

通信工程丛书

接 人 网

韦乐平 编著

中国通信学会主编·人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是一本全面系统讲述接入网概念、网络环境和结构以及各种系统技术的专著。内容以代表发展方向的光纤接入网为主,并适当讲述了其他各种接入网的传输技术、相关系统技术和元器件技术。

全书共分 15 章,第一章介绍接入网基本概念、特点和发展背景;第二章简要介绍与接入网有关的各种系统技术;第三章介绍接入网功能结构和网络结构;第四、五、六章分别介绍光接入网中所用的光纤光缆、光有源器件和光无源器件;第七章详细讲述各种光接入网技术及其新发展方向;第八章重点介绍 ISDN/B-ISDN 接入技术;第九章和第十章分别简要介绍城域网和用户驻地网;第十一章介绍各种无线接入技术,重点是固定无线接入技术;第十二章着重介绍 CATV/HFC 网及其发展;第十三、十四、十五章则分别讲述网络性能、网络管理和网络规划。

全书内容系统全面,材料充实丰富,反映了国际上接入网领域从标准到技术各方面的最新进展,可供从事接入网规划设计、研究开发、维护管理的工程技术人员和管理人员阅读,也可供大专院校相关专业的高年级学生和研究生学习参考。

接 入 网

◆ 编 著 韦乐平
责任编辑 王小明

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街 14 号
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:850×1168 1/32
印张:21.5

字数:566 千字

1997 年 7 月第 1 版

印数:1—6 000 册

1997 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN7-115-06399-0/TN · 1162

定价:38.00 元

丛 书 前 言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握有关专业的基础理论知识,提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力,了解通信技术的新知识和发展趋势,以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献,我会与人民邮电出版社协作,组织编写这套“通信工程丛书”,陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地实际达到通信各专业工程师所应有的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发,密切结合当前通信科技工作和未来发展的需要,阐述通信各专业工程师应当掌握的专业知识,包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求,以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备,深浅适宜,条理清楚,对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材,不仅介绍有关的物理概念和基本原理,而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际;论证简明扼要,避免繁琐的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们,我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议,使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

前 言

100 多年以来,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 年就会有新一代的技术和系统诞生。然而这种迅速更新和变化只发生在电信网的核心——即长途网和中继网部分。而电信网的边缘——即从本地交换机到用户之间的接入网部分,则主要由于经济的原因几乎没有多大改变,仍然以模拟双绞线为主,成为电信网全网的发展瓶颈。

进入 90 年代以后,随着各国接入网市场的逐渐开放、电信管制政策的放松、竞争的日益加剧和扩大、新业务需求的迅速出现、光纤技术和无线技术乃至铜缆技术的新发展,接入网开始成为人们关注的焦点。这一巨大的潜在市场不仅吸引了各种不同背景的网络和业务的提供者,也促使产生了各种各样五花八门的新技术。然而迄今为止没有任何一种单一的技术可以满足所有的场合和应用需要,因而技术的多元化是接入网的一个基本特征。本书旨在对近几年来接入网及其相关领域出现的新概念、新技术和新系统作一全面介绍,力求尽量反映国际上的最新技术进展。全书以网络 and 系统技术为中心,并适当介绍了一些重要的元器件及部件的技术。主要讲清概念原理以及特性和应用,并注意材料的系统性和实用性。

全书共分 15 章,第一章首先介绍接入网的基本概念、环境和发展。第二章简要介绍与接入网相关的各种系统技术的原理和特点。第三章重点讲述接入网的各种网络结构及其特点。第四、五、六章分别介绍光纤接入网中最基本、最重要的光纤光缆、光有源器件和光无源器件的原理、特性和应用。第七章重点讲述未来接入网的重要发展方向——光接入网。第八章重点介绍 ISDN 和 B-ISDN 接入技术,第九章和第十章分别介绍城域网和用户驻地网。第十一章讲述各种新兴的

无线接入技术。第十二章讲述 CATV 网和新出现的 HFC 网。第十三、十四、十五章分别介绍网络性能、网络管理和网络规划。

鉴于接入网领域涉及市场、法规、业务和技术的众多不定因素，因而其技术解决方案和网络演进路线也呈现了很大的不确定性，网络规划设计应用经验还十分有限，再加上作者学识有限，写作时间仓促，因而书中一定有不少谬误和偏颇之处，还望读者给予指正为盼。

作 者

1996 年 8 月于北京

目 录

第一章 接入网概述	1
1.1 接入网概念	1
1.2 接入网的发展历史	3
1.3 接入网的特点	4
1.4 接入网业务需求	8
1.5 接入网的市场.....	11
1.6 接入网向宽带方向的发展.....	17
参考文献	18
第二章 系统技术	19
2.1 数字交换技术.....	19
2.1.1 STM 交换技术	19
2.1.2 STM 交换技术的发展	20
2.1.3 ATM 交换技术	23
2.2 光纤传输技术.....	26
2.2.1 基本原理和特点.....	26
2.2.2 光纤数字传输技术.....	29
2.2.3 光纤模拟传输技术.....	34
2.2.4 光复用技术.....	36
2.2.5 双向传输技术.....	43
2.2.6 新型传输技术.....	47
2.3 无线传输技术.....	55
2.4 铜缆传输新技术.....	61
2.4.1 概述.....	61
2.4.2 用户线对增容技术.....	62

2.4.3	HDSL 技术	65
2.4.4	ADSL 和 VDSL 技术	68
2.5	数字复用体系	77
2.5.1	准同步数字复用体系	77
2.5.2	同步数字复用体系	79
	参考文献	85
第三章	接入网结构	87
3.1	接入网环境	87
3.2	用户接入概貌	89
3.3	功能结构	90
3.4	接口	96
3.5	接入类型	102
3.6	传送能力	103
3.7	物理参考模型	104
3.8	网络拓扑和结构	110
	参考文献	119
第四章	光纤和光缆	121
4.1	光纤	121
4.1.1	光纤的种类	121
4.1.2	光纤的主要参数	126
4.1.3	主要参数的规范	134
4.1.4	光纤的非线性	138
4.1.5	塑料光纤	142
4.2	光缆	143
4.2.1	光缆的设计原则	143
4.2.2	光缆的结构	144
4.2.3	光缆的种类	147
4.2.4	高密度用户光缆	153
4.2.5	连接技术	154

参考文献.....	155
第五章 有源光器件.....	156
5.1 光源	156
5.1.1 半导体激光器	156
5.1.2 非半导体激光器	171
5.1.3 发光二极管	172
5.2 光检测器	177
5.2.1 光检测器的主要特性	177
5.2.2 PIN 管	184
5.2.3 APD 管	187
5.3 光电集成电路	191
5.3.1 基本原理与发展方向	191
5.3.2 OEIC 的元件	193
5.3.3 OEIC 的技术	194
5.3.4 OEIC 的应用和主要问题	195
参考文献.....	197
第六章 无源光器件.....	198
6.1 3 端口和 4 端口光纤耦合器	198
6.2 星形耦合器	205
6.3 波分复用器件	209
6.4 光纤活动连接器	223
参考文献.....	229
第七章 光接入网.....	231
7.1 光接入网的概念和分类	231
7.1.1 基本概念和应用环境	231
7.1.2 系统接入方式	234
7.2 参考配置和应用类型	236
7.2.1 功能参考配置	236
7.2.2 功能结构	238

7.2.3	应用类型	238
7.2.4	业务支持能力	243
7.2.5	配置结构的选择	244
7.3	OAN 系统总体要求	246
7.3.1	工作波长范围	246
7.3.2	光纤类型	248
7.3.3	双向传输技术	249
7.3.4	OAN 容量和 ONU 类别	253
7.3.5	逻辑传输距离	254
7.3.6	ONU 功能规定	255
7.3.7	OLT 功能规定	256
7.3.8	信号传输延时	258
7.4	ODN 结构和功能	259
7.4.1	ODN 组成	259
7.4.2	ODN 结构	260
7.4.3	保护配置	263
7.4.4	ODN 模型	264
7.4.5	光通道损耗类别	269
7.4.6	ODN 的反射	270
7.5	定时和同步	271
7.5.1	同步结构	271
7.5.2	同步保护和 ONU 定时	272
7.5.3	用于传送同步业务的网络侧接口	273
7.5.4	用于传送同步业务的用户侧接口	274
7.6	操作管理维护	275
7.6.1	操作管理维护功能	275
7.6.2	OAN 的安全	279
7.6.3	供电	282
7.7	TDMA 帧结构和测距机理	285

7.7.1	多址接入技术	285
7.7.2	TDMA 帧结构	286
7.7.3	测距机理	291
7.7.4	间插方式的选择	293
7.8	可靠性和可用性	294
7.8.1	基本概念	294
7.8.2	光接入网的可用性	295
7.9	OAN 的升级和演进	298
7.9.1	OAN 升级的一般考虑	298
7.9.2	PON 传送宽带图像业务	300
7.9.3	以 PON 为基础的 SDV 业务和应用	305
7.9.4	SDH 应用于接入网	309
7.9.5	以 ATM 为基础的 BPON(APON)	315
7.9.6	PON 与其他现有传输技术的经济比较	318
7.10	实际系统简介	321
7.10.1	采用 TDM/TDMA 的双纤单工 PON 系统	321
7.10.2	采用 TDM/TDMA 的单纤 TCM 双工 PON 系统	324
7.10.3	采用 TDM/SCMA 的单纤双工 PON 系统	327
7.10.4	AON 系统	330
7.10.5	以 BPON 为基础的 SDV 业务	334
	参考文献	337
第八章	ISDN 和 B-ISDN 接入技术	340
8.1	ISDN 接入技术	340
8.1.1	ISDN 基本概念	340
8.1.2	ISDN 网络结构模型	343
8.1.3	ISDN 协议参考模型	352
8.1.4	ISDN 标准通路	354
8.1.5	ISDN 用户线数字传输技术	356

8.1.6	ISDN 接入数字段	358
8.1.7	ISDN 业务	362
8.1.8	ISDN 呼叫处理	364
8.1.9	D 通路争用	366
8.1.10	No. 7 信令系统	367
8.1.11	ISDN 的演进	368
8.2	B-ISDN 接入技术	369
8.2.1	B-ISDN 基本概念	369
8.2.2	B-ISDN 分层原理	373
8.2.3	B-ISDN 网络结构模型	378
8.2.4	B-ISDN 协议参考模型	384
8.2.5	B-UNI 物理层特性和功能	390
8.2.6	B-ISDN 接入数字段	395
8.2.7	B-ISDN 业务	397
8.2.8	B-ISDN 信令	401
8.2.9	业务量控制和拥塞控制	409
8.2.10	网络性能和业务质量	411
8.2.11	B-ISDN 网络管理和 OAM 原则	419
8.2.12	B-ISDN 的演进	424
	参考文献	429
第九章	城域网	431
9.1	城域网的基本概念	431
9.2	功能结构	435
9.2.1	MAN 的通用结构	435
9.2.2	MAN 的参考配置和功能	436
9.2.3	接入设施	439
9.2.4	MAN 交换系统	439
9.3	协议参考模型	440
9.3.1	通用协议参考模型	440

9.3.2 分层协议参考模型	440
9.4 物理层	442
9.5 寻址原理	443
9.6 网络管理	444
9.7 拓扑结构和演进	445
9.8 交换式多兆比特数据业务(SMDS)	446
参考文献	449
第十章 用户驻地网	450
10.1 用户驻地网的基本概念	450
10.2 基本 CPN 的参考模型	452
10.3 网络结构	453
10.4 规划和设计	456
10.5 用于 CPN 的光元件	458
10.6 CPN 的应用	459
10.7 CPN 的演进	461
10.8 未来 CPN 的要求	464
参考文献	465
第十一章 无线接入技术	466
11.1 无线接入技术基本概念	466
11.2 无线本地环结构	468
11.3 无线接入工程的设计	474
11.4 多址接入	478
11.5 无线本地环系统	481
11.6 蜂窝移动通信系统	488
11.6.1 蜂窝移动通信基本概念	488
11.6.2 无线接入应用的要求	491
11.6.3 TDMA 蜂窝移动通信	493
11.6.4 CDMA 蜂窝移动通信	498
11.6.5 不同技术体制系统参数的比较	504

11.7	无绳通信系统	505
11.7.1	公用 CT2 系统结构	506
11.7.2	公共空中接口(CAI)	508
11.7.3	新一代无绳通信系统—DECT	508
11.8	卫星移动通信系统	511
11.8.1	“铱”系统	512
11.8.2	全球星系统	514
11.9	个人通信和个人通信网	517
11.9.1	PCN 的网络结构	519
11.9.2	个人的移动性	521
11.9.3	个人通信的技术关键	523
	参考文献	524
第十二章	CATV 和 HFC 网	527
12.1	CATV 网结构及其演进	527
12.2	CATV 网的业务需求和趋势	530
12.3	CATV 传输系统的性能参数	532
12.3.1	信号质量参数	532
12.3.2	非线性畸变	536
12.4	CATV 光纤传输系统	538
12.4.1	光纤 VSB-AM 传输系统	538
12.4.2	光纤 FM 传输系统	540
12.4.3	数字图像传输系统	540
12.4.4	传输链路光功率预算	545
12.4.5	对关键器件的技术要求	547
12.4.6	实际光纤 CATV 系统简介	550
12.5	HFC 网	554
12.5.1	网络结构	555
12.5.2	传输媒质	558
12.5.3	频谱安排	561

12.5.4	双向通信	563
12.5.5	供电问题	565
12.5.6	关键设备的功能	566
12.5.7	新业务和全业务网	567
12.5.8	网络管理	568
12.5.9	实际 HFC 系统简介	569
12.5.10	HFC 的发展方向	573
12.6	电缆 PCS 系统	576
12.7	VOD 业务和网络结构	579
	参考文献	581
第十三章	网络性能	584
13.1	误码特性	584
13.1.1	误码的概念和影响	584
13.1.2	误码的产生和分布	585
13.1.3	误码性能的规范	587
13.2	抖动特性	595
13.2.1	抖动的概念和影响	595
13.2.2	抖动的产生	596
13.2.3	抖动性能的规范	599
13.3	漂移特性	604
13.3.1	漂移的概念和影响	604
13.3.2	漂移的产生	606
13.3.3	漂移性能的规范	606
13.4	延时特性	609
13.4.1	延时的概念和影响	609
13.4.2	延时的产生	610
13.4.3	延时性能的规范	614
	参考文献	615
第十四章	网络管理	617

14.1	TMN 的基本概念	617
14.2	TMN 的结构	618
14.2.1	TMN 功能结构	619
14.2.2	TMN 信息结构	622
14.2.3	TMN 物理结构	626
14.3	TMN 的功能	630
14.4	面向目标的方法	631
14.5	接入网管理	635
	参考文献	637
第十五章	网络规划	639
15.1	接入网演进的战略规划	639
15.1.1	电话公司的战略	639
15.1.2	有线电视公司的战略	642
15.1.3	加速接入网的光纤化	644
15.2	网络规划过程	645
15.2.1	新技术和网络规划	645
15.2.2	发展规划	647
15.2.3	业务需求和业务量预测	649
15.2.4	设备选择	651
15.2.5	网络规划的新概念	652
15.2.6	总结	656
	参考文献	656
附录:术语		658

第一章 接入网概述

本章将介绍接入网的概念和发展历史,阐述其主要特点和业务需求。并从业务需求、技术选择和政策法规角度分析了接入网市场,给出了参考预测结果。在本章的最后,讲述接入网向宽带网的发展。

1.1 接入网概念

近些年来,国际电信联盟标准部(ITU-T)已经正式采用了用户接入网(简称接入网)的概念。这是一个适用于各种业务和技术,有严格规定并以较高的功能角度描述的网络概念,本书将在第三章中给予系统地介绍。这里作为一个初步的概念,我们可以将接入网看作市话端局或远端交换模块(RSU)与用户之间的部分,主要完成交叉连接、复用和传输功能,一般不含交换功能。在历史上,这一部分被称为本地网(Local Network),中文意译为用户网,也有人称其为本地环路或用户环路,其定义和范畴比较混乱,即便在ITU内部,不同的研究组和出版物也往往有不同的定义。然而,多数国家的所谓本地网概念采用ITU-T第13和第15研究组所采用的划分方法,即指市话端局或RSU至用户终端之间的部分,通常不含市话端局与RSU之间的部分。这一划分原则已为ITU确认并作为接入网概念(严格的定义参见第三章),它可适用于所有的业务和技术,独立于交换机且并不限定于电话网。然而有时从维护的角度将端局至用户之间的部分统统称为接入网,不再计较是否包含RSU,注意这不是技术定义。本书将着重讨论电话网环境下的接入网,也以相当篇幅介绍了其他非

电话网环境下的接入网。

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(CPN)两大块,其中CPN属用户所有,因而,通常电信网指公用电信网部分。公用电信网又可以划分为三部分,即:长途网(长途端局以上部分)、中继网(即长途端局与市话局之间以及市话局之间的部分)和接入网(即端局至用户之间的部分)。目前国际上倾向于将长途网和中继网合在一起称为核心网(Core Network)或转接网(Transit Network)。相对于核心网而言,余下的部分称作用户接入网似乎是恰当的,它主要完成使用户接入到核心网的任务。可见,用户接入网是相对核心网而言的,由于两者的环境、业务量密度以及技术手段有很大差别,因而有些文献只把核心网部分称为网路,而将用户接入网称作接入环路。总之,尽管国际上的划分方法和叫法尚未完全统一,但在本书中的划分方法和叫法是前后统一的,即将市话端局以上部分称为核心网或转接网,而将市话端局或远端模块以下至用户部分称为(用户)接入网。为了使读者对接入网在整个电信网中的位置有一个清楚的认识,图 1.1.1 给出了整个电信网的组成示意图,其中 UNI 和 SNI 接口的全部含义见第三章。

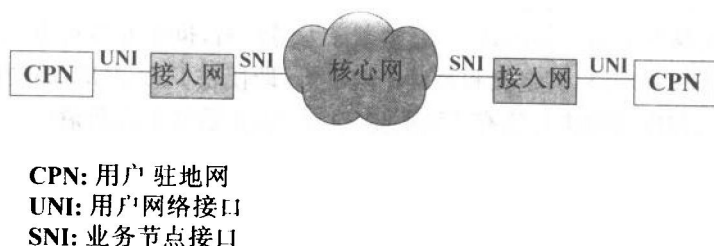


图 1.1.1 电信网的组成示意图