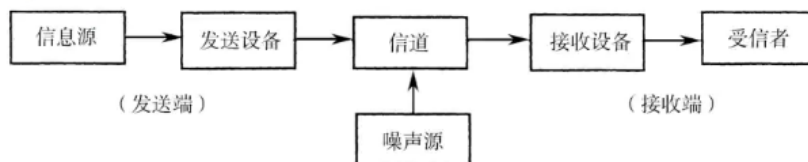


# 现代通信原理

## 1. 通信系统的一般模型



信息源（简称信源）：把各种消息转换成原始电信号，如麦克风。信源可分为模拟信源和数字信源。

发送设备：产生适合于在信道中传输的信号。

信道：将来自发送设备的信号传送到接收端的物理媒质。分为有线信道和无线信道两大类。

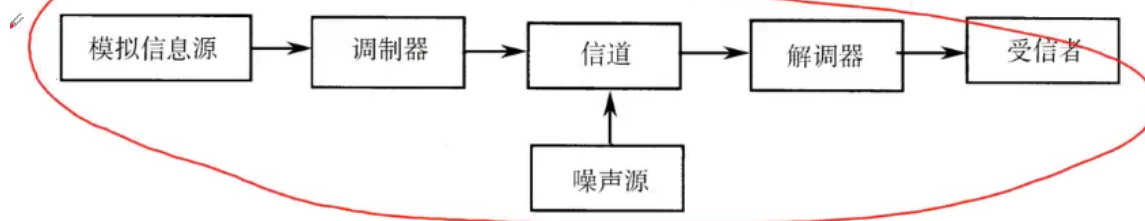
噪声源：集中表示分布于通信系统中各处的噪声。

接收设备：从受到减损的接收信号中正确恢复出原始电信号。

受信者（信宿）：把原始电信号还原成相应的消息，如扬声器等。

## 2. 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：



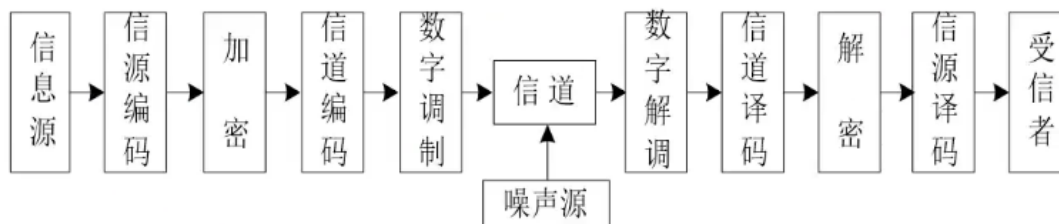
两种变换：

模拟消息  $\Leftrightarrow$  原始电信号（基带信号）

基带信号  $\Leftrightarrow$  已调信号（带通信号）

### 3.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



信源编码与译码目的：提高信息传输的有效性；完成模/数转换

信道编码与译码目的：增强抗干扰能力

加密与解密目的：保证所传信息的安全

数字调制与解调目的：形成适合在信道中传输的带通信号

同步目的：使收发两端的信号在时间上保持步调一致

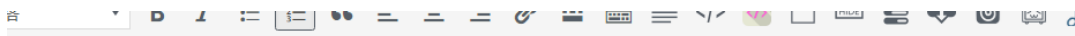
## 确知信号

是指在任何时候的取值都是确定的和可预知的信号（可分为周期信号和非周期信号）

### 确知信号的性质：

1. 频域性质：频域是频率域的简称，频域性质指信号的频率特性。

2. 时域性质



## 现代通信原理

image-20201119200426268

image-20201119200500256

image-20201119200546339

知信号

指在任何时候的取值都是确定的和可预知的信号（可分为周期信号和非周期信号）

知信号的性质：

1. 频域性质：频域是频率域的简称，频域性质指信号的频率特性。

2. 时域性质

在信息论中，消息所含的信息量I与消息x出现的概率P(x)的关系式为

$$I = \log_a \frac{1}{p(x)} = -\log_a p(x)$$

I代表两种含义:当事件X发生以前，表示事件x发生的不确定性;当事件x发生以后，表示事件x所含有(或所提供)的信息量。

## Zigbee 开发技术及实践--模拟试题

### 一、填空题

- 1、一个 ZigBee 网络由一个协调器节点、多个路由器和多个终端设备组成。
- 2、ZigBee 的安全性比较高，其加密技术采用 128 位 AES 加密算法。
- 3、ZigBee 技术的网络拓扑结构主要有星型网络、网状型网络、树型网络。
- 4、ZigBee 中每个协调点最多可连接 255 个节点，一个 ZigBee 网络最多可连接 255 个协调点。

### 二、选择题

[例1.2]某信息源的符号集由A, B, C, D和E组成,设每一符号独立出现,其出现概率分别为1/4, 1/8, 1/8, 3/16和5/16。试求该信息源符号的平均信息量。

解：该信息源符号的平均信息量为

$$\begin{aligned} H(x) &= - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 p(x_i) \\ &= - \frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} - 2 \times \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{3}{16} \log_2 \frac{3}{16} - \frac{5}{16} \log_2 \frac{5}{16} = 2.23 \text{ bit/符号} \end{aligned}$$

以上我们讨论了离散消息的度量。类似，关于连续消息的信息量可用概率密度来描述。可以证明，连续消息的平均信息量（相对熵）为

$$H_c(x) = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \log_a f(x) \quad (1.3)$$

式中， $f(x)$  是连续消息出现的概率密度。有兴趣的读者，可参考信息论有关专著。

## 数字通信系统的主要性能指标

### 1. 有效性指标

数字通信系统的有效性指标用传输速率和频带利用率来表征。

### 2. 传输速率

传输速率有两种表示方法:码元传输速率R和信息传输速率R。

码元传输速率R简称传码率，又称符号速率等。它表示单位时间内传输码元的数目，单位是波特(Baud)记为B。信息传输速率R,简称传信率，又称比特率等。它是指系统每秒钟传送的信息量，单位是比特/秒，常用符号bit/s、bps或b/s表示。

在  $N$  进制下，设信息速率为  $R_b$  (**bit/s**)，码元速率为  $R_{BN}$  (**Baud**)，由于每个码元或符号通常都含有一定比特的信息量，因此码元速率和信息速率有确定的关系，即

$$R_b = R_{BN} H(x) \quad (\text{bit/s}) \quad (1.5)$$

式中， $H(x)$  为信源中每个符号所含的平均信息量（熵）。当离散信源的每一符号等概率出现时，熵有最大值为  $\log_2 N$  (**bit/符号**)

信息速率也达到最大，即

$$R_b = R_{BN} \log_2 N \quad (\text{bit/s}) \quad (1.6)$$

$$R_{BN} = \frac{R_b}{\log_2 N} \quad (\text{Baud}) \quad (1.7)$$

码元频带利用率是指单位频带内的码元传输速率，即

$$\eta = \frac{R_B}{B} \quad (\text{Baud/Hz}) \quad (1.8)$$

信息频带利用率是指每秒钟在单位频带上传输的信息量，即

$$\eta = \frac{R_b}{B} \quad \text{bit/(s} \cdot \text{Hz)} \quad (1.9)$$

[例1.3] 设一信息源的输出由128个不同符号组成。其中16个出现的概率为1/32，其余112个出现概率为1/224。信息源每秒发出1000个符号，且每个符号彼此独立。试计算该信息源的平均信息速率。

解：每个符号的平均信息量为

$$\begin{aligned} H(x) &= 16 \times \frac{1}{32} \log_2 32 + 112 \times \frac{1}{224} \log_2 224 \\ &= 6.404 \text{ bit/符号} \end{aligned}$$

已知码元速率  $R_B = 1000 \text{ Baud}$   
故该信息源的平均信息速率为

$$R_b = R_B \cdot H(x) = 6404 \text{ bit/s}$$

〔例 1.4〕 已知某八进制数字通信系统的信息速率为 **3000bit/s**，在收端 **10** 分钟内共测得出现 **18** 个错误码元，试求该系统的误码率。

$$R_b = 3000 \text{ bit/s}$$

解：依题意  $R_{B8} = R_b / \log_2 8 = 1000 \text{ Baud}$

则

由式 (1.10) 得系统的误码率  $P_e = \frac{18}{1000 \times 10 \times 60} = 3 \times 10^{-5}$

## 1.7 通信系统运载信息的能力

信息是通过信道传输的，如果信道受到加性高斯白噪声的干扰，传输信号的功率和带宽又受到限制，这是信道的传输能力如何？这个问题，香农在信息论中给出了回答：

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) (\text{bit/s}), \text{ 其中 } N = n_0 B$$

因此，香农公式的另一种形式是：

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{n_0 B} \right) (\text{bit/s})$$

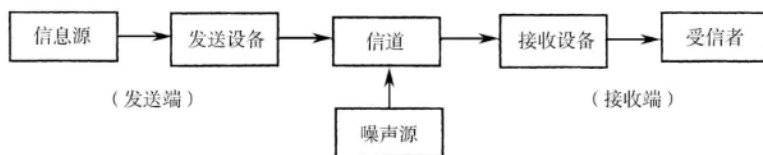
## 复习

填空：

1. 数字通信系统可进一步分为**数字频带通信系统**和**数字基带通信系统**。

简答：

## 1. 通信系统的一般模型



信息源（简称信源）：把各种消息转换成原始电信号，如麦克风。信源可分为模拟信源和数字信源。

发送设备：产生适合于在信道中传输的信号。

信道：将来自发送设备的信号传送到接收端的物理媒质。分为有线信道和无线信道两大类。

噪声源：集中表示分布于通信系统中各处的噪声。

接收设备：从受到减损的接收信号中正确恢复出原始电信号。

受信者（信宿）：把原始电信号还原成相应的消息，如扬声器等。

## 通信系统的分类

信道中传输的信号是否经过调制:可将通信系统分为**基带传输系统**和**频带（调制）传输系统**。

信道中传输的信号特征:**模拟调制系统，数字调制系统**。

信道中传输的传输媒质:**有线通信系统，无线通信系统**

信源输出的信息业务：**有业务通信和非业务通信**

