

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材  
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

# 现代 通信原理

樊昌信 主编  
樊昌信 任光亮 编著

Modern  
Communication Principles



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



名师名校

21 世纪高等院校信息与通信工程规划教材  
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

# 现代 通信原理

樊昌信 主编  
樊昌信 任光亮 编著

Modern  
Communication Principles

人民邮电出版社  
北京



## 图书在版编目(CIP)数据

现代通信原理 / 樊昌信主编; 樊昌信, 任光亮编著.  
北京: 人民邮电出版社, 2009. 10  
21世纪高等院校信息与通信工程规划教材  
ISBN 978-7-115-19820-4

I. 现… II. ①樊…②樊…③任… III. 通信理论—高等学校—教材 IV. TN911

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第053796号

## 内 容 提 要

本书系统、清晰地介绍了通信系统的基本概念、基本原理和基本技术, 以及设计与分析的方法。全书共分10章。内容包括通信的基本概念、通信系统的组成、分类和性能指标要求、确知信号和随机信号的分析、信道的基本特性和对信号传输的影响、模拟调制系统、数字基带传输系统、数字带通传输系统、模拟信号的数字传输、差错控制原理、同步原理和信道复用原理等。

本书可作为高等院校通信工程、电子信息、计算机通信等专业的本科生教材或考研参考书。

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材

## 现代通信原理

- ◆ 主 编 樊昌信  
编 著 樊昌信 任光亮  
责任编辑 滑 玉
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京铭成印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 15.75  
字数: 371千字  
印数: 1—3 000册
- 2009年10月第1版  
2009年10月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-19820-4/TN

定价: 29.80元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154

# 前 言

目前,作为国家重要基础设施之一的电信网已经遍布我国城乡,成为广大人民群众生活和工作须臾不可离的伙伴。截至2008年5月,我国的固定电话和移动电话用户的总数已经达到了9.36亿户,用户规模居世界首位;互联网上网用户总数已经超过2.1亿户,网民数量居世界第二位。与此相应,在我国从事与电信有关的研究、开发、生产、建设、应用、管理和领导工作的人员数量也相当庞大,并在不断增加。在这种形势下,电信专业学生的培养和在职人员的继续教育是一项重要的任务,本书就是为了适应这一形势发展的需要而编写的。

目前,电信网已基本实现了数字化。在我国公共通信网中长途传输的信号主要是数字信号,模拟信号的传输日渐减少。因此,本书中将重点讨论数字通信,包括数字信号的形成、变换、编码和传输以及模拟信号的数字化。

本书是针对普通高等院校中“通信原理”课程安排学时数较少的通信专业和其他专业的高年级本科生及硕士生编写的,也可以作为工程技术人员的培训教材。阐述中着重分析推理和讲述物理概念,尽可能缩减烦琐的数学推导。各章末皆附有思考题和习题。思考题协助读者复习本章内容,而习题则可以促使读者深入领会本章内容,将理论联系实际,提高解决实际问题的能力。每章末还附有少量参考文献,供读者查阅有关结论的出处。

全书共有10章。第1章简要介绍通信的发展历史,讲述消息、信息和信号的基本概念,给出通信系统的组成、分类和性能指标要求,使读者对于通信和通信系统建立初步的认识。第2章讨论信号特性,对于确知信号和随机信号作深入分析,并对于信号在信道中传输受到的影响给予一般介绍。课堂教学中,先修课程已经学过这些内容的班级可以跳过本章或作复习性讲述。第3章讲述信道。先介绍信道的分类和特性,然后建立信道的数学模型,讨论信道传输特性对信号传输的影响以及信道中的噪声,最后给出信道容量的概念。第4章阐明模拟调制系统的原理。若在先修课程中已经建立了模拟调制的基本概念,本章也可以从略。第5章对数字基带传输系统的各个方面作了基本介绍。本章内容涉及数字通信的基础知识,是数字调制的基础,需要重点学习好。第6章对于几种基本的数字调制系统作了较详细和深入的讨论。这些内容都是实际应用中经常会遇到的,因此必须熟知。第7章详细讨论模拟信号的抽样、量化和编码方法。它是用数字技术传输模拟信号的必经之路。第8章讨论纠错编码和差错控制技术,重点介绍了几种性能优良的纠错码的基本原理。其中主要的差错控制在数字通信系统中都得到了广泛的应用。第9章讨论数字通信系统中必不可少的同步,包括载波同步、位同步和群同步方法。第10章讲述多路复用和复接,并且介绍了主要的国际标准建议。

学习本课程的先修课程主要有:模拟电子线路、高频电子线路、数字逻辑电路、概率论,以及信号与系统。

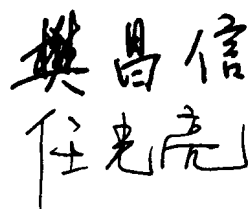
本书的编写,得到了西安电子科技大学通信工程学院各级领导的大力支持,以及西安电子科技大学张会宁副教授,博士生杨丽花、倪浩,硕士生张哲、魏振、白云、刘晓杰和王倩等多人的协助。在此致以诚挚的谢意。

限于作者水平，书中错误疏漏之处在所难免，殷切希望广大读者批评指正。作者的电子邮件地址是：

任光亮：glren@mail.xidian.edu.cn

樊昌信：chxfan@xidian.edu.cn

（来信请注明真实姓名、单位、职务、固定电话号码，以及通信地址和邮政编码；学生也请注明院系、班级和任课老师姓名。）

Handwritten signatures of the authors,樊昌信 (Fan Changxin) and 任光亮 (Ren Guangliang), in black ink.

于西安电子科技大学

# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第 1 章 概论           | 1  |
| 1.1 通信的发展          | 1  |
| 1.2 信息及其度量         | 3  |
| 1.2.1 消息和信息        | 3  |
| 1.2.2 信号           | 3  |
| 1.2.3 信息量          | 4  |
| 1.3 通信系统           | 5  |
| 1.3.1 通信系统的基本模型    | 5  |
| 1.3.2 通信方式         | 6  |
| 1.3.3 通信系统的分类      | 7  |
| 1.3.4 模拟通信系统       | 8  |
| 1.3.5 数字通信系统       | 8  |
| 1.4 通信系统的性能指标      | 12 |
| 1.4.1 模拟通信系统的性能指标  | 12 |
| 1.4.2 数字通信系统的性能指标  | 12 |
| 思考题                | 14 |
| 习题                 | 14 |
| 第 2 章 信号分析         | 16 |
| 2.1 确知信号           | 16 |
| 2.1.1 什么是确知信号      | 16 |
| 2.1.2 能量信号和功率信号    | 17 |
| 2.1.3 确知信号的性质      | 18 |
| 2.2 随机信号           | 30 |
| 2.2.1 随机信号与随机过程    | 30 |
| 2.2.2 随机过程的数字特征    | 32 |
| 2.2.3 几种重要的概率分布    | 34 |
| 2.2.4 高斯随机过程       | 37 |
| 2.2.5 窄带高斯随机过程     | 38 |
| 2.2.6 正弦波加窄带高斯随机过程 | 40 |
| 2.3 信号通过线性系统       | 42 |
| 2.3.1 确知信号通过线性系统   | 42 |
| 2.3.2 平稳随机过程通过线性系统 | 45 |
| 思考题                | 47 |
| 习题                 | 48 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| <b>第3章 信道</b>       | 52 |
| 3.1 无线信道            | 52 |
| 3.1.1 地波            | 52 |
| 3.1.2 天波            | 53 |
| 3.1.3 视距传播          | 54 |
| 3.1.4 散射传播          | 55 |
| 3.2 有线信道            | 55 |
| 3.3 信道的数学模型         | 57 |
| 3.3.1 信道的定义         | 57 |
| 3.3.2 调制信道的数学模型     | 58 |
| 3.3.3 编码信道的数学模型     | 59 |
| 3.4 信道对信号传输的影响      | 60 |
| 3.4.1 恒参信道对信号传输的影响  | 60 |
| 3.4.2 随参信道对信号传输的影响  | 61 |
| 3.5 信道中的噪声          | 65 |
| 3.6 信道容量            | 67 |
| 思考题                 | 68 |
| 习题                  | 69 |
| <b>第4章 模拟调制系统</b>   | 71 |
| 4.1 线性调制            | 71 |
| 4.1.1 常规调幅          | 71 |
| 4.1.2 抑制载波双边带调制     | 76 |
| 4.1.3 单边带调制         | 78 |
| 4.1.4 残留边带调制        | 80 |
| 4.1.5 线性调制器原理模型     | 82 |
| 4.2 非线性调制           | 83 |
| 4.2.1 基本原理          | 83 |
| 4.2.2 已调信号的频谱和带宽    | 86 |
| 4.2.3 角度调制信号的接收     | 89 |
| 思考题                 | 89 |
| 习题                  | 89 |
| 参考文献                | 91 |
| <b>第5章 数字基带传输系统</b> | 92 |
| 5.1 数字基带信号          | 92 |
| 5.1.1 数字基带信号的波形     | 92 |
| 5.1.2 数字基带信号的模型     | 94 |
| 5.1.3 数字基带信号的功率谱密度  | 95 |
| 5.2 码型变换            | 98 |
| 5.2.1 线路码的选择原则      | 98 |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 5.2.2 常用线路码             | 98         |
| 5.3 数字基带信号传输与码间干扰       | 100        |
| 5.3.1 带限基带信道对基带信号传输的影响  | 101        |
| 5.3.2 数字基带信号传输模型与码间干扰   | 102        |
| 5.3.3 消除码间干扰的条件         | 103        |
| 5.3.4 几种典型的无码间干扰的基带传输特性 | 106        |
| 5.4 无码间干扰数字基带传输系统的误码特性  | 110        |
| 5.5 眼图                  | 113        |
| 5.6 时域均衡                | 114        |
| 思考题                     | 117        |
| 习题                      | 117        |
| 参考文献                    | 121        |
| <b>第6章 数字带通传输系统</b>     | <b>122</b> |
| 6.1 二进制振幅键控             | 122        |
| 6.1.1 二进制振幅键控的基本原理      | 122        |
| 6.1.2 2ASK 信号的调制与解调方法   | 123        |
| 6.1.3 2ASK 系统的抗噪性能      | 124        |
| 6.2 二进制频移键控             | 127        |
| 6.2.1 二进制频移键控的基本原理      | 127        |
| 6.2.2 2FSK 信号的调制与解调方法   | 128        |
| 6.2.3 2FSK 系统的抗噪性能      | 131        |
| 6.3 二进制相移键控             | 134        |
| 6.3.1 二进制相移键控的基本原理      | 134        |
| 6.3.2 2PSK 信号的调制与解调方法   | 135        |
| 6.3.3 2PSK 系统的抗噪性能      | 136        |
| 6.4 二进制差分相移键控           | 137        |
| 6.4.1 二进制差分相移键控的基本原理    | 137        |
| 6.4.2 2DPSK 信号的调制与解调方法  | 138        |
| 6.4.3 2DPSK 系统的抗噪性能     | 140        |
| 6.5 各种二进制数字调制系统的性能比较    | 142        |
| 6.6 多进制数字调制             | 144        |
| 6.6.1 多进制振幅键控           | 145        |
| 6.6.2 多进制频移键控           | 147        |
| 6.6.3 多进制相移键控           | 149        |
| 思考题                     | 155        |
| 习题                      | 155        |
| 参考文献                    | 157        |
| <b>第7章 模拟信号的数字传输</b>    | <b>158</b> |
| 7.1 模拟信号的抽样             | 158        |



|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 7.2 模拟信号的量化                  | 162        |
| 7.2.1 均匀量化                   | 165        |
| 7.2.2 非均匀量化                  | 169        |
| 7.3 脉冲编码调制                   | 176        |
| 7.3.1 码位的赋值                  | 177        |
| 7.3.2 码位的排列                  | 178        |
| 7.3.3 脉冲编码调制系统的信号噪声比         | 179        |
| 7.4 差分脉冲编码调制原理               | 180        |
| 7.5 增量调制                     | 181        |
| 7.5.1 增量调制原理                 | 181        |
| 7.5.2 增量调制系统中的量化噪声和抗噪性能      | 183        |
| 思考题                          | 186        |
| 习题                           | 186        |
| 参考文献                         | 188        |
| <b>第8章 差错控制</b>              | <b>189</b> |
| 8.1 差错控制的基本概念                | 189        |
| 8.1.1 差错类型                   | 189        |
| 8.1.2 差错控制方式                 | 189        |
| 8.2 检错和纠错的基本概念               | 191        |
| 8.2.1 差错控制编码举例               | 191        |
| 8.2.2 差错控制编码的基本概念            | 192        |
| 8.3 奇偶监督码                    | 193        |
| 8.3.1 一维奇偶监督码                | 194        |
| 8.3.2 二维奇偶监督码                | 194        |
| 8.4 线性分组码                    | 195        |
| 8.5 循环码                      | 198        |
| 8.6 卷积码                      | 199        |
| 思考题                          | 200        |
| 习题                           | 200        |
| <b>第9章 同步</b>                | <b>202</b> |
| 9.1 载波同步                     | 202        |
| 9.1.1 插入导频法                  | 202        |
| 9.1.2 直接法                    | 206        |
| 9.1.3 载波同步系统的性能及相位误差对解调性能的影响 | 208        |
| 9.2 位同步                      | 209        |
| 9.2.1 插入导频法                  | 209        |
| 9.2.2 直接法                    | 213        |
| 9.2.3 位同步误差对误码率的影响           | 215        |
| 9.3 帧同步                      | 215        |

|                    |            |
|--------------------|------------|
| 9.3.1 连贯式插入法       | 216        |
| 9.3.2 间隔式插入法       | 218        |
| 9.3.3 帧同步性能        | 220        |
| 思考题                | 223        |
| 习题                 | 223        |
| 参考文献               | 224        |
| <b>第 10 章 信道复用</b> | <b>225</b> |
| 10.1 频分复用          | 225        |
| 10.1.1 频分复用原理      | 225        |
| 10.1.2 有线载波群路标准    | 227        |
| 10.2 时分复用          | 227        |
| 10.2.1 时分复用原理      | 227        |
| 10.2.2 模拟时分复用      | 228        |
| 10.2.3 数字时分复用      | 229        |
| 10.2.4 准同步数字体系     | 229        |
| 10.2.5 复接与码速调整     | 231        |
| 10.3 码分复用          | 232        |
| 思考题                | 236        |
| 习题                 | 236        |
| <b>附录 1 误差函数值表</b> | <b>238</b> |
| <b>附录 2 三角函数公式</b> | <b>241</b> |

# 第 1 章 概 论

## 1.1 通信的发展

本书所讨论的通信限于电信，即用电信号传递消息。这里说的电信号是广义的，包括光信号，因为光也是一种电磁波。这样看来，中国是世界上最早采用电信的国家之一。因为至少可以追溯到 3 000 多年前，周朝时已经利用烽火这种光信号传递消息了。当然，那只是原始的光通信。

现代电信发展的里程碑如下：1837 年美国塞缪尔·莫尔斯（见图 1-1）发明了实用的有线电报通信，这是现代电信的肇始。1876 年出生于苏格兰的美国人亚历山大·格雷厄姆·贝尔发明了有线电话通信。电话通信给人们的生活和工作带来了极大影响。仅仅过了 4 年，纽约一条街的电线杆上电话线（见图 1-2）已经多达 350 条。1895 年意大利人伽利尔摩·马可尼和俄国人亚历山大·斯塔帕诺维奇·波波夫分别于同年发明了无线电通信。1906 年加拿大人雷金纳德·费森登发明了调幅广播，这是用无线电传送声音的开始。1933 年美国爱德文·阿姆斯壮发明了调频系统。

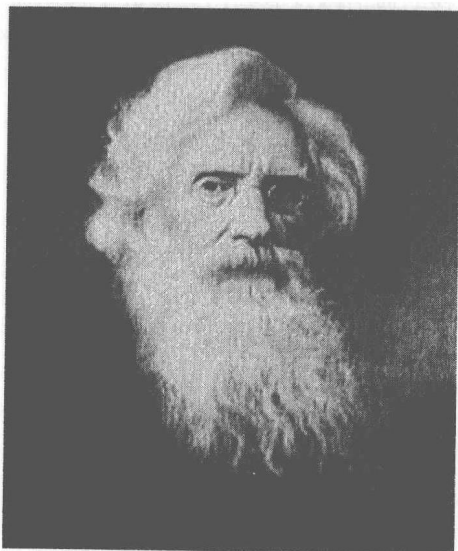


图 1-1 电报发明人莫尔斯

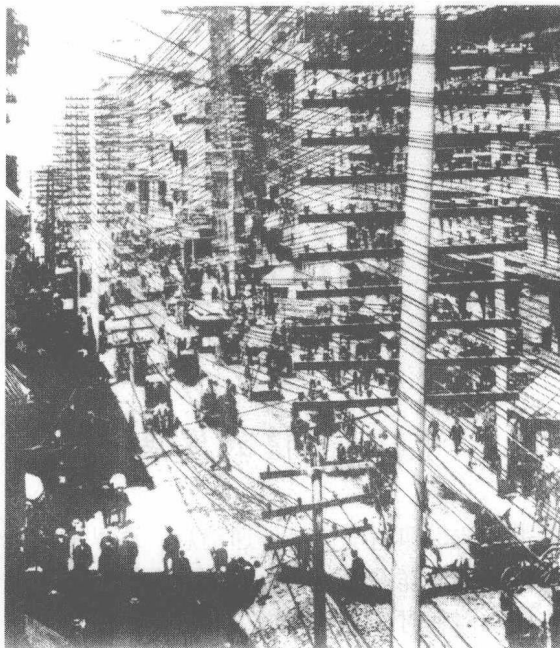


图 1-2 1880 年时纽约街貌

对于现代数字通信有着重要作用的脉冲编码调制 (PCM) 则是美国人亚历克·芮福斯于 1937 年提出的。卫星通信方式是美国人约翰·皮尔斯于 1955 年建议的, 1962 年诞生了第一颗通信卫星。更值得一提的是光纤, 它是华裔科学家高锟 (见图 1-3) 于 1966 年发明的。高锟被誉为“光纤之父”。没有光纤通信就没有今天互联网的广泛发展和应用。蜂窝移动通信的概念是美国贝尔实验室的法朗基尔和恩克尔在 1971 年提出的, 1978 年建成了世界上第一个蜂窝移动通信系统——先进移动电话系统 (AMPS); 从此移动通信迅速发展壮大, 在短短的 30 年中, 从第一代模拟蜂窝移动通信网发展到第二代数字移动通信网, 再到第三代宽带数字移动通信网, 目前世界各国正在积极开展第四代移动通信网的研究工作。



图 1-3 “光纤之父”高锟

## 1.2 信息及其度量

通信的主要任务是传输信息，信息包含于消息中，而消息则载荷在信号上传输。本节首先讨论消息、信息与信号的基本概念和相互关系，然后重点介绍信息量。

### 1.2.1 消息和信息

电信是用电信号来传递消息。语音、图形、活动图像、符号、文字等都是不同形式的消息。消息是包含信息的事物，信息是消息中包含的有效内容。信息具有一定的不确定性。人们传递消息是为了获取其中包含的信息。若此消息是确定的，或者说是确知的，则它就没有必要传递了。例如，“太阳会发光”是人所共知的，没有必要传递这个消息给你；这就是说这个消息中不包含信息，或包含的信息量为0。

相同的信息可以用不同类型的消息传递。例如，天气预报的“晴”，可以用汉字表示，也可以用英文或其他图形表示，还可以用语音表示。

### 1.2.2 信号

在电信中，消息是用电信号传输的。信号是消息的载体，是一种电波形。用这种波形代表消息。在通信系统中传输的是信号。按照信号中代表消息的参量取值方式的不同，信号可以分为模拟信号和数字信号两大类。第一类模拟信号，又称连续信号，例如，话筒送出的语音信号。模拟信号的电压和电流可以用取值连续的时间函数表示，如图1-4(a)所示。第二类数字信号，又称离散信号，例如计算机输出的数字数据信号。数字信号的电压和电流仅可能取有限个离散值，如图1-5(a)所示。特别需要注意的是：区分模拟信号和数字信号的准绳是其代表消息的参量取值是连续还是离散，而不是时间波形连续变化与否。模拟信号在时间上可以是离散的，如图1-4(b)所示。数字信号在波形上可以是连续变化的，如图1-5(b)所示。

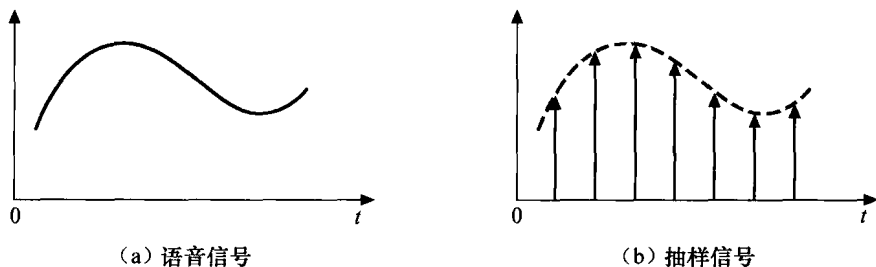


图 1-4 模拟信号

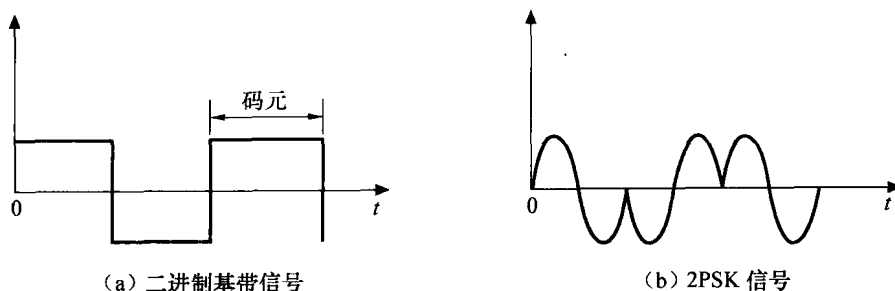


图 1-5 数字信号

通信的目的是传递消息中包含的信息。而信息可以由不同类型的消息传递。并且信息还有多少之分。通常采用信息量这个概念来描述消息中所包含信息的多少。

### 1.2.3 信息量

新闻是最常见的消息。若一则新闻称某地在夏季降了一场大雪，这是一则惊人的新闻；若一则新闻称某地在夏季降了一场小雨，则人们认为这没有什么可以惊讶的。这就是说，前一则新闻包含的信息量比后一则大。若新闻称某地发生了海啸，这将是一则特大新闻；它包含的信息量也随之增大。

由上述例子可以看出，消息中包含的信息量大小，主要和该消息出现的可能性大小有关。出现的可能性越小，所含的信息量越大。可能性在数学上可以用概率来表示。这就是说，消息出现的概率越小，则该消息所含的信息量越大。因此，信息量的定义给出如下

$$I = \log_2 \frac{1}{P(x)} = -\log_2 P(x) \quad \text{比特(bit)} \quad (1-1)$$

式 (1-1) 中， $I$  为信息量， $P(x)$  为消息  $x$  出现的概率。

若消息  $x$  的出现概率等于  $1/2$ ，则按照式 (1-1) 计算出  $I$  等于 1 比特。在二进制数字通信中，若数字符号“1”和“0”的出现概率相等，各占  $1/2$ ，则每个符号所含的信息量等于 1 比特（这里已经暗中假定了每个符号的出现是独立的）。在计算机技术和通信技术中，通常不考虑二进制数字符号是否以等概率出现，以及是否独立出现，都将一个二进制符号称为 1 比特。这时，比特已经成为电信号的单位了；1 比特就是指一个二进制符号，它不再代表信息量。而在电路中一个二进制符号用一个二进制码元表示，如图 1-5 (a) 所示。这样，一个二进制码元又可以称为一个比特。

对于  $M$  进制码元，当  $M$  种符号以等概率出现时，每种符号出现的概率  $P(x) = 1/M$ ，按照式 (1-1) 的定义，有

$$I = \log_2 \frac{1}{1/M} = \log_2 M \quad \text{(bit)} \quad (1-2)$$

若  $M$  是 2 的整次幂, 例如  $M=2^k$  ( $k=1, 2, 3, \dots$ ), 则式 (1-2) 变为

$$I = \log_2 2^k = k \quad (\text{bit}) \quad (1-3)$$

以上介绍了离散消息所含信息量的度量方法。对于连续消息, 信息论中有一个重要结论, 就是任何形式的待传信息都可以用二进制形式表示而不失主要内容。抽样定理告诉我们: 一个频带受限的连续信号, 可以用每秒一定数目的抽样值来代替。而每个抽样值可以用若干个二进制脉冲来表示。因此, 以上信息量的定义和计算同样适用于连续消息。

## 1.3 通信系统

通信是将信源产生的消息传送到目的地的信宿。通信系统是指完成通信的一切技术设备的总和。本节从通信系统的基本模型出发, 介绍通信方式、通信系统的分类、模拟通信和数字通信。

### 1.3.1 通信系统的基本模型

图 1-6 中画出通信系统的基本模型。通信系统需要传输的消息可能是声音 (语音、音乐等)、图片、图像或文字等; 这些消息的共同特点是具有不确定性, 或称随机性; 否则就没有需要去传输它们。信源将消息转变成适合由通信系统传输的电信号。在接收端, 信宿将接收的电信号变成适合用户需要的消息, 例如声音、图像等。通信系统的核心是发送设备、信道和接收设备。此外, 通信系统中发送设备和接收设备的元器件会产生噪声, 信道也将引入噪声。通常, 在通信系统模型中, 把这些噪声集中用一个噪声源表示。下面将分别介绍这些部分。

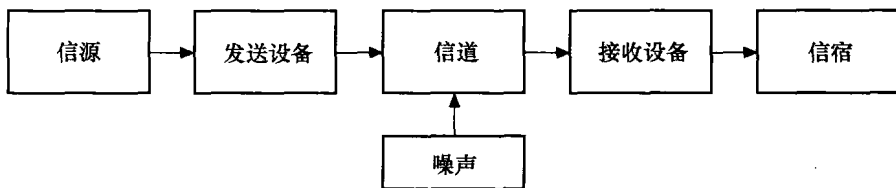


图 1-6 通信系统的基本模型

#### (1) 发送设备

发送设备将输入的电信号变成适合信道传输的形式。例如, 无线电广播电台的发射机需要将输入音频信号的频率变换到适合由天线发射的频段上。这种变换过程称为调制。调制的主要手段是使一个正弦载波的振幅、频率或相位随输入信号电压而变化。例如, 调幅

广播发射机使其发射正弦载波的振幅随输入音频电压而变化,主要目的是使发射信号的特性和信道特性相匹配;或者说,使发射信号的频率范围位于发射天线能够有效发射的频段中。调制种类的选择要考虑到信道的可用频带宽度、信道中的噪声和干扰情况以及需用的电子器件等因素。

发送设备除了调制功能外还完成其他一些任务。例如,对输入和输出信号的滤波和放大;在无线电发送设备中还必须要有发射天线,用以将信号辐射出去。

### (2) 信道和噪声

通信信道是将信号从发送设备向接收设备传送的物理媒质。在无线电通信中,信道是大气层和自由空间。有线电话的信道是铜线或光纤。信号在信道中传输会遇到衰减和干扰。衰减是指信号的功率因在信道中传输而下降。基本的干扰是由通信系统中各元器件产生的**热噪声**。在无线电信道中,还有人为噪声和自然噪声等干扰进入接收设备。汽车点火产生的干扰是一种人为噪声;闪电属于大气噪声,它是一种自然噪声。此外,无论是无线通信还是有线通信,信道中可能还有来自其他用户的干扰。上述这些噪声都是叠加在信号上的,故统称为**加性干扰或加性噪声**。

在某些无线信道中,例如,短波电离层信道和移动通信信道,**多径传播**是另外一种使信号质量降低的干扰。多径传播使信号振幅随机起伏的现象称为**衰落**。有别于加性干扰,一般将衰落称为**乘性干扰或乘性噪声**。

### (3) 接收设备

接收设备的功能是恢复接收信号中包含的消息。消息是由载波的调制载荷的。所以接收设备需要将接收信号**解调**来提取出消息。由于被解调的信号中包含各种干扰,所以解调出的消息质量必然有所降低。降低的多少和调制种类、干扰强度及解调方法有关。除了解调外,接收设备还有一些其他功能,包括滤波和抑制噪声等。

## 1.3.2 通信方式

上述通信系统是单向通信系统,但在多数场合下,需要双向通信,电话就是一个最好的例子,这时通信双方都要有发送和接收设备,都有信源和信宿,并需要双向的传输媒质,如果通信双方共用一个信道,就必须用频率或时间划分等方法来共享信道。

通常将通信双方之间的工作方式或信号传输方式称为通信方式。对于点与点之间的通信,按消息传递的方向与时间关系,通信方式可分为单工、半双工及全双工通信3种。

单工通信,是指消息只能单方向传输的工作方式,因此只占用一个信道,如图1-7(a)所示。广播、遥测、遥控、无线寻呼等就是单工通信方式的例子。

半双工通信,是指通信双方都能收发消息,但不能同时进行收和发的工作方式,如图1-7(b)所示。例如,使用同一载频的对讲机通话、使用同一载频的收发报机通报以及问询、检索、科学计算等数据通信都是半双工通信方式。

全双工通信,是指通信双方可同时收发消息的工作方式。全双工通信的信道必须是双向信道,如图1-7(c)所示。使用普通电话或手机通话都是最常见的全双工通信方式,计算机之间的高速数据通信也可能采用这种方式。



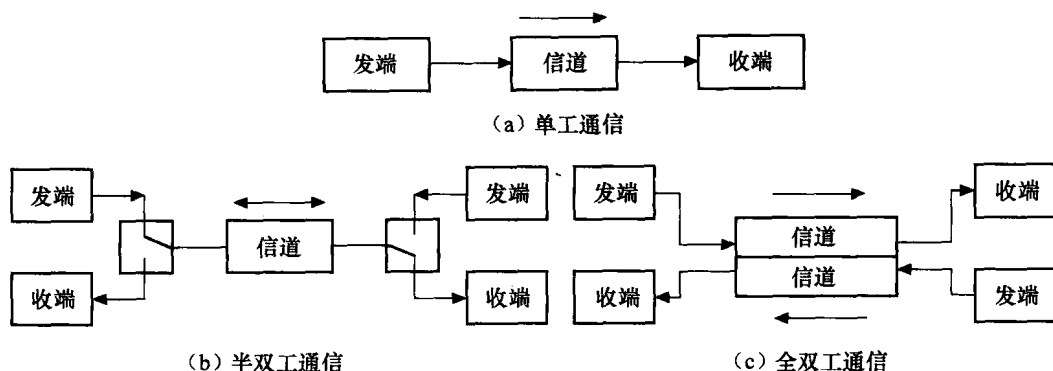


图 1-7 单工、半双工和全双工通信方式示意图

### 1.3.3 通信系统的分类

在日常生活中，可以接触到各种形式的通信系统，为了便于描述各种不同通信系统的特点，我们按照通信系统基本模型中所包含的各个组成部分的不同来对通信系统进行分类。

#### 1. 按信源输出的信息业务分类

按信源输出信息的业务类型区分，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主要通信方式之一。近年来，非话务通信发展迅速。非话务通信主要包括分组数据业务、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来进行。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。

#### 2. 按发送设备中所包含的转换装置分类

根据发送设备中是否采用调制，可将通信系统分为基带传输系统和带通（调制）传输系统。基带传输是将未经调制的信号直接传送，如音频市内电话。带通传输是对各种信号调制后传输的总称。

#### 3. 按信道中传输的信号特征分类

按照信道中所传输的是模拟信号还是数字信号，相应地把通信系统分成模拟通信系统和数字通信系统。

#### 4. 按信道中的传输媒质分类

按信道中的传输媒质区分，通信系统可分为有线通信系统和无线通信系统两大类。所谓有线通信是用导线（如架空明线、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、海底电缆通信就是有线通信的例子。所谓无线通信是依靠电磁波在空间传播达到传递消息的目的，如依靠短波电离层传播、微波视距传播、卫星中