**实 验 报 告**

|  |  |
| --- | --- |
| **课程名称：** | **数字信号处理实验** |
| **学生姓名：** | **蒲 尧** |
| **学生学号：** | **201630258438** |
| **学生专业：** | **信息工程** |
| **开课学期：** | **2018-2019第一学期** |

**电子与信息学院**

**2018年9月 制**

**学生实验守则**

（2018年5月修订）

一、学生进入实验室必须严格遵守实验室的各项规章制度，服从教师的安排。

二、进入实验室，要注意环境安全和实验过程的安全，慎防意外发生。若发生事故，应及时向实验指导人员报告，听从教师指挥，并采取相应的措施，减少事故造成的伤害和损失。

三、实验前必须认真预习，明确实验目的、内容和步骤，了解仪器设备的操作规程和实验物品的特性。

四**、**实验课不得迟到、早退，不得擅自缺课；因病或其它原因不能上课者应履行请假手续；中途因故离场，须经指导老师批准；衣冠不整不得进入实验室，不准带与实验课无关的物品进实验室。

五、实验过程中，应规范操作，认真观察并如实记录，实验结果须经实验指导人员认可。

六、实验报告应独立、按时完成，不得抄袭、臆造实验报告。

七、爱护仪器设备，节约用水、用电和实验材料。未经许可，不许动用与本实验无关的仪器设备及其它物品，不准私自将公物拿出实验室。

八、实验完毕，应做好仪器设备的复位工作以及关闭相关的水源、电源和气源，清洁实验台面和仪器设备，打扫室内卫生并得到实验指导人员允许后方可离开实验室。

九、对违反实验室规章制度和实验操作规程造成事故和损失的，视其情节对责任者按章处理。

# 基于谱估计的水声参数估计实验

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **地 点：** | 31号楼 | 405 房； | **实验台号：** | 23 |
| **实验日期与时间：** | 2018.11.13 | | **评 分：** |  |
| **预习检查纪录：** |  | | **实验教师：** |  |

## 实验目的

(1)进一步加深对数字信号分析及数字系统处理基本理论的理解；

(2)了解现代谱估计的基本方法。

## 实验原理

本实验利用多频信号来进行水声环境获取，通过接收的回波进行数字信号处理来提取相应的特征参数。

该实验的原理为：信号在水中传播时，遇到障碍物（即悬浮物）会产生反射和绕射等现象，其影响取决于悬浮物尺寸。当声信号的波长大于悬浮物粒径尺寸时，大部分声波能绕过障碍物继续向前传播；当声信号波长和悬浮物尺寸相当时，绕射现象明显；当声信号的波长小于悬浮物粒径时则声信号受到的悬浮物反射作用增加，大部分声波会被反射回来。但是一般悬浮物微粒表面不均匀，因此声信号经过悬浮物表面产生反射和绕射现象的同时也会产生散射现象，即声信号发向各个方向。与此同时，这些现象的产生会消耗声信号的能量，使声信号的功率谱发生一定程度的衰减，悬浮物浓度越高，衰减就越厉害。对接收到的反射等信号的衰减功率谱进行谱分析，可得到信号功率谱衰减与悬浮物线度大小（谱峰的频率）以及悬浮物浓度（对应的反射功率）高低的分布关系。

**反射信号处理基本原理：**

当某一线度的悬浮物浓度较高时，测量信号将更多的被悬浮物反射回来，接收到的反射信号功率谱也会相应增强，此时在该线度附近反射信号功率谱将会达到一个峰值。因此，本实验基于P阶AR模型估计接收到的反射信号的频率响应。

 （1）

其中x1(n)是接收到的反射信号，P是AR模型的阶数，{ *ak* }，k=1, 2,…, P是P阶AR模型的参数，u(n)是均方误差为*σ2*的零均值白噪声序列。

通过功率谱估计方法（如Burg算法）可将AR模型中的参数{ *ak* }，k=1, 2,…, P以及*σ2*求解出来，进一步可得到AR模型的传递函数和信号功率谱。

传递函数为：

 （2）

信号的功率谱为：

 （3）

根据公式（2）可求出该功率谱的所有极点 ，i=1, 2, ... , P，即该极点对应的频率点为fi。该极点对应的频点位置的功率谱即为谱峰位置，表明该频点附近反射作用强，即悬浮物含量高，利用这些极点可反映液体悬浮物的含量分布。

## 预习要求

● 信号的傅里叶变换及频谱的性质

● 在百度学术、中国期刊网、IEEE等网站上查找现代功率谱估计算法等相关论文资料

## 实验内容

1.验证性实验：讲义实验3和4的扩展练习部分

2.应用性实验：基于谱估计的水声参数估计实验

（1）基于AR模型，计算机上用Matlab编程实现对接收解调后回波信号进行AR建模的谱估计；

（2）根据估计出的功率谱，用Matlab编程求出谱峰对应的频率和功率。

（3）解调后回波信号在文件中Signal.mat中（可用load命令提取数据）。

## 实验结果及分析

**1.验证性实验**

**2.3扩展练习**

例 1 ：对连续的单一频率周期信号按采样频率fs=8fa采样，截取长度N分别选 N =20和N =16，观察其DFT结果的幅度谱。

解：此时离散序列x(n)=sin(2πnfa/fs)=sin(2πn/8)，即 k=8。用MATLAB计算并作图，函数fft用于计算离散傅里叶变换 DFT，程序如下：

k=8;

n1=[0:1:19];

xa1=sin(2\*pi\*n1/k);

subplot(2,2,1)

plot(n1,xa1)

xlabel('t/T');ylabel('x(n)');

xk1=fft(xa1);xk1=abs(xk1);

subplot(2,2,2)

stem(n1,xk1)

xlabel('k');ylabel('X(k)');

n2=[0:1:15];

xa2=sin(2\*pi\*n2/k);

subplot(2,2,3)

plot(n2,xa2)

xlabel('t/T');ylabel('x(n)');

xk2=fft(xa2);xk2=abs(xk2);

subplot(2,2,4)

stem(n2,xk2)

xlabel('k');ylabel('X(k)');

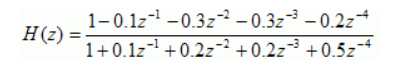


图 不同的截取长度的正弦信号及其 DFT 结果

计算结果示于图，(a)和(b)分别是 N =20 时的截取信号和 DFT 结果，由于截取了两个半周期，频谱出现泄漏；(c) 和(d) 分别是 N=16 时的截取信号和 DFT 结果，由于截取了两个整周期，得到单一谱线的频谱。上述频谱的误差主要是由于时域中对信号的非整周期截断产生的频谱泄漏。

**2.4扩展练习**

例 1: 求下列直接型系统函数的零、极点，并将它转换成二阶节形式



解: 用 MATLAB 计算程序如下：

% 例1

num=[1 -0.1 -0.3 -0.3 -0.2];

den=[1 0.1 0.2 0.2 0.5];

[z,p,k]=tf2zp(num,den);

m=abs(p);

disp('零点');disp(z);

disp('极点');disp(p);

disp('增益系数');disp(k);

sos=zp2sos(z,p,k);

disp('二阶节');disp(real(sos));

zplane(num,den)

>> practice3and4

零点

0.9615 + 0.0000i

-0.5730 + 0.0000i

-0.1443 + 0.5850i

-0.1443 - 0.5850i

极点

0.5276 + 0.6997i

0.5276 - 0.6997i

-0.5776 + 0.5635i

-0.5776 - 0.5635i

增益系数

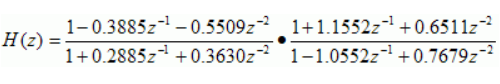
1

二阶节

1.0000 -0.3885 -0.5509 1.0000 1.1552 0.6511

1.0000 0.2885 0.3630 1.0000 -1.0552 0.7679

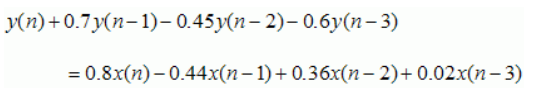
系统函数的二阶节形式为：



极点图见图:

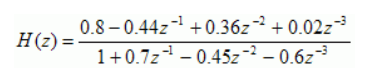


例 2: 差分方程



所对应的系统的频率响应。

解: 差分方程所对应的系统函数为：



用 MATLAB 计算的程序如下：

% 例2

k=256;

num=[0.8 -0.44 0.36 0.02];

den=[1 0.7 -0.45 -0.6];

w=0:pi/k:pi;

h=freqz(num,den,w);

subplot(2,2,1);

plot(w/pi,real(h));grid

title('实部')

xlabel('\omega/\pi');ylabel('幅度')

subplot(2,2,2);

plot(w/pi,imag(h));grid

title('虚部')

xlabel('\omega/\pi');ylabel('Amplitude')

subplot(2,2,3);

plot(w/pi,abs(h));grid

title('幅度谱')

xlabel('\omega/\pi');ylabel('幅值')

subplot(2,2,4);

plot(w/pi,angle(h));grid

title('相位谱')

xlabel('\omega/\pi');ylabel('弧度')



**2.应用性实验**

**实验内容**：

（1）基于AR模型，计算机上用Matlab编程实现对接收解调后回波信号进行AR建模的谱估计；

（2）根据估计出的功率谱，用Matlab编程求出谱峰对应的频率和功率。

（3）解调后回波信号在文件中Signal.mat中（可用load命令提取数据）。

代码：

% Pyulear():Yule-Walker法计算功率谱

% Pburg():Burg法计算功率谱

% Pmcov():改进协方差法计算功率谱

% aryule(),arburg():求出系数ak和均方差

y=load('signal.mat');

xn=y.y;

fs=500000;

x=1:500; %横坐标

nfft=999; % N+1点fft

Xn=abs(fft(xn));

Xn\_2=Xn.^2;

X=mapminmax(Xn,0,1); % 归一化

stem(X,'.b');hold on;

[px1,f1]=pyulear(xn,6,nfft,fs);

Px1=mapminmax(px1',0,1);

plot(x,Px1,'\*r');hold on;

[px2,f2]=pburg(xn,6,nfft,fs);

Px2=mapminmax(px2',0,1);

plot(x,Px2,'oy');hold on;

[px3,f3]=pmcov(xn,6,nfft,fs);

Px3=mapminmax(px3',0,1);

plot(x,Px3,'black');hold on;

%算法4

p=6;%阶数

%[ak,fangcha]=aryule(xn,p);

[ak,fangcha]=arburg(xn,p);

count=0;

temp=0;

for w=0:2\*pi/1000:2\*pi

count=count+1;

for k=1:p;

temp=temp+ak(k+1)\*exp(-1i\*w\*k);

end

temp=temp+1;

temp=abs(1./temp);

temp=temp\*temp;

Px4(count)=fangcha.\*temp;

temp=0;

end

plot(Px4,'og');

axis([0 500 0 1.1])

legend('原始信号x(n)频谱','Yule-Walker法计算功率谱','Burg法计算功率谱','改进协方差法计算功率谱','自己编程通过ak和方差计算功率谱');

figure

zplane(1,ak) %绘制零极点图

%计算频率和功率

for i=1:4 %算法种类

for j=1:3

if i==1

[m(i,j),index(i,j)]=max(Px1(100\*j:100\*j+100));

else if i==2

[m(i,j),index(i,j)]=max(Px2(100\*j:100\*j+100));

else if i==3

[m(i,j),index(i,j)]=max(Px3(100\*j:100\*j+100));

else

[m(i,j),index(i,j)]=max(Px4(100\*j:100\*j+100));

end

end

end

index(i,j)=100\*j+index(i,j);

fmax(i,j)=index(i,j)\*fs/1000;

power(i,j)=Px4(index(i,j));

end

end

运行结果：

fmax =

64000 127000 189000

64000 127000 189000

64000 127000 189000

64000 127000 189000

power =

0.4827 0.5546 0.3582

0.4827 0.5546 0.3582

0.4827 0.5546 0.3582

0.4827 0.5546 0.3582





## 结论

通过这次实验，我了解到了①不同截取长度对DFT的影响；②求直接型系统函数的零、极点，并将其转换成二阶节形式的函数；③已知差分方程求其系统函数并求出脉冲响应的函数及方法；④基于AR模型，计算机上用Matlab编程实现对接收解调后回波信号进行AR建模的谱估计（其中也应用到之前的谱峰估计法），通过网上查找资料以及同学之间的互相帮助学习，学会了以下几个函数：Pyulear():Yule-Walker法计算功率谱，Pburg():Burg法计算功率谱，Pmcov():改进协方差法计算功率谱，levinson(r,order)，aryule(x,order), arburg(x,order), armcov(x,order):求出系数ak和均方差，mapminmax():用于归一化。这次作业相比于大作业稍简单但还是充满挑战，通过实验对课本知识了解更深入了，收获不小。