

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

通信系统概论

主 编 郭 瞻 刘文霞

副主编 谭 彬 郭鸿雁 卢德俊 卜爱琴



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

通信系统概论

主 编 郭 瞻 刘文霞

副主编 谭 彬 郭鸿雁 卢德俊 卜爱琴



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

通信系统概论/郭贍主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2010.8

ISBN 978-7-303-11058-2

I. ①通… II. ①郭… III. ①通信系统 IV. ①TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 099659 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn
北京新街口外大街 19 号
邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 184 mm × 260 mm
印 张: 17.25
字 数: 371 千字
版 次: 2010 年 8 月第 1 版
印 次: 2010 年 8 月第 1 次印刷
定 价: 27.00 元

策划编辑: 周光明 责任编辑: 周光明
美术编辑: 高 霞 装帧设计: 华鲁印联
责任校对: 李 菡 责任印制: 李 丽

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

前 言

自人类社会进入 21 世纪以来,以通信、计算机和信号处理为核心的现代信息技术得到了迅猛发展,影响着全球经济社会生活的各个方面。传统的通信模式已被现代通信系统所取代,各种通信新技术、新手段、新业务、新系统不断涌现,通信系统已成为现代信息基础设施的核心和信息网络最重要的组成部分。

本书将以往单独设置的“程控交换”、“微波通信”、“短波通信”、“卫星通信”、“移动通信”、“光纤通信”和“计算机通信”等课程合并为一门综合课程,即“通信系统概论”。从通信系统的应用和发展出发,围绕现代通信的关键技术和典型应用系统,全面系统地介绍了现代通信系统的基本组成、工作原理、关键技术和主要应用等内容。本书在相应章节中加入了一些通信基础知识,并尽量避免了公式推导及逻辑分析,力求既具有系统性、知识性、前瞻性,又具有较强的实用性。目的是使各类读者能在较短的时间内,全面系统地了解 and 掌握典型通信系统的系统结构、基本原理和实际应用。本书可作为高职高专通信工程、电子信息工程、计算机通信等专业的专业课教材,也可作为通信工程技术人员参考书。

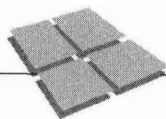
本书共有 8 章,第 1 章通信系统概论,介绍了系统的组成、分类、质量指标,以及通信系统的发展历史、现状和发展趋势。第 2 章程控交换系统,介绍了数字交换网络的结构和控制,分析了系统的组成、工作原理以及在综合业务数字网和智能网中的应用。第 3 章微波中继通信系统,介绍了微波的传输特性和 SDH 传输技术,讨论了系统组成和工作方式。第 4 章短波通信系统,讨论了短波传播特性、自适应通信技术和扩频通信技术,最后介绍了短波软件无线电和短波通信网。第 5 章卫星通信系统,简要地阐述了卫星通信、通信卫星以及卫星通信体制的基本内容,着重讨论了卫星通信的多址技术和卫星链路传输,并介绍了 VSAT 系统和常用的移动卫星通信系统。第 6 章移动通信系统,介绍了移动通信的基本概念、特点和发展状态,讨论了调制、编码、多址、分集接收等基本技术和电波传播特性,还介绍了 GSM、CDMA 系统和蓝牙技术,以及第三代、第四代移动通信系统的网络结构和关键技术。第 7 章光纤通信系统,主要论述光纤通信的特点、传输特性以及系统的关键部件,简要介绍了光纤通信系统的设计,SDH 光纤系统和密集波分复用系统的有关内容。第 8 章计算机网络通信系统,介绍了计算机网络体系结构及协议,同时介绍了网络互联技术和网络安全问题。

本书的第 1 章由郭瞻编写,第 2 章和第 4 章由郭鸿雁编写,第 3 章和第 8 章由谭彬编写,第 5 章和第 6 章由刘文霞编写,第 7 章由卜爱琴和卢德俊编写;全书由郭瞻负责统稿。此外,本书的编写参考了国内外众多的书籍及文献,仅将主要参考资料附书后,对参考文献的作者表示深深的谢意。由于作者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请各位读者批评指正。

编 者
2010 年 5 月

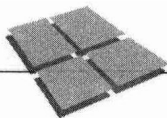
目 录

第 1 章 通信系统概论	1
1.1 绪论	1
1.2 通信系统的组成	1
1.2.1 通信系统模型	1
1.2.2 模拟通信系统和数字通信系统	3
1.3 通信系统的分类与通信方式	6
1.3.1 通信系统的分类	6
1.3.2 通信方式	9
1.4 通信系统的质量指标	10
1.4.1 模拟通信系统性能指标	10
1.4.2 数字通信系统性能指标	10
1.5 通信技术的发展	12
本章小结	14
习题与思考题	15
第 2 章 程控交换系统	16
2.1 电话交换概述	16
2.1.1 交换技术的发展	16
2.1.2 电话交换网的结构组成	17
2.1.3 程控交换机的功能	19
2.2 数字交换网络	21
2.2.1 数字交换网络的结构	21
2.2.2 数字交换网络的控制	23
2.3 程控交换机的硬件系统	24
2.3.1 程控交换机的硬件组成	24
2.3.2 程控交换机的外围接口	25
2.4 程控交换机的软件系统	29
2.4.1 软件系统的基本结构	29
2.4.2 呼叫处理软件	30
2.4.3 执行管理软件	33
2.4.4 运行维护软件	33
2.5 交换机的信令系统	34
2.5.1 信令的功能	35
2.5.2 信令的分类	35
2.5.3 信令方式	37
2.5.4 7 号信令系统	39
2.6 综合业务数字网	40
2.6.1 ISDN 的定义与特点	40
2.6.2 ISDN 的结构组成	41
2.6.3 ISDN 的终端设备	43
2.7 智能网	45
2.7.1 智能网的体系结构	45
2.7.2 智能网的主要业务	46
本章小结	47
习题与思考题	48
第 3 章 微波中继通信系统	49
3.1 微波通信概述	49
3.1.1 微波的定义	49
3.1.2 微波通信的分类	50
3.2 微波传播	50



3.2.1 视距传播的定义	50	4.3.3 短波自适应通信关键技术	71
3.2.2 视距传播的分类及特点	52	4.3.4 短波自适应通信系统	74
3.3 微波 SDH 传输技术	52	4.4 短波扩频通信技术	76
3.3.1 SDH 传输技术的特点	53	4.4.1 扩频通信概述	76
3.3.2 SDH 的帧结构和复用原理	54	4.4.2 短波扩频通信关键技术	78
3.3.3 SDH 的网络分层	54	4.4.3 短波扩频通信的应用与发展	80
3.4 微波中继通信系统	56	4.5 短波软件无线电	81
3.4.1 微波中继通信系统的组成	56	4.5.1 软件无线电的特点	81
3.4.2 数字微波通信的传输设备	57	4.5.2 软件无线电系统的基本结构	81
3.4.3 数字微波中间站的转接方式	58	4.5.3 软件无线电关键技术	82
3.5 数字微波通信技术的应用以及发展趋势	61	4.6 短波通信网	84
本章小结	62	4.6.1 短波自适应通信网	84
习题与思考题	63	4.6.2 短波跳频通信网	85
第 4 章 短波通信系统	64	本章小结	85
4.1 概述	64	习题与思考题	86
4.1.1 短波通信的概念	64	第 5 章 卫星通信系统	87
4.1.2 短波通信的特点	65	5.1 引言	87
4.1.3 短波通信的发展趋势	65	5.1.1 卫星通信的基本概念	87
4.2 短波传播特性	66	5.1.2 卫星通信的电波传播特点	88
4.2.1 地波传播特性	66	5.1.3 卫星通信系统的发展趋势	88
4.2.2 短波在电离层中的传播特性	67	5.2 卫星通信系统概述	89
4.2.3 短波通信中的噪声与干扰	68	5.2.1 卫星通信系统的组成	89
4.3 短波自适应通信技术	69	5.2.2 卫星通信系统的特点	90
4.3.1 短波自适应通信概述	69	5.2.3 卫星通信系统的应用	91
4.3.2 短波频率自适应的分类	70	5.3 链路传输工程	92

5.3.1 卫星通信传输线路 性能参数	92	6.2.2 移动通信系统的基本 网络结构	119
5.3.2 卫星通信传输线路	93	6.3 移动通信系统的电波传播	120
5.3.3 链路传播特性	93	6.3.1 移动通信的衰落特性	121
5.4 多址技术	95	6.3.2 自由空间的传播衰减	122
5.4.1 多址方式的信道分配 技术	95	6.3.3 地形地物的分类	123
5.4.2 常用的多址技术	95	6.3.4 电波传播路径损耗的 估算	124
5.4.3 多址技术对比	98	6.4 移动通信系统的基本技术	129
5.5 通信卫星与地面站	99	6.4.1 数字调制技术	129
5.5.1 通信卫星	99	6.4.2 编码技术	132
5.5.2 地面站	102	6.4.3 多址技术	133
5.6 甚小天线地面站 (VSAT) 系统	106	6.4.4 分集接收技术	135
5.6.1 VSAT 系统的概念	106	6.4.5 用户占用信道的方式	137
5.6.2 VSAT 系统的网络结构	106	6.5 GSM 系统	141
5.7 卫星移动通信系统	108	6.5.1 GSM 系统组成	141
5.7.1 卫星移动通信系统的 组成	109	6.5.2 多址方式和频率配置	146
5.7.2 同步轨道卫星移动通信 系统	110	6.5.3 信道	147
5.7.3 非静止轨道卫星移动通信 系统	110	6.5.4 移动性管理	147
5.7.4 典型的卫星移动通信系统	111	6.5.5 GPRS 技术	150
本章小结	113	6.6 CDMA 系统	154
习题与思考题	114	6.6.1 CDMA 概述	154
第 6 章 移动通信系统	115	6.6.2 CDMA 系统组成	157
6.1 概述	115	6.6.3 CDMA 系统的信道	158
6.1.1 移动通信的概念	115	6.6.4 CDMA 系统的关键技术	159
6.1.2 移动通信的特点	115	6.7 第三代移动通信系统	162
6.1.3 移动通信的发展	117	6.7.1 3G 概述	162
6.2 移动通信系统的基本结构	118	6.7.2 3G 的技术标准	165
6.2.1 移动通信系统的组成	118	6.7.3 3G 的主要技术	167
		6.8 第四代移动通信系统	171



6.8.1 4G 的主要优势	171	7.6 光纤通信系统的设计	212
6.8.2 4G 存在的缺陷	173	7.6.1 中继距离的设计	212
6.8.3 4G 的发展展望	174	7.6.2 系统部件的选择	213
6.9 蓝牙技术	175	7.7 SDH 光纤传输系统	214
6.9.1 概述	175	7.7.1 PDH 的固有缺点	214
6.9.2 蓝牙网络	179	7.7.2 SDH 的特点	216
6.9.3 蓝牙系统应用	184	7.7.3 SDH 的速率等级	216
6.9.4 未来发展趋势	184	7.7.4 SDH 的帧结构	217
本章小结	185	7.7.5 SDH 的复用结构	218
习题与思考题	187	7.7.6 SDH 系统的关键设备	220
第 7 章 光纤通信系统	188	7.8 SDH 光纤系统的组网、保护	222
7.1 引言	188	与恢复	222
7.1.1 光纤通信的特点	188	7.8.1 SDH 系统的组网方式	222
7.1.2 光纤通信系统的基本	189	组成	222
7.1.3 光纤通信系统的分类	190	7.8.2 SDH 系统的保护与恢复	223
7.1.4 光纤通信的发展简介	191	7.8.3 我国 SDH 系统的网络	225
7.2 光纤与光缆的结构	192	结构	225
7.2.1 光纤的结构与分类	192	7.9 密集波分复用系统 (DWDM)	227
7.2.2 光缆的结构和种类	193	7.9.1 DWDM 的概念	227
7.3 光纤的传输特性	196	7.9.2 DWDM 的特点	228
7.3.1 光纤的损耗特性	196	7.9.3 DWDM 系统的工作原理	229
7.3.2 光纤的色散特性	197	7.9.4 DWDM 系统的传输方式	230
7.4 光源和无源光器件	198	7.9.5 DWDM 系统的应用形式	231
7.4.1 光源	198	本章小结	232
7.4.2 光电检测器	201	习题与思考题	233
7.4.3 无源光器件	204	第 8 章 计算机网络通信系统	235
7.5 光发送机和光接收机	206	8.1 计算机网络通信系统概述	235
7.5.1 光发送机	206	8.1.1 计算机通信与数据通信	235
7.5.2 光接收机	208		
7.5.3 光中继器和光放大器	210		

8.1.2 计算机网络	236	8.3 网络互联	253
8.2 计算机网络体系结构及协议	240	8.3.1 网络互联概述	253
8.2.1 网络体系结构及协议的定义	240	8.3.2 网络互联解决方案	255
8.2.2 开放系统互联参考模型	242	8.4 网络安全	259
8.2.3 TCP/IP 的分层模型 ...	245	8.4.1 网络常见的攻击类型	259
8.2.4 IP 协议	247	8.4.2 数据加密技术	259
8.2.5 用户数据报协议 UDP	249	8.4.3 防火墙技术	261
8.2.6 可靠的数据流传输 TCP	250	8.4.4 网络入侵检测技术	262
		本章小结	263
		习题与思考题	263
		参考文献	265

第 1 章 通信系统概论

【本章要点】

1. 掌握通信的概念及通信系统的组成模型。
2. 掌握数字通信的概念，理解数字通信的优点。
3. 了解通信系统的分类，掌握通信方式。
4. 掌握数字通信系统的主要性能指标。
5. 了解通信技术的发展历史。

1.1 绪论

通信 (Communication) 就是消息的传递，是指将含有信息的信息有效而可靠地由一地传输到另一地的过程。古代的消息树、烽火台和驿马传令，以及现代社会的文字、书信、电报、电话、广播、电视、遥控、遥测等，这些都是信息传递的方式或信息交流的手段。人们可以用语言、文字、数据或图像等不同的形式来表达信息。但是这些语言、文字、数据或图像本身不是信息而是消息，信息是消息中所包含的人们原来不知而待知的内容。因此，通信的根本目的在于传输含有信息的信息，否则，就失去了通信的意义。

在各种各样的通信方式中，利用电磁波或光波来传递各种信息的通信方法就是通常所说的电信 (Telecommunication)。由于电通信迅速、准确、可靠，而且不受时间、地点、距离的限制，因而近百年来得到了迅速的发展和广泛的应用。当今，在自然科学领域涉及“通信”这一术语时，一般均是指“电通信”。

随着通信技术、计算机技术和控制技术的不断发展与相互融合，极大地扩展了通信的方式，目前已经有移动通信、卫星通信、光纤通信、微波通信、短波通信、计算机通信等通信系统。通信已经渗入到社会生产和生活的各个领域，人们可以随时随地通过各种通信手段获取和交换各种各样的信息。通信已经成为现代文明的标志之一，对人们日常生活和社会生活的影响越来越大。

1.2 通信系统的组成

1.2.1 通信系统模型

尽管通信系统种类繁多、形式各异，但其实质都是从一地向另一地传递和交换信息。因此，可以把通信系统概括为一个统一的模型，如图 1-1 所示。

实现信息传递所需的一切技术设备和传输媒质的总和称为通信系统。从图 1-1 中看到，通信系统包括信源、发送设备、信道、噪声源、接收设备和信宿六个部分。

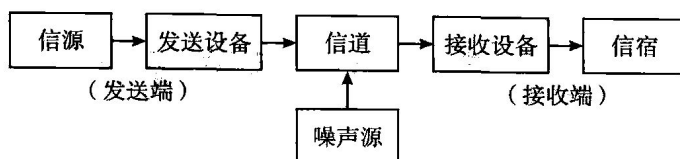
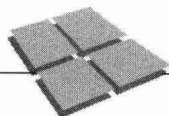


图 1-1 通信系统模型

1. 信源

信源（信息源）的作用是把待传输的消息转换成原始电信号，称为基带信号。所谓基带信号是指没有经过调制的原始电信号，其特点是信号频谱从零频附近开始，具有低通形式。根据原始电信号的特征，基带信号可分为数字基带信号和模拟基带信号，相应地，信源也分为数字信源和模拟信源。电话机、电视摄像机和电传机、计算机等各种数字终端设备就是信源。电话机和电视摄像机属于模拟信源，输出的是模拟信号；电传机和计算机是数字信源，输出离散的数字信号。

2. 发送设备

发送设备的基本功能是将信源和信道匹配起来，即将信源产生的原始电信号（基带信号）变换成适合在信道中传输的信号。变换方式是多种多样的，在需要频谱搬移的场合，调制是最常见的变换方式；比如信道为无线信道时，由于电话信号的频率为 300~3400 Hz，很难通过天线辐射出去，必须在发送设备中通过调制和变频的方法，将电话信号搬移到适合天线辐射的较高射频频段进行发射，从而完成电话信号与信道的匹配。

3. 信道

信道是指信号传输的通道，其特性决定了发送设备应采用的信号变换方式。从物理特性来分类，信道可分为有线和无线两大类。在有线信道中，信道可以是双绞线、同轴电缆或光纤。而无线信道可利用的频段从中波、长波到激光，有较宽的频段。因在不同的频段，传播特性各异，或应用环境的要求不同，需利用不同性能的设备和配置方法与之相适应，从而构成不同的通信系统。本书所讨论的短波、微波中继、卫星和移动通信系统均是信道为无线的通信系统。

4. 噪声源

通信系统中，信号一般要经过长距离传输，传输过程中的损耗将使进入接收设备的信号十分微弱，极易受到噪声的干扰。噪声源不是人为加入的设备，而是信道中的所有噪声以及分散在通信系统中其他各处噪声的集合。噪声的来源是多样的，它可分为内部噪声和外部噪声，而且外部噪声往往是从信道引入的，因此，为了分析方便，把噪声源视为各处噪声的集中表现而抽象加入到信道。

5. 接收设备

接收设备的功能有两个方面。

(1) 对接收信号进行与发送设备相反的变换处理，即进行解调、译码、解码等，以便恢复发送端信息源送出的信号。

(2) 从带有干扰的接收信号中正确恢复出相应的原始基带信号来，对于多路复用信号，还包括解除多路复用，实现正确分路。

6. 信宿

信宿也称受信者,是传输信息的归宿点,其作用是将复原的原始电信号转换成相应的消息,如电话机将对方传来的电信号还原成了声音。

图 1-1 给出的是通信系统的一般模型,按照信道中所传信号的形式不同,可进一步具体化为模拟通信系统和数字通信系统。

1.2.2 模拟通信系统和数字通信系统

信源发出的消息虽然有多种形式,但可分为两大类:一类称为连续消息;另一类称为离散消息。连续消息是指消息的状态连续变化或是不可数的,如语音、活动图片等。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。

消息的传递是通过它的物质载体——电信号来实现的,即把消息寄托在电信号的某一参量上(如连续波的幅度、频率或相位;脉冲波的幅度、宽度或位置)。按信号参量的取值方式不同可把信号分为两类,即模拟信号和数字信号。

凡信号参量的取值是连续的或取无穷多个值的,且直接与消息相对应的信号,均称为模拟信号,如电话机送出的语音信号、电视摄像机输出的图像信号等。模拟信号有时也称连续信号,这个连续是指信号的某一参量可以连续变化,或者说在某一取值范围内可以取无穷多个值,而不一定在时间上也连续,如图 1-2 (b) 所示的抽样信号。

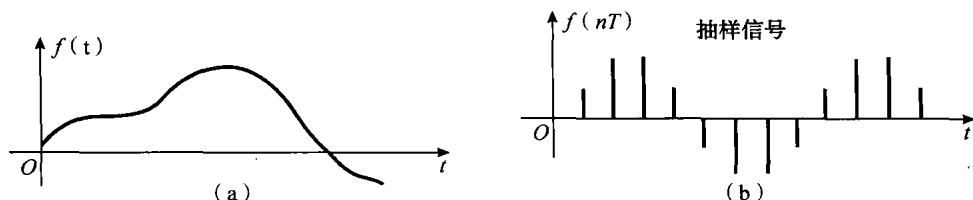


图 1-2 模拟信号波形

(a) 连续信号; (b) 抽样信号

凡信号参量只能取有限个值,并且常常不直接与消息相对应的信号,均称为数字信号,如电报信号、计算机输入/输出信号、PCM 信号等。数字信号有时也称离散信号,这个离散是指信号的某一参量是离散变化的,而不一定在时间上也离散,如图 1-3 (b) 所示的 2PSK 信号。

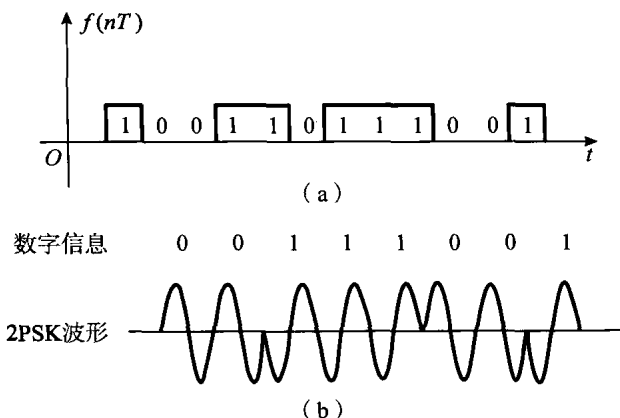
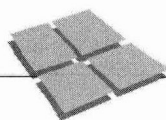


图 1-3 数字信号波形

(a) 二进制波形; (b) 2PSK 波形



因此,按照信道中传输的是模拟信号还是数字信号,可相应地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模拟信号来传递信息的通信系统。我们知道,信源发出的原始电信号是基带信号,基带的含义是指信号的频谱从零频附近开始,如语音信号为 $300\sim 3400\text{ Hz}$,图像信号为 $0\sim 6\text{ MHz}$ 。由于这种信号具有频率很低的频谱分量,一般不宜直接传输,这就需把基带信号变换成其频带适合在信道中传输的信号,并可在接收端进行反变换。完成这种变换和反变换作用的通常是调制器和解调器。经过调制以后的信号称为已调信号。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,因而已调信号又称频带信号。

需要指出,消息从发送端到接收端的传递过程中,不仅仅只有连续消息与基带信号和基带信号与频带信号之间的两种变换,实际通信系统中可能还有滤波、放大、天线辐射、控制等过程。由于调制与解调两种变换对信号的变化起决定性作用,而其他过程对信号不会发生质的变化,只是对信号进行了放大或改善了信号特性,因而被认为是理想的而不予讨论。

模拟通信系统模型可由图 1-1 略加演变而成,如图 1-4 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。

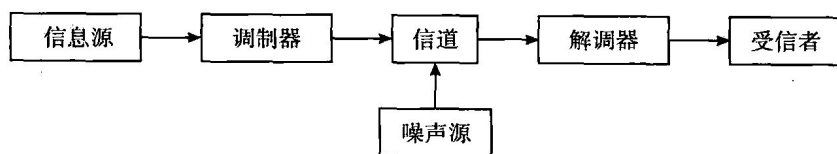


图 1-4 模拟通信系统模型

在模拟通信中,通过信道的信号频谱通常比较窄,因此信道的利用率较高。它的缺点是:

- (1) 传输的信号是连续的,混入噪声后不易清除,抗干扰能力差。
- (2) 不易进行保密通信。
- (3) 设备不易大规模集成。
- (4) 不能适应数据通信的要求。

2. 数字通信系统模型

数字通信系统是利用数字信号来传递信息的通信系统,如图 1-5 所示。

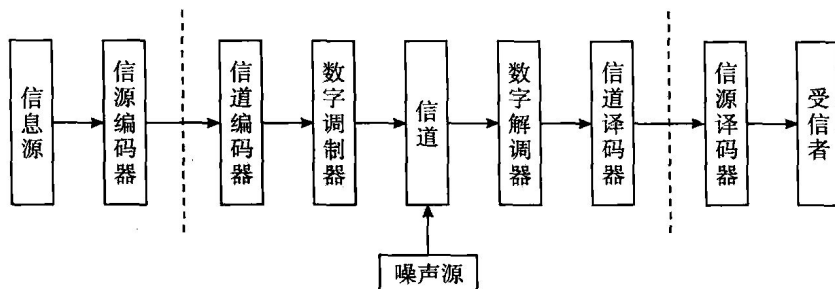


图 1-5 数字通信系统模型

图 1-5 与图 1-1 的区别是增加了信源编码、信源译码、信道编码及信道译码,并且调制器和解调器都是采用数字调制和解调技术。

信源编码的作用是降低信息的多余度,目的是减少码元数目,提高码元速率,即通常所说的数据压缩。多余度就是信息码流经过信源编码后,减少不必要的码元,并在信源译码时,仍能恢复和辨认。另一方面,当信息源给出的是模拟语音信号时,信源编码器将其转换成数字信号,以实现模拟信号的数字化传输。

信道编码又称为差错控制编码,作用是在信源编码输出的码流中,人为地按一定规则加入多余码元,组成所谓“抗干扰编码”。接收端的信道译码器按一定规则进行解码,从解码过程中发现错码或者纠正错码,从而提高通信系统抗干扰能力,实现可靠通信。

对于一个具体的数字通信系统,信道编译码视需要而用,并不是所有数字通信系统都必须设置。当然,有些通信系统需要附加保密,这时,在系统的发送端和接收端,应分别加设加密器和解密器装置。此外,在任何数字通信系统中,同步系统是必不可少,同步是保证数字通信系统有序、准确、可靠工作不可缺少的前提条件。同步是使收、发两端的信号在时间上保持步调一致。

需要说明的是,图 1-5 是数字通信系统的一般化模型,实际的数字通信系统不一定包括图中的所有环节。如在某些有线信道中,若传输距离不太远且通信容量不太大时,数字基带信号无须调制,可以直接传送,称之为数字信号的基带传输,其模型中就不包括调制与解调环节。应该指出的是,模拟信号经过数字编码后可以在数字通信系统中传输,数字电话系统就是以数字方式传输模拟语音信号的例子。当然,数字信号也可以在模拟通信系统中传输,如计算机数据可以通过模拟电话线路传输,但这时必须使用调制解调器(MODEM)将数字基带信号进行正弦调制,以适应模拟信道的传输特性。可见,模拟通信与数字通信的区别仅在于信道中传输的信号种类。

目前,无论是模拟通信还是数字通信,在不同的通信业务中都得到了广泛的应用。但是,数字通信的发展速度已明显超过模拟通信,成为当代通信技术的主流。与模拟通信相比,数字通信更能适应现代社会对通信技术越来越高的要求,其主要特点有:

(1) 抗干扰能力强。以二进制为例,信号的取值只有两个,这样接收端只需判别两种状态。信号在传输过程中受到噪声的干扰,必然会发生波形畸变,接收端对其进行抽样判决,以辨别是两个状态中的哪一个。只要噪声的大小不足以影响判决的正确,就能正确接收。而模拟通信系统中传输的是连续变化的模拟信号,它要求接收机能够高度保真地重现信号波形,如果模拟信号叠加上噪声后,即使噪声很小,也很难消除它。此外,在远距离传输,如微波中继通信时,各中继站可利用数字通信特有的判决再生接收方式,对数字信号波形进行整形再生而消除噪声积累。

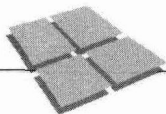
(2) 差错可控。可以采用信道编码技术使误码率降低,提高传输的可靠性。

(3) 易于与各种数字终端接口。用现代计算技术对信号进行处理、加工、变换、存储,从而形成智能网。

(4) 易于集成化。从而使通信设备微型化。

(5) 易于加密处理。且保密强度高。

但是,数字通信的许多优点都是用比模拟通信占据更宽的系统频带为代价而换取



的。以电话为例,一路模拟电话通常只占据 4kHz 带宽,但一路接近同样话音质量的数字电话可能要占据 20~60kHz 的带宽,因此数字通信的频带利用率不高。另外,由于数字通信对同步要求高,因而系统设备比较复杂。不过,随着新的宽带传输信道(如光纤)的采用、窄带调制技术和超大规模集成电路的发展,数字通信的这些缺点已经弱化。随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展和广泛应用,数字通信在今后的通信方式中必将逐步取代模拟通信而占主导地位。

1.3 通信系统的分类与通信方式

1.3.1 通信系统的分类

通信的目的是传递消息,按照不同的分法,通信可分成许多类别,下面我们介绍几种较常用的分类方法。

1. 按通信业务分类

按通信业务分,通信系统有话务通信和非话务通信。电话业务在电信领域中一直占主导地位,它属于人与人之间的通信。近年来,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、图像通信等。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. 按调制方式分类

根据是否采用调制,可将通信系统分为基带传输和频带(调制)传输。基带传输是将未经调制的信号直接传送,如音频市内电话。频带传输是对各种信号调制后传输的总称。

在通信系统中,调制的目的主要有以下几个方面:

(1) 便于信息的传输。调制过程可以将信号频谱搬移到任何需要的频率范围,便于与信道传输特性相匹配。如无线传输时,必须要将信号调制到相应的射频上才能够进行无线电通信。

(2) 改变信号占据的带宽。调制后的信号频谱通常被搬移到某个载频附近的频带内,其有效带宽相对于载频而言是一个窄带信号,在此频带内引入的噪声就减小了,从而可以提高系统的抗干扰性。

(3) 改善系统的性能。由信息论可知,通过增加带宽的方式可以换取接收信噪比的提高,从而可以提高通信系统的可靠性,各种调制方式正是为了达到这些目的而发展起来的。

调制方式很多,表 1-1 列出了一些常用的调制方式。在实际系统中,有时采用不同调制方式进行多级调制。如在调频立体声广播中,话音信号首先采用 DSB-SC (Double Side Band with Suppressed Carrier) 进行副载波调制,然后再进行调频,这就是采用多级调制的方法。

表 1-1 常用的调制方式及用途

调制方式			用途
连续波调制	线性调制	常规双边带调幅 AM	中波广播、短波广播
		抑制载波双边带调幅 DSB-SC	调频立体声广播
		单边带调幅 SSB	载波通信、无线电台
		残留边带调幅 VSB	电视广播、数传、传真
	非线性调制	频率调制 FM	调频广播、卫星通信
		相位调制 PM	中间调制方式
	数字调制	幅度键控 ASK	数据传输
		频率键控 FSK	数据传输
		相位键控 PSK、DPSK、QPSK 等	数字微波、空间通信、移动通信、卫星导航
		其他数字调制 QAM、MSK、GM-SK 等	数字微波中继、空间通信、移动通信系统
脉冲调制	脉冲模拟调制	脉幅调制 PAM	中间调制方式、数字用户线路码
		脉宽调制 PDM (PWM)	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	话音编码、程控数字交换、卫星、空间通信
		增量调制 Δ M、CVSD 等	军用、民用话音编码
		差分脉码调制 DPCM	话音、图像编码
		其他语音编码方式 ADPCM	中低速率语音压缩编码

3. 按信号特征分类

按照信道中所传输的信号是模拟信号还是数字信号，可以相应地把通信系统分成两类，即模拟通信系统和数字通信系统。数字通信系统在最近几十年获得了快速发展，数字通信系统也是目前商用通信系统的主流。

4. 按传输媒质分类

按传输媒质分，通信系统可分为有线通信系统和无线通信系统两大类。有线通信是用导线（如双绞线、同轴电缆、光导纤维、波导等）作为传输媒质完成通信的，如市内电话、有线电视、海底电缆通信等。无线通信是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、微波视距传播、卫星中继等。

5. 按工作波段分类

按通信设备的工作频率或波长的不同，分为长波通信、中波通信、短波通信、微波通信等。表 1-2 列出了通信使用的频段、常用的传输媒质及主要用途。

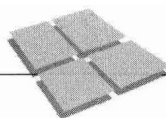


表 1-2 频段划分及其主要用途

频率范围	波长	符号	传输媒介	用 途
3 Hz~3kHz	$10^8 \sim 10^5$ m	极低频 ELF	有线线对 长波无线电	音频电话、数据终端、远程导航、水下通信、对潜通信
3kHz~30kHz	$10^5 \sim 10^4$ m	甚低频 VLF	有线线对 长波无线电	远程导航、水下通信、声呐
30kHz~300kHz	$10^4 \sim 10^3$ m	低频 LF	有线线对 长波无线电	导航、信标、电力线通信
300kHz~3 MHz	$10^3 \sim 10^2$ m	中频 MF	同轴电缆 短波无线电	调幅广播、移动陆地通信、业余无线电
3 MHz~30 MHz	100~10 m	高频 HF	同轴电缆 短波无线电	移动无线电话、短波广播定点军用通信、业余无线电
30 MHz~300 MHz	10~1 m	甚高频 VHF	同轴电缆 米波无线电	电视、调频广播、空中管制、车辆、通信、导航、寻呼
300 MHz~3 GHz	100~10 cm	特高频 UHF	波导 分米波无线电	微波接力、卫星和空间通信、雷达、移动通信、卫星导航
3 GHz~30 GHz	10~1 cm	超高频 SHF	波导 厘米波无线电	微波接力、卫星和空间通信、雷达
30 GHz~300 GHz	10~1 mm	极高频 EHF	波导 毫米波无线电	雷达、微波接力
10^5 GHz~ 10^7 GHz	$3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-6}$ cm	可见光 红外光 紫外光	光纤 空间传播	光纤通信 无线光通信

工作波长与频率的换算公式为：

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{f} \quad (1-1)$$

式中 λ 为工作波长 (m)， f 为工作频率 (Hz)， c 为光速 (m/s)。

6. 按信号复用方式分类

传输多路信号有三种复用方式，即频分复用、时分复用和码分复用。频分复用是用频谱搬移的方法使不同信号占据不同的频率范围；时分复用是用脉冲调制的方法使不同信号占据不同的时间区间；码分复用是用正交的脉冲序列分别携带不同信号。传统的模拟通信中都采用频分复用，随着数字通信的发展，时分复用通信系统的应用愈来愈广泛，码分复用主要用于空间通信的扩频通信中。