**实验一：MATLAB回顾、信号分析及信道模拟**

**一、实验目的**

1. 熟悉MATLAB开发环境、掌握MATLAB基本运算操作；

2. 熟悉和了解MATLAB图形绘制基本指令；

3. 熟悉使用MATLAB分析信号频谱的过程；

4. 掌握加性白高斯噪声信道模型

**二、实验原理**

**1. MATLAB矩阵运算**

1.1 基本运算符

算符“+”、“-”、“ \* ”、“ \ ”、“ / ”、“ ^ ”分别实现矩阵的加、减、乘、左除、右除、求幂运算。算符 “.\* ”、“.\ ”、“./ ”、“.^ ”分别实现“元素对元素”的数组乘、左除、右除、求幂运算。算符“ ’ ”、“ .’ ” 分别实现矩阵的共轭转置、非共轭转置。

1.2 关系运算符

MATLAB 提供了 6 种关系运算符：<(小于)、<=(小于或等于)、>(大于)、>=(大于或等于)、==(等于)、～=(不等于)。它们的含义不难理解，但要注意其书写方法与数学中的不等式符号不尽相同。

**2. 常用的MATLAB函数**

2.1 随机数产生类

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 函数名 | 注释 | 函数名 | 注释 |
| randn | 产生标准正态随机变量 | rand | 产生0~1之间的均匀分布随机变量 |
| randnperm | 产生随机的排序 | hist | 对矢量自动进行直方图统计 |

2.2 数学函数类

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 函数名 | 注释 | 函数名 | 注释 |
| acos(x) | 反余弦函数 | cos(x) | 余弦函数 |
| acot(x) | 反余切函数 | cot(x) | 余切函数 |
| asin(x) | 反正弦函数 | sin(x) | 正弦函数 |
| atan(x) | 反正切函数 | tan(x) | 正切函数 |
| exp(x) | 自然指数函数 | sqrt(x) | 根号函数 |
| log(x) | 自然对数函数 | floor(x) | 向下取整数 |
| log2(x) | 以2为底的对数函数 | ceil(x) | 向上取整数 |
| log10(x) | 以10为底的对数函数 | round(x) | 四舍五入函数 |

2.3 绘图类函数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 函数名 | 注释 | 函数名 | 注释 |
| plot | 打印图形 | xlabel | 标注横轴 |
| subplot | 打印子图 | ylabel | 标注纵轴 |
| legend | 图的注释 | title | 图的标题 |
| semilogy | 打印图形，纵轴为对数 | hold | 图是否重叠打印 |

1. **确知类信号分析--信号的傅里叶变换及其反变换**

计算信号的离散傅里叶变换在数字信号处理中有一种高效算法，即快速傅里叶变换 FFT，Matlab 中也有专门的工具，下面简要介绍：

fft(x)：x 是离散信号，或对模拟信号取样后的离散值。

ifft(x)：x 是对信号进行快速傅里叶变换后的离散谱。

源代码一： 利用fft,fftshift定义函数 T2F 计算信号的傅立叶变换

function [f,sf]=T2F(t,st)% 该子函数需要两个参数t和st，t—离散时间，st—离散信号

dt=t(2)-t(1) ;% 时间分辨率 T=t(end) ;

df=1/T ;% 频率分辨率

N=length(st) ;% 离散傅立叶变换长度

f=-N/2\*df :df :N/2\*df-df ;% 设定频谱区间，注意要关于原点对称，共有N个点，包括0点，故要减去一个 df

sf=fft(st);

sf=T/N\*fftshift(sf);% 信号的频谱与离散傅立叶变换之间的关系，fftshift(x)是将信号的频谱x进行移位，与原点对称

源代码二： 利用ifft,fftshift定义函数 T2F 计算信号的傅立叶反变换

function [t,st]= F2T (f,sf) % f—离散的频率；sf—信号的频谱

df=f(2)-f(1) ; % 频率分辨率

Fmx=f(end)-f(1)+df ;% 频率区间长度

dt=1/Fmx ; % 已知频率区间长度时，求时间分辨率，由前面频率分辨率公式△f=df=1/T， T=dt\*N，得到△f=df=1/(dt\*N)，故dt=1/(df\*N)=1/Fmx，即时间分辨率

N=length(sf) ;

T=dt\*N; % 信号持续时间

t=0:dt:T-dt; % 离散傅立叶反变换，是T2F的逆过程

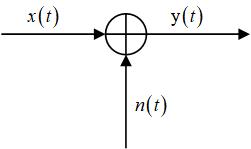
sff=fftshift(sf); % 把对称的频谱进行平移，平移后同T2F中的sf

st=Fmx\*ifft(sff); % 由于T2F中求信号频谱在DFT基础上乘了一个因子T/N，反变换求信号时要乘以其倒数即N/T＝1/dt，正好等于Fmx

**4.连续信道模型**

连续信道模型是针对输入为连续信号，输出也为连续信号的情况，常用的连续信道模型包括加性高斯白噪声（AWGN）信道和多径信道（多径信道不要求掌握）。AWGN信道可由如下公式描述：





其中是一个高斯过程，在很宽的频带内，可以将看成是一个白（即功率谱密度是常数）的随机噪声。通常用AWGN信道模型来等效一些恒参信道，如卫星通信信道、光纤信道、同轴电缆信道。

例：产生一个(0,1)上均匀分布的白噪声信号

clear;% 清除内存中可能保留的 MATLAB 变量

N=500000;% 的长度

u=rand(1,N);% 调用 rand，得到均匀分布的随机数

u\_mean=mean(u);% 求均值

power\_u=var(u);% 求方差

subplot(211)

plot(u(1:100));

grid on;%在一个图上分上下两个子图

ylabel('u(n) ');% 给y轴加坐标

xlabel('n'); % 给x轴加坐标

subplot(212)

hist(u,50); % 对做直方图，检验其分布，50 是对取值范围[0 1]均分等分 50 份

grid on;% 网格

ylabel('histogram of u(n) ');

**5．基带信号波形生成和其功率谱密度**

5.1．波形生成

要画出完整的波形，每一个码元要采n个样，如果一个N个码元的0、1序列 x，要画出它的矩形脉冲波形，可以用如下方法完成。

例：产生一个 N 码元，每码元采样n个的 0、1 序列.

N=10000; % 二进制序列的长度

dsource =(sign(rand(1,N)-0.5+eps)+1)/2; % 生成N码元的0、1序列

n=10; % 每周期采样数为10

temp1=ones(1,n);% 表示1码

temp0=zeros(1,n);% 表示0码

new\_dsource=[];

for i=1:length(dsource)

if dsource(i)==0

new\_dsource=[new\_dsource temp0];

else

new\_dsource=[new\_dsource temp1];

end

end

T=0.10; % 每码元周期

t=0:T/n:T/n\*(length(new\_dsource)-1); % 时间轴，new\_dsource序号从1开始 到(length(new\_dsource)，而t是从0开始，故要减去1

plot(t,new\_dsource) axis([min(t)-0.01,max(t)+0.01,min(new\_dsource)-0.01,max(new\_dsource)+0.01])

5.2．信号的功率谱密度

信号的功率谱密度为：，因此可以用如下方法求解信号的功率谱密度。

例：求叠加了高斯噪声的余弦信号的功率谱密度。

clear all

t = 0:0.001:0.6; % 时域信号的时间范围

x = 0.4\*cos(2\*pi\*50\*t); % 余弦信号

y = x + randn(size(t)); % 余弦信号+噪声

subplot(2,1,1);

plot(t(1:100),y(1:100));

title('0均值的随机信号')

xlabel('时间 (秒)')

Nf=length(t);

Y = fft(y,Nf);% 求有限长（余弦+噪声）信号的傅里叶变换

Pyy=abs(Y).^2/Nf; % 求傅里叶变换模平方的均值

f = 1000\*(0:(Nf-1)/2)/Nf;% 得到频率轴，1000=1/dt，频率区间长度，见第二章定义，这里只画出了正半轴，注意区间长度

subplot(2,1,2);

plot(f,Pyy(1:((Nf-1)/2+1)));% 注意区间长度

title('信号的功率谱密度');

xlabel('频率(Hz)')

**三、实验内容**

1. 采用图形保持，在同一坐标上的 区间内，绘制曲线  和 ，并给图形添加图形标注。

2. 产生一个均值为0，方差为0.1，服从高斯分布的白噪声信号，画出信号波形及该序列的柱状图。

3. 求信号叠加均值为0，方差为1的高斯噪声信号后所得信号的时域波形图及频谱。（注：时间取[0,0.6],采样点数。）

4. 调制信号为，利用AM方式调制，载波为，直流分量为，假如不考虑解调器，接收端输入信噪比为10dB，其中噪声功率为1，请分别画出经过AWGN信道前后的已调信号的时域波形图及频谱；假设接收信号经过理想带通滤波器后进入解调器，此时解调器输入信噪比为10dB，那么此时理想带通滤波器带宽应为多少？对应的噪声功率为多少？请求出对应的噪声功率，并分别画出经过AWGN信道前后的已调信号的时域波形图及频谱。（注1：时间取[0,0.6],采样点数。注2：在实验分析中说明噪声信号的产生过程。注3：有关解调器输入信噪比的详细说明请参考《matlab实验参考资料》p36。）

**四、实验要求**

1. 每次完成实验后按要求完成实验报告，实验报告格式如下：

|  |
| --- |
| 一、实验目的 |
| 二、实验内容 |
| 三、实验程序（标明代码注释） |
| 四、实验结果（图形添加标题） |
| 五、实验分析（分析现象及原因） |

2.实验报告满分5分，最终实验成绩根据报告内容进行评定，请注意逾期提交报告或报告格式不符合要求都将影响最终实验成绩。

3.请于4月28日晚12：00前提交实验报告至邮箱：jiahaoma@buaa.edu.cn，命名格式为：“学号+姓名+第X次实验报告”。