

“网管员必读”系列推出之后又一经典力作

网络工程师必读

——接入网与交换网

NETWORK ENGINEER

王 达

飞思科技产品研发中心

编著

监制

- ◆ 全面囊括主流的接入网与交换网技术
- ◆ 深入细致的技术原理和应用方案阐述
- ◆ 大量、全真模拟网络工程师软考习题
- ◆ 同时满足网络工程设计和软考需求



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

TP393
413

网络工程师必读

——接入网与交换网

NETWORK ENGINEER

王 达
飞思科技产品研发中心

编著
插图

网络工程师必读

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

本书是以一个典型的计算机广域网通信为背景进行编写的,详细、全面地介绍了通信网中最主要的两个部分:目前,国内外接入网与交换网的主要技术。

全书共 11 章,第 1 章为内容综述,其他各章分别介绍一类接入网或者交换网,主要是:MODEM(包括民用和工用 MODEM)拨号接入、ISDN 接入、DSL 接入(包括 ADSL、ADSL2、HDSL、HDSL2、VDSL 等)、Cable MODEM 接入、专线接入(包括 T1、E1、DDN 等)、光纤接入(包括 PDH、SDH、GPON、EPON、GEPON 等)、无线接入(包括 WLL、LMDS、MMDS 等)、分组交换网、帧中继网和 ATM 网。本书所介绍的技术在百种以上,而且都是结合当前最新技术和应用进行介绍的。

本书适合网络工程设计人员自学,同时也是各种网络工程师培训机构的最佳培训教材。当然,对于想参加网络工程师软考的人来说,本书加上本系列的《网络工程师必读——网络工程基础》则是绝佳搭配,也是目前国内图书市场上最系统、最深入的网络工程师软考自学、培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

网络工程师必读——接入网与交换网 / 王达编著. —北京:电子工业出版社, 2006.9

ISBN 7-121-03133-7

I.网... II.王... III.①接入网—工程技术人员—技术培训—教材②通信交换—通信网—工程技术人员—技术培训—教材 IV.TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 101555 号

责任编辑:李泽才

印刷:北京天宇星印刷厂

装订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开本:850×1168 1/16 印张:36.25 字数:986 千字

印次:2006 年 9 月第 1 次印刷

印数:4 000 册 定价:55.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010) 68279077; 邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

出版说明

汇聚专业智慧，服务技术大众。

这是飞思科技产品研发中心的出版使命，正是有了这样的使命，我们丝毫不敢懈怠，一刻不敢放松，认真严谨地对待我们策划的每一个系列、每一本图书。随着网络技术的不断更新，不断给我们带来新的课题和挑战，网络开发、网络管理、网络工程等，都是我们重点研发和出版的领域。

两年多前，在电子工业出版社飞思科技产品研发中心的组织策划下，精心孕育的“网管员必读”系列呱呱坠地了，图书上市之后得到了众多读者和经销商的认可，在同类图书中销售排行第一。

每天我们都能收到全国各地的读者打来的电话，询问系列图书后续的出版进度，从中我们感受到了精品品牌图书的力量。“网管员必读”系列以“产品全程策划+品牌营销的项目组”的运作方式取得了成功，可以说团队的力量是巨大的。

“网管员必读”系列累计印数达到十几万册，目前来看，她是成功的，但她也是孤独的。从网络工程的角度来看，网管员工作是整个网络工程链条的后端，前端还有很大一部分的工作需要网络工程师来承担。这也是今天“网管员必读”系列的姐妹篇——“网络工程师必读”系列诞生的原因，先有网络工程，后有网络管理，二者互为补充，形成一个完整的网络知识链条。

成就网络工程师

“网络工程师”这一职业在网络领域中备受重视，但作为新生职业，市场上缺乏体系化的图书产品。现在有不少计算机培训学校把开办“网络工程师”培训班作为一个主要的课程方向，无论从课程设置、师资力量及收费标准上均可以看出，“网络工程师”是各培训学校招生的热门科目之一。在2004年新修订的全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试的项目中，也新增了“网络工程师”这一认证项目。这么多机构和学校看好这块市场是有理由的，据有关数据显示，未来10年“网络工程师”潜在人才需求在135万人以上，平均每年人才需求将不低于13.5万人。

市场对“网络工程师”需求的蛋糕既然这么大，前景这么好，是不是随便哪个人都可以成为网络工程师？答案很明确，不是。网络工程师这一职业对从业人员的要求非常高，从网络基础知识、接入网络技术、网络设备到网络存储技术等，知识覆盖面很广，专业涉及度较深。经过一段时间宏观和微观的调查论证之后，我们最终确定了“网络工程师必读”系列作为一个完整知识体系的组成方式。

网络方向

网络开发

网络管理

网络工程

网站
开发
专家
系列

网
管
员
必
读
系
列

网
络
工
程
师
必
读
系
列

学习的方法非常多，抑或参加培训学校，抑或自我摸索学习，正所谓是万变不离其宗，不管什么样的学习方法，都需要通过对相关图书的学习，加上自身动手实践，才能真正掌握技术要点，成为一名高水平的网络工程师。

正如本篇开头所言，“汇聚专业智慧，服务技术大众”，电子工业出版社飞思科技产品研发中心希望通过聚拢的专家资源、汇集的专业技术，汲取各家之所长，奉献给广大读者更多的精品图书，希望“网络工程师必读”、“网管员必读”等系列图书的出版，能够成为网络从业人员的案头参考书，在您遇到困难时开卷有益；也能够为那些渴望进入网络相关行业的人，开启智慧之门，伴您顺利起航。

网络工程基础

接入网与交换网

网络系统设计

网络安全系统设计

综合布线

网络设备配置与管理

虚拟专用网

无盘网络

网络存储

科学合理的知识体系
奠定坚实的专业基础

深入应用的核心专题
提高职业竞争能力

飞思科技产品研发中心

联系方式

咨询电话：(010) 68134545 88254160

电子邮件：support@fecit.com.cn

服务网址：<http://www.fecit.com.cn> <http://www.fecit.net>

通用网址：计算机图书、飞思、飞思教育、飞思科技、FECIT

前 言

关于丛书

“网络工程师”作为一个新兴的职业，由于发展前景和工资待遇都非常好，正成为许多网络爱好者、网络管理员和大学相关专业朋友的职业追求目标。就目前来说，国内图书市场中的网络工程师方面的图书基本上都是基于全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试（以下简称软考）角度编写的，多数是各类软考习题分析，一些综合性的知识介绍，对于实际的网络工程应用没有多大参考价值，远不能满足现今网络工程应用和网络工程师的职业发展需求。正是在这一基础上，在电子工业出版社和笔者的共同努力下，一套专门针对网络工程应用（同时照顾了网络工程师软考需求）而编写的“网络工程师必读”系列丛书正式诞生了，这必将与我们前期推出的“网管员必读”系列丛书一样受到许许多多读者的喜爱和大力支持，成为市场中最受欢迎的图书之一。

网络工程师相对网络管理员来说，不仅所涉及的知识面广，而且在专业性方面也要深许多。也正是这个原因，目前国内市场中还没有一套比较贴近实际的网络工程师的图书或教程，很多读者也向笔者反映了这一现实问题。说实话，要写这么一套丛书，难度是非常大的，不仅因为它所涉及的技术面广，技术专业性强，更重要的是编写者要有非常全面、丰富的实际网络工程经验，要对各种网络工程技术、产品有全面、深入地掌握。笔者在这方面可能同样存在许多不足，愿各位读者和专家发现问题后及时与出版社或笔者本人联系，我将虚心接受，在此对支持本书的读者表示最真挚的谢意！

关于本书

做过网络系统设计的人都知道，网络系统设计不是一件简单的事，特别是基于广域网通信的系统设计，不再是像小型局域网那样级联几台交换机，拉上几条双绞网线就可以完成的。在复杂的网络系统设计中，除了要掌握像 OSI 体系结构这样的基本网络原理外，更重要的是要掌握各种网络技术和应用。

在通信网中，通常从功能上划分为接入网、传输网、交换网 3 大部分，它们各司其职。接入网当然是负责把用户接入通信网中，位于通信网的末端；而传输网则专门负责数据的传输，不负责对数据的处理，其中主要包括各种网桥、中继器、网关和路由器等设备；最后一段就是交换网了，它负责从用户端接收数据，并进行适当的处理，然后通过交换网络系统把数据转发到接收用户的传输网中，再通过传输网把数据传送到目的用户的接入网中，最后由用户的计算机或网络接收。

在以上 3 部分中，技术最复杂的还是接入网和交换网两部分，它们在一定程度上决定了通信网的基本应用。正因为如此，本书就专门针对通信网的这两个主要部分进行系统介绍。这两部分是进行各种网络系统设计的基础和前提。

在局域网中，用户的接入比较简单，只需要拉一条网线到相应网络交换机的端口上即可，无须拨号，也无须协议转换技术和设备支持，因为在同一局域网中，所支持的协议通常是相同的。而在广域网中，这样的接入方式显然行不通，因为在广域网的传输网（如 PSTN、HFC、Internet 等），或者在交换网中都存在各种不同的类型，支持不同的协议，况且广域网的通信是长距离的，在中间需要经过许多支持不同协议转换的中间设备的中继和数据交换。

介绍接入网技术是本书的重点。本书中介绍的接入技术几乎包括所有当前国内外主要应用的接入技术，如普通模拟 MODEM 拨号、数字 ISDN 拨号、用户环路 DSL，有线电视网的 Cable MODEM、各种专线连接方式（T1、E1、T3、E3、DDN 等）、各种无线连接方式（WLL、LMDS、MMDS 等）和各种光纤接入技术（PDH、SDH、APON、GPON、EPON 和 GEPON

等)。这么多不同的接入方式，就实现了不同的接入方案，当然所支持的业务类型也不完全一样。最关键的是这些接入技术中所采用的主要网络设备和网络接口是完全不一样的，在实际的网络系统设计中，大家一定要区分清楚。

在接入网中最难理解的是我们平常的网络组建和应用比较少见的专线接入方式、无线接入方式和光纤接入方式这三大类。而这三大类却恰好是当前广域通信网中最主流，应用前景最好的接入方式。如 T1、T3、E1、E3 线路是目前最主流的线路标准，许多网络接入技术都支持这些线路标准，而且通过各种复用方式可以实现几倍、几十倍，甚至上千倍的 T1 或者 E1 线路速率。在城域网，或者广域网的无线接入方式中，主要的 LDMS 和 MMDS 两种方式应用最广，因为它们属于宽带类型的无线接入，可以实现比 DSL 用户环路接入方式和 Cable MODEM 更高的接入性能，满足当前高带宽需求的接入应用，如小区内的多媒体广播、远距离的无线电视接收等。

光纤接入网是一种区别于其他线路方式的全新接入方式，它自成体系。因为它具有长距离传输和高速率支持等突出的优点，在各种城域网、广域网，甚至局域网中的应用都非常广泛。目前，基于光纤接入的新技术层出不穷，不仅有与 ATM 结合的 ATPON，还可以实现与现有以太网速率相当的千兆位光纤接入，更有与现有的以太网结合的以太光纤接入，如 EPON 和 GEAPON。各种光纤接入的应用也是随处可见，如有线电视网就是光纤与同轴电缆的混合网，小区光纤宽带网主要也是通过光纤传输的。

本书所介绍的交换网主要介绍了当前最主流的分组交换网（如 X.25 分组交换网）、帧中继网和 ATM 网 3 种。在这 3 种交换网中，各自采用了不同的交换方式，如分组交换网中采用的是分组（Packet）方式，而帧中继交换则采用帧（Frame）交换方式，ATM 则采用信元（Cell）交换方式。帧中继和 ATM 交换可以归纳为快速分组交换大类，显然它比分组交换方式效率更高。

大家在学习本书时候，一定要结合当前实际应用来分析各种接入网技术和交换网技术在实现方式和应用上的主要不同。只有这样，才能在真正进行网络系统设计时灵活自如地选择最佳的搭配方式，实现经济、高效的网络系统设计目标。对这一点将在本系列图书——《网络工程师必读——网络系统设计》一书中作实例介绍。希望大家通过这几部书的学习可以使自己的网络工程应用得到极大的提高。

本书最主要的特色是对内容的全面、系统、深入的介绍。这也是笔者写书一贯追求的目标。综合比较本书与市面上同类书就可以轻易地发现，本书所介绍的技术要全面、深入得多，而不只是泛泛而谈。

本书既可以作为网络工程师朋友自学的教材，还可以作为各种培训机构和大专院校的教材。

本书由王达编著，参加编写、校验和排版的人员有：何艳辉、王珂、沈芝兰、马平、何江林、刘凤竹、卢京华、周志雄、洪武、高平复、周建辉、孔平、尚宝宏、姚学军、刘学、李翔等，在此一并表示由衷的感谢。由于编者水平有限，尽管我们花了大量的精力，书中可能还存在一些错误，敬请读者批评指正，万分感谢！

王 达

目 录

第1章 接入网与交换网综述	1	2.2.3 PPP 协议体系结构	47
1.1 广域通信网	2	2.2.4 PPP 协商流程	48
1.1.1 广域网的基本组成	2	2.2.5 PPP 的 PAP/CHAP 身份 验证	49
1.1.2 接入网概念的提出	3	2.2.6 PPP 帧格式	51
1.1.3 广域网结构划分	4	2.3 MODEM 技术	52
1.1.4 我国通信网的构成	5	2.3.1 MODEM 的工作原理	52
1.2 V5 接口协议	6	2.3.2 MODEM 的传输模式	53
1.2.1 V5 接口简介	6	2.3.3 V.90 传输标准	54
1.2.2 V5 接口功能	6	2.3.4 V.92 传输标准	55
1.2.3 V5.2 协议结构	7	2.3.5 V.44 新数据压缩协议	57
1.2.4 V5.2 协议的帧格式	9	2.3.6 差错控制协议和文件 传输协议	57
1.3 接入网技术	10	2.3.7 MODEM 通信的其他 主要技术	58
1.3.1 接入网技术分类	10	2.4 MODEM 硬件基础	60
1.3.2 普通 MODEM 拨号	11	2.4.1 MODEM 的分类	60
1.3.3 ISDN 拨号	11	2.4.2 主要 MODEM 芯片	62
1.3.4 DSL 接入	13	2.5 MODEM 的硬件安装	65
1.3.5 Cable MODEM 接入	15	2.5.1 串口外置 MODEM 的 硬件连接	66
1.3.6 光纤接入网	17	2.5.2 USB 接口 MODEM 的 安装	66
1.3.7 DDN 专线接入	20	2.5.3 内置 MOEDM 的硬件 连接	67
1.3.8 无线接入	21	2.5.4 笔记本电脑集成 MODEM 的连接	68
1.3.9 各种接入网技术性能 比较	23	2.6 MODEM 拨号连接项的创建 与配置	69
1.4 数据交换网	24	2.6.1 拨号连接项的建立	69
1.4.1 交换概念的引入	24	2.6.2 拨号连接的基本配置	72
1.4.2 电路交换方式	25	2.7 拨号远程访问服务器的安装 与配置	75
1.4.3 报文交换	28	2.7.1 硬件拨号远程访问 服务器	75
1.4.4 分组交换	29	2.7.2 Windows Server 2003 远程访问服务器安装	77
1.4.5 帧交换	32	2.7.3 拨号远程访问服务器 基本属性配置	81
1.4.6 信元交换	33	2.7.4 远程访问服务器端口 配置	85
1.4.7 IP 交换	34		
1.4.8 光交换	36		
1.5 同步训练	38		
第2章 MODEM 拨号接入	41		
2.1 拨号网络基础	42		
2.1.1 公用电话交换网	42		
2.1.2 MODEM 拨号概述	43		
2.1.3 MODEM 拨号的两种 主要应用	44		
2.2 拨号通信协议	45		
2.2.1 SLIP 协议	45		
2.2.2 PPP (Point to Point Protocol) 协议简介	46		

2.7.5 静态路由和 DHCP 中继 代理配置	86	3.5 ISDN 数据通信协议	136
2.8 Windows Server 2003 拨号远程 访问策略的创建与配置	87	3.5.1 ISDN 的无协议传输	136
2.8.1 远程访问策略的创建	88	3.5.2 ISDN 上的 PPP 协议 应用	137
2.8.2 远程访问策略的配置	91	3.5.3 ISDN 的 V.120 协议	137
2.9 零调制解调器	95	3.6 ISDN 的业务	138
2.10 常见 MODEM 拨号疑问和 故障分析与排除	96	3.6.1 承载业务	138
2.10.1 常见拨号疑问解答	96	3.6.2 用户终端业务	141
2.10.2 常见故障分析与排除	99	3.6.3 补充业务	142
2.11 同步训练	102	3.7 ISDN 的主要应用	144
第 3 章 ISDN 接入	105	3.8 ISDN 的软件安装与使用	146
3.1 ISDN 综述	106	3.8.1 TA 适配器的驱动程序 安装与配置	146
3.1.1 ISDN 简介以及与 MODEM 的区别	106	3.8.2 ISDN 拨号连接项的建立 与使用	149
3.1.2 ISDN 技术原理	107	3.9 ISDN 常见故障分析与排除	150
3.1.3 ISDN 体系结构	108	3.10 同步训练	152
3.1.4 ISDN 网络的主要功能	109	第 4 章 DSL 接入	157
3.1.5 ISDN 的主要特点	110	4.1 DSL 技术概述	158
3.2 ISDN 的组成	111	4.1.1 DSL 接入技术的分类	158
3.2.1 ISDN 的主要设备	112	4.1.2 各种 DSL 技术的比较	160
3.2.2 ISDN 的信道和用户-网络 接口	117	4.2 ADSL 接入技术	161
3.2.3 ISDN 网络连接方式	118	4.2.1 ADSL 简介	162
3.2.4 ISDN 的功能群和 参考点	119	4.2.2 G.lite 标准	163
3.3 ISDN 网络的连接	120	4.2.3 ADSL 的信道划分 原理	164
3.3.1 认识 ISDN TA 的接口 和指示灯	120	4.2.4 ADSL 的调制和解调 原理	165
3.3.2 ISDN TA 的连接	121	4.2.5 ADSL 与其他接入方式 的比较	167
3.3.3 各接口电缆的规格	123	4.3 ADSL PPPoE 通信协议	169
3.4 ISDN 协议	125	4.3.1 PPPoE 协议简介	169
3.4.1 ISDN 协议结构概述	126	4.3.2 PPPoE 协议工作原理	170
3.4.2 ISDN 基本速率接口 物理层	128	4.3.3 PPPoE 帧格式	171
3.4.3 ISDN 基群速率接口 物理层	130	4.3.4 PPPoE 的优点与缺点	172
3.4.4 ISDN 协议数据 链路层	131	4.4 PPPoA 协议	173
3.4.5 ISDN 协议网络层	133	4.4.1 PPPoA 协议简介	173
3.4.6 ISDN 的层间通信	135	4.4.2 PPPoA 体系结构的优点 和缺点	174
		4.5 ADSL MODEM 及其连接	174
		4.5.1 ADSL MODEM 的分类 与结构	174

4.5.2 ADSL MODEM 的网络 连接.....	176	4.12 同步训练.....	218
4.6 ADSL 的应用模式.....	177	第 5 章 Cable MODEM 接入.....	221
4.6.1 ADSL 的桥接接入 模式.....	177	5.1 HFC 网络概述.....	222
4.6.2 ADSL 的路由接入 模式.....	179	5.1.1 HFC 网络简介.....	222
4.6.3 IPoA 专线接入模式.....	180	5.1.2 HFC 网络系统频谱 划分.....	223
4.6.4 PPPoA 接入模式.....	184	5.1.3 HFC 网络系统结构.....	223
4.6.5 典型的 PPPoA 网络 体系结构.....	184	5.1.4 HFC 网络的主要优点 和缺点.....	227
4.7 PPPoE ADSL 连接的创建.....	187	5.2 Cable MODEM 技术.....	228
4.7.1 利用 EnterNet 创建 ADSL PPPoE 连接.....	187	5.2.1 Cable MODEM 简介.....	228
4.7.2 Windows XP PPPoE ADSL 连接的创建.....	191	5.2.2 Cable MODEM 的传输 标准和频率配置.....	229
4.8 新一代的 ADSL 技术.....	193	5.2.3 CM 的工作原理.....	230
4.8.1 ADSL2 技术简介.....	193	5.2.4 CM 的 QAM 调制 原理.....	231
4.8.2 ADSL2 相对 ADSL 的 改进.....	195	5.2.5 CM 的 QPSK 调制 原理.....	234
4.8.3 ADSL2+ 技术简介.....	197	5.2.6 HFC 网络上行通道的 其他调制方式.....	235
4.8.4 ADSL2+ 的主要技术 优势与特点.....	197	5.3 CM 系统的连接与应用.....	237
4.8.5 ADSL2+ 的国内应用.....	199	5.3.1 单用户的 CM 系统 连接.....	237
4.9 常见 ADSL 故障排除.....	200	5.3.2 多用户共享的 CM 系统 连接.....	239
4.9.1 物理故障排除.....	200	5.4 Cable MODEM 的软件配置.....	240
4.9.2 逻辑故障排除.....	202	5.4.1 Windows 2000 系统中的 CM 驱动程序安装.....	240
4.10 HDSL 技术.....	203	5.4.2 Windows 98 系统 CM 驱动程序的安装.....	242
4.10.1 HDSL 技术简介.....	203	5.4.3 TCP/IP 协议和浏览器 配置.....	243
4.10.2 HDSL 工作原理.....	204	5.5 Cable MODEM 常见疑难问题 解答与故障排除.....	246
4.10.3 HDSL 网络系统 连接.....	205	5.5.1 常见疑难问题解答.....	246
4.10.4 HDSL2 简介.....	207	5.5.2 常见故障排除方法.....	248
4.10.5 OPTIS 技术原理.....	208	5.6 同步训练.....	251
4.10.6 HDSL 的应用.....	209	第 6 章 专线接入.....	253
4.11 VDSL 技术.....	210	6.1 T 线路.....	254
4.11.1 VDSL 技术简介.....	210	6.1.1 T 线路基础.....	254
4.11.2 VDSL 标准.....	211	6.1.2 E1 线路.....	257
4.11.3 VDSL 技术原理.....	212	6.1.3 T1 线路编码.....	258
4.11.4 VDSL 参考模型.....	215		
4.11.5 VDSL 主要特点和 业务功能.....	217		

6.1.4	E1 编码.....	259	7.3.3	复用原理.....	305
6.2	DDN 基础.....	260	7.3.4	SDH 成网技术.....	307
6.2.1	DDN 概述.....	260	7.4	波分复用 (WDM)	311
6.2.2	DDN 的网络结构.....	261	7.4.1	WDM 简介	311
6.2.3	DDN 系统组成.....	261	7.4.2	WDM 发展历程和 特点	312
6.2.4	DDN 主要特点和 优点	263	7.4.3	WDM 技术原理	315
6.3	DDN 技术.....	264	7.4.4	WDM 的主要特点	316
6.3.1	DDN 的网络同步.....	264	7.4.5	DWDM	317
6.3.2	DDN 管理和控制.....	266	7.4.6	CWDM.....	319
6.4	DDN 接入.....	267	7.5	WDM 系统中的光器件.....	322
6.4.1	用户如何办理入网 手续	267	7.5.1	激光器类型.....	323
6.4.2	用户入网方式.....	267	7.5.2	激光调制.....	325
6.4.3	DDN 与其他网络的 连接方式	270	7.5.3	波分复用器件.....	327
6.5	DDN 业务.....	272	7.5.4	光放大器.....	329
6.5.1	DDN 基本业务.....	272	7.5.5	光纤光栅器件.....	331
6.5.2	其他业务.....	273	7.6	IP over SDH.....	332
6.5.3	用户入网速率选择.....	275	7.6.1	IP over SDH 概述.....	332
6.5.4	DDN 业务资费标准.....	275	7.6.2	IP over SDH 技术的 优缺点	333
6.6	DDN 常见故障排除.....	276	7.7	GPON.....	334
6.7	同步训练.....	277	7.7.1	GPON 的提出.....	334
第 7 章	光纤接入.....	281	7.7.2	GPON 技术特点.....	335
7.1	光纤接入网基础.....	282	7.7.3	GPON 系统结构.....	336
7.1.1	光纤接入网概述.....	282	7.7.4	GME 成帧方法.....	338
7.1.2	光纤接入网分类.....	282	7.7.5	GPON 帧结构	339
7.1.3	光纤接入网的基本 组成.....	284	7.7.6	GPON 的主要优势.....	341
7.1.4	光纤接入装置.....	286	7.8	EPON 技术.....	342
7.1.5	光纤接入网的拓扑 结构	291	7.8.1	EPON 标准进程	342
7.1.6	光纤接入网的优缺点.....	293	7.8.2	EPON 的基本网络 结构	343
7.2	SDH 光纤接入网.....	294	7.8.3	EPON 传输原理	344
7.2.1	PDH 的不足.....	294	7.8.4	EPON 的关键技术.....	345
7.2.2	SDH 的提出.....	295	7.9	GEPON 技术.....	350
7.2.3	SDH 的主要特点.....	296	7.9.1	GEPON 原理	350
7.2.4	SDH 的主要优势.....	296	7.9.2	GEPON 主要特点	351
7.2.5	SDH 的不足.....	298	7.9.3	GEPON 面临的主要 挑战和解决方法	352
7.3	SDH 技术.....	299	7.9.4	3 种 PON 技术的比较.....	353
7.3.1	SDH 帧结构.....	299	7.10	光纤用户环路.....	356
7.3.2	SDH 复用映射结构.....	303	7.10.1	光纤接入网的形式.....	356
			7.10.2	FTTH 的解决方案.....	358

7.10.3	FTT+LAN 接入方式的 用户登录.....	360	8.5.1	MMDS 概述.....	400
7.10.4	光纤到户在国内外的 发展.....	361	8.5.2	MMDS 的主要特点.....	400
7.11	同步训练.....	363	8.5.3	MMDS 系统组成.....	401
第 8 章	无线接入	369	8.5.4	MMDS 与 LMDS 的 比较.....	403
8.1	无线接入基础.....	370	8.5.5	MMDS 的现状与发展 前景.....	404
8.1.1	无线接入概述.....	370	8.6	WiMAX.....	405
8.1.2	移动宽带无线接入与 固定宽带无线接入.....	371	8.6.1	WiMAX 概述.....	405
8.1.3	固定无线接入分类.....	373	8.6.2	WiMAX 主要特点.....	406
8.1.4	我国无线接入频率 管理.....	375	8.6.3	WiMAX 的技术优势.....	407
8.2	固定无线接入技术规范.....	377	8.6.4	WiMAX 与 Wi-Fi 的 关系.....	408
8.2.1	引用标准.....	377	8.6.5	WiMAX 与 3G 的关系.....	409
8.2.2	网络定位.....	378	8.6.6	英特尔构建的 WiMAX 蓝图.....	410
8.2.3	固定无线接入系统 基本配置.....	379	8.6.7	WiMAX 面临的挑战.....	411
8.2.4	固定无线接入业务和 功能.....	380	8.7	同步训练.....	412
8.2.5	固定无线接入接口.....	382	第 9 章	分组交换网	417
8.2.6	操作维护系统.....	383	9.1	数据交换基础.....	418
8.2.7	固定无线接入的基本 设备要求.....	384	9.1.1	线路交换.....	418
8.2.8	3.5GHz 无线接入技术系统 的框架.....	387	9.1.2	报文交换.....	419
8.3	无线本地环路接入.....	388	9.1.3	分组交换.....	420
8.3.1	无线本地环路接入 概述.....	388	9.1.4	线路交换与分组交换的 比较.....	420
8.3.2	WLL 的优越性.....	389	9.2	分组交换网.....	421
8.3.3	无线本地环路的技术 方案及相关条件.....	389	9.2.1	分组交换网简介.....	421
8.4	本地多点分配业务接入.....	391	9.2.2	分组交换网工作原理.....	422
8.4.1	LMDS 概述.....	391	9.2.3	分组交换网的组成.....	423
8.4.2	LMDS 系统网络结构.....	393	9.2.4	分组交换网的主要 服务.....	425
8.4.3	LMDS 的主要技术特点 和优势.....	394	9.2.5	分组交换网的优点和 缺点.....	426
8.4.4	LMDS 系统的主要业务 和典型应用.....	396	9.3	分组交换协议.....	427
8.4.5	LMDS 发展状况及 应用前景.....	398	9.3.1	X.25 协议简介.....	428
8.5	多路多点分配业务接入.....	399	9.3.2	X.25 协议工作原理.....	428
			9.3.3	X.25 协议优点与缺点.....	429
			9.3.4	HDLC 协议简介.....	430
			9.3.5	HDLC 协议结构.....	430
			9.3.6	LAPB 协议.....	433
			9.4	X.25 分组交换网的组成.....	434
			9.4.1	X.25 分组交换机.....	434

9.4.2	用户接入设备.....	435	10.4	帧中继功能实现.....	477
9.5	X.25 协议的分层结构.....	437	10.4.1	帧中继功能概述.....	477
9.5.1	X.25 协议结构简介.....	437	10.4.2	带宽管理.....	478
9.5.2	X.25 协议的物理层.....	438	10.4.3	拥塞管理.....	479
9.5.3	X.25 协议的数据链 路层.....	439	10.5	本地管理接口 (LMI)	481
9.5.4	X.25 协议的分组层.....	440	10.5.1	LMI 帧格式.....	481
9.6	分组交换功能的实现.....	444	10.5.2	LMI 过程.....	482
9.6.1	分组交换资源分配.....	444	10.5.3	链路完整性验证与 PVC 状态查询.....	483
9.6.2	分组的形成.....	446	10.6	帧中继上的多协议互联.....	484
9.6.3	路由选择.....	448	10.6.1	RFC1490 简介.....	485
9.7	分组网的业务类型和应用.....	449	10.6.2	RFC1490 的分片 功能.....	486
9.7.1	任选业务功能类型.....	449	10.7	帧中继用户接入.....	487
9.7.2	常用任选业务功能 描述.....	451	10.7.1	帧中继用户接入 规程.....	487
9.7.3	ChinaPAC 支持的用户 入网协议.....	454	10.7.2	用户接入电路.....	488
9.7.4	分组交换网的应用.....	455	10.8	帧中继业务及应用.....	490
9.8	同步训练.....	456	10.8.1	帧中继业务简介及 主要特点.....	490
第 10 章	帧中继网.....	461	10.8.2	帧中继网的主要 应用.....	492
10.1	帧中继交换网.....	462	10.8.3	与现有业务的比较.....	493
10.1.1	帧中继技术的发展 历史.....	462	10.9	同步训练.....	494
10.1.2	帧中继的基本工作 原理.....	463	第 11 章	ATM 网.....	497
10.1.3	主要帧中继标准.....	464	11.1	ATM 综述.....	498
10.1.4	帧中继交换的主要 特点.....	465	11.1.1	ATM 网络技术发展 历程.....	498
10.1.5	帧中继与 X.25 分组网 的比较.....	466	11.1.2	ATM 网络的交换 原理.....	499
10.2	帧中继交换网结构.....	467	11.1.3	ATM 网络的主要 特点.....	501
10.2.1	帧中继网络接入 设备.....	468	11.1.4	ATM 网络的主要 优点.....	502
10.2.2	帧中继交换机.....	469	11.2	ATM 网络的组成.....	503
10.2.3	帧中继用户接入 设备.....	470	11.2.1	ATM 网络设备.....	503
10.3	帧中继协议体系结构.....	471	11.2.2	ATM 网卡.....	505
10.3.1	帧中继体系结构 简介.....	471	11.2.3	ATM 的线路传输.....	506
10.3.2	数据链路层.....	473	11.2.4	ATM 网络的接口.....	507
10.3.3	LAPF 协议帧格式.....	473	11.3	ATM 协议参考模型.....	509
10.3.4	LAPF 的帧交换过程.....	476	11.3.1	ATM 参考模型简介.....	509
			11.3.2	ATM 物理层.....	511

11.3.3	TC 子层工作原理	513	11.5.6	ATM 交换与电路交换 的比较	534
11.3.4	ATM 层信元格式	514	11.6	ATM 网络的 IP 支持	535
11.3.5	ATM 网络连接的建立 与释放	515	11.6.1	ATM 网络中的 IP 支持 概述	535
11.3.6	服务质量控制	516	11.6.2	CLIP	536
11.3.7	流量控制	517	11.6.3	LANE 简介	538
11.3.8	拥塞控制	518	11.6.4	LANE 的工作原理	540
11.3.9	ATM 适配层	519	11.6.5	MPOA	542
11.4	AAL 协议族	520	11.6.6	IP 交换	545
11.4.1	AAL1	520	11.7	ATM 业务	546
11.4.2	AAL2、AAL3/4	523	11.7.1	ATM 网络的主要接入 方式	547
11.4.3	AAL5 简介	524	11.7.2	QoS 和从 QoS 上划分 ATM 业务类型	548
11.5	ATM 交换技术	525	11.7.3	ATM 网主要提供的业 务种类	549
11.5.1	TDM 与 STDM 的 比较	525	11.7.4	业务接入实现方式	550
11.5.2	ATM 交换网络结构	526	11.8	同步训练	550
11.5.3	ATM 交换的时分交换 与空分交换	527	附录 A	同步训练参考答案	555
11.5.4	ATM 交换系统结构	531			
11.5.5	ATM 交换的主要 特征	533			

第 1 章

接入网与交换网综述

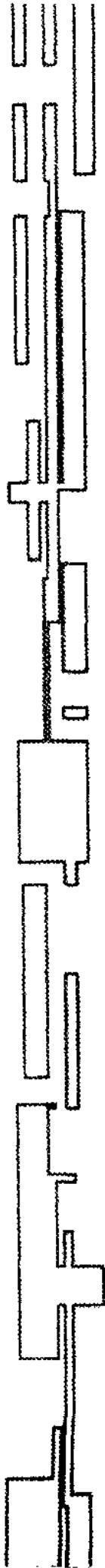
计算机广域通信网（包括互联网）从总体上可以划分为接入网、传输网和交换网等 3 大部分。在这 3 部分中，中间那部分的“传输网”功能相对简单，它只负责信号的传输，不对数据进行任何处理。而用户端的“接入网”和局端的“交换网”技术最为复杂，也是整个通信网络的核心。本书要介绍的就是最复杂的这两个部分——接入网和交换网。主要介绍这两部分网络中的各具体网络类型中的主要技术和网络功能的实现原理。

本章是对全书内容的综合介绍，目的是想让各位读者朋友们在正式学习本书后面各章前，对各种具体接入网和交换网，以及相应的主要技术有一个最基本的了解。并从全局的角度对各种接入网和数据交换网技术进行横向比较，从而在实际工作中选择自己所需要的技术。

这里所介绍的主要内容是各种接入网和数据交换网的基本知识、基本网络结构、主要技术，以及各自的主要应用，并对主要的接入网和数据交换网类型进行综合的横向比较，以供读者应用时选择。

本章重点

- 广域通信网的基本结构及各部分的主要作用
- V5 接口协议
- ADSL、HDSL、VDSL 的主要特点和应用
- 主要光纤接入网技术及各自的主要特点和优点
- SMDS 和 MMDS 无线接入技术的主要特点
- ADSL、HDSL、Cable MODEM 和光纤接入网的比较
- 交换的基本概念和原理
- 分组交换的主要特点和优点
- 分组交换与电路交换的主要区别
- 帧交换的主要特点
- 信元交换的主要特点和优点
- IP 交换的基本原理和主要分类
- 光交换基本原理和主要技术





1.1 广域通信网

此处所讲的广域通信网指的是计算机广域网。在所有的网络类型中，广域网是最复杂的，因为它包括所有的网络类型，实现所有的技术功能。作为一个网络工程师，对广域网结构和通信技术的掌握程度如何，是设计各种网络接入、网络应用系统的基础和前提。

1.1.1 广域网的基本组成

在广域网（包括互联网）的通信中，数据或者信号的传输不像局域网那样，可直接地从交换机的一个端口转发到另一个端口那么简单，而是先要经过不同类型的网络接入，然后又可能要经过许多个不同类型的网络上的路由转发并长距离传输，到达自己选择的 NSP（网络服务提供商）核心网上的交换机上，再沿着相反的顺序，从核心网交换机上经过不同网络的路由转发到达对方的接入网；由接入网把数据传送到对方的计算机上。在这样一条长的通信链路中，从功能上，我们可以把它划分为三大块：在前面那部分是负责与数据发送方，或者数据接收方用户接入的，我们称之为“接入网”；这部分网络基本上是部署在用户端的，需要与用户终端设备连接。而在数据发送方用户的接入网中把数据向 NSP 核心网传输，或者由 NSP 核心网向接收方用户的接入网传输的那部分网络是专门负责数据中继传输的，我们称之为“传输网”。这部分网络功能最单一，但传输距离最长，网络结构也很复杂。最后一部分就是 NSP 的核心网络，是用来进行数据交换处理的，我们称之为“交换网”。整个网络通信过程可用图 1-1 表示。



图 1-1 广域通信网的基本结构



注意

并不是所有广域网连接都需要有这 3 部分，有些甚至只有“接入网”部分，如 MODEM 对联，但“接入网”部分是必不可少的。另外，图中标注的各网络间看似是直接用电线连接的，但事实上并不是这样的，而是需要经过许多不同类型的设备，甚至网络，按照一定的方式、一定的结构连接的。这主要因为在一个图中不可能把所有可能的具体网络连接方式都给出。

从图中可以看出，无论是从数据发送方角度来看，还是从数据接收方角度来看，整个网络总的来说都是分为 3 大部分。在这 3 部分中，传输网其实也就是通常所说的“中继网”（但不是“帧中继网”），它的作用就是不断地中继传输用户发送的数据或者信号。传输网通常采用的是直接电路连接，或者用像中继器、网桥、路由器这样的设备层层转发，直到 NSP 的核心交换网。

“接入网”的概念其实并不是一开始就有的，这一点将在下一节具体介绍。之所以现在把它单独划出来，是因为目前各种专门用于用户接入的网络技术类型非常之多，而且在功能上也进行了专门化处理。最常见的接入网技术包括普通 MODEM 拨号、ISDN 拨号、ADSL、HDSL、VDSL、Cable MODEM、光纤接入网、DDN 专线、无线接入网。在这里所涉及的主要技术就是不同的调制、解调技术，因为它把用户发送的数字信号，或者数据放在模拟，或者数字在线路中传输。而 NSP 的核心交换网则是专门用来对用户发送的数据进行处理，并与

接收方用户进行数据交换，所以通常把它称之为“数据交换网”。它的功能最复杂，对应的技术也最复杂。复杂所在之处就是各种不同的数据交换技术。而在这各种数据交换技术中又涉及到许多复杂的技术，如各种交换网的体系结构、帧格式，交换连接的建立、数据传输和连接释放，以及帧（或分组、信元）的形成、同步、复用、纠错等技术。

以上各方面的技术在书中均会有详细地介绍。接入网技术将从第2章开始依次介绍，内容包括MODEM拨号、ISDN拨号、xDSL数字环路接入、Cable MODEM接入、OAN（光纤接入网）、专线接入、无线接入这7种接入网络类型。而交换网的介绍则是从第8章开始，主要介绍分组交换网、帧中继网和ATM（异步传输模式）网这3种交换网类型。

1.1.2 接入网概念的提出

数据通信网离不开电信网，因为最初的MODEM拨号通信就是建立在电信的PSTN（Public Switched Telephone Network，公用交换电话网）的基础上，直到现在，电信的PSTN仍是主要的通信网络。

电信网络发展一百多年来，电信网技术已发生了翻天覆地的变化，无论是交换还是传输，大约每隔10~20年就会有革命性的新技术和系统诞生。然而这种迅速更新和变化只发生在电信网的核心网和传输网部分，而电信网的边缘部分，即从本地交换机到用户之间的接入网一直是电信网领域中技术变化最慢的领域。以前因为用户基本上都集中在城市，而且用户的应用基本上仅限于语音通信（或基于64Kbps语音通道的数据通信），所以接入问题并不是一个很严重的问题。但随着业务的扩展，用户的范围已不局限于城市，郊区、农村都有大量的用户，地域分布极其广泛与复杂；另外，用户网络通信的应用需求也发生了根本性的变化，除了基本的话音通信外，大容量的数据和图形图像数据传输逐渐成为主流，而且用户对数据通信性能的要求也越来越高，同步与异步、分组转发与透明专线、通信速率从低到高也不再像原来那么单一了。这样一来，原来的64Kbps语音通道显然无法满足用户的这些要求。为了生存与发展，电信公司必须对原来一直漠不关心的接入网部分加以重视。于是就有了本书后面将要介绍的各种网络接入技术。“接入网”的概念也是在这个时候由ITU-T（ITU-Telecommunication standardization sector，国际电信联盟电信标准化组）提了出来。

接入网（Access Network，AN）的概念首次是由英国电信（BT）于1975年提出的，它是通过建立一种标准化的接口方式来实现的。通过一个可监控的接入网络，使用户能够获得语音、租用线业务、数据多媒体、有线电视等综合业务。但直到20世纪80年代后期ITU-T着手制定标准化V5.X数字接口规范，并对接入网作出较为科学的界定，接入网技术才真正进入电信业应用领域。所以，通常说的V5接口，在一定意义上来说就是指接入网标准。

接入网在我国有很大的市场发展空间，其涉及面非常广，从地理上跨我国大疆南北；从层次上涵盖城市、郊区和广大的农村地区；从物理媒介上包括传统铜缆、CATV同轴缆和路边光缆；从业务上涉及数据（包括Internet、股市行情、电子商务，等等）、语音、多媒体、点对点/点对多点通信。可以预见未来二三十年内通信市场的竞争空间主要集中在接入网技术和业务市场。

接入网的特点有以下几点。

- 支持多业务接入

这是ISP公司服务于用户的必然结果，用户有什么通信需求，就要尽量提供服务。这是各运营商竞争的必然结果。

- 功能专注化

之所以专门划分出一个“接入网”，其目的就是想让各种不同的接入方式通过简单的技