

高等学校应用型通信技术系列教材

接入网技术

李元元 主编
张 婷 副主编



清华大学出版社

高等学校应用型通信技术系列教材

接入网技术

李元元 主 编

张 婷 副主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要通过接入网技术原理、接入网系统组建及业务开通、接入网系统维护管理和接入网系统工程实践4个学习领域,详细介绍了接入网技术。本书主要包括宽带接入技术概述、铜缆宽带接入技术、光纤接入技术、无线接入技术、IP数据网络技术基础、PON接入网系统设备介绍、光接入网设备配置和管理、VoIP技术原理、语音业务融合接入方案、多媒体业务组播技术基础、组播业务融合接入方案、光接入网设备故障处理、光接入网设备日常维护、接入网系统设计案例共14章内容。

本书可作为高等院校应用型通信技术相关专业的教材,也可作为接入网技术的培训教材和自学参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

接入网技术/李元元,张婷编著.--北京:清华大学出版社,2014

高等学校应用型通信技术系列教材

ISBN 978-7-302-34671-5

I. ①接… II. ①李… ②张… III. ①接入网—高等学校—教材 IV. ①TN915.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第290824号

责任编辑:田在儒

封面设计:傅瑞学

责任校对:李梅

责任印制:沈露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.5 字 数:467千字

版 次:2014年1月第1版 印 次:2014年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00元

随着我国国民经济的持续增长,信息化的全面推进,通信产业实现了跨越式发展。在未来几年内,通信技术的创新将为通信产业的良性、可持续发展注入新的活力。市场、业务、技术等持续拉动,法制建设的不断深化,这些也都为通信产业创造了良好的发展环境。

通信产业的持续快速发展,有力地推动了我国信息化水平的不断提高和信息技术的广泛应用,同时刺激了市场需求和人才需求。通信业务量的持续增长和新业务的开通,通信网络融合及下一代网络的应用,新型通信终端设备的市场开发与应用等,对生产制造、技术支持和营销服务等岗位的应用型高技能人才在新技术适应能力上也提出了新的要求。为了培养适应现代通信技术发展的应用型、技术型高级专业人才,高等学校通信技术专业的教学改革和教材建设就显得尤为重要。为此,清华大学出版社组织了国内近 20 所优秀的高职高专院校,在认真分析、讨论国内通信技术的发展现状、从业人员应具备的行业知识体系与实践能力和对通信技术人才教育教学的要求等前提下,成立了系列教材编审委员会,研究和规划通信技术系列教材的出版。编审委员会根据教育部最新文件政策,以充分体现应用型人才培养目标为原则,对教材体系进行规划,同时对系列教材选题进行评审,并推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。本系列教材涵盖了专业基础课、专业课,同时加强实训、实验环节,对部分重点课程将加强教学资源建设,以更贴近教学实际,更好地服务于院校教学。

教材的建设是一项艰巨、复杂的任务,出版高质量的教材一直是我们的宗旨。随着通信技术的不断进步和更新,教学改革不断深入,新的课程和新的模式也将不断涌现,我们将密切关注技术和教学的发展,及时对教材体系进行完善和补充,吸纳优秀和特色教材,以满足教学需要。欢迎专家、教师对我们的教材出版提出宝贵意见,并积极参加教材的建设。

清华大学出版社

宽带接入网是国家经济社会发展的重要基础,是国家工业化与信息化融合的重要纽带,也是三大电信运营商的各种业务的承载。“十二五”期间,“宽带中国·光网城市”工程在全国各地全面实施,构建“百兆进户、千兆进楼、T级出口”的智能宽带网络,将打造一个以宽带化、IP化、扁平化、融合化为核心特征的可管、可控的绿色高性能数据通信网。宽带接入网对国民经济和社会各领域的应用效果及辐射作用将日渐显著,为进一步推动社会信息化进程,实现国家“十二五”发展目标作出应有贡献。

宽带接入技术的发展日新月异,但传统的接入网方面的教材存在两大主要问题:首先,在内容上主要集中在理论部分,缺乏对相关设备和工程环境的介绍,与企业实际需求严重脱节;其次,在技术上比较陈旧,不能反映宽带接入技术的最新发展成果。故编写一本讲述接入网技术的教材是十分必要的,既可以使课程教学内容紧贴技术前沿,又能满足高职高专院校教学和职业岗位培训的需求。

本书由李元元担任主编,张婷担任副主编。其中第1章、第3章、第4章、第6~9章、第11章、第14章由李元元编写,第2章、第5章、第10章、第12章和第13章由张婷编写。

本书针对各个不同层级人才的技能要求,叙述内容由浅入深、循序渐进,选取案例贴近工程实际,是一部实用性很强的书籍。

本书在编写过程中得到了不少企业专家的协助,他们不仅根据企业对人才岗位技能的要求,对编写大纲提出了很多宝贵的意见,而且提供了大量丰富的工程案例、设计文档、图片,使本书的内容更加贴近工程实际,在此对提供了帮助的有关企业专家表示衷心的感谢。

编者

2013年9月

学习领域一 接入网技术原理

第 1 章 宽带接入技术概述	3
1.1 接入网的概念	3
1.1.1 什么是接入网	3
1.1.2 接入网的发展历程	4
1.2 接入网的结构与功能	9
1.2.1 组成结构	9
1.2.2 接入网的主要功能	10
1.3 接入网的特点与拓扑结构	12
1.3.1 接入网的拓扑结构	12
1.3.2 接入网的特点	13
第 2 章 铜缆宽带接入技术	15
2.1 以太网接入技术	15
2.1.1 概述	15
2.1.2 以太网分类	18
2.1.3 以太网接入	21
2.2 xDSL 接入技术	22
2.2.1 HDSL 接入技术	23
2.2.2 ADSL 接入技术	24
2.2.3 VDSL 接入技术	26
2.3 HFC 接入技术	27
2.3.1 HFC 网络结构	27
2.3.2 HFC 网上常用几种业务	29
2.3.3 HFC 频谱分配	30
第 3 章 光纤接入技术	32
3.1 “铜退光进”的发展趋势	32
3.2 OAN 光接入网概述	34
3.2.1 光接入网的定义	34
3.2.2 光接入网的参考位置	34

3.2.3	光接入网的拓扑结构	35
3.3	AON 有源光网络接入技术	37
3.4	PON 无源光网络接入技术	39
3.4.1	APON 接入技术	40
3.4.2	EPON 接入技术	46
3.4.3	GPON 接入技术	51
3.4.4	3 种 PON 技术比较	55
第 4 章	无线接入技术	58
4.1	无线接入概述	58
4.2	无线个人域网接入技术	59
4.2.1	蓝牙技术	59
4.2.2	超宽带无线电技术	61
4.3	无线局域网接入技术	63
4.4	无线城域网接入技术	66
4.5	无线广域网接入技术	67
4.5.1	EDGE 接入技术	68
4.5.2	3G 通信技术	70
4.5.3	4G 接入技术	71

学习领域二 接入网系统组建及业务开通

第 5 章	IP 数据网络技术基础	77
5.1	TCP/IP 网络协议	77
5.1.1	TCP/IP 协议族简介	77
5.1.2	报文的封装与解封装	78
5.1.3	TCP/IP 协议介绍	80
5.1.4	IP 地址	84
5.2	VLAN 概述	86
5.2.1	VLAN 的基本概念	86
5.2.2	VLAN 的特点	87
5.2.3	VLAN 的划分	88
5.2.4	VLAN 通信协议	89
5.2.5	VLAN 链路类型	90
5.2.6	QinQ 技术	92
5.3	VLAN 工作原理	93
5.3.1	同一物理交换机中的 VLAN	93
5.3.2	不同物理交换机中的 VLAN	94
5.3.3	VLAN 间的互访	95

第 6 章 PON 接入网系统设备介绍	96
6.1 PON 接入网系统平台结构	96
6.1.1 OLT	97
6.1.2 ONU	98
6.2 中兴平台接入网设备	101
6.2.1 OLT	101
6.2.2 ONU	105
6.3 华为平台接入网设备	110
6.3.1 OLT	110
6.3.2 ONU	114
第 7 章 光接入网设备配置和管理	118
7.1 中兴平台接入网设备配置和管理	118
7.1.1 系统配置	118
7.1.2 物理配置	129
7.1.3 EPON 业务开通	130
7.1.4 VLAN 配置	132
7.2 华为平台接入网设备配置和管理	133
7.2.1 EPON 接入业务配置流程图	133
7.2.2 EPON 业务配置——ONT 终端管理	134
7.2.3 EPON 业务配置——配置 EPON ONT 模板	135
7.2.4 EPON 业务配置——VLAN 的应用	138
7.2.5 创建 EPON 业务流	141
第 8 章 VoIP 技术原理	145
8.1 VoIP 基本概念	145
8.1.1 VoIP 概述	145
8.1.2 VoIP 功能结构	145
8.1.3 VoIP 数据传输过程	146
8.1.4 VoIP 系统的基本结构	148
8.2 VoIP 通信协议	149
8.2.1 H.323 协议	150
8.2.2 MGCP 协议	152
8.2.3 H.248 协议	153
8.2.4 SIP 协议	156
8.2.5 3 种协议分析	160
第 9 章 语音业务融合接入方案	162
9.1 中兴平台接入网语音融合接入	162
9.2 华为平台接入网语音融合接入	176

9.2.1	语音业务组网结构	176
9.2.2	使用 SIP 协议进行语音业务配置流程	177
9.2.3	使用 H.248 协议进行语音业务配置流程	181
第 10 章	多媒体业务组播技术基础	184
10.1	组播概述	184
10.1.1	组播的应用背景	184
10.1.2	单播、广播和组播的区别	185
10.2	组播地址	187
10.2.1	定义及分配	187
10.2.2	IP 组播地址与网络硬件组播地址的映射	189
10.3	组播协议	189
10.3.1	组播管理协议	189
10.3.2	组播路由协议	196
10.3.3	组播的高层协议	197
第 11 章	组播业务融合接入方案	203
11.1	中兴平台接入网设备组播融合接入	203
11.1.1	组播业务组网结构	203
11.1.2	组播业务配置流程	204
11.2	华为平台接入网设备组播融合接入	217
11.2.1	配置组播全局参数	218
11.2.2	配置组播 VLAN 和组播节目	219
11.2.3	配置组播 EPON ONT	221
11.2.4	配置组播用户	222

学习领域三 接入网系统维护管理

第 12 章	光接入网设备故障处理	227
12.1	EPON 故障处理概述	227
12.1.1	故障处理一般流程	227
12.1.2	故障处理常用方法	229
12.2	EPON 故障处理方法	230
12.2.1	硬件故障处理	231
12.2.2	系统故障处理	233
12.2.3	业务故障处理	234
第 13 章	光接入网设备日常维护	245
13.1	日常维护概述	245
13.1.1	维护目的	245
13.1.2	维护基本原则	246

13.1.3	维护工具	247
13.1.4	维护常用方法	248
13.2	设备例行维护	250
13.2.1	每日维护	250
13.2.2	每周维护	253
13.2.3	每月维护	255
13.2.4	季度维护	258
13.2.5	年度维护	260
13.3	设备现场维护	260
13.3.1	例行维护	261
13.3.2	部件更换	261
13.4	网管日常维护	268
13.4.1	每日例行维护	268
13.4.2	每月例行维护	270

学习领域四 接入网系统工程实践

第 14 章	接入网系统设计案例	277
14.1	A 小区实例	277
14.1.1	项目背景	277
14.1.2	小区 EPON 组网方案	277
14.1.3	小区 EPON 系统具体网络规划	279
14.1.4	系统测试	281
14.1.5	项目评估	282
14.2	B 小区实例	283
14.2.1	项目背景	283
14.2.2	小区 GPON 组网方案	284
14.2.3	小区工程预算方案	292
参考文献	299



接入网技术原理

宽带接入技术概述

本章学习目标

- (1) 掌握接入网概念；
- (2) 掌握接入网的组成结构与功能；
- (3) 掌握接入网的拓扑结构；
- (4) 掌握接入网的特点。

从莫尔斯发明电报至今,现代通信已经走过了 170 年的历史,其技术发展日新月异。如今,通信技术早已经走进了千家万户,家庭中遍布的固定电话、手机、电视、计算机已经深深地改变了人们的生活。那么,家庭中的各种通信终端是如何工作的呢?这就离不开连接到每家每户的通信接入网,正是这样一个网络,支撑起了通信设备所需的各种信息的传输。

1.1 接入网的概念

1.1.1 什么是接入网

随着通信技术的进步、通信新技术的不断涌现,永远处于发展中的通信网络,其架构也在发生着变化,故通信网的分类法多种多样,无论哪种分类,都很难做到完全严格和完全清晰。从整个电信网的角度,可以将全网划分为公用电信网和用户驻地网(Customer Premises Network, CPN)两大块,其中 CPN 又称本地网,属用户所有,而通常电信网仅指公用电信网部分。通常而言,可以将公用电信网络分为核心层、汇聚层和接入层。

1. 核心层

核心层提供高速的核心交换功能和快速的路由处理功能,支持核心网复杂路由协议、策略分布等方面的需要。采用 IP over DWDM/SDH/ATM 方式,主流设备采用吉比特或太比特线速路由器,或大容量 ATM 交换机,或帧中继交换机。

2. 汇聚层

汇聚层完成业务汇聚和 IP 交换处理,是接入层各种接入方式的终结点和 PVC 聚合点,能够提供用户流量管理和账号管理等功能。典型的设备包括各类高中端路由器、L2/L3 交换机,以及宽带接入服务器(BAS)。

3. 接入层

接入层将终端用户接入到 Internet,从而享受 ISP 提供的网络服务。接入层包括各类

接入设备和系统,典型的有 ADSL 接入系统(DSLAM 和 ATU-R)、HFC 接入系统(CMTS 和 Cable Modem)、以太网交换机,无线接入系统(MMDS、LMDS)以及方兴未艾的 HPNA 接入系统等。丰富多样的接入系统各有所长,相辅相成,为网络运营商和最终用户提供完备的解决方案。

可见,接入网是相对核心网和汇聚网而言的,接入网是公用电信网中最大和最重要的组成部分,其线路程度约占整个公用电信网的 80%。图 1-1 所示为电信网的基本组成,从图中可清楚地看出接入网在整个电信网中的位置。

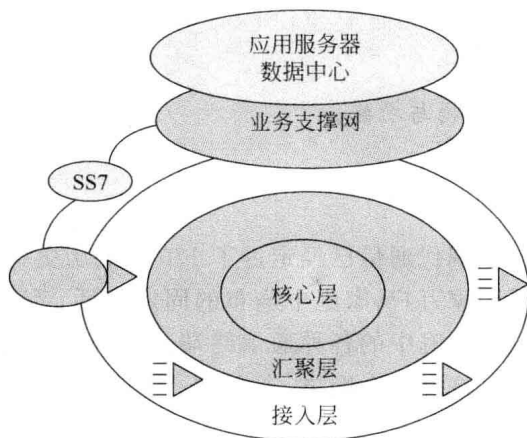


图 1-1 电信网的基本组成

接入网是指骨干网络到用户终端之间的所有设备,其长度一般为几百米到几公里,因而被形象地称为“最后一公里(last mile)”。由于骨干网一般采用光纤结构,传输速度快,因此,接入网便成为整个网络系统的瓶颈。接入网的传输媒质可以是传统的铜线,也可以是光纤,还可以是无线媒质;相应的传输技术可以是基于铜线的传输技术、基于光纤的传输技术及基于无线的传输技术等;除了传统的模拟技术,还可以采用数字技术。

1.1.2 接入网的发展历程

接入网技术的发展历程,很大程度上与数据业务的出现和发展有关,大致经历了窄带接入时代和宽带接入时代。

1. 窄带接入时代

传统的电信运营商,都是以经营语音业务起家的,故最早、最成熟、发展周期最长的通信网络就是 PSTN(Public Switched Telephone Network)——公共电话交换网。PSTN 为用户提供相互之间的语音通信,至今为止仍是最基础的通信服务,所以电话线是最早进入千家万户的接入网线路,我国大概在 1992—1998 年期间基本普及了家庭固定电话的接入。

随着 Internet 的出现和应用范围的扩展,越来越多的人使用计算机通过互联网进行通信,由于用户业务规模和业务类型的剧增,需要有一个综合语音、数据及未来交互式视频的综合接入网络,这就是接入网技术提出的缘由。

毫无疑问,借助于早已进入千家万户的电话线应该是一种低成本方案,由于语音业务

使用固定的 64Kbps 的带宽,故通常将接入带宽在 64Kbps 及以下的接入方案称为窄带接入方案。常见的窄带接入方案有: PSTN 拨号接入、ISDN 综合业务数字网。

(1) PSTN 拨号接入

PSTN 拨号接入是指利用普通电话线路在 PSTN 的普通电话线上进行数据信号传送,当上网用户发送数据信号时,利用 Modem 将个人计算机的数字信号转化为模拟信号,通过公用电话网的电话线发送出去;当上网用户接收数据信号时,利用 Modem 将经电话线送来的模拟信号转化为数字信号提供给个人计算机。在拨号上网的过程中,计算机多使用串口(DB9 接口)接入 Modem。

在中国互联网发展的早期(1998—2003 年),这种方式是国内接入互联网的最主要的实现方式。PSTN 拨号接入方案网络结构如图 1-2 所示。

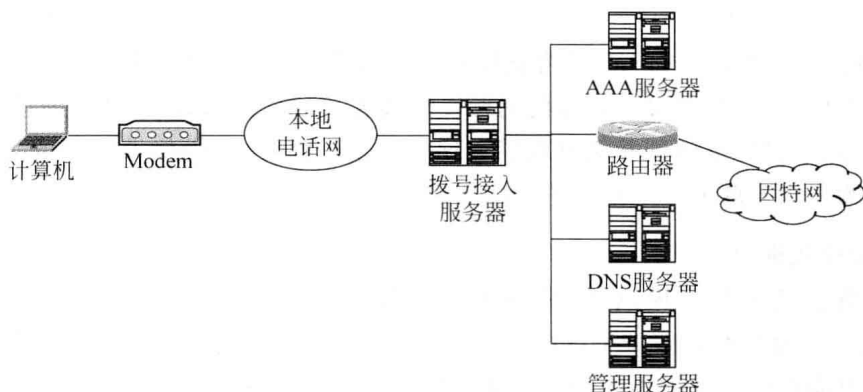


图 1-2 PSTN 拨号接入方案网络结构

(2) ISDN 综合业务数字网

ISDN(Integrated Services Digital Network)是另一种更高速率的拨号上网手段,ISDN 技术能够在—对电话线上提供两个数字信道,每个信道可提供 64Kbps 的话音或数据传输,可保证用户打电话与上网两不误。使用单信道上网时,速率可达 64Kbps,若两个信道都用来上网,最高接入速率可达 128Kbps。

传统的拨号接入不能同时提供话音业务和数据业务的连接通信,在拨号上网过程中,电话就处于占线状态,而 ISDN 接入通过—对电话线,就能为用户提供电话、数据、传真等多种业务,故俗称“—线通”。

这种接入方式在中国的应用时间非常短,大致在 2003—2004 年间比较流行,随着宽带接入技术的出现,ISDN 迅速退出了历史舞台。ISDN 接入方案网络结构如图 1-3 所示。

随着 Internet 的不断发展,各种丰富多彩的网络应用不断涌现,特别是音乐、视频等多媒体业务,使得窄带接入存在的各类问题日渐暴露出来,其中最大的问题就是绝大部分用户对上网速度不满意,WWW(World Wide Web)已被人戏称为 World Wide Wait(全球等)。

制约 Internet 用户上网速度的因素很多,大致有以下几种。

- ① 用户的接入速度慢。
- ② 骨干网络带宽或者 ISP(网络运营商)出口带宽窄。

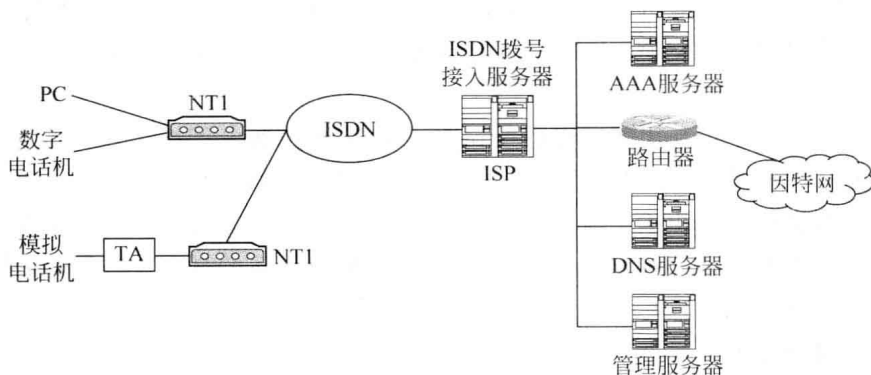


图 1-3 ISDN 接入方案网络结构

③ 网络服务器接入 Internet 的带宽窄或者服务器本身的吞吐速率低。

在这几方面中,用户端接入方面的问题影响最大,窄带接入的速度过慢是用户抱怨最多的,因为这是用户首先意识到并能直观感觉到的问题。因此,窄带接入终将成为历史,宽带上网已经成为广大互联网用户最为迫切的要求。

2. 宽带接入时代

宽带的概念其实是很模糊的,究竟多快才算得上是宽带?很多人都认为比电话线(56Kbps)快的速度就算是宽带了,也有一些人认为大于 128Kbps 的速度就算是宽带了。也有人说是只要能在线播放动画或者音频文件的就算宽带。宽带并不是一个概念,而是一个上网的方式而已。宽带接入方案的提出,主要用于适应于互联网时代更多的网络应用所需要的更高的数量流量,21 世纪的最初几年是我国互联网发展最快的几年,窄带接入的带宽过小已经不能适应于传输越来越精彩的网页,于是在 2003 年之后,宽带接入技术逐渐兴起。

由于接入网的线路规模庞大,直接把铜缆更换为光纤显然成本过高。为了控制成本,通信专家们仍然在传统电缆线上做文章,不断推出新的技术以充分利用这些铜缆。同时推出一些光电混合的接入方案,不断增加光纤的使用范围,逐步缩减铜缆的使用范围。这里最为著名的就是 xDSL 技术和 Cable Modem 技术。

(1) xDSL 技术

所谓 xDSL 技术就是用数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造,使它能够承载宽带业务。DSL 是数字用户线(Digital Subscriber Line)的缩写。而字母 x 表示 DSL 的前缀可以是多种不同字母,用不同的前缀表示在数字用户线上实现的不同宽带方案。

xDSL 技术是采用不同调制方式将双绞线中未被电话占用的那部分高频带宽用作数据传输,这样极大地扩展了双绞线的传输带宽,当然由于高频部分信号存在较大的衰减,xDSL 的传输距离有限,一般只能接入到小区的局端设备中。

xDSL 的应用方案很多,包括非对称数字用户线(ADSL)、高比特数字用户线(HDSL)、甚高速数字用户线(VDSL)技术等。其中 ADSL 在因特网高速接入方面应用广泛、技术成熟;VDSL 在短距离(0.3~1.5km)内提供高达 52Kbps 的传输速率,大大高于 ADSL 和 Cable Modem。

ADSL 是目前在我国得到普遍应用的 xDSL 技术之一,兴起于 2003 年左右,至今仍在我国得到广泛的应用。它的下行通信速率远远大于上行通信速率,最适用于因特网接入和视频点播(VOD)等业务。ADSL 从局端到用户端的下行和用户端到局端的上行标准传输设计能力分别为 8Mbps 和 640Kbps,但是实际上 ADSL 的传输速率受到传输距离的影响,处于比较理想的线路质量情况下,在 2.7km 传输距离时 ADSL 的下行速率能达到 8.4Mbps 左右,而在 5.5km 传输距离时 ADSL 的下行速率就会降到 1.5Mbps 左右。ADSL 宽带接入网示意图如图 1-4 所示。

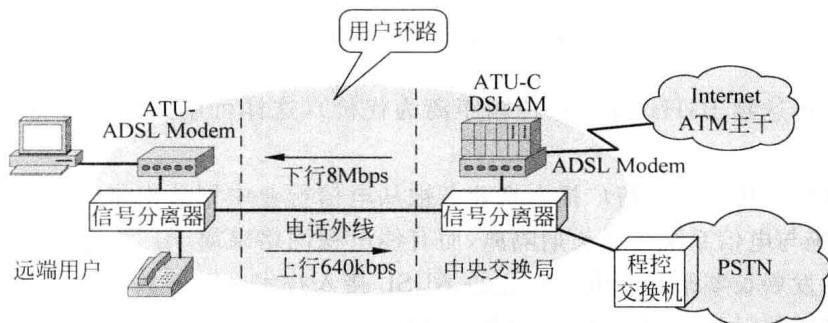


图 1-4 ADSL 接入方案网络结构

目前电信运营商提供的 ADSL 接入带宽普遍在 1~4Mbps 不等,随着光纤的逐步推进,小区的局端设备与用户端的距离越来越近,电话线的实际传输距离越来越短,相应的 ADSL 接入带宽也就可以不断增加。

(2) HFC 技术

HFC 即 Hybrid Fiber-Coaxial 的缩写,是光纤和同轴电缆相结合的混合网络,是借助于有线电视同轴电缆接入数据业务的宽带接入方案,HFC 是一种经济实用的综合数字服务宽带网接入技术。

有线电视网目前在全世界已有超过 9.4 亿的用户,我国有线电视网自 20 世纪 90 年代初发展至今,全国覆盖面已达 50%,电视家庭用户数有 8000 多万,成为世界上第一大有线电视网。随着计算机技术、通信技术、网络技术、有线电视技术及多媒体技术的飞速发展,尤其在 Internet 的推动下,用户对信息交换和网络传输都提出了新的要求,希望融合 CATV 网络、计算机网络和电信网为一体的呼声越来越高,利用 HFC 网络结构,建立一种经济实用的宽带综合信息服务网的方案也由此而生。我国在各地的 CATV 运营商大致在 2003 年开始试点同轴电缆接入技术,并逐步地推进光纤的使用范围,形成光纤和同轴电缆混合接入的模式。

HFC 通常由光纤干线、同轴电缆支线和用户配线网络三部分组成,从有线电视台出来的节目信号先变成光信号在干线上传输;到用户区域后把光信号转换成电信号,经分配器分配后通过同轴电缆送到用户,如图 1-5 所示。

根据原邮电部 1996 年意见,同轴电缆的频带资源分配规则如下:其中 5~42/65MHz 频段为上行信号占用,5~550MHz 频段用来传输传统的模拟电视节目和立体声广播,650~750MHz 频段传送数字电视节目、VOD 等,750MHz 以后的频段留着以后技术发展用,故传输数据使用 750MHz 以后的频段资源。目前 HFC 网络能够传输的频带为 750~860MHz,