

实验六 用 FFT 对信号作频谱分析

一、实验目的

应用离散傅里叶变换 DFT 分析模拟信号 $x(t)$ 的频谱, 深刻理解利用 DFT 分析模拟信号频谱的原理、分析过程中出现的现象及解决方法。

二、实验内容

连续周期信号相对于离散周期信号, 连续非周期信号相对于离散非周期信号, 都可以通过时域抽样定理建立相互关系。因此, 在离散信号的 DFT 分析方法基础上, 增加时域抽样的步骤, 就可以实现连续信号的 DFT 分析。

1. 利用 FFT 计算连续周期信号 $x(t) = A \cdot \cos(2\pi f_1 t) + B \cdot \cos(2\pi f_2 t)$ 的频谱。已知

$A=2$, $B=5$, $f_1=20\text{Hz}$, $f_2=50\text{Hz}$, 采样频率 $f_s=200\text{Hz}$ 。(信号单位: mV)

1) N 分别取 20、60、200 对信号 $x(t)$ 进行抽样, 得 $x_1(n)$ 、 $x_2(n)$ 、 $x_3(n)$;

2) 对 $x_1(n)$ 分别进行 20 点、60 点、200 点 DFT, 得 $Z_{1_1}(K)$ 、 $Z_{1_2}(K)$ 、 $Z_{1_3}(K)$ 数字频谱; (函数: fft)

3) 作图显示 $x_1(n)$, 以及 $Z_{1_1}(K)$ 、 $Z_{1_2}(K)$ 、 $Z_{1_3}(K)$ 的幅度谱;

4) 对 $x_2(n)$ 、 $x_3(n)$ 作 FFT 得到频谱 $Z_2(K)$ 、 $Z_3(K)$, 作图显示 $x_2(n)$ 、 $x_3(n)$ 以及 $Z_2(K)$ 、 $Z_3(K)$ 的幅度谱; (fft 长度取信号的长度。)

5) 分析讨论:

① $Z_{1_1}(K)$ 、 $Z_{1_2}(K)$ 、 $Z_{1_3}(K)$ 的幅度谱有何不同? 分析原因。

② 分别对比 $Z_{1_2}(K)$ 与 $Z_2(K)$, $Z_{1_3}(K)$ 与 $Z_3(K)$ 有何不同? 原因是什么?

② 使用不同的窗函数乘以 $x_2(n)$, 对得到的信号作 FFT, 并作图显示其幅度谱, 观察不同窗函数对频谱的影响, 并与矩形窗的结果进行对比。(选用以下窗函数: 海明窗 hamming、汉宁窗 hanning)

③ 当 N 取 250 时对 $x(t)$ 抽样, 得 $x_4(n)$, 对 $x_4(n)$ 作 FFT 得 $Z_4(K)$ 数字频谱, 显示 $x_4(n)$

及其幅度谱。通过与 $Z_1(K)$ 、 $Z_2(K)$ 、 $Z_3(K)$ 比较，哪个最接近真实的频谱？分析原因。

- ④ 当 $f_s=30\text{Hz}$ 时， $N=60$ 对 $x(t)$ 抽样，得 $x_5(n)$ 。对 $x_5(n)$ 作FFT得 $Z_5(K)$ 数字频谱，显示 $x_5(n)$ 及其幅度谱。信号 $x_5(n)$ 及其幅度谱与上述中得到的 $x_2(n)$ 及其幅度谱有什么区别？说明原因。

2. 利用FFT计算保存在数据文件**EEG.mat**中的脑电信号的频谱。该数据抽样频率 $f_s=1000\text{Hz}$ ，信号单位为 μV 。

- 1) 使用load语句将数据文件EEG调入matlab内存空间，作图显示 EEG；
- 2) 对EEG作FFT得频谱Z，作图显示Z的幅度谱；（作图时注意X轴的频段范围）
- 3) 从EEG中选取不同长度序列EEG_i (截取4段序列作FFT，长度选择：200、500、1000、1500)，对序列作FFT得到频谱Z_i。作图显示EEG_i的时域图形及Z_i的幅度谱，对比幅度谱间有何不同并分析原因。

三. 实验报告要求

报告要求如下：

西安交通大学实验报告

成绩	
----	--

课 程 医学信号处理 实验日期： 年 月 日

专业班级 _____ 提交报告日期： 年 月 日

姓名 _____ 学号 _____

报告退发： (订正、重做)

报告内容应包含实验名称，实验目的，实验内容及结果，实验结果与回答分析讨论等。

四、相关 matlab 函数

1. 函数fft

功能：计算向量的离散傅里叶变换（DFT）。

语法：Y = fft(X,n)

说明：如果X为矩阵，计算矩阵X每列n点DFT；如果X为一维序列，计算X的n点DFT，当没有写参数n时即fft(X)，默认长度为序列本身的长度。

2. 函数hamming

功能：作为窗函数用于频谱分析或者滤波器滤波设计。

语法：w = hamming(L,'sflag')

说明： $w(n)=0.54-0.46\cos(2\pi n/N)$ ， $0\leq n\leq N$ 。窗函数长度 $L=N+1$ 。'sflag'用于窗函数采样，取值为'periodic'或者'symmetric'(默认值)，当'sflag'='periodic'用于DFT或者FFT分析，当'sflag'='symmetric'用于滤波设计。

3. 函数hanning

功能：同函数hamming

语法：w = hanning(L,'sflag')

说明：w(n)=0.5(1-cos(2*pi*n/N)), $0 \leq n \leq N$ 。窗函数长度L=N+1。'sflag'用于窗函数采样，取值为'periodic'或者'symmetric'(默认值)，当'sflag'='periodic'用于DFT或者FFT分析，当'sflag'='symmetric'用于滤波设计。

4. boxcar函数

功能：同函数hamming

语法：w = boxcar(N)

说明：窗函数长度为N，w(n)=1， $0 \leq n \leq N-1$ 。

5. subplot函数

功能：设置图窗的个数

语法：subplot(m,n,p)

说明：将当前图窗划分为 $m \times n$ 网格，并在 p 指定的位置创建坐标区。

举例：subplot(2,2,3)表示将图窗分成4个网格，将所要绘制的子图放置在第3个位置