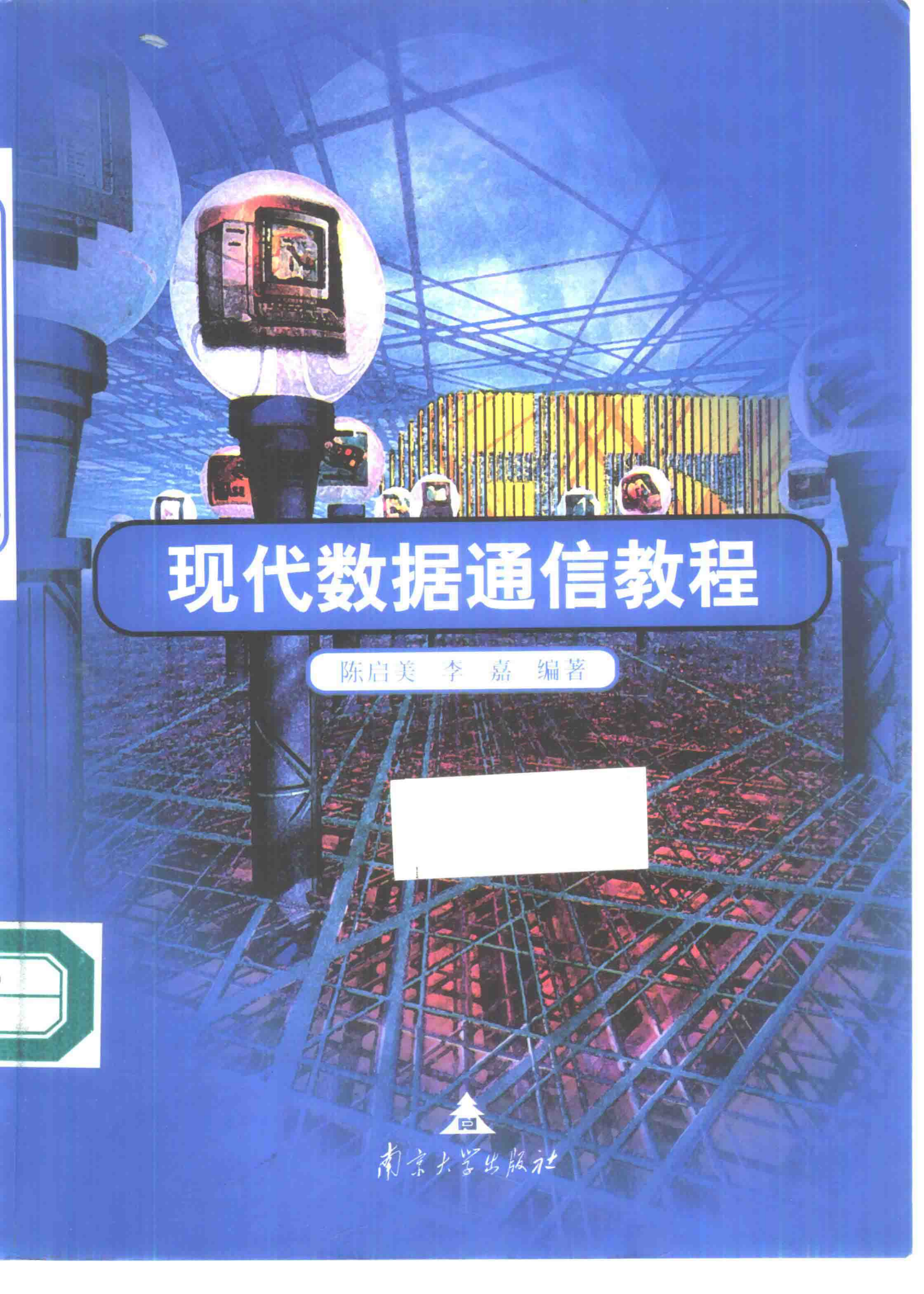




现代数据通信教程

陈启美 李 嘉 编著



南京大学出版社

现代数据通信教程

陈启美 李 嘉 编著

南 京 大 学 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

现代数据通信教程/陈启美,李嘉著. —南京:南京大学出版社,2000.3

ISBN 7-305-03509-2

I. 现... II. ①陈... ②李... III. 数据通信-教材 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 04913 号

现代数据通信教程

著 者 陈启美 李 嘉

责任编辑 王金祥

装帧设计 朱 兰

责任校对 谭开晖

出版发行 南京大学出版社

(南京汉口路 22 号南京大学校内 邮编 210093)

印刷 丹阳兴华印刷厂

经销 全国各地新华书店

开本 787×1092 1/16 印张 22 字数 549 千

2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月第 1 次印刷

印数 1~5 000 册

定价 29.00 元

ISBN 7-305-03509-2/TP·193

声明: (1) 版权所有, 侵权必究.

(2) 本版书若有印装质量问题, 请与经销商联系调换.

发行部订购、联系电话: 3592317、3593695、3596923

序

国际上发表的各种预测报告表明,数据通信将成为网络流量的主流。值此 21 世纪,通信正在发生一场史无前例的革命:网络业务正向数据化发展,数据业务的年增长率达 30% 以上,即将超过电话业务;以数据形式的多媒体业务正向宽带化发展,各种多媒体业务日新月异,层出不穷;各种数据业务正向分组化发展,网络的资源利用率正显著地提高;移动通信正与多媒体宽带化相结合,宽带无线接入跻身网络的接入技术之中。国内情况也基本类似,今后 5 至 10 年内,国内数据业务量将超过话音业务量;ATM/IP 路由器将逐步取代传统的电路交换机;10 到 20 年内,基本 IP 的分组网将成为未来公用网的主要组成部分。

陈启美、李嘉同志在这样的背景下编写了这本《现代数据通信教程》,无疑是十分必要和及时的。该书有三个特色:其一是大大拓展了数据通信的内涵,扩展到计算机之间进行数据信息的交换、传输、接入等一系列过程。其二是增加了不少新的技术,反映了数据通信新技术的动向和进展,如帧中继与 ATM;位同步、帧同步与网同步;数据接入技术;多媒体通信等等。其三是为非通信专业的学生和其他人员提供了一些数据通信的基础知识,如通信基础、基带和频带数据传输等等。相信,该书可供高校计算机等专业的教师、本科以上学生的教学用,对有关科技人员也会有重要的参考价值。

毕厚杰

2000. 1.

前 言

步入信息时代后,在“知识经济、信息高速公路究竟还有多远?”的口号声中,发展速度最快的,莫过于计算机和通信了。而数据通信正是计算机和通信技术交叉融合,并相互渗透的专业技术。

本书旨在深入浅出地系统阐述数据通信的基本原理;取材新颖,力求反映当代国内外数据通信技术的最新进展;注重理论与实际相结合,尽可能介绍相关实用技术。同时考虑到相当一部分科技人员和学生未有通信专业的技术背景,然而对计算机技术却有一定了解,因此本书的有关内容向通信技术方面有所倾斜。

全书共分十二章。第一章是绪论,扼要介绍了通信的发展及当代通信的热点,叙述了通信模型及数据通信研究的内容,并分析了计算机网络与数据通信的关系。第二章是通信基础,讲述了通信中的基本概念、常用术语、主要指标,并用时域和频域的手段,初步讨论了信号与信道的关系,此外还概略介绍了模拟通信与数字通信。第三、四章分别是基带数据传输和频带数据传输,它们从时域和频域角度阐述了数据传输的基本原理,并说明了相应的技术方法,同时还介绍了 MODEM 的标准、协议等实际应用知识。第五章是通信接口,介绍了常用通信接口的机械、电气、功能和过程特性。第六章是多路复用,讲述了多路复用的基本理论和技术背景,频分、时分、码分、波分等多路复用技术,以及数字复接、PDH 和 SDH 的有关内容。第七章是差错控制,讨论了差错控制的原理和方式,介绍了常用的纠错编码。第八章是同步,提出了同步的概念和分类,讲述了位、帧、网同步等相关内容。第九章是交换,讲述了电路、报文、分组、帧中继、ATM 等交换技术,并专题分析比较了新技术与传统技术的性能和特点。第十章是信道,在讲述了常用信道,特别是光纤信道的机理和特点后,还介绍了微波和卫星通信系统。第十一章是用户数据接入,它是当前通信发展的瓶颈和热点,在讨论其背景、需求、功能、结构等的基础上讲述了光接入网、xDSL、FTTX 和 WLL 的原理、特点及应用。第十二章是多媒体数据通信,它反映了现代通信的动态和发展趋势。多媒体基础知识、多媒体通信特点等内容是作为基本技术背景来介绍的;在讨论多媒体通信对网络的需求之后,探讨了当前各种网络对多媒体通信的支持及相应的技术改造;多媒体同步和多媒体数据压缩涉及技术面较广,故分别予以专题描述;最后介绍了多媒体通信的应用和进展。

本书自成系统,便于自学,可作为高等学校计算机及相关专业的教科书,也可作为科技人员的参考书。本书各章末均附有习题。书末还附有相关的数学推导和常用标准、若干专业英汉词汇对照表及主要参考文献。在本书的编写过程中,参考和引用了有关文献的内容,吴云小姐精心完成了全部手稿的录入及作图工作,柳益君为第十二章和附录的完成及全书的校对做了相当的工作,张盛和周洋也参与了文稿的校对工作,值此谨表深切的谢意。

本书的电子版位于www.baoding.net.cn。通过此 Web 站点,读者更可以了解数据通信领域的最新动态,阅读本书的参考文献及笔者推荐读物,参考习题答案,并可利用讨论组发表自己的有关见解。

由于数据通信属发展迅速、学科交叉的技术领域,又限于笔者的理论水平和实践能力,再加之编写时间仓促,书中自然存有不少错误和缺陷,敬请读者不吝赐教。笔者的 E-MAIL 地址是: lijia@990.net。

编著者

2000 年元月

目 录

序	(1)
前言	(1)
第一章 绪论	(1)
第一节 通信的回顾与热点	(1)
一、通信的回顾	(1)
二、当前通信的热点	(2)
第二节 数据通信的研究内容	(3)
一、通信模型	(3)
二、通信种类的划分	(3)
三、数据通信的研究内容	(4)
第三节 由计算机网络谈数据通信	(5)
一、网络定义的角度	(5)
二、网络体系结构的角度	(5)
第四节 通信技术标准制定机构	(7)
习 题	(9)
第二章 通信基础	(10)
第一节 信息	(10)
一、信息、信号与消息	(10)
二、信息论的出现	(10)
三、信息的度量	(10)
第二节 信号与信道	(12)
一、概述	(12)
二、信号的分类	(13)
三、信号的频域分析	(13)
四、信号通过信道的分析	(15)
五、信号的频谱搬移	(17)
六、噪声与信噪比	(17)
第三节 数据通信系统的主要质量指标	(19)
一、数据通信系统的有效性	(19)
二、数据通信系统的可靠性	(20)
三、其它质量指标	(21)
第四节 信道容量	(21)
一、香农公式	(21)
二、奈奎斯特准则	(23)

第五节 模拟通信	(24)
第六节 数字通信	(25)
一、数字通信系统的基本概念	(25)
二、数字通信的特点	(25)
三、PCM 的编译码	(26)
习 题	(28)
第三章 基带数据传输	(30)
第一节 概述	(30)
第二节 基带数据信号码型的设计要求	(30)
第三节 基带传输基本理论	(37)
一、无失真传输	(37)
二、带限传输对信号波形的影响	(38)
三、基带传输基本准则	(38)
四、部分响应系统	(41)
第四节 眼图和均衡	(41)
一、眼图	(41)
二、均衡	(43)
习 题	(45)
第四章 频带数据传输	(47)
第一节 概述	(47)
第二节 2ASK	(47)
一、2ASK 的调制	(47)
二、2ASK 的解调	(49)
第三节 2FSK	(50)
一、2FSK 的调制	(50)
二、2FSK 的解调	(52)
第四节 2PSK	(53)
一、2PSK	(53)
二、2DPSK	(55)
第五节 几种二进制数字调制性能比较	(58)
第六节 多进制数字调制	(60)
一、多进制幅移键控(MASK)	(60)
二、多进制频移键控(MFSK)	(61)
三、多进制相移键控(MPSK)	(62)
四、幅相键控(APK)	(67)
第七节 MODEM	(68)
一、Modem 的分类	(68)
二、有关 Modem 的标准	(70)
三、Modem 的硬件总体结构及功能	(71)
四、AT 命令集	(72)
五、Modem 间通信所使用的文件传输协议	(73)

六、软件 Modem	(77)
习 题	(77)
第五章 通信接口	(80)
第一节 概述	(80)
第二节 机械特性	(81)
第三节 电气特性	(82)
第四节 功能特性和过程特性	(84)
一、概述	(84)
二、V 系列接口	(84)
三、X 系列接口	(93)
第五节 接口的物理连接	(96)
习 题	(97)
第六章 多路复用	(99)
第一节 概述	(99)
第二节 多路复用基本理论	(99)
第三节 频分多路复用	(100)
第四节 时分多路复用	(102)
第五节 统计时分多路复用	(105)
第六节 码分多址复用	(108)
第七节 波分多路复用	(111)
第八节 数字复接	(112)
一、数字复接的基本概念	(112)
二、数字复接系统	(113)
三、数字复接的分类	(113)
第九节 PDH 和 SDH	(115)
一、PDH	(115)
二、SDH	(118)
习 题	(123)
第七章 差错控制	(125)
第一节 概述	(125)
第二节 差错控制的基本知识	(125)
一、检错和纠错的基本原理	(125)
二、差错控制编码分类	(128)
三、差错控制方式	(129)
第三节 简单的抗干扰编码	(129)
一、奇偶校验码	(129)
二、二维奇偶校验码	(130)
三、群计数码	(131)
四、等重码	(131)
第四节 线性分组码	(132)
一、线性分组码的概念	(132)

二、汉明码.....	(132)
三、对一般线性分组码的讨论.....	(135)
四、循环码.....	(138)
五、BCH 循环码	(145)
第五节 卷积码简介	(146)
第六节 ARQ	(148)
一、等待式 ARQ	(148)
二、退回 N 步 ARQ	(149)
三、选择重传 ARQ	(150)
四、滑动窗口协议.....	(150)
习 题	(154)
第八章 同步	(157)
第一节 概述	(157)
第二节 由接收数据判决时钟同步	(157)
第三节 异步传输方式与同步传输方式	(159)
一、异步传输方式.....	(159)
二、同步传输方式.....	(160)
第四节 位同步及其提取	(161)
一、插入导频法.....	(161)
二、自同步法.....	(162)
第五节 帧同步.....	(166)
一、帧同步系统应满足的要求.....	(166)
二、集中插入同步法.....	(166)
三、分散插入同步法.....	(169)
第六节 网同步.....	(170)
一、网同步的基本概念.....	(170)
二、全网同步系统.....	(171)
三、准同步系统.....	(172)
习 题	(174)
第九章 交换	(175)
第一节 概述	(175)
第二节 电路交换	(176)
一、电路交换原理.....	(176)
二、程控交换机.....	(178)
第三节 报文交换	(181)
第四节 分组交换	(183)
一、分组交换方式的提出.....	(183)
二、分组交换原理.....	(184)
三、分组与合并.....	(184)
四、数据报和虚电路.....	(186)
五、路由选择.....	(187)

六、流量控制·····	(191)
七、故障处理·····	(193)
八、X.25 建议的基本概念·····	(194)
第五节 帧中继·····	(195)
一、快速分组交换技术的提出·····	(195)
二、帧中继的基本原理·····	(195)
三、帧中继的帧结构·····	(197)
四、帧中继的特点·····	(198)
第六节 ATM·····	(198)
一、ATM 的提出·····	(198)
二、ATM 的基本概念·····	(199)
三、ATM 交换原理·····	(201)
四、ATM 的特点·····	(203)
五、ATM 与帧中继的关系·····	(204)
第七节 几种交换方式的比较·····	(204)
一、电路交换的主要优缺点·····	(204)
二、分组交换的主要优缺点·····	(204)
三、帧中继的主要优缺点·····	(205)
四、ATM 的主要优缺点·····	(205)
五、相互比较·····	(205)
习 题·····	(206)
第十章 信道·····	(208)
第一节 概述·····	(208)
第二节 有线电信道·····	(208)
一、双裸线·····	(209)
二、双绞线·····	(209)
三、同轴电缆·····	(210)
第三节 光纤信道·····	(211)
一、光纤通信系统的构成·····	(211)
二、光纤通信的特点·····	(212)
三、光纤的基本知识·····	(213)
第四节 微波通信系统·····	(219)
一、微波通信的基本概念·····	(219)
二、微波通信系统的构成·····	(219)
三、微波通信的特点·····	(220)
第五节 卫星通信系统·····	(221)
一、卫星通信系统的由来与分类·····	(221)
二、卫星通信系统的构成·····	(221)
三、卫星通信的特点·····	(222)
四、卫星通信的频段划分·····	(223)
五、卫星通信的新发展·····	(224)
习 题·····	(227)

第十一章 用户数据接入	(229)
第一节 概述	(229)
第二节 背景、需求、特点	(230)
一、背景	(230)
二、需求	(230)
三、特点	(230)
四、接入网分类	(231)
第三节 接入网功能结构	(231)
一、功能结构	(231)
二、接口	(232)
三、功能	(232)
四、接入网的模型	(233)
第四节 光接入网	(234)
一、基本功能结构	(234)
二、引入的优点	(235)
三、FTTX	(235)
第五节 xDSL	(237)
一、概述	(237)
二、HDSL	(238)
三、ADSL	(241)
四、VDSL、SDSL、RADSL	(247)
第六节 HFC	(247)
一、HFC 的结构	(248)
二、HFC 中的频谱安排	(248)
三、HFC 的主要技术	(249)
四、HFC 的优点	(250)
第七节 WLL	(250)
一、概述	(250)
二、WLL 的特点和应用	(251)
三、WLL 的接入结构	(252)
四、基于集群无线电话的 WLL	(253)
五、基于蜂窝移动通信的 WLL	(254)
六、基于无绳电话的 WLL	(254)
七、基于一点对多点的微波 WLL	(255)
习 题	(255)
第十二章 多媒体数据通信	(257)
第一节 概述	(257)
第二节 多媒体通信基础知识	(257)
一、多媒体通信的历史与现状	(257)
二、多媒体的定义	(258)
三、多媒体技术综述	(259)
第三节 多媒体通信的特点	(260)

一、宽带·····	(260)
二、实时性·····	(260)
三、时空约束·····	(261)
四、分布处理和协同工作·····	(261)
五、交互式工作·····	(261)
第四节 多媒体通信对网络的需求 ·····	(262)
一、网络性能参数·····	(262)
二、对网络的性能要求·····	(263)
第五节 当前网络对多媒体的支持及其发展趋势 ·····	(265)
一、导言·····	(265)
二、PSTN ·····	(266)
三、CATV 网 ·····	(267)
四、LAN ·····	(268)
五、X.25 网 ·····	(270)
六、FR 网 ·····	(271)
七、DDN ·····	(271)
八、ATM 网(B-ISDN)·····	(273)
九、IP 网 ·····	(275)
第六节 多媒体同步 ·····	(278)
一、导言·····	(278)
二、同步的分类·····	(279)
三、同步的分级·····	(279)
四、多媒体通信的同步方法·····	(281)
第七节 多媒体通信中的压缩编码技术 ·····	(284)
一、多媒体通信中数据压缩的必要性和可行性·····	(284)
二、数据压缩的分类·····	(284)
三、平均信息量编码·····	(285)
四、源编码·····	(287)
五、音频压缩编码技术·····	(289)
六、视频(图像)压缩编码技术·····	(292)
第八节 多媒体通信的应用和进展 ·····	(293)
一、综述·····	(293)
二、多媒体通信业务种类·····	(294)
三、多媒体远程通信系统·····	(296)
四、点播服务类系统·····	(297)
五、Internet 上的多媒体应用 ·····	(298)
六、多媒体通信前瞻·····	(300)
习 题 ·····	(301)
附录 I 数据通信中的有关数学推导 ·····	(302)
附录 II 数据通信用技术标准 ·····	(325)
附录 III 若干专业英汉词汇对照表 ·····	(329)
主要参考文献 ·····	(336)

第一章 绪 论

第一节 通信的回顾与热点

一、通信的回顾

数据通信也许可以追溯到“烽火戏诸侯”的时代。夜晚点火或白天点狼烟表示有敌人入侵，可称为“1”状态；无火或狼烟表示平安无事，称为“0”状态。海军的旗语是用两只手的握旗姿势表示 A~Z 等符号，这也可算是多进制的数据通信了。通信是从 1838 年摩尔斯发明电报算起，而我国的通信事业可以把李鸿章时代的洋务运动，以四个阿拉伯数字表示一个汉字的电报作为起点了。一个多世纪以来，通信可以大致划分为三个阶段：1838 年电报开始的通信的初级阶段；1948 年香农提出信息论开始的近代通信阶段；80 年代以后的光纤通信应用、综合业务数字网崛起的现代通信阶段。现把 80 年代之前的发展简史罗列如下：

- 1838 年 摩尔斯发明有线电报
- 1876 年 贝尔发明电话
- 1896 年 马可尼发明无线电报
- 1918 年 调幅无线电广播、超外差接收机问世
- 1925 年 开始采用三路明线载波电话、多路通信
- 1936 年 调频无线电广播开播
- 1937 年 ALec Reeves 发明脉冲编码调制(PCM)
- 1938 年 电视广播开播
- 1940 年~1945 年 二次大战刺激了雷达和微波通信系统的发展
- 1948 年 香农提出了信息论，通信统计理论开始建立
- 1950 年 时分多路通信应用于电话
- 1956 年 铺设了越洋电缆
- 1957 年 发射第一颗人造卫星
- 1958 年 发射第一颗通信卫星
- 1962 年 发射第一颗同步通信卫星；脉冲编码调制进入实用阶段
- 1960 年~1970 年 彩色电视问世；阿波罗宇宙飞船登月；数字传输的理论和技術得到了迅速发展

1970 年~1980 年 商用卫星通信、程控数字交换机、光纤通信系统等问世

80 年代以后，由于光纤、微电子及计算机等新技术的发展，通信技术有了长足的进步，特别 90 年代步入了信息时代之后，通信作为信息产业的平台以更迅猛的速度发展。其发展的主要特点是数字化、宽带化、个人化和智能化。下面将简要地介绍当今通信的一些热点。

二、当前通信的热点

1. 卫星通信

1982 年国际海事通信组织利用四颗地球同步轨道卫星组成了 INMARSAT 系统,开始实现覆盖地球的卫星通信。由于同步卫星的时延较大,并过于集中而发展空间不大,以及手机小型化等因素,中、低轨道的卫星系统得以重点研究,其中有美国 Motorola 公司的“铱”系统、美国 LORAL 公司的“全球星”系统,以及国际海事通信组织的 ICO 系统。

此外,国际卫星组织于 1999 年第一季度发射的电视直播卫星,也已应用于信息高速公路。

2. 移动通信

第一代通信采用模拟方式,在 80 年代中期得以应用。仅隔数年,它就从模拟方式发展到数字方式。90 年代,基于时分多路复用的北美 D-AMPS 和欧洲的 GSM 相继问世,接着又出现了基于码分多址的移动手机。目前,第三代宽带码分多址移动通信系统已经出现,称为 IMT2000,其国际标准已于 1999 年陆续出台,并拟在 2000 年正式推出,其主要特点有:提供全球无缝覆盖与漫游;提供数据速率为 2Mbps 的多媒体业务并可用智能化网相连接。

3. 多媒体通信

多媒体通信是当今热门话题,其传媒信息量大。并演变出许多应用,以适应现代社会的需要。诸如,可视电话(Video Phone)、电视会议(Video Conference)、虚拟现实(Virtual Reality)、视频点播(Video On Demand)、语音邮件(Voice Mail)、多媒体检索(Multimedia Document Retrieval)、远程教学(Multimedia Tele-teaching)等等,有的已开始应用,有的正处于襁褓时期。可以预见其离渗透社会各角落,进入千家万户,已为时不远了。

4. 用户数据接入

当电信业务转向视频、数据、图像、语言等多媒体业务后,原有的用户线已不能满足需要了,相应出现了基于铜缆的接入技术,如“高比特率数字用户线”、“不对称数字用户线”等等。这就让传统的用户电话线能够传输 2Mbps 以上的数据,把图像等视频信号引入用户家庭。其次出现了基于光缆的接入技术,如光纤到家、光纤到路、光纤到楼等等。光缆容量大、干扰小,而且对于传输方式、带宽、波长几乎没有严格限制。除了目前价格较高外,其优点是突出的。其三,还有光纤同轴混合接入技术,这是一种利用有线电视系统的方法,可以额外提供视频点播,交互式数据业务及电话业务。此外,还有无线接入的方式,具有建设速度快、方便灵活、造价低廉等特点。

5. 全光网

1995 年美国 and 欧洲分别开始了全光网的研究,其中分为两步:第一步是在传输系统中,全程不需要光/电和电/光的转换,完全靠光波沿光纤传输;第二步是用户端机之间不少电信号的处理功能,如出网/进网、储存、交换等,也由光技术实现。目前全光通信试验网已可以进行演示,全光网的有关国际标准正不断出台。全光网在服务质量、带宽资源、业务内容、网络的可重构性和可扩展性等方面,都是当今现有网络所远远不能比拟的。

6. 其它

在数据通信中还有一些具体的新技术专题,诸如,ATM(异步传送模式)、IP Phone(网络电话)、光纤 ADM 分插点复用等等。最近针对 ATM 的不足,又出现了 DTM(动态传送模式)的方案,令人目不暇接。

第二节 数据通信的研究内容

一、通信模型

通信的基本目的是由信源向信宿传送消息。如广播电台播音员的声音,通过电台发送载有声音的信号,以空间电磁场作为传输介质,并由收音机接收后,传给听众。

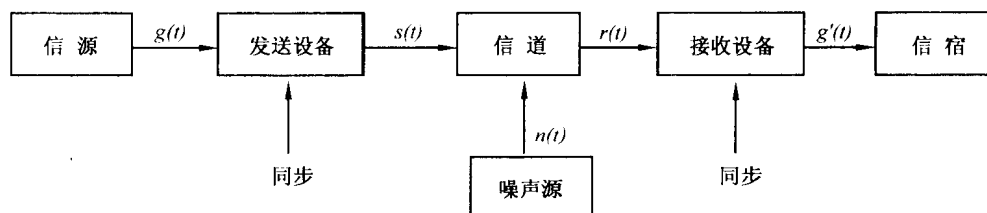


图 1-1 通信模型示意图

图 1-1 中,信源的信号为 $g(t)$,随时间发生变化,通常不适于直接在信道上传输。它需要由发送设备进行某种变换,变为信号 $s(t)$,既载有信源的信息,同时又便于在信道上传输。通过信道后的信号为 $r(t)$,在传输中受到了噪声 $n(t)$ 的干扰,接收设备进行相对于发送的反变换,反变换后的信号 $g'(t)$ 是信号 $g(t)$ 的近似值或估计值。这里,噪声的干扰实际存在于整个通信系统中,为便于分析,并考虑到信道上的干扰最为严重,故不妨把噪声干扰集中在信道上,设为 $n(t)$ 。通信的最基本要求是迅速和可靠,围绕“快和对”,将会展开一系列内容。

数据通信系统中,发送端的信源和接收端的信宿称为数字终端设备(Data Terminal Equipment,缩写为 DTE),如计算机之类的终端设备;发送和接收设备称为数据通信设备(Data Communication Equipment,缩写为 DCE)。

图 1-1 模型图是原理性的,带有启蒙的色彩。如 DCE 到 DCE,一般不是简单的点对点的关系,而是涉及比较复杂的网络结构,有路由选择等内容;一般通信是双向,图中只画出单方向的结构;图中的同步也只是一种时间上协调的会意性的描述等等。这些均需要在今后的学习中逐步加深理解。

二、通信种类的划分

通信种类可有多种划分形式,如从通信内容、传输信号形式、信道等角度进行划分。这里暂不作定义,只作通俗的解释。

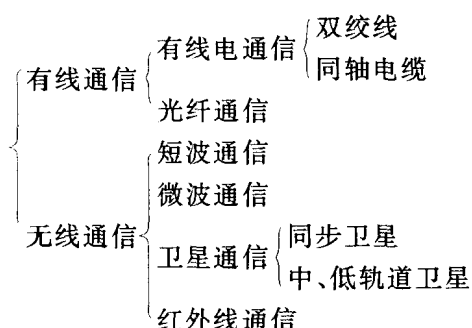
从通信内容上可有:

{ 语音通信(电话)
 图像通信
 多媒体通信

从传输信号形式有:

{ 模拟信号通信
 数字信号通信

从信道划分大致可有：



其它还有窄带通信和宽带通信等说法。语音、低速数据属窄带通信，而图像、多媒体、高速数据属宽带通信。

三、数据通信的研究内容

数据通信是通过计算机与通信技术相结合，来完成编码信息的传输、转接、存储和处理加工，及时、准确地向对方提供数据的通信技术。从以上的描述可以看出：它传输和处理的是离散数字信号，而不是连续模拟信号；它是计算机或其它终端间的通信；速度快，可靠性高。从通信内容上看不限于单一的语音，包括图像、语音、文件等数据，从信道上看不限于某种具体的传输媒介。

数据通信研究的内容比较复杂、范围较广。可以把数据通信研究的内容归纳为几个基本方面：

1. 数据传输 解决如何为信息提供通路，研究传输信号与传输信道之间相互匹配和适应的问题，以及相应的各种传输设备。其中又可分为基带数据传输、频带数据传输，这两者分别说明数字信道、模拟信道上传输数据的问题。

2. 通信接口 介绍接口的功能、过程、电气和机械四个方面的特性，其中涉及到怎样把发送端的信号变换为适合于信道传输的形式；把传输到终点的信号变换为适合接收端终端设备接收的形式等内容。这里还涉及一些通信的建议和协议。

3. 信道 指信息传输的通道或介质，在物理上可有多种形式，其中涉及这些信道的机理及特点等内容。

4. 通信处理 包括检错和纠错、格式化、速度变换、编码变换、流控等方面的内容。

5. 交换 对于点对点的通信，固然可以不考虑交换，但是实际上通信线路是网络结构，这就涉及到路由交换等方面的内容。

6. 多路复用 通信线路往往要同时传输多路信号，以提高通信效率。多路复用可进一步分为空分、时分、频分和码分多址四种方式。

7. 同步 这是收发双方在时间、内容、媒体等方面相互“协调”，以便正确接收。

8. 质量指标 数据通信主要有速率和差错率等质量指标。