（EC2-10km）	2
3.2	GEPON接口盘（EC2-20km）	0
AN5006-07系列		
6.1	AN5006-07-A2A	64

◆ 参考模型 2 中，建议采用的 ODN 配置如下：

表 9-4 参考模型 2OSP 配置表

序号	名称	数量
1	6 芯常规光缆（km）	5
2	2 芯 FTTH 室内外两用光缆（300 米）	64
3	144 芯室外光缆交接箱	1
4	户外小型机箱	64
5	1: 16 分路器	4

◆ 参考模型 3 中，建议采用的设备配置如下：

表 9-5 参考模型 3 设备配置表

1.1	19" 机柜(2200×600×600mm)	1
1.2	PDP电源分配单元	1
公用机盘及配件		
2.1	功能子框（含子框、高速背板、风扇单元，16业务槽位）	1
	核心交换版	
2.2	千兆核心交换及主控盘（GSWC）	2
	上联卡及配件	
2.3	千兆上联盘（GUP7）	1
2.4	千兆上联盘（GUPE7）	0
2.5	GE光接口模块	3
	功能板卡	
2.6	V5语音处理盘（AC16）	0
2.7	VoIP处理盘（AC16）	0
2.8	16E1接口盘（16E1）	0
线卡机盘及配件		
3.1	GEPON接口盘（EC2-10km）	0
3.2	GEPON接口盘（EC2-20km）	5
AN5006-12系列ONU		
4.1	AN5006-12(16×ADSL2+、16×POTS)	68

◆ 参考模型 3 中，建议采用的 ODN 配置如下

表 9-6 参考模型 3OSP 配置表

序号	名称	数量
1	12 芯常规光缆 (km)	30
2	2 芯 FTTH 室内外两用光缆 (1000 米)	68
3	144 芯室外光缆交接箱	1
4	户外小型机箱	68
5	1: 8 分路器	60
6	1: 4 分路器	8

◆ 参考模型 4 中，建议采用的 ODN 配置如下

表 9-7 参考模型 4OSP 配置表

序号	名称	数量
1	6 芯常规光缆 (km)	20
2	2 芯 FTTH 室内外两用光缆 (300 米)	32
3	144 芯室外光缆交接箱	1
4	户外小型机箱	64
5	1: 8 分路器	4

◆ 参考模型 4 中，建议采用的设备配置如下表所示。

表 9-8 参考模型 4 设备配置表

序号	名称	数量
1.1	19" 机柜(2200×600×600mm)	1
1.2	PDP电源分配单元	1
公用机盘及配件		
2.1	功能子框（含子框、高速背板、风扇单元，16业务槽位）	1
	核心交换版	
2.2	千兆核心交换及主控盘（GSWC）	2
	上联卡及配件	
2.3	千兆上联盘（GUP7）	1
2.4	千兆上联盘（GUPE7）	0
2.5	GE光接口模块	3
	功能板卡	
2.6	V5语音处理盘（AC16）	0
2.7	VoIP处理盘（AC16）	0
2.8	16E1接口盘（16E1）	0
线卡机盘及配件		
3.1	GEPON接口盘（EC2-10km）	2
3.2	GEPON接口盘（EC2-20km）	0
AN5006-08系列ONU		
4.1	AN5006-08(32×ADSL2+)	40

9.4 建设成本浅析

针对上述 4 个 FTTX 参考模型，统计 EPON 的 OLT 设备和 ONU 设备、OSP 器材（不含人工费用）的成本，对比分析如下表：

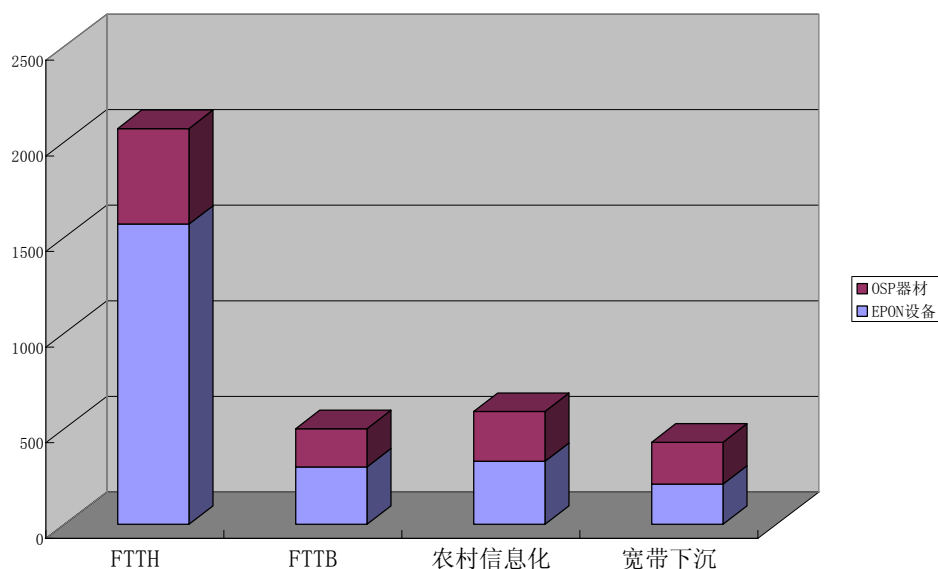


图 9-8 建设成本对比分析

从上图可以得出以下结论：

- ◆ 4 种建设模式中，FTTH 的建设成本最高，适用于高端用户；
- ◆ FTTB 建设成本低于现有 DSL+POTS 的解决方案，因此适合目前阶段进行大规模推广；
- ◆ 农村信息化和宽带下沉与 FTTB 建设模式的成本相差不多，也适合大规模推广。

附录 缩略语

ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Loop	非对称数字用户环线
BAS	Broadband Access Server	宽带接入服务器
CATV	Cable Television	有线电视
DBA	Dynamic Bandwidth Assignment	动态带宽分配
EDFA	Erbium-doped Fiber Amplifier	掺饵光纤放大器
EMC	Electro Magnetic Compatibility	电磁兼容性
EPON	Ethernet Passive Optical Network	以太网无源光网络
FE	Fast Ethernet	快速以太网
FSAN	Full Service Access Network	全业务接入网
FTP	File Transfer Protocol	文件传输协议
FTTCab	Fiber To The Cab	光纤到交接箱
FTTB	Fiber To The Building	光纤到大楼
FTTH	Fiber To The Home	光纤到家
FTTO	Fiber To The Office	光纤到办公室
GUI	Graphic User Interface	图形用户接口
GE	Gigabit Ethernet	千兆以太网
IGMP	Internet Group Management Protocol	网际组管理协议
IP	Internet Protocol	网际协议
IPTV	Internet Protocol Television	IP 电视
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	电子电气工程师学会
ITU	International Telecommunication Union	国际电信联盟

LAN	Local Area Network	局域网
MAC	Medium Access Control	媒体访问控制
MGCP	Media Gateway Control Protocol	媒体网管控制协议
NGN	Next Generation Network	下一代网络
OLT	Optical Line Terminal	光线路终端
ONU	Optical Network Unit	光网络单元
OPAMS	Optical Power Administration System	光功率管理控制系统
OSP	Outside Plant	户外设施
PON	Passive Optical Network	无源光网络
POTS	Plain Old Telephone Service	普通电话业务
PPP	Point-to-Point Protocol	点对点协议
PPPoE	Point-to-Point Protocol over Ethernet	以太网点到点协议
PSTN	Public Switched Telephone Network	公用交换电话网
QoS	Quality of Service	服务质量
SIP	Session Initiation Protocol	会话起始协议
SLA	Service Level Agreement	服务等级协议
SNI	Service Node Interface	业务节点接口
SNMP	Simple Network Management Protocol	简单网络管理协议
STP	Spanning Tree Protocol	生成树协议
UNI	User-Network Interface	用户网络接口
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟局域网
VDSL	Very high bit rate Digital Subscriber Line	甚高速数字用户线

客户反馈表

感谢您阅读本手册，为了改善我们的手册质量，更好地为您服务，请您填写我们的客户反馈表，提出您的宝贵建议和意见，传真或邮寄至我公司，我们将会认真对待您的反馈。

1. 请您用“√”标示您对下表列出的手册的各方面的评价：

项目	很好	好	一般	差
表达清晰	☐	☐	☐	☐
内容完整	☐	☐	☐	☐
内容正确	☐	☐	☐	☐
结构合理	☐	☐	☐	☐
图表说明	☐	☐	☐	☐
手册装帧	☐	☐	☐	☐
总体满意	☐	☐	☐	☐

2. 请您用“√”给出您对本手册的建议：

☐ 调整手册结构	☐ 内容更加详实
☐ 增加示例说明	☐ 表达更加简明
☐ 增加图表说明	☐ 操作性更突出

请详细说明您的建议：

3. 您对本手册的哪些内容比较满意？

4. 您对本手册的其他有关建议：

5. 下表中的信息只用来和您保持联系，不做任何其他用途。

姓名		职务/职称	
公司		E-mail	
联系电话			
联系传真			
联系地址			
填表日期			

烽火通信科技股份有限公司

Fiberhome Telecommunication Technologies Co., Ltd.

地址：湖北省武汉市洪山区邮科院路 88 号

电话：（86）（027）8769 1549 （服务热线）

（86）（027）8769 3756 （服务受理）

传真：（86）（027）8769 1939

邮编：430074

网址：<http://www.fiberhome.com.cn>