

第4章 信道

4.0 信道的定义及分类

4.1 无线信道

4.2 有线信道

4.3 信道数学模型

4.4 信道特征及其对信号传播的影响

4.5 信道中的噪声

4.6 信道容量

小结 思索题

4.5 信道中的噪声

- ✓ 噪声是生活中出现频率颇高的一种词，也是通信领域中与信号齐名的高频度术语。
- ✓ 通信中所谓的噪声是一种不携带有用信息的电信号，是对有用信号以外的一切信号的统称。不携带有用信息的信号就是噪声。
- ✓ 噪声是相对于有用信号而言的，一种信号在某种场合是有用信号，而在另一种场合就有可能成为噪声。

噪声也称为加性干扰。

一、噪声的分类

1、根据噪声的起源：**人为噪声**和**自然噪声**

➤ **人为噪声**：人为噪声起源于人类的多种活动，人为原因引起的噪声，如电焊产生的电火花、车辆或多种机械设备运营时产生的电磁波和电源的波动，尤其是为某种目的而专门设置的干扰源(如电子对抗)。

➤ 自然噪声：

- 自然界存在的多种电磁波辐射（例如：闪电、雷击、大气中的电暴和多种宇宙噪声等）
- 热噪声：起源于一切电阻性元器件中电子的热运动。

频率范围：均匀分布在大约 $0 \sim 10^{12}$ Hz。

热噪声电压有效值：

$$V = \sqrt{4kTRB} \quad (\text{V})$$

式中： $k = 1.38 \times 10^{-23}$ (J/K) T — 热力学温度(K)
 R — 阻值 (Ω) ; B — 带宽 (Hz) 。

性质：**高斯白噪声**。

2、根据噪声性质

常见的随机噪声可分为：**脉冲噪声**、**窄带噪声**和**起伏噪声**。

➤ **脉冲噪声** 脉冲噪声是突发出现的幅度高而连续时间短的离散脉冲。

特点：其突发的脉冲幅度大，但连续时间短，且相邻突发脉冲之间往往有较长的平静时段。

频谱：有较宽的频谱（从甚低频到高频），但频率越高，其频谱强度就越小。

起源：机电互换机和多种电气干扰，雷电干扰、电火花干扰、电力线感应等。

➤ 窄带噪声

来自相邻电台或其他电子设备，其频谱或频率位置一般是确知的或能够测知的。能够看作是一种非所需的连续的已调正弦波。

➤ 起伏噪声

起伏噪声是以热噪声、电子管内产生的散弹噪声及宇宙噪声为代表的噪声。这些噪声的特点是，不论在时域内还是在频域内他们总是普遍存在和不可防止的。



起伏噪声

在上述诸多噪声中，以起伏噪声为加性噪声的经典代表。其主要特征是：**在时域、频域均普遍存在，切不可不免。**在后来分析系统的抗噪声性能时，信道加入的噪声即为起伏噪声。

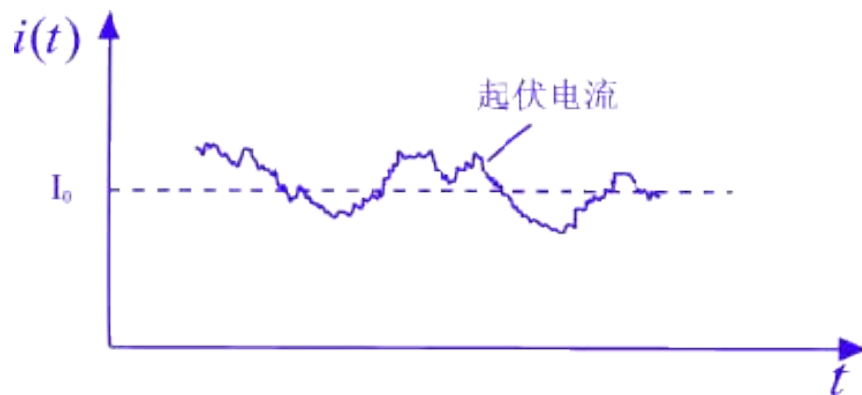
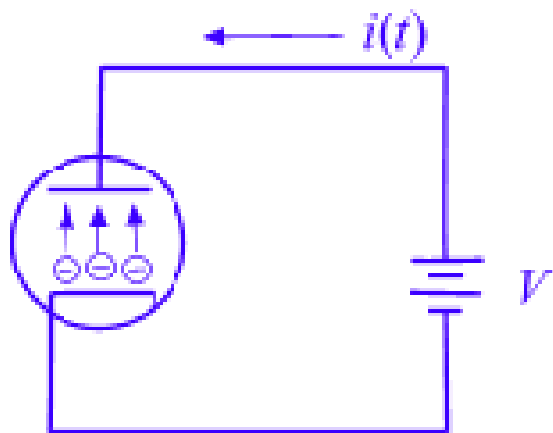
1、热噪声

是在电阻一类导体中，自由电子的布朗运动引起的噪声

2、散弹噪声

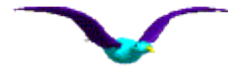
散弹噪声是由真空电子管和半导体器件中电子发射的不均匀性引起的。

在给定的温度下，发射电子所形成的电流并不是固定不变的，而是在一种平均值上起伏变化，总电流是一种高斯随机过程。



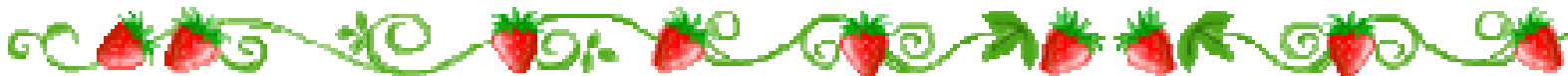
3、宇宙噪声

宇宙噪声是指天体辐射波对接受机形成的噪声。它在整个空间的分布是不均匀的，最强的来自银河系的中部，其强度与季节、频率等原因有关。实践证明宇宙噪声的统计特征服从高斯分布律，在一般的工作频率范围内，它也具有平坦的功率谱密度。



- **概率论的极限中心定理：大量相互独立的、均匀的微小随机变量的总和趋于服从高斯分布。对于随机过程也是如此。**
- **不论是散弹噪声、热噪声，还是宇宙噪声，它们都可以为是一种高斯噪声，且在相当宽的频率范围内具有平坦的功率谱密度。假如噪声在整个频率范围内具有平坦的功率谱密度，则称其为白噪声，所以，上述三种起伏噪声经常被近似地表述成高斯白噪声。**

-
- 大量观察表白，高斯噪声一直存在于任何一种信道中。
 - 通信系统模型中的噪声源是分散在通信系统各处的噪声的集中表达。为使分析问题简要，一律把起伏噪声定义为高斯白噪声。



二、窄带高斯噪声

➤ 窄带噪声

- 起伏噪声本身是一种频谱很宽的噪声，经过通信系统时，使其频谱特征发生变化。
- 一种通信系统的线性部分能够用线性网络来描述，一般具有带通特征。
- 宽带起伏噪声经过带通特征网络时，输出噪声就变为带通型噪声。假如线性网络具有窄带特征，则输出噪声为窄带噪声。



➤ 窄带高斯噪声

假如输入噪声是高斯噪声，则输出噪声就是带通型(或窄带)高斯噪声。在我们研究调制解调问题时，解调器输入端噪声一般都能够表达为窄带高斯噪声。

➤ 窄带高斯噪声功率

$$P_n = \int_{-\infty}^{\infty} P_n(f) df$$

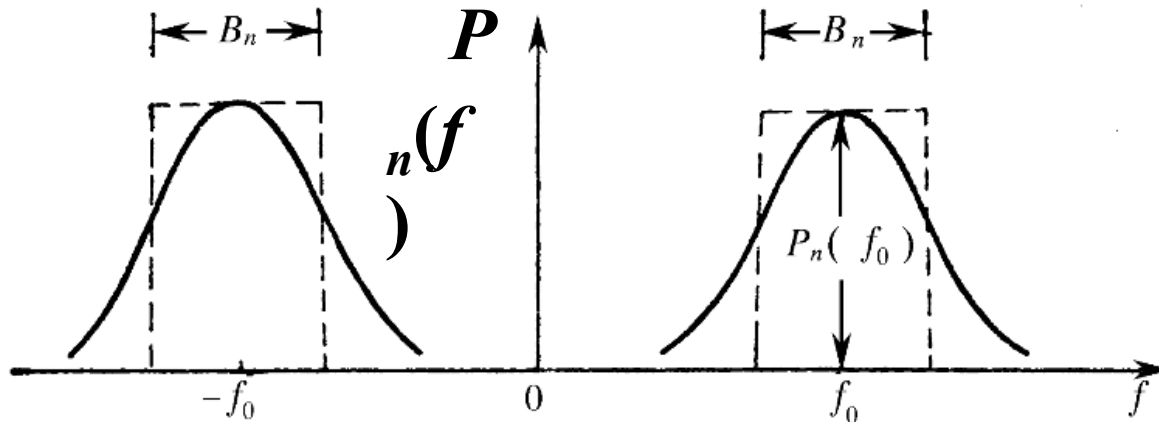
式中 $P_n(f)$ — 双边噪声功率谱密度

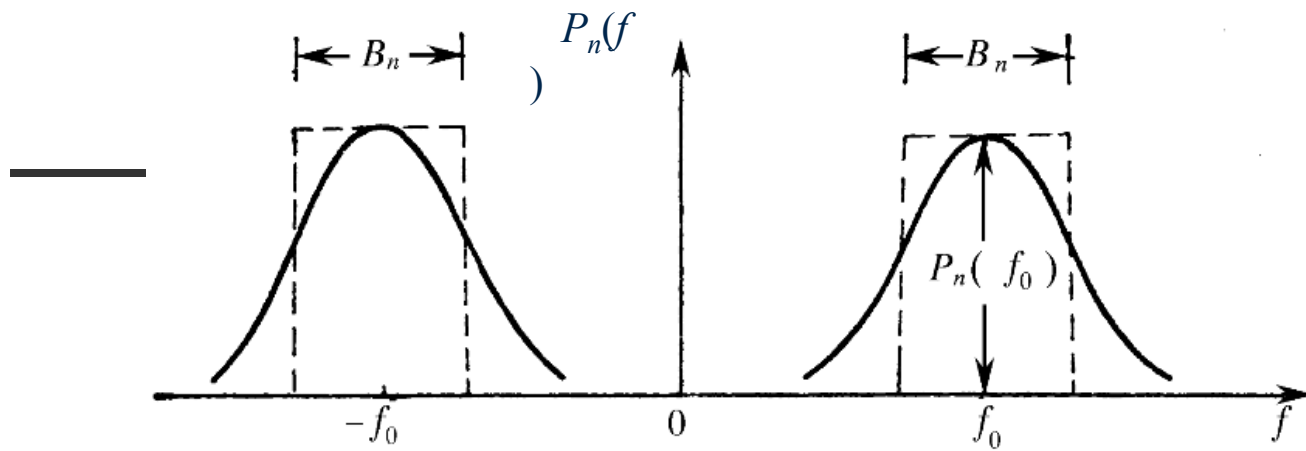


➤带通型噪声的频谱具有一定的宽度，噪声的带宽能够用不同的定义来描述。为便于分析噪声功率，常用噪声**等效带宽**来描述。

设带通型噪声的功率谱密度为 $P_n(f)$ ，则噪声等效带宽定义为：

$$B_n = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} P_n(f) df}{2P_n(f_0)} = \frac{\int_0^{\infty} P_n(f) df}{P_n(f_0)}$$

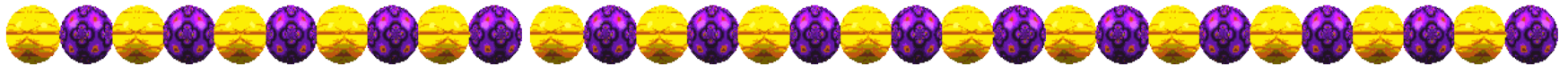




噪声等效带宽的物理概念：

以等效带宽作一矩形滤波特征，则经过此特征滤波器的噪声功率，等于经过实际滤波器的噪声功率。

在背面讨论通信系统的性能时，能够以为窄带噪声的功率谱密度在带宽 B_n 内是恒定的。



4.6 信道容量的概念

信道容量：指信道能够传播的最大平均信息速率(信道中信息无差错传播的最大速率)

4.6.1 离散信道容量

两种不同的度量单位：

C — 每个符号能够传播的平均信息量最大值

C_t — 单位时间(秒)内能够传播的平均信息量

最大值

两者之间能够互换

1、计算离散信道容量的信道模型

发送符号： x_1, x_2, \dots, x_n

接受符号： y_1, y_2, \dots, y_m

$P(x_i)$ = 发送符号 x_i 的出现概率

$i = 1, 2, \dots, n$;

$P(y_j)$ = 收到 y_j 的概率,

$j = 1, 2, \dots, m$

$P(y_j/x_i)$ = 转移概率, 即发送 x_i 的条件下收到 y_j 的条件概率

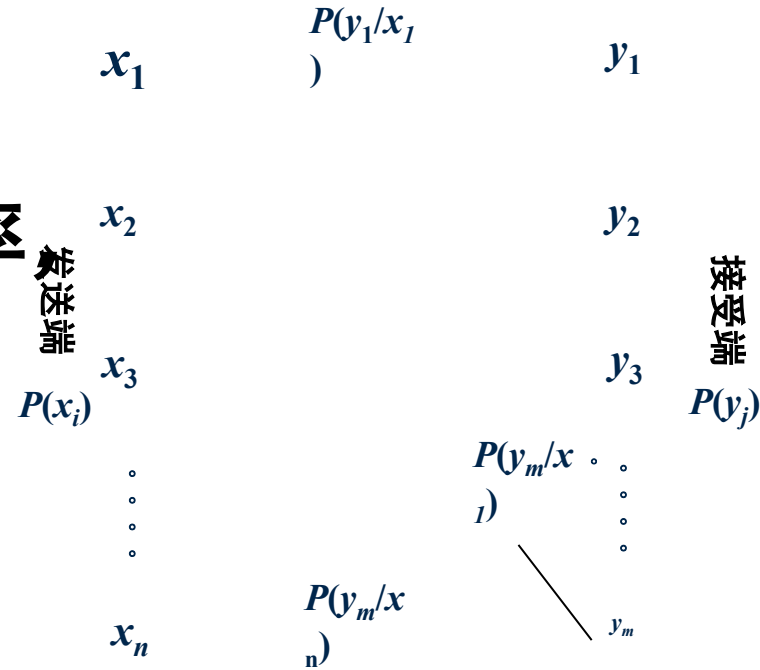


图4-21 信道模型

2、计算收到一种符号时取得的平均信息量

●从信息量的概念得知：发送 x_i 时收到 y_j 所取得的信息量等于发送 x_i 前接受端对 x_i 的不拟定程度(x_i 的信息量)减去收到 y_j 后接受端对 x_i 的不拟定程度。

●发送 x_i 时收到 y_j 所取得的信息量

$$= -\log_2 P(x_i) - [-\log_2 P(x_i$$

$/y_j)]$

- 对全部的 x_i 和 y_j 取统计平均值，得出收到一种符号时取得的平均信息量：

$$-\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i) - \left[-\sum_{j=1}^m P(y_j) \sum_{i=1}^n P(x_i / y_j) \log_2 P(x_i / y_j) \right]$$

$$= H(x) - H(x / y)$$

式中： $H(x) = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i)$

— 为每个符号 x_i 的平均信息量，称为信源的熵。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/365314104323011330>