

余智豪 顾艳春 范灵 编著

接入网技术

(第2版)

清华大学出版社





接入网技术

(第2版)

余智豪 顾艳春 范灵 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书全面系统地阐述了接入网的主流技术和最新的研究成果,深入地介绍了各种有线宽带接入技术,如 xDSL、HFC、以太网、光纤等;无线宽带接入技术,如 WLAN、WMAN、WWAN 以及用户接入管理等内容。内容涵盖了接入网的关键技术、基本原理、系统结构、技术标准、通信协议、接口、网络安全、应用领域和接入管理等。全书共分为 12 章:内容包括接入网技术概述、接入网的体系结构、接入网的接口、电话铜线接入技术、电缆调制解调器接入技术、以太网接入技术、光纤接入技术、无线局域网接入技术、无线城域网接入技术、无线广域网接入技术、电力线接入技术、接入网管理。

本书可用作高等院校计算机、网络工程、通信类及相关专业的高年级本科生的教材,也可以作为计算机网络工程及相关专业的大专和各类培训班的教材,对于学习接入网技术、从事网络工程的技术人员和科研人员本书也是一本很好的参考书。

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/余智豪等编著.—2 版.—北京:清华大学出版社,2017
ISBN 978-7-302-45408-3

I. ①接… II. ①余… III. ①接入网 IV. ①TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 260157 号

责任编辑:刘向威

封面设计:文 静

责任校对:白 蕾

责任印制:何 芊

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>, 010-62795954

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:22.5

字 数:545 千字

版 次:2012 年 8 月第 1 版

2017 年 1 月第 2 版

印 次:2017 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:45.00 元

前言

本书为《接入网技术》的第2版,是作者2012年8月在清华大学出版社出版《接入网技术》(ISBN 9787302283720)的基础上,融入了最近几年接入网技术领域的最新研究成果(如4G接入技术等),结合了作者多年教学实践的心得和体会,并虚心听取读者们的宝贵意见,通过认真的修改、补充、优化和完善而成。

接入网是现代通信网络的重要组成部分,它是将用户设备连接到核心网的网络,使用户可以使用核心网提供的各种业务。在新一代的通信网络体系结构中,接入网技术已经发展成为一个重要的技术分支,与其核心网技术并驾齐驱,共同构成现代电信网络。

接入网已经成为一个相对独立完整的系统,接入网技术的教材应该包含接入网的体系结构、总体技术标准、各种技术的分类和特点、适用环境、用户接入管理等主要内容。核心网IP化和接入网IP化已经是大势所趋,尽管专门讨论电信接入网的教材已经较多,但是重点论述IP接入网的教材并不多见。随着互联网的普及,各种宽带接入技术日新月异,正展开激烈的市场竞争,因此,作为接入网技术教材,有必要与时俱进。深入、详细、系统地分析和论述各种有线和无线宽带接入网的新技术也给从事接入网技术的教学和科研提出了新的要求。近年来,各大专院校的通信专业、网络工程专业、计算机应用及相关专业均开设了《接入网技术》课程。因此,为了全面系统地介绍接入网技术、为满足教学和社会生产实践的需要、为培养社会急需的通信、计算机网络工程专业技术人才,我们编写了这本教材。

无线宽带接入网是近年发展迅速的新技术,作为一本专业的教材,本书将深入浅出,从体系结构、标准、协议、安全等方面对无线宽带接入网技术进行讨论。

本教材的特点是强调实用性和新颖性,力求全面、客观地分析和论述接入网的基本概念、基本原理;保持教材内容的先进性,书中涉及了各种接入网的新技术,以便让读者对接入网技术的发展和演变有比较深入的了解。

全书共分为十二章,各章的主要内容如下:

第一章为接入网技术概述,主要介绍接入网的基本概念、发展简史、分层模型、功能结构、接口、分类和宽带接入技术等基础知识。

第二章为接入网体系结构,主要介绍电信接入网的总体标准 G. 902 和 IP 接入网总体标准 Y. 1231。

第三章为接入网接口,主要介绍接入网的业务节点接口、用户网络接口、电信管理接口、V5 接口以及最新的 VB5 接口。

第四章为电话铜线接入技术,主要介绍电话铜线的传输性能、话带 Modem 拨号接入、ISDN 拨号接入,以及 HDSL 接入技术、ADSL 接入技术和 VDSL 接入技术等知识。

第五章为电缆调制解调器接入技术,主要介绍 HFC 网络和 Cable Modem 的系统原理

和技术要点。

第六章为以太网接入技术,主要介绍以太网的发展、技术标准、物理层、MAC层等。

第七章为光纤接入技术,主要介绍无源光网络 PON、APON、EPON、GPON 的系统结构、协议模型、技术要点等知识。

第八章为无线局域网接入技术,主要介绍无线局域网的体系结构、CSMA/CA 协议、无线局域网的物理层、无线局域网媒体访问控制层和无线局域网的安全技术。

第九章为无线城域网接入技术,主要介绍 802.16 标准、802.16 的物理层、802.16 的 MAC 层。

第十章为无线广域网接入技术,主要介绍无线广域网的接入体系、陆地广域网无线数据通信系统和典型的陆地无线广域网接入技术。

第十一章为电力线接入技术,主要介绍电力接入网的基本概念、电力接入网的系统结构、电力接入网工作原理和电力接入技术的优缺点等。

第十二章为接入网管理,主要介绍网络管理的概念、网络管理的功能和电信管理网。

为便于读者学习,在《接入网技术》第2版的附录中,新增加了两套模拟试题和常用英文缩写对照表。

由于接入网涉及的内容较广,新技术发展迅速,因此资料更新较快,编写的工作量和难度都比较大。在深入研讨、反复磋商确定编写大纲的基础上,本书的第1版由佛山科学技术学院的几位教师共同合作编写。其中,第1~4章、第7章、第8章、第10~12章由余智豪老师编写;第5~6章由胡春萍老师编写;第九章由李娅老师编写;全书由余智豪老师统稿及修改;罗海天副教授、周灵副教授认真审阅了本书的书稿;雷晓平副教授对书稿提出了许多宝贵意见。

顾艳春老师和范灵老师参与了本书第2版的修订工作,其中顾艳春老师认真地审阅和更正了第1~6章的全部内容,范灵老师认真地审阅和更正了第6~12章的全部内容,并给出了许多改进意见。第2版全书由余智豪老师负责补充、修订和统稿。

在本书编写和改编过程中,得到了许多专家和同行的热心帮助和指导,在此一并致以感谢。

由于编者水平所限,本书疏漏和不当之处难以避免,恳切希望各位读者不吝指正。

编 者

2016年6月于佛山科学技术学院

目 录

第 1 章 接入网技术概述	1
1.1 接入网的基本概念	1
1.1.1 接入网的定义	1
1.1.2 接入网的发展简史	2
1.1.3 接入网的分层模型	3
1.1.4 接入网的功能结构	4
1.1.5 接入网的接口	6
1.2 宽带接入技术	7
1.2.1 宽带接入技术的概念	7
1.2.2 宽带接入技术概况	8
1.2.3 宽带接入技术的发展趋势	9
1.3 接入网技术的分类	9
1.3.1 电话铜线接入网	10
1.3.2 光纤接入网	13
1.3.3 混合接入网	16
1.3.4 无线接入网	18
1.4 常用接入技术比较	21
1.5 本章小结	22
复习思考题	22
第 2 章 接入网的体系结构	24
2.1 电信接入网总体标准——G. 902	24
2.1.1 ITU G. 902 概述	24
2.1.2 ITU G. 902 对接入网的定义	25
2.1.3 接入网的拓扑结构	25
2.1.4 接入网的定界	29
2.1.5 接入网的管理	30
2.2 IP 接入网总体标准——Y. 1231	31
2.2.1 IP 接入网系列标准概述	31
2.2.2 IP 接入网的定义	32

2.2.3	IP 接入网参考模型	33
2.2.4	IP 接入网的接入协议模型	34
2.2.5	用户驻地网	35
2.2.6	G.902 与 Y.1231 的比较	35
2.3	本章小结	36
	复习思考题	37
第3章	接入网的接口	38
3.1	业务节点接口	38
3.1.1	业务节点的概念	38
3.1.2	业务节点的类型	38
3.1.3	业务节点接口的类型	39
3.2	用户网络接口	40
3.2.1	Z 接口	40
3.2.2	U 接口	40
3.2.3	其他接口	41
3.3	电信管理网接口	41
3.3.1	电信管理网的概念	41
3.3.2	电信管理网的业务	42
3.3.3	电信管理网的体系结构	42
3.3.4	电信管理网的 4 种接口	44
3.4	V5 接口	45
3.4.1	V5 接口的概念	45
3.4.2	V5 接口的接入模型	45
3.4.3	V5 接口的主要功能	47
3.4.4	V5.2 接口的协议结构	48
3.5	VB5 接口	63
3.5.1	VB5 接口的基本特性	63
3.5.2	VB5 接口的协议配置	67
3.5.3	VB5 接口的协议	69
3.5.4	VB5 接口的连接类型	70
3.6	本章小结	74
	复习思考题	75
第4章	电话铜线接入技术	76
4.1	电话铜线用户线路网	76
4.1.1	公用电话交换网	76
4.1.2	电话铜线和音频对称电缆	77
4.1.3	用户线路网	78

4.1.4	电话线路的配线方式	79
4.1.5	电话铜线的传输性能	81
4.2	铜线对增容技术	83
4.2.1	信号复用技术	83
4.2.2	线路集中技术	85
4.3	普通 Modem 接入技术	86
4.3.1	拨号通信协议	86
4.3.2	Modem 的工作原理	91
4.3.3	调制解调技术	93
4.4	ISDN 拨号接入技术	94
4.4.1	ISDN 的体系结构	94
4.4.2	ISDN 的协议	95
4.4.3	ISDN 的业务	97
4.5	HDSL 接入技术	99
4.5.1	xDSL 技术简介	99
4.5.2	HDSL 系统的组成	99
4.5.3	HDSL 系统关键技术	101
4.6	ADSL 接入技术	103
4.6.1	ADSL 技术的特点	103
4.6.2	ADSL 的技术标准	104
4.6.3	ADSL 的工作原理	104
4.6.4	ADSL 复用技术	106
4.6.5	ADSL 调制技术	106
4.6.6	ADSL 的发射和接收模块	109
4.6.7	ADSL 的帧结构	111
4.7	VDSL 接入技术	112
4.7.1	VDSL 参考模型	113
4.7.2	VDSL 频段划分	113
4.7.3	VDSL 调制技术	114
4.7.4	VDSL 技术与 ADSL 技术比较	115
4.8	第二代 xDSL 接入技术	115
4.8.1	HDSL2 技术简介	115
4.8.2	ADSL2+ 技术简介	117
4.8.3	VDSL2+ 技术简介	118
4.9	本章小结	120
	复习思考题	121

第5章 电缆调制解调器接入技术	122
5.1 HFC 技术概述	122
5.1.1 有线电视网络的演进过程	122
5.1.2 双向 HFC 网结构	123
5.1.3 HFC 频谱划分	124
5.1.4 双向 HFC 网络的噪声问题	124
5.1.5 HFC 网络协议标准	125
5.2 Cable Modem 系统工作原理	126
5.2.1 Cable Modem 系统构成	126
5.2.2 Cable Modem 工作原理	128
5.3 基于 DOCSIS 的 Cable Modem	130
5.3.1 DOCSIS 协议层次结构	130
5.3.2 DOCSIS 的物理层	130
5.3.3 DOCSIS 的传输会聚子层	131
5.3.4 MAC 子层	132
5.3.5 数据链路加密子层	133
5.3.6 DOCSIS 1.1 协议	134
5.3.7 DOCSIS 2.0 简介	136
5.3.8 DOCSIS 3.0 简介	136
5.4 Cable Modem 的应用	138
5.4.1 系统的基本构成	138
5.4.2 Cable Modem 系统的配置、使用和管理	139
5.4.3 HFC 网络用户线接入方式	140
5.5 本章小结	140
复习思考题	140
第6章 以太网接入技术	141
6.1 以太网接入技术概述	141
6.1.1 以太网接入及其优点	141
6.1.2 以太网接入技术在应用中存在的问题	142
6.2 以太网接入的主要技术	142
6.2.1 用 VLAN 隔离用户信息	142
6.2.2 PPPoE 技术	143
6.2.3 802.1x 技术	147
6.2.4 PPPoE 与 802.1x 认证方式的比较	149
6.2.5 基于 VLAN+PPPoE 的以太网接入技术方案	149
6.3 IEEE 802.3ah 以太接入网	150
6.3.1 IEEE 802.3ah 标准概要	151

6.3.2	铜线以太接入	151
6.3.3	光纤以太接入	152
6.3.4	802.3ah 的 OAM	153
6.3.5	802.3ah 的应用	154
6.4	本章小结	155
	复习思考题	156

第 7 章 光纤接入技术 157

7.1	光纤接入网基础	157
7.1.1	光纤接入网的概念	157
7.1.2	光纤接入网的应用类型	158
7.1.3	光纤接入网的拓扑结构	159
7.2	无源光网络	161
7.2.1	无源光网络的概念	161
7.2.2	无源光网络的光纤类型	162
7.2.3	无源光网络的波长分配	163
7.2.4	无源光网络的关键技术	163
7.2.5	无源光网络的功能结构	170
7.3	APON 接入技术	174
7.3.1	APON 的系统结构	175
7.3.2	APON 的帧结构	177
7.3.3	APON 的关键技术	179
7.3.4	APON 的应用	182
7.4	EPON 接入技术	182
7.4.1	EPON 的发展背景	182
7.4.2	EPON 的系统结构	184
7.4.3	EPON 的工作原理	185
7.4.4	EPON 的光路波长分配	187
7.4.5	EPON 的应用	188
7.5	GPON 技术	190
7.5.1	GPON 简介	190
7.5.2	GPON 的标准	190
7.5.3	GPON 的系统结构	192
7.5.4	GPON 的工作原理	193
7.5.5	GPON 的协议栈	196
7.5.6	GPON 的封装方式	200
7.6	本章小结	202
	复习思考题	202

第 8 章 无线局域网接入技术	204
8.1 无线局域网概述	204
8.1.1 无线局域网的覆盖范围	204
8.1.2 无线局域网的特点	205
8.1.3 无线局域网的发展	205
8.1.4 无线局域网的分类	206
8.1.5 无线局域网的应用	207
8.2 无线局域网的体系结构	209
8.2.1 无线局域网的组成	209
8.2.2 无线局域网的拓扑结构	211
8.2.3 无线局域网的服务	213
8.3 CSMA/CA 协议	214
8.3.1 CSMA/CA 基本原理	215
8.3.2 冲突避免机制	216
8.3.3 单帧等待应答	218
8.3.4 分段与重装	219
8.3.5 信道占用预测	220
8.4 无线局域网的物理层	221
8.4.1 IEEE 802.11 物理层	222
8.4.2 IEEE 802.11a 标准	223
8.4.3 IEEE 802.11b 标准	224
8.4.4 IEEE 802.11g 标准	225
8.4.5 IEEE 802.11n 标准	226
8.5 无线局域网安全技术	227
8.5.1 WEP 安全技术的工作原理	227
8.5.2 WPA 安全技术的工作原理	228
8.5.3 基于 802.1x 协议的认证安全机制	230
8.5.4 802.11i、WPA2 和 AES 加密标准	232
8.5.5 WAPI 安全协议	233
8.6 本章小结	235
复习思考题	236
第 9 章 无线城域网接入技术	238
9.1 无线城域网概述	238
9.1.1 无线城域网的形成	238
9.1.2 WiMAX 论坛	239
9.2 IEEE 802.16 标准	241
9.2.1 IEEE 802.16 标准及其演进	241

9.2.2	WiMAX/802.16 系统结构	244
9.2.3	WiMAX/802.16 端对端的参考模型	245
9.2.4	WiMAX/802.16 网络实体	246
9.2.5	WiMAX/802.16 网络接口	246
9.2.6	WiMAX/802.16 业务及 QoS	247
9.2.7	WiMAX/802.16 协议模型	247
9.3	IEEE 802.16 物理层	248
9.3.1	IEEE 802.16 物理层的分类	248
9.3.2	IEEE 802.16 物理层的关键技术	249
9.4	IEEE 802.16 MAC 层	252
9.4.1	802.16 MAC 层的技术特点	252
9.4.2	汇聚子层的功能	254
9.4.3	汇聚子层的分类	254
9.4.4	汇聚子层报头压缩功能	255
9.4.5	公共部分子层	258
9.4.6	MAC CPS 支持的网络结构	258
9.4.7	MAC CPS 的功能	262
9.4.8	MAC 安全子层	266
9.5	WiMAX 技术与其他技术比较	267
9.5.1	无线宽带接入背景	267
9.5.2	无线宽带接入技术	267
9.5.3	3G 技术概述	268
9.5.4	WiMAX 技术概述	270
9.5.5	WiFi 技术概述	271
9.5.6	WiFi、WiMAX、3G 技术对比	272
9.6	本章小结	273
	复习思考题	274

第 10 章 无线广域网接入技术 275

10.1	无线广域网概述	275
10.2	无线广域网接入体系	276
10.2.1	无线广域网接入的概念	276
10.2.2	无线广域网接入的类型	277
10.3	陆地无线广域网接入技术	277
10.3.1	GPRS 接入技术	277
10.3.2	CDPD 接入技术	283
10.3.3	CDMA2000-1x 接入技术	287
10.3.4	W-CDMA 接入技术	290
10.3.5	TD-SCDMA 接入技术	293

10.3.6	4G 接入技术	297
10.3.7	i-BURST 接入技术	299
10.4	卫星接入技术	301
10.4.1	简介	302
10.4.2	卫星宽带接入技术	302
10.5	本章小结	306
	复习思考题	308
第 11 章	电力线接入技术	309
11.1	电力线接入概述	309
11.1.1	电力接入网的基本概念	309
11.1.2	电力接入网的系统结构	309
11.2	电力线接入的工作原理	310
11.2.1	电力线通信技术	310
11.2.2	电力线接入技术与其他接入技术对比	314
11.3	本章小结	315
	复习思考题	316
第 12 章	接入网管理	317
12.1	网络管理的概念	317
12.1.1	SNMP 管理技术	317
12.1.2	RMON 管理技术	318
12.1.3	基于 Web 的网络管理技术	319
12.2	网络管理的功能	320
12.2.1	故障管理	320
12.2.2	计费管理	321
12.2.3	配置管理	321
12.2.4	性能管理	322
12.2.5	安全管理	323
12.3	电信管理网	323
12.3.1	电信管理网的概念	323
12.3.2	电信管理网的物理结构	324
12.3.3	电信管理网的功能结构	325
12.3.4	电信管理网的信息结构	325
12.3.5	电信管理网的逻辑分层结构	326
12.4	本章小结	327
	复习思考题	328

模拟试题一 329

模拟试题二 332

常用英文缩写对照表 335

参考文献 342

接入网位于电信网接入用户的最后一千米处,是电信网的重要组成部分,负责将各种电信业务透明地传送到用户。随着互联网的日益普及和发展,用户对接入网传送质量的需求不断提高,传统的 Modem 拨号和 ISDN 拨号用户接入方式已经不能满足用户的需求,近年来,各种接入网的新技术不断涌现,展开激烈的竞争,争夺互联网的最终用户。目前,xDSL 接入技术、Cable Modem 接入技术、光纤接入、无线接入等宽带接入网技术并行发展,不断提高接入网的性能,使接入网迈向数字化、光纤化、宽带化。

1.1 接入网的基本概念

1.1.1 接入网的定义

接入网(Access Network,AN)的概念是在电信网的基础上演变而来的。在通信网络发展的不同阶段中,人们对接入网的概念有着多种不同的理解。早期的用户接入线被称为用户环路系统,指的是从端局到用户之间的所有机电设备,有时简称为用户网。

从地理的角度划分,电信网(Telecommunication Network,TN)可以分为三个部分:用户驻地网(Customer Premises Network,CPN)、接入网、核心网(Core Network,CN),如图 1-1 所示。其中,接入网是整个电信网的一个重要组成部分,是指市话局或远端模块与用户之间的部分;核心网包括长途网和中继网,长途网是指长途端局以上的部分,中继网是指市话局之间和长途端局与市话局之间的部分;用户驻地网是指某个家庭或某个企业的内部网络,可以包含计算机、电话机、ADSL Modem、路由器和交换机等设备。从图 1-1 中可以看出,接入网位于用户驻地网和核心网之间,它的主要任务是将用户可靠地接入核心网,向用户透明地提供各种电信业务。



图 1-1 电信网的组成示意图

多年来,随着接入网技术的进步,接入网正从原来单一的电话铜线网向 xDSL、Cable Modem、光纤、无线接入网等多元化的宽带接入技术方向发展。

1975 年,英国电信(Britain Telecommunication,BT)在 CCITT 研讨会上首次提出了接入网组网的概念,以降低接入段线路的投资,这种观点得到了电信专家和学者们的认同,

1979年 CCITT 以远端用户集线器(Remote Subscriber Concentrator, RSC)命名这类设备,并进行了框架性的描述,从此,接入网正式诞生。

1995年7月,国际电信联盟电信标准部(International Telecommunications Union-Telecommunications standardization section, ITU-T)对接入网给出了准确的定义:接入网是由业务节点接口(Service Node Interface, SNI)和相关用户网络接口(User Network Interface, UNI)之间的一系列传送实体(例如,线路设施和传输设施)所组成的,它是一个为传送电信业务提供所需传送承载能力的实施系统,接入网可经由 Q3 接口进行配置和管理。

1.1.2 接入网的发展简史

从1876年贝尔发明电话至今,已经有一百多年历史了。电话用户环路采用双绞线作为传输介质,一直沿用到现在。电话用户环路、局用主配线架和集中供电电源,这些线路和设备标志着接入网开始形成。

电信接入网常常被形象地称为“最后一千米”。当初,这仅仅是指电话局连接到用户终端的各种线缆及其附属设备,在电话通信网中,通常把这些线缆设施称为用户线、本地环路等。长期以来,这些用户线不仅只是电话网接入用户的专用设施,在相当长的一段时期内甚至成为某些特定电话交换机的专用设施。这种封闭的情况增加了维护的复杂性,增加了网络建设和升级的成本,阻碍了技术的发展。

为了改变这种封闭的局面,从20世纪70年代中后期开始,国际标准化组织和电信运营商进行了不懈的努力。1975年和1978年,在苏格兰格拉斯哥举行了两次国际电信研讨会。英国电信运营商 BT(Britain Telecommunication)在第一次研讨会上首次提出了接入网组网的概念,其主要目的是降低接入段线路的投资;在第二次研讨会上,国际电信技术界确认了这种组网方式,并正式命名为“接入网组网”技术。随后由 Willesm 等人共同编辑了此次会议的文献集《电信网技术》。

20世纪80年代后期,国际电联电信标准部开始着手制定接入网的接口规范——V1~V5系列建议,进一步对接入网进行更为准确的界定。然而,V1~V4接口并没有得到很好的应用,虽然V5接口应用得要好一些,但是由于V5接口是独立于厂商的开放性接口,推广V5接口将会打破电信设备制造商技术垄断的局面,直接影响到制造商的利益,因此,窄带接口V5的推广并不顺利。

20世纪90年代,国际电联制定了接入网的宽带接口标准——VB5系列建议,制定了接入网的总体标准——G.902,从此,接入网开始进入正常发展期。电信技术的快速发展和电信市场的开放,冲击了传统电信业的技术保守和市场垄断。同时,新运营商要进入市场,也需要采用新技术手段以降低运营成本,提高竞争能力。

2000年,国际电联制定了IP接入网的总体标准——Y.1231,此后,各种宽带技术相继涌现,参与接入网的市场竞争,无论是传统的电信接入网还是新兴的IP接入网,都进入了快速发展期。随着VB5接口和各种宽带技术的广泛应用,接入网不再是某种型号程控交换机的附属设备,它已经摆脱了传统电信网的约束,成为一个相对独立的、完整的、可提供多种类型接入服务的重要网络。

在接入网的发展进程中,最大的一次飞跃是光纤的诞生与应用。光纤最大的优点是高宽带性,其带宽可高达30 000GHz,最好的同轴电缆的带宽不超过1GHz,微波的带宽也不

超过 300GHz,因此,光纤的传输性能比其他传输介质高得多。光纤的另一个优点是抗干扰性能高,由于在光纤中以全反射方式传输光信号,远距离传输的光信号完全不会受到途中的电信号干扰,也几乎无损耗,光纤信道接近理想信道。目前,光纤主要应用在核心网和骨干网,而配线和引入线的光纤化才刚刚开始,随着成本的下降和宽带业务需求的增加,接入网光纤化的程度将日益提高。

当然,在接入网光纤化的同时,以往花费巨资建设的电话铜线设施不可能在短期内被光纤淘汰,光纤化是一个长期发展的过程,在过渡时期仍然要充分利用现有的电话铜线,并最大限度地发挥电话铜线的作用,因此,20 世纪 90 年代初,出现了多种以铜线技术为基础的接入网新技术:用户线对增容技术、高速数字用户线路(HDSL)、非对称数字用户线路(ADSL)和甚高速率数字用户线路(VDSL)等一系列 xDSL 技术,使传统的电信运营商掌握了商机。

另外,随着接入网市场的开放,有线电视网络运营商也采用 Cable Modem 技术进入了接入网市场,其业务正从传统的单一有线电视直播业务朝双向的多业务方向转变,既能提供有线电视业务,也能提供话音、数据、图像以及其他交互性业务,成为电信部门的具有实力的竞争对手。

1.1.3 接入网的分层模型

接入网的分层模型可以用 G. 803 分层模型来进行描述,接入网的功能结构是以 G. 803 分层模型为基础来定义接入网中各实体间的互连的。接入网的 G. 803 分层模型如图 1-2 所示。



图 1-2 接入网的通用协议参考模型

G. 803 分层模型对接入网内同等层实体间的交互给出了明确的规定。从图 1-2 可知,接入网分为 4 层,即接入承载处理功能层(Access Bearing Processing Functions Layer, AF)、电路层(Circuit Layer,CL)、传输通道层(Transmission Path Layer,TPL)和传输介质层(Transmission Media Layer,TML)。其中,后三层又构成传送层。在传送层中,每一层又包含三个基本功能:适配、终结和矩阵连接;此外,构成传送层的三层之间相互独立,各层有自己独立的操作和维护能力(例如,保护倒换和自动恢复等)。这种规定对改进各层的功能带来极大的灵活性,并且最大限度地降低了对其他各层的影响;相邻两层之间的关系是服务和被服务的关系。例如,传输通道层既是下面传输介质层的客户,也是上面的电路层