

21 世纪信息与通信技术教程

现代信息网概论

刘少亭 卢建军 李国民 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代信息网概论 / 刘少亭, 卢建军, 李国民编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.2
21 世纪信息与通信技术教程
ISBN 7-115-12879-0

. 现... . 刘... 卢... 李... .通信网—高等学校—教材 .TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 123715 号

内 容 提 要

本书以现有网络的基本概念为基础, 以协议、信令和宽带 IP 技术为主线, 以网络综合到下一代网络的演进为重点, 对各类通信网络的系统组成、结构原理、关键技术、工程应用及发展等进行了较全面的阐述。全书分为 11 章, 基本内容包括电话通信网、移动通信网、数据通信网、计算机通信网、有线电视网、B-ISDN/ATM 网、宽带 IP 网、信令网、接入网、软交换及下一代网络等。

本书内容较充实, 编排较系统, 讲述深入浅出, 既注意加强基本原理和基本概念的阐述, 又用较大篇幅力图反映出信息网络的一些最新技术、工程应用并进行了必要的理论分析。

本书可作为普通高等院校通信、信息、电子等专业本科高年级学生用教材或教学参考书, 可供从事通信、计算机网络工作的工程技术人员学习参考, 也可作为电信工程技术人员和营销人员的培训教材, 还可供电信管理人员参考。

21 世纪信息与通信技术教程

现代信息网概论

◆ 编 著 刘少亭 卢建军 李国民
责任编辑 陈万寿

◆ 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: 23
字数: 555 千字 2005 年 2 月第 1 版
印数: 1-4 000 册 2005 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12879-0/TN · 2388

定价: 37.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

进入 21 世纪以来,现代信息和通信技术飞速发展,对世界各国的经济、社会和文化生活产生着复杂而深刻的影响。通信网络的数字化、宽带化、智能化和个人化,将使人们能够在地球的任何地方、在任何时间、同任何人、以任何方式进行信息交流,拉近人与人之间的距离,满足人们快速准确、灵活方便地进行信息交流的需求。这样,又促进了通信和信息网络技术的进步和发展,推动了通信和信息网络相关理论的研究,出现了诸如软交换、下一代网络(NGN)和第三代移动通信(3G)等新的通信技术和网络体系。

针对现代网络涉及的知识面宽、体系复杂和发展迅速的特点,我们在撰写本书的过程中既注意掌握好现有主要网络的基本概念、系统组成、设计目标和各类网络的共性及差异等内容的系统性、内在联系的叙述和主次的取舍,又注重对新技术和新概念等主流技术的阐述,同时还尽可能地加强信息和通信技术的基础理论与现有网络原理结构的有机结合。这样既可较好地反映网络发展趋势和规律,又能达到温故知新的效果。

全书共分 11 章。第一章概括性地介绍三大基础网络的基本概念、网络互连、综合网络及信息网发展的趋向;第二、三章分别介绍了固定电话网和移动通信网的基本概念和网络结构,重点叙述了同步技术、第二代移动通信(2G)的系统原理、结构组成、关键技术和 2G 向 3G 的演进等;第四、五章分别介绍了数据通信网和计算机通信网中几种不同网络的系统结构、基本原理,还重点介绍了 HDLC、X.25、OSI-RM 和 TCP/IP 等几种重要的网络协议;第六章介绍了有线电视网的基本概念;第七、八章分别介绍了宽带网 B-ISDN/ATM 和 IP 网的系统原理、网络结构及其发展;第九章重点介绍了 No.7 信令及信令网、B-ISDN/ATM 宽带信令和 IP 网信令的基本内容;第十章介绍了接入网的基本内容;第十一章较系统地介绍了智能网、软交换和 NGN 的系统原理、结构组成和关键技术,智能网、软交换及 NGN 三者之间的内在联系。

本书由刘少亭、卢建军、李国民主持编写。第九、十一章由刘少亭编写,第一、五章由卢建军编写,第七、十章由李国民编写,第二、八章由韩晓冰编写,第四、六章由张红编写,第三章由千颀编写。全书由刘少亭统稿。

由于通信网络技术涉及的知识面较广泛,发展变化又很迅猛,加之作者水平有限,书中的错误和疏漏之处在所难免,恳请广大读者指正。

作 者

2004 年 9 月

目 录

第一章 信息网络概论	1
1.1 电信基础网络	2
1.1.1 电话通信网	2
1.1.2 计算机通信网	2
1.1.3 数据通信网	4
1.1.4 有线电视网	4
1.2 现代网络通信中的信息处理与智能技术	6
1.2.1 信源编码	6
1.2.2 信道编码	8
1.2.3 通信信号处理和智能技术	8
1.3 网络的互连	9
1.3.1 网络互连的基本概念	9
1.3.2 网络互连的基本方式	10
1.4 综合通信网络	11
1.4.1 综合网络	11
1.4.2 综合业务数字网	12
1.4.3 高速计算机互联网络——Internet	13
1.5 信息网络的发展趋势	14
1.5.1 三网融合	14
1.5.2 基于软交换的下一代网络	16
1.5.3 实现异语通信	17
思考题	17
第二章 电话通信网	19
2.1 电话通信网概述	19
2.2 电话网的基本构成	21
2.2.1 电话网的一般构成	21
2.2.2 我国电话网的分级结构	22
2.2.3 通信网的构成要素	25
2.3 电话网编号计划	25
2.3.1 编号的基本原则	25
2.3.2 《国家通信网自动电话编号》规定	26
2.3.3 编号方案	29
2.3.4 编号容量、期限及升位	31

2.4 电信支撑网	32
2.4.1 数字同步网	32
2.4.2 电信管理网络	36
思考题	39
第三章 移动通信网	41
3.1 概述	41
3.1.1 移动通信	41
3.1.2 移动通信的特点	43
3.1.3 移动通信的主要技术	44
3.2 移动通信系统的组网方式	45
3.2.1 移动通信的体制	45
3.2.2 移动通信的区域划分	46
3.2.3 蜂窝移动通信网络结构	48
3.3 数字蜂窝移动通信网	49
3.3.1 数字蜂窝移动通信系统的多址技术和系统容量	49
3.3.2 GSM 系统网络结构及接口	51
3.3.3 GSM PLMN 网络结构	53
3.3.4 信道类型及帧结构	54
3.3.5 呼叫接续与移动性管理	55
3.3.6 通用分组无线业务 (GPRS)	58
3.3.7 无线应用协议 (WAP)	62
3.4 CDMA 数字蜂窝移动通信网	65
3.4.1 扩频通信的基本概念	65
3.4.2 CDMA 系统概述	67
3.4.3 CDMA 网络结构及信道类型	69
3.4.4 CDMA 蜂窝系统的控制功能	71
3.4.5 CDMA 系统的关键技术	73
3.5 第三代移动通信系统 (3G)	75
3.5.1 第三代移动通信系统 (3G) 概述	75
3.5.2 IMT-2000 系统结构	78
3.5.3 第三代移动通信系统的关键技术	80
3.6 移动通信的发展趋势——第四代移动通信 (4G)	83
3.6.1 4G 的概念	83
3.6.2 4G 网络结构的技术特征	84
3.6.3 4G 中的关键技术	84
3.6.4 目前第四代移动通信的研发状况	85
思考题	85
第四章 数据通信网	87
4.1 数据通信概述	87

4.1.1	数据通信系统的基本构成	87
4.1.2	数据通信网	88
4.2	数据通信网体系结构	89
4.2.1	通信协议	89
4.2.2	高级数据链路控制 (HDLC) 规程	93
4.2.3	X.25	95
4.2.4	TCP/IP	97
4.3	分组交换数据网	105
4.3.1	数据交换方式	105
4.3.2	分组交换数据网的构成	109
4.3.3	分组交换网中的数据流控制	111
4.3.4	分组交换网的互连	112
4.4	中国公用分组交换网 (CHINAPAC)	115
4.4.1	CHINAPAC 发展概况	115
4.4.2	CHINAPAC 网络组成	116
4.5	数字数据网 (DDN)	117
4.5.1	DDN 的组成及特点	118
4.5.2	DDN 的网络分级结构	120
4.5.3	DDN 的应用	121
4.6	帧中继 (FR)	122
4.6.1	从 X.25 分组交换到帧中继	122
4.6.2	帧中继概述	124
4.6.3	帧中继业务应用	126
	思考题	127
第五章	计算机通信网	128
5.1	概述	128
5.1.1	计算机网络的形成与发展	128
5.1.2	计算机网络的主要功能	129
5.1.3	计算机通信网的分类	129
5.1.4	局域网的定义及特性	130
5.1.5	IEEE 802 标准	131
5.1.6	局域网数据链路层	132
5.2	计算机局域网	134
5.2.1	IEEE 802.3 标准: 以太网 (Ethernet)	134
5.2.2	IEEE 802.5 标准: 令牌环局域网	138
5.2.3	IEEE 802.4 标准: 令牌总线局域网	140
5.2.4	总线网与令牌总线网、令牌环网的比较	141
5.3	高速网络技术	142
5.3.1	快速以太网	142

5.3.2	光纤分布式数据接口 (FDDI)	144
5.3.3	分布式队列双总线 (DQDB)	145
5.3.4	交换式多兆位数据服务 (SMDS)	147
5.4	网络互联	148
5.4.1	网络互联概述	148
5.4.2	网络互联设备	149
5.4.3	局域网互联	154
5.5	因特网 (Internet)	156
5.5.1	Internet 概述	156
5.5.2	Internet 域名与域名系统	157
5.5.3	Internet 上的基本服务	160
5.5.4	环球信息网 WWW	161
5.5.5	网络安全与防火墙简介	166
	思考题	169
第六章	有线电视网	171
6.1	概述	171
6.1.1	有线电视 (CATV) 的特点	171
6.1.2	现代有线电视网的频率划分	172
6.2	有线电视系统的组成	173
6.3	有线电视网的发展	177
6.4	有线电视宽带综合网	178
6.4.1	A.P.S 宽带综合网的基本组成	178
6.4.2	A.P.S 综合网系统原理	179
	思考题	179
第七章	宽带综合业务数字网 (B-ISDN)	181
7.1	ISDN 的基本概念	181
7.1.1	IDN 和 ISDN	181
7.1.2	ISDN 的网络结构	184
7.1.3	ISDN 用户/网络接口	184
7.1.4	ISDN 的业务能力	186
7.2	B-ISDN 概述	186
7.2.1	从 N-ISDN 到 B-ISDN	186
7.2.2	基于 ATM 的 B-ISDN 的特性	188
7.2.3	B-ISDN 用户/网络接口参考配置	188
7.2.4	B-ISDN 提供的业务	189
7.3	B-ISDN/ATM 参考模型及协议	190
7.3.1	B-ISDN 协议参考模型	190
7.3.2	物理层协议	191
7.3.3	ATM 层协议	193

7.3.4	ATM 适配层 (AAL) 协议	195
7.4	宽带 ATM 交换技术	199
7.4.1	ATM 交换的基本原理	199
7.4.2	ATM 交换结构分类	201
7.4.3	ATM 交换网络	202
7.5	流量控制	205
7.5.1	流量控制	206
7.5.2	拥塞控制	207
	思考题	209
第八章	宽带 IP 网	211
8.1	传统的 IP 网及其面临的问题	211
8.2	高速 IP 网络协议	211
8.2.1	新一代网际协议 IPv6 (IPng)	211
8.2.2	资源预留协议 RSVP	215
8.3	高速 IP 传输	217
8.3.1	ATM 与 IP 相结合两种模型	217
8.3.2	ATM 与 IP 相结合的高速传输	218
8.3.3	基于 SDH 的 IP 传输与 G 比特级高速路由器	228
8.3.4	基于 WDM 的 IP 传输及其有待研究的课题	234
8.3.5	三种宽带 IP 传输方式的总结与比较	238
8.4	高速 IP 交换	238
8.4.1	IP 交换	238
8.4.2	标记交换	240
8.4.3	多协议标记交换 (MPLS)	243
8.5	IP 网中的 QoS	249
8.5.1	概述	249
8.5.2	IP 网中 QoS 的实现技术	250
8.5.3	QoS 的实现示例——MPLS 流量工程	252
	思考题	252
第九章	通信网的信令方式	254
9.1	概述	254
9.1.1	信令的概念	254
9.1.2	信令的分类	255
9.1.3	局间数字型线路信令	257
9.2	No.7 信令	259
9.2.1	公共信道信令的优点	260
9.2.2	No.7 信令的应用	260
9.3	No.7 信令系统的基本结构	261
9.3.1	基本功能结构的划分	261

9.3.2	消息传递部分 (MTP) 的功能划分	261
9.3.3	No.7 信令和 OSI 分层结构的关系	262
9.3.4	信令单元格式	263
9.3.5	信令过程	265
9.4	No.7 信令网	267
9.4.1	信令传送方式	267
9.4.2	信令网结构	268
9.4.3	信令网的编号计划	271
9.5	ATM/B-ISDN 网络信令	273
9.5.1	ATM/B-ISDN 网络信令概述	273
9.5.2	B-ISDN 用户网络接口 (UNI) 信令	276
9.5.3	B-ISDN 网络节点接口 (NNI) 信令	279
9.6	IP 电话信令及其协议	281
9.6.1	IP 电话网	281
9.6.2	H.323 协议栈结构	284
9.6.3	基于 H.323 协议的 VoIP 技术	285
9.6.4	H.323 信令及通信过程	287
9.6.5	基于 SIP 的 VoIP 技术	289
	思考题	290
第十章	宽带接入网	292
10.1	接入网的基本概念	292
10.1.1	接入网的定义和定界	292
10.1.2	接入网的功能结构和分层模型	293
10.1.3	接入网的接口与业务	294
10.1.4	接入网的分类	295
10.2	V5 接口	295
10.2.1	概述	295
10.2.2	V5 接口	296
10.2.3	VB5 接口	297
10.3	数字用户线接入 (xDSL)	298
10.3.1	xDSL 概述	298
10.3.2	ADSL 采用的调制技术	299
10.3.3	ADSL 接入技术	300
10.4	光纤接入网 (OAN)	302
10.4.1	概述	302
10.4.2	ATM 无源光网络 (APON)	303
10.5	光纤同轴混合 (HFC) 接入网	304
10.5.1	HFC 的结构原理	304
10.5.2	HFC 的线路频谱	305

10.5.3 HFC 的特点与应用	306
10.6 本地多点分配业务 (LMDS)	306
10.6.1 LMDS 概述	306
10.6.2 LMDS 系统结构	307
10.6.3 LMDS 提供的业务	308
思考题	308
第十一章 下一代网络 (NGN)	310
11.1 智能网 (IN)	310
11.1.1 智能网的特点	310
11.1.2 智能网提供的新业务	311
11.1.3 智能网的结构及功能	311
11.1.4 智能网的分层结构	312
11.1.5 下一代智能网	313
11.2 软交换技术	314
11.2.1 软交换的概念	314
11.2.2 软交换的网络体系结构	316
11.2.3 软交换设备的接口协议	318
11.2.4 软交换设备的功能特点	324
11.2.5 软交换的设计思想及其体系结构	325
11.2.6 网关简介	326
11.2.7 软交换的优缺点	328
11.3 下一代网络 (NGN)	329
11.3.1 下一代网络的概念	329
11.3.2 下一代网络的特点	331
11.3.3 下一代网络的分层结构	332
11.3.4 软交换在 NGN 中的位置及其功能	334
11.4 向下一代网络演进	335
11.4.1 NGN 对承载网络的要求	335
11.4.2 基于软交换的电信网解决方案——“虚中继”	337
11.4.3 向下一代网络演进	339
11.4.4 未来 NGN 的演进策略分析	341
11.5 NGN 的组网技术	341
11.5.1 NGN 的组网原则	342
11.5.2 NGN 的组网方案	342
11.5.3 NGN 的组网结构	343
思考题	343
附录 英文缩写词	345
参考文献	355

第一章 信息网络概论

进入 21 世纪以来,以信息与通信技术为核心的技术革命对世界各国的经济、社会与文化生活正产生着复杂而深刻的影响,人类迈入一个崭新的知识经济时代;知识经济成为世界经济的主流,信息经济是知识经济的核心。人类利用书写或文字进行通信大约持续了 1800 年的历史,通过电磁振荡以模拟方式进行通信大约持续了 180 年;而大规模采用数字通信技术传递人类信息只不过 18 年左右的时间,却使人类社会发生了巨大的变化。

通信是现代社会三大基础结构(能源、交通、通信)之一,通信的基本形式是在信源和信宿之间建立一个传输信息的通道,实现信息的传输。信息网络可以定义为:“信息网络是由信息网元组成的集合体,用以支持组织之间的和组织内部的包括语音、文本、数据或是它们的组合体的各种形式的通信要求。”其中信息网元是网络基本组成部件,在不同的网络中其组成部件具有不同的形式。

信息网络的基本概念是不断发展的。不同的历史时期由于用户的需求、市场的驱动及人类对网络的研究和实践,导致不同网络诞生、发展和成熟。任何一种网络都在某种意义上满足了人们的需求。

在不同应用范围和不同应用目标下,信息网络具有不同的含义,在一般意义上可以将信息网络分成电话通信网、计算机通信网和有线电视网等三种类型。以话音为主的电话通信网包括公用电话交换网(PSTN:Public Switched Telephone Network)、专用通信网、移动通信网。以数据为主的通信网包括分组交换公用数据网(PSPDN:Packet Switched Public Data Network)、X.25 网、数字数据网(DDN:Digital Data Network)、帧中继网(FRN:Frame Relay Network)、计算机通信网包括局域网(LAN:Local Area Network)、城域网(MAN:Metropolitan Area Network)、广域网(WAN:Wide Area Network)等形式。其中高速局域网有光纤分布式数据接口(FDDI)和吉(千兆)比特以太网,高速城域网有分布式队列双总线(DQDB)和交换式多兆位数据服务(SMDS),广域网有 Internet 等典型网络。有线电视网(CATV)以视频业务为主要业务。

信息网络的发展是和通信设备与终端、电子器件、计算机软件和硬件技术的发展紧密相关的,所以说信息网络发展水平是一个国家综合实力的体现。由于信息网络的投入是十分巨大的,成本回收周期比较长,促使人们研究更先进的信息网络理论技术,但是任何一种网络技术被市场接受的前提是必须有市场潜力非常大的应用需求驱动,并且该应用无法用现存的各种网络很好地支持,此时供应商和运营商才可能采用这种技术构建网络。信息网络目标是实现网络用户之间的信息互通,所以任何新型网络的产生都必须考虑到其用户和其他已有网络的互通,这就进一步增加了网络投资的需求。如果原有网络支持的某种业务并不能被新型

网络技术在技术上和应用领域全部覆盖，原有的信息网络必将继续存在。这就是为什么在信息网络领域中各个时期网络常常是并存的。不同类型网络是针对特定应用而设计的，每一种网络都有其设计的假设前提，都能解决当时网络无法支持某种业务的难题，了解信息网络的发展是整体上学习各种通信网络技术的有效途径。

1.1 电信基础网络

1.1.1 电话通信网

电话通信网（简称电话网）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。电话网由基础网、相应的支撑网和它所支持的各种业务网组成。

公用电话交换网（PSTN：Public Switched Telephone Network）是普及率最高、覆盖范围最广的电话通信网。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和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，是电话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 万公里，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。其基本结构有星形网、网状网、树状网及复合网多种。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。目前使用的电话交换网的数据传输速率可达 28.8kbit/s 或 56kbit/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，网上需要加装多点控制器（MCU）。

1.1.2 计算机通信网

1. 计算机网络及计算机通信网

计算机网是由不同媒介（电话线路、同轴电缆、光纤、无线、微波和卫星等）连接的、物理上互相分开的多台计算机组成的、将所要传输的数据划分成不同长度的分组进行传输和处理的系统。通过发送、接收和处理不同长度的分组实现信息和计算机软硬件资源的共享。

在计算机网络发展过程的不同阶段，人们对计算机网络提出了不同的定义，不同的定义反映着当时网络发展的水平及人们对网络的认识程度。从广义的观点定义为计算机通信网，其特点是借用公用电话通信信道或公用数据通信信道（或专用信道），通过资源共享实现信息的传输与处理；从对用户透明性的观点定义为分布式计算机系统，其特点是它的操作系统以全局方式管理系统资源，能自动为用户的需求调度网络资源，多个互连的计算机系统对用户来说是“透明”的，是计算机网络技术发展的高级阶段。以资源共享观点定义的计算机网络可以看成是从计算机通信网到分布式计算机系统的过渡，为分布式系统的研究提供技术和理论基础。

计算机网络要完成数据处理和数据通信两大功能，在结构上可以分成两部分：负责数据处理的计算机与终端；负责数据通信处理的通信控制处理机（CCP：Communication Control Processor）与通信线路。从计算机网络组成的角度看，典型的计算机网络从逻辑功能上可以分为资源子网和通信子网两部分，其结构如图 1.1 所示。

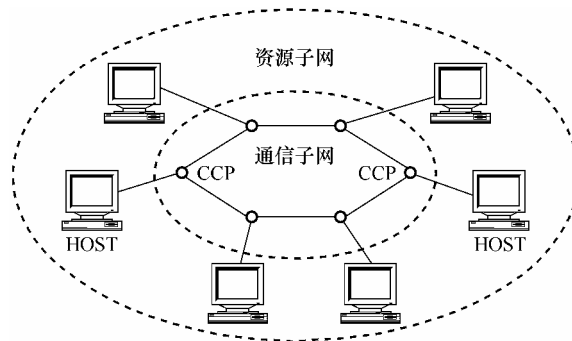


图 1.1 计算机网络

（1）资源子网

资源子网由主计算机系统、终端、终端控制器、连网外设、各种软件资源与信息资源组成。资源子网负责全网的数据处理业务，向网络用户提供各种网络资源与网络服务。

网络中主计算机（简称为主机）可以是大型机、中型机、小型机、工作站或微机。主机是资源子网的主要组成单元，它通过高速通信线路与通信子网的通信控制处理机相连接。普通用户终端通过主机连入网内。主机要为本地用户访问网络内其他主机设备与资源提供服务，同时要为网中远程用户共享本地资源提供服务。随着微机的广泛应用，连入计算机网络的微机数量日益增多，它可以作为主机的一种类型，直接通过通信控制处理机连入网内，也可以通过连网的大、中、小型计算机系统间接连入网内。

（2）通信子网

通信子网由通信控制处理机、通信线路与其他通信设备组成，完成网络数据传输、转发等通信处理任务。

通信控制处理机在网络拓扑结构中被称为网络节点。它一方面作为与资源子网的主机、终端的连接接口，将主机和终端连入网内；另一方面它又作为通信子网中的分组存储转发节点，完成分组的接收、校验、存储、转发等功能，将源主机报文准确发送到目的主机。通信线路为通信控制处理机与通信控制处理机、通信控制处理机与主机之间提供通信信道。计

算机网络采用了多种通信线路，如电话线、双绞线、同轴电缆、光导纤维电缆（简称光缆）、无线通信信道、微波与卫星通信信道等。

2. 计算机网络的特征

计算机网络的重要特征是信息按分组方式传输。

计算机网络也可以看成是在物理上分布的相互协作的计算机系统。其硬件除了单体计算机和传输媒体外，还有插入计算机中用于收发数据分组的各种通信网卡，把多台计算机连接到一起的集线器（Hub，现逐渐被相应的交换机取代），扩展带宽和连接多台计算机用的交换机以及负责路径管理、控制网络路由情况的路由器或 ATM 交换机等。

计算机网络中包含有丰富的软件。操作系统核心软件是网络软件的基础，操作系统是多任务的，用于处理来自不同计算机的数据收发任务；通信控制用协议软件是计算机网络软件中最重要、最核心的部分，是网络中通信各部分之间必须遵守的规则集合，决定了计算机网络体系结构；管理软件用来管理计算机网络用户与网络的接入、认证，计算机网络的安全以及网络运行状态和负责计费等工作；交换与路由软件负责为通信各部分之间建立和维护传输信息所需的路径；应用软件为用户提供网络服务，实现信息资源的传输和共享。

1.1.3 数据通信网

用于计算机之间进行通信的网络称为数据通信网，即计算机网络中的通信子网。数据通信网具备如下特征。

(1) 适应大容量与突发性通信的要求

计算机数据传输具有“突发性”的特点，可能造成网内负荷的拥塞现象，因此现代数据通信网必须要适应大数据、突发性传输的要求，并能对网络拥塞有良好的控制功能。

(2) 适合综合业务服务的要求

随着人们对信息需求的日益增加，一些新业务（如可视电话、传真、文件与图像检索、电子广告、电子商务、电子购物、远程教学与远程医疗等）都将与计算机网络服务融为一体，因此未来的通信网应该是一个全数字化、高带宽、有综合服务能力的高速通信网络。

(3) 开放的设备接口与标准化协议

信息高速公路面对用户的各种信息服务设备，这就要求未来的通信网要为用户提供开放的设备接口与标准的通信协议。

(4) 完善的通信服务与网络管理

要保证数据通信网能够稳定、安全与高效运行，网络必须具备完善的网络服务和智能化的管理功能。

1.1.4 有线电视网

有线电视系统（CATV）是通过有线线路在电视台和用户终端之间传送图像、声音信息的闭路电视系统。CATV 的信号传输方式及运行方式均和一般的电视广播有所不同，但为了保持和普通电视机兼容，CATV 保留了无线广播电视制式和信号调制方式。有线电视网络可分为广播型和双向交互型两大类。

有线电视网由两部分组成，一部分为有线电视台之间传送节目源的传送网络（传输干线），另一部分是面向用户的节目分配网络。有线电视台之间节目交换除使用卫星信道以外，还利

用高质量的 SDH 微波和光传输系统。有线电视的 SDH 传输系统与电信网的传输网络没有本质的差别，只是面向用户的分配网与电信网和计算机网不同。有线电视网传送信息的特点表现为分配性和同一性，即有线电视网在同一时刻向所有的用户提供大量的相同的信息，用户通过终端设备（电视机）在有线电视网提供的电视节目选取需要的信息。因此，它是一种多用户共享的宽带分配网络，有线电视信息的特点决定了有线电视网信息流具有非对称性和分配性，为此目的建立的信息网最佳的网络拓扑结构是树状结构。近年来，我国有线电视网发展比较迅速。到 1997 年年底，已建立起以市、县行政区域为覆盖范围有线电视分配系统，有线电视光缆、微波传输干线 17 万公里（其中光缆 9 万公里），分配网络 300 万公里。我国已成为世界上拥有有线电视用户数最多的国家，但尚未实现全国和省内联网，有线网分属几百个小型地方电视台。

有线电视之所以发展迅速，是因为它具有以下优点：

- (1) 改善微弱信号的接收效果；
- (2) 有效地抑制了干扰，消除了重影，可获得良好的收视质量；
- (3) 不占用空间频率资源，节目容量大，CATV 信道带宽达 400MHz，可传几十路电视节目和其他数据，可提供多种服务；
- (4) 可进行双向传输，便于对特定的用户提供特别的节目、特殊的信息服务。

有线电视网存在的主要问题，在于有线电视网虽然具备了现代信息网最重要的传输与接入手段，但还完全不具备宽带信息业务节点及相应的交换设施。或者说，有线电视网络若单独组成完整的信息网络在某些地区尚不成熟。特别是在向用户提供双向实时业务方面，由于受到基础网络传输能力的限制，将会遇到比计算机网更大的困难。另外，目前在相当多的省份，有线电视网尚未联网运行，同时相关人员也缺乏通信方面的知识和运营经验。

在我国，由于同轴电缆入户率很高，因此充分利用该资源开展 Internet 接入服务是有线电视运营的发展方向，利用电缆调制解调器技术在光纤同轴电缆混合网（HFC）上传输 IP 数据将会迅速发展起来，成为 Internet 接入的一个强有力的竞争者。HFC 上传输 IP 数据的主要设备有电缆调制解调器终端系统（CMTS）和电缆调制解调器（CM）。其中，CMTS 一般位于有线电视网前端的位置，提供与公网节点机如 ATM 交换机或路由器的接口；CM 位于用户家中，提供与用户计算机的接口。CMTS 与 CM 之间的通信与普通 Modem、以太网有所不同。普通 Modem 之间的通信是点到点、一一对应的；以太网卡之间的通信是共享总线、半双工的；CMTS 与 CM 之间的通信是点到多点、全双工的，任何 CM 之间的通信都必须通过 CMTS 才能完成。在 HFC 上，传输 IP 数据的点到多点系统存在多址接入的问题，解决的方法多是采用时分多址接入（TDMA）。

目前，CMTS 与 CM 之间的信息传输，下行是广播方式，上行是 TDMA 方式。在下行方向，CMTS 发送给特定的 CM 数据帧含有标识 CM 的信息，因此只有符合标识的 CM 会继续处理该数据帧，其他 CM 会丢失该数据帧。在上行方向，信道被分割成连续的时间片，CMTS 在下行信道中通知所有 CM 哪个上行信道的的时间片可以由哪个 CM 发送数据帧，于是 CM 就按照 CMTS 的规定在可用的时间段发送数据帧。目前，在 HFC 上传输数据的设备所采用的标准大多是 MCNS/DOCSIS 1.0/1.1，一部分采用 DVB/DAVIC ETS300 800，使得不同生产厂家的 CMTS 与 CM 之间不能互通。从发展趋势看，厂家专用标准将逐渐消亡，DOCSIS 标准可以为不同的电缆调制解调器提供互操作性，将成为主导的标准。

1.2 现代网络通信中的信息处理与智能技术

现代通信的重要特征之一是从网络、交换、传输到终端各种功能的实现，且愈来愈依赖于信号与信息处理技术。这是因为信息表示形式的多样化乃至通信业务的多样性，对通信系统和网络提出愈来愈高的要求，需要利用数字信号处理技术来提高通信的有效性和可靠性，并赋予网络、系统乃至终端以智能。微电子、光电子和计算机技术的长足进步，为信号与信息处理技术在通信中的应用提供了工程实现的可能性。利用微处理器、通用 DSP、专用的 ASIC 芯片和人工神经网络芯片可以在相应软件支持下实现所需的各种功能。信号与信息处理技术已成为 21 世纪通信发展的重要支柱。在通信范畴，信号与信息处理主要应用在信源编码、信道编码、通信信号的智能处理等几个方面。

1.2.1 信源编码

1. 语音编码

信源编码的目的是在保证一定重建质量和工程实现复杂度可接受的前提下，尽可能降低传送码率，以提高通信的有效性。

在语音编码方面，G.728 建议的 16kbit/s LD-CELP（低时延码激励线性预测）压缩算法，适合于可视电话、无绳电话、卫星通信、数字话音插空、移动通信、分组化话音以及语音存储等应用。此外，还有 G.729 建议的 8kbit/s CS-ACELP（共轭结构代数码激励线性预测）算法和泛欧数字移动通信标准 13kbit/s 的 RPE/LTP 算法等。

语音压缩编码以 CELP 为核心的技术还可扩展到 6.4kbit/s 速率，但难以再向 2.4kbit/s 及以下速率推进，故出现了余弦声码器技术的研究（如 MBE，即多带激励）。高质量中、低速率和极低速率（1.2kbit/s）语音压缩编码技术的研究已引入了新的语音分析技术，如非线性预测、多精度时频分析技术（如小波和小波包技术）和高阶统计分析技术等，并结合人耳听觉的生理和心理（如利用掩蔽效应）来进行，以期取得突破。

近年来随着第三代移动通信的发展，变速率语音压缩编码技术相应得到发展。1999 年公布的第三代伙伴计划（3GPP）把自适应多速率（AMR）语音编解码作为主要技术。该技术有 8 种速率（12.2、10.2、7.95、7.40、6.70、5.90、5.15、4.75kbit/s）供选择，并采用语音激活技术（VAD）、舒适背景噪声（CNA）、源控速率（SCR）、重帧及误码消除（ECU）、抗稀疏处理等先进技术。它能根据信道质量选择不同的编码速率，通信质量接近或达到长途电话质量。变速率语音压缩编码理论上仍属于 CELP，但在“变”上有新的研究，引入了相关的先进技术。随着因特网的发展，语音 IP（VoIP）对语音压缩编码的需求十分迫切。在 H.323 系列建议中规定了音频编/解码算法，该算法符合 ITU 标准，如 G.711（A 律或 μ 律）、G.728、G.729A 等。

语音编码的另一个研究方向是高效宽带声音（音乐、自然声）编码和基于信源控制、信道控制和网络控制的变速率（VBR）语音编码。

2. 图像编码

在图像压缩编码方面，用于多媒体通信视频图像压缩的 MPEG-1 及其进一步扩展改进的 MPEG-2 和甚低比特率视频图像压缩的 H.263、H.263⁺ 已得到广泛应用。

为了适应多媒体业务视频信息编码由播放型向基于内容的访问操作型（如交互式网上购物、多媒体数据库访问和创作动画合成音响等）发展，需在压缩的图像数据中包含描述视频图像内容的信息。这种基于内容的表示是新制定的 MPEG-4 视频编码标准的显著特点，因而具有基于内容的交互性。MPEG-4 具有较高的压缩率、较好的重建图像主观视觉质量以及对传输错误的鲁棒性，并提供内容、质量、复杂度方面的分级能力。MPEG-4 采用开放、灵活和可扩展的视频“工具箱”方法，即可将各种视频编码“工具”进行标准化，并加以适当选择，经句法描述语言的“粘合”灵活地合成，以适用于不同应用档次的各种算法。它对于新的软、硬件技术的吸纳十分方便，因而有长久的生命力和广泛的适应性。

MPEG-7 是继 MPEG-4 之后一个酝酿中的国际标准。它的主要目标是指定一系列的标准描述符来描述各种媒体信息，便于用户进行基于内容和对象的视听信息的搜索和查询。与其他标准不同的是，MPEG-7 只是一系列描述符，而不是音像压缩算法的规则。但它仍可认为是在 MPEG-4 的基础上建立的。MPEG-4 与 MPEG-7 是互补的，前者侧重于对象的表示，后者则侧重于对象的描述。MPEG-7 的应用包括数字化图书馆（如图像目录、音乐辞典、家庭多媒体数据）、地理信息系统、生物医学、计算机视觉、遥感、监控等不同的应用领域。

进入 21 世纪后，MPEG-7 尚在酝酿之时，MPEG 又提出了 MPEG-21 的设想。在 MPEG-21 的推动下，目前的多媒体技术将逐渐完成整合，搭建一个多媒体框架体系，在跨越不同的网络结构和多媒体设备时，使多媒体资源的开发和利用变得透明（与设备无关）便捷。

MPEG 的发展经历了如图 1.2 所示的过程，从简单的信号压缩编码，逐渐走向对多媒体信息特征、语义的描述，最终走向知识学的研究，为媒体的应用和发展开辟了广阔的空间。

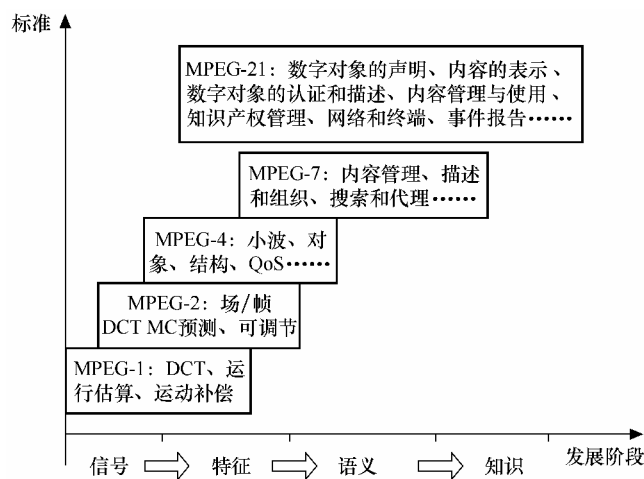


图 1.2 MPEG 标准的发展

传统图像编码都是基于波形的，是在仙农信息论框架内采用传统统计、预测和变换方法来进行的。要适应未来多媒体通信业务和实现高压缩比和较高主观评定质量的图像编码，需充分利用人的视觉生理、心理和图像信源的各种特性去探索图像的表达机理。未来图像编码将突破传统“基于方块”的模式（如基于 8×8 子图像），而采用基于模型的视频编码，即选择恰当的模型来逼近图像中的目标和景物，然后对模型本身或模型参数进行编码传送。模型基编码又可细分为语义基编码和物体基编码两个分支。