**安徽大学人工智能学院**

**《数字信号处理》**

**实验案例设计报告**

**课程名称：** 数字图像处理实验

**专 业：** 机器人工程

**班 级：** 3班

**学 号：** WA2224013

**姓 名：** 郭义月

**任课老师： 谭春雨**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 实验名称 | 实验2 | 实验次序 | 2 |
| 实验地点 | 笃行南楼A104 | 实验日期 | 10.23 |
| 实验内容：  **例3.2**  使用例3.1中的抽样值恢复，并观察恢复波形，计算出最大恢复误差，抽样频率取400HZ及1000HZ做比较。  **实验目的：**  理解抽样定理在实际应用中的效果，以及奈奎斯特率抽样定理的必要性。  **实验原理：**  抽样定理指出，为了无失真地重构一个带限信号，抽样频率必须至少是信号最高频率的两倍。首先，我们使用两种不同的抽样频率Fs对信号进行抽样，产生抽样点集 x(n)=Ae^(-anT) sin(bnT),其中T=1/Fs 是抽样间隔。随后，利用sinc函数作为插值函数，通过理想低通滤波器的方式，对离散抽样点进行重构，以获得重构信号x\_a (t)。计算重构信号x\_a (t)与原始信号x(t)的最大差异emax，即最大恢复误差，以评估重构的准确性。  **实验代码：**  clear; close all; clc; % 清空命令行窗口，清除工作区变量，关闭所有图形窗口  % 定义信号参数  A = 444.128; % 信号振幅  a = 50 \* sqrt(2) \* pi; % 衰减系数  b = a; % 频率系数，等于 a  % 迭代处理两种不同的采样频率  for k = 1:2  if k == 1  Fs = 400; % 第一种采样频率 400 Hz  elseif k == 2  Fs = 1000; % 第二种采样频率 1000 Hz  end  T = 1 / Fs; % 采样周期  dt = T / 3; % 时间步长，采样周期的三分之一  Tp = 0.03; % 信号时长 0.03 秒  t = 0:dt:Tp; % 连续时间序列  n = 0:Tp / T; % 采样点序列  TMN = ones(length(n), 1) \* t - n' \* T \* ones(1, length(t)); % 计算时间矩阵  % 生成抽样信号  x = A \* exp(-a .\* n \* T) .\* sin(b \* n \* T); % 计算离散时间序列的信号 x(n)    % 使用 sinc 函数重构信号  xa = x \* sinc(Fs \* TMN); % 利用 sinc 插值函数重构信号 xa(t)  % 绘制重构信号  subplot(2, 1, k); % 创建 2x1 子图的第 k 个子图  plot(t, xa); hold on; % 绘制重构信号 xa(t)  axis([0, max(t), min(xa) - 10, max(xa) + 10]); % 设置坐标轴范围  % 设置标题和标签  st1 = sprintf('由 Fs = %d ', Fs); % 生成采样频率的字符串  st2 = 'Hz 抽样序列 x(n) 重构的信号'; % 标题后半部分  ylabel('x\_a(t)'); % 设置 y 轴标签  st = [st1, st2]; % 组合完整标题  title(st); % 设置子图标题  % 生成原始信号  xo = A \* exp(-a .\* t) .\* sin(b \* t); % 计算连续时间的原始信号 xo(t)  % 绘制原始信号  stem(t, xo, '.'); % 使用 stem 函数绘制原始信号 xo(t)  line([0, max(t)], [0, 0]); % 绘制 y=0 的水平线  % 计算重构误差  emax2 = max(abs(xa - xo)); % 计算重构信号与原始信号之间的最大误差  end  **实验结果：**    可以看出，当抽样频率取1000HZ时，重构误差较小，这说明重构原信号的精确度较高。值得注意的是，由于已经假设是一个有限抽样数，所以要通过重构得到准确的原始信号是不可能的。  **实验内容：例3.3**  已知信号，试求：   1. 画出该连续时间信号的时域波形及其频谱特征曲线 2. 对信号进行抽样，得到抽样序列，画出抽样频率分别为80HZ，120HZ，150HZ时的抽样序列波形 3. 对不同抽样频率下的抽样序列进行频谱分析，绘制其振幅曲线，对比不同抽样频率下抽样序列和幅频曲线有无差别 4. 由抽样序列恢复出连续时间信号，画出其时域波形，与原连续时间信号的时域波形对比   **实验目的：**  深入理解采样定理的实际应用及其对信号处理的影响。  **实验原理：**  通过MATLAB绘制该信号的时域波形，可以直观地观察信号随时间的变化。然后，通过对信号进行傅里叶变换，得到其幅频特性曲线，分析信号在频域上的分布情况。接下来，分别采用80Hz、120Hz和150Hz三种抽样频率对信号进行抽样，得到不同抽样频率下的抽样序列。利用抽样序列绘制其波形，并进行频谱分析，绘制不同抽样频率下的幅频特性曲线，通过对比分析不同抽样频率下频谱的变化，观察频谱折叠现象。最后，通过理想低通滤波器对抽样序列进行重构，绘制重构后的时域波形，并与原始信号进行对比，分析不同抽样频率下重构信号与原始信号的差异，从而评估不同抽样频率对信号重构质量的影响。  **实验代码：**  实现抽样频谱分析函数Caiyang函数：  function fz=caiyang(fy,fs)  fs0=10000;tp=0.1;  t=[-tp:1/fs0:tp];  k1=0:999;k2=-999:-1;  m1=length(k1);m2=length(k2),  f=[fs0\* k2/m2,fs0 \* k1/m1];  w=[-2\* pi\* k2/m2,2\*pi\* k1/m1];  fx1=eval(fy);  FX1=fx1 \* exp(-j\* [1:length(fx1)]'\* w);  figure;  subplot(2,1,1);plot(t,fx1 ,'r');  title('原信号');xlabel('时间 t/s');  axis([min(t),max(t),min(fx1),max(fx1)]);  subplot(2,1,2);plot(f,abs(FX1),'r')  title('原信号幅度频谱');xlabel('频率 f/Hz');  axis([-100,100,0,max(abs(FX1))+5]);  Ts=1/fs;  t1=-tp:Ts:tp;  f1=[fs \* k2/m2,fs \* k1/m1];  t=t1;  fz=eval(fy);  FZ=fz \* exp(-j\* [1:length(fz)]' \* w);  figure;  subplot(2,1,1);stem(t,fz,'.');  title('抽样信号');xlabel('时间 t/s');  line([min(t) ,max(t)],[0,0]);  subplot(2,1,2);plot(f1 ,abs(FZ),'m');  title('抽样信号幅度频谱');xlabel('频率 f/Hz');  end  信号的恢复及频谱函数huifu函数  function fh=huifu(fz,fs)  T=1/fs;dt=T/10;  tp=0.1;t=-tp:dt:tp;  n=-tp/T:tp/T;  TMN=ones(length(n),1)\* t-n'\* T\* ones(1,length(t));  fh=fz \* sinc(fs \* TMN);  k1=0:999;k2=-999:-1;  m1=length(k1);m2=length(k2);  w=[-2\*pi\*k2/m2,2\*pi\* k1/m1];  FH=fh\* exp(-j\*[1 :length(fh)]'\* w);  figure;  subplot(2,1,1);plot(t,fh,'g');  st1=sprintf('由抽样频率f-s=%d',fs);  st2='恢复后的信号';  st=[st1,st2];  title(st);xlabel('时间 t/s');  axis([min(t),max(t),min(fh),max(fh)]);  line([min(t) ,max(t)],[0 ,0]);  f=[10 \* fs\* k2/m2,10 \* fs \* k1/m1];  subplot(2,1,2);plot(f,abs(FH),'g');  title('恢复后信号的频谱');xlabel('频率 f/Hz');  axis([-100,100,0,max(abs(FH))+2]);  end  三次调用caiyang和huifu函数的主程序  clear; close all; clc;  f1 = 'sin(2\*pi\*60\*t) + cos(2\*pi\*25\*t) + cos(2\*pi\*30\*t)';  fs0 = caiyang(f1, 80); % 采样  fr0 = huifu(fs0, 80); % 重构  fs1 = caiyang(f1, 120); % 采样  fr1 = huifu(fs1, 120); % 重构  fs2 = caiyang(f1, 150); % 采样  fr2 = huifu(fs2, 150); % 重构  **实验结果：**    当频率小于时，为原信号的欠抽样信号和恢复，抽样频率不满足时域抽样定理，那么频移后各相邻频谱会发生相互混叠，这样就无法将他们分开，因而也就不能再恢复出原信号。      当频率等于时，为原信号的临界抽样信号和恢复，此时只恢复了低频信号，高频信号未能恢复      当时，为原信号的过抽样和恢复，由抽样信号的离散波形和频谱可以看出抽样信号的频谱是由原信号的频谱进行周期延拓形成的，其与原信号的误差已经很小，说明恢复信号的精度已经很高。      **实验内容：P59，1**  求序列的z变换  **实验目的：**  本实验旨在通过求解不同数学函数序列的Z变换，深入理解Z变换的概念和其在信号处理中的应用。通过具体计算几种典型函数序列的Z变换，如指数序列、多项式序列和三角函数序列，本实验帮助学生掌握Z变换的理论基础和计算方法，同时通过实际操作加深对离散时间系统分析的理解。  **实验原理：**  序列的z变换以及matlab自带的ztrans函数  **实验代码：**  syms w0 n z a  x1=2^n;  x2=n\*(n-1)/2;  x3 = sin ( w0 \* n);  X1=ztrans(x1)  X2=ztrans(x2)  X3=ztrans(x3)  **实验结果：**    **实验内容：P59,2**  求z逆变换  **实验目的：**  本实验旨在通过计算Z逆变换，从复频域信号恢复到离散时间域信号，进一步理解Z逆变换在信号处理中的应用。通过对具体的Z域表达式进行逆变换，掌握Z逆变换的理论基础和计算方法，同时通过实际操作加深对离散时间系统分析的理解。  **实验原理：**  MATLAB中的符号工具箱计算其Z逆变换。首先，将表达式转换为适合进行Z逆变换的形式，然后应用 iztrans 函数得到时域序列。  **实验代码：**  clc;close;clear all;  syms z;  syms a;  XZ1=z^-1-a^-1/(1-a^-1\*z^-1);  X1=iztrans(XZ1)  **实验结果：**    **实验内容：4.3**  一因果线性时不变系统（LTI）由下面的差分方程描述：    试求：  系统函数，并画出零极点分布图；  单位冲激响应；  系统频率响应，并在上画出它的幅度和相位  **实验目的：**  深入理解LTI系统在Z域和频域中的行为及其在信号处理中的应用。  **实验原理：**  LTI系统由给定的差分方程描述，其Z变换可以用来求解系统函数H(z)。系统函数H(z)是输入信号X(z)和输出信号Y(z)在Z域中的比值，通过求解H(z),可以得到系统的零极点分布图，帮助分析系统的稳定性和频率特性。系统的单位冲激响应h(n)是系统对单位冲激输入的响应，通过计算其逆Z变换可以获得。频率响应H(e^jω )描述了系统对不同频率输入的响应，可以通过对H(z)进行变换得到，并在频域上绘制其幅度和相位响应曲线，帮助理解系统对不同频率分量的放大或衰减作用。通过MATLAB实现上述步骤，可以直观地观察和分析LTI系统的各项特性，从而深入理解其在信号处理中的应用。  **实验代码：**  clear; close all; clc;  b = [1, 0, -1];  a = [1, 0, -0.81];  figure(1);  subplot(2,1,1);  zplane(b, a);  h = impz(b, a);  subplot(2,1,2);  stem(h);  title('系统单位冲激响应');  xlabel('n');  ylabel('h(n)');  [H, W] = freqz(b, a);  figure(2);  subplot(2,1,1);  plot(W/pi, abs(H));  title('幅度响应曲线');  grid on;  xlabel('\omega \times \pi');  ylabel('|H(e^{j\omega})|');  subplot(2,1,2);  plot(W/pi, angle(H));  title('相位响应曲线');  xlabel('\omega \times \pi');  ylabel('相角');  grid on;  **实验结果：**      **实验内容：4.4**  已知的Z变换表达式如下：     1. 画出该系统的零极点图； 2. 若为因果序列，判断该系统的收敛域及稳定性。   **实验目的：**  更深入地理解因果序列在复平面中的行为和系统稳定性条件。  **实验原理：**  首先，我们可以将其转换为多项式形式，分别表示分子和分母的系数向量。通过MATLAB的 zplane 函数，可以绘制该系统的零极点图，以直观地展示零点和极点在复平面上的位置。根据因果序列的定义和系统函数的零极点分布，可以判断系统的收敛域。对于因果系统，收敛域是所有极点之外的区域。系统的稳定性由其极点的位置决定，当且仅当所有极点都在单位圆内时，系统是稳定的。  **实验代码：**  clear all; close all; clc;  b = [1, 3];  a = [1, 3, 2];  zplane(b, a);  title('Zero-Pole Plot');  xlabel('Real Part');  ylabel('Imaginary Part');  grid on;  **实验结果：**    收敛域：，因为收敛域不包括单位圆，所以系统不稳定。  **出现的问题及解决方法：**  一直出现sinc函数参数有问题，检查自己并没有名为sinc的.m文件，重启matlab依然没有用，搜集资料发现是因为我使用的sinc函数是在Signal Processing Toolbox中的，而我并没有安装此附加功能，因此需要在Matlab工具箱中安装此功能。    装上Signal Processing Toolbox这个包之后就解决了。 | | | |