

现代通信技术与应用

张 亮 编著

清华大学出版社

张亮 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要从宏观角度介绍各类通信系统的构成、技术关键、应用特点、发展趋势等。全书共分4章。第1章介绍通信技术基础;第2章介绍有线通信技术,包括电话通信与光纤通信;第3章介绍无线通信技术,包括GSM移动通信、CDMA移动通信、第三代和第四代移动通信、集群通信,以及微波通信、光纤通信的相关知识;第4章介绍计算机通信技术。为进一步拓展知识面,每章还安排4或5个阅读材料。

本书概念简洁、原理明了、材料丰富、内容新颖、文字流畅、条理清晰,其体例安排及内容裁剪等都具有鲜明特色。本书可用于电子、计算机、自动化、安全防范等专业的本科或专科,及通信专业的高职、高专,对工程人员、在职培训及个人自学也有很好的参考价值。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术与应用/张亮编著. —北京:清华大学出版社,2009.5

ISBN 978-7-302-19693-8

I. 现… II. 张… III. 通信技术 IV. TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第036514号

责任编辑:邹开颜 赵从棉

责任校对:赵丽敏

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.5 字 数:447千字

版 次:2009年5月第1版 印 次:2009年5月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:28.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:031964-01



F OREWORD

前言

通信就是信息的传输。它随人类社会而产生,共人类社会而发展。语言产生之前,便有结绳记事、击鼓传情等原始通信手段,后来又出现了以火光传输信息的烽火墙等方式。但上述手段都只能传输极其简单的信息。文字的发明、书信的使用、驿站的修建,使详细信息的远距离传输成为可能。但真正实现消息畅通、快速、准确、高效、远距离的传输是利用电作为信息传输载体才开始的。1753年2月17日,《苏格兰人》杂志发表了署名C. M的书信,首次提出用电进行通信的设想,由此逐渐拉开电信时代的序幕。从1837年莫尔斯发明电报,1876年贝尔发明电话以来,经百余年发展,通信已走进千家万户,成为国家建设、民众生活极其重要的工具。通信由传统的电报、电话等单一品种扩大到传真、数据通信、图像通信、电视广播、多媒体通信等新业务;传输介质由明线、无线短波、电缆发展到微波、卫星、海缆和光缆;交换设备由机电制布线逻辑方式向计算机程序控制方式发展;传输设备由模拟载波向数字脉码调制方式发展;终端设备由机电方式向微处理器控制的多功能终端发展;通信方式由人工、半自动向全自动方向发展;通信地点由固定方式转向移动方式,并逐步实现个人化。数字化、大容量、远距离、高效率、保密性、可靠性等成为现代通信的特点。

通信技术就是通信系统和通信网的技术。现代通信技术主要有数字通信技术、程控交换技术、信息传输技术、通信网络技术、数据通信与数据网、ATM技术、宽带IP技术、接入技术等;通信网是由许多通信系统组成的多点间能相互通信的全部设施,如业务网、传输网、支撑网和一些业务平台组成。综观通信技术发展,有一些明显特点:频率由低频向高频发展,通信方式从中波、短波发展到微波、毫米波。可以说,通信技术的发展历史是不断开拓更高频率的历史,也就是通信容量不断增长的历史。例如,人类掌握了数百至数千千赫的技术后,无线电及广播开始应用;数十至数百兆赫的技术成熟后,电视进入千家万户;数千至数万兆赫的载波提供了雷达、微波通信、卫星通信等通信手段。而要开发更高的载频,就势必要开拓光波,光纤通信逐渐取代电通信成为主要通信手段是人类进入信息时代、网络时代的重要标志。目前,通信技术的发展趋势是在数字化、综合化基础上,向智能化、移动化、宽带化和个人化方向发展。

本书是为更好地满足通信、电子、计算机、自动化、安全防范等专业《现代通信技术与应用》课程学习的需要而编著的。全书共分4章,对现代通信技术相关知识作粗线条的全景式介绍,有些内容允许“知其然而不知其所以然”,将来结合相关课程或工作实践进一步加深理解。每章还安排4或5个阅读材料,体现广度优先(breadth first)原则,力求既内容丰富,又通俗易懂。本书各章节主要内容及阅读材料安排如下。

第1章——通信技术基础。简要介绍通信的基本概念,通信系统的构成、分类,多路复

用技术,通信交换技术,通信技术发展趋势等。阅读材料介绍了通信发展简史、保密通信技术、红外技术与应用及激光技术与应用。

第2章——有线通信技术。介绍电话通信的技术基础、系统构成、无线市话、网络电话(VoIP),光纤通信的技术基础、系统构成、发展趋势。阅读材料介绍了密码技术基础、音频编码技术、视频编码技术及数字电视(DTV)技术。

第3章——无线通信技术。介绍移动通信的技术基础、GSM移动通信、CDMA移动通信、第三代移动通信(3G)、第四代移动通信(4G)、集群通信,并分别介绍微波通信、卫星通信的技术基础、系统构成、发展趋势。阅读材料介绍了室内覆盖技术、通用分组业务(GPRS)、移动定位技术及全球定位系统(GPS)。

第4章——计算机通信技术。介绍计算机通信技术基础、计算机通信网络。阅读材料介绍蓝牙通信技术、网络信息搜索、网络安全技术、地理信息系统(GIS)及下一代网络(NGN)。

本书体例安排具有一定新颖性,内容裁剪及素材选择具有良好实用性,体现了概念简洁、原理明了、内容新颖、材料丰富、文字流畅、条理清晰的鲜明特色,可用于电子、计算机、自动化、安全防范等专业的本科或专科,及通信专业的高职、高专。不同学科、不同专业可设计相应的教学大纲,选择书中的全部或部分内容进行学习。本书对工程人员在职培训及个人自学等也有很好的参考价值。

书中参考了部分资料,恕不一一标注,在此谨对作者表示真诚感谢。特别感谢清华大学出版社邹开颜编辑、赵从棉编辑的辛勤付出,使本书更趋完善。限于作者水平,不当之处在所难免,敬请指正。

编 者

2009年1月



目 录

第 1 章 通信技术基础	1
1.1 通信的基本概念	1
1.1.1 信息与信号	1
1.1.2 通信系统构成	4
1.1.3 通信系统分类	6
1.1.4 模拟通信系统	9
1.1.5 数字通信系统	12
1.1.6 通信传输介质	17
1.2 多路复用技术	25
1.2.1 多路复用概述	25
1.2.2 频分多路复用	26
1.2.3 时分多路复用	27
1.2.4 码分多路复用	28
1.2.5 波分多路复用	30
1.3 通信交换技术	31
1.3.1 交换技术概述	31
1.3.2 电路交换技术	33
1.3.3 报文交换技术	35
1.3.4 分组交换技术	36
1.3.5 其他交换技术	40
1.4 通信发展趋势	42
本章小结	45
思考与练习	46
第 1 章阅读材料	46
阅读材料 1 通信发展简史	46
阅读材料 2 保密通信技术	51
阅读材料 3 红外技术与应用	54
阅读材料 4 激光技术与应用	57

第2章 有线通信技术	61
2.1 电话通信技术	61
2.1.1 电话通信基础	61
2.1.2 电话通信系统	67
2.1.3 电话通信的发展趋势	73
2.2 光纤通信技术	80
2.2.1 光纤通信基础	80
2.2.2 光纤通信系统	86
2.2.3 光纤通信的发展趋势	93
本章小结	98
思考与练习	98
第2章阅读材料	99
阅读材料1 密码技术基础	99
阅读材料2 音频编码技术	105
阅读材料3 视频编码技术	110
阅读材料4 数字电视技术	115
第3章 无线通信技术	122
3.1 无线通信概述	122
3.2 移动通信技术	125
3.2.1 移动通信基础	125
3.2.2 GSM 移动通信	130
3.2.3 CDMA 移动通信	143
3.2.4 3G 移动通信	147
3.2.5 集群通信技术	159
3.2.6 移动通信的发展趋势	165
3.3 微波通信技术	168
3.3.1 微波通信基础	168
3.3.2 微波通信系统	172
3.3.3 微波通信的发展趋势	178
3.4 卫星通信技术	179
3.4.1 卫星通信基础	179
3.4.2 卫星通信系统	184
3.4.3 卫星通信的发展趋势	189
本章小结	192
思考与练习	193
第3章阅读材料	193
阅读材料1 室内覆盖技术	193

阅读材料 2 通用分组业务	196
阅读材料 3 移动定位技术	200
阅读材料 4 全球定位系统	205
第 4 章 计算机通信技术	210
4.1 计算机通信基础	210
4.1.1 计算机与通信	210
4.1.2 数据通信基础	212
4.1.3 相关通信协议	217
4.1.4 物理接口标准	224
4.2 计算机通信网络	232
4.2.1 通信网络基础	232
4.2.2 计算机局域网	238
4.2.3 计算机广域网	245
4.2.4 通信网络互联	256
本章小结	259
思考与练习	260
第 4 章阅读材料	260
阅读材料 1 蓝牙通信技术	260
阅读材料 2 网络信息搜索	264
阅读材料 3 网络安全技术	269
阅读材料 4 地理信息系统	274
阅读材料 5 下一代网络	277
缩略语对照表	280
参考文献	287

第1章

通信技术基础

1.1 通信的基本概念

1.1.1 信息与信号

通信是信息从一个地方经过信道传输到另一地方的过程,是信息或其表示方式、表示媒体的时间/空间转移。古代,通过驿站、飞鸽传书、烽火报警等方式传输信息;今天,随着科技的飞速发展,相继出现了固定电话、移动电话、互联网等多种通信方式,不但缩短了人与人之间的距离,还提高了工作效率,改变了人类生活方式。实现信息传输所需的全部技术设备的总和称为通信系统,其基本任务就是传输信息。21 世纪是信息时代,下面主要介绍信息相关知识,并简介消息、信号及相互间的关系。

1. 信息

信息指消息中包含的有意义的内容,通信的主要目的就是传输含有信息的信息。作为近代科学专门术语,信息已广泛应用于社会各领域。广义信息指主体和客体在相互交往、相互联系中,用来表征事物特征的一种基本形式。人类活动离不开信息的传输、交换。人工进行信息处理的过程如图 1-1 所示。目前,对获取信息的要求越来越高,传输信息形式也越来越广泛、复杂。

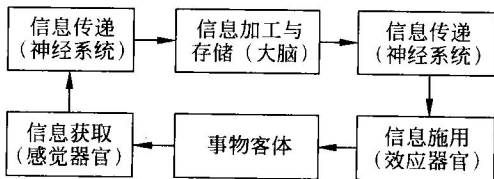


图 1-1 人工进行信息处理的过程

(1) 信息的特征

信息有许多重要特征。其最基本的特征如下。

信息来源于物质,又不是物质本身。信息从物质运动中产生,又能脱离源物质而寄生于媒体物质,相对独立地存在,是“事物运动的状态与状态变化方式”,但并不是物质本身。信

息还来源于精神世界。既然信息是事物运动的状态与状态变化方式,那么精神领域的事物运动(思维的过程)当然也可以成为信息的来源。同客观物体所产生的信息一样,精神领域的信息也有相对独立性,可以被记录、保存。

信息与能量息息相关。信息采集、传输、处理需要一定的能量支持,而控制和利用能量需要有信息引导。但二者有本质区别:信息是事物运动的状态与状态变化方式;能量体现事物做功的本领,提供的是动力。

信息是具体的,能被人、生物、机器等所感知、提取、识别,还可以传输、储存、变换、处理、显示、检索和利用。由于信息可脱离源物质而载荷于媒体物质,可以被无限制地复制、传播,因此信息能为众多用户所共享,从而有效地利用信息资源。

(2) 信息的性质

① 普遍性。信息是事物运动的状态和状态变化的方式,因此,只要有事物存在,只要事物在不断运动、变化,就会有它们运动的状态和状态变化的方式,也就存在信息,所以信息是普遍存在的,具有普遍性。

② 无限性。整个宇宙时空中信息是无限的,即使有限空间的信息也是无限的。一切事物的运动状态和方式都是信息,事物是无限多样的,事物发展、变化更是无限的,因而信息具有无限性。

③ 相对性。对于同一事物,不同观察者获得的信息量可能不同,具有相对性。

④ 传输性。信息可以在时间上、空间上从一点传输到另外一点。

⑤ 变换性。信息是可变换的,可以由不同载体用多种方法载荷。

⑥ 有序性。信息可以用来消除系统的不定性,增加有序性。获得了信息,就可以消除认识主体对于事物运动状态和状态变化方式的不定性。有序性决定了信息对人类具有特别重要的价值。

⑦ 动态性。信息随时间变化,具有动态性、时效性。信息是事物运动的状态和状态变化的方式,事物本身在发展变化,信息也随之变化。脱离了母体的信息效用会降低,甚至完全失去效用。所以人类在获得信息后不能就此满足,信息要发挥效用还需不断补充、更新。

⑧ 转化性。一定条件下,信息可转化为物质、能量,最主要的是信息必须被有效地利用。正确、有效地利用信息,能在同样条件下创造更多的财富和能量。

了解信息的上述主要性质,既有助于对信息概念的进一步理解,又便于更加有效地掌握和利用信息。

(3) 信息的功能

信息的基本功能在于维持和强化世界的有序性。可以说,缺少物质的世界是空虚的世界,缺少能量的世界是死寂的世界,缺少信息的世界是混乱的世界。信息的社会功能表现在维系社会生存,促进人类进步和自身的发展。信息的功能主要表现为:

信息是知识的来源。知识是人类长期实践的结晶,既是人类认识世界的结果,又是人类改造世界的方法。信息具有知识的秉性,可通过一定的归纳算法加工成知识。

信息是决策的依据。决策就是选择,要消除不确定性,需要大量准确、全面、及时的信息。

信息是控制的灵魂。控制是依据策略信息来干预、调节被控对象的运动状态和状态变化的方式,没有策略信息,控制系统则毫无用处。

信息是思维的材料。思维的材料只能是“事物的运动状态和状态变化的方式”，而不可能是事物本身。人的思维和智慧是信息过程的产物。

虽然人类社会在漫长的进化过程中一直没有离开信息，但只有到了信息时代的今天，人类对信息资源的认识、开发和利用才达到相当的水平。现代社会将信息、能源和材料作为支持社会发展的三大支柱，充分说明了信息在现代社会中的重要性。

(4) 信息的分类

信息是十分复杂的研究对象，由于目的和出发点不同，信息分类亦不同，比如：

从信息的地位出发，分主观信息和客观信息；

从信息的作用出发，分有用信息、无用信息和干扰信息；

从信息的性质出发，分语法信息、语义信息和语用信息；

从信息的逻辑意义出发，分真实信息、虚假信息和不定信息；

从信息的载体性质出发，分电子信息、光学信息和生物信息等；

从信息源的性质出发，分语音信息、图像信息、文字信息、数据信息等；

从信息应用部门出发，分工业信息、农业信息、军事信息、科技信息等。

由此，可以看出描述信息的原则：必须抓住“事物的运动状态”和“状态变化的方式”两个基本环节，只有这样才能更准确、更全面地描述信息。事物的运动状态和状态变化的方式描述清楚了，其信息也就清楚了。当然，信息还需进一步处理、存储、控制、显示等，信息处理系统基本结构如图 1-2 所示。还需指出的是，信息与数据密不可分，信息由记录于各种物理介质中的数据来表达，数据中所包含的意义就是信息。数据是信息的载体，但并不就是信息，只有理解数据的含义，才能得到数据中所包含的信息。数据处理包括分类、编码、排序、运算等，就是为了提取数据中包含的信息。

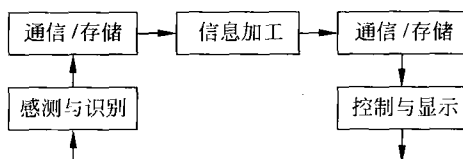


图 1-2 信息处理系统基本结构

2. 消息

消息是关于人或事物的状态，是信息的载体，以具体信号形式表现出来，其表达形式可以是语言、图像、文字、温度、数据等。如教师课堂讲授的具体内容即为信息，而所传授的内容是通过语言表达的，语言为信息的载体。不同形式的消息可包含相同的信息，如分别用语音、文字、图像发布的新闻，所含信息内容可以相同。如果收信者对传输来的消息或信号一无所知，这样的消息或信号对收信者而言包含信息就较多，反之则无信息可言。因此，有必要对消息或信号所载荷的信息量予以度量。假设某事件发生的概率为 P ，则信息量 I 为： $I = \log(1/P)$ 。若对数以 2 为底，则定义信息量的单位为比特(bit，简写 b)。

3. 信号

信号是随时间变化的物理量。因为消息不适合在信道中直接传输，需将非电形式的消

息转换成相应的电信号或光信号,并处理为适合在信道传输的信号。因此,传输信息是通过各种信号实现的,信号是传输信息的载体。通信系统中信号以电或光的形式处理、传输、存储。例如,通过语音信号刺激人的听觉器官能得到各种信息。再进一步,通过视频信号,尤其是动态视频信号,由人的视觉得到更生动、更真实的信息。电信号最常用的形式是电压或电流。根据信号幅度是否随时间连续变化,分为模拟信号和数字信号。相应地将通信系统分为模拟通信系统和数字通信系统,后面将详细介绍。

(1) 模拟信号

模拟信号指某电参量如幅度、频率、相位等在一定取值范围内连续变化的信号,如话筒产生的电压信号、摄像机产生的图像电流信号等。模拟信号通常是时间连续函数,也有时间离散函数的情况。无论时间上是否连续,模拟信号的取值一定是连续的,即在一定的取值范围内,可有无限多个取值。最简单的模拟信号如图 1-3(a)所示。模拟信号的结构比较复杂,易受外界干扰,所占用的带宽较窄。采用模拟信号进行通信的系统称模拟通信系统。

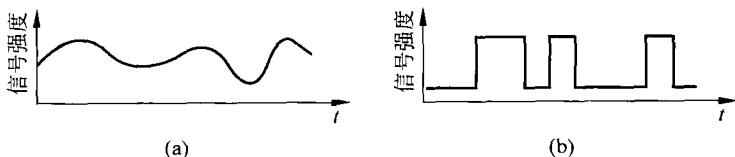


图 1-3 模拟信号和数字信号

(a) 模拟信号; (b) 数字信号

(2) 数字信号

数字信号是指某电参量在一定的取值范围内不随时间连续变化的信号,如图 1-3(b)所示。如电报信号、数据信号等。数字信号结构简单,抗干扰性强,易整形和再生,所占用的带宽较宽。采用数字信号进行通信的系统称数字通信系统。

4. 信息、消息、信号的关系

信息与消息。广义地说,信息就是消息,一切存在都有信息。信息与消息的区别是:信息是包含在消息中的抽象;消息是具体的,其中蕴含着信息。

信息与信号。信息要进行传输必须转换成适合信道传输的物理量,这种物理量就称为信号。二者的区别是:信号携带着消息,是消息的运载工具;信号是数据的电或光脉冲编码,分模拟信号和数字信号。

1.1.2 通信系统构成

1. 通信系统基本模型

通信系统指利用传输信道或网络将具有收、发信息功能的终端设备有机连接起来的系统,包括终端设备、交换设备、传输设备 3 部分,可实现单向/双向或单工/双工通信功能。为把用户非电形式的消息传输到远方,发送端通过终端设备将作为信源的消息转换成电信号,并将该信号加载到某种载体上,经信道传输到接收端,接收端的用户终端设备从所接收信号中还原出受信消息。上述通信系统模型如图 1-4 所示。

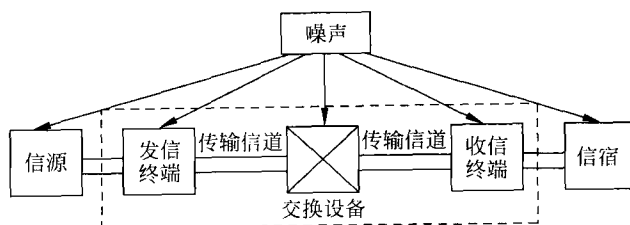


图 1-4 通信系统基本模型

(1) 终端设备。终端设备除完成消息和信号的相互转换外,还具有产生、识别、处理指令及信道适配等功能。不同的通信业务有不同的终端设备,如电话业务的电话机、传真业务的传真机、数据业务的数据终端机等。

(2) 交换设备。交换设备是通信网络的核心,其基本功能是汇集、转接、分配用户信号,实现用户间的选择性连接和自由通信。不同属性的通信业务要求不同的交换设备。实时性强的电话业务,要求能直接接续话路的电路交换设备;实时性要求不高的数据业务,则可采用分组交换设备,把数据信号分组、存储和交换,并以分组为单位,利用各信道的空闲“见缝插针”地传输。通常,安装交换设备的局、所称为交换节点或交换中心,各交换中心有不同层次或级别,大体分接入用户的端局和疏导局间业务的汇接局。

(3) 传输设备。传输设备是连接交换节点、提供传输信号通道的系统,通常由置于系统两端的传输终端设备、通信线路和间插于线路的中继器组成。中继器主要起补偿线路衰减、延长传输距离的作用。为提高传输网络的效率,现代通信采用各种复用技术,使传输系统不仅能在点-点间提供许多宽带信号通道,还能在线路中串入分出/插入复用设备,沿线上/下部分通道,扩大通信系统的服务范围或覆盖范围。

2. 通信系统性能度量

通信系统的质量指标包括:有效性,指信道一定时,系统能传输信息内容的多少;可靠性,指系统接收端恢复信息的准确程度。影响通信质量的因素有信道的特征及各种限制因素,表示信息本身的信号或编码方式及传输方式等。有效性和可靠性是通信系统相辅相成的两个体系,模拟通信系统与数字通信系统又有所不同。

模拟通信系统的有效性指在给定信道带宽内能容纳通信路数的多少,也可用传输单路信号的有效带宽衡量;可靠性指通信系统接收端的输出信噪比(SNR)。每路模拟信号需占用一定的信道带宽,可通过频率分割复用,以复用路数多少体现其有效性,或根据业务性质减少信号带宽。如语音信号的调幅单边带仅 4kHz,比调频信号带宽小数倍,这样就能充分利用传输信道能力,提高通信系统的有效性。

数字通信系统的有效性主要体现在信道通过的信息速率,可靠性则表现为传输产生的错误概率。基带数字信号可采用时分多路复用以充分利用信道带宽,码分多路、波分多路等也可以提高数字通信系统的有效性;另外,为利用有限的信道带宽支持信源信息量大的业务传输,根据信息理论可采用信源压缩编码,即消除源信息中冗余部分,如电视信号的有效信息仅 4%,采用无失真压缩编码,能达到 30 多倍压缩率。更进一步,根据不同应用要求,还可去掉一些次要信息,这种有损压缩编码可压缩百倍,较好地满足一般性需要。

为获得通信系统所需的有效性和可靠性,产生了信息处理技术。它是现代信息工程的核心,目的是提高系统对某方面要求或优化系统性能指标,常用手段有调制/解调、编码/解码。例如,为提高系统的有效性,可通过信源编码实现;为提高系统安全性,可通过加密实现;为提高系统可靠性,可通过信道编码实现。

1.1.3 通信系统分类

通信系统根据传输信号特征、传输介质、调制方式、通信方式等的不同,有多种分类方法。

(1) 按传输信号特征分类

根据传输、处理信号的幅度是否随时间连续变化,分为模拟通信系统和数字通信系统。

(2) 按传输介质分类

根据传输介质不同,分有线通信,如双绞线、双平行线、同轴电缆、微带、波导、多芯铜线、光缆等;无线通信,如移动通信、微波通信、卫星通信、雷达、声呐、遥控遥测、无线定位、无线接入等。本书第2章主要介绍有线通信中的电话通信、光纤通信;第3章介绍无线通信中的移动通信、微波通信、卫星通信。

(3) 按调制方式分类

根据信号送到信道前是否进行调制,通信系统分基带传输和频带传输。前者指信号未经调制而直接送到信道传输;后者指信号经过调制后再经信道传输,接收端需进行相应的解调。常用调制方式及用途如表1-1所示。

表 1-1 常用调制方式及用途

调制方式			用途举例
连续波调制	线性调制	常规双边带调制(AM)	广播
		单边带调制(SSB)	载波通信、短波无线电话通信
		双边带调制(DSB)	立体声广播
		残留边带调制(VSB)	电视广播、传真
	非线性调制	频率调制(FM)	微波中继、卫星通信、广播
		相位调制(PM)	中间调制方式
	数字调制	振幅键控(ASK)	数据传输
		频移键控(FSK)	数据传输
		相移键控,如 PSK、DPSK 等	数据传输
		其他数字调制,如 QAM、MSK 等	数字微波、空间通信
脉冲调制	脉冲模拟调制	脉幅调制(PAM)	中间调制方式、遥测
		脉宽调制(PDM)	中间调制方式
		脉位调制(PPM)	遥测、光纤传输
	脉冲数字调制	脉码调制(PCM)	市话中继线、卫星、空间通信
		增量调制(ΔM)	军用、民用数字电话
		差分脉码调制(DPCM)	电视电话、图像编码
		其他编码方式,如 ADPCM 等	中速数字电话

(4) 按通信方式分类

单工通信方式。此种方式的信息传输只能保持一个方向,而不能进行相反方向的传输,如图1-5(a)所示。其中一端只能作为发射端发送数据,另一端只能作为接收端接收数据,如

广播方式的传输。

半双工通信方式。此种方式的信息流可在两个方向传输,但同一时刻只限于一个方向传输,如图 1-5(b)所示。通信的两端都具有发送和接收功能,但传输线路只有一条,一端发送时另一端只能接收。它实际上是一种切换方向的单工通信。

全双工通信方式。此种方式能两个方向同时收、发信息,如图 1-5(c)所示。两端像分别用上行专用线和下行专用线连接一样,双方都能同时发送、接收信息,如电话通信。单工和半双工传输可采用一个信道支持信息的传输,全双工传输则需两个信道,或利用存储技术,在一个信道上支持宏观的全双工传输。

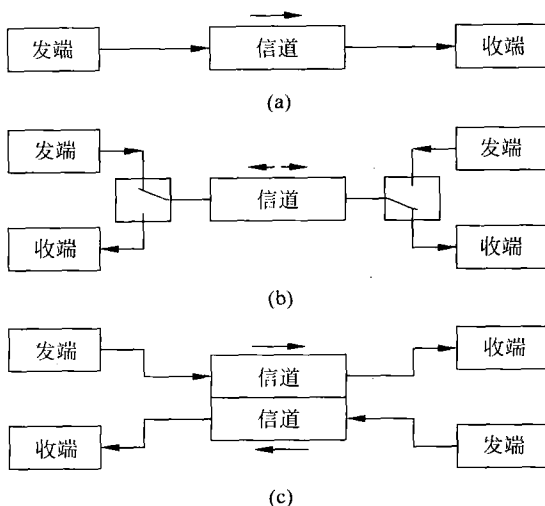


图 1-5 单工、半双工、全双工通信方式

(a) 单工通信; (b) 半双工通信; (c) 全双工通信

此外,信号按复用方式分为频分多路复用(FDMA)、时分多路复用(TDMA)、码分多路复用(CDMA)等。1.2 节将对此加以介绍。

(5) 关于通信网络

通信网是由一定数量的节点和连接节点的传输链路组成,以实现两个或多个节点间信息传输的通信体系。根据组成的不同,完整的通信网包括硬件和软件:终端设备、交换设备、传输网络等是构成通信网的物理实体,这些属于硬件;为使全网协调合理地工作,还要有信令方案、各种协议、网络结构、路由方案、编号方案、资费制度与质量标准等,这些均属于软件。

根据承载业务的不同,通信网络通常由业务网、传输网、支撑网和一些业务平台组成,如图 1-6 所示。业务网是指依靠网络自身可以向用户提供通信业务的网络,当前主要业务网有固定电话网/综合业务数字网、第二代移动电话网、数据网,特别是因特网(Internet)等;传输网是透明传输通信信号的网络,是以光纤传输网为主,无线、微波、卫星等为辅的立体交叉网络;此外,还需要若干用以保障业务网正常运行、增强网络功能、提高网络服务质量的支撑网,所传输的是相应监测和控制信号,包括同步网、公共信道信令网、信输监控网和网络管理网等;业务平台是指为提供电信增值业务而在原业务网上设置的附加平台,如智能网、各种语音平台等。

一般通信网的质量要求涉及 3 个方面:接通的任意性与快速性、信号传输的透明性与传输质量的一致性、网络的可靠性与经济合理性。

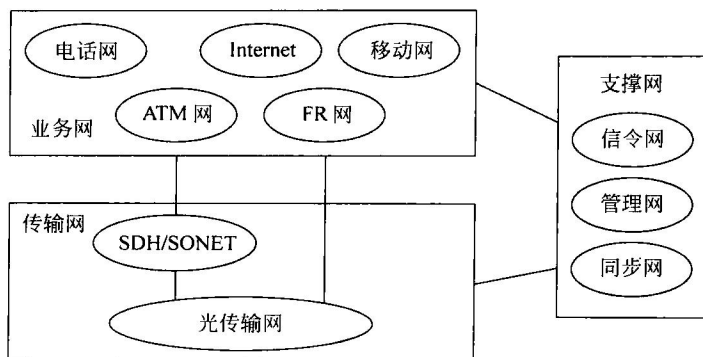


图 1-6 通信网构成示意图

通信网络有多种分类方法,根据业务种类、服务区域、传输介质、交换方式等的不同,有以下分类。

按电信业务种类分为电话网、电报网、数据通信网、传真通信网、图像通信网、有线电视网等;

按服务区域范围分为本地电信网、长途电信网、移动通信网、国际电信网等;

按传输介质不同分为架空明线网、电缆通信网、光缆通信网、卫星通信网、低轨道卫星移动通信网等;

按交换方式分为电路交换网、报文交换网、分组交换网、宽带交换网等;

按结构形式分为总线网、星形网、环形网、网状网等;

按信息信号形式分为模拟通信网、数字通信网、数字/模拟混合网等;

按信息传输方式分为同步传输模式(STM)的综合业务数字网(ISDN)和异步传输模式(ATM)的宽带综合业务数字网(B-ISDN)等。

通信网的发展趋势可概括为:通信技术数字化、通信业务综合化、网络互通融合化、通信网络宽带化、网络管理智能化和通信服务个人化,后面各章将结合具体通信技术介绍。图 1-7 所示为实际的通信网络。

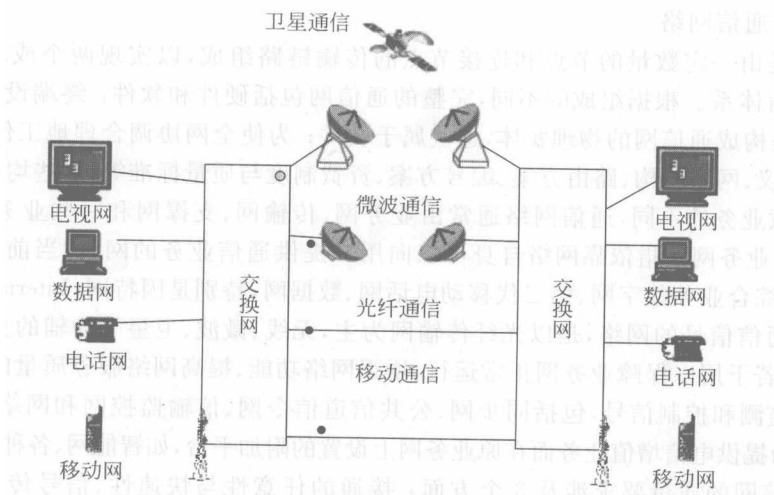


图 1-7 实际的通信网络

1.1.4 模拟通信系统

模拟通信系统中,信源消息经非电/电变换,形成的电信号称消息信号,如电话信号的频率为 $300\sim 3400\text{Hz}$ 、音乐为 $20\sim 20000\text{Hz}$,这种频谱分量较低的基带信号一般不宜直接传输。因此,模拟通信需进行两种变换:发送端,将原始电信号变换成频带适合信道传输的信号(即调制);接收端,将信道中传输的信号恢复为原始的电信号(即解调)。模拟通信系统模型如图 1-8 所示。

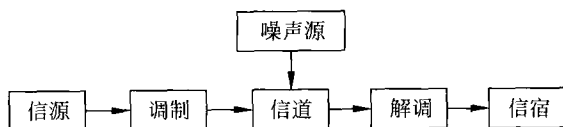


图 1-8 模拟通信系统模型

下面主要介绍模拟信号调制,由调制信号 $m(t)$ 分别以正比关系控制载波信号 $c(t) = A_0 \cos(\omega_c t + \varphi)$ 的幅度、频率、相位,实现调幅(AM)、调频(FM)、调相(PM)等不同的调制方式。

1. 调制的目的

调制是对信源信号进行处理使其变为适合于信道传输的过程;相反过程称解调。模拟信号的调制、解调过程如图 1-9 所示。对不同信道,根据经济、技术等因素采用相应的调制方式。具体而言,调制的主要目的如下。

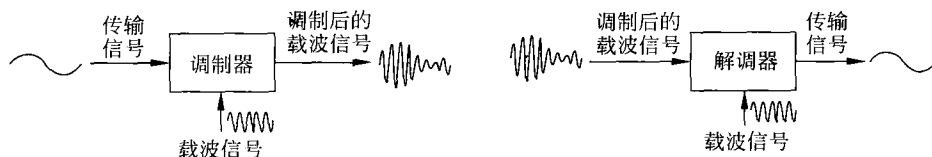


图 1-9 模拟信号调制、解调过程

(1) 频谱变换

为有效、可靠地传输信息,需将低频信号的基带频谱搬移到适当的或指定的频段。例如,人类语音信号频率为 $100\sim 9000\text{Hz}$ (男性)、 $150\sim 10000\text{Hz}$ (女性),这种信号从工程角度看,不可能通过天线进行无线传输。因为天线辐射效率取决于天线几何尺寸与工作波长之比,一般要求天线长度应在发射信号波长的 $1/10$ 以上,因此语音信号须通过调制,也就是将该信号搬移到 $m(t)$ 在工程上能实现传播的信道频谱范围内,才能传输。

(2) 提高抗干扰能力

调制能改善系统的抗噪声性能。通过调制增强了信号的抗干扰能力,例如,提高通信的可靠性必须以降低其有效性为代价,反之也一样。即通常所说的信噪比和带宽的互换,而这种互换是通过不同调制方式实现的。当信道噪声较严重时,为确保通信可靠性,可以选择某种合适的调制方式来增加信号频带宽度。这样,虽然传输信息的速率相同而所需的频带却