


高等学校电子信息类专业
教材

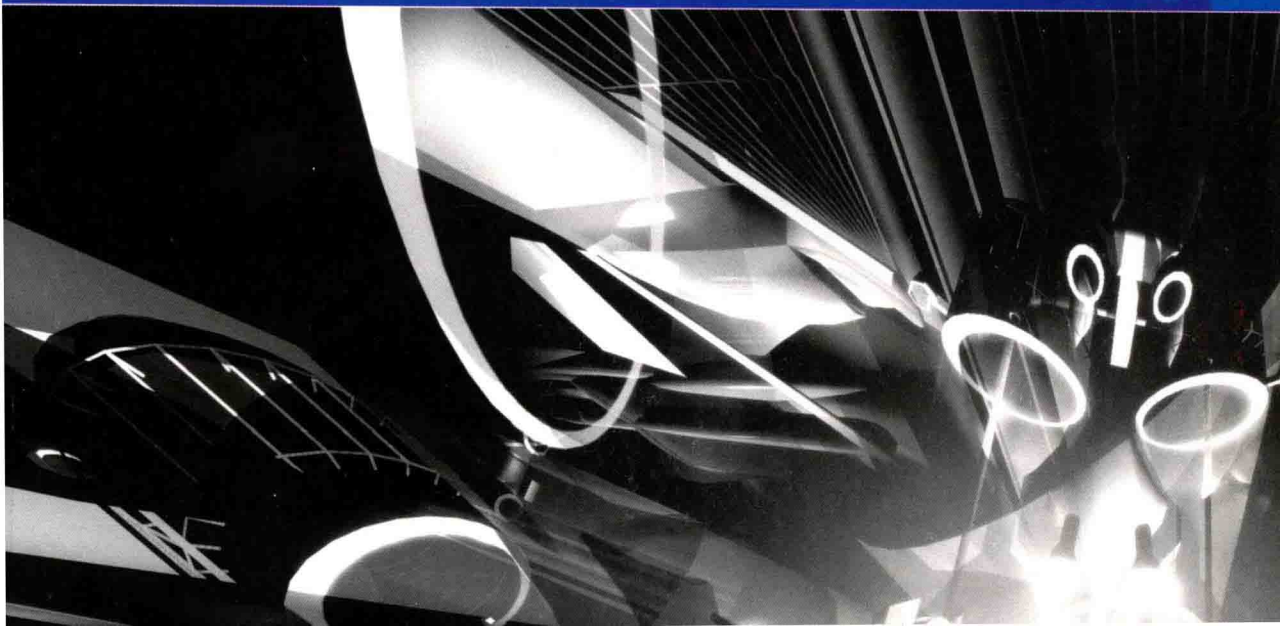
ELECTRONIC
INFORMATION SPECIALTY

通信原理与通信技术

(第四版)

张卫钢 编著

 西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



电子信息类专业“十三五”规划教材

通信原理与通信技术

(第四版)

张卫钢 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了通信原理、数据通信原理和相关的通信技术。全书分为三篇，共 18 章。第一篇通信原理，包括通信与通信系统的基本概念、模拟调制、脉冲编码调制、增量调制、数字复接与同步数字序列、数字信号的基带传输、数字信号的调制传输、差错控制编码等内容；第二篇数据通信原理，包括数据通信与通信网、计算机网络体系结构、网络交换技术、网络互连设备等内容；第三篇现代通信技术，包括光纤通信技术、卫星通信技术、移动通信技术、接入网技术、无线个人区域网络技术、通信设备等内容。

本书是专为普通高校计算机科学与技术、软件工程、电子信息工程、自动化控制、机电一体化、网络工程等非通信专业而编写的本科生教材，参考学时为 60 左右。本书不但考虑到满足教学要求，同时也顾及自学需求，因此也可作为有志青年的自学教材和有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理与通信技术/张卫钢编著. —4 版. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2018. 5
ISBN 978-7-5606-4890-3

I. ① 通… II. ① 张… III. ① 通信原理 ② 通信技术 IV. ① TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 061198 号

策 划 云立实

责任编辑 滕卫红 阎 彬

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2018 年 5 月第 4 版 2018 年 5 月第 13 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 25.5

字 数 599 千字

印 数 51 001~54 000 册

定 价 57.00 元

ISBN 978-7-5606-4890-3/TN

XDUP 5192004-13

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜，谨防盗版。

前 言

《通信原理与通信技术(第三版)》一书自出版至今已5年有余。为了越来越多读者的信任与支持,笔者一直跟踪相关理论和技术的发展以及社会对教育的需求变化,积极收集读者意见、参考资料,不断提高自己的认知与教学水平,筹划对此书的修改。

为了顺应通信技术和计算机网络技术的飞速发展,使学生能在较短的时间内全面系统地掌握通信和计算机网络等方面的知识,本书首次将通信原理、数据通信原理和现代通信技术三大内容编写在一起,不但结合大量插图与例题深入浅出地讲述了理论知识,还有针对性地介绍了一些实用通信技术与终端设备(电话、收音机和电视机等),减少了纯理论学习的枯燥乏味,使学生在在学习过程中能够理论联系实际,既掌握了理论知识,又了解了理论在实际中的应用,从而提高了学习兴趣,加强了对知识的掌握和理解,同时也提高了应对社会需求变化的能力。另外,本书首次将交通系统与通信系统进行类比,用容易理解的交通概念和实例诠释难懂的通信概念。为便于自学,书后附有前8章部分思考题与习题的参考答案。

在保留第三版结构、风格和主要内容的基础上,本着“精练”、“准确”、“易读”、“易懂”、“易记”、“易用”、“定性分析为主,定量分析为辅”的原则,本版主要做了如下修改:

(1) 校对了基本概念。补充和重新表述了一些概念,力求简练、准确。

(2) 删减了部分章节。删减了如“IP电话”和“微波中继通信”等章节,将其中一些必要的内容保留并补充进了其他章节。

(3) 补充了新内容。增加了如“模拟脉冲调制”、“循环码编译码”、“IPv6协议”、“物联网”、“4G技术”、“北斗定位系统”等知识,在与当前科技发展不脱节的同时,尽量保证了知识点的相对完整。

(4) 修改并增加了插图。为了更形象生动地诠释文字含义,修改、新增了一些插图。

(5) 强化了与“交通”概念的类比。用更多的交通概念与实例诠释通信概念。

(6) 梳理了全部文字。删除、简化、修改和润色了部分语句。

(7) 修改并补充了部分例题。

(8) 修改了部分思考题与习题,补充了前8章中部分思考题与习题的参考答案。

总之,无论在内容、插图、语言、结构还是质量上,这次修订都有了很大的进步与提高,希望广大读者一如既往地关心、支持本书。

本书由张卫钢教授全面修订。王培丞、李香云、吴娟娟、武菁、薛俊超、宋怡帆、王征征等也为本书的出版付出了劳动,在此一并向他们表示感谢。

本书是在查阅大量参考文献的基础上,结合作者多年教学心得和体会编写而成的。在此对本书选用的参考文献的各位译、作者,表示衷心的感谢和崇高的敬意。

对于书中出现的疏漏恳请读者斧正。

作者 E-mail: wgzhang@chd.edu.cn; 648383177@qq.com

张卫钢

2017年12月于西安

第三版前言

《通信原理与通信技术(第二版)》一书自出版至今已3年有余。虽然其使用量不断增加,但笔者不敢懈怠,积极收集广大读者的意见,筹划适时修改,唯恐有负于大家。

为了顺应通信技术和计算机网络技术的飞速发展,使学生能在较短的时间内全面系统地掌握通信和计算机网络等方面的知识,本书首次将通信原理、数据通信和现代通信技术三大内容编写在一起,不但结合大量的插图深入浅出地讲述了理论知识,还有针对性地介绍了一些实用通信技术,避免了纯理论学习的枯燥乏味,使学生在在学习过程中,能够理论联系实际,既掌握了理论知识,又了解了理论在实际中的应用,从而提高了学习兴趣,加强了对知识的掌握和理解。

在保留第二版的结构、风格和主要内容的基础上,本版主要做了如下修改:

(1) 重新整理了基本概念。对上版书中表述不清楚甚至有错误的概念进行了修改,力求简练、准确。

(2) 删减了部分内容。对第二版中一些超出大纲、略显啰嗦和过时的内容进行了删减。

(3) 补充了一些新内容。根据技术的发展,补充了如“IP 交换”、“软交换”、“交换机”等知识,尽量保证与当前技术不脱节。

(4) 增加了插图。为了更形象生动地诠释文字含义,新增了不少实物插图。

(5) 对全书的文字进行了梳理。精简了部分章节,修改和润色了部分语句。

本书由张卫钢教授主持修订。张维峰博士撰写了新增内容,并与邱瑞讲师共同担任副主编。李钢、任帅为本书的出版做出了贡献,朱秀丽、车喜龙、邵春辉、崔荔、袁梦觉和向运也都为本书的出版付出了劳动,在此一并向他们表示感谢。

本书是在翻阅大量参考文献的基础上,结合作者多年教学心得和体会编写而成的。对于本书选用参考文献的各位译、作者,在此表示衷心的感谢和崇高的敬意。

对于书中出现的疏漏,恳请读者斧正。希望广大读者一如既往地关心和支持本书。

作者 E-mail: wgzhang@chd.edu.cn。

张卫钢

2011年10月于西安

第二版前言

本书第一版自2003年7月出版以来,在全国累计销售近2万册,受到广大师生和相关读者的普遍好评。为此,笔者深感欣慰和荣幸,感谢读者的厚爱和支持。但是,在使用本书的过程中,许多读者也指出了书中的错误和不足。

经过一年的准备,我们在保留第一版的结构、风格和主要内容的基础上,对本书重新进行了编写,订正了各种错误,重新梳理了语句,对一些概念给予了更详细的说明,删除了“集群通信系统”、“寻呼系统”等内容,补充了“无线个人区域网络技术”的相关内容,大幅度地修改了第17~20章的内容。同时,为了提高知识性和可读性,在每章后面增加了一节反映通信史的“小资料”,以期学生在了解历史知识的同时,体会到投身科学技术研究与发明之中的酸甜苦辣,认识到那些科学巨匠、历史名人,不管是出身豪门还是家境贫寒,不管是受过良好教育还是自学成才,都有一些共同的特点,那就是勤于思考、勇于探索、善于发现、甘于寂寞、乐于奉献、坚韧不拔、吃苦耐劳、淡泊名利,从而培养学生具有良好的心理素质和科研能力。

本书参考学时为60学时,其中第一篇30学时,第二、三篇各15学时。

张卫钢教授担任本书主编并执笔第1~3、5、8、9和21章;吴潜蛟编写第13、15、16章;任卫军编写第6、7、10、17~20章;第4、11、12、14章由张卫钢和吴潜蛟共同编写。吴潜蛟、任卫军还同时担任了本书的副主编工作。本书采用了马海燕、石美红在第一版中编写的部分内容,袁博文、林晓燕、刘亚萍、吴意琴和赵玲也都为本书的出版付出了劳动,在此向他们表示感谢。

本书是在翻阅大量参考文献的基础上,结合作者多年教学心得和体会编写而成的。对于本书所列的参考文献的各位译、作者,在此表示衷心的感谢和崇高的敬意。

对于书中出现的疏漏,恳请读者斧正。希望广大读者一如既往地关心和支持本书。

作者 E-mail: wgzhang@chd.edu.cn。

张卫钢
2007年6月于西安

第一版前言

当今社会是一个信息化的社会。

如果说 20 世纪是计算机的时代，那么 21 世纪将由计算机网络主宰世界。计算机网络作为一门科学技术、一种新兴文化、一种通信方式将全面改变人类的精神与物质生活，并将对科学技术的全面发展产生巨大的推动作用，这主要表现在以下几个方面。

电子交流：人与人之间的信息与情感交流方式由于生活和工作节奏的加快，将从传统的面对面谈话、登门拜访、信函通信向电子交流方式发展，比如，普通电话、可视电话、E-mail 等等。网上聊天、网上交友将成为年轻人的新时尚。

电子商务：电子商务就是可以通过网络进行的所有人类经济活动的总和。有了电子商务，人们不用再为进货销售东奔西跑，不用再为生意合同频频会面，不用再为付款催账而成为银行的常客，人们足不出户即可在分秒之间全部完成这些昔日耗费大量精力和物力的商务活动。尤其是在对外贸易活动中，电子商务扮演着极为重要的角色。同样，对于喜欢上街购物而又没有时间的女士来说，到网上浏览各种网络商店，随心所欲地选购自己喜爱的商品，然后坐等送货上门，再通过网络付款，这不仅满足了生活所需，而且免去了腿脚之劳，将成为一种购物时尚。由电子订单、电子合同、电子货币、电子支票、网络银行、网络商店等基本要素构成的电子商务被认为是现代化的一个标志，是人们经济活动方式上的一次飞跃。

电视会议：传统的聚众开会将成为历史，不同地区甚至不同国家的人们将利用网络的多媒体功能，召开身临其境般的电视会议，这不仅节省了大量的差旅费，而且更迅速、更方便。

远程教育：远程教育不仅将为那些远离学校和难以入校的人们带来福音，也极大地拓宽了受教育面，同时也改变了传统的课堂教育模式，配合视频点播功能可使受教育者随时随地自由选择学校和课程并进行学习。

远程医疗：到医院看病治疗一直是人们比较头痛的问题，尤其是缺医少药的偏远地区。有了远程医疗，人们在家中通过网络不仅可寻医问药，还能遍邀世界各地的名医专家会诊治病，从而大大提高了人类健康水平和预防与治疗疾病的水平。

网上娱乐：你想打桥牌吗？你想找人对弈吗？你想与朋友进行游戏对抗吗？网络时代的很多娱乐活动将不再需要人们共聚一室，你可通过网络与世界各地的爱好者同享此乐。

视频点播：现在虽然电视节目有很多，但人们仍觉得可看（自己喜欢）的节目太少。视频点播将结束人们的这种烦恼，人们在家中可随意到自己热衷的电视台点播自己喜欢的各类电视节目。

凡此种种，不胜枚举。通过上述实例我们可以看到，尽管计算机网络的作用非常大，但它的主要功能就是信息的传输与交换，其核心技术就是通信技术，计算机网络实质上就是一种通信网络。另外，从 20 世纪 80 年代开始，我国大部分高等院校陆续开设计算机专业，

为我国的建设培养了大批的专业技术人员，但由于历史原因和条件所限，各校的计算机专业所设课程基本上都围绕在计算机的组成原理、硬件接口、操作系统、软件工程、数据结构、应用软件、数据库等单机应用的知识上。后来随着网络技术的发展，又增加了一些网络方面的课程，但从当前社会的需求和学生的实际能力，尤其是从对网络技术方面的知识掌握和应用的能力来看，我们认为计算机专业的学生还缺乏对通信技术的整体把握和对相关知识的学习与了解，而其他非通信专业的学生也存在同样的问题。

目前不少计算机网络教材都介绍了一点有关数据通信的基本知识，但广度和深度远远不够，这使得学生在计算机网络及相关通信领域进行更深入的探索与研究时显得力不从心。因此，学习和掌握通信原理和通信技术方面的知识，是学习和掌握计算机网络的基础与核心。为此，我们1999年在计算机本科专业开设了原来只属于通信专业骨干课程的“通信原理”以及前期的必修课程“信号与系统”。通过几年的教学实践，我们取得了许多宝贵的经验，并且得到了学生与社会的认可，但同时也发现了不少问题，其中最主要的就是教材不合适。目前有关通信原理的教材大都是针对通信专业的，对于计算机专业及其他非通信专业来说，数学内容过多、过深，有关通信的基础知识缺乏介绍与铺垫。因此，我们根据自己长期的教学经验和实践，参考部分大学的教学大纲，编著了这本观点独到、语句精练、论述清楚、内容丰富、紧跟潮流的大学本科教材，以期为21世纪的科学技术和人才培养贡献绵薄之力。

本书参考学时为50学时，其中第一篇30学时，第二、三篇各10学时。

本书主要有以下几个特点：

(1) 内容安排独具匠心。首次将传统的通信原理和新兴的数据通信以及当前主要的通信应用技术编排在一起，使学生通过本书的学习对当代各种通信技术有一个全面的认识与了解。

(2) 知识层次深浅得当。根据学生通信知识薄弱的情况，对学科知识进行了恰当取舍，突出定性分析，减少了数学推导。

(3) 文笔通俗，亲和力强，可读性好。作者力求以通俗易懂的语言将枯燥的理论知识娓娓道来，以提高学生的阅读兴趣和阅读效率。

张卫钢担任本书主编并执笔第1、2、3、8和第21章；马海燕编写第5、6、7、17、18和第20章；吴潜蛟编写第13、15和第16章；石美红编写第10、11章；第1.4节和第9章由石美红和张卫钢共同编写；第4、12、14章由吴潜蛟和张卫钢共同编写；第19章由马海燕和张卫钢共同编写。马海燕、石美红和吴潜蛟同时还担任本书的副主编工作，为本书的出版做出了应有的贡献。王兴亮教授在百忙中审阅了书稿，李纪澄教授以极其负责的态度对本书进行了复审，并提出了宝贵意见，对两位教授所付出的辛勤劳动我们表示深深的谢意。本书是在翻阅大量参考文献的基础上，结合作者多年教学的心得和体会编写而成的。

由于水平所限，难免有错误和讲述不当的地方，恳请读者斧正。

对本书选用的参考文献的各位译、作者，在此表示衷心的感谢和崇高的敬意。

作 者

2003年5月

目 录

第一篇 通信原理

第 1 章 通信与通信系统的基本概念	2	2.3.2 AM 信号的解调	47
1.1 通信的概念	2	2.4 AM 和 DSB 的性能比较	49
1.2 通信系统	3	2.5 单边带调制	50
1.2.1 通信系统的定义与组成	3	2.6 残留边带调制	51
1.2.2 通信系统的分类	5	2.7 插入载波的包络检波	54
1.3 通信方式	7	2.8 频分复用 FDM	54
1.4 信道和传输介质	8	2.9 角调制	56
1.4.1 信道的概念	8	2.9.1 角调制的概念	56
1.4.2 传输介质	9	2.9.2 窄带角调制和宽带角调制	58
1.5 信号与噪声	14	2.9.3 调频信号的产生与解调	60
1.5.1 信号的定义与分类	14	2.9.4 频率调制的特点	61
1.5.2 噪声的定义与分类	16	2.9.5 输出信噪比与信道带宽的关系	62
1.6 信号频谱与信道通频带	18	2.10 调制的功能与分类	63
1.6.1 周期信号的频谱	18	2.10.1 调制的功能	63
1.6.2 非周期信号的频谱	22	2.10.2 调制的分类	64
1.6.3 信道通频带	23	2.11 小资料——麦克斯韦	65
1.7 信息的度量与香农公式	25	思考题与习题	65
1.7.1 信息的度量	25	第 3 章 脉冲编码调制	67
1.7.2 信道容量与香农公式	27	3.1 模拟脉冲调制	67
1.7.3 信道带宽与信道容量的关系	30	3.1.1 脉冲幅度调制	67
1.8 多路复用的基本概念	32	3.1.2 脉冲宽度调制	67
1.9 通信系统的性能评价	33	3.1.3 脉冲相位调制	68
1.9.1 模拟通信系统的性能指标	34	3.2 PCM 调制	68
1.9.2 数字通信系统的性能指标	34	3.2.1 基本概念	68
1.10 通信技术发展史	38	3.2.2 抽样	70
1.11 小资料——莫尔斯	40	3.2.3 量化	73
思考题与习题	41	3.2.4 编码	77
第 2 章 模拟调制	42	3.3 抽样定理和系统带宽	80
2.1 调制的概念	42	3.3.1 抽样定理	80
2.2 抑制载波的双边带调幅	44	3.3.2 PCM 信号码元速率和系统带宽	82
2.2.1 DSB 信号的调制	44	3.4 时分复用	83
2.2.2 DSB 信号的解调	45	3.5 小资料——赫兹	86
2.3 常规双边带调幅	46	思考题与习题	87
2.3.1 AM 信号的调制	46	第 4 章 增量调制	88

4.1 简单增量调制	88	7.1 二进制幅移键控	131
4.1.1 增量调制的基本概念	88	7.1.1 二进制幅移键控(2ASK)的 基本原理	131
4.1.2 ΔM 的调制原理	89	7.1.2 2ASK 的频域特性	132
4.1.3 ΔM 的解调原理	91	7.1.3 2ASK 的调制与解调	133
4.1.4 ΔM 调制存在的问题	91	7.2 二进制频移键控	133
4.2 增量总和调制($\Delta-\Sigma$)	93	7.2.1 二进制频移键控(2FSK)的 基本原理	133
4.2.1 $\Delta-\Sigma$ 的调制原理	93	7.2.2 2FSK 的频域特性	134
4.2.2 $\Delta-\Sigma$ 的解调原理	94	7.2.3 2FSK 的调制与解调	134
4.3 小资料——贝尔	94	7.3 二进制相移键控	136
思考题与习题	95	7.3.1 二进制相移键控(2PSK)的 基本原理	136
第 5 章 数字复接与同步数字序列	96	7.3.2 2PSK 的频域特性	136
5.1 PCM 复用与数字复接	96	7.3.3 2PSK 的调制与解调	137
5.1.1 基本概念	96	7.4 二进制差分相移键控	138
5.1.2 数字比特序列与复接等级	96	7.4.1 二进制差分相移键控(2DPSK)的 调制	138
5.1.3 PCM 基群帧结构	98	7.4.2 2DPSK 的解调	139
5.1.4 数字复接的原理与分类	99	7.5 多进制数字调制	140
5.2 同步数字序列简介	101	7.5.1 多进制幅度键控	140
5.2.1 同步数字序列(SDH)的 基本概念	101	7.5.2 多进制相移键控	141
5.2.2 SDH 的帧结构	102	7.5.3 多进制频移键控	145
5.2.3 SDH 的复用结构	103	7.6 小资料——晶体管的发明	146
5.3 小资料——马可尼	104	思考题与习题	146
思考题与习题	105	第 8 章 差错控制编码	148
第 6 章 数字信号的基带传输	106	8.1 差错控制编码的基本概念	148
6.1 基带信号的概念	106	8.2 差错控制方式	151
6.2 数字基带信号的码型	107	8.3 差错控制编码分类	152
6.2.1 码元码型及码型变换	107	8.4 检错和纠错原理	153
6.2.2 二代码	108	8.5 几种常用的检错码	156
6.2.3 三代码	110	8.5.1 奇偶校验码	156
6.2.4 多元码	112	8.5.2 水平奇偶校验码	157
6.2.5 数字基带信号的功率谱	112	8.5.3 二维奇偶校验码	157
6.3 无码间串扰的传输波形	114	8.5.4 群计数码	158
6.3.1 码间串扰的概念	114	8.5.5 恒比码	159
6.3.2 第一无失真条件及传输波形	115	8.6 线性分组码	159
6.4 扰码和解扰	120	8.7 循环码	165
6.4.1 m 序列的产生和特性	120	8.7.1 循环码的概念	165
6.4.2 扰码和解扰原理	124	8.7.2 循环码的生成多项式和 生成矩阵	166
6.4.3 m 序列在误码测试中的应用	126	8.7.3 循环码的编码和译码	168
6.5 眼图	126	8.8 小资料——香农	171
6.6 波形变换	128		
6.7 小资料——真空管的发明	128		
思考题与习题	129		
第 7 章 数字信号的调制传输	131		

思考题与习题 171

第二篇 数据通信原理

第 9 章 数据通信与通信网	174	10.4.2 网络接口层	209
9.1 数据通信与数据通信系统	174	10.4.3 网络互连层	209
9.1.1 数据通信的概念	174	10.4.4 传输层	212
9.1.2 数据通信、模拟通信和 数字通信的异同点	175	10.4.5 应用层	215
9.1.3 数据通信的特点	178	10.5 ISO/OSI 模型与 TCP/IP 模型的 比较	215
9.1.4 数据通信系统的组成	179	10.6 IPv6 协议	216
9.1.5 数据通信系统的主要性能指标 ..	180	10.7 物联网	218
9.1.6 数据通信方式	181	10.7.1 物联网的概念	218
9.2 通信网	184	10.7.2 物联网的体系架构	219
9.2.1 通信网及其结构	184	10.7.3 物联网的主要技术与特点	220
9.2.2 通信网拓扑结构	185	10.8 小资料——电视的发明	221
9.2.3 通信网服务质量	187	思考题与习题	221
9.2.4 网络的服务性能保障机制	188	第 11 章 网络交换技术	223
9.3 现代通信网的支撑技术	189	11.1 交换的概念	223
9.3.1 应用层技术	189	11.2 交换的基本功能	225
9.3.2 业务网技术	190	11.3 常用的交换技术	225
9.3.3 传送网技术	191	11.3.1 线路交换	225
9.3.4 支撑网技术	192	11.3.2 报文交换	227
9.4 通信网的发展历程	192	11.3.3 分组交换	228
9.5 小资料——收音机的发明	194	11.3.4 异步转移模式	231
思考题与习题	195	11.3.5 IP 交换	241
第 10 章 计算机网络体系结构	196	11.3.6 软交换	243
10.1 网络体系结构概述	196	11.4 小资料——自动电话交换机的 发明	245
10.2 网络体系结构的几个重要概念	197	思考题与习题	246
10.2.1 网络协议	197	第 12 章 网络互连设备	247
10.2.2 网络服务	200	12.1 网络互连的基本概念	247
10.2.3 面向连接服务与无连接服务	202	12.2 网络互连设备	248
10.3 ISO/OSI 参考模型	202	12.2.1 中继器	248
10.3.1 物理层	203	12.2.2 网桥	250
10.3.2 数据链路层	203	12.2.3 路由器	251
10.3.3 网络层	204	12.2.4 网关	256
10.3.4 传输层	205	12.2.5 交换机	257
10.3.5 会话层	206	12.3 几种“信道”概念的解释	261
10.3.6 表示层	206	12.4 小资料——万维网	263
10.3.7 应用层	207	思考题与习题	264
10.4 Internet 网络模型	208		
10.4.1 TCP/IP 协议	208		

第三篇 现代通信技术

第 13 章 光纤通信技术	266	思考题与习题	298
13.1 光纤通信概述	266	第 15 章 移动通信技术	299
13.1.1 光纤通信的概念	266	15.1 移动通信概述	299
13.1.2 光纤通信使用的波长	266	15.1.1 移动通信的概念及特点	299
13.1.3 光纤通信的特点	267	15.1.2 移动通信系统的分类	300
13.2 光纤通信原理	268	15.1.3 移动通信系统的组成	300
13.3 光纤通信系统的组成	268	15.1.4 移动通信中的多址技术	302
13.3.1 光端机	269	15.2 第一代移动通信系统	303
13.3.2 中继器	271	15.3 第二代数字移动通信系统	303
13.3.3 监控系统	271	15.3.1 GSM 移动通信系统	303
13.4 几种光纤通信新技术	272	15.3.2 CDMA 移动通信系统	311
13.5 光纤通信的发展趋势	274	15.4 第三代移动通信系统	313
13.6 小资料——“光纤之父”高锟	276	15.4.1 第三代移动通信系统的特点	314
思考题与习题	276	15.4.2 第三代移动通信系统提供的 业务	315
第 14 章 卫星通信技术	277	15.4.3 第三代移动通信系统的 关键技术	315
14.1 微波及微波通信	277	15.5 第四代移动通信系统	316
14.2 卫星通信概述	278	15.5.1 4G 的概念	316
14.2.1 卫星通信的概念	278	15.5.2 4G 的核心技术	316
14.2.2 卫星通信的工作频段	278	15.6 小资料——手机的发明	317
14.2.3 卫星通信的特点	279	思考题与习题	318
14.3 卫星通信系统	280	第 16 章 接入网技术	319
14.3.1 卫星通信系统的分类	280	16.1 接入网的概念	319
14.3.2 卫星通信系统的组成	280	16.2 接入网的接口技术	322
14.3.3 卫星通信系统的工作过程	281	16.2.1 接入网的界定与功能模型	322
14.4 通信卫星	282	16.2.2 V5 接口	323
14.4.1 通信卫星的分类	282	16.3 接入网的分类	323
14.4.2 同步卫星中继的通信范围	283	16.4 接入技术	324
14.4.3 通信卫星的组成	284	16.4.1 铜线接入技术	324
14.5 卫星通信地面站	286	16.4.2 混合光纤/同轴电缆接入网	327
14.5.1 卫星通信地面站的分类	286	16.4.3 无线接入网技术	328
14.5.2 卫星通信地面站的组成	287	16.4.4 光纤接入网	330
14.6 卫星通信的多址技术	289	16.5 小资料——集成电路的发明	334
14.7 卫星通信的新技术	292	思考题与习题	334
14.8 GPS 系统	293	第 17 章 无线个人区域网络技术	335
14.8.1 GPS 概述	293	17.1 无线个人区域网络概述	335
14.8.2 GPS 系统组成	294	17.2 蓝牙技术	336
14.8.3 GPS 定位原理	295		
14.9 北斗卫星导航系统	297		
14.10 小资料——人造卫星史话	298		

17.2.1	“蓝牙”名称的由来	336	18.2	收音机	356
17.2.2	蓝牙技术概述	336	18.2.1	收音机分类及原理框图	356
17.2.3	蓝牙技术的特点	338	18.2.2	输入电路	358
17.2.4	蓝牙系统组成	339	18.2.3	变频电路	359
17.2.5	蓝牙技术的应用	340	18.2.4	中放电路	360
17.2.6	蓝牙技术与无线局域网	341	18.2.5	检波电路	360
17.3	ZigBee 技术	342	18.2.6	低频放大和功率放大电路	360
17.3.1	ZigBee 技术概述	342	18.2.7	广播通信中的通信原理知识	362
17.3.2	ZigBee 系统组成	343	18.3	电视机	362
17.3.3	ZigBee 的应用	344	18.3.1	电视机信号传输原理	362
17.3.4	ZigBee 和蓝牙性能参数比较	344	18.3.2	电视机原理	364
17.4	NFC 技术	345	18.3.3	广播电视中的通信原理知识	366
17.4.1	NFC 技术概述	345	18.4	数据终端	366
17.4.2	NFC 原理和组成	346	18.4.1	数据终端的组成及分类	366
17.4.3	NFC 技术的应用	347	18.4.2	多媒体通信终端	369
17.4.4	NFC 与蓝牙技术的比较	348	18.5	通信设备	371
17.5	UWB 技术	348	18.5.1	调制解调器	371
17.5.1	UWB 技术概述	348	18.5.2	多路复用器	372
17.5.2	UWB 技术原理	348	18.5.3	集中器	372
17.5.3	UWB 技术的特点及应用	349	18.5.4	前端处理器	373
17.6	小资料——电子计算机的发明	350	18.5.5	协议转换器	373
	思考题与习题	351	18.5.6	无线路由器	373
第 18 章	通信设备	352	18.6	小资料——雷达的发明	375
18.1	电话机	352		思考题与习题	376
18.1.1	磁石式电话机	352	部分思考题与习题参考答案		377
18.1.2	拨号盘式电话机	354	参考文献		392
18.1.3	按键式电话机	355			
18.1.4	电话通信中的通信原理知识	356			

第一篇

通信原理



第1章 通信与通信系统的基本概念

本章重点问题：

- (1) 通信活动在人们的生活中随处可见，那么，什么是通信？
- (2) 通信任务靠什么完成？与通信技术相关的主要概念有哪些？

1.1 通信的概念

“信息”被认为是构成客观世界的三大要素(物质、能量和信息)之一。信息作为一种资源，只有通过传播、交流与共享，才能为人所用并产生价值。“通信”作为信息传输的手段或方法，已经成为人类生活和社会生产实践中的一个重要组成部分。

谈到通信(Communication)，我们每个人都不陌生。古代的烽火报警，就是把敌人入侵的消息通过烽烟传达给远方的人们；古战场上，通过“击鼓鸣金”，向前方的士兵传递“进攻”或“撤退”的命令；抗日战争时期，儿童团员把“消息树”放倒，告诉村里的人们“鬼子来了”；舰船上的灯语和旗语通过灯的闪烁和旗子的挥动与港口进行无声的对话；传统的信函以文字形式把游子的思乡之情浓缩于尺素之中，再利用邮政媒体送达家人；方便的飞鸽传书，即便是在今天，依然有着独特的魅力；在各种建筑工地上，工人们经常使用对讲机相互联络，协调工作；在影视作品中经常看到军人或警察利用无线电台进行作战指挥；还有电报、电传、固定电话、移动电话、有线广播、无线广播、有线电视、无线电视、互联网等当代最为普及的通信手段都是现实生活中我们所熟悉的通信实例，如图1-1所示。

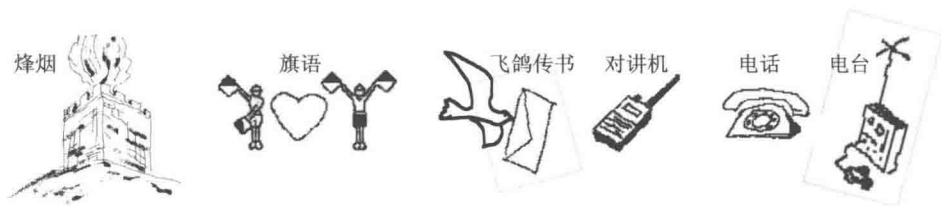


图1-1 通信实例

在上述实例中，无论是远古狼烟滚滚的烽火，还是今天的智能手机，无论是饱含情谊的书信，还是绚丽多彩的电视画面，尽管通信的方式各种各样，传递的内容千差万别，但都有一个共性，那就是进行信息的传递。因此，我们对通信定义如下：

通信就是利用信号将含有信息的信息进行空间传递的方法或过程。

简单地说，通信就是信息的空间传递。

信息(Information)是一切事物运动状态或存在方式的不确定性描述，是人们欲知或欲表达的事物运动规律。信息是抽象的，是消息的内涵，可泛指人们欲知而未知的一切内容。

消息(Message)是语音、文字、音乐、数据、图片或活动图像等能够被人所感知的信息



表达形式,是信息的形式载体。

显然,消息类似容器,信息好比容器中的物品。一条消息可以包含丰富的信息,也可以不包含信息。一种信息可以由多种消息形式表示,比如天气信息可以在报纸上以文字形式出现,也可以在广播或电视上以语音或图像形式发布。

消息可以分成两大类:连续(模拟)消息和离散(数字)消息。连续消息是指消息的状态是连续变化或不可数的,如连续变化的语音、图像等;离散消息则是指消息的状态是可数的或离散的,如符号、数据等。

在通信技术中,“信息”与“消息”不用严格区分。

信号(Signal)是信息或消息的物理载体,是通信任务实施的具体对象。

随着计算机技术和计算机网络技术的飞速发展,网络(数据)通信应运而生。通过因特网(Internet),人们足不出户就可看报纸、听新闻、查资料、逛商店、玩游戏、上课、看病、下棋、购物、发电子邮件。网络通信丰富多彩的功能极大地拓宽了通信技术的应用领域,使通信渗入人们物质与精神生活的各个角落,成为人们日常生活中不可缺少的组成部分,有关通信方面的知识与技术也就成为当代人应该关注的热点。

作为一门科学,现代通信所研究的主要问题概括地说就是如何把信息大量、准确、快速、广泛、方便、经济、安全、长距离地从信源通过传输介质传送到信宿。各种通信技术都是围绕着这几个目的展开的。“通信原理”课程就是介绍支撑各种通信技术的基本概念和数学理论基础的一门课程。

由于“交通”与“通信”具有较强的类比性,所以,本书用了一些交通运输(包括公路和铁路运输)实例作为比较对象(如图1-2所示),比如,交通/通信、运输/传输、运载工具/信号、货物/信息、道路/信道等,旨在帮助大家更透彻地理解通信原理中的许多概念和问题。

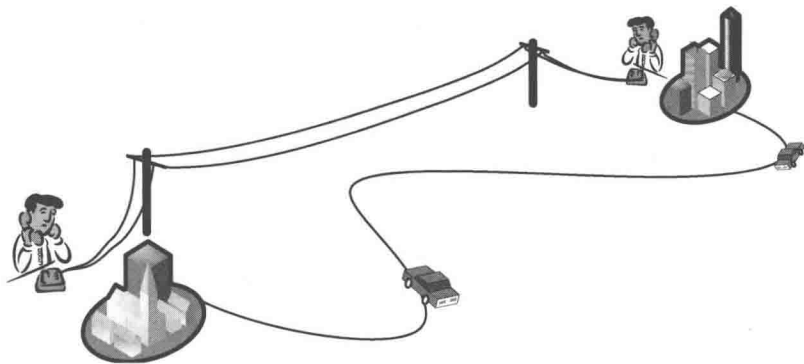


图1-2 通信和交通的类比

1.2 通信系统

1.2.1 通信系统的定义与组成

交通是把货物(乘客)从出发地运输(搬移)到目的地,通信是把信息从信源传输到信宿。如果把用于运输货物或乘客的人、车、路的集合称为交通系统,那么,用于进行通信的



设备硬件、软件和传输介质的集合就称做通信系统(Communication System)。

从硬件上看,通信系统主要由信源、信宿、传输介质、发送设备和接收设备五部分组成,其一般模型如图 1-3 所示。比如,有线长途电话系统就包括送话器、电线、载波机、受话器等要素。无线广播通信系统包括话筒、发射设备、无线电波、接收设备等。这两个通信系统实例如图 1-4 所示。

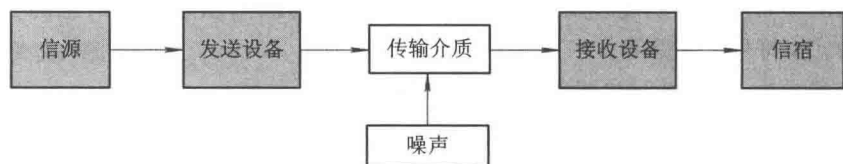


图 1-3 通信系统的一般模型



图 1-4 通信系统实例

- 信源：通信系统的起点，是指能把欲传送的各种消息转换成原始电信号的人(生物)、设备或装置。根据消息的种类不同，信源可分为模拟信源和数字信源。模拟信源输出连续的模拟信号，如话筒(声音→音频信号)、摄像机(图像→视频信号)；数字信源输出离散的数字信号，如计算机的键盘(字符/数据→数字信号)。

- 信宿：通信系统的终点，其功能与信源相反，是指能把原始电信号(如上述的音频信号、视频信号、数字信号)还原成原始消息的人(生物)、设备或装置，如扬声器可将音频信号还原成声音，显示屏可将视频信号还原成图像。

- 传输介质：能够传输电信号、光信号或无线电信号的物理实体。比如，电缆、光纤、空间或大气。

- 发送设备：能将原始电信号变换为适合信道传输的信号的设备或装置。其主要功能是使发送信号的特性与信道特性相匹配，能够抗干扰且具有足够的功率以满足远距离传输的需要。发送设备可能包含变换器、放大器、滤波器、编码器、调制器、复用器等功能模块。

- 接收设备：与发送设备作用相反，是指能够接收信道传输的信号并将其转换为原始电信号的设备或装置。其主要功能是将信号放大和反变换(如译码、解调、解复用等)，目的是从受到减损的接收信号中正确恢复出原始信号。

- 噪声：一切可能会影响有用信号的信号。噪声存在于信号传输的整个过程之中，为方便计，通常将全部噪声集中体现在传输介质上，但并不意味着只有传输介质存在噪声。噪声一般是随机的，形式多样，会干扰信号的传输。(注意，图 1-3 中的噪声可以理解为是通信系统的一部分，因为一个实际通信系统无法彻底消除噪声)。

图 1-3 宏观地描述了一个一般通信系统的组成，反映的是各种通信系统的共性。根据不同的通信任务，图中各方框的名称和作用也会有所差异，从而形成不同的实际通信系统模型。