



现代光通信技术丛书

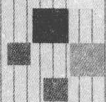
FTTx与PON 系统工程设计与实例



孙维平 郁建生 朱燕 张艳 王雪涛 徐梅香 等 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



现代光通信技术丛书

FTTx与PON 系统工程设计与实例

■ 孙维平 郁建生 朱燕 张艳 王雪涛 徐梅香 等 编著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

FTTx与PON系统工程设计与实例 / 孙维平等编著. —
北京: 人民邮电出版社, 2013. 1
(现代光通信技术丛书)
ISBN 978-7-115-29659-7

I. ①F… II. ①孙… III. ①光纤通信—宽带通信系
统一研究 IV. ①TN915.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第287368号

内 容 提 要

本书对 PON 系统的主要技术流派, 如 EPON、GPON 及下一代 PON 的原理进行了系统的介绍; 对国内运营商进行 FTTx 建设的现状及发展策略进行了一定深度的分析; 并结合应用, 对 PON 在 FTTx 应用过程中所应该遵循的技术体制、参数有详尽的计算和说明; 还详细介绍了应用中所涉及的材料、施工工艺、注意事项, 并附有案例和照片。

本书适合从事光通信的管理人员、工程技术人员, 以及相关专业的师生阅读参考。

现代光通信技术丛书

FTTx 与 PON 系统工程设计与实例

◆ 编 著 孙维平 郁建生 朱 燕 张 艳

王雪涛 徐梅香 等

责任编辑 杨 凌

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京鑫正大印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 16.5

字数: 395 千字

印数: 1—4 000 册

2013 年 1 月第 1 版

2013 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-29659-7

定价: 49.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

序

随着社会经济的发展,居民消费水平提高、消费方式发生转变,宽带已成为人们日常生活的必需品。视频点播、视频电话、大型网络游戏等各种数据业务飞速增长,用户对业务需求呈现出多样化的特征,通信市场的日益开放,接入网的建设正进入一个 IP 化、综合化、宽带化的转型期,整个电信网的发展进入了一个新的发展模式。

随着大带宽业务应用越来越广泛,原有的铜缆接入网络已不能支撑更大带宽的应用,只能采用新技术来支持高速率、大带宽的业务。与各种传统接入技术相比,光纤因其具有大容量、保密性好、不怕干扰和雷击、重量轻等诸多优点,因而得到迅速发展和应用。

随着光接入应用量的提升,光纤、光器件价格的下降,光接入成本也相应地出现了下降。随着耐弯曲光纤的出现,光纤入户布线技术取得重大突破,光纤入户最后 100 米的困难也得以较好的解决。

我国通信业“十二五”规划中指出,到“十二五”期末,通过实施“宽带中国”战略,初步建成宽带、融合、安全、泛在的下一代国家信息基础设施,初步实现“城市光纤到楼入户,农村宽带进乡入村,信息服务普惠全民”。城市新建住宅光纤入户率达到 60%以上,城市和农村互联网接入带宽能力基本达到 20Mbit/s 和 4Mbit/s 以上,部分发达城市接入带宽能力达到 100Mbit/s。单位用户平均接入带宽超过 100Mbit/s。互联网骨干网总带宽超过 300Tbit/s。互联网宽带接入端口达到 3.7 亿个,光纤入户网络覆盖 2 亿个家庭。国家的战略势必带来光接入网的高速发展。

光纤接入技术是指在接入网中全部或部分采用光纤传输介质,构成光纤用户环路(FTTL),实现用户高性能宽带接入的一种方案。根据 ONU 设置的位置不同,光纤接入网可分为光纤到户(FTTH)、光纤到路边(FTTC)、光纤到大楼(FTTB)、光纤到办公楼(FTTO)、光纤到楼层(FTTF)、光纤到小区(FTTZ)等几种类型,其中 FTTB、FTTH(O)已经是宽带接入网发展的主流形式。

宽带光纤接入的主流技术是无源光网络(PON)技术,目前主流的 PON 技术有基于以太网的 EPON 技术和基于成帧规程(GFP)的 GPON 技术。PON 技术能够大量节省主干光纤和局端设备光接口,高密度用户区域成本低,标准化程度高,业务透明性较好,用户带宽配置调整灵活,综合优势明显,是宽带光接入及 FTTH 方式的主要技术选择。PON 技术的发展经历了 APON/BPON、EPON、GPON、10G EPON 和 WDM PON 的过程。

采用 PON 技术的光纤接入网的建设相比铜缆接入网、点对点光接入网有着很大的不同。点对多点的光纤接入改变的不仅仅是用户的接入速率,还有接入网网络架构、上层网络与接入网的资源匹配、业务的提供方式改变等,因而宽带提速时代下的光接入网建设是一项复杂且投资巨大的工程,它不仅仅是接入网络的一个新的飞跃,也给上层网络的演进带来了深远的影响。

本书的作者都是从事接入网工作多年的工程技术人员,对网络规划和工程建设都很熟悉,积累了大量丰富的规划、设计和工程经验。本书阐述了 PON 技术及其网元的规划和

设计方法，给出了大量的建设实例，详细介绍了几种主要的 ODN 器件的使用、FTTx 工程实施要求，并分析了光接入网与上层网络的影响，这些内容对实际工程设计和规划有着很大的帮助。

当前技术发展迅速，因为时间关系，有些新技术尚未在本书中提及，但本书提供的工具、方法、经验是可以借鉴和参考的。

2012 年 12 月

前 言

本书作者根据多年来网络规划、设计、建设的经验总结，参考了行业内其他单位的技术成果，编写了本书，希望能起到抛砖引玉的作用。

本书由中国电信江苏公司副总经理孙维平策划和主编，由江苏省邮电规划设计院副总经理郁建生负责全书的结构及内容的掌控。负责相关章节编写的同志有孙维平、郁建生、朱燕、张艳、王雪涛、徐梅香等人，参与本书编写和整理工作的还有唐修元、张海彬、王长健、张强、姜玉萍、葛俊彦、朱黎雄、徐震、周媛媛、王贵龙、许世龙、朱关峰、傅春花、虞强、相森、夏阳、宋煜、陈亮等。

在本书的编写过程中，得到了中国电信江苏公司等单位的的大力支持和帮助，在此谨向各位专家表示衷心的感谢。

感谢江苏省邮电规划设计院有限责任公司的各位同事，他们是朱晨鸣主任、封双荣副总工、房磊副总工，他们对本书的出版给予了极大的帮助。

由于作者水平有限，编写时间仓促，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

作者

2012年12月于南京

目录

第1章 概述	1
1.1 宽带互联网通信概述	1
1.1.1 宽带互联网的发展	1
1.1.2 新业务及应用的发展	4
1.2 接入技术的进步	6
1.2.1 接入网的定义	6
1.2.2 接入技术的分类	6
1.2.3 主要宽带接入技术的演进	6
1.3 国内宽带市场的需求分析	9
1.3.1 全业务运营	9
1.3.2 三网融合	11
1.3.3 移动互联网	12
1.3.4 云计算	12
1.3.5 物联网	13
1.4 国内宽带市场的发展展望	13
1.4.1 宽带运营商竞争更加白热化	13
1.4.2 投入持续加大, 客户持续增长	14
1.4.3 带宽需求越来越高	14
1.5 小结	15
第2章 中国通信运营商带宽现状及分析	16
2.1 中国通信运营商的历史沿革	16
2.1.1 新中国通信业的发展历史	16
2.1.2 新中国电信业的改革与创新	17
2.2 重组后中国电信市场的竞争格局	20
2.2.1 重组后运营商介绍	20
2.2.2 重组后三家运营商的竞争力分析	20
2.3 中国通信市场的政策环境分析	23
2.3.1 中国电信业监管的历史介绍	23
2.3.2 中国电信业监管的法律法规	24
2.3.3 电信监管的目的	24
2.3.4 电信监管的原则	24
2.3.5 现有电信监管的内容和手段	24
2.3.6 我国电信监管的现状	25

2.3.7 电信管制的发展分析	26
2.4 运营商在宽带市场的竞争力分析	30
2.4.1 市场份额分析	30
2.4.2 国际出口带宽分析	31
2.4.3 接入技术分析	31
2.4.4 维护力量比较	32
2.5 运营商发展 FTTx 的动力分析	33
2.5.1 业务分析	33
2.5.2 资费分析	34
2.6 不同运营商发展 FTTx 的策略分析	35
2.6.1 FTTx 发展现状描述	35
2.6.2 中国电信 FTTx 发展策略	37
2.6.3 中国联通 FTTx 发展策略	38
2.6.4 中国移动 FTTx 发展策略	38
2.7 小结	39
第 3 章 国外运营商 FTTx 发展研究	40
3.1 日本	40
3.1.1 日本 FTTx 的发展	40
3.1.2 日本 FTTx 主要运营商	40
3.1.3 日本的国家宽带战略	41
3.1.4 市场驱动	42
3.1.5 资费政策	42
3.1.6 技术的日趋成熟	42
3.2 韩国	43
3.2.1 韩国 FTTx 的发展及主要运营商	43
3.2.2 用户的增长	43
3.2.3 韩国的国家宽带战略	43
3.3 美国	44
3.3.1 美国 FTTx 的发展	44
3.3.2 美国主要运营商	44
3.3.3 国家宽带策略	45
3.4 欧洲	45
3.5 小结	48
第 4 章 接入网技术概览	49
4.1 接入网的发展历史	49
4.1.1 早期的窄带接入	49
4.1.2 有线宽带接入技术及其发展路线	50
4.1.3 无线宽带接入技术及其发展路线	56

4.1.4 宽带接入技术的发展趋势	57
4.2 基于铜缆的接入技术	58
4.2.1 模拟电话拨号接入	58
4.2.2 数字用户线接入技术	59
4.2.3 混合光纤同轴电缆接入技术	61
4.3 基于无线的接入技术	62
4.3.1 LMDS 系统	63
4.3.2 MMDS 系统	63
4.3.3 无线局域网	64
4.4 基于光纤的接入技术	66
4.4.1 无源光网络 (PON) 接入技术	66
4.4.2 APON/BPON 技术	70
4.4.3 EPON 技术	70
4.4.4 GPON 技术	73
4.4.5 PON 系统的保护机制	80
4.4.6 下一代 PON 技术	81
4.5 小结	84
第 5 章 FTTx 分类及 PON 网络组网技术	86
5.1 FTTx 的划分与技术实现	86
5.1.1 FTTx 的划分	86
5.1.2 FTTx 的技术种类	87
5.2 PON 网元概述	88
5.3 OLT 选址及覆盖区设计	89
5.3.1 OLT 选址	90
5.3.2 OLT 覆盖半径的确定	91
5.3.3 OLT 分区实例	94
5.4 OLT 带宽计算及设计	99
5.4.1 OLT 网络模型	99
5.4.2 业务带宽模型	101
5.5 OLT 上行组网	104
5.5.1 IP 城域网网络结构	104
5.5.2 OLT 上行组网接入方案一	105
5.5.3 OLT 上行组网接入方案二	106
5.5.4 OLT 上行组网接入方案三	107
5.5.5 上行业务流向	108
5.6 OLT 设备的配置和选型	111
5.6.1 OLT 设备的选型	111
5.6.2 OLT 设备配置	111

5.6.3 OLT 设备配置实例	111
5.7 ONU 设备的分类、形态和功能	113
5.7.1 ONU 在网络中位置	113
5.7.2 ONU 的分类和形态	114
5.7.3 ONU 功能	114
5.8 ONU 设备的配置和选型	115
5.8.1 ONU 设备的选型原则	115
5.8.2 ONU 设备不同接入场景应用	115
5.8.3 ONU 设备的供电和接地	117
5.9 小结	118
第 6 章 ODN 规划设计	119
6.1 ODN 概述	119
6.2 ODN 设计	120
6.2.1 光分路器设置	120
6.2.2 分光比的选择范围	120
6.2.3 ODN 的光功率预算	121
6.2.4 不同网络制式对光功率预算的影响	123
6.3 ODN 组网实例	124
6.3.1 建设范围	124
6.3.2 FTTB/C/Cab 模式下的 ODN 网络结构	124
6.3.3 FTTH 模式下的 ODN 网络结构	125
6.4 光纤和光缆的选型	132
6.4.1 光纤和光缆基础知识	132
6.4.2 FTTx 和 PON 工程中的常用光缆	145
6.4.3 FTTx 新型光缆应用及介绍	148
6.5 ODN 器材	149
6.5.1 免跳接光缆交接箱	149
6.5.2 光分路器	151
6.5.3 光缆分光/分纤盒	157
6.6 FTTx 应用场景实例	163
6.6.1 小区宽带接入应用	163
6.6.2 商业楼宇接入应用	167
6.6.3 农村宽带接入	170
6.6.4 网吧接入实例介绍	172
6.6.5 视频监控接入实例介绍	172
6.6.6 WLAN 热点接入实例介绍	173
6.7 小结	173

第 7 章 FTTx 工程实施	174
7.1 OLT 的安装	174
7.1.1 OLT 对机房环境的要求	174
7.1.2 OLT 对电源系统的要求	175
7.1.3 OLT 安装要求	175
7.2 ONU 的安装	177
7.2.1 ONU	177
7.2.2 FTTH ONU 的安装	182
7.2.3 FTTB ONU 的安装	183
7.2.4 FTTN ONU 的安装	185
7.3 ODN 的建设	190
7.3.1 FTTx 光缆安装施工要求	190
7.3.2 FTTx 光缆的敷设方法	191
7.3.3 分光器的安装	201
7.3.4 光缆成端规范	202
7.4 小结	203
第 8 章 宽带提速对上层网络的影响	204
8.1 宽带接入网与 Internet 的关系	204
8.1.1 Internet	204
8.1.2 接入网、城域网及其与 Internet 的关系	204
8.1.3 城域网的作用	205
8.2 新型互联网业务及其发展特点	206
8.2.1 互联网及云应用	206
8.2.2 互联网及 P2P	207
8.2.3 IPTV 业务	208
8.3 城域网演进的驱动力和思路	210
8.3.1 城域网结构变化的驱动力	210
8.3.2 城域网演进的思路	210
8.4 城域网演进的方案	211
8.4.1 第二平面建设	211
8.4.2 提升核心设备容量和链路带宽	215
8.4.3 使网络能够感知、识别业务, 实现网络智能化	217
8.4.4 部署自营 CDN、P2P 缓存, 流量逐步本地化	217
8.5 小结	218
第 9 章 FTTx 勘察设计及概预算编制	219
9.1 FTTx 设计勘察要点	219
9.1.1 传输线路勘察要点	219
9.1.2 设备勘察要点	221

9.2 概预算	224
9.2.1 概、预算的概念	224
9.2.2 概预算与工程建设时序的关系	224
9.2.3 概预算定额	226
9.3 通信概预算的构成	228
9.3.1 通信工程项目总费用	228
9.3.2 单项通信工程项目总费用	228
9.4 通信概预算的费用结构和取定标准	230
9.4.1 工程费	230
9.4.2 工程建设其他费	237
9.4.3 预备费	239
9.4.4 建设期利息	239
9.5 概预算编制举例	240
9.5.1 工程概况	240
9.5.2 平面图	243
9.5.3 主要工程量表格	244
9.5.4 明确概预算的编制依据	244
9.5.5 概预算表格的编制顺序	245
9.5.6 概预算表格的编制	245
9.6 小结	251
参考文献	252

第 1 章 概 述

当前全球通信网络发展总的趋势是以数字化、综合化为基础，向智能化、宽带化、移动化和个人化方向发展。宽带网络通信正在给信息服务和通信产业的发展带来一场全新的革命，而诸多新技术的运用，也使宽带网络走进了千家万户。

1.1 宽带互联网通信概述

宽带互联网是指依托综合化、数字化、宽带化、智能化、多样化的光通信网络，向用户提供语音、数据、图像、视频的交互式多媒体信息服务的通信网络。宽带的通信质量和能力已经远远超越了窄带通信系统，主要表现都在数据通信能力和图像通信能力方面。宽带互联网通信技术主要分为互联网宽带接入技术和宽带核心网络技术两部分。

1.1.1 宽带互联网的发展

当前，信息通信产业的发展速度在所有产业中领先，巨量投资集中于该领域，新概念和新技术不断涌现，信息通信网络也正处于前所未有的发展当中。

1.1.1.1 数据宽带互联网络的发展

自 20 世纪 90 年代起，互联网向全球计算机用户开放，促使数据通信的业务量呈爆炸性的增长，给传统的公用电话交换网（PSTN）带来巨大冲击。从业务角度看，互联网的发展呈现出以下的趋势和特征。

（1）数据业务超越语音业务

在电信网络中，数据通信的业务量呈指数级增长，而语音业务量的年增长率呈线性。当前通信网中的数据业务已经超过了语音业务。

（2）宽带互联网建设进入新阶段

我国的互联网市场正在迈入新的阶段，电信运营商的核心主干网络宽带化已经达到，用户终端也具备了处理大容量、多媒体服务的能力，下一步将开始部署接入网的宽带化进程。

（3）业务种类的多样化和个性化

宽带已经成为一种商品，在解决了互联网宽带接入问题后，基于音频、视频的各种新型宽带增值业务如视频电话、交互式数字电视、远程教育、远程医疗等都将得到大规模的应用和发展。服务类型的进一步细分和服务内容的更加个性化，使不同的业务种类和不同的服务质量按照不同用户的需求来定制和提供。

（4）新一代网络技术

随着宽带网络的建设，各种形式的宽带接入技术得到大量的应用和发展，如 FTTB、FTTH、3G、Wi-Fi 等已成为电信主流的宽带接入方式。

1.1.1.2 电信宽带互联网络的发展

(1) ISDN

各国的电信运营商希望能有一种集语音、视频、数据于一体进行传输和交换的综合业务系统，从而产生了综合业务数字网（ISDN），但因种种原因，ISDN 并未大规模应用。

(2) ATM

ATM 技术是在 B-ISDN 的研究中提出的，并在 20 世纪 90 年代获得了发展。但在 20 世纪 90 年代后期，随着快速以太网和吉比特以太网的发展，价格昂贵的 ATM 网络逐渐退出该领域。

(3) ATM/IP 平台

在 IP 业务即将成为通信业务的主流之前，传统电信传输网的基础网仍是基于 SDH 和 ATM 技术，而不是基于 IP 技术，所以 ATM/IP 方案主要用于构成多协议多业务平台。随着 ATM 网络逐渐退出，ATM/IP 也将让位给宽带 IP 网络。

(4) 宽带 IP 网络

对于以 IP 业务为主的网络，采用吉比特路由交换机直接在光纤上运行吉比特以太网，从而构成宽带 IP 网络。在某种意义上，宽带 IP 技术可认为是 IP 技术和 ATM 技术结合的产物。

1.1.1.3 通信技术的发展趋势

随着三网融合的不断推进，广电和电信双向进入试点，三网融合将会极大地促进相关制造业务，特别是光通信器件和电子信息产业的发展，同时推动城域和干线网络的带宽升级。另一方面，数据业务的爆炸式增长以及网络上传下载应用的带宽高消费，骨干网络中的带宽需求也快速增长，并且随着 IPTV 业务的发展以及视频终端的普及，未来将不断促使业务承载网的带宽快速发展。

当以 10G 传输技术为基础的承载网带宽分配使用完毕时，网络平滑升级至 40G/100G 是最经济的提升网络容量的方法。因此，在 40G 开始大量应用的情况下，承载网的核心层及骨干层实现 100G 传输将成为必然。

OTN 和 ASON 技术的引入，实现了业务的灵活调度，它将通过智能软件使用，降低网络管理和维护的复杂性，提高业务配置能力。在整个光网络发展进程中，光器件和核心模块的同步发展和应用将是关键。

我国光纤光缆应用规模越来越大，干线（国家干线、省内干线和区内干线）上基本都已采用光缆。在光纤使用类型上，多模光纤基本已经不再使用，采用的大都是单模光纤。各类单模光纤中，G.652 光纤应用最广泛，随着光纤技术的发展，G.657 光纤因其耐弯特性，已大规模应用在光纤接入网中。

从通信的发展过程看，数字化、综合化、融合化、智能化和个人化是通信技术发展经历的 5 个阶段。通信技术、计算机技术、控制技术和数字信号处理等技术的结合是现代通信技术的发展趋势和标志。

(1) 通信技术数字化

在通信技术的发展过程中，数字化是现代通信技术的基础特性和最突出的发展趋势。相比较于传统的模拟通信而言，数字通信有着不可比拟的优势，数字通信更加通用和灵活，也为实现通信网的计算机管理创造了条件。数字通信具有抗干扰能力强、失真不积累、便于纠

错、易于加密、适于集成化、利于传输和交换的综合,以及可兼容数字电话、电报、数字和图像等多种信息的传输等优点。因此,通信技术数字化是实现其他“四化”的基础。

(2) 通信技术综合化

通信业务的综合化是现代通信的另一个显著特点。现代社会的飞速发展,使得早期的电报、电话业务已远远不能满足人们对通信业务种类的需求。在现代的通信发展中,一种业务若建立一个专用的通信网,会使得投资大、效益低,并造成资源的大量浪费。而在现代通信业务中,传真、电子邮件、交互式可视图文以及数据通信等各种业务都在迅速发展。另外,多个网络并存也不便于统一管理。由于这些问题的存在,无法达到资源的合理利用,为了达到一网多用的目的,我们必须把各种通信业务,包括电话业务和非电话业务等以数字方式统一到一个网络中进行传输、交换和处理。

(3) 网络互通融合

以电话网络为代表的电信网络和以 Internet 为代表的数据网络的互通与融合进程将加快步伐。在数据业务成为主导的情况下,现有电信网的业务将融合到下一代数据网中。就目前的情况来看,IP 数据网与光网络的融合、无线通信与互联网的融合是通信技术的发展趋势和方向。需要注意的是:

- ① 网络和业务的分离化。技术是革命的,而网络是演进的。网络和业务的分离将提供良好的开放性,促进业务的竞争和发展。
- ② 网络结构的简洁化。新一代信息网络基础设施功能结构的发展趋势是日益扁平化。简捷化的网络可以减少网络层次,提高网络效能,增强网络的适应能力。
- ③ 电信网、计算机网和广播电视网的“三网”融合已日益引起人们的广泛关注。

(4) 通信网络宽带化

网络的宽带化是电信网络发展的基本特征、现实要求和必然趋势。为用户提供高速全方位的信息服是网络发展的重要目标。近年来,几乎网络的所有层面(如接入层、边缘层、核心交换层)都在开发高速技术。高速路由与交换、高速光传输、宽带接入技术等都取得了重大进展。超高速路由交换、高速互联网关、超高速光传输、高速无线数据通信等新技术已成为新一代信息网络的关键技术。

(5) 网络业务开放化

在传统电话网中,交换机完成交换接续(呼叫处理)与业务提供(业务处理)的功能,凡提供新的业务都需借助于交换系统,但为了开发一种新业务,需要对大量的交换机软件进行相应的增加或改动,有时甚至要增加或改动硬件,以致消耗许多人力、物力和时间。为了有效解决信息网络在性能、安全、可管理性和可扩展性等方面面临的问题,采用智能的分布性、对象的个体性、开放式结构和标准接口结构的灵活性、人口的综合性和网络资源利用等有效手段,对通信网络的发展具有重要影响。

由于综合业务尤其是宽带业务的发展,使得用户接入成为业界重点关注的领域,接入技术快速发展,对接入概念的理解已从单纯的用户线发展为接入网,在接入技术上出现了采用原电话对称铜线提高使用频率、原电缆电视的同轴线与光纤混合、使用全光纤、无线接入等多种方式。这是一个正在蓬勃发展的领域。

我国通信业“十二五”规划中指出,到“十二五”期末,通过实施“宽带中国”战略,初步建成宽带、融合、安全、泛在的下一代国家信息基础设施,初步实现“城市光纤到楼入

户，农村宽带进乡入村，信息服务普惠全民”，新兴信息服务成为推动行业发展的重要力量，通信业在全面提升国家信息化水平和支撑经济社会发展中的战略性、基础性和先导性作用更加突出。这是极富挑战性的伟大事业，在新的形势下，我们需要脚踏实地，大力加强创新工程研究，深入了解通信技术的发展趋势，迎来新的发展高潮。

1.1.2 新业务及应用的发展

随着 Internet 的迅猛发展，人们对网络带宽及速率的要求也在逐步提高，这就促使网络由低速向高速、由共享向交换、由窄带向宽带方向迅速发展。主干网为承载各种宽带业务做足了准备，IP over ATM、IP over SDH、IP over WDM (DWDM) 等技术早已经开始投入使用，波分复用系统的带宽已达 400Gbit/s，但是，接入网发展相对滞后，接入网位于通信网络与用户之间，这成为制约通信发展的主要因素。为了给广大用户提供端到端的宽带连接，保证宽带业务的开展，在宽带化、数字化的前提和基础下，接入网成为了网络技术中的一大热点和高利润增长点。

目前为了适应新的形式和需要，出现了多种宽带接入技术，包括铜线接入技术、光纤接入技术、混合光纤同轴 (HFC) 接入技术等多种有线接入技术以及无线接入技术等。相对于传统的窄带接入方式而言，宽带接入方式显示出了其强大的优势和强劲的生命力。不同需要的用户应该根据自己的实际情况并结合宽带接入方式自身的优缺点做出合理的选择。

网络的接入技术是指网络接入方式的结构，其发生在连接网络与用户的最后阶段，是目前最有希望大幅度提高网络性能的环节。网络用户业务的发展，在本地环路网方面，全球上亿条用户接入线接入，其功能具有很大的局限性，与用户线路另一端的高性能设备形成了鲜明的对比。由于在本地环路铜线上传输的仍然是模拟信号，人们仍然使用狭窄的无线电频道穿越拥挤的无线电频谱。目前如何大规模拓宽网络接入的瓶颈，为全球现有的 10.5 亿条接入线提供超宽频带，已是当前网络技术发展的焦点。随着电子技术和光电技术的迅速发展，数字电子系统以及信息传输设备性能都在快速稳步增长，一对金属线可以提供支持双向交互的足够容量，但传统的铜线所能提供的带宽对高性能的数据网络和因特网来说的确有些勉为其难，数据用户不仅希望能够接收到语音，更希望能够通过视频会议系统看到对方，所以对传统的接入技术（接入方式、接入布线）提出了高性能的要求，以解决网络接入环节的瓶颈。事实上，除了本地环路的带宽限制外，当前的数据网技术已足以保证提供运动图像和其他高带宽服务，而局部环路的瓶颈是由现在提供的较低比特率造成的。

以太网无源光网络 (EPON) 是一个点到多点的光接入网，它综合了以太网成本低、兼容性好以及 PON 技术介质共享的优点，以远远高于现有接入技术的带宽向终端用户提供可靠的数据、语音和视频通信。

随着通信技术的发展，人们对网络带宽的需求日益增长，视频会议、存储仓库、大文件传输业务的发展，以及光纤成本的下降，EPON 中心局光线路终端设备 (OLT)、终端用户光网络单元 (ONU) 将使长期被称为“最后一公里”的瓶颈达到吉比特的速率。

接入网以为更分散及对成本敏感的用户提供服务为基础。接入网不像城域网和骨干网络，它是驻留在用户和网络运营商之间的特殊网络，接入网可为不同的用户提供不同的服务，这就要求它能够在同一条具有 QoS 保证的连接上提供数据、语音及视频服务，并根据需要提供不同的带宽。终端用户可以是独立的家庭、公司、学校和酒店等。为了处理这些业务，发展

了多种光接入的体系结构。通常有点到点、点到多点的接入方式,大的客户或大学校园通常安装成点到点的网络。光接入的结构有多种,首选结构为星形拓扑。星形网络特别适合短距离对等连接的网络。在星形网络中,每个节点的信息都是单独地被送往每一个其他节点。为了避免碰撞,每个节点在不同的波长上发送。为了接收信息,其他节点必须调谐到相应的波长。这样的结构需要调谐收发信机,实现成本高。

另一种技术是采用点到多点的 PON, PON 是无源光网络。它与传统的点到点和星形拓扑的网络相比,可节约大量的光缆。终端用户和中心局间的所有设备(如光切分器和耦合器)都是无源的网络设备,俗称 PON。PON 的成本效益高,维护费用低,在一个单个光纤上传送下行数据流距离可达 20km。它去除了电子再生中继器、放大器及数据管理体制所有的下行数据流通过无源耦合器分成相等的功率传送到 N 个用户。在光纤上的、来自不同用户的上行数据流在组合器中被集合,传送 20 多千米后回到中心局。由于下行数据流的功率被分离,所以下行数据流传输需要较大功率的激光。

ATM 特别适合于 TDM 时延敏感的数据。由于 LAN 中主要是以太网数据,每个以太网分组必须被拆分成许多 48Bytes 的 ATM 净荷,在其前面加 5Bytes 的 ATM 报头,信宿再将 ATM 信元合并成以太网分组,这样存在着巨大的处理开销。另外,ATM 需要许多不必要的 O/E/O 转换,这是 SONET TDM 体系结构所必需的。由于技术复杂,ATM 网络的成本很高。

ATM PON (APON) 是近 10 年常用的 PON 体系结构之一。APON 采用 ATM 虚拟电路交换协议进行传输。APON 对每一种特定的业务,都必须提供一个 ATM 路径。APON 在当大部分的网络业务是 IP/Ethernet 数据时有很多的限制。假设一个综合环境,每个用户可能有 1 个电话呼叫、1 个视频会议和同时传输 10 个网站,这种开销是十分巨大的。

EPON 的出现解决了这些问题。随着吉比特以太网和十吉比特以太网城域网的发展,以太接入网络允许 IP/Ethernet 数据分组在传输过程中不需要经过协议转换,从而减少了开销和时延。EPON 采用世界上最流行的以太网技术,它有着成本低、以太网设备的性能好等优点。EPON 允许企业用户和网络运营商动态地简化他们的网络,而不需要牺牲业务就可降低成本。目前,十吉比特以太网已经成为宽带 IP 城域网的首选方案,也已经开始用于 WAN。2002 年十吉比特以太网的标准完成后,它被广泛用于 MAN 和 WAN。如果接入网也采用以太网,则会形成从局域网、接入网、城域网到广域网全部的以太网结构。以太网是在 20 世纪 80 年代发展起来的一种局域网技术,由于具有使用简单方便、价格低、速度高等优点,很快成为局域网的主流。以太网的帧格式与 IP 是一致的,特别适合于传输 IP 数据。随着互联网的快速发展,以太网被大量使用。随着吉比特以太网的成熟和十吉比特以太网的出现以及低成本在光纤上直接架构吉比特以太网和十吉比特以太网技术的成熟,以太网开始进入城域网(MAN)和广域网(WAN)领域。最初以太网的带宽为 10Mbit/s,是共享媒体型,需要载波侦听碰撞检测,这就限制了其使用效率和传输距离。20 世纪 90 年代发展了交换型以太网,解决了上述问题,并先后推出了快速以太网(FE)和吉比特以太网。采用与 IP 一致的统一的以太网帧结构,各网之间无缝连接,中间不需要任何格式转换,这种结构既可以提供端到端的连接,根据与用户签订的服务协议,保证 QoS,还可以提高运行效率、方便管理、降低成本。

2001 年年初,IEEE 成立了 802.3 EFM 工作组(EFM 的意思是“以太网英里”,即以太网接入网),制定以太网接入网标准。随着标准的制定完成,已经有一批以太网接入网设备出现。近几年以太网接入网得到了快速发展和广泛重视。