

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

数字通信技术

主 编 卜爱琴

副主编 徐运武 郭 瞻 赵 琳



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

数字通信技术

主 编 卜爱琴

副主编 徐运武 郭 瞻 赵 琳

参 编 徐 亮 张金生 党华丽 卢德俊



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

数字通信技术 / 卜爱琴主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2010.9

ISBN 978-7-303-11339-2

I. ①数… II. ①卜… III. ①数字通信—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TN914.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 144324 号

营 销 中 心 电 话	010-58802181 58808006
北师大出版社高等教育分社网	http://gaojiao.bnup.com.cn
电 子 信 箱	beishida168@126.com

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: 14.25

字 数: 293 千字

版 次: 2010 年 9 月第 1 版

印 次: 2010 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 23.00 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: 张 坤

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

本书系统地介绍了数字通信的相关技术及其在现代通信系统中的应用,同时基于知识的连贯性,也编入了信号与信道的相关知识以及模拟通信技术的一些基本内容,并且增加了实训内容,以满足通信类高职高专实践教学的基本需求。全书共分9章:

第1章主要介绍数字通信的概念、特点;通信系统的基本组成和主要的性能指标。

第2章主要介绍信号的频谱;信道的基本概念和特性;信道的噪声和信道容量。

第3章主要介绍模拟调制技术;频分复用技术等相关知识。

第4章主要介绍脉冲编码调制;压缩编码技术;时分复用和数字复接技术。

第5章主要介绍数字基带信号的特性;基带传输的常用码型;无码间串扰的基带传输特性和眼图。

第6章主要介绍二进制;多进制数字调制;二进制数字调制信号的频谱和带宽;数字频带传输系统的应用。

第7章主要介绍差错控制编码的基本原理,包括线性分组码,循环码和卷积码。

第8章主要介绍同步技术,包括载波同步;位同步;群同步和网同步技术。

第9章为实训内容,包括PCM编译码;AMI/HDB3码型变换;基带传输系统等。

本书在编写过程中,力求深入浅出,通俗易懂,避免烦琐的数学推导,突出物理概念,具有较强的针对性和实用性。本书既可作为通信技术专业以及相关专业高职高专学生的教材,也可作为通信工程技术人员的参考书。

本书由天津铁道职业技术学院卜爱琴任主编,并编写了第3章、第4章;天津职业大学徐亮编写第1章;天津铁道职业技术学院卢德俊编写第2章;广东松山职业技术学院徐运武编写第5章;天津天狮学院赵琳编写第6章;景德镇高等专科学校郭瞻编写第7章;天津铁道职业技术学院张金生和党华丽编写了第8章和第9章。全书由卜爱琴统稿。

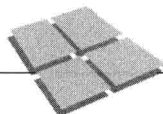
由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010年5月

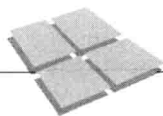
目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 通信的概念	(1)
1.1.1 信号与通信	(1)
1.1.2 信号分类	(1)
1.2 通信系统的组成	(2)
1.2.1 通信系统的一般模型	(2)
1.2.2 模拟通信系统和数字通信系统	(3)
1.2.3 数字通信系统的主要特点	(4)
1.3 通信系统的分类与通信方式	(5)
1.3.1 通信系统的分类	(5)
1.3.2 通信方式	(6)
1.4 信息及其度量	(8)
1.5 通信系统主要指标	(9)
1.5.1 有效性指标	(10)
1.5.2 可靠性指标	(11)
第 2 章 信号与信道	(13)
2.1 信号分析	(13)
2.1.1 基本信号的时域描述	(13)
2.1.2 信号的频域描述	(15)
2.2 信道的定义与分类	(20)
2.2.1 信道的定义	(20)
2.2.2 信道的分类	(20)
2.3 信道的模型	(22)
2.3.1 调制信道模型	(22)
2.3.2 编码信道模型	(23)
2.4 信道特性对信号传输的影响	(24)
2.4.1 恒参信道对信号传输的影响	(24)
2.4.2 变参信道	(27)
2.5 信道中的噪声	(27)
2.5.1 噪声的分类	(28)
2.5.2 通信中常见的几种噪声	(28)



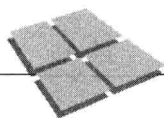
2.6	信道容量	(29)
第3章	模拟调制技术	(33)
3.1	概述	(33)
3.1.1	调制的概念	(33)
3.1.2	调制的功能	(33)
3.1.3	调制的分类	(34)
3.2	幅度调制(线性调制)	(34)
3.2.1	常规双边带调幅(AM)	(35)
3.2.2	双边带调制 DSB	(36)
3.2.3	单边带调制 SSB	(38)
3.2.4	残留边带调制 VSB	(40)
3.2.5	线性调制信号的解调	(41)
3.2.6	线性调制系统的抗噪声性能	(43)
3.3	角度调制(非线性调制)	(47)
3.3.1	角度调制的基本概念	(47)
3.3.2	调频信号的频谱分析	(49)
3.3.3	非相干解调	(52)
3.4	各种模拟调制系统的比较	(54)
3.5	频分复用技术	(56)
第4章	模拟信号的数字传输	(61)
4.1	脉冲编码调制	(61)
4.2	抽样	(62)
4.2.1	抽样定理	(63)
4.2.2	脉冲幅度调制	(65)
4.3	抽样信号的量化	(68)
4.3.1	量化的概念	(68)
4.3.2	均匀量化	(69)
4.3.3	非均匀量化	(70)
4.4	编码和解码	(75)
4.4.1	常用的二进制码型	(75)
4.4.2	A 律 13 折线的码位安排	(76)
4.4.3	逐次比较型编码器	(80)
4.4.4	A 律 13 折线解码器	(83)
4.4.5	PCM 信号的码元速率和带宽	(84)
4.5	语音压缩编码技术	(84)
4.5.1	差值脉冲编码调制(DPCM)	(85)
4.5.2	自适应差值脉冲编码调制(ADPCM)	(86)
4.6	时分复用技术	(87)
4.6.1	时分复用的概念	(87)

4.6.2	PCM 时分复用系统的构成	(88)
4.6.3	PCM30/32 路系统	(89)
4.6.4	PCM30/32 路系统的数码率	(91)
4.6.5	PCM30/32 路基群端机的构成	(91)
4.7	数字复接技术	(92)
4.7.1	数字复接的概念	(92)
4.7.2	准同步数字复接体系 PDH	(94)
4.7.3	同步数字复接体系 SDH	(96)
第 5 章	数字信号的基带传输	(102)
5.1	数字基带传输系统的组成	(103)
5.2	数字基带信号的波形及其频谱	(104)
5.2.1	数字基带信号的波形	(104)
5.2.2	数字基带信号的功率谱	(106)
5.3	基带传输的常用码型	(109)
5.3.1	传输码型的选择原则	(109)
5.3.2	基带传输的常用码型	(110)
5.4	无码间串扰的基带传输系统	(112)
5.4.1	码间串扰	(112)
5.4.2	消除无码间串扰的基本思想	(114)
5.4.3	无码间串扰的条件	(114)
5.4.4	理想的基带传输系统	(115)
5.5	数字基带信号的再生中继传输	(120)
5.5.1	基带传输信道特性	(120)
5.5.2	再生中继系统	(121)
5.5.3	再生中继器	(121)
5.6	眼图	(123)
第 6 章	数字信号的频带传输	(128)
6.1	数字调制的概念	(128)
6.2	二进制幅移键控(2ASK)	(129)
6.2.1	基本原理及其实现	(129)
6.2.2	2ASK 信号的功率谱分析	(130)
6.2.3	2ASK 信号的解调	(132)
6.3	二进制频移键控	(133)
6.3.1	基本原理及其实现	(133)
6.3.2	2FSK 信号的频谱分析	(134)
6.3.3	2FSK 信号的解调	(135)
6.4	二进制相移键控	(136)
6.4.1	二进制相移键控(2PSK)	(136)
6.4.2	二进制差分相移键控(2DPSK)	(139)



6.5	多进制数字调制	(141)
6.5.1	多进制幅移键控(MASK)	(142)
6.5.2	多进制频移键控(MFSK)	(142)
6.5.3	多进制相移键控(MPSK)	(144)
6.6	数字调制系统的性能比较	(146)
6.7	频带传输系统的应用	(148)
6.7.1	光纤数字传输系统	(148)
6.7.2	数字微波传输系统	(149)
6.7.3	数字卫星传输系统	(150)
第7章	差错控制编码	(153)
7.1	概述	(153)
7.1.1	差错控制编码的概念	(153)
7.1.2	差错控制方式	(153)
7.1.3	差错控制编码的分类	(154)
7.2	差错控制编码的基本原理	(155)
7.2.1	基本原理	(155)
7.2.2	分组码	(155)
7.3	常用简单分组码	(157)
7.3.1	奇偶校验码	(157)
7.3.2	二维奇偶校验码	(158)
7.3.3	恒比码	(158)
7.4	线性分组码	(159)
7.4.1	线性分组码的原理	(159)
7.4.2	监督矩阵 H 和生成矩阵 G	(161)
7.4.3	校验子 S	(164)
7.4.4	汉明码	(165)
7.5	循环码	(165)
7.5.1	码多项式	(166)
7.5.2	生成多项式及生成矩阵	(167)
7.5.3	循环码的编码	(168)
7.5.4	循环码的译码	(168)
7.6	卷积码	(168)
7.6.1	卷积码的基本概念	(168)
7.6.2	卷积码的描述	(169)
第8章	同步技术	(173)
8.1	概述	(173)
8.1.1	同步的概念	(173)
8.1.2	同步的分类	(173)
8.2	载波同步	(174)

8.2.1	直接法	(175)
8.2.2	插入导频法	(177)
8.2.3	载波同步的性能指标	(179)
8.3	位同步	(180)
8.3.1	外同步法	(180)
8.3.2	自同步法	(181)
8.3.3	位同步系统的性能指标	(183)
8.4	帧同步	(183)
8.4.1	集中插入法	(183)
8.4.2	分散插入法	(186)
8.4.3	帧同步系统的性能指标	(186)
8.5	网同步	(187)
8.5.1	全网同步系统	(187)
8.5.2	网同步等级划分及性能要求	(188)
第9章	实 训	(191)
9.1	AM 调制与解调实验	(191)
9.1.1	实训目的	(191)
9.1.2	实训仪器	(192)
9.1.3	实训原理	(192)
9.1.4	实训步骤	(194)
9.1.5	实训报告要求	(195)
9.2	脉冲幅度调制与解调	(195)
9.2.1	实训目的	(195)
9.2.2	实训仪器	(195)
9.2.3	实训原理	(195)
9.2.4	实训步骤	(197)
9.2.5	实训报告要求	(197)
9.3	PCM 编译码实验	(197)
9.3.1	实训目的	(197)
9.3.2	实训仪器	(197)
9.3.3	实训原理	(198)
9.3.4	实训步骤	(199)
9.3.5	实训报告要求	(200)
9.4	ADPCM 编译码器	(200)
9.4.1	实训目的	(200)
9.4.2	实训仪器	(200)
9.4.3	实训原理	(200)
9.4.4	实训步骤	(201)
9.4.5	实训报告要求	(202)



9.5	AMI/HDB ₃ 码型变换	(202)
9.5.1	实训目的	(202)
9.5.2	实训仪器	(202)
9.5.3	实训原理	(202)
9.5.4	实训步骤	(204)
9.5.5	实训报告要求	(206)
9.6	基带传输系统	(206)
9.6.1	实训目的	(206)
9.6.2	实训仪器	(207)
9.6.3	实训原理	(207)
9.6.4	实训步骤	(209)
9.6.5	实训报告要求	(210)
9.7	FSK 调制与解调	(210)
9.7.1	实训目的	(210)
9.7.2	实训仪器	(210)
9.7.3	实训原理	(210)
9.7.4	实训步骤	(212)
9.7.5	实训报告要求	(213)
9.8	DPSK 传输系统实验	(213)
9.8.1	实训目的	(213)
9.8.2	实训仪器	(213)
9.8.3	实训原理	(213)
9.8.4	实训步骤	(215)
9.8.5	实训报告要求	(215)

第1章 绪论

【学习目标】

1. 掌握通信的基本概念。
2. 掌握通信系统的组成及各部分的作用。
3. 了解通信系统的分类和工作方式。
4. 理解数字通信系统的组成及特点。
5. 掌握通信系统的有效性和可靠性指标。

【学习重点】

1. 通信系统的组成及各部分的作用。
2. 数字通信系统的组成及特点。
3. 通信系统的有效性和可靠性指标。

【学习难点】

1. 数字通信系统的组成及特点。
2. 通信系统的有效性和可靠性指标。

1.1 通信的概念

1.1.1 信号与通信

当今的人类社会已经进入信息时代,通信作为传输信息的手段和方式,已经成为推动人类社会文明进步与发展的巨大动力。

一般地说,通信就是由一地向另一地传递消息的过程。实现通信的方式和手段很多,如古代的消息树、烽火台和驿马传令,以及现代社会的电报、电话、广播、电视和因特网等,这些都是消息传递的方式或信息交流的手段。

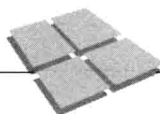
通信的目的是传递消息,给受信者以信息。我们一般将语言、文字、图像、数据等都统称为消息,而将消息给予受信者的未知内容称为信息。这就是说,消息不同于信息,在消息之中包含有一定数量的信息。

在现代通信中,要实现消息高效率、高可靠性地远距离传输,必须借助于信号,信号是消息的载体,是运载消息的工具。利用信号来传送消息时,一般都需要在发送端将欲传送的消息转变成信号,经过传输以后,在接收端再将信号还原成消息。

在各种各样的通信方式中,利用“电信号”来传递消息的通信方法——电通信得到了迅速的发展和广泛的应用,这是由于电通信方式能够迅速、有效、准确、可靠地传递消息的缘故,以致“通信”一词几乎变成了电通信的同义词。本课程中所说的通信,均指电通信。广义地讲,光通信也属于电通信,因为光也是一种电磁波。

1.1.2 信号分类

任何信号的波形都可以用幅度和时间两个参量来描述。根据信号幅度的取值方式不同,可把信号分为两类:模拟信号和数字信号。



1. 模拟信号

模拟信号是指幅度随时间连续变化的信号。其特点是幅度连续,连续的含义是在某一取值范围内可以取无限多个数值。例如,语音信号和传真、电视的图像信号都是模拟信号。图 1-1 所示的信号即为模拟信号。

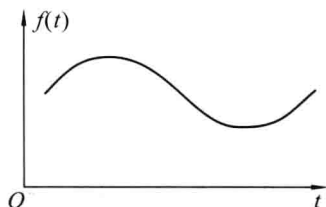


图 1-1 模拟信号

2. 数字信号

数字信号是指幅度随时间离散变化的信号。数字信号的特点是幅度不是连续的,而是离散的。离散的含义是其幅度的取值是有限个数值。图 1-2(a)所示的是二进制数字信号,其幅度只有 0、1 两种可能的取值,当然,也可以有多进制数字信号,如四进制、八进制等。图 1-2(b)所示是四进制数字信号,四进制数字信号只有 0、1、2、3 四种可能的取值。

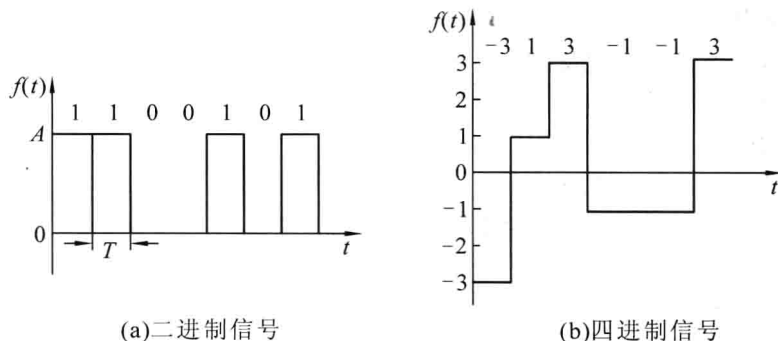


图 1-2 数字信号

1.2 通信系统的组成

1.2.1 通信系统的一般模型

通信的目的是传递信息。而用于传递信息所需的全部技术设备(包括传输媒质)的总和称为通信系统。由于通信系统的种类繁多,因此,它们的具体设备组成和业务功能可能不尽相同,经过抽象概括,可以得到通信系统一般模型,如图 1-3 所示。



图 1-3 通信系统模型

1. 信源

信源是消息的产生来源,其作用是把各种消息转换成原始电信号。根据消息的种类不同,信源可分为模拟信源和数字信源。模拟信源输出的是模拟信号,电话机和摄像机就是模拟信源;数字信源输出离散的数字信号,如计算机等各种数字终端设备。

2. 发送设备

发送设备的作用是将原始电信号变换成适合信道传输的信号，即使发送信号的特征和信道特性相匹配。发送设备涵盖的内容很多，例如放大、滤波、编码、调制等过程。对于多路传输系统，发送设备中还包括多路复用器。

3. 信道

信道是指信号的传输媒质，其作用是将信号由发送端传输到接收端。根据传输媒质的不同，信道可分为有线信道和无线信道。在有线信道中，可以是架空明线、电缆和光缆；在无线信道中，可以是自由空间、电离层等。

信道在传输信号的同时，也会引入噪声，对信号产生干扰。图 1-3 中的噪声源是信道中的噪声和分散在通信系统其他各处的噪声的集中表示。关于信道与噪声的问题将在第 2 章中讨论。

4. 接收设备

接收设备的作用是对接收的信号进行处理和反变换，如解调、译码等，其目的是从受到衰减的接收信号中正确恢复出原始电信号。对于多路复用信号，接收设备还应包括正确分路的解复用器。

5. 信宿

信宿是消息传送的目的地，其作用与信源相反，即把原始电信号转换成相应的消息，如扬声器等。

1.2.2 模拟通信系统和数字通信系统

根据信道中所传输信号种类的不同，可以把通信系统分为两大类：模拟通信系统和数字通信系统。

1. 模拟通信系统

模拟通信系统是利用模拟信号来传递信息的通信系统，其模型如图 1-4 所示。这里将发送设备简化为调制器，接收设备简化为解调器，主要是强调调制、解调在模拟通信系统中的重要作用。

通常，我们将信源发出的原始电信号称为基带信号，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 300Hz~3400Hz，图像信号为 0~6MHz。由于基带信号具有很低的频谱分量，通常不能直接在信道中传输，它必须通过调制才能变换成适合不同信道传输的信号，并可在接收端进行反变换(解调)。经过调制以后的信号称为已调信号，由于其频谱远离零频且具有带通形式，因而已调信号又称频带信号。

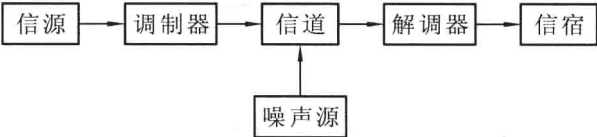


图 1-4 模拟通信系统模型

2. 数字通信系统

数字通信系统是利用数字信号来传递信息的通信系统，其模型如图 1-5 所示。在数字通信系统中，除了调制和解调外，还有信源编码与译码、信道编码与译码等。

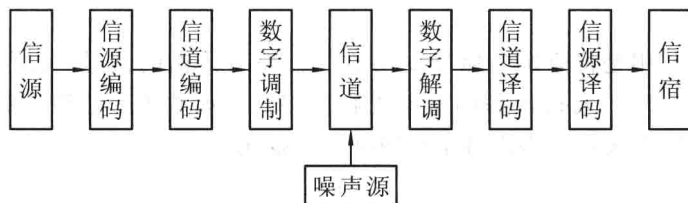
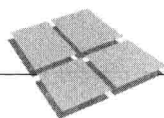


图 1-5 数字通信系统的模型

当信源发出的是模拟信号时,需要信源编码将其变换为数字信号,以实现模拟信号的数字化传输。信源编码的作用就是完成模数(A/D)转换。信源译码则是信源编码的逆过程,即完成数模(D/A)转换。

信道编码的目的是提高数字信号的抗干扰能力。由于信道噪声的干扰,可能会使传输的数字信号产生差错,为了减少差错,需在信源编码后的信息码流中,按一定规律加入多余码元(称为冗余码),以使码元之间形成较强的规律性。信道译码则根据一定规律进行解码,以实现自动检错和纠错的功能,提高系统的可靠性。

数字调制的作用是把数字基带信号变换成适合在信道中传输的频带信号,在接收端采用数字解调还原数字基带信号。将数字基带信号直接送到信道上的传输方式称为数字信号的基带传输,而将数字基带信号经过调制后送到信道的传输方式称为数字信号的频带传输。

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。例如,若信源是数字信息时,则信源编码和译码环节可以省略,对于数字基带传输系统,则无须调制与解调。

1.2.3 数字通信系统的主要特点

与模拟通信相比,数字通信具有以下特点。

1. 抗干扰能力强,无噪声积累

信号在信道中传输时会受到各种噪声的干扰。为了实现远距离传输,需要及时对幅度受到衰减的信号进行放大。在模拟通信中,由于传输的是幅度连续的模拟信号,难以把传输信号与噪声分开。在对模拟信号进行放大时,叠加在信号上的噪声也被放大了,如图 1-6(a)所示。所以,随着传输距离增加,噪声积累越大,通信质量越差。

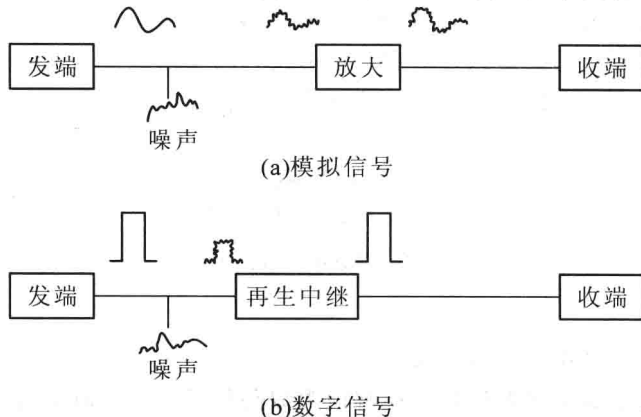


图 1-6 模拟通信和数字通信抗干扰性能比较

在数字通信中,传输的是幅度离散的数字信号,通过再生中继方法可消除噪声积累,将信号再生成原发送信号,如图1-6(b)所示。由于无噪声积累,所以数字通信抗干扰能力强,易于实现高质量、远距离传输。

2. 差错可控

在数字通信系统中,可以采用信道编码技术进行检错与纠错,降低误码率,提高信号的传输质量。

3. 便于加密处理

信息传输的安全性和保密性越来越显得重要。与模拟通信相比,数字通信更容易加密与解密。因此,数字通信保密性好。

4. 采用时分复用实现多路通信

时分复用是利用各路信号在信道上占有不同的时间间隙,同一条信道上传输,并且互不干扰。数字信号本身可以很容易用离散时间信号表示,在两个离散时间之间可以插入多路离散时间信号,实现多路通信。

5. 便于实现集成化、小型化

数字通信设备中大部分电路都是数字电路,可以用大规模和超大规模集成电路来实现,这样设备体积小,功耗较低。

6. 占用频带宽

数字通信的许多优点都是用比模拟通信占据频带宽为代价来换取的。以电话为例,一路模拟电话通常只占据4kHz带宽,但一路接近同样语音质量的数字电话可能要占据约64kHz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,因此系统设备比较复杂。然而,随着光纤通信等宽带通信技术的日益发展与成熟,使数字通信得到了迅速的发展,正在逐步成为现代通信技术的主流。

1.3 通信系统的分类与通信方式

1.3.1 通信系统的分类

1. 按通信业务分类

根据通信业务不同,通信系统可分为电话通信、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、可视图文及会议电视、图像通信等。

2. 按传输媒质分类

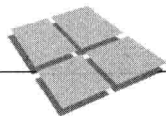
根据传输媒质的不同,通信系统可分为有线通信和无线通信两大类。所谓有线通信是指以有形、可见的导线作为传输媒质的通信方式,这里的导线可以是架空明线、电缆、光缆等。所谓无线通信是指利用电磁波在空间的传播进行信息的传递,常见的无线通信有微波通信、卫星通信和移动通信等。

3. 按信道中所传信号的特征分类

根据信道中传输的是模拟信号还是数字信号,可以相应地把通信系统分为模拟通信系统和数字通信系统。

4. 按调制方式分类

根据信息在送到信道之前是否采用调制,可将通信系统分为基带传输系统和频带



传输系统。所谓基带传输系统是指信号没有经过调制直接送到信道中传输的通信系统，如市内电话等；而频带传输是指信号经过调制后再送到信道中传输的总称，如广播、卫星通信等。

5. 按工作频段分类

按通信设备的工作频率不同，通信系统可分为长波通信、中波通信、短波通信、微波通信等。为了比较全面地对通信中所使用的频段有所了解，下面把通信使用的频段及说明列入表 1-1 中，供大家参考。

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 ——工作波长(m)；

f ——工作频率(Hz)；

c ——光速(m/s)。

表 1-1 通信使用的频段及主要用途

波段名称	频率范围	波 长	符号	用 途
长波	30kHz~300kHz	10000m~1000m	低频 LF	导航、信标、电力线、通信
中波	300kHz~3MHz	1000m~100m	中频 MF	调幅广播、移动陆地通信、业余无线电
短波	3MHz~30MHz	100m~10m	高频 HF	移动无线电话、短波广播定点军用通信、业余无线电
超短波	30MHz~300MHz	10m~1m	甚高频 VHF	电视、调频广播、空中管制、车辆、通信、导航、寻呼
分米波	300MHz~3GHz	100cm~10cm	特高频 UHF	微波接力、卫星和空间通信、雷达、移动通信、卫星导航
厘米波	3GHz~30GHz	10cm~1cm	超高频 SHF	微波接力、卫星和空间通信、雷达
毫米波	30GHz~300GHz	10mm~1mm	极高频 EHF	雷达、微波接力

1.3.2 通信方式

通信方式是指通信双方之间的工作形式和信号传输方式。从不同的角度出发，通信方式有多种分类方法。

1. 单工通信、半双工通信和全双工通信

对于点对点之间的通信，按信息传递的方向与时间关系，通信方式可分为单工通信、半双工通信和全双工通信三种，如图 1-7 所示。

(1)单工通信

单工通信是指信息只能单方向传输的通信方式，如图 1-7(a)所示。单工通信的双方中只有一方可以发送信息，另一方只能接收信息。例如广播、遥控等都属于单工通信。

(2)半双工通信

半双工通信是指通信双方都能收发信息，但不能同时进行收和发的通信方式，如图 1-7(b)所示。对讲机、收发报机都是半双工通信方式。

(3)全双工通信

全双工通信是指通信双方可同时进行收发信息的通信方式，如图 1-7(c)所示。有线电话、手机等都是常见的全双工通信，通信的双方可同时进行送话和受话。

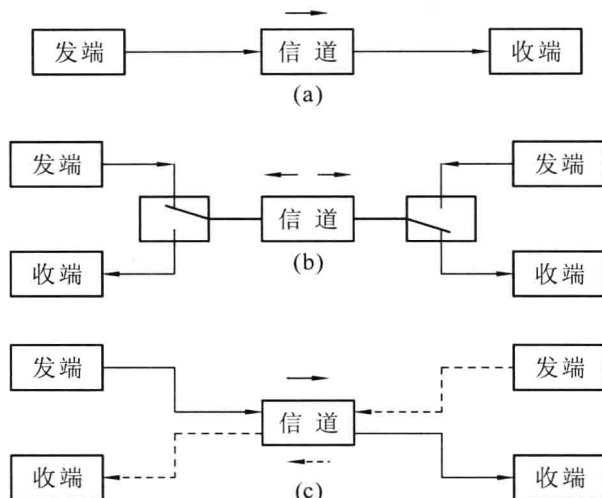


图 1-7 传输方向不同的三种通信方式

2. 并行传输和串行传输

在数据通信中，按数据代码排列的方式不同，可分为并行传输和串行传输。

(1)并行传输

并行传输是指代表信息的数字码元序列以成组的方式，在多条并行信道上同时进行传输。常用的就是将构成一个字符代码的几位二进制码，分别在几个并行信道上进行传输。例如，采用 8 比特代码的字符，可以用 8 个信道并行传输。一次传送一个字符，如图 1-8 所示。

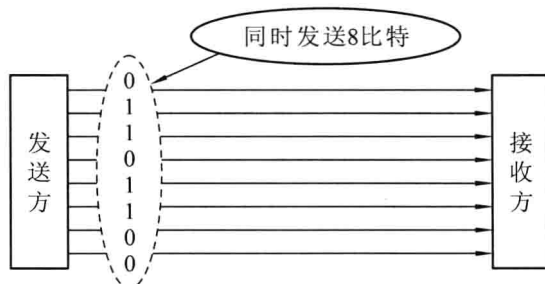


图 1-8 并行传输

并行传输的优点是传输速率快，并且收、发双方不存在字符的同步问题。缺点是需要 n 条并行信道，成本高，一般只用于设备之间的近距离通信，如计算机和打印机之间的数据传输。