

第二章 信道

重点：信道的模型、平稳随机过程的遍历性、窄带高斯噪声、信道容量

难点：信道的模型、窄带高斯噪声

信道是通信系统不可少的组成部分，信道特性直接影响通信质量。噪声以多种形式存在于信道之间。

2.1 信道的定义和分类

将扩大范围信道称为广义信道，把仅包括传输媒介的信道称为狭义信道。模拟通信系统中，调制信道范围是从调制器的输出端到解调器的输入端。数字通信系统中，编码信道范围是从编码器的输出端至译码器的输入端。调制信道和编码信道的划分如图 2.1-1 所示。

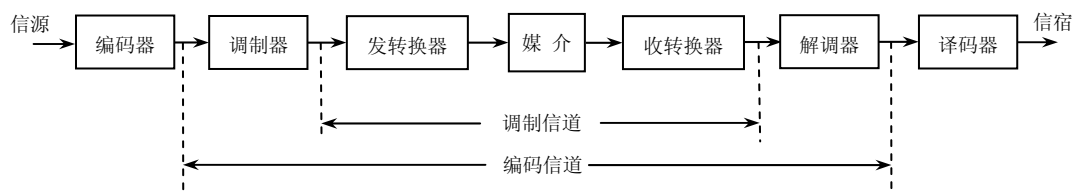


图 2.1-1 调制信道和编码信道的划分

2.2 信道模型

调制信道属于模拟信道，

信道还可分为恒参信道和变参信道。恒参信道信道参数不随时间变化，

编码信道包括调制信道、调制器以及解调器，对所传输的数字信号的影响表现在数字序列的变化上，常用数字信号转换概率描述。

2.3 恒参信道

恒参信道是非时变线性网络，传输特性用幅度-频率及相位-频率特性表示。

2.4 变参信道

变参信道传输媒介参数随气象条件和时间的变化而随机变化，称这种衰落为慢衰落。慢衰

落可通过调节设备的增益来补偿。

由发射点出发的电波可能经多条路径到达接收点，称为多径传播，

由于各条路径衰减和时延随时间变化，接收点合成信号的强弱必然随时间变化，这种现象是多径效应。由多径效应引起的信号变化比慢衰落快得多，称为快衰落。

在多径传播时，由于各条路径的等效网络传播函数不同，于是各网络对不同频率的信号衰减也就不同的，这就使接收点合成信号的频谱中某些分量衰减特别严重，称为频率选择性衰落。

由于多径传播，使到达接收点的各路径信号的波形时延不同。使原发送信号波形在收端合成时被展宽，称为时间弥散。时间弥散对数字信号影响严重，可能出现码间串扰。

为了抗快衰落，通常采用分集接收。

2.5 随机过程的基本概念^{*}

通信系统中讨论的起伏噪声具有随机特性，称为随机噪声。

2.5.1 随机过程的定义

设几台性能完全相同的接收机测试输出噪声。若测试条件相同，用记录仪同时记录各接收机输出噪声，得图 2.5-1 噪声波形。每条曲线都是一个随机起伏的时间函数。把这些时间函数的集合称为一个随机过程。把通过一次观察(或记录)得到的曲线，称为随机过程的一个实现(或叫样本函数)。因此随机过程是所有样本函数的集合。

2.5.2 随机过程的统计特性

随机变量的统计特性，可用分布函数或概率密度函数来描述、分布函数、随机过程数学期望、自相关函数

2.5.4 平稳随机过程

$X(t)$ 是一个随机过程，如果它的 n 维概率密度函数(或 n 维分布函数) $p_n(x_1, x_2, \dots, x_n; t_1, t_2, \dots, t_n)$ 与时间起点无关

若一个随机过程的数学期望及方差与时间无关，而自相关函数仅与时间差有关，称为广义平稳随机过程。

2.5.4 平稳随机过程的遍历性(各态历经性)

随机过程的统计特征可用“统计平均”和“时间平均”来表述。对随机过程 $X(t)$ 的某一特定时刻不同实现的可能取值，用统计方法得出的种种平均值叫统计平均。对随机过程 $X(t)$ 的某一特征实现，用数学分析方法对时间求平均得出的种种平均值叫时间平均。

2.5.5 随机过程通过线性系统

2.5.6 平稳随机过程通过乘法器

2.6 信道的加性噪声

噪声指通信系统中有用信号以外的有害干扰信号，把周期性、规律的有害信号称干扰，把其它有害信号称噪声。

信道中加性噪声(简称噪声)主要来源于三个方面：(1) 人为噪声，(2) 自然噪声，(3) 内

部噪声

人为噪声主要来自各种电气设备所产生的工业干扰和邻台干扰，可以消除。

自然噪声来源于自然界存在的各种电磁波源，难于消除。

内部噪声来源于通信系统的内部，又称为起伏噪声、随机噪声。不能消除。

散弹噪声又称散粒噪声，是由真空和半导体器件中电子发射的不均匀性引起的。

热噪声是由电子在类似于电阻一类的导体中随机热骚动引起的。

白噪声白噪声是指它的功率谱密度在全频域 $(-\infty, \infty)$ 是常数，即：

窄带高斯噪声

窄带网络的带宽 W 远远小于其中心频率 ω_0 。当高斯白噪声通过窄带网络时，输出噪声只集中在中心频率 ω_0 附近的带宽 W 之内，称这种噪声为窄带高斯噪声，窄带噪声的功率谱及波形如图 2.6-2 所示。

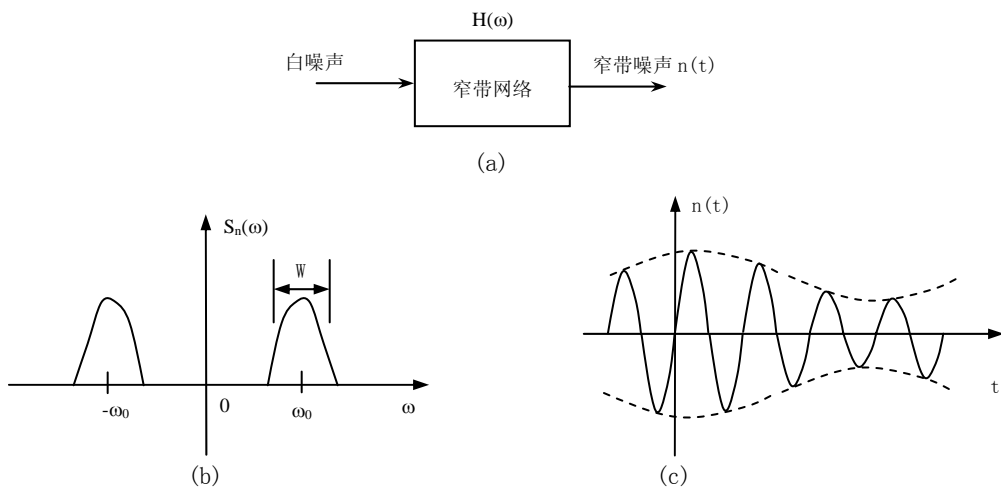


图 2.6-2 窄带噪声的功率谱及波形示意图 其它

2.7 信道容量

香农公式

$$C = B \log_2(1 + S/N) \quad \text{比特/秒} \quad (2.7 - 1)$$

C —信道容量，是指信道可能传输的最大信息速率，是信道能够达到的最大传输能力； B —信道带宽， S —信号的平均功率， N —白噪声的平均功率， S/N —信噪比。

由香农公式可得四条结论