

❖ 高等院校通信与信息专业规划教材 ❖

现代通信技术概论

INTRODUCTION
TO MODERN COMMUNICATION TECHNOLOGY



王新良 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书赠送电子教案

高等院校通信与信息专业规划教材

现代通信技术概论

主 编 王新良

副主编 朱俊杰 刘志平

参 编 李 辉 张中卫 王立国

机械工业出版社

全书共分为9章,系统地介绍了现代通信技术的发展和的工作原理,包括现代通信技术的基本概念和发展趋势、数字通信技术基础、程控交换电话网、数据通信技术、光纤通信、数字微波中继通信与卫星通信、移动通信、多媒体通信、信息安全技术等内容。各章均附有习题,并在重点章节提供了内容丰富的实验。本书的特点是概念准确、内容简洁、难度适中、理论与实验相结合,突出基本原理和基本概念的阐述,同时力图反映出现代通信技术的一些最新发展。

本书可供通信与信息类、光电类、自动化类和计算机类专业的大学本科使用,对从事通信工作的工程技术人员也有学习参考价值。

本书提供电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 241151483, 电话: 010 - 88379753)。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术概论/王新良主编. —北京:机械工业出版社, 2015.7

高等院校通信与信息专业规划教材

ISBN 978-7-111-50889-2

I. ①现… II. ①王… III. ①通信技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第162683号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:李馨馨

责任编辑:李馨馨 责任校对:张艳霞

责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2015年8月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·18印张·443千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-50889-2

定价:39.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649 机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前言

现代通信技术概论作为信息、通信专业的专业课程一直受到教师和学生的重视；同时，随着现代通信技术的快速发展，一些非信息类的学生 and 研究人员也迫切需要掌握更多的现代通信技术方面的知识。根据现代通信技术发展和应用的现实情况，作者在本书编写过程中着重选取主流技术，从应用角度介绍基本概念和基本原理，并提供相应实验，使读者进一步加深对相关知识的理解。

本书以现代通信的主流技术为主线，详细阐述数字通信技术、程控交换电话网、数据通信技术、光纤通信技术、数字微波中继通信与卫星通信、移动通信技术、多媒体通信技术、信息安全技术，在移动通信技术中，针对当前 4G 和 5G 移动通信系统的工作原理进行了详细讲述，使读者能够更好地掌握移动通信新技术。本书在主要章节中提供了有针对性的实验内容。在数字通信技术部分提供了 PCM 仿真实验，使读者能够更加深入地理解数字通信的具体过程；在程控交换电话网部分提供了电话网关实验，使读者能够更好地掌握程控交换的原理；在数据通信技术部分提供了协议报文捕获、分析实验及无线局域网组网实验，使读者能够更好地掌握因特网技术。通过在主要章节提供有针对性的实验内容，使读者能够理论与实践相结合，达到较好的学习效果，增加读者的学习、阅读兴趣。

全书共分 9 章，内容如下：

第 1 章介绍现代通信技术的基本概念，读者除了要了解通信系统的基本概念之外，还需要熟悉通信技术的发展趋势。

第 2 章讲述数字通信技术的基本概念，并对模拟信号数字化的主要特点进行了详细的介绍，最后对时分复用技术和数字复接技术进行了讲解。

第 3 章详细介绍程控交换电话网的基本内容，包括交换的基本概念、数字程控交换机、支撑网、智能网等。

第 4 章讨论了数据通信的基本内容，包括数据通信的基本概念、数据交换技术、因特网、网络互连设备、局域网等，最后提供了多组实验增加读者的阅读兴趣。

第 5 章详细讲述了光纤通信技术的基本概念，讨论了光纤通信系统的工作原理，并对同步数字体系、光波分复用技术和光网络的发展趋势进行了深入的分析。

第 6 章详细介绍了数字微波中继通信与卫星通信的基本概念，并对数字微波中继通信系统和卫星通信系统的工作原理进行了详细讲解。

第 7 章详细介绍了移动通信技术的基本原理，并对多种移动通信系统的工作原理进行了深入分析，最后对移动通信技术未来的发展趋势进行了详细的讲解。

第8章详细介绍了多媒体通信技术的概念，并对多媒体通信系统的工作原理进行了深入分析，最后对压缩编码标准与技术、流媒体技术和多媒体应用进行了详细的讲解。

第9章详细介绍了信息安全技术方面的基本原理，并对常见网络病毒的工作原理进行了深入分析，最后对当前主流的网络安全检测技术进行了详细的讲解。

本书由河南理工大学电气工程与自动化学院的教师共同编写，具体分工如下：本书第1章和第8章由刘志平编写，第2章由李辉编写，第3章由朱俊杰编写，第4章和第9章由王新良编写，第5章和第6章由张中卫编写，第7章由王立国编写。由王新良、朱俊杰、刘志平负责该书的统稿工作。此外，本书能够顺利出版，得到了河南理工大学教务处以及电气工程与自动化学院各级领导的帮助与支持。

由于作者水平有限，书中难免有错漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2015 年 4 月

目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 通信发展简史	1
1.2 通信的基本概念	3
1.2.1 通信系统模型	3
1.2.2 通信系统分类	4
1.2.3 通信信道	5
1.2.4 通信系统的主要性能指标	10
1.2.5 通信网	11
1.3 通信业务	14
1.3.1 通信业务的基本概念及分类	14
1.3.2 我国现行电信业务分类	16
1.3.3 通信业务的发展趋势	21
1.4 通信技术发展趋势	23
1.4.1 通信技术数字化	23
1.4.2 通信业务综合化	23
1.4.3 网络互通融合化	24
1.4.4 通信网络宽带化	24
1.4.5 网络管理智能化	24
1.4.6 通信服务个性化	25
习题	25
第2章 数字通信技术基础	26
2.1 模拟信号数字化	26
2.1.1 模拟信号和数字信号	26
2.1.2 数字通信的特点	26
2.1.3 脉冲编码调制技术	27
2.2 时分复用	40
2.2.1 基本概念	40
2.2.2 时分复用的同步技术	42
2.3 数字复接技术	45
2.3.1 数字复接原理	45
2.3.2 正码速调整复接器	46
2.4 PCM 实验	47

习题	49
第3章 程控交换电话网	51
3.1 概述	51
3.1.1 交换的基本概念	51
3.1.2 交换技术的发展简史	53
3.1.3 电话网	54
3.2 数字程控交换机	60
3.2.1 概述	60
3.2.2 硬件结构	61
3.2.3 软件系统	64
3.2.4 处理机控制结构	66
3.2.5 呼叫接续处理的控制原理	68
3.3 支撑网	71
3.3.1 信令网	71
3.3.2 数字同步网	74
3.3.3 电信管理网	77
3.4 智能网	80
3.4.1 智能网概述	81
3.4.2 智能网概念模型	82
3.4.3 智能网的发展与应用	88
3.5 电话网关实验	92
3.5.1 实验环境	92
3.5.2 实验目的	94
3.5.3 实验设备	94
3.5.4 实验步骤	94
习题	94
第4章 数据通信技术	96
4.1 数据通信概述	96
4.1.1 数据通信的特点	96
4.1.2 数据通信系统构成	96
4.1.3 差错控制技术	97
4.2 数据交换技术	99
4.2.1 电路交换	100
4.2.2 报文交换技术	101
4.2.3 分组交换技术	102
4.3 因特网	102
4.3.1 因特网基础	102
4.3.2 IP 地址和域名	104
4.3.3 网络互联协议	111
4.3.4 传输层协议	112

4.3.5	应用层协议	112
4.3.6	Internet 的应用	114
4.3.7	IPv6	115
4.4	网络互连设备	116
4.4.1	网络互连设备分类	116
4.4.2	集线器	117
4.4.3	网桥	117
4.4.4	路由器	117
4.5	局域网	118
4.5.1	局域网概述	118
4.5.2	局域网的组成	120
4.5.3	以太网	122
4.5.4	无线局域网	124
4.6	实验	127
4.6.1	协议报文捕获及分析实验	127
4.6.2	无线局域网组网实验	129
	习题	130
第5章	光纤通信	132
5.1	光纤通信概述	132
5.1.1	光纤通信发展简史	132
5.1.2	光纤通信的特点	135
5.2	光纤通信系统	135
5.2.1	光纤与光缆	135
5.2.2	光纤通信系统模型	151
5.3	同步数字体系	154
5.3.1	SDH 的产生及技术特点	154
5.3.2	SDH 帧结构	156
5.3.3	SDH 复用原理	157
5.4	光波分复用技术	158
5.4.1	WDM 的工作原理及技术特点	158
5.4.2	WDM 系统	160
5.4.3	波分复用器件	160
5.5	光网络的发展趋势	164
	习题	166
第6章	数字微波中继通信与卫星通信	167
6.1	数字微波中继通信	167
6.1.1	数字微波中继通信的概念	167
6.1.2	数字微波中继通信的特点	169
6.1.3	数字微波中继通信系统	170
6.2	卫星通信	174

6.2.1	卫星通信的概念和特点	174
6.2.2	卫星通信系统	179
6.2.3	通信卫星	181
6.2.4	卫星通信的主要应用	186
	习题	188
第7章	移动通信	189
7.1	移动通信概述	189
7.1.1	移动通信发展简史	189
7.1.2	移动通信的概念及特点	190
7.1.3	移动通信系统组成	192
7.1.4	移动通信的工作频段	193
7.1.5	常用移动通信系统	194
7.2	移动通信技术基础	195
7.2.1	电波传播与移动信道的特征	195
7.2.2	调制解调技术	196
7.2.3	地域覆盖和信道分配	197
7.2.4	位置管理和越区切换	199
7.2.5	多信道共用技术	201
7.2.6	抗衰落技术	202
7.3	GSM 移动通信系统	203
7.3.1	GSM 系统特点	203
7.3.2	GSM 系统结构及接口	203
7.3.3	GSM 系统提供的业务	206
7.3.4	GPRS 技术	207
7.4	CDMA 移动通信系统	208
7.4.1	CDMA 系统工作原理	208
7.4.2	CDMA 系统特点	209
7.4.3	CDMA 系统结构	209
7.4.4	CDMA 系统提供的业务	210
7.5	第三代移动通信系统	211
7.5.1	第三代移动通信系统概述	211
7.5.2	WCDMA 系统	212
7.5.3	CDMA2000 系统	215
7.5.4	TD-SCDMA 系统	216
7.5.5	3G 移动业务	218
7.6	第四代移动通信系统	218
7.6.1	4G 的产生背景	218
7.6.2	4G 的基础知识	218
7.6.3	4G 的网络结构及特点	221
7.6.4	4G 系统的关键技术	222

7.6.5 4G 移动通信发展面临的问题	224
7.7 移动通信技术未来的发展趋势	225
7.7.1 第五代移动通信系统 (5G) 概述	225
7.7.2 第五代移动通信系统 (5G) 的关键技术	225
7.7.3 第五代移动通信系统 (5G) 的应用前景展望	227
习题	228
第8章 多媒体通信	229
8.1 多媒体通信概述	229
8.1.1 多媒体通信系统	229
8.1.2 多媒体通信的关键技术	230
8.2 压缩编码标准与技术	232
8.2.1 静止图像压缩编码标准	232
8.2.2 视频压缩编码标准	238
8.2.3 音频压缩编码标准	245
8.3 流媒体技术	247
8.3.1 流媒体的概念	247
8.3.2 流媒体传输方式	249
8.4 多媒体的应用	250
习题	252
第9章 信息安全技术	253
9.1 信息安全技术概论	253
9.1.1 信息安全的定义	253
9.1.2 信息安全威胁	253
9.1.3 信息安全模型	254
9.2 网络病毒	256
9.2.1 蠕虫	256
9.2.2 木马	258
9.2.3 僵尸网络	261
9.3 信息安全技术	263
9.3.1 网络安全与防范	263
9.3.2 网络攻击方法	264
9.3.3 入侵检测技术	264
9.3.4 防火墙技术	268
9.3.5 “蜜罐”技术	271
9.3.6 应急响应技术	274
习题	275
参考文献	276

第1章 概述

1.1 通信发展简史

早在远古时期，人们就通过简单的语言、壁画等方式交换信息。千百年来，人们一直在用语言、图符、钟鼓、烟火、竹简、纸书等传递信息，古代人的烽火狼烟、飞鸽传信、驿马邮递就是这方面的例子。现在还有一些国家的个别原始部落，仍然保留着诸如击鼓鸣号这样古老的通信方式。在现代社会中，交警的指挥手语、航海中的旗语等不过是古老通信方式进一步发展的结果。这些信息传递的基本方式都是依靠人的视觉与听觉直接感受到的距离接收。

19 世纪中叶以后，随着电报、电话的发明，电磁波的发现，人类通信领域产生了根本性的巨大变革，实现了利用金属导线来传递信息，甚至通过电磁波来进行无线通信，使神话中的“顺风耳”“千里眼”变成了现实。从此，人类的信息传递可以脱离常规的视听觉直接感受方式，用电信号作为新的载体，实现远距离通信，由此带来了一系列技术革新，开始了人类通信的新时代。

1837 年，美国人塞缪尔·莫尔斯（Samuel Morse）成功地研制出世界上第一台电磁式电报机。他利用自己设计的电码，可将信息转换成一串或长或短的电脉冲传向目的地，再转换为原来的信息。1844 年 5 月 24 日，莫尔斯在国会大厦联邦最高法院会议厅用莫尔斯电码发出了人类历史上的第一份电报，实现了长途电报通信。

1864 年，英国物理学家麦克斯韦（J. C. Maxwell）建立了一套电磁理论，预言了电磁波的存在，说明了电磁波与光具有相同的性质，两者都是以光速传播的。

1875 年，苏格兰青年亚历山大·贝尔（A. G. Bell）发明了世界上第一台电话机。并于 1876 年申请了发明专利。1878 年在相距 300 km 的波士顿和纽约之间进行了首次长途电话通信实验，并获得了成功，后来就成立了著名的贝尔电话公司。

1888 年，德国青年物理学家海因里斯·赫兹（H. R. Hertz）用电波环进行了一系列实验，发现了电磁波的存在，并用实验证明了麦克斯韦的电磁理论。这个实验轰动了整个科学界，成为近代科学技术史上的一个重要里程碑，导致了无线电的诞生和电子技术的发展。

电磁波的发现产生了巨大影响。不到 6 年的时间，俄国的波波夫、意大利的马可尼分别发明了无线电报，实现了信息的无线电传播，其他的无线电技术也如雨后春笋般涌现出来。1904 年英国电气工程师弗莱明发明了二极管。1906 年美国物理学家费森登成功地研究出无线电广播。1907 年美国物理学家德福莱斯特发明了真空电子管（三极管），美国电气工程师阿姆斯特朗应用电子器件发明了超外差式接收装置。1920 年美国无线电专家康拉德在匹兹堡建立了世界上第一家商业无线电广播电台，从此广播事业在世界各地蓬勃发展，收音机成为人们了解时事新闻的方便途径。1924 年第一条短波通信线路在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立，1933 年法国人克拉维尔建立了英法之间的第一套商用短波无线电通道，推动了无线电技术的进一步发展。

电磁波的发现也促使图像传播技术迅速发展起来。1922年16岁的美国中学生菲罗·法恩斯沃斯设计出第一幅电视传真原理图,1929年申请了发明专利,被裁定为发明电视机的第一人。1928年美国西屋电器公司的兹沃尔金发明了光电显像管,并同工程师范瓦斯合作,实现了电子扫描方式的电视发送和传输。1935年美国纽约帝国大厦设立了一座电视台,次年就成功地把电视节目发送到70 km以外的地方。1938年兹沃尔金又制造出第一台符合实用要求的电视摄像机。经过人们的不断探索和改进,1945年在三基色工作原理的基础上,美国无线电公司制成了世界上第一台全电子管彩色电视机。直到1946年,美国人罗斯·威玛发明了高灵敏度摄像管,同年日本人八本教授解决了家用电视机接收天线问题,从此一些国家相继建立了超短波转播站,电视迅速普及开来。

图像传真也是一项重要的通信。自从1925年美国无线电公司研制出第一部实用的传真机以后,传真技术不断革新。1972年以前,该技术主要用于新闻、出版、气象和广播行业;1972年至1980年间,传真技术已完成从模拟向数字、从机械扫描向电子扫描、从低速向高速的转变,除代替电报和用于传送气象图、新闻稿、照片、卫星云图外,还在医疗、图书馆管理、情报咨询、金融数据、电子邮政等方面得到应用;1980年后,传真技术向综合处理终端设备过渡,除承担通信任务外,它还具备图像处理和数据处理的能力,成为综合性处理终端。静电复印机、磁性录音机、雷达、激光器等都是信息技术史上的重要发明。

此外,作为信息远程控制的遥控、遥测和遥感技术也是非常重要的技术。遥控是利用通信线路对远处被控对象进行控制的一种技术,用于电气事业、输油管道、化学工业、军事和航天事业;遥测是将远处需要测量的物理量如电压、电流、气压、温度、流量等变换成电量,利用通信线路传送到观察点的一种测量技术,用于气象、军事和航空航天业;遥感是一门综合性的测量技术,在高空或远处利用传感器接收物体辐射的电磁波信息,经过加工处理成能够识别的图像或电子计算机用的记录磁带,提示被测物体的性质、形状和变化动态,主要用于气象、军事和航空航天事业。

随着电子技术的高速发展,军事、科研迫切需要解决的计算工具也大大改进。1946年美国宾夕法尼亚大学的埃克特和莫希里研制出世界上第一台电子计算机。电子元器件材料的革新进一步促使电子计算机朝小型化、高精度、高可靠性方向发展。20世纪40年代,科学家们发现了半导体材料,用它制成晶体管,替代了电子管。1948年美国贝尔实验室的肖克莱、巴丁和布拉坦发明了晶体管,于是晶体管收音机、晶体管电视机、晶体管计算机很快代替了各式各样的真空电子管产品。1959年美国的基尔比和诺伊斯发明了集成电路,从此微电子技术诞生了。1967年大规模集成电路诞生了,一块米粒般大小的硅晶片上可以集成1千多个晶体管的电路。1977年美国、日本科学家制成超大规模集成电路,30平方毫米的硅晶片上集成了13万个晶体管。微电子技术极大地推动了电子计算机的更新换代,使电子计算机显示了前所未有的信息处理功能,成为现代高新科技的重要标志。

为了解决资源共享问题,单一计算机很快发展成计算机联网,实现了计算机之间的数据通信、数据共享。通信介质从普通导线、同轴电缆发展到双绞线、光纤导线、光缆;电子计算机的输入/输出设备也飞速发展起来,扫描仪、绘图仪、音频/视频设备等,使计算机如虎添翼,可以处理更多的复杂问题。20世纪80年代末多媒体技术的兴起,使计算机具备了综合处理文字、声音、图像、影视等各种信息的能力,日益成为信息处理最重要和必不可少的工具。

至此,我们可以初步认为:信息技术(Information Technology, IT)是以微电子和光电

技术为基础,以计算机和通信技术为支撑,以信息处理技术为主题的技术系统的总称,是一门综合性的技术。电子计算机和通信技术的紧密结合,标志着数字化信息时代的到来。

我们处于现代通信的时代,只要你打开计算机、手机、PDA、车载GPS,就很容易实现彼此之间的联系,使人们生活更加便利。未来的通信可能沿着融合2G、3G以及4G和WLAN、宽带网络的方向发展,可以说“一切,皆有可能”。

1.2 通信的基本概念

通信即信息传递。对信息的一般解释为:人认识到或感觉到的一切有价值的相互之间的影响。通信是人类社会发展的基础,是推动人类文明和进步的巨大动力。

1.2.1 通信系统模型

通信的基本目的是由信源向信宿传送消息。例如:广播电台播音员的声音,通过电台发送载有声音的信号,经过空间电磁场的传输媒介,进入信道,并由收音机接收后,传给听众。电视台通过卫星可以把电视画面传送到千家万户;电话用户通过交换机可以实现拨号通话;网络用户通过互联网可以进行实时聊天等。通信系统可以概括为图1-1所示的一般通信系统模型。



图 1-1 通信系统模型示意图

由图1-1可以看出,发送消息的一端称为信源,接收消息的一端称为信宿。信源和信宿之间的传输路径称为信道。信源发出的消息先要经过发送设备变换成适合于信道传输的信号形式,在经过信道传输后由接收设备做出反变换恢复出信源消息,最后被信宿接收。而消息在传送过程中的任何一点都有可能受到噪声的干扰,为了便于分析,并考虑到信道上的干扰最为严重,所以把噪声干扰集中在信道上。

信源和信宿通常是能够对应把消息解读出来的设备。例如:电视机、接听电话的人或计算机终端等都可以作为信源和信宿。消息的形式可以是图像、语音,也可以是文字、数据、符号等。

发送设备主要用于对信源消息进行物理格式变换。这样的物理格式变换可以是码型调整变换或者是频率调整变换,以适应信道对所传输信号格式的要求。接收端则利用接收设备做出反变换。

信道是信息的传输通道。这是一个含义广泛的术语。狭义的信道指具有不同物理性质的各种传输媒介,如电缆、光缆、无线电、大气空间等。广义的信道则包括信源和信宿之间的任何传输设备。信号在信道传输过程中会随着距离的增加而产生衰减。为了保证长距离的传输,需要对信号进行能量放大,称为中继再生。

噪声干扰是任何通信系统都难以避免的。噪声干扰会导致信号失真,引起传输错误,因此,通信系统一般都要考虑差错控制问题。

1.2.2 通信系统分类

通信系统有多种分类形式,如:可以从通信内容上、传输信号的性质上、信道上等进行分类。

1. 根据通信内容分类

根据通信内容进行划分,通信系统可以分为电话通信、电报通信、传真通信、数据通信、图像通信、多媒体通信等。这些系统可以是专用的,但大多数情况下是兼容并存的。

现在非话务通信发展迅速,非话务通信主要是分组数据业务、计算机通信、数据库检索、电子信箱、电子数据交换、传真存储转发、可视图文及会议电视、图象通信等。由于电话通信最为发达,因而其他通信常常借助于公共的电话通信系统进行。未来的综合业务数字通信网中各种用途的消息都能在一个统一的通信网中传输。此外,还有遥测、遥控、遥信和遥调等控制通信业务。

2. 根据传输信号的性质分类

按照信道上传送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。

早期的通信系统以模拟通信为主,其最大的优点是信号形成简单、直观,系统设备简易,占用频带窄。直到现在无线电广播仍然使用模拟调幅或调频技术。但是,模拟通信系统存在着致命的缺陷——抗干扰能力低,当受到系统内部、外部噪声干扰后很难把噪声和信号分开,导致通信质量下降。同时,传输线路越长,噪声的积累也就越多,因此正逐渐被数字通信系统所取代。

与模拟通信系统相比,数字通信系统有如下一些特点。

(1) 抗干扰能力强、无噪声积累

在模拟通信中,为了提高信噪比,需要在信号传输过程中及时对衰减的传输信号进行放大。信号在传输过程中不可避免地叠加上的噪声也被同时放大。随着传输距离的增加,噪声积累越来越多,以致使传输质量严重恶化。

对于数字通信,由于数字信号的幅值为有限个离散值,在传输过程中虽然也受到噪声的干扰,但当信噪比恶化到一定程度时,即在适当的距离采用判决再生的方法,再生成没有噪声干扰的和原发送端一样的数字信号,所以可以实现长距离高质量的传输。

(2) 数字信息的保密性好

无线电波是朝着四面八方传播的,只要终端接收器匹配,每个人都可以接收到传播的内容。而数字通信可以先将其信号在编码器与密码相捆绑,再进入信道传播,接收方则通过解码器解除密码限制,取得信号传播内容,由此避免了传播信息外漏的现象。数字信号加密只需要通过简单的“加”“减”等逻辑运算,按照一定的规律将密码“加”到语音电码中去,就可以将包含着语音信号的电码进行传播。

(3) 便于存储、处理和交换

数字通信的信号形式和计算机所用信号一致,都是二进制代码,因此便于与计算机网络通信,也便于用计算机对数字信号进行存储、处理和交换,可使通信网的管理、维护实现自动化、智能化。

(4) 数字信号易于调制

数字信号只需在数字终端设备和模拟电路之间加装以调制、解调为主体的接口设备,就能利用已经建立起来的四通八达的模拟电路进行传输。由于数字信号只存在“0”、“1”两种状态,其信号调制相当简单,具有波形变换速度快、调整测试方便、体积小、设备可靠性高等特点。

(5) 数字通信占用的频带较宽

在同样信息量的情况下,数字通信占用较宽的信道频带。以电话通信为例,一路模拟语音信号带宽为4 kHz,在数字通信系统中就需要占用带宽64 kHz,后者是前者的16倍。

此外,数字通信对其设备中所用电路的要求较简单,轻巧、故障少、耗电低、成本低的集成电路即可满足通信需求。数字信号还便于和电子计算机结合,由计算机来处理信号,使得数字通信系统更加灵活通用,也为各类如电话、电报、图像以及数据传输业务的开展提供了更加便利的条件。

3. 按传输媒介分类

通信系统可以分为有线(包括光纤)和无线通信两大类,有线信道包括架空明线、双绞线、同轴电缆、光缆等。使用架空明线传输媒介的通信系统主要有早期的载波电话系统,使用双绞线传输的通信系统有电话系统、计算机局域网等,同轴电缆在微波通信、程控交换等系统中以及设备内部和天线馈线中使用。无线通信依靠电磁波在空间传播达到传递消息的目的,如短波电离层传播、微波视距传输等。

1.2.3 通信信道

任何通信系统都包括发送、信道和接收三个部分。信道是信号传输的通路,又是传递信号的设施。广义信道除了包括传输媒质外,还包括与通信系统有关的变换装置,这些装置可以是发送设备、接收设备、馈线与天线、调制器、解调器等。这相当于在狭义信道的基础上,扩大了信道的范围。广义信道的引入主要是从研究信息传输的角度出发,使通信系统的一些基本问题研究比较方便。

通信线路是指通信中所采用的具体线路及其结构。通常采用多路复用等技术将一条通信线路分割为若干信道。

1. 传输媒介

狭义来看,通信系统的传输媒介可以是诸如同轴电缆、双绞线和光缆等有线传输媒介,也可以是不同波段的无线电波。了解通信系统传输媒介的物理特性和传输特性有助于理解与通信信道相关的概念。

(1) 双绞线

双绞线也称双扭线,是最常用的一种传输媒介,常用于局域网和用户短距离接入。双绞线是把两根外包绝缘材料的直径约0.5~1 mm的铜芯线扭绞成具有一定规则的螺旋形状,扭绞的目的是为了减少或抵消外界的电磁干扰。与同轴电缆相比,双绞线的抗干扰能力差一些,易受到外部电磁信号的干扰,所以可靠性也就差一些。但是双绞线的制造成本比同轴电缆要低很多,是一种廉价的传输媒介。把若干对双绞线集成一束,并用结实的外绝缘层包住,就组成了双绞线电缆。如图1-2a所示。

(2) 同轴电缆

同轴电缆由单股实心或多股绞合的铜质芯线、绝缘层、网状编织的屏蔽层以及保护外层所组成，如图 1-2b 所示。由于外导体的作用，外来的电磁干扰被有效屏蔽了，因此同轴电缆具有很好的抗干扰特性，并且因其集肤效应所引起的功率损失也大大减小。同时，与双绞线相比，同轴电缆具有更宽的带宽和更快的传输速率。



图 1-2 几种有线信道
a) 双绞线 b) 同轴电缆

(3) 光缆

光通信是利用光导纤维作为媒介，用光波来载送消息的一种通信方式。光纤是由纯净的石英玻璃拉制成的玻璃纤维丝，如图 1-3a 所示可远距离传输光信号，如图 1-3b 所示。光缆是由若干根光纤集成在一起制成的宽带通信传输媒介，是目前长途干线通信和部分城域网的主要通信线路。

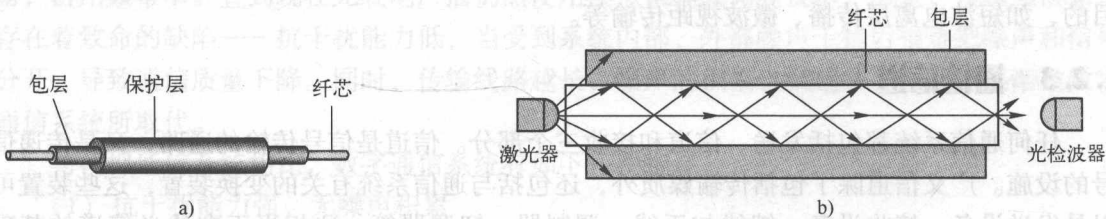


图 1-3 光纤的结构和传输
a) 光纤结构 b) 光在光纤中传输

(4) 微波通信

微波通信是利用电磁波在对流层的视距范围内以微波接力形式进行传输的通信方式。微波波长为 $1\text{ mm} \sim 1\text{ m}$ ，频率为 $300\text{ MHz} \sim 300\text{ GHz}$ ，频段宽度是长波、中波、短波及甚短波等几个频段总带宽的 1000 倍。微波通信的特点是：频带越宽，通信容量越大。微波是直线传播，视距以外的通信则通过中继的方式进行传输。微波中继系统如图 1-4 所示。

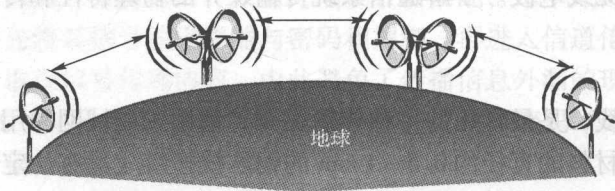


图 1-4 微波中继通信系统

(5) 卫星通信

卫星通信就是地球上的无线电通信站之间利用人造卫星作中继站而进行的通信。

卫星通信具有覆盖面积大、通信距离长、不受地理环境限制以及投资少、见效快等许多优点。在我国的西北、西南高原等地应用价值高。卫星通信系统如图 1-5 所示。

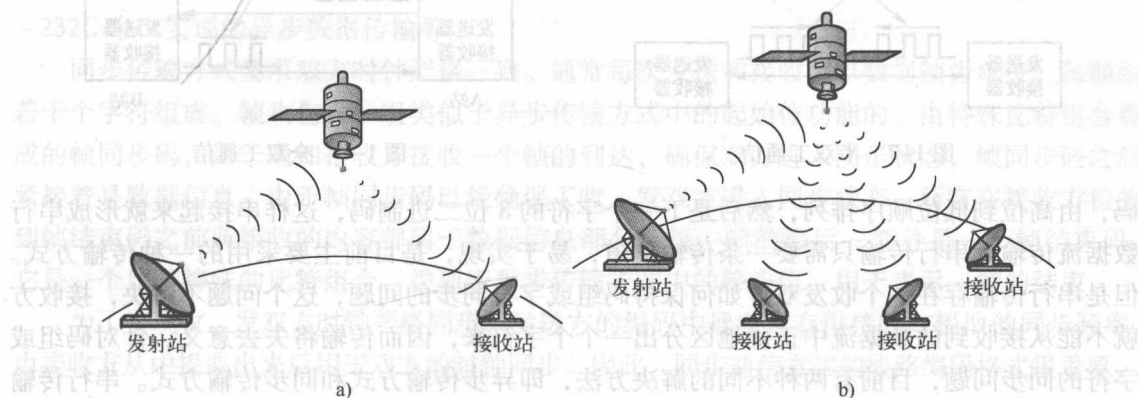


图 1-5 卫星通信系统

a) 通过卫星形成的点到点通信链路 b) 通过卫星形成的广播通信链路

无线电波在大气中传播时会有传输损耗、多径效应和衰落现象。传输损耗是由于大气层对无线电波吸收、散射和绕射而导致的，不同的传播方式和不同材料的障碍物所造成的损耗不一样。电波经过多条路径传播到达同一个接收天线，各条路径来的信号之间存在时延差，叠加后得到的合成信号强弱会伴随着传输路径或气象条件的变化而起伏不定，这种现象称为多径效应。而接收端信号振幅起伏不定的情况称为衰落现象。

2. 通信方式

按照消息传输方向与时间划分，可分为单工、半双工及全双工三种方式。

(1) 单工通信

单工通信指通信双方的一方只能接收消息而不能发送消息，同时另一方只能发送消息而不能接收消息。例如，广播电台、电视台和广大听众和观众之间就是典型的单工通信。如图 1-6 所示。

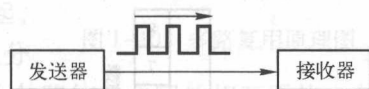


图 1-6 单工通信方式

(2) 半双工通信

半双工通信指通信双方都能既发送又接收消息，但在同一时间只能一方发送另一方接收。这种方式多半是由于双方共用一个信道，而一个信道同时只能被一方占有所致。例如，短距离无线对讲机在使用时双方不能同时讲话，当一方讲话时需要按下按键，松开按键后才能听到对方讲话。如图 1-7 所示。

(3) 全双工通信

全双工通信指通信双方可以同时发送和接收消息。电话系统、计算机网络等大多数通信系统都是全双工方式。如图 1-8 所示。

3. 传输方式

按消息传输时排列方式的不同，可分为串行和并行传输方式。

(1) 串行传输

串行传输是指信号在一个信道上以按位依次传输的方式传输。一个字符的 8 个二进制代