

### 知识点Z4.28

# 白噪声功率谱密度的估计

#### 主要内容:

- 1.白噪声
- 2.自相关函数和功率谱密度

#### 基本要求:

- 1.了解白噪声的基本概念
- 2.了解利用自相关函数进行白噪声功率谱密度估计的方法



### Z4.28\*案例：白噪声功率谱密度的估计

对于随机信号，由于不能直接用频谱表示，但是可以利用自相关函数求其功率谱密度，借助功率谱描述随机信号的频域特性。白噪声是一种典型的随机信号。

白噪声(white noise)是指功率谱密度在整个频域内均匀分布的随机噪声。

通信中的白噪声主要包含三类：（1）无源器件,如电阻、馈线等类导体中电子布朗运动引起的热噪声；（2）有源器件,如真空电子管和半导体器件中由于电子发射的不均匀性引起的散粒噪声；（3）宇宙天体辐射波对接收机形成的宇宙噪声。其中前两类是主要的。



**例.** 白噪声对所有的频率其功率密度谱都是常数,

$$P_N(\omega) = N, -\infty < \omega < \infty$$

求其自相关函数。

**解:** 根据维纳-欣钦关系, 可得白噪声的自相关函数

$$R_N(\tau) = F^{-1}[P_N(\omega)] = N\delta(\tau)$$

可见, 白噪声信号的自相关函数是冲激信号, 这表明白噪声在各时刻取值杂乱无章, 没有任何相关性, 因而对 $\tau \neq 0$ 的所有时刻 $R_N(\tau)$ 都为0, 仅在 $\tau=0$ 时刻为强度为N的冲激。



**说明：**白噪声是一种理想化的信号模型，具有无限带宽，实际不可能存在。因为白噪声的平均功率为无穷大，这在物理上是不可实现的。

$$P = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P(\omega) d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} N d\omega \rightarrow \infty$$

然而，白噪声在数学处理上比较方便，因此它是系统分析的有力工具。不过在工程中，只要噪声信号保持**常数功率谱的带宽远大于它所作用线性系统的通频带**，那么即可将此噪声视为白噪声。

例如，**热噪声**和**散粒噪声**在很宽的频率范围内具有均匀的功率谱密度，通常可以认为它们是白噪声。



**例：**利用MATLAB产生白噪声并进行功率谱密度估计。

**解：** %生成高斯白噪声序列

```
randn('state',0)
NFFT=1024;      %NFFT为取样点数
Fs=10000;       %Fs为取样频率
t=(0:NFFT-1)/Fs; %时间
y=randn(NFFT,1); %产生高斯白噪声，2*pi为其功率。
figure(1);
subplot(3,1,1); plot(t,y); grid on; title('白噪声波形');
```

%计算白噪声的自相关函数

```
[cory,lags]=xcorr(y,200,'unbiased'); %自相关函数(无偏差的)， cory为自相关函数，
lag为自相关函数的长度。
```

```
subplot(3,1,2);
plot(lags,cory); grid on; title('白噪声相关函数');
```

%估计功率谱密度

```
f=fft(cory);      %对自相关系数进行傅里叶变换：即功率谱密度。
k=abs(f);         % k是cory傅里叶变换的幅值。
fl=(0:length(k)-1)*Fs/length(k); %fl为fc的长度。
subplot(3,1,3)
plot(fl,k); grid on; title('白噪声功率谱');
```



Matlab白噪声功率谱密度估计仿真结果:

