

现代通信网络技术丛书

宽带通信网 与组网技术

◎ 翟禹 唐宝民 彭木根 等 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

现代通信网络技术丛书

宽带通信网与组网技术

翟禹 唐宝民 彭木根 等 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

宽带通信网与组网技术/翟禹, 唐宝民, 彭木根等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2004.7
(现代通信网络技术丛书)

ISBN 7-115-12384-5

I. 宽... II. ①翟...②唐...③彭... III. 宽带通信系统—计算机通信网 IV. TN915.142
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 067679 号

内 容 提 要

本书介绍宽带网络的技术基础、相关协议、实现方案和各种宽带网络组建及其解决方案。全书共分为 9 章。第 1 章介绍通信网基础知识和目前现有的各种通信网络; 第 2 章介绍宽带通信网的各种接入技术; 第 3 章介绍综合业务数字网并对 ATM 技术进行了详细介绍; 第 4 章介绍宽带 IP 网络技术; 第 5 章介绍各种 IP 网络互联和融合技术; 第 6 章介绍 MPLS 技术; 第 7 章介绍 ATM 组网和各种 ATM 网络解决方案; 第 8 章对宽带 IP 组网和各种 IP 网络解决方案进行了详细阐述; 最后一章简要地讨论了下一代网络 (NGN) 技术。

本书内容翔实, 覆盖了宽带通信技术的方方面面, 反映了宽带网络技术的最新进展, 并结合实际应用阐述各种宽带组网解决方案。本书可供从事电信网络和计算机网络等方面工作的技术人员阅读, 可作为高等院校通信和计算机网络等专业的本科生教学参考用书。

现代通信网络技术丛书

宽带通信网与组网技术

◆ 编 著 翟 禹 唐宝民 彭木根 等
责任编辑 徐享华

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129258

北京汉魂图文设计有限公司制作

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: 787×1092 1/16

印张: 18.75

字数: 456 千字

印数: 1-4 000 册

2004 年 7 月第 1 版

2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12384-5/TN · 2301

定价: 32.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

随着 21 世纪的到来, 全球进入信息时代, 信息的产生和传递非常迅速, 已影响了社会的各个方面。经济增长、社会发展和人们物质生活及精神生活水平的提高对通信提出了更新、更高的要求。而随着技术的进步、电信管理体制的改革及电信市场的逐步全面开放, 特别是多媒体业务发展带来的对带宽的巨大需求, 使宽带通信网呈现了蓬勃发展的新局面。

随着宽带网络的建设, 各种形式的宽带网络技术和宽带接入技术得到大量应用, 人们急需对这些宽带技术有一个全面的认识, 对各种宽带网络能够了解和掌握, 并且能够提出各种宽带网络的解决方案。

本书是根据作者多年对宽带通信网的研究编写而成的, 其内容反映了当前在宽带通信领域最新的研究成果和未来宽带通信网的发展方向。全书共分为 9 章。

第 1 章介绍通信网基础知识和目前应用的各种通信网络, 重点介绍了宽带通信网产生背景、历史发展、宽带通信网分类、现有各种通信网络和未来宽带通信网的关键技术等。

第 2 章介绍宽带通信网的各种接入技术, 包括铜线接入技术、混合光纤同轴 (HFC) 接入技术、SDH 接入技术、HomePNA 接入技术、DDN 数字专线接入技术、帧中继接入技术、无线接入技术、电力线接入方案、光纤接入技术和以太网宽带接入技术等。

第 3 章介绍了综合业务数字网 (ISDN), 并对 ATM 技术进行了详细介绍, 包括 ISDN 基本概念、ATM 技术原理、ATM 交换机技术、ATM 通信网接口、ATM 通信网信令和 ATM 现状及技术展望。

第 4 章介绍了宽带 IP 网络技术, 包括计算机网络通信技术、IP 层协议、局域网技术、新一代网际协议 IPv6、RSVP 协议和高速 IP 交换技术等。

第 5 章介绍了各种 IP 网络互联和融合技术, 重点内容有传统 IP 网及其改进方案、IP 和 ATM 网络互联技术、LANE 技术、IP over ATM、基于 ATM 的多协议传输、IP over SDH 技术和 IP over WDM 技术。

第 6 章介绍了 MPLS 技术, 包括 MPLS 发展状况、基本原理、MPLS VPN 技术和 GMPLS 技术等。

第 7 章介绍了 ATM 组网和各种 ATM 网络解决方案, 包括各大厂商 ATM 解决方案比较、ATM 升级到吉比特网实例、改造 ATM 校园网实例、VoATM 技术应用、ATM 城域网的设计与应用实例、公用网的 ATM 应用和 B-ISDN 实验网络实例等。

第 8 章对宽带 IP 组网和各种 IP 网络解决方案进行了详细阐述, 即对中国公众多媒体通信网络解决方案和广电宽带多媒体 IP 网络解决方案进行了详细阐述。

最后一章讨论了下一代网络 (NGN) 技术, 包括下一代网络技术的发展、主要研究热点、网络框架等, 并对基于软交换的下一代网络组网技术进行了详细的阐述。

本书内容详尽, 概念清楚, 覆盖了宽带通信技术的方方面面, 反映了宽带网络技术的最新进展, 并结合实际应用阐述各种宽带组网解决方案, 在叙述时力求深入浅出。

参与本书的编写、资料收集整理、校对编排以及绘图的人员还有刘健、余艳、刘萍、周

芸、何佩樊、殷勇、顾春红、劭春菊、孙雪菲、王国童、张莉、周燕、韩秀丽、陈勤、王桂玲、靳雄飞、徐雷鸣、赵玉博、李霞和沈萍等，在此对他们表示衷心的感谢！

由于宽带通信领域几乎囊括了目前通信领域的方方面面，是一个正在不断推陈出新，不断前进的热门领域，限于作者的知识水平和写作时间，很难对它作一个全面而且深入的总结。本书可能会有谬误之处，恳请读者批评指正。

作者

目 录

第 1 章 宽带通信网概述	1
1.1 宽带通信网的现状与发展	1
1.1.1 宽带通信的概念	2
1.1.2 现有通信网络	2
1.1.3 “三网合一”	8
1.1.4 数据宽带网络发展	10
1.1.5 电信宽带网络发展	11
1.1.6 下一代网络	13
1.2 宽带通信网关键技术	15
1.2.1 宽带接入技术	15
1.2.2 数据网技术	15
1.2.3 传送网技术	19
1.2.4 交换网技术	19
1.3 小结	20
第 2 章 宽带通信网接入技术	21
2.1 铜线接入技术	21
2.1.1 高速数字用户线 (HDSL) 技术	22
2.1.2 非对称数字用户线 (ADSL) 技术	22
2.1.3 甚高速数字用户线 (VDSL) 技术	23
2.1.4 其他技术	25
2.2 混合光纤同轴电缆 (HFC) 接入技术	25
2.3 同步数字系列 (SDH) 接入技术	27
2.4 HomePNA 接入技术	29
2.4.1 HomePNA 接入技术优点	29
2.4.2 HomePNA 标准化	30
2.5 DDN 数字专线接入技术	30
2.6 帧中继接入技术	32
2.7 无线接入技术	33
2.7.1 无线本地线路 (WLL)	33
2.7.2 本地多点分配业务 (LMDS) 接入	33
2.7.3 数字直播卫星 (DBS) 接入	34
2.7.4 微波无线接入	35
2.7.5 通用分组无线接入	35
2.8 电力线接入方案	36

2.8.1	电力线通信环境分析	36
2.8.2	电力线通信技术发展	37
2.9	光纤接入技术	37
2.9.1	光纤接入网 (OAN) 的网络结构	37
2.9.2	OAN 和 FITL 的设计目标	38
2.9.3	FITL 系统接入方式	39
2.9.4	应用类型	39
2.10	以太网宽带接入技术	41
2.10.1	以太网接入中的主要技术问题	42
2.10.2	发展以太网接入技术的主要原则	43
2.10.3	以太网技术应用的新进展	43
2.11	小结	43
第3章	宽带业务网和 ATM 技术	45
3.1	宽带业务网基本概念	45
3.1.1	ISDN 基本思想	45
3.1.2	ISDN 协议栈	49
3.1.3	ISDN 与其他网络的互通	54
3.1.4	ISDN 在语音业务方面的应用	55
3.1.5	宽带综合业务数字网	55
3.2	ATM 技术原理	56
3.2.1	ATM 产生背景	57
3.2.2	ATM 网络功能	58
3.2.3	ATM 信元传输和格式	59
3.2.4	基于 ATM 的 B-ISDN 协议参考模型	61
3.2.5	ATM QoS 技术	68
3.2.6	ATM 地址	69
3.2.7	ATM 地址注册	70
3.2.8	ATM 的虚连接 (Virtual Connection)	70
3.2.9	ATM 流量控制和拥塞控制	71
3.2.10	动态负载平衡	73
3.3	ATM 交换机技术	74
3.3.1	宽带业务对 ATM 交换机的要求	74
3.3.2	ATM 交换机分类	75
3.3.3	ATM 交换机的任务	76
3.3.4	ATM 交换机模块	77
3.3.5	ATM 交换机结构	79
3.4	ATM 网络接口	80
3.4.1	ATM 网络接口概念	81
3.4.2	ATM 网络接口结构	81

3.4.3	典型 ATM 物理层接口介绍	83
3.5	ATM 网络信令	84
3.5.1	ATM 信令基本概念	84
3.5.2	基于 ATM 的 B-ISDN 信令体系	86
3.5.3	ATM 信令信息格式	86
3.6	ATM 现状及技术展望	87
3.6.1	ATM 面临的若干问题	87
3.6.2	ATM 网与吉比特以太网技术比较	88
3.6.3	ATM 网络与 Internet 融合	89
3.6.4	ATM 网络展望	90
3.7	小结	91
第 4 章	宽带 IP 网络技术	93
4.1	计算机网络通信技术基础	93
4.1.1	网络体系结构	93
4.1.2	网际协议 (IP)	96
4.1.3	传输控制协议 (TCP)	96
4.1.4	其他层协议	99
4.2	IP 层协议	101
4.2.1	IP 分组	102
4.2.2	IP 层的差错处理与控制功能	104
4.2.3	选路 (Routing)	107
4.2.4	路由数据库的管理	109
4.2.5	域内路由协议	112
4.2.6	域间路由协议	116
4.3	局域网技术	117
4.3.1	计算机网络拓扑结构	118
4.3.2	局域网的类型	120
4.3.3	局域网互连设备	124
4.4	新一代网际协议 IPv6	127
4.4.1	IPv4 概述	128
4.4.2	IPv6 结构	130
4.4.3	IPv6 的地址	131
4.5	多媒体通信网络协议	132
4.5.1	实时传输协议 (RTP)	132
4.5.2	资源预留协议 (RSVP)	134
4.5.3	流协议 ST2+	136
4.6	高速 IP 交换	138
4.6.1	IP 交换	139
4.6.2	标记交换	140

4.7	小结	144
第5章	宽带 IP 组网技术	145
5.1	传统 IP 网络及其改进	145
5.1.1	ATM 与 IP 相结合的两种模型	146
5.1.2	基于 SDH 的 IP 传输 (IP over SDH)	147
5.1.3	基于 WDM 的 IP 传输 (IP over WDM)	148
5.2	IP 和 ATM 组网技术概述	149
5.2.1	LANE 技术	150
5.2.2	CLIP (Classical IP over ATM) 技术	151
5.2.3	MPOA 技术	152
5.2.4	IP 交换	153
5.2.5	多协议标记交换 (MPLS)	154
5.3	LANE 技术	155
5.3.1	LANE 业务和协议结构	157
5.3.2	LANE 的体系结构及组成	158
5.3.3	LANE 的实现过程	159
5.3.4	LANE 特点	161
5.3.5	ATM 数字图书馆网络实例	161
5.4	IP over ATM	164
5.4.1	IPOA 概述	164
5.4.2	IPOA 的协议结构	165
5.4.3	IP 分组的封装	167
5.4.4	地址解析	167
5.4.5	IPOA 的工作过程	168
5.4.6	IPOA 的优缺点	169
5.5	基于 ATM 的多协议传输 (MPOA)	170
5.5.1	MPOA 概述	170
5.5.2	MPOA 的模型结构	171
5.5.3	NHRP	172
5.5.4	MPOA 的工作过程	173
5.6	IP over SDH 技术	173
5.6.1	IP over SDH 基本原理	174
5.6.2	支持 IP over SDH 技术的协议	174
5.6.3	支持 IP over SDH 技术的链路协议	175
5.7	IP over WDM 技术	175
5.7.1	WDM/DWDM 技术概述	175
5.7.2	IP over WDM 基本原理	176
5.8	小结	178
第6章	MPLS 网络技术	179

6.1	MPLS 简介	179
6.1.1	MPLS 协议的发展过程	179
6.1.2	MPLS 的基本概念	180
6.1.3	MPLS 技术发展背景	181
6.1.4	MPLS 的优越性	182
6.1.5	MPLS 的标准化现状	183
6.1.6	MPLS 研究状况	184
6.1.7	MPLS 研究热点	185
6.2	MPLS 基本原理	187
6.2.1	MPLS 工作流程	188
6.2.2	MPLS 技术实现细节	190
6.3	MPLS VPN 技术	194
6.3.1	VPN 技术概述	195
6.3.2	MPLS 和 VPN 结合	196
6.3.3	MPLS VPN 体系结构	197
6.3.4	MPLS VPN 配置实例	199
6.4	GMPLS 技术	202
6.4.1	GMPLS 的标记和标记交换路径	203
6.4.2	路由与寻址	204
6.4.3	链路绑定和无编号链路	204
6.4.4	GMPLS 的信令	205
6.4.5	链路管理	205
6.5	小结	206
第 7 章	ATM 技术应用和网络解决方案	207
7.1	ATM 解决方案概述	207
7.1.1	各大厂商 ATM 解决方案比较	207
7.1.2	ATM 网络升级到吉比特网络实例	209
7.1.3	改造 ATM 校园网实例	211
7.2	VoATM 技术应用详解	213
7.2.1	传统话音传送技术	213
7.2.2	VoATM 简介	214
7.2.3	VoATM 协议	215
7.2.4	VoATM 特点	217
7.2.5	VoIP、VoDSL 与 VoATM 的关系	217
7.2.6	VoATM 的应用实例	217
7.3	ATM 城域网的设计与应用实例	219
7.3.1	网络设计	219
7.3.2	网络性能分析	220
7.3.3	网络应用	221

7.4	B-ISDN 实验网络实例	223
7.5	小结	224
第 8 章	IP 网络技术应用和网络解决方案	225
8.1	中国公众多媒体通信网解决方案	225
8.1.1	中国公众多媒体通信网 169 概述	225
8.1.2	省级多媒体通信网技术规范	227
8.1.3	省级多媒体通信网互联	236
8.2	××市宽带多媒体 IP 网络解决方案	239
8.2.1	需求分析	239
8.2.2	网络总体结构	242
8.2.3	网络总体方案	244
8.2.4	功能层次的方案设计	248
8.2.5	主干传输网络详细设计	250
8.2.6	编解码设备方案建议	252
8.2.7	网络接入及多业务开发设计方案	253
8.2.8	网络服务方式及实现	257
8.3	小结	259
第 9 章	下一代网络 (NGN)	260
9.1	NGN 技术	260
9.1.1	NGN 的提出	261
9.1.2	理解 NGN	261
9.1.3	NGN 的特点	262
9.1.4	ITU-T 定义的 NGN 主要研究领域	263
9.1.5	基于软交换的下一代网络	265
9.2	NGN 网络结构和协议	267
9.2.1	NGN 协议	267
9.2.2	NGN 网络框架	268
9.3	基于软交换的下一代网络组网技术	269
9.3.1	组网原则与应该考虑的问题	269
9.3.2	软交换网络的组网方案	270
9.3.3	软交换网络的组网方式	271
9.4	NGN 的发展	273
9.4.1	NGN 的两种演进策略	273
9.4.2	下一代的服务	274
9.4.3	NGN 的研究状况与发展趋势	274
9.5	小结	276
	缩略语	277
	参考文献	288

第1章 宽带通信网概述

通信技术是利用电缆、无线电、光或其他电磁系统，对符号、信号、声音、图像或任何性质的信息进行发送、传输和接收的技术。通信技术是伴随着社会信息化水平的提高而发展起来的，以微电子技术的发展为基础，目前通信技术正以前所未有的速度在发展和更新。特别是通信技术与计算机技术的互相融合，使得通信技术的发展进入了一个新的阶段。现代通信新技术的发展不仅有助于提高通信网络的容量，扩大通信网络的规模，加快信息传播的速度，提高信息传递的质量，而且使得通信的功能不断扩大，进一步丰富了通信的概念。

21世纪，世界通信网络总的发展趋势是在数字化、综合化的基础上，向智能化、移动化、宽带化和个人化方向发展。诸多新技术的运用，为高速接入 Internet 提供了可能。日益普及的宽带通信网络正逐步走向普通家庭。作为数字化生存的社会的标志，宽带通信网络给信息服务和电信业的发展带来一场全新的革命，帮助人类实现梦寐以求的宽带数字化的生活理想。

就目前而言，宽带通信主要是依托综合化、数字化、宽带化、智能化、多样化的强大光纤通信网，向用户提供语音、数据、图像、视频的交互式多媒体信息服务。宽带通信技术主要分为宽带接入技术和宽带核心网络技术两部分。宽带接入的主要方式有 ADSL、Cable Modem 和以太网等有线接入，也可以利用光纤/同轴电缆混合网（HFC）网等技术；还可以利用无线接入（如无线局域网、第三代移动通信系统等）传送信息，保证网络的先进性、安全性和可靠性。宽带核心网则利用传统的宽带综合业务数字网，或者目前热点的统一 IP 网络技术和 MPLS 技术进行高速的数据传输和路由选择等。目前业界通常把 ATM 网络、IP 网络、MLPS 网络、汇聚网络和吉比特以太网网络等都称之为宽带核心网络技术，而把“最后一公里”的接入技术称之为宽带接入网技术。

本书将首先介绍宽带通信网的基本概念，然后阐述目前已有的各种宽带接入技术，比较分析它们的异同点，从原理的角度剖析其中深含的不同技术特征；本书的重点是介绍宽带通信核心网络技术的基本原理以及相应的组网技术。另外，为了保证能够高速迅速接入 Internet 网络，目前又提出了一种 NGN（Next Generation Network）的概念，为了能够让读者熟悉整个宽带通信网的发展趋势，本书最后一章介绍了 NGN 的基本原理和组成及其未来发展重点和研究方向。

1.1 宽带通信网的现状与发展

通信技术的发展是随科技的发展和社会的进步而逐步发展起来的。早在古代，人们就寻求各种方法实现信息的传输。我国古代利用烽火传送边疆警报，古希腊人用火炬的位置表示字母符号，这种光信号的传输构成最原始的光通信系统。利用击鼓鸣金可以报送时刻或传达命令，这是声信号的传输。后来又出现了信鸽、旗语、驿站等传送信息的方法。然而，这些方法无论是在距离、速度和可靠性与有效性方面仍然没有明显的改善。19世纪，人们开始研

究如何用电信号传送信息。1837年莫尔斯发明了电报，用点、划、空格适当组合的代码表示字母和数字，这种代码称为莫尔斯电码。1876年贝尔发明了电话，直接将声信号转变为电信号沿导线传送。19世纪末，人们又致力于研究用电磁波传送电信号，赫兹、波波夫、马可尼等人在这方面都作出了重大的贡献。开始时，传输距离仅数百米，1901年，马可尼成功地实现了横跨大西洋的无线电通信。从此，传输电信号的通信方式得到广泛应用和迅速发展。1957年，前苏联成功地发射了第一颗人造卫星，人类的通信手段进入了太空技术的应用时代。1960年，梅曼发明了激光器，光通信开始进入实质性发展阶段。1970年，美国康宁公司首先研制出损耗为20dB/km的光纤，从此开辟了光纤通信的新时代，为宽带通信奠定了基石。

1.1.1 宽带通信的概念

宽带，顾名思义是传输带宽很宽的意思。国际电联（ITU）在早些时候召开过关于宽带通信的会议，美国提出把200kbit/s以上的传输带宽定义为宽带，即每秒传输20万个“比特”，相当于2.5万个英文字符或1.25万个中文字符。200kbit/s的带宽使计算机上的小窗口图像能够比较清晰，如果用来传输声音，质量极高。目前大家使用的固定电话，尽管其传输带宽在64kbit/s以下，但已经可以通过音质分辨熟悉的人了，而且随着数字压缩技术的发展，8kbit/s的带宽就完全可以传输连贯的声音了。

宽带的通信质量和能力都远远超越了目前普遍使用的窄带通信系统，主要表现在数据通信能力、图像通信能力等方面。通过宽带通信技术可以眨眼之间就看到纽约、东京证交所的大屏，每一处细微的抖动都清晰可见；也可以在家里随时点播某一曲MTV或是一部好莱坞大片；宽带网甚至可以为分布在世界各地的人召开电视会议，看清彼此的动作、表情、语气，就像近在咫尺一样。换句话说，只要带宽足够宽，任何信息都能够最迅速和准确地传递。

宽带通信近年在世界上发展非常快，在中国最近几年已经开始陆续提供基于帧中继、ATM、IP等技术的宽带业务，其标准是2Mbit/s以上的传输带宽，是美国建议标准的10倍。例如2000年9月26日，北京饭店成为北京宽带网的第一个用户之前，北京的宽带通信还只能称为“宽带业务”，而不能称为“宽带网”，也就是只能在用户要求的两点或几点之间达到2Mbit/s的传输带宽。今天，中国电信和中国网通已经具备了宽带通信的基础，宽带通信服务已经从“业务”扩展为“网络”，接下去就是扩大连网规模，提高技术和服务水平。

宽带通信出现的主要目的是服务于各类用户（数据、多媒体业务）方面连接速度和带宽的需要。其区别于窄带通信业务的主要特征是：持续连接，速度和带宽优于时间，采用多种接入技术和分组交换技术，服务质量和服务等级具有较大差异。目前，正在各国商用的宽带接入技术较多，包括xDSL、LAN、Cable Modem、WLAN、HFC等，在对业务进行传输处理时，主要采用基于IP协议的分组交换技术。以IP技术为基础的Internet则是一种典型的宽带通信平台，目前在全球已经发展成为一个很大的产业。本书将重点阐述基于数据业务的宽带通信网络技术，包括ATM、IP和MPLS等，并且讨论如何利用这些宽带通信技术进行组网。

1.1.2 现有通信网络

从总体上说，一个真正能为各种信息服务的具有广阔发展前景的通信网络必须满足以下性能要求：

- 数据传输速率大于 100Mbit/s;
- 连接时间从秒级到小时级;
- 语音、数据图像、视频信息的检索服务;
- 用户参与控制和无用户参与控制的分布服务;
- 传输媒体改变时, 使网络状态随之变化的网络控制能力;
- 适应不同数据流的网络交换方式。

下面将对目前中国已存的各种网络进行简单介绍。现有国内的通信网络大致可分为以下 3 类:

(1) 电信网, 主要有以语音业务为主的通信网 (包括公用交换电话网 (PSTN) 和移动通信网) 以及基础数据网 (数字数据网 (DDN)、帧中继 (FR) 网和 X.25 网)。

(2) 计算机网, 即中国目前的 Internet, 包括由中国科学院负责运作的中国科技网 (China Science and Technology Network, 简称 CSTNET), 由清华大学负责运作的中国教育科研网 (China Education and Research Network, 简称 CERNET), 由原吉通公司负责运作的中国金桥网 (China Golden Bridge Network, 简称 ChinaGBN), 由原邮电部组建的中国公用互联网 (ChinaNet), 中国联通的互联网 UNINet 以及中国网通正在建设的中网。

(3) 广播电视传播网, 包括有线电视 (CATV) 网、混合光纤同轴 (HFC) 网、卫星电视网等。

上述网络大多可以传输特定的多媒体信息, 提供一定的多媒体业务, 但各自都不同程度存在着各种缺陷。

1. 电信网

电信网主要是指利用有线及无线的电磁系统或者光电系统, 传递、发射或者接收各种形式信息的通信网。电信网由基础网、相应的支撑网和它所支持的各种业务网组成。

(1) PSTN

公用电话交换网 (PSTN, Public Switched Telephone Network) 是普及率最高、覆盖范围最广的通信网。PSTN 是支持交互性话音通信, 开放电话业务的通信网, 向用户提供双向、实时和有质量保证的话音业务以及基于话带的传真及低速数据等二次复用业务。它包括长途电话网和本地电话网, 是目前电信业务量最大、服务面最广的基础通信网。它可以兼容其他许多非话业务网, 是电信网的基本形式和基础。目前我国 PSTN 的基础网已基本建成了覆盖全国的大容量、数字化通信传输主干道, 数字化水平已达 99.2% 以上, 传输系统采用 SDH, 技术上已达到世界先进水平。全国长途光缆线路总长度达 20 余万公里, 长途光缆纤芯总长度达近 400 万千米, 长途传输系统已经具备了综合传送各种业务 (包括 Internet 远程传输和高质量数字图像业务) 的能力。“八横八纵”国家光缆干线的建成基本解决了传输信道的紧张状况。

PSTN 由传输线路、交换机和用户终端组成, 如图 1.1 所示。其基本结构有星形网、网状网、树

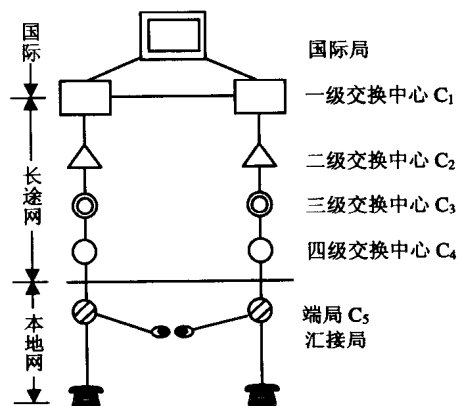


图 1.1 PSTN 示意图

状网及复合网多种。PSTN 一般由若干级交换中心组成核心交换网，再通过端局连接到用户。电话接续方式为电路交换，即通过呼叫，在收、发端之间建立起一个独占的物理通道，该通道有固定的带宽（3.1kHz），由于路由固定，所以延时较低，且不存在延时抖动问题，有利于保证连续媒体的同步和实时传输。PSTN 的主要缺点是信道带宽较窄，主要用于模拟语音信号的传输，多媒体信息经调制解调器（Modem）将二进制数据调制成模拟信号也可在 PSTN 中传输。目前正在使用的电话交换网的数据传输速率可达 14.4kbit/s 或 28.8kbit/s。此时，PSTN 不仅可用于通话和传真，还可以提供低速多媒体业务，低质量的可视电话和多媒体会议。若要实现多点连接，网上需要加多点控制器（MCU）。

(2) 数字数据网（DDN）

数字数据网（DDN, Digital Data Network）是利用数字信道提供半永久性连接电路传输数据信号的数字传输网络，其组成如图 1.2 所示，包括网络节点、网络接入单元和用户设备。

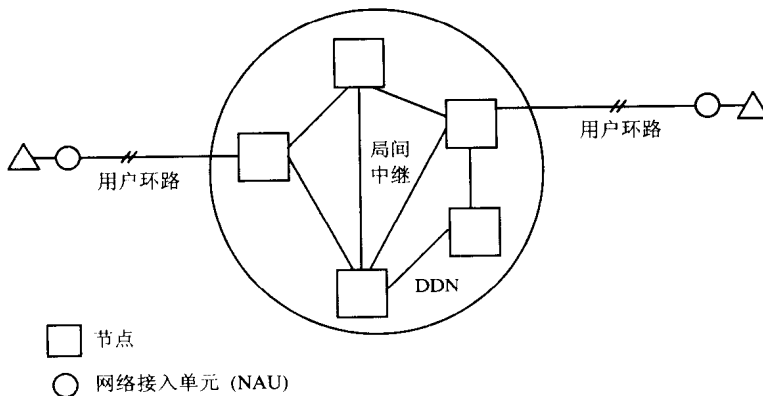


图 1.2 数字数据网

DDN 传输质量高、信道利用率高、信息传输速率高（最高传输率为 150Mbit/s），网络采用同步转移方式工作，使用时分复用技术，因此网络传输时延小（平均时延 < 450μs），可以满足多媒体信息严格的实时性要求。DDN 传输通道对用户数据完全“透明”，可以根据用户的需要，在 $N \times 64\text{kbit/s}$ ($N=1 \sim 31$) 的范围内“动态”分配信道，比如相对固定的两点间或多点间数据通信业务量大，传输信息所需带宽大于 64kbit/s 时，可设置专用数据传输通道和信道带宽。

通常 DDN 采用光纤传输手段，可以保证较高的传输质量，具有较高的传输可靠性。网络运行管理简便，允许用户部分地参与网络管理。网络对数据终端设备的数据传输速率没有特殊的要求，从 45.5~1984kbit/s 的数据终端都可以入网使用。因此 DDN 能够满足多媒体信息实时传输的要求。但是，DDN 无论开放点对点，还是点对多点的通信，都需要网管中心来建立和释放连接，这就限制了它的服务对象必须是大型用户。

(3) 帧中继（FR）网

帧中继是一种简化的帧交换模式，是在分组技术充分发展、数字光纤传输线路逐渐替代已有的模拟线路、用户终端日益智能化的条件下诞生和发展起来的。帧中继仅完成 OSI 物理层的核心功能，将流量控制、纠错等留给智能终端完成；同时采用虚电路技术，充分利用网络资源。因而帧中继网具有吞吐量高、时延低、网络资源利用率高、可靠性高、灵活性强等

特点,对中高速、突发性强的多媒体业务极具吸引力。从长远看,利用 ATM 构造宽带多媒体骨干网以及利用 FR 作为多媒体用户接入方式是经济有效的组网方案。在当前 LAN 迅速发展以及帧中继网不断完善的情况下,帧中继网将是开放会议电视业务的 LAN 远程互联的一种优选技术。

(4) 移动通信网

移动通信发展迅速,是当前通信业界发展最快的一个领域。移动通信是指通信双方至少有一方是处在移动状态下所进行的通信,因此它是一种至少有一方使用移动无线终端的无线通信。由于移动通信受空间限制少,实时性好,在当今信息时代高效率的社会生活和生产活动中,为人们更有效地利用时间提供了可能,顺应了通信发展个人化的需求,因此,近年来发展异常迅速。移动通信网经历了从模拟系统到数字系统的发展历程。

第一代移动电话网的建设由于受到技术发展的制约,电话的接续工作是由人工操作来完成的,网络的服务区也仅限于单个基站的覆盖范围。由于早期移动电话系统的可用频率少,没有使用蜂窝技术,因而系统容量有限,服务质量也随用户数量的增加而受到影响,有时甚至无法通信。20 世纪 60 年代,随着半导体技术的迅猛发展,移动通信开始从人工接续发展为自动接续,系统的成本也开始降低,容量有所增加。但所增加的容量与同期用户的需求相比仍然是远远不能满足要求。20 世纪 70 年代末至 80 年代,随着美国贝尔实验室推出的蜂窝系统的概念和理论的应用,美国、日本等国家纷纷研制出陆地移动电话系统,具有代表性的有美国的 AMPS 系统、英国的 TACS 系统、北欧(丹麦、挪威、瑞典、芬兰)的 NMT 系统、日本的 NAMTS 系统等。这个时期系统的主要技术是模拟调频、频分多址,以模拟方式工作,使用频段为 800/900MHz(早期曾使用 450MHz),故称之为蜂窝式模拟移动通信系统或第一代移动通信系统。

20 世纪 90 年代起,随着数字技术的发展,通信、信息领域中的很多方面都面临向数字化、综合化、宽带化方向发展的课题。第二代移动通信系统是以数字传输、时分多址、码分多址为主体技术,具有频谱效率高、系统容量大、保密性能好、标准化程度高等优点,克服了第一代移动通信系统的不足之处,可与窄带综合业务数字网(N-ISDN)相兼容,所以比起第一代移动系统有着无可比拟的优越性。因而第二代移动通信系统很快就取代了第一代通信系统而成为提供移动通信服务的主流系统。第二代数字移动通信系统除了传送语音外,还可传送数据业务,如传真和分组的数据业务等。

第一代移动通信系统、第二代蜂窝数字移动通信系统是针对传统的话音和低速率数据业务的系统,而未来的“信息社会”中,图像、语音、数据相结合的多媒体业务和高速率数据业务将成为必不可少的服务内容,它们的业务量将有可能远远超过传统的话音业务的业务量。所以新一代的移动和个人通信系统(第三代移动和个人通信系统)的研究和发展已经成为电信领域的一个新的热点。第三代移动通信系统需求有更大的系统容量和更灵活的高速率、多速率数据的传输,除了语音和数据传输外,还能传送高达 2Mbit/s 的高质量的活动图像,真正实现“任何人(Whoever)在任何地点(Wherever)任何时间(Whenever)可以同任何对方(Whomever)进任何形式(Whatever)的通信”这样一个目标。第三代移动通信网将是一个特别庞大的、全球统一的移动通信网络,系统容量可以满足全球人口的应用需要,其覆盖范围理论上可以达到地球上任何一个有人类活动的三维空间。

在信息支撑技术、市场竞争和需求的共同作用下,移动通信技术的发展更是突飞猛进,

移动通信网络将呈现出以下几大趋势：网络业务数据化、分组化，网络技术宽带化，网络技术智能化，频段更高以及利用率更有效，各种网络趋于融合。

2. 计算机网

计算机网的发展过程是计算机与通信（C&C, Computer and Communication）的融合过程。计算机网络的发展过程经历了 20 世纪 60 年代萌芽，70 年代兴起，70 年代中期到 80 年代发展和网络互联，90 年代网络计算和国际网络互联（Internet）等几个过程。

（1）萌芽过程

计算机—终端系统是计算机与通信结合的前驱，把多台远程终端设备通过公用电话网连接到一台中央计算机构成所谓面向终端分布的计算机系统，以解决远程信息收集、计算和处理。根据信息处理方式的不同，它们还可分为实时处理联机系统、成批处理联机系统和分时处理联机系统。计算机—终端系统虽还称不上计算机网，但它提供了计算机通信的许多基本技术，而这种系统本身也成为以后发展起来的计算机网的组成部分。因此，这种终端联机系统也称为面向终端分布的计算机通信网，也有人称它为第一代的计算机网络。

（2）分组交换数据网（PSDN）的出现

传统的电路交换技术不适合计算机数据的传输，因为计算机的数据是突发式和间歇性地出现在传输线路上，在整个占线期间，真正传送数据的时间往往不到 10% 甚至不到 1%。另外，呼叫过程相对传送数据来说也太长，因此就要寻找一种新的方式。

20 世纪 70 年代，美国国防部高级研究计划局（DARPA, Defense Advanced Research Project Agency）的 ARPANET，采用崭新的“存储转发—分组交换”原理，它标志着计算机网络的兴起。ARPANET 所采用的一系列技术，为计算机网络的发展奠定了基础。ARPANET 中提出的一些概念和术语至今仍被引用。因此，它有分组交换网之父的殊荣。而分组交换网的出现则被公认为现代电信时代的开始。此后，许多大学、研究中心、各企业集团、各主要工业国家纷纷研制和建立专用的计算机网和公用交换数据网。

ARPANET 不仅开创第二代计算机网络。它的影响之深远，还在于由它开始发展成今天在世界范围广泛应用的国际互联网络 Internet。ARPANET 的研究成果之一 TCP/IP 协议簇也成为事实上的国际标准。

（3）发展过程

这一阶段 LAN 和互联网络的发展、综合业务数字网（ISDN）和智能网（IN）的出现，使得网络有长足的发展。

（4）现代网络技术和协同计算技术的发展

现代网络技术一般指高速以太网（吉比特网）、三层交换技术、ATM 技术和 VLAN 等一批技术。这一阶段实际上已经把计算机网和电信网相互整合和渗透在一起了。

随着国际上 Internet 的发展，我国的计算机网也经历了迅猛的发展过程。我国自从 1995 年全面开展 Internet 业务以来，由于政府在各个方面的的大力支持，中国的因特网无论是在基础设施（骨干网络）建设方面，还是在各种业务的发展和应用方面，都取得了很大的成就，相继构建了 CSTNET、CERNET、ChinaGBN、ChinaNet、UNINet。进入 21 世纪，我国 Internet 高速发展的势头更加迅速，上网的速度也越来越快，基本现状和扩容情况主要表现在以下几个方面：Internet 国际带宽将大幅度提高、网络互联问题得到解决、地方积极发展 Internet、接入手段多样化。