

 电子信息前沿技术丛书



IP Access Network

IP接入网

◎雷维礼 马立香 彭美娥 杨 宁 吴 凡 编著

清华大学出版社



 电子信息前沿技术丛书

IP Access Network

IP接入网

◎雷维礼 马立香 彭美娥 杨 宁 吴 凡 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

IP 接入网是全 IP 化通信网络的重要构成。IP 接入网技术是当前全 IP 通信网络发展与建设的重点,在全球广受重视。

本书系统性地介绍 IP 接入网技术。全书内容由 4 篇(11 章)组成,重点介绍 IP 接入网总体标准 ITU-T Y.1231 和基于三平面架构的参考模型,接入控制系统与协议,各种有线接入技术和无线接入技术。

本书以系统架构和参考模型为纲,基于技术标准和标准系列的分析来讨论接入网技术,标准协议介绍和协议背景分析并重,致力于知识获取、技能提高和技术理念培养。

本书可作为通信工程、网络工程、物联网工程等相关专业的高年级学生或研究生的专业课教材,也可供网络通信领域的高校教师、科研人员和技术人员参考。

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

IP 接入网/雷维礼等编著. —北京:清华大学出版社,2019

(电子信息前沿技术丛书)

ISBN 978-7-302-51516-6

I. ①I… II. ①雷… III. ①宽带通信系统—接入网—通信技术 IV. ①TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 255786 号

责任编辑:文 怡

封面设计:台禹微

责任校对:李建庄

责任印制:丛怀宇

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:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:22.25

版 次:2019 年 1 月第 1 版

定 价:69.00 元



字 数:421千字
印 次:2019 年 1 月第 1 次印刷

产品编号:056156-01

多年以前阅读一本名著的前言,一直令人难以忘怀。前言中开门见山地写道:一本书总是有一个前言,前言虽然总是置于全书的最前面,通常却是完成于全书的最后,它或是用来解释一本书的创作目的,或是用于……。在全书完成之际写前言,以说明本书编写的特点及目的开始,应当是有益的。

编写特点

第一个特点是强调整体性,强调总体标准和系统架构。本书以 ITU-T Y. 1231——IP 接入网的总体标准为纲,认识新兴的 IP 接入网与传统的电信接入网的本质区别,构造 IP 接入网的系统架构,提出基于传送、控制、管理等三大平面的 IP 接入网参考模型。这一切都是希望从一开始就使读者能够具有掌控全局的高度,并以全局性的观点贯穿始终掌握 IP 接入网的关键技术。以总体标准为纲,提纲挈领,可以使本书结构更为清晰,描述全面而简洁,知识组织的系统性更强。

第二个特点是全面强调技术标准的重要性。很多人都相信一流的企业做标准,在学习专业课程中尽早接触标准,是十分有益的。本书各章都介绍相应的技术标准,包括标准系列与标准发展。观察标准发展之路有助于认清技术的演变,有助于选择跟进有价值的技术,当然也有助于在今后的研究工作中自觉地、深入地参与标准制定活动。

第三个特点是分析认识技术细节背后的支撑理念。本书在相应的章节中适当地包括一些深入的议题,例如 802.3 标准中的载波一致性准则和 802.11 标准中的信道掌控理念。提供对这些议题的辨识,希望读者能在网络协议的枯燥文本中,得到更为深刻的认识;在知识获取和能力提高的过程中,受到更为深刻的、能够伴随一生的启迪。

第四个特点是内容涵盖主流的有/无线接入技术及应用系统。不仅分析各种接入技术原理,而且分析与运营网络一致典型的综合接入应用系统,具有很强的针对性和实用性。希望能够理论结合实际,培养技术和工程应用能力。

授业解惑固然必要,传道更是根本。录先贤之言,愿与诸君共勉。

内容安排

本书的内容组织为 4 篇,共 11 章。

第一篇包括第 1、2 章。第 1 章主要讨论接入网的演进,可以视为全书的绪论。第 2 章

介绍一些重要的预备知识,包括数字传输、网络系统结构与参考模型以及 MAC 协议基础。

第二篇包括第 3~5 章。第 3 章讨论基于传送、控制、管理三平面的 IP 接入网架构。使用三平面概念描述 IP 接入网可以更简洁、更清晰,理解也更为准确、容易。在 IP 接入网中引入三平面系统架构,是本书一个重要的基本观点。第 4 章讨论 IP 接入网的接入控制架构。接入控制是 IP 接入网与电信接入网的重大差别,也是 IP 接入网的技术关键。第 5 章讨论一系列 IP 接入控制协议。多个控制协议相互协同实现完整的用户接入控制功能。

第三篇包括第 6~9 章,主要讨论基于有线介质传输的接入技术,包括以太网接入技术、光纤接入技术、电话铜线接入技术和 HFC 接入技术。

第四篇包括第 10、11 章,主要讨论各种无线接入技术,包括无线局域接入技术和无线广域接入技术。

本书内容较多,作为教材使用时,建议课程为 48 学时,也可简化部分内容适合 32 学时的教学。

编写与致谢

本书由雷维礼、马立香主编,设计全书内容架构,把控全书整体内容;由雷维礼教授、马立香副教授、彭美娥副教授、杨宁副教授和吴凡副教授通力合作,共同编写完成。经彭美娥副教授核对,雷维礼教授和马立香副教授统一全书风格并最终完成定稿。

本书曾以书名《接入网技术》于 2006 年出版。十多年来,接入网技术迅速演变,在长期教学研究中,我们提出并完善了 IP 接入网系统架构及其参考模型,更新、补充了近 10 年的技术发展资料,终于完成本书。

接入网涉及面广、技术发展快,IP 接入网正在蓬勃兴起并对接入网带来全面而深刻的影响。本书疏漏和不当之处在所难免,诚恳希望各位读者不吝指正。

若有对本书的建议或有意愿开设接入网课程,请联系:wllei@uestc.edu.cn,lixiangma@uestc.edu.cn,mepeng@uestc.edu.cn。

编 者

2018 年 11 月

目录

CONTENTS

第一篇 背景与基础

第 1 章 接入网的 IP 化演进	3
1.1 接入网的诞生	3
1.2 泛通信网络 IP 化	4
1.3 IP 化的接入网	5
1.4 参考文献	5
第 2 章 预备知识	6
2.1 数字传输基础	6
2.1.1 香农信道定理	6
2.1.2 带宽还是速率	7
2.1.3 奈奎斯特准则	8
2.1.4 高阶调制技术	9
2.2 系统架构与参考模型	10
2.2.1 系统架构基本概念	10
2.2.2 OSI 系统架构	11
2.2.3 802 网络系统架构	14
2.2.4 MAC 技术概要	16
2.3 小结	18
2.4 参考文献	18

第二篇 IP 接入网架构

第 3 章 接入网系统架构	21
3.1 背景	21

3.2 IP 接入网的三平面系统架构	22
3.2.1 新一代网络的三平面架构	23
3.2.2 传送功能架构	24
3.2.3 系统管理架构	24
3.2.4 接入控制架构	24
3.3 G.902 建议	25
3.3.1 概述	26
3.3.2 接入网的定义	26
3.3.3 接入网的界定与接口	28
3.3.4 接入网的功能架构	29
3.3.5 小结	30
3.4 Y.1231 建议	31
3.4.1 概述	31
3.4.2 IP 接入网定义	32
3.4.3 接入网在 IP 网络中的地位	33
3.4.4 接入网系统架构	34
3.4.5 驻地网	36
3.4.6 IP 接入网的协议栈	36
3.4.7 IP 接入网的三平面架构	37
3.4.8 小结	38
3.5 小结	39
3.6 参考文献	40

第4章 接入控制系统架构..... 41

- 4.1 概述 41
- 4.2 接入控制系统功能 42
- 4.3 接入控制系统发展 42
 - 4.3.1 部署模式的演变..... 43
 - 4.3.2 控制协议的发展..... 44
- 4.4 接入控制系统模型 45
 - 4.4.1 信息通道..... 45
 - 4.4.2 NAS模型 46
- 4.5 接入控制协议环境 47
- 4.6 小结 47
- 4.7 参考文献 48

第5章 接入控制协议..... 49

- 5.1 概述 49
- 5.2 EAP 协议 50
 - 5.2.1 协议概述..... 50
 - 5.2.2 协议标准..... 51
 - 5.2.3 协议分层模型..... 51
 - 5.2.4 分组格式..... 53
 - 5.2.5 协议运行..... 56
 - 5.2.6 EAP 在接入控制
中的地位..... 57
- 5.3 PPPoE 协议 58
 - 5.3.1 协议概述..... 58
 - 5.3.2 PPP 简介 58
 - 5.3.3 协议接入模型..... 62
 - 5.3.4 协议分层模型..... 63
 - 5.3.5 分组格式..... 63
 - 5.3.6 协议运行..... 65
- 5.4 IEEE 802.1X 协议 66
 - 5.4.1 协议概述..... 66
 - 5.4.2 协议模型..... 67
 - 5.4.3 EAPOL PDU
格式..... 69
 - 5.4.4 协议运行..... 71
- 5.5 RADIUS 协议 74
 - 5.5.1 协议标准..... 74

- 5.5.2 协议模型..... 75
- 5.5.3 报文格式..... 76
- 5.5.4 报文类型..... 80
- 5.5.5 协议运行..... 82
- 5.5.6 协议协同..... 85
- 5.6 Diameter 协议 87
 - 5.6.1 协议概要..... 88
 - 5.6.2 协议模型..... 90
 - 5.6.3 基础协议..... 92
 - 5.6.4 应用协议..... 98
- 5.7 小结 99
- 5.8 参考文献..... 100

第三篇 有线接入技术

第6章 以太网接入技术 105

- 6.1 引言..... 105
 - 6.1.1 以太网的诞生与
发展 105
 - 6.1.2 以太网与 IP 的
匹配 106
 - 6.1.3 802.3 标准浴火
重生 107
 - 6.1.4 以太网发展的
启示 107
- 6.2 IEEE 802.3 标准 108
 - 6.2.1 基本标准 108
 - 6.2.2 物理层增补 108
 - 6.2.3 其他增补 109
- 6.3 系统架构与参考模型..... 109
 - 6.3.1 系统架构 109
 - 6.3.2 参考模型 110
 - 6.3.3 IP 承载 111
- 6.4 MAC 层 112
 - 6.4.1 共享信道的接入
控制 112
 - 6.4.2 MAC 协议基础 112
 - 6.4.3 CSMA/CD 协议
概要 112

6.4.4	全双工以太网	115
6.4.5	MAC 帧	116
6.5	物理层	119
6.5.1	标准	119
6.5.2	参考模型	120
6.5.3	PHY 规范汇总	121
6.5.4	双绞线接口	123
6.5.5	光纤接口	124
6.6	网桥与交换机	126
6.6.1	网桥的系统结构	126
6.6.2	网桥的运行原理	127
6.6.3	以太网交换机	131
6.6.4	交换式以太网	133
6.7	虚拟局域网技术	137
6.7.1	VLAN 基本 知识	137
6.7.2	VLAN 加标帧 格式	140
6.7.3	VLAN 网桥的系统 结构	141
6.7.4	VLAN 网桥的工作 原理	142
6.7.5	VLAN 配置与实现 案例	143
6.7.6	VLAN 之间的 通信	145
6.8	几个附加议题	147
6.8.1	PoE	147
6.8.2	OAM	148
6.8.3	功能平面属性	148
6.9	典型的接入应用	149
6.9.1	基于 PPPoE 接入控 制的以太网接入	149
6.9.2	基于 IEEE 802.1X 接入控制的以太网 接入	150
6.10	小结	151
6.11	参考文献	152

第 7 章 光纤接入技术 153

7.1	概述	153
7.2	光接入网基本概念	153
7.2.1	光纤的传输窗口	153
7.2.2	光接入网系统 结构	154
7.2.3	光接入网应用 类型	155
7.2.4	光接入网的分类	157
7.3	PON 概要	157
7.3.1	基本概念	157
7.3.2	标准演进	158
7.3.3	系统结构	160
7.3.4	双向传输技术	160
7.3.5	多路接入技术	160
7.3.6	物理拓扑	163
7.4	EPON	165
7.4.1	EPON 概述	165
7.4.2	EPON 系统 结构	165
7.4.3	EPON 传输 原理	166
7.4.4	EPON 帧结构	167
7.4.5	EPON 参考 模型	168
7.4.6	EPON 的点到点 仿真	170
7.4.7	EPON 多点控制 协议	171
7.4.8	MPCP 控制帧	174
7.4.9	EPON 运维 管理	178
7.5	10G EPON	180
7.5.1	10G EPON 背景	180
7.5.2	10G EPON 概述	180

7.5.3	10G EPON 技术特点	180	8.6.3	功率控制技术	215
7.5.4	10G EPON MPCP 控制帧	182	8.6.4	抗干扰能力的增强	215
7.5.5	10G EPON 参考模型	183	8.6.5	ADSL2+	216
7.6	EPON 的应用	185	8.7	ADSL 体系结构	217
7.6.1	EPON 典型应用模式	185	8.7.1	ADSL 系统参考模型	217
7.6.2	EPON 组网技术	187	8.7.2	ADSL Lite	218
7.7	小结	188	8.8	ADSL 的应用	219
7.8	参考文献	189	8.8.1	ADSL 设备	219
第 8 章	电话铜线接入技术	190	8.8.2	ADSL 接入的典型应用	222
8.1	概述	190	8.9	小结	224
8.2	标准发展	190	8.10	参考文献	224
8.2.1	ADSL 标准演进	191	第 9 章	HFC 接入技术	225
8.2.2	VDSL 标准	192	9.1	概述	225
8.3	DSL 接入网架构演进	193	9.2	标准发展	226
8.3.1	以 ATM 为中心的早期架构	193	9.2.1	多媒体有线网络系统(MCNS)	226
8.3.2	以 Ethernet 为中心的架构	194	9.2.2	DOCSIS 标准	226
8.4	电话铜线接入技术基础	196	9.3	CATV 网络和 HFC 网络	228
8.4.1	电话铜线的传输性能	196	9.3.1	CATV 网络	228
8.4.2	用户接入段上技术的演进	199	9.3.2	HFC 网络	229
8.5	ADSL 传输技术	203	9.4	Cable Modem 系统原理	233
8.5.1	频谱划分	203	9.4.1	Cable Modem 系统组成	233
8.5.2	调制编码技术	203	9.4.2	Cable Modem 与 CMTS 交互操作要点	234
8.5.3	ADSL 中的 STM 和 ATM 模式	207	9.4.3	Cable Modem 协议模型	236
8.5.4	ADSL 成帧技术	210	9.5	Cable Modem 物理层技术要点	237
8.6	ADSL2 传输技术的改进	211	9.5.1	下行信道物理层规范	237
8.6.1	第三种转移模式: PTM	211	9.5.2	上行信道物理层规范	239
8.6.2	传输性能提升	214			

9.6 Cable Modem MAC 层技术	
要点	241
9.6.1 上行信道的分配	242
9.6.2 上行信道的冲突	
解决	244
9.6.3 MAC 层的同步	244
9.6.4 MAC 层帧结构	245
9.7 基于同轴电缆的以太网接入	
技术	248
9.7.1 早期 EoC 技术	
简介	249
9.7.2 新一代 EoC 技术	
概述	250
9.7.3 ITU-T G.hn	
标准	253
9.7.4 IEEE 1901	255
9.8 小结	255
9.9 参考文献	256

第四篇 无线接入技术

第 10 章 无线局域接入技术

10.1 引言	259
10.2 802.11 标准	260
10.2.1 标准发展	
历程	261
10.2.2 基本标准	261
10.2.3 物理层增补	262
10.2.4 其他增补	262
10.2.5 关于 WiFi	262
10.3 网络架构与参考模型	263
10.3.1 无线传输	
环境	263
10.3.2 网络基本	
结构	265
10.3.3 网络服务	265
10.3.4 服务组与服务组	
标识	266
10.3.5 WLAN 系统	

构成	267
10.3.6 分发系统	268
10.3.7 参考模型	269
10.4 MAC 层	271
10.4.1 MAC 服务	271
10.4.2 MAC 结构	272
10.4.3 MAC 帧	
结构	273
10.5 CSMA/CA 协议	277
10.5.1 概述	277
10.5.2 时隙与帧间	
间隔	278
10.5.3 载波侦听	280
10.5.4 ACK 与 RTS/	
CTS	281
10.5.5 随机后退	281
10.5.6 多片阵发	
传输	283
10.5.7 DCF 访问	
过程	283
10.5.8 CSMA/CA	
小结	287
10.6 PHY 层	288
10.6.1 无线通信	
基础	288
10.6.2 系统架构	
与模型	290
10.6.3 PMD 系统	
概要	291
10.7 网络安全性	298
10.7.1 无线网络的	
安全环境	298
10.7.2 802.11 的安全性	
标准	298
10.7.3 安全技术	
概述	299
10.7.4 安全应用	302
10.8 小结	304
10.9 参考文献	304

第 11 章 无线广域接入技术.....	305	传输.....	318
11.1 引言.....	305	11.4.7 GPRS 的	
11.2 无线广域接入体系.....	305	局限性.....	321
11.2.1 无线广域接入的		11.5 CDMA2000-1X 接入	
概念.....	305	技术.....	322
11.2.2 无线广域接入的		11.5.1 CDMA2000-1X	
类型.....	306	的网络结构.....	322
11.2.3 无线广域数据		11.5.2 CDMA2000-1X	
业务.....	307	的数据业务与	
11.3 陆地广域无线数据通信		传输.....	323
系统.....	308	11.6 LTE/4G 接入技术	326
11.3.1 移动通信网的		11.6.1 LTE/4G 的	
发展概况.....	308	网络结构.....	326
11.3.2 陆地广域无线		11.6.2 LTE/4G 的	
数据通信系统		业务与信令	
的组成.....	312	概述.....	328
11.4 GPRS 接入技术.....	313	11.6.3 LTE/4G 协议	
11.4.1 GPRS 的技术		模型.....	330
特点.....	313	11.6.4 LTE/4G 中 UE	
11.4.2 GPRS 的网络		的接入过程.....	332
结构.....	314	11.7 5G 接入技术概述	336
11.4.3 GPRS 的信道编码		11.7.1 5G 标准	336
与数据速率.....	316	11.7.2 5G 应用新	
11.4.4 GPRS 的资源分配		特点.....	337
与数话共存.....	316	11.7.3 5G 新技术	337
11.4.5 GPRS 的协议		11.8 小结.....	338
模型.....	317	11.9 参考文献.....	339
11.4.6 GPRS 的数据		附录 A 缩略语	340

第一篇 背景与基础

本篇包括了第 1、2 两章,主要讨论 IP 接入网演变的背景,以及本书需要的一些预备知识,是全书的开篇。

第 1 章主要讨论接入网的演进:接入网的形成与发展,接入网的 IP 演变进程,以及 IP 接入网助推了泛通信网络的 IP 化大潮。

讨论 IP 接入网的发展史有助于理解和前瞻泛通信网络的 IP 化大潮。

以史为鉴,可以知兴替。

第 2 章主要讨论一些必要的预备知识,包括数字传输的几个基本概念、网络系统结构与参考模型概要,以及 MAC 协议基础。

考虑到本书读者的专业背景各异,在数字通信、网络架构模型等方面适当地概要说明应当是有益的。后继章节将会多次使用这些基本概念,基础扎实将有助于理解准确。

若在这些领域基础已然不错,当然可以跳过相应的内容。

接入网的IP化演进

接入网诞生 40 多年来,历经多次发展机遇和转型,近年来泛通信网络的 IP 化大潮强力推动接入网演进为 IP 接入网。

本书第 1 章主要讨论:

- 接入网的诞生和形成。
- 泛通信网络的 IP 化演进对接入网架构的深刻影响。
- IP 化的接入网,本质是什么。

IP 接入网是如何构成的,IP 接入网在通信网络中的地位如何,这是 IP 接入网的基本问题,也正是本章讨论的主要内容。

1.1 接入网的诞生

术语“最后一公里”(last mile)起源于电信网络。当年,这只是一个小众化的专业术语,即使在通信行业中也不广为知晓。如今,术语“最后一公里”已经广泛流行,不但用于通信网络技术领域,甚至广泛借用于社会活动领域。

电信网络的接入段被形象地称为“最后一公里”,这在当年仅是指电话网接入端局连接到用户终端的各种线缆及其附属(通常也是无源)设施。通常把电话网中的这些线缆设施称为用户线(subscriber line)或本地环路(local loop)等。长期以来,这些用户线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了附属某些特定电话交换机并由设备制造商自行定义的专用设施。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代价,阻碍了技术的进步。

从 20 世纪 70 年代中后期开始,电信运营商和国际通信标准化组织为了改变电话网接入段的技术封闭性进行了不懈的努力。1975 年和 1978 年,在苏格兰格拉斯哥举行了两次 CCITT(International Telegraph & Telephone Consultative Committee,国际电报电话咨询委员会)研讨会。英国著名的电信运营商 BT(Britain Telecommunication,英国电信)在第一次会议上首次提出接入网的组网概念以降低接入段线路投资。在第二次会议上正式肯定这种组网方式,命名为“接入网组网”技术并编入会议论文集——《电信网技术》。其间于

1976—1977年在曼彻斯特、苏格兰、伦敦地区进行了组网的可行性试验和推广应用。1978年BT向CCITT正式提出接入网的组网概念并得到认同,1979年CCITT以RSC(Remote Subscriber Concentrator,远端用户集线器)命名这类设备并做出了框架性描述。

接入网正式诞生。

接入网的初期发展并不顺利。20世纪80年代后期ITU-T(国际电联—电信标准部,是CCITT的继承者)开始着手制定接入网的接口规范——V1~V5系列建议,并进一步对接入网进行更为准确的界定。V1~V4接口并未得到很好的应用,V5接口虽然应用得要好一些,但由于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的专有技术垄断并直接威胁到制造商的利益,加之通信技术的进展尚不足以推动设备和网络的升级换代,窄带接口V5的推广也不是十分顺利。20世纪90年代以来,电信技术的快速发展和电信市场的开放冲击了电信业的技术保守和市场垄断。新运营商进入电信市场,必须也应该可能采用新技术手段以尽可能地降低地面线路的投资风险。ITU-T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——ITU-T G. 902—1995。随着VB5宽带接入技术得以应用和G. 902标准的实施,接入网不再是某种型号程控交换机的附属设施,它正在摆脱电话网的约束,为广义的通信网络服务,成为一个完整的、相对独立的、可以提供多种类型接入服务的重要网络成分,成为现代通信网络的两大基本构件(核心网、接入网)之一。

1.2 泛通信网络 IP 化

20世纪90年代中后期,互联网的成功对电信网络带来巨大冲击,产生了NII/GII(National Information Infrastructure、Global Information Infrastructure,国家信息基础设施/全球信息基础设施)概念,ITU-T也将GII概念和IP技术引入电信网络,开始制定Y系列建议。ITU-T的Y系列建议顺应并推进了泛通信网络的IP化变革。

计算机网络是泛通信网络IP化演进的先行者,产生了意义深远的TCP/IP协议,产生了影响巨大的国际互联网。

电信网络特别是移动通信网络近十年来的IP化转型成绩斐然。3GPP是一个成立于1998年的标准化机构,致力于GSM到UMTS(WCDMA)、4G(LTE)的演化。3GPP的长期演进(LTE)移动通信网络从电路交换网络转型为分组交换网络,包括全IP核心网(CN)和IP化的无线接入网(RAN)。全IP的CN和RAN提供端到端的IP传送,有力支撑了电信级的IP电话(VoLTE)。IP传送、IP承载和全面的IP业务,使得4G/5G通信实现了“彻头彻尾、彻里彻外”的IP改造,也就是实现了全面的IP化。

电视网络也正在跟上IP化的步伐。IPTV技术正在强力推广并迅速占领市场。

其他信息通信领域也开始紧跟IP化的潮流,例如安防领域中的视频监控系统也已经实现了全IP化。从一体化的IP摄像头到视频是通过云存储实现了IP端到端,全程的IP传送更是成熟的IP技术。

泛通信网络(信息通信技术,ICT)领域的IP化大潮已是势不可挡。

必须注意的是,泛通信网络IP化不仅提供了IP传送和IP承载,而且大大简化了通信网络的系统架构。传统通信网络——例如PSTN——采用了逐层汇聚、逐层控制的系统架

构,架构复杂、开销沉重。IP化通信网络的系统架构仅由核心网(CN)和接入网(AN)两层构成,简洁而高效。在简化网络架构的同时,接入网的地位也得以显著提升。

1.3 IP化的接入网

ITU-T于2000年12月发布了IP接入网的总体标准ITU-T Y.1231—2000。随着泛通信网络IP化的深刻变革,IP接入网进入了快速发展期。

Y.1231建议从总体上定义了IP接入网。按照总体标准的惯例,Y.1231建议为IP接入网构造了系统架构,定义了三大基本功能,提出了系统功能性的参考模型。系统架构、基本功能和参考模型是Y.1231建议的基本要素,也是IP接入网的第一个重点。

Y.1231建议定义的IP接入网的三大功能是IP传送功能、接入控制功能和系统管理功能。接入网是否具有接入控制功能是Y.1231建议有别于G.902建议的重大区别。IP接入网的第二个重点是IP用户的接入控制功能,包括接入控制系统架构、参考模型和一系列接入控制协议。

Y.1231建议列举了多种实现IP传送功能的接入技术,在IP接入技术领域,性能更高、使用更方便、成本更低的接入技术不断涌现,用户的支持日益广泛。多种得到广泛应用的接入传送技术是IP接入网的第三个重点。

总体标准、接入控制、接入传送三者,既是IP接入网的核心技术,也是本书的重点。

1.4 参考文献

- [1] 3GPP: R8/R9/R10/R11.

预 备 知 识

IP 接入网涉及 ICT(信息通信技术)领域的众多基础,其中包括通信系统和网络协议架构方面的基础知识。某些涉及通信系统的基本知识十分重要,然而并不为广大读者熟悉。本章介绍 IP 接入网中需要使用的一些重要的基础知识,不同专业背景的读者可学习或复习所需的基础知识,以利于准确理解本书讨论的内容。

本章讨论的主要内容包括:

- 数字传输信道基础。
- 网络架构和参考模型。
- MAC 技术基础。

2.1 数字传输基础

近年来接入网技术的发展综合运用了多种新技术,其中涉及物理传输的接入网新技术,大量使用了通信新技术,特别是数字通信技术。新技术的使用在不增加甚至减少带宽占用的条件下,极大提高了传输能力。

本节概要介绍数字通信信道涉及的一些基础知识,主要包括信息论基础和通信原理中的若干重要的、但经常引起混淆的基础概念,为准确理解数字传输技术提供正确的理论基础支撑。

2.1.1 香农信道定理

信息论是通信系统最基本的理论支撑。香农信道定理是信息论的三大基本定理之一,表述了信道容量受限的本征因素。信息论中的信道是通信传输系统的抽象表示。香农信道定理深刻揭示了通信系统传输能力受限的基本因素。

香农信道容量定理可以表示为

$$C = W \times \log_2(1 + S/N) \quad (2-1)$$

其中,

C: 信道容量,基本单位是 b/s(比特/秒)。