



21st CENTURY
实用规划教材

21世纪全国高职高专
计算机系列实用规划教材

数据通信

原理及应用

教程与实训

主 编 陈光军 韩增泉 王鸿磊
副主编 陈增吉

内容特点:

- 主要内容: 数据通信基础、数据编码、数字信号的调制与解调及通信网与信息高速公路等。
- 主要特色: 注重培养学生分析和解决问题的能力。
- 读者对象: 高职计算机专业、网络工程专业以及通信工程专业的学生。



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专计算机系列实用规划教材

数据通信原理及应用教程与实训

主 编 陈光军 韩增泉 王鸿磊
副主编 陈增吉
参 编 张卫东
主 审 张光辉



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

全书共分 12 章, 主要包括数据通信系统模型、数据通信的理论基础、信道、信源编码、数字基带信号传输、数字信号的调制与解调、同步技术、差错控制技术、多路复用技术、数据链路传输控制规程、计算机通信的标准接口技术以及通信网与信息高速公路等内容。

本书内容的组织以培养学生的应用能力为主要目标, 理论与实践并重, 强调理论与实践相结合; 在内容的编排上, 力求由浅入深, 循序渐进, 举一反三, 突出重点, 通俗易懂, 使学生真正能够学以致用; 同时增加新技术, 拓宽知识面, 突出学科发展特点。本书既注重培养学生分析问题的能力, 也注重培养学生思考、解决问题的能力。

本书内容丰富, 实用性强, 可作为高职高专计算机专业、网络工程专业以及通信工程专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

数据通信原理及应用教程与实训//陈光军, 韩增泉, 王鸿磊主编. —北京: 北京大学出版社, 2005.9
(21 世纪全国高职高专计算机系列实用规划教材)

ISBN 7-301-09495-7

I. 数… II. ①陈…②韩…③王… III. 数据通信—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 090997 号

书 名: 数据通信原理及应用教程与实训

著作责任者: 陈光军 韩增泉 王鸿磊 主编

责任编辑: 李彦红

标准书号: ISBN 7-301-09495-7/TP·0805

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667

电子信箱: pup_6@163.com

排版者: 北京东方人华北大彩印中心 电话: 62754190

印刷者: 北京中科印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 443 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

《21 世纪全国高取高专计算机系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 刘瑞挺

副主任 (按拼音顺序排名)

陈玉国 崔锁镇 高文志 韩希义

黄晓敏 魏 峥 谢一风 张文学

委 员 (按拼音顺序排名)

安志远 丁亚明 杜兆将 高爱国 高春玲 郭鲜凤

韩最蛟 郝金镇 黄贻彬 季昌武 姜 力 李晓桓

连卫民 刘德军 刘德仁 栾昌海 罗 毅 慕东周

彭 勇 齐彦力 沈凤池 陶 洪 王春红 闻红军

武凤翔 武俊生 徐 红 徐洪祥 徐受容 许文宪

严仲兴 杨 武 于巧娥 袁体芳 张 昕 赵 敬

赵润林 周朋红 訾 波

信息技术的职业化教育

(代丛书序)

刘瑞挺/文

北京大学出版社第六事业部组编了一套《21 世纪全国高职高专计算机系列实用规划教材》。为此，制订了详细的编写目的、丛书特色、内容要求和风格规范。在内容上强调面向职业、项目驱动、注重实例、培养能力；在风格上力求文字精练、图表丰富、脉络清晰、版式明快。

一、组编过程

2004 年 10 月，第六事业部林章波主任、葛昊晗副主任开始策划这套丛书，分派编辑深入各地职业院校，了解教学第一线的情况，物色经验丰富的作者。2005 年 1 月 15 日在济南召开了“北大出版社高职高专计算机规划教材研讨会”。来自 13 个省、41 所院校的 70 多位教师汇聚一堂，共同商讨未来高职高专计算机教材建设的思路和方法，并对规划教材进行了讨论与分工。2005 年 6 月 13 日在苏州又召开了“高职高专计算机教材大纲和初稿审定会”。编审委员会委员和 45 个选题的主、参编，共 52 位教师参加了会议。审稿会分为公共基础课、计算机软件技术专业、计算机网络技术专业、计算机应用技术专业 4 个小组对稿件逐一进行审核。力争编写出一套高质量的、符合职业教育特点的精品教材。

二、知识结构

职业生涯的成功与人们的知识结构有关。以著名侦探福尔摩斯为例，作家柯南道尔在“血字的研究”中，对其知识结构描述如下：

- ◆ 文学知识——无；
- ◆ 哲学知识——无；
- ◆ 政治学知识——浅薄；
- ◆ 植物学知识——不全面。对于药物制剂和鸦片却知之甚详。对毒剂有一般了解，而对于实用园艺却一无所知；
- ◆ 化学知识——精深；
- ◆ 地质学知识——偏于应用，但也有限。他一眼就能分辨出不同的土质。根据裤子上泥点的颜色和坚实程度就能说明是在伦敦什么地方溅上的；
- ◆ 解剖学知识——准确，却不系统；
- ◆ 惊险小说知识——很渊博。似乎对近一个世纪发生的一切恐怖事件都深知底细；
- ◆ 法律知识——熟悉英国法律，并能充分实用；
- ◆ 其他——提琴拉得很好，精于拳术、剑术。

事实上，我国唐朝名臣狄仁杰，大宋提刑官宋慈，都有类似的知识结构。审视我们自己，每人的知识结构都是按自己的职业而建构的。因此，我们必须面向职场需要来设计教材。

三、职业门类

我国的职业门类分为 18 个大类：农林牧渔、交通运输、生化与制药、地矿与测绘、材料与能源、土建水利、制造、电气信息、环保与安全、轻纺与食品、财经、医药卫生、旅游、公共事业、文化教育、艺术设计传媒、公安、法律。

每个职业大类又分为二级类，例如电气信息大类又分为 5 个二级类：计算机、电子信息、通信、智能控制、电气技术。因此，18 个大类共有 75 个二级类。

在二级类的下面，又有不同的专业。75 个二级类共有 590 种专业。俗话说：“三百六十行，行行出状元”，现代职业仍在不断涌现。

四、IT 能力领域

通常信息技术分为 11 个能力领域：规划的能力、分析与设计 IT 解决方案的能力、构建 IT 方案的能力、测试 IT 方案的能力、实施 IT 方案的能力、支持 IT 方案的能力、应用 IT 方案的能力、团队合作能力、文档编写能力、项目管理能力以及其他能力。

每个能力领域下面又包含若干个能力单元，11 个能力领域共有 328 个能力单元。例如，应用 IT 方案能力领域就包括 12 个能力单元。它们是操作计算机硬件的能力、操作计算机软件包的能力、维护设备与耗材的能力、使用计算机软件包设计机构文档的能力、集成商务计算机软件包的能力、操作文字处理软件的能力、操作电子表格应用软件的能力、操作数据库应用软件的能力、连接到互联网的能力、制作多媒体网页的能力、应用基本的计算机技术处理数据的能力、使用特定的企业系统以满足用户需求的能力。

显然，不同的职业对 IT 能力有不同的要求。

五、规划梦想

于是我们建立了一个职业门类与信息技术的平面图，以职业门类为横坐标、以信息技术为纵坐标。每个点都是一个函数，即 IT(Professional)，而不是 IT+Professional 单纯的相加。针对不同的职业，编写它所需要的信息技术教材，这是我们永恒的主题。

这样组合起来，就会有 $IT((328) * (Pro(590)))$ ，这将是一个非常庞大的数字。组织这么多的特色教材，真的只能是一个梦想，而且过犹不及。能做到 $IT((11) * (Pro(75)))$ 也就很不容易了。

因此，我们既要在宏观上把握职业门类的大而全，也要在微观上选择信息技术的少而精。

六、精选内容

在计算机科学中，有一个统计规律，称为 90/10 局部性原理(Locality Rule)：即程序执行的 90% 代码，只用了 10% 的指令。这就是说，频繁使用的指令只有 10%，它们足以完成 90% 的日常任务。

事实上，我们经常使用的语言文字也只有总量的 10%，却可以完成 90% 的交流任务。同理，我们只要掌握了信息技术中 10% 频繁使用的内容，就能处理 90% 的职业化任务。

有人把它改为 80/20 局部性原理，似乎适应的范围更广些。这个规律为编写符合职业教育需要的精品教材指明了方向：坚持少而精，反对多而杂。

七、职业本领

以计算机为核心、贴近职场需要的信息技术已经成为大多数人就业的关键本领。职业教育的目标之一就是培养学生过硬的 IT 从业本领，而且这个本领必须上升到职业化的高度。

职场需要的信息技术不仅是会使用键盘、录入汉字，而且还要提高效率、改善质量、降低成本。例如，两位学生都会用 Office 软件，但他们的工作效率、完成质量、消耗成本可能有天壤之别。领导喜欢谁？这是不言而喻的。因此，除了道德品质、工作态度外，必须通过严格的行业规范和个人行为规范，进行职业化训练才能养成正确的职业习惯。

我们肩负着艰巨的历史使命。我国人口众多，劳动力供大于求的矛盾将长期存在。发展和改革职业教育，是我国全面建设小康社会进程中一项艰巨而光荣的任务，关系到千家万户人民群众的切身利益。职业教育和高技能人才在社会主义现代化建设中有特殊的作用。我们一定要兢兢业业、不辱使命，把这套高职高专教材编写好，为我国职业教育的发展贡献一份力量。

刘瑞挺教授 曾任中国计算机学会教育培训委员会副主任、教育部理科计算机科学教学指导委员会委员、全国计算机等级考试委员会委员。目前担任的社会职务有：全国高等院校计算机基础教育研究会副会长、全国计算机应用技术证书考试委员会副主任、北京市计算机教育培训中心副理事长。

本系列教材编写目的和教学服务

本系列教材在遍布全国的各位编写老师的共同辛勤努力下，在编委会主任刘瑞挺教授和其他编审委员会成员的指导下，在北京大学出版社第六事业部的各位编辑刻苦努力下，本系列教材终于与广大师生们见面了。

教材编写目的

近几年来，职业技术教育事业得以蓬勃的发展，全国各地的高等职业院校以及高等专科学校无论是从招生人数还是学校的软、硬件设施上都达到了相当规模。随着我国经济的高速发展，尽快提高职业技术教育的水平显得越来越重要。教育部提出：职业教育就是就业教育，也就是说教学要直接面对就业，强调实践。不但要介绍技术，更要介绍具体应用，注重技术与应用的结合。本套教材的主要编写思想如下。

1. 与发达国家相比，我国职业技术教育教材的发展比较缓慢并且滞后，远远跟不上职业技术教育发展的需求。我们常常提倡职业教育的实用性，但在课堂教学中仍然使用理论性和技术性教材进行职业实践教学。针对这种现状，急需推出一系列切合当前教育改革需要的高质量的优秀职业技术实训型教材。

2. 本套教材总结了目前优秀计算机职业教育专家的教学思想与经验，与广大职业教育一线老师共同探讨，最终落实到本套教材中，开发出一套适合于我国职业教育教学目标 and 教学要求的教材，它是一套能切实提高学生专业动手实践能力和职业技术素质的教材。

3. 社会对学生的职业能力的要求不断提高，从而催化出了许多新型的课程结构和教学模式。新型教学模式是必须以工作为基础的模仿学习，它是将学生置于一种逼真的模拟环境中，呈现给学生的是具有挑战性、真实性和复杂性的问题，使学生得到较真实的锻炼。

4. 教材的结构必须按照职业能力的要求创建并组织实施新的教学模式。教学以专项能力的培养展开，以综合能力的形成为目标。能力的培养既是教学目标，又是评估的依据和标准。

5. 本套的重点是先让学生实践，从实践中领悟、总结理论，然后再学习必要的理论，用理论指导实践。从这一个循环的教学过程中，学生的职业能力将得到极大的提高。

教学服务

1. 提供电子教案

本系列教材绝大多数都是教程与实训二合一，每一本书都有配套的电子教案，以降低任课老师的备课强度，此课件可以在我们网站上随时下载。

2. 提供教学资源下载

本系列教材中涉及到的实例(习题)的原始图片和其他素材或者是源代码、原始数据等文件，都可以在我们网站上下载。

3. 提供多媒体课件和教师培训

针对某些重点课程，我们配套有相应的多媒体课件。对大批量使用本套教材的学校，我们会免费提供多媒体课件，另外还将免费提供教师培训名额，组织使用本套教材的教师进行相应的培训。

北京大学出版社第六事业部(<http://pup6.com>)

前言

随着因特网技术的迅速发展,数据通信技术得到越来越广泛的应用,数据通信的新设备不断涌现,人们也越来越期望了解和掌握数据通信技术。数据通信技术是计算机技术和通信技术相融合的技术,目前几乎所有学校的计算机、通信、网络、电子等专业陆续开设了数据通信这门课。但它们的教学内容大都侧重通信,理论推导过多,与实际结合甚少。因此编写一本真正计算机和通信技术相结合的教材,成为数据通信教学的急需,也成为提高教学质量的基本保证。本书将通信技术和计算机技术紧密结合在一起,强调理论与实际应用相结合,加强实用性。

数据通信原理与应用技术是计算机科学与技术及相关专业的一门重要的专业基础课。本书作为高职高专计算机科学与技术教材,用通俗简明的语言,力求既讲清楚基本的原理、基本的方法,又注重技术的先进性和实用性。

1. 教材编写思路

教材编写以满足社会需要为目标,以教学内容的推导与原理性分析为主,以原理和公式结论的应用为突破口,注重它们的应用环境和方法。例如在讲解抽样定理时,略去原理性的论证,讲清楚原理的结论和它产生的科学背景,并讲清楚定理的结论对模拟信号数字化的指导意义。在讲解数据编码方法时,对于每一种码型,讲清楚码型的构成、数字序列波形、码型的优缺点以及适用范围,使学生明确什么样的码型在什么场合应用。在讲解RS232、USB 接口时注重计算机通信的分层结构,从物理接口、编码方法、协议、开发应用层次讲起,和计算机网络技术的分层结构相对应。在内容的编排上,力求由浅入深,循序渐进,举一反三,突出重点,通俗易懂,使学生真正达到学以致用,增加新技术,拓宽知识面。

2. 教学指导计划

每周3学时,18周。

序 号	教 学 内 容	授 课 学 时	实 验 学 时	总 学 时
1	绪论	2		2
2	数据通信基础	4		4
3	信道	4		4
4	信源编码	6	2	8
5	数字基带传输	4		4
6	数字调制与解调	6	2	8
7	同步技术	4		4
8	差错控制技术	6	2	8
9	多路复用	4	2	6
10	数据链路传输控制规程	4	2	6

续表

序 号	教 学 内 容	授 课 学 时	实 验 学 时	总 学 时
11	计算机通信的标准接口	6	2	8
12	通信网与信息高速公路	4		4
合计		54	12	66

3. 本书特点

1) 先进性

一是内容先进，本书紧紧跟随计算机数据通信的发展，克服了其他教材内容陈旧、难度过大等缺点。二是教材组织方法先进，概念、原理、技术通过例题加以说明，使学生容易理解。在每章前面有提要，后面有思考题，便于学生掌握知识要点。

2) 实用性

本书在注重基本理论掌握的同时，又特别注重学生的实践能力。本书的编者多年从事数据通信原理与应用技术的教学与科研开发工作，对数据通信原理与应用技术有着深刻的理解和丰富的实践经验，在内容的组织上结合了教学与科研开发等方面的经验，书中的案例来自具体的科研项目。通过学习，学生能够水到渠成地掌握数据通信原理与应用技术。

本书由潍坊学院陈光军、运城学院韩增泉、徐州工业职业技术学院王鸿磊任主编，莱芜职业技术学院陈增吉任副主编。陈光军编写了第 2、5、8 章，韩增泉编写了第 3、4、6 章，王鸿磊编写了第 9、11、12 章，陈增吉编写了第 7、10 章，常州信息职业技术学院张卫东编写了第 1 章。山东交通职业学院张光辉副教授对全书进行了仔细认真的审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中错误和不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2005 年 7 月

目 录

第1章 绪论.....	1	2.4 交换技术	30
1.1 通信系统的基本概念.....	1	2.4.1 线路交换	30
1.1.1 通信系统模型	1	2.4.2 报文交换	30
1.1.2 通信系统的分类	4	2.4.3 分组交换	31
1.2 计算机通信及系统组成.....	6	2.5 本章实训	32
1.2.1 计算机通信的产生	6	习题与思考题	32
1.2.2 计算机通信的发展	7	第3章 信道.....	33
1.2.3 计算机通信的应用	10	3.1 引言	33
1.2.4 计算机通信系统的组成.....	11	3.1.1 信道的分类	33
1.3 数据通信系统中的主要性能指标.....	12	3.1.2 信道的容量	35
1.3.1 传输速率	13	3.2 传输损耗	37
1.3.2 差错率	13	3.2.1 衰减	37
1.3.3 信噪比	14	3.2.2 延迟畸变	38
1.3.4 系统的频带利用率	14	3.2.3 噪声	39
1.4 本章实训	14	3.3 有线信道	40
习题与思考题	15	3.3.1 双绞线(Twisted Pair).....	40
第2章 数据通信基础	16	3.3.2 同轴电缆(Coaxial Cable)	41
2.1 数据通信理论基础	16	3.3.3 光纤(Optical Fiber).....	42
2.1.1 时域概念	16	3.4 无线信道	45
2.1.2 频域概念	17	3.4.1 无线电波和频段划分.....	45
2.1.3 数据率和频带的关系	19	3.4.2 无线接力信道.....	48
2.1.4 字符的数据表示方法	20	3.4.3 卫星中继信道.....	49
2.1.5 傅立叶分析	21	3.5 本章实训	52
2.1.6 有限带宽信号	22	习题与思考题	53
2.1.7 信道最大数据传输速率.....	23	第4章 信源编码.....	54
2.2 数据传输的概念及分类.....	24	4.1 引言	54
2.2.1 串行传输和并行传输	24	4.2 抽样	55
2.2.2 单工、半双工和全双工.....	24	4.2.1 低通信号抽样定理.....	56
2.2.3 异步传输和同步传输	25	4.2.2 带通信号抽样定理.....	57
2.3 信息及度量	28	4.3 量化	58
2.3.1 信息量	28	4.3.1 量化的定义	59
2.3.2 平均信息量	29	4.3.2 均匀量化	60
		4.3.3 非均匀量化	61

4.4 脉冲编码调制	65	第 7 章 同步技术	126
4.4.1 PCM 通信系统	65	7.1 引言	126
4.4.2 二进制 PCM 编码	66	7.2 载波同步	127
4.4.3 线性编码器和非线性编码器	69	7.2.1 插入导频法	127
4.5 增量调制	74	7.2.2 直接法	129
4.6 差分脉冲编码调制系统	79	7.3 位同步	130
4.7 本章实训	81	7.3.1 外同步法	130
习题与思考题	82	7.3.2 自同步法	131
第 5 章 数字基带传输	83	7.4 群同步	132
5.1 数字基带信号	83	7.4.1 起止式同步法	133
5.1.1 数字基带信号的波形	83	7.4.2 连贯式插入法	133
5.1.2 数字基带信号编码原则	85	7.4.3 间隔式插入法	134
5.2 常用基带信号传输码型	86	7.4.4 自群同步	135
5.2.1 码型及其编码方法	86	7.5 网同步的基本概念	135
5.2.2 HDB ₃ 编码解码电路	92	7.5.1 主从同步法	136
5.3 基带传输系统	95	7.5.2 相互同步法	137
5.3.1 基带传输系统的组成	95	7.5.3 码速调整法	137
5.3.2 带限传输系统对信号波形的影响	95	7.5.4 水库法	137
5.3.3 均衡原理	96	习题与思考题	138
5.4 实用的基带系统工程测量工具——眼图	98	第 8 章 差错控制技术	139
5.5 本章实训	100	8.1 概述	139
习题与思考题	101	8.1.1 差错控制的基本概念	139
第 6 章 数字调制与解调	102	8.1.2 差错控制的基本原理	140
6.1 引言	102	8.1.3 差错控制编码的特性和能力	141
6.2 数字振幅调制	106	8.2 差错控制方法	143
6.2.1 二进制振幅键控调制	106	8.2.1 自动请求重发(ARQ)方式	143
6.2.2 多进制振幅调制简介	108	8.2.2 前向纠错(FEC)方式	146
6.3 数字频率调制	109	8.2.3 混合纠错(HEC)方式	147
6.3.1 二进制频移键控调制	110	8.2.4 信息反馈(IRQ)方式	147
6.3.2 多进制频移键控调制	114	8.3 常用检错码	147
6.4 数字相位调制	115	8.3.1 奇偶校验码	148
6.4.1 二进制绝对移相调制	116	8.3.2 恒比码	148
6.4.2 二相相对移相调制	118	8.3.3 方阵校验码	149
6.4.3 多相调制	120	8.3.4 正反码	151
习题与思考题	125	8.4 线性分组码	152
		8.4.1 线性分组码的基本概念	152
		8.4.2 线性分组码的编码	153
		8.4.3 线性分组码的检错和纠错	155

8.4.4 线性分组码的几个重要结论.....156	10.3.4 数据链路结构及建立.....194
8.5 循环码.....156	10.4 面向比特的传输控制规程.....196
8.5.1 循环码的基本概念.....156	10.4.1 HDLC 概述.....196
8.5.2 循环码的编码和译码.....158	10.4.2 HDLC 的帧结构.....196
8.6 卷积码.....161	10.4.3 HDLC 帧类型和功能.....197
8.6.1 卷积码的基本概念.....161	10.4.4 HDLC 操作规程.....198
8.6.2 卷积码的编码和译码.....162	习题与思考题.....202
8.7 本章实训.....164	
习题与思考题.....165	
第9章 多路复用.....167	第11章 计算机通信的标准接口.....204
9.1 引言.....167	11.1 引言.....204
9.2 频分多路复用.....168	11.2 EIA RS-232C.....206
9.2.1 概念.....168	11.2.1 机械特性.....206
9.2.2 频分多路复用举例.....169	11.2.2 电气特性.....207
9.3 同步时分多路复用.....171	11.2.3 功能特性.....208
9.3.1 同步时分多路复用的概念.....171	11.2.4 过程特性.....213
9.3.2 PCM 集群帧结构.....173	11.2.5 远距离通信.....214
9.3.3 PCM 高次群.....174	11.2.6 其他标准接口.....215
9.4 统计时分多路复用.....175	11.3 USB 接口技术与应用.....216
9.4.1 特点.....175	11.3.1 引言.....216
9.4.2 性能.....176	11.3.2 USB 总线体系结构.....219
9.5 xDSL.....177	11.3.3 USB 设备.....224
9.5.1 影响 xDSL 信噪比的因素.....178	11.3.4 USB 系统的典型应用.....229
9.5.2 ADSL.....180	11.3.5 USB 和 IEEE-1394.....231
9.5.3 HDSL.....183	11.4 蓝牙技术.....231
9.5.4 VDSL.....185	11.4.1 蓝牙概述.....232
习题与思考题.....186	11.4.2 蓝牙技术发展趋势.....235
第10章 数据链路传输控制规程.....188	11.4.3 蓝牙协议体系.....236
10.1 引言.....188	11.4.4 蓝牙应用规范.....239
10.2 传输控制规程的主要内容和分类.....189	11.4.5 蓝牙应用.....240
10.2.1 传输控制规程的主要 内容.....189	11.4.6 蓝牙组网.....243
10.2.2 传输控制规程的分类.....191	11.5 本章实训.....244
10.3 面向字符的传输控制规程.....191	习题与思考题.....244
10.3.1 控制字符.....192	
10.3.2 帧格式.....193	第12章 通信网与信息高速公路.....246
10.3.3 数据透明性和同步.....194	12.1 通信网.....246
	12.1.1 电路交换数据网.....252
	12.1.2 分组交换数据网.....254
	12.2 综合业务数字网(ISDN).....260
	12.2.1 ISDN 概述.....260

12.2.2	ISDN 开放的业务.....	266	12.3.3	信息高速公路面临	
12.2.3	宽带综合业务数字网			的问题.....	278
	B-ISDN.....	270		习题与思考题	280
12.3	信息高速公路	271		参考文献	281
12.3.1	信息高速公路概述.....	272			
12.3.2	信息高速公路的影响	277			

第 1 章 绪 论

教学提示：在人类社会里，人们总是离不开消息的传递。19 世纪出现的电报和电话为人们的生产和社会活动带来了极大的方便。计算机的出现，更是给人们的生活和工作带来了极大的变革。在当今的信息社会里，通信与计算机技术及其他技术的紧密结合，构成了整个社会的高级“神经中枢”。特别是 Internet 的出现，人们对信息的需求和依赖越来越大，这就促使着数据通信的快速发展。

教学要求：本章主要介绍通信系统的基本概念、计算机通信及系统组成和通信系统中的主要性能指标。

1.1 通信系统的基本概念

1.1.1 通信系统模型

通信系统由信息源、发送设备、信道、噪声源、接收设备和受信者几个部分组成。

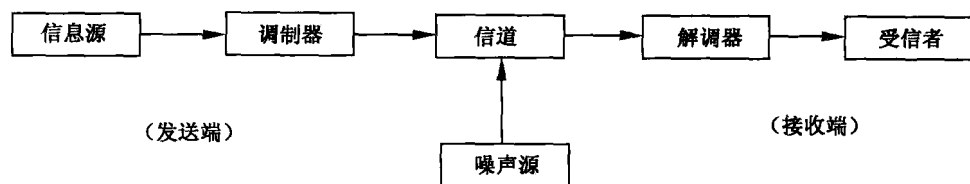


图 1.1 通信系统的一般模型

1. 信息源

信息源简称信源。不同的信息源输出信号的性质是不一样的，一般将其分为模拟信源和数字信源。

模拟信源输出的信号在时间上是连续的，如说话的声音、模拟图像以及模拟传感器输出的信号等。数字信源的输出是离散的或可数的，如脉冲序列等。

原始的信息经变换后成为电信号或本身就是电信号。模拟信号可以通过抽样、量化和编码变为离散信号。换句话说，一切信息理论上都是可以变换成离散的信号，这也是数字通信技术得到迅速发展的一个重要原因。

信息源的另一个重要特点是不同的信源有不同的信息速率。比如，电报信道的信息速率一般为 150 bit/s，机器阅读的信息速率一般为 400 bit/s 左右，彩色电视为 90 bit/s 等等。不同速率的信息源对整个传输系统的要求也各不相同。

2. 发送设备

发送设备是发送端的重要部分，它的功能是将信息源和传输介质连接起来，将信息源

输出的信号变为适合于传输的信号形式。变换的方式很多,采用多样的变换则要根据信号类型、传输介质和质量要求等决定。有时可以将电信号直接送到传输介质传送,有时则要进行频谱的搬移。在需要搬移时,调制则是最常用的一种变换方式。

如果通信系统是数字的,对于模拟信号则需要进行抽样、量化和编码。此时发送设备又可以分为信道编码和信源编码两部分。信源编码是把连续的模拟信号变为数字信号;信道编码则是把数字信号与传输介质匹配起来,以提高传输的有效性和可靠性。

3. 信道

信道是信号的传输介质。传输介质是用来传递发送设备和接收设备之间的信号的。传输介质有很多种,概括起来可以分为无线和有线两大类,每一类都有优点和缺点,一般根据通信的具体情况和要求以及信号的类型来决定采用哪一类。在传输的过程中,各种干扰(比如热噪声,衰减等)必然会随之进入系统,因此干扰也是选用传输介质的重要因素之一。

4. 噪声源

图 1.1 中的噪声源是信道中的噪声及分散在通信系统其他各处的噪声的集中表示。信息在传输过程中,会受到来自外界和通信系统本身的噪声干扰,这些噪声干扰会对传输的信息产生很大的影响。而这些噪声没法完全消除掉,只能想办法减弱。

5. 接收设备

对接收设备的基本要求就是能够将接收的信号变换成与发送端信号源发出的消息完全一样的或基本一样的原始信号。从这一点出发,接收设备显然应该是发送设备的反变换,不仅如此,它还要克服在传输过程中的干扰所带来的影响。

6. 受信者

受信者是在接收一方将通过的各种变换和传输的信息还原成所需要的消息形式。一般情况下受信者需要的消息应和发信者发出的消息类型一样。对于受信者和发信者来说,不管中间经过什么样的变换和传输,都不应该将二者的消息改变。收到和发出的消息的相同度越高越好。

按照信道中传输的是模拟信号还是数字信号,可以把通信系统分为模拟通信系统和数字通信系统。

1) 模拟通信系统模型

模拟通信系统是利用连续的模拟信号来传递信息的通信系统。系统中需要两种交换,首先,发送端的连续消息要变换成原始信号,接收端收到的信息要反变换成原来的连续信息。由于原始电信号通常具有很低的频谱分量,一般不易传输,因此常常需要有第二种变换:将原始电信号变换成其频率适合信道传输的信号,并在接收端进行反变换。这种变换和反变换通常称为调制和解调。经过调制后的信号称为已调信号,有三个基本特征:一是携带有信息;二是适合在信道中传输;三是信号的频谱具有带通形式且中心频率远离零频。已调信号又称为频带信号。原始信号又称为基带信号,其基本特征是:频谱从零频附近开始,如语音信号为 300~3400 Hz,图像信号为 0~6 MHz。

需要指出,信息从发送端到接收端的传递过程中,不仅仅只有上述两种变换,实际通

信系统中可能还有滤波、放大、天线辐射等过程。在本书中着重研究上述两种变换和反变换，其余过程都被认为是理想的，不予讨论。

模拟通信系统如图 1.2 所示，图中的调制器和解调器就代表图 1.1 中的发送设备和接收设备。

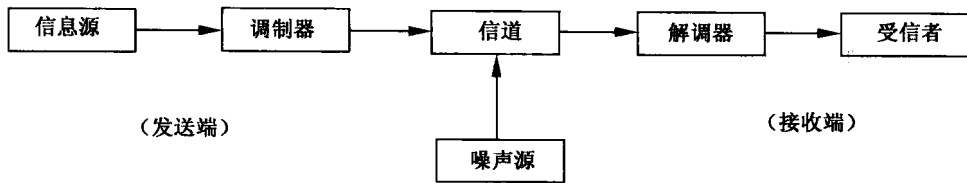


图 1.2 模拟通信系统模型

2) 数字通信系统模型

数字通信系统是利用离散的数字信号来传递信息的系统，数字通信研究的技术问题主要有信源编码/译码、信道编码/译码、数字调制/解调、数字复接、同步及加密等，如图 1.3 所示。

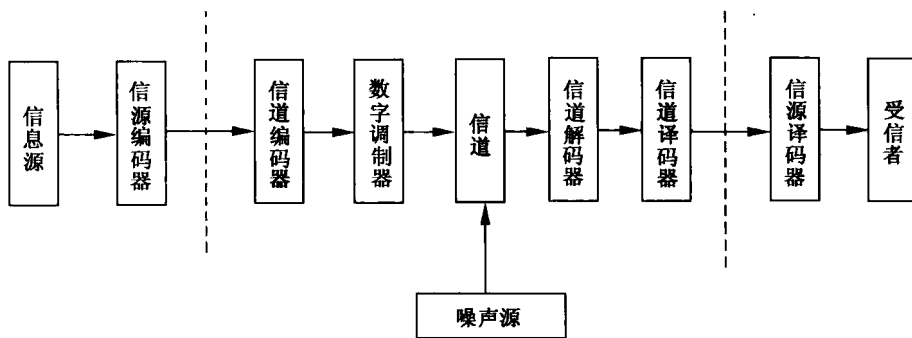


图 1.3 数字通信系统模型

信源编码的作用大致有两个，其一是当信息源给出的是模拟语音信号时，信息编码器将其转换成数字信号，以实现模拟信号的数字传输；其二是设法减少码元数目和降低码元速率，也就是数据压缩。

信道编码是为了克服数字信号在信道传输时，有噪声、衰落以及人为引起的差错等。信道编码器将传输的信息码元按一定的规则加入监控码元，接收端的信道译码器按照相应的逆规则进行解码，从中发现错误或纠正错误，提高通信系统的抗干扰能力。

为了保密通信，给被传输的数字序列加上密码，即扰乱，这个过程称为加密。在接收端利用相应的逆规则对收到的数字序列进行解密，恢复原来的信息。

数字调制是把传输的数字序列的频谱搬移到适合在信道中传输的频带上。基本的数字调制方式有振幅键控(ASK)、频移键控(FSK)、绝对相移键控(PSK)、相对(差分)相移键控(DPSK)。在接收端可以采用相干解调或非相干解调还原数字序列。

同步是保证数字通信系统有序、准确、可靠工作的基本条件。同步就是使收、发两端的信号在时间上保持一致。同步可分为载波同步、位同步、群同步和网同步等。

模拟和数字通信的应用都很广泛，数字通信的发展非常迅速，已成为现代通信技术的