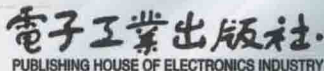


陶亚雄 主 编
王 坚 主 审

010101001
0101010010100101010100010100101010
01010100101001010101
010101001010010101010010100101010100101001
01010100101
010101001010010101010010100
010101001010010101010010100101010
01010100101001010101

全书共8章,涵盖通信基本概念、模拟/数字通信系统、现代通信技术三个部分;
主要章节后面均附有一节相关技术应用的实际通信系统介绍;
各核心知识点后均附有相应实验认证环节介绍;
题型丰富,题量大,并附有答案;
极力淡化理论分析,结合实际系统阐述原理,浅显易懂。

在华信教育资源网上免费提供电子教案



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

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材·通信技术专业

现代通信原理

(第4版)

陶亚雄 主编

王 坚 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材为第4版,根据教育部关于高职院校通信专业的教学大纲编写。全书共8章,主要介绍通信中的基本概念和术语;模拟调制系统中的线性AM、DSB、SSB和VSB方式及非线性FM、PM方式;脉冲编码调制PCM系统;数字基带调制系统;数字频带调制ASK、FSK和PSK系统;信息的概念和度量、信源编码和信道编码的原则以及原理;最佳接收原理;通信中载波同步、位同步和群同步的概念及其实现原理,每章的后面附有小结和习题。此外,还在各章最后一节分别介绍了现行各种实际通信系统的工作原理、技术。

本书极力淡化枯燥的理论分析,尽量结合实际通信系统进行原理阐述,并配有大量的插图说明,浅显易懂,既是高职高专通信、电子和网络类专业的教材,同时也可用做工程技术人员的相关参考书籍。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信原理/陶亚雄主编. —4版. —北京:电子工业出版社,2013.2

新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材·通信技术专业

ISBN 978-7-121-19359-0

I. ①现… II. ①陶… III. ①通信原理-高等教育-教材 IV. ①TN911

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第311885号

策 划:陈晓明

责任编辑:赵云峰 特约编辑:张晓雪

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:三河市皇庄路通装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18.75 字数:480千字

印 次:2013年2月第1次印刷

印 数:4000册 定价:36.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010)68279077;邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

参加“新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材”

编写的院校名单（排名不分先后）

江西信息应用职业技术学院

吉林电子信息职业技术学院

保定职业技术学院

安徽职业技术学院

黄石高等专科学校

天津职业技术师范学院

湖北汽车工业学院

广州铁路职业技术学院

台州职业技术学院

重庆科技学院

四川工商职业技术学院

吉林交通职业技术学院

天津滨海职业技术学院

杭州职业技术学院

重庆电子工程职业学院

重庆工业职业技术学院

重庆工程职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

湖北孝感职业技术学院

广东轻工职业技术学院

广东技术师范职业技术学院

西安理工大学

天津职业大学

天津大学机械电子学院

九江职业技术学院

北京轻工职业技术学院

黄冈职业技术学院

南京理工大学高等职业技术学院

南京金陵科技学院

无锡职业技术学院

西安科技学院

西安电子科技大学

河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院

三峡大学职业技术学院

桂林电子科技大学

桂林工学院

南京化工职业技术学院

江西工业职业技术学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

苏州经贸职业技术学院

金华职业技术学院

绵阳职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

河北师范大学职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州机电职业技术学院

无锡商业职业技术学院

河北工业职业技术学院

前 言

本教材是“新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材”通信技术专业主干课程《现代通信原理》第4版。本着教育部关于适当降低高等职业教育的理论深度、强化实际动手能力训练、培养新一代综合应用型人才的精神,按教育部高职教育电子与通信类专业“现代通信原理”的教学大纲,结合前三版教材使用反馈意见修改、编写而成。

本教材在内容选取、章节安排和编写上,具有如下特点:

1. 充分考虑高职学生的文化基础和学习能力,文字上力求浅显通俗,并适当增加了一些示意性的插图和例题,以帮助学生更好地理解教材内容。

2. 内容选取上更强调针对性和实用性,尽量避免了本课程容易流于泛泛而谈的情况。

3. 为进一步在教学内容上体现现有通信系统的有关新知识、新技术和新方法,教材对现行实际主要通信系统的基本原理、技术和功能进行了详尽的分析阐述,其核心技术安排在相应篇章的最后一节,力求使读者在阅读本书时可获得有效的实用知识而非枯燥的原理与公式。

4. 在教学内容上突出对基本概念和性质的掌握,注重对学生科学思维方法和学习能力的有效培养。

5. 鉴于通信原理教材中普遍存在的练习题题型单调、题量小、计算题中不注意对学生分析理解并解答问题能力的逐步引导等情况,本版教材继续有大量多种类型的基本概念掌握与强化(填空、单项选择、多项选择、判断等)、理论知识分析与扩展(计算、画图等)练习,既有利于学生理解掌握所学知识,也为教师开展教学提供了有力帮助。

6. 免费提供相关电子课件,力求协助教师顺利完成教学工作以及学生达成学习目的。

全书共八章,分别介绍了模拟通信和数字通信系统中常用的调制与解调方式、多路信号复用、收发同步以及最佳接收的问题,并简要讲述了信息论的有关基本概念和编码理论,本课程参考学时为80~90学时(含实验学时)。

本教材是通信、电子类教学用书,同时也可作为计算机通信、网络类专业相关课程的教学用书,还可作为相关工程技术人员的参考用书。

本书由重庆电子工程职业学院通信工程学院陶亚雄教授主编,编写了1、4、5、6、8章,重庆电子工程职业学院通信工程学院黄祎老师编写了2、3、7章。上海师范大学天华学院电信系王永明、徐振、刘伟老师也参与了本教材的排版与校正工作。此外,本书编写过程中得到天津师范大学通信学院刘南平教授及其所在院校的大力支持和帮助,在此一并表示由衷的感谢;同时,也对为本书付出辛苦劳动的电子工业出版社编审人员,以及提供大量文献参考资料的专家、学者们表示深深的敬意。

由于能力与水平限制,疏漏甚至错误之处在所难免,欢迎各位读者批评指正。

编者

2013年1月

安徽电子信息职业技术学院
合肥通用职业技术学院
安徽职业技术学院
上海电子信息职业技术学院
上海天华学院
浙江工商职业技术学院
深圳信息职业技术学院
河北工业职业技术学院
江西交通职业技术学院
温州职业技术学院
温州大学
湖南铁道职业技术学院
南京工业职业技术学院
浙江水利水电专科学校
吉林工业职业技术学院
上海新侨职业技术学院
顺德职业技术学院

江门职业技术学院
广西工业职业技术学院
广州市今明科技公司
无锡工艺职业技术学院
江阴职业技术学院
南通航运职业技术学院
山东电子职业技术学院
潍坊学院
广州轻工高级技工学校
江苏工业学院
长春职业技术学院
广东松山职业技术学院
徐州工业职业技术学院
扬州工业职业技术学院
徐州经贸高等职业学校
海南软件职业技术学院

目 录

第 1 章 序论	(1)
1.1 通信的概念及其发展简史	(1)
1.1.1 通信的定义	(1)
1.1.2 通信的方式	(1)
1.1.3 通信发展史	(5)
1.2 通信系统的基本概念	(6)
1.2.1 信息、信号及分类	(6)
1.2.2 通信系统的构成	(7)
1.2.3 通信系统的主要性能指标	(9)
1.3 通信的频段划分	(11)
1.4 现代通信的发展方向	(12)
习题 1	(13)
第 2 章 模拟调制系统	(16)
2.1 调制的功能及分类	(16)
2.1.1 调制的功能	(16)
2.1.2 调制的分类	(17)
2.2 线性调制系统	(18)
2.2.1 常规双边带调制系统	(18)
2.2.2 抑制载波的双边带调制 (DSB)	(23)
2.2.3 单边带调制 (SSB) 和残留边带调制 (VSB)	(27)
2.3 非线性调制系统	(31)
2.3.1 一般概念	(31)
2.3.2 频率调制 (FM)	(32)
2.3.3 相位调制 (PM)	(37)
2.4 模拟调制系统的抗噪声性能	(38)
2.4.1 线性调制系统的抗噪声性能	(38)
2.4.2 非线性调制系统的抗噪声性能	(40)
2.5 调频立体声广播系统	(41)
2.5.1 立体声广播系统概述	(42)
2.5.2 导频制立体声调频广播原理	(43)
2.5.3 AM-FM 立体声调频广播发射系统	(45)
本章小结	(46)
习题 2	(47)
第 3 章 数字基带调制与传输	(52)
3.1 数字基带信号的码型及其功率谱	(52)

3.1.1	二元码	(53)
3.1.2	差分码	(54)
3.1.3	非归零单极性码的功率谱	(55)
3.1.4	非归零双极性码的功率谱	(57)
3.1.5	伪三元码及其功率谱	(57)
3.2	脉冲编码调制 (PCM)	(59)
3.2.1	抽样和抽样定理	(60)
3.2.2	量化	(63)
3.2.3	编码	(69)
3.3	PCM 系统的噪声	(76)
3.4	差分脉冲编码调制 (DPCM)	(78)
3.4.1	差分脉冲编码调制 (DPCM) 的原理	(78)
3.4.2	DPCM 的编、译码过程	(78)
3.4.3	DPCM 的性能	(79)
3.5	增量调制 ΔM (DM)	(79)
3.5.1	增量调制原理	(79)
3.5.2	增量调制的量化噪声	(81)
3.6	数字基带传输系统及其误码率	(82)
3.6.1	数字基带传输系统结构	(82)
3.6.2	升余弦滚降滤波器	(83)
3.6.3	码率和误码率	(87)
3.6.4	误码率的一般公式	(88)
3.6.5	眼图	(90)
3.7	信道均衡及部分响应系统	(92)
3.7.1	时域均衡及其功能	(92)
3.7.2	部分响应系统概念	(93)
3.8	有线电视广播系统	(96)
3.8.1	有线电视简介	(96)
3.8.2	有线电视信号	(98)
3.8.3	电视信号传输	(100)
3.8.4	有线电视系统	(101)
	本章小结	(103)
	习题 3	(103)

第 4 章	数字频带调制	(109)
4.1	幅度键控 (ASK) 系统	(109)
4.2	频移键控 (FSK) 系统	(111)
4.2.1	频移键控 (FSK)	(111)
4.2.2	频移键控 (FSK) 的解调	(112)
4.2.3	相位连续的频移键控 (CPFSK)	(114)
4.2.4	MSK 与 GMSK 调制系统	(115)
4.3	相移键控 (PSK) 系统	(117)
4.3.1	绝对相移键控	(117)

4.3.2	绝对相移键控的解调	(118)
4.3.3	二进制相对相移键控 (2DPSK)	(119)
4.3.4	相对相移键控 (DPSK) 的解调	(121)
4.3.5	FSK/PSK/DPSK 调制/解调电路举例	(122)
4.4	QPSK 系统	(124)
4.4.1	QPSK、QDPSK 调制	(124)
4.4.2	QPSK、QDPSK 的解调	(128)
4.5	多元数字频带调制	(131)
4.5.1	多电平调幅 (MASK)	(131)
4.5.2	其他多元调制方式	(132)
4.6	数字电视系统	(133)
4.6.1	数字电视简介	(133)
4.6.2	数字电视传输	(135)
4.6.3	数字电视信号编码	(136)
4.6.4	数字电视机顶盒	(137)
	本章小结	(139)
	习题 4	(139)
第 5 章	信道复用	(145)
5.1	通信信道概述	(145)
5.1.1	信道定义	(145)
5.1.2	传输媒介	(146)
5.2	频分复用 (FDM)	(150)
5.3	时分复用 (TDM)	(152)
5.4	复合调制与多级调制系统	(154)
5.5	多址通信方式	(154)
5.5.1	频分多址 (FDMA) 方式	(155)
5.5.2	时分多址 (TDMA) 方式	(157)
5.5.3	码分多址 (CDMA) 方式	(159)
5.5.4	混合多址方式	(159)
5.6	CDMA 蜂窝移动通信系统	(161)
5.6.1	CDMA 系统的基本原理	(161)
5.6.2	CDMA 移动通信系统的特点	(165)
5.6.3	CDMA 移动通信系统关键技术	(166)
5.6.4	CDMA 标准	(168)
	本章小结	(169)
	习题 5	(169)
第 6 章	编码技术	(174)
6.1	信源编码	(174)
6.1.1	信息的度量	(174)
6.1.2	信源编码	(180)
6.2	信道容量与香农公式	(184)

6.3	信道编码	(190)
6.3.1	差错控制原理	(190)
6.3.2	码重与码距	(193)
6.3.3	几种常用的差错控制码	(194)
6.4	线性分组码	(197)
6.4.1	线性分组码的定义及性质	(197)
6.4.2	生成矩阵 G 和监督矩阵 H	(198)
6.4.3	汉明码	(200)
6.5	循环码	(202)
6.5.1	循环码的特点	(202)
6.5.2	循环码的生成多项式	(203)
6.5.3	循环码的编码过程	(204)
6.5.4	循环码的编码电路	(205)
6.5.5	循环码的译码	(207)
	本章小结	(209)
	习题6	(209)
第7章	最佳接收机	(213)
7.1	最大输出信噪比准则和匹配滤波接收机	(213)
7.1.1	最大输出信噪比准则	(213)
7.1.2	匹配滤波器的传递函数 $H(f)$	(213)
7.1.3	匹配滤波器的冲激响应 $h(t)$	(215)
7.1.4	匹配滤波器的输出波形 $s_0(t)$	(215)
7.1.5	最大输出信噪比接收	(216)
7.2	最小均方误差接收机	(217)
7.3	最小错误概率接收	(219)
7.4	最大后验概率接收	(220)
7.5	GSM 蜂窝移动无线通信系统	(221)
7.5.1	GSM 移动通信系统网络结构	(221)
7.5.2	GSM 工作原理	(222)
7.5.3	GSM 移动台 (手机)	(226)
7.5.4	GSM 的短消息业务	(228)
	本章小结	(230)
	习题7	(230)
第8章	同步原理	(233)
8.1	载波同步	(233)
8.1.1	直接法	(234)
8.1.2	插入导频法	(243)
8.1.3	载波同步系统的性能	(247)
8.2	位同步	(248)
8.2.1	外同步法	(249)
8.2.2	直接法	(251)

8.2.3	位同步系统的性能	(257)
8.3	群同步	(259)
8.3.1	连贯插入法	(259)
8.3.2	间隔式插入法	(262)
8.3.3	群同步系统的性能	(264)
8.3.4	群同步的保护	(266)
8.4	网同步	(266)
8.4.1	网同步原理	(266)
8.4.2	数字同步网中的时钟及其应用	(269)
	本章小结	(273)
	习题8	(274)
	部分参考答案	(279)
	参考文献	(286)

第1章 序 论

内容提要

通信技术，特别是数字通信技术近年来发展非常迅速，它的应用越来越广泛。本章主要介绍通信的基本概念及其发展简史，通信的频段划分，现代通信的发展方向等。这些基本概念是学习和理解现代通信原理与技术的基础。

1.1 通信的概念及其发展简史

从远古时代到现在高度文明发达的信息社会，人类的各种活动都与通信密切相关。特别是进入信息时代以来，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功能，使得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。通信渗入到社会生产和生活的各个领域，通信产品随处可见。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活动的影响越来越大。

1.1.1 通信的定义

一般地说，通信（Communication）是指不在同一地点的双方或多方之间进行迅速有效的信息传递。我国古代的烽火传警、击鼓作战、鸣金收兵以及古希腊用火炬位置表示字母等，就是人类最早的利用光或声音进行通信的实例，当然，这些原始通信方式在传输距离的远近以及速度的快慢等方面都不能和今天的通信相提并论。

在各种各样的通信方式中，利用电磁波或光波来传递各种消息的通信方法就是通常所说的电信（Telecommunication）。由于电信具有信息传递迅速、准确、可靠而且几乎不受时间和空间距离限制等特点，电信技术得到了飞速发展和广泛应用。现在所说的“通信”在通常意义上都是指“电信”，本书也是如此。因此，我们不妨在这里对现代通信的概念进行重新定义：利用光或电技术手段，借助光波或电磁波，实现从一地向另一地迅速而准确的信息传递和交换。

通信从本质上讲就是实现信息传递的一门科学技术。随着社会的发展，人们对信息的需求量日益增加，要求通信传递的信息内容已从单一的语音或文字转换为集声音、文字、数据、图像等多种信息融合在一起的多媒体信息，对传递速度的要求也越来越高。当今的通信网不仅能有效地传递信息，还可以存储、处理、采集及显示信息，实现了可视图文、电子信箱、可视电话、会议电视等多种信息业务功能。通信已成为信息科学技术的一个重要组成部分。

1.1.2 通信的方式

信号在信道中的传输方式从不同的角度考虑，可以有许多种。按照信息在信道中的传输

方向，可以把通信方式分为单工通信、半双工通信和全双工通信；按照通信双方传输信息的路数，通信方式又可分为串行通信和并行通信；按照信息在信道中传输的控制方式，通信方式可分为同步传输和异步传输；根据信源、信宿之间不同线路连接与信号的交互方式，通信又可以分为点到点的通信、点到多点通信以及多点到多点的通信；按照信息在通信网中的传递方式，可以将信息传输方式分为两点间直通传输、分支传输和交换传输等，不一而足。下面就这些传输方式进行简单介绍。

1. 单工传输、半双工传输和全双工传输

如果通信仅在两点之间进行，根据信号的传输方向与时间的关系，信号的传输方式可分为单工传输、半双工传输和全双工传输三类。

(1) 单工传输。信号只能单方向传送，在任何时候都不能进行反向传输的通信方式叫做单工传输，如图 1.1 (a) 所示。广播、电视系统就是典型的单工传输系统，收音机、电视机都只能接收信号，而不能向电台、电视台发送信号。

(2) 半双工传输。半双工传输方式中，信号可以在两个方向上传输，但时间上不能重叠，即通信双方不能同时既发送信号又接收信号而只能交替进行。即同一时间内一方不允许向两个方向传送，即只能有一个发送方，一个接收方，如对讲机。这种方式使用的是双向信道，如图 1.1 (b) 所示。

(3) 全双工传输。全双工传输方式中，信号可以同时两个方向上传输，如图 1.1 (c) 所示。这种方案使用的也是双向信道，这种通信方式使用最多。

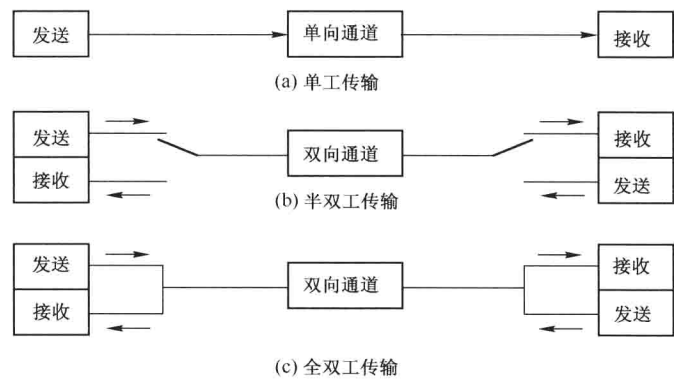


图 1.1 单工、半双工、全双工传输

2. 串行传输和并行传输

按照数字信息数据码元在信道中传递时是一个码元一个码元地依次传送还是一次同时并列地一起传几个码元，可将信号的传输方式分为串行传输和并行传输两类。

(1) 串行传输。在串行传输中，数据流的各个码元是一位接一位地在一条信道上传输的，如图 1.2 (a) 所示。对采用这种通信方式的系统而言，同步极为重要，收发双方必须保持位同步和字同步，才能在接收端正确恢复原始信息。串行传输中，收发双方只需要一条传输通道。因此，该传输方式实现容易，也是实际系统中比较常用的一种传输方式。

(2) 并行传输。并行传输中，构成一个编码的所有码元都是同时传送的，码组中的每一

位都单独使用一条通道，如图 1.2（b）所示。并行传输通常用于现场通信或计算机与外设之间的数据传输。

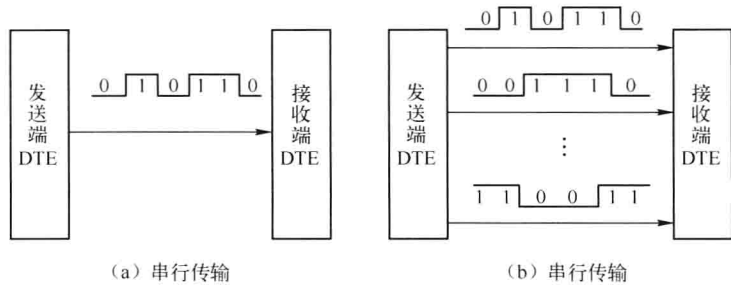


图 1.2 串行传输和并行传输

并行传输一次传送一个字符，收发之间不存在字同步问题。由于并行信道成本高，主要用于设备内部或近距离传输，长距离传输时一般多采用串行信道。所以串行传输存在着并/串、串/并变换问题，即发送端要将输入的字符通过并/串变换，形成一连串的单个字符才能进入串行信道；接收端再通过串/并变换，将收到的串行码元还原成原来的并行字符结构后输出。显然，并行传输的速率高于串行传输。

3. 同步传输和异步传输

按照信息传输过程中，收、发两端采取的不同同步原理，可将信号的传输方式分为异步传输和同步传输两类。

(1) 异步传输。异步传输也称起止式传输，它是利用起止法来达到收发同步的。异步传输每次只传送一个字符，用起始位和停止位来指示被传输字符的开始和结束。

在异步传输中，字符的传输由起始位（如逻辑电平 1）引导，表示一个新字符的开始，占一位码元时间。在每个传送的信息码之后加一个停止位（如逻辑电平 0），表示一个字符的结束，通常取停止位的宽度为 1、1.5 或 2 位码元宽度，可根据不同的需要选择。这样，接收端在收到下一个字符的起始位前，线路一直处于逻辑 0 状态，接收方就可根据特定宽度的逻辑电平从 0 到 1 的跳变来识别一个新字符的开始，如图 1.3 所示。

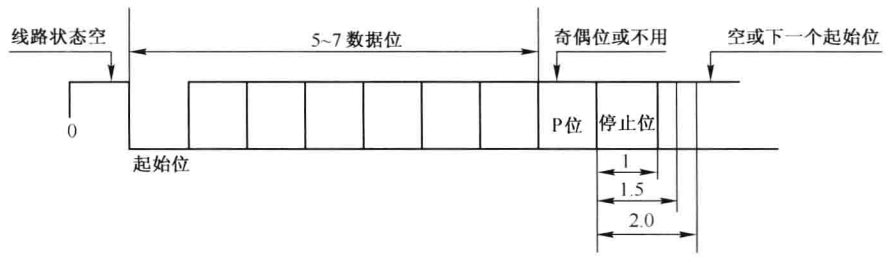
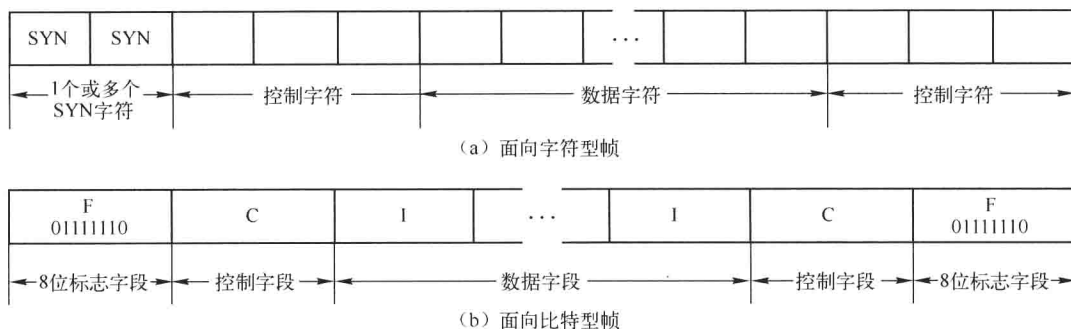


图 1.3 异步传输

异步传输方式中每个字符的发送都是独立和随机的，以不均匀的速率发送，所以这种方式被称为异步传输。该传输方法简单，但每传输一个信码都要增加 2~3 位的附加位，故传输效率较低。例如，传输一个 ASCII 码字符，每个 ASCII 码有 7 位，若停止位用 2 位，再加

(2) 同步传输。同步传输不是以一个字符而是以一个数据块为单位进行信息传输的。为了使接收方能准确地确定每个数据块的开始和结束,需在数据块的前面加上一个前文 (Preamble), 表示传输数据块的开始; 在数据块的后面再加上一个后文 (Postamble), 表示数据块的结束, 通常把这种加有前文和后文的一个数据块称为一帧 (Frame)。前文和后文的具体格式视传输控制规程而定。图 1.4 画出了面向字符型和面向比特型的帧结构。面向字符型的方案中, 每个数据块以一个或多个同步字符 SYN 作为开始, 后文是一确定的控制字符, 如图 1.4 (a) 所示。面向比特型的方案中, 若采用高级数据链路控制 (HDLC) 规程, 则前文和后文都采用标志字段 01111110, 以区分一帧的开始和结束。



在实际通信过程中，常将同步传输称为同步通信，异步传输称为异步通信。显然，同步通信的效率要比异步通信的效率，因此同步通信方式更适用于高速数据传输的场合。

按照信息在通信网中的传递方式, 可以将信息传输方式分为两点间直通传输、分支传输和交换传输三种, 如图 1.5 所示。两点间直通传输方式是通信网中最简单的一种形式, 终端 A 与终端 B 之间的线路是专用的, 可以直接进行信息交流。在分支传输方式中, 它的每一个终端 (如 A、B、C、…、N 等) 经过同一个信道与转接站相互连接, 各终端之间不能直通信息, 而必须经过转接站转接, 此种方式只在数字通信系统中出现。交换传输方式是终端之间通过交换设备灵活地进行线路交换的一种通信方式, 既可以把要求通信的两个终端之间的线路 (自动) 接通, 也可以通过程序控制, 先把发来的消息储存起来, 然后再转发至收方。这种消息转发可以是实时的, 也可是延时的。

• 4 •

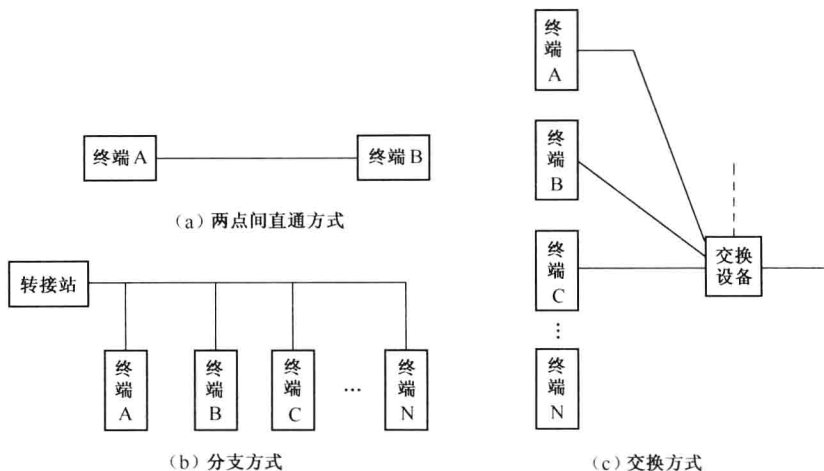


图 1.5 按网络形式划分的通信方式

1.1.3 通信发展史

人类自存在以来，为了生存从未停止过劳动和斗争，而这一过程是必须进行思想交流和信息传递的。所以说，有人类就有通信。最初人类利用表情和动作进行信息交换，这就是最原始的通信。在漫长的生活和劳动进化中，人类创造了语言和文字，进而用它们进行消息的传递，并一直沿用至今。

在电信号出现之前，人们还创造了许多种消息传递的方式，如古代的烽火台、金鼓、旌旗，航行用的信号灯等。所有这些都无法在较远的两地之间及时而准确地完成消息的传递。

从 1800 年伏打 (Volta) 发明电源以来，人们就开始努力试图利用电来进行通信了。

1837 年，莫尔斯 (Morse) 发明有线电报。这种电报通信通过导线中电流的有无来区别传号和空号，并利用传号和空号的长短进行电报符号的编码，这给远距离的消息传递揭开了崭新的一页。

1876 年，贝尔 (A. G. Bell) 利用电磁感应原理发明了电话机，直接利用导线上电流的强弱来传送语音信号，使通信技术的发展又进了一步。这种有线通信方式一直保留到现在，但这种系统的线路建设和维修花费很大，而且在有些环境情况下是难以实现的。

1864 年，麦克斯韦 (Maxwell) 预言了电磁波辐射的存在，1887 年，赫兹 (Hertz) 通过实验加以证实，为现代的无线电通信提供了理论根据。由于无线电波可以在空气中传播，避免了有线系统昂贵的线路建设投资，极大地推动了通信技术的发展。

20 世纪初，出现了用消息的电信号去控制高频正弦信号振幅的调制方式，这就是最早的幅度调制 AM。它的产生大大扩展了通信的内容，由原来单一的语音传送变为语音、音乐、图像等多种信号的传送，使点对点通信发展到点对面通信（如广播、电视等），促进了人类社会文化交流和宣传教育的发展，对人类的生活具有深刻的影响。

1936 年，频率调制 FM 技术出现了。FM 信号克服了 AM 信号在传送过程中容易受到干扰而失真的缺点，不仅改善了通信的质量，还推动了移动通信的发展。AM 制和 FM 制的应用，标志着 20 世纪 30 年代是世界上模拟通信的鼎盛时期。

从 1928 年奈奎斯特 (Nyquist) 定理被提出到 1937 年瑞维斯 (A. H. Reeves) 发明 PCM

(脉冲编码调制)通信,通信技术由频分复用(FDM)发展到时分复用(TDM),开始由模拟通信向数字通信发展。但由于器件限制,当时未能实现这一系统。直到1948年晶体管出现后,贝尔实验室才于1950年试制出第一台实用PCM设备。通过PCM技术,使模拟信号被数字化传送,进一步提高了抗干扰能力。

数字通信不仅优化了通信质量,还实现了人与机器、机器与机器之间的通信和数据交换,为现代通信网的产生和发展奠定了基础。

随着通信容量的增加和通信范围的扩大,1955年皮尔斯(Pierce)提出了卫星通信的设想。1960年,人类历史上第一颗通信卫星(TELSTAR)发射成功,为国际通信开辟了通道。这一技术的发展与大规模集成电路(LSI)的出现有着密切的关系。集成电路的出现,使通信设备小型化,可靠性提高,对空间通信有极大的促进作用。

20世纪60年代,出现了有线电视、激光通信、雷达、计算机网络和数字技术,光电处理技术和射电天文学飞速发展。

20世纪70年代,大规模集成电路、商用卫星通信、程控数字交换机、光纤通信、微处理机迅猛发展。

20世纪80年代,超大规模集成电路、移动通信、光纤通信得到广泛应用,综合业务数字网迅速崛起。

1990年以后,卫星通信、移动通信和光纤通信进一步飞速发展,高清晰彩色数字电视技术不断成熟,全球定位系统(GPS)得到广泛应用。

当今社会是信息社会,人们要求通信系统能够更加迅速、有效、准确、可靠地传递信息,充分利用社会的现有财富,更好地发挥各种资源的效用。一个完整的、综合性的信息交换网已经形成并正在日趋完善。

20世纪40~50年代,出现了通信理论的发展高峰,现代通信中的主要理论如过滤和预测理论、香农公式和不失真编码原理、纠错编码原理、信号和噪声理论、调制的原理以及信号检测理论等都诞生于这一时期,它们使通信的有效性和可靠性研究出现了质的突破,使通信由一门新兴的实用技术跃变而成为一门成熟的学科,并且还在不断地朝着更高更新的目标进步。

1.2 通信系统的基本概念

1.2.1 信息、信号及分类

消息由信源产生,它具有与信源相应的特征及属性,常见的消息有语音、文字、数据和图像消息等。不同的信源要求有不同的通信系统与之对应,从而形成了多种多样的通信系统,如电话通信系统、图像通信系统等。信息是抽象的消息,一般是用数据来表示的。表示信息的数据通常都要经过适当的变换和处理,变成适合在信道上传输的信号(电或光信号)才可以传输。可以说,信号是信息的一种电磁表示方法,它利用某种可以被感知的物理参量——如电压、电流、光波强度或频率等来携带信息,即信号是信息的载体。

信号一般以时间为自变量,以表示信息的某个参量(如电信号的振幅、频率或相位等)为因变量。根据信号的因变量的取值是否连续,可以分为模拟信号和数字信号。模拟信号就是因变量完全连续地随信息的变化而变化的信号,其自变量可以是连续的,也可以是离散