

21 世 纪 信 息 技 术 丛 书



综 合 业 务 接 入 技 术

ZONGHE YEWU JIERU JISHU

(修 订 版)

纪越峰 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

《21 世纪信息技术丛书》

综合业务接入技术

(修订版)

纪越峰 编著

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

综合业务接入技术/纪越峰编著. —修订版. —北京: 北京邮电大学出版社, 2001

(21 世纪信息技术丛书)

ISBN 7-5635-0394-3

I. 综 ... II. 纪 ... III. 综合业务通信网: 接入网-技术
IV. TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 083133 号

综合业务接入技术

(修订版)

编 著 纪越峰

责任编辑 孙伟玲

*

北京邮电大学出版社出版发行

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京源海印刷厂印刷

*

850 mm × 1 168 mm 1/32 印张 8.125 字数 208 千字

2001 年 12 月第 2 版 2001 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1—5 000 册

ISBN 7-5635-0394-3/TN·178 定价: 19.10 元

• 21 世纪信息技术丛书 •

编 委 会

主 任：叶培大

副主任：林金桐 钟义信

编 委：(按姓氏笔划排序)

马 严 乐光新 叶 敏

刘元安 吕廷杰 朱其亮

纪越峰 杨义先 杨放春

孟洛明 宋俊德 郭 军

赵尔沅 顾畹仪 梁雄健

修 订 版 说 明

“跨世纪信息技术丛书”出版后，引起信息通信领域广大技术人员、管理人员以及高校相关专业师生竞相传阅。目前该丛书已发行数万套，这在专业科技图书的出版中并不多见，并且因为该丛书选题新颖、内容领先而荣获全国高校出版社优秀畅销书奖。

然而信息通信技术的发展一日千里，技术更新的周期越来越短，发展速度越来越快。应广大读者的要求，我们组织丛书的作者对各册内容进行了修订。在此，我们向这些作者对修订版工作的积极配合表示深深地谢意。他（她）们均是我校在教学科研领域里颇有建树的学科带头人和技术中坚，教学、科研任务繁重，但仍然抽出大量宝贵的时间认真对原书进行了重新修订。其中部分书稿为了及时跟踪技术的前沿进展，几乎对全书内容进行了重新组织和编写，使其焕然一新。

进入新世纪，我们将此丛书更名为“21 世纪信息技术丛书”，不仅仅是基于时间变化上的考虑，更重要的是：信息技术仍然是现代技术体系中的主导技术，并且是更新速度最快的技术之一。所以我们希望这套丛书今后仍然以不变的风格和作者、不断更新的内容来满足读者的要求，同时也真诚地欢迎读者提出宝贵建议，使这套丛书不断地完善起来。

北京邮电大学出版社
2001 年 11 月

总 序

信息化浪潮如日中天，它描绘出现代化之旅的时代画卷。信息技术如同一架强劲的发动机，不管人们对它的应用持何种态度，我们都不得不跟上它的步伐。信息技术在其应用中所赋有的强渗透性和高附加值，而成为信息时代的核心技术和中坚力量，它影响和决定着现代技术总体的走向。

网络的平民化和商业化为 50 年代以来的新信息革命提供了一次转机，这一转机就是 80 年代之后，网络逐步取代电脑成为信息社会的技术核心，亦即电脑成为网络的终端，而并非网络作为电脑的外围。这一革命性的变化，同时演绎出现代通信的时代意义：通信不仅仅作为信息传递的手段，它还能在信息存储和转换、信息处理和收发等方面扩展着自身的功能。现代通信向着信息业全面延伸，现代通信的内涵就是信息网络，就是国家或国际的信息基础结构（俗称“信息高速公路”）的技术平台。从这种意义上看，现代通信的技术，正成为信息技术体系中的主导和基础。

北京邮电大学作为国内通信领域著名大学，聚集着一批学识卓越的中青年技术专家，他们作为信息技术某一领域的领衔人物，始终站在信息技术研发活动中的前沿地带。他们把自己在国外或国内获得的最新知识和丰硕成果，把自己对信息技术的深刻理解，连同他们的智慧和热情，凝聚在这套跨世纪信息技术丛书之中，呈现给读者。

纵览这套丛书，这其中有着执全光通信领域研究之牛耳的顾畹

仪教授对波分复用（WDM）全光通信网作为光纤通信未来发展首选方案的据理力争；有国内外知名的信息安全权威杨义先教授对网络与信息安全技术前沿及趋势的恢宏论述；有网管及通信软件专家孟洛明教授对现代网络管理技术的通览；有智能网领域成果斐然的杨放春教授对智能化现代通信网的诠释；有目前我国电子商务炙手可热的学者吕廷杰教授对我国实现电子商务软环境及社会影响等给予的引人注目的回答；有光纤通信专家纪越峰教授对综合业务接入技术和光波分复用系统的精辟论述；有 CERNET 专家马严教授对计算机互联网技术及其演进的展望；有刘元安和郭军两位年轻的博士生导师分别对未来移动通信和智能信息技术所作的前瞻性的描述。

我们认为这几位中青年学俊，从他们各自所在的重点研究项目和教学工作中抽出时间来写作这套丛书，其意义丝毫不亚于他们手头的一二个项目。这些年轻的博士生导师不仅仅是最新信息技术的生产者，而且是这些最新知识的整理者和传播者。他们点拨出热门技术中的技术轨道，直叙其来龙去脉，如数家珍，娓娓动听。他们为了整个文稿简捷、生动、明快而不厌其烦地几易其稿，这令我们既感动又宽慰。北京邮电大学出版社为这套丛书的出版倾注了大量的精力，我们谨此致以诚挚的谢意。是为序。

丛书编委会
一九九九年十月

修 订 版 前 言

当今社会已进入信息时代，人们除了对传统的电话、传真、数据通信的需求外，又对诸如计算机通信、高速率数据通信、会议电视、电子信箱及多媒体通信提出了更高的要求。特别是近年来，美国推出了国家信息基础设施（National Information Infrastructure，简称 NII，即信息高速公路）计划后，人们期望实现在地球的任何地方、任何时间、同任何人、以任何方式进行信息交流。也就是说，通信网将朝着数字化、宽带化、智能化、个人化的方向发展，而现代化的通信网主要由传输网、交换网、接入网三大部分组成。就我国的通信网络而言，传输网经过近几年的发展，一级、二级干线及大中城市的市话中继线已基本实现了数字化、光纤化，交换网也基本实现了程控化、数字化，因此随着传输网、交换网的高速发展，必然促使接入网的快速发展。然而，接入网是整个通信网络中建设技术复杂、实施难度大、投资费用高、影响范围大的也是关键的一部分，所以接入网也就成了通信网建设中的“瓶颈”。如何解决好这“最后一哩”的通信问题，就成了实现通信现代化的关键技术和国际通信高新技术所关注的焦点之一。

本书对综合业务接入技术进行了较全面和系统的介绍，内容包括接入网基础、V5 接口、铜线接入、光纤接入、无线接入、混合接入等方面，重点为各种传输技术。

本书是在笔者编写的《综合业务接入技术》（1999 年版）的基础上改编而成，根据技术的发展与应用趋势，重点补充了一些

宽带接入技术（如：ADSL，HomePNA，Cable Modem，LMDS 等）。

由于作者水平所限，加之编写时间仓促，不足之处，恳请同行和读者指正。

作 者

2001 年 8 月

目 录

1

接入网基础

1.1	接入网的产生	1
1.2	什么是接入网	4
1.2.1	接入网的定义	4
1.2.2	接入网的定界	5
1.2.3	接入网的分层	6
1.2.4	接入网的主要特点	7
1.3	接入网主要接口与业务支持	9
1.3.1	接口类型	9
1.3.2	支持的主要业务	10
1.3.3	V5 接口的构成	13
1.3.4	V5 接口的接入类型	15
1.3.5	V5 接口的功能	17
1.3.6	Q 接口与 V5 接口的关系	19
1.3.7	VB5 接口	20
1.4	IP 接入网	21
1.4.1	IP 接入网的结构模型	21
1.4.2	IP 接入网与常规接入网的区别	22
1.4.3	IP 接入网需要解决的问题	24

1.5 接入网中的关键技术	25
1.6 接入网的标准化进展	27
1.7 接入网的建设与发展	30
1.7.1 为什么要发展接入网	30
1.7.2 国际和国内发展动态	31
1.7.3 接入网的技术走向	34

2

铜线接入技术

2.1 铜线接入技术的引入	39
2.2 铜线传输系统	40
2.2.1 铜线传输系统的基本构成	40
2.2.2 传统的铜线传输存在的问题	41
2.3 数字线对增容技术	42
2.3.1 基本结构与工作原理	42
2.3.2 主要技术要求	44
2.4 高比特率数字用户线技术	44
2.4.1 HDSL 系统工作原理	45
2.4.2 2B1Q 与 CAP 编码技术	48
2.4.3 主要技术要求	52
2.4.4 主要特点与应用方式	54
2.5 不对称数字用户线技术	55
2.5.1 ADSL 系统工作原理	56
2.5.2 ADSL 系统业务能力	58
2.5.3 DMT 调制技术	59

2.5.4 CAP 与 DMT 的比较	61
2.5.5 ADSL 的技术特点	63
2.5.6 基于 ATM 信元传输的 ADSL 宽带接入技术	63
2.5.7 基于 IP 方式的 ADSL 宽带接入技术	65
2.5.8 G.lite 技术	69
2.5.9 ADSL 的组网原则	72
2.6 甚高速数字用户线技术	73
2.6.1 VDSL 的引入	73
2.6.2 VDSL 标准	74
2.6.3 VDSL 的关键技术	75
2.7 HomePNA 接入技术	76
2.7.1 HomePNA 简介	76
2.7.2 HomePNA 的工作原理	77
2.7.3 HomePNA 的特点	78
2.8 以太网接入技术	79
2.8.1 以太网接入技术的基本概念	80
2.8.2 以太网接入的基本结构	81
2.8.3 以太网接入的解决方案	82
2.9 IP 旁路技术	84
2.10 铜线接入技术的综合比较	86

3

光纤接入技术

3.1 光纤接入技术的引入	89
3.2 光纤接入网的基本结构	90

3.2.1 参考配置	90
3.2.2 基本功能块	93
3.3 光纤接入网拓扑结构	96
3.4 光纤接入网基本性能	99
3.4.1 OAN 系统规范	99
3.4.2 OAN 的业务支持能力	100
3.4.3 主要性能要求	100
3.5 无源光网络	102
3.5.1 PON 的引入	103
3.5.2 传输技术	104
3.5.3 ATM-PON 的结构、原理与关键技术	109
3.5.4 基于以太网的无源光网络	115
3.5.5 无源光网络的实现	115
3.6 光同步数字体系传送技术	116
3.6.1 SDH 产生背景	118
3.6.2 SDH 概念和特点	120
3.6.3 SDH 帧结构	124
3.6.4 段开销	126
3.6.5 通道开销	131
3.6.6 同步复用和映射原理	133
3.6.7 ADM 设备	138
3.6.8 SDH 自愈环	141
3.6.9 在接入网中应用 SDH	149
3.6.10 IP over SDH 技术	152

4

混合光纤/同轴电缆接入技术

4.1	HFC 接入技术的引入	156
4.2	HFC 系统结构	157
4.2.1	工作原理	157
4.2.2	系统配置	159
4.2.3	频谱安排	160
4.3	HFC 网络的特点与业务支持	161
4.3.1	主要特点	161
4.3.2	业务支持能力	162
4.3.3	HFC 网络的局限性	163
4.4	Cable Modem 接入系统	164
4.4.1	Cable Modem 概述	164
4.4.2	Cable Modem 基本原理	165
4.4.3	Cable Modem 的主要特点	167
4.5	HFC 典型系统	168

5

无线接入技术

5.1	无线接入技术的引入	173
5.2	无线接入的种类	174
5.3	固定无线接入	178
5.3.1	固定无线接入技术的引入	178
5.3.2	固定无线接入的定义、定位与应用	179

5.3.3	固定无线接入系统分类	181
5.3.4	系统基本配置	183
5.3.5	设备基本要求	185
5.3.6	业务及功能	189
5.3.7	窄带无线接入技术	190
5.3.8	宽带无线接入技术	191
5.3.9	LMDS 宽带无线接入技术	194
5.3.10	主要技术指标	199
5.4	甚小型天线地球站系统	204
5.4.1	基本结构与工作原理	204
5.4.2	传输与接入技术	205
5.5	全球移动通信系统	208
5.5.1	基本结构与工作原理	209
5.5.2	接口与业务支持	212
5.6	卫星移动通信系统	213
5.6.1	基本结构与工作原理	214
5.6.2	DirecPC 宽带接入系统	215

6

接入网管理与运行

6.1	为什么要进行管理	217
6.1.1	接入网网络管理的特殊性	217
6.1.2	接入网网络管理标准的发展方向	218
6.2	管理结构	219
6.2.1	一般功能结构	219
6.2.2	功能管理结构	220

6.3	管理功能	221
6.3.1	接入网的主要功能	221
6.3.2	用户口功能的管理	224
6.3.3	核心功能的管理	225
6.3.4	业务口功能的管理	226
6.3.5	传送功能的管理	226
6.3.6	AN 系统管理功能的管理	227
6.4	管理信息的传递	228
6.5	供电	230
6.5.1	供电问题的提出	230
6.5.2	目前的供电解决方案	230
6.5.3	PON 的供电	232
6.5.4	接入网设备的馈电接口	233
6.6	网络性能要求	234
6.6.1	误码性能	234
6.6.2	抖动性能	236
6.6.3	其他性能	240

目前通信技术已经历了从模拟到数字、从窄带到宽带、从单一的语言通信到多媒体通信的发展进程，而接入网作为面向用户的“最后一哩 (last mile)”，已成为研究与应用的热点。在介绍各类接入技术之前，本章将首先讲述什么是接入网？它对整个电信网的影响有多大？目前的发展趋势是什么？

1.1 接入网的产生

自从 1876 年电话机发明以后，诞生了电话用户环路。几年后，纸绝缘的双绞线对开发成功并标准化。19 世纪 90 年代初又发明了局用主配线架，用以终结和连接大量的双绞线对，同时还发明了集中供电电源，这些发明标志了用户接入的基本形成。这种基本配置形式保持了几近一个世纪而没有什么重大改变。

传统的用户环路是从电话局的总配线架出发，采用一对铜线连接一个用户终端，存在的主要缺陷是：

(1) 基于实线回路中传输音频信号，用户环路的传输距离和带宽受到较大的制约，其中的带宽制约还不利于支持非话业务，更难以支持宽带业务。

(2) 当现有用户数迅速增加，市话交换区域扩大时，用户环路费用上升，而且铜线市场方面也存在着经济价格因素。

(3) 目前的铜线用户网故障较多，维护成本较高。

(4) 城市内的现有地下管道，因业务的增长而日益紧张，管道扩容的费用很大，而且涨幅很大。