

实验二、数字图像的 DFT/DCT 及频域滤波

时间： 2017.10.16(星期一)，8:30-10:05

地点： 二教 101

一、实验目的

1、熟练掌握数字信号（1D）及数字图像（2D）离散傅立叶变换（DFT）及离散余弦变换（DCT）方法、基本原理及实现流程。熟悉两种变换的性质，并能对 DFT 及 DCT 的结果进行必要解释。

2、深入理解离散信号采样频率、奈奎斯特频率及频率分辨率等基本概念，弄清它们之间的相互关系。了解离散傅里叶变换（DFT）中频率泄露的原因，以及如何尽量减少频率泄露影响的途径。

3、熟悉和掌握利用 MATLAB 工具进行 1D/2D FFT 及 DCT 的基本步骤、MATLAB 函数使用及对具体变换的处理流程。

4、能熟练应用 MATLAB 工具对数字图像进行 FFT 及 DCT 处理，并能根据需要进行必要的频谱分析和可视化显示。

5. 熟悉和掌握几种典型的频域低通滤波器及高通滤波器的原理、特性和作用。

6. 搞清空域图像处理与频域图像处理的异同，包括处理流程、各自的优势等。掌握频域滤波的基本原理和基本流程，并能编写出相应的程序代码。

二、实验内容

1、综合应用题：实际信号的频谱分析及频域滤波

（1）从保存在本地磁盘的文本文件中读入一实际数字信号，该磁盘文件名为：“seismic_251_301_2ms.txt”，已知该信号的时间采样率为 $dt = 2ms$ 。文件中的信号由 301 个等长的按列排列的一维列信号组成，每个一维列信号有 251 个采样点，信号实际计时起点为 1800ms，延时长度的 $L = (251-1) * 2ms = 500ms$ 。请读出其中的某一列信号，并画

出该信号振幅随时间变化的波形图，以 ms 为时间单位。

第一列信号	第二列信号	第三列信号	...
4291.19140600000	3129.34375000000	2896.68359400000	...
2268.74609400000	1218.11084000000	1529.31396500000	...
366.041748000000	-16.7435300000000	971.517334000000	...
-563.397217000000	113.041687000000	1330.72583000000	...
-518.841553000000	1100.19140600000	1142.59204100000	...
-100.318405000000	1015.59692400000	-31.6438140000000	...
-347.185547000000	-667.647217000000	-1611.95068400000	...
-1233.27197300000	-2297.14843800000	-2386.78125000000	...
-1683.30127000000	-2310.81640600000	-1196.64672900000	...
-1017.91626000000	-779.090088000000	408.961914000000	...
-149.289551000000	822.038574000000	744.431641000000	...
103.632675000000	1114.72680700000	420.875488000000	...
...

(2) 对第一步中抽取的其中一列信号做快速傅里叶变换 (FFT)，分别画出频谱中心化的对称频谱和只含有正半抽的信号频谱图，并对该信号做简要的频谱分析。要求规范的标注纵横坐标实际物理量和对应的单位。

(3) 设定截止频率 $D_0=100$ ，试在同一张图上以不同线型画出 $n=1, 2, 4$ 阶下的巴特沃思 (Butterworth) 低通滤波器 (一维) 的频率响应曲线。要求标注规范地纵横坐标实际物理量和对应的单位。

$$H(u) = \frac{1}{1 + [D(u)/D_0]^{2n}}, \quad D(u) = u - N/2 \quad (2)$$

其中， D_0 为截止频率， N 为滤波器长度， n 为滤波器阶数。

(4) 选择合适的 D_0 ，利用上述 2 阶 Butterworth 低通滤波器，对第 (1) 步读取的列信号进行滤波实验。并分析截止频率对滤波效果的影响。

2、验证空频域滤波结果的一致性

- 1) 任意读取一幅 8bit 灰度图像 f ，给图像加入均值为 0，方差 0.02 的高斯噪声。
- 2) 利用 9×9 ，标准差为 2 的空域高斯滤波器 h 对加噪声图像 f 进行空域滤波。滤

波中，要求以重复像素方式处理边界问题。

3) 利用第2)步产生的滤波器 h ，编程计算其对应的频域滤波器 H （考虑填充滤波效果，尺寸由输入的待滤波图像 f 决定）。

4) 对加噪声图像 f 进行频域滤波。并把滤波结果与空域滤波结果进行对比，检验两种结果的一致性。

5) 分别画出原始图像和加噪图像的中心化频谱图，空域 h 平面图，空域滤波结果及频谱图，中心化频域 H 平面图和 3D 图，频域滤波结果及其频谱（中心化）图等。

三、实验报告及要求

1. 试验数据或图像可在课程网站“实验指导”栏中下载，也可根据需要自行选择合理的待处理数据。

2. 简述实验原理。

3. 根据各个实验内容分别叙述其实验步骤、程序设计流程图（建议用 Visio 软件），并对实验结果进行必要的分析和总结。

4. 要求提交 MATLAB 源代码，并注意程序代码书写的规范性；涉及实验核心内容的代码需要自己编写，不允许直接调用 MATLAB 库函数。

5. 严格按照电子科技大学学生《实验报告》的相关要求，撰写实验报告，并按时提交纸质版实验报告。实验报告中，需要回答以下思考题。

四、思考题

1. 分别阐述和解释什么叫信号的采样频率、奈奎斯特（Nyquist）频率、时间采样率及频率分辨率？

2. 根据所学知识，简要叙述离散傅立叶变换（DFT）和离散余弦变换（DCT）在数字信号处理中的主要用途。

3. 简要叙述频率滤波与时域滤波在处理上有什么不同。

4. 试说明数字图像频域滤波的优势。

5. 数字图像的频域滤波中，为什么原始图像和对应的滤波器均需要采取补零延拓数据。

提示与备注

1. 读入数字信号进行处理时，需要注意以下几点：

(1) 对处理数据需要转换类型为双精度类型（double）；以免因数据类型问题造成计算精度误差。

(2) 计算过程中，注意矩阵乘法及矩阵元素相乘的差异。

(3) 注意程序书写的规范性及重要语句中添加必要的注释等。

2. 读入图像进行处理前，需要注意以下几点：

1) RGB 图像需要灰度化处理。

2) 对像素进行处理时，需要转换类型为双精度型；以免因数据类型问题造成计算精度误差。

3) 处理完毕，显示前需要再次转换为 MATLAB 认可的图像类型，方可得到正确的显示结果。可选的显示方法有：

`imshow(mat2gray(I));` % 将数据矩阵转换为图像进行显示；

`imshow(I,[]);` % 由系统自动调节灰度范围进行显示；

`imshow(uint8(I));` % 转化为无符号 8bit 图像显示；

任意数据矩阵规格化到[0,255]后进行显示，如：

$$I = \frac{I - \min(I(:))}{\max(I(:)) - \min(I(:))} \times 255 \quad (1)$$

动态范围太大的图像（如频谱图），可采用以下变换后进行显示：

$$\log(1+I) \quad (2)$$

%注：上述 I 为待显示的数据矩阵。

3. 实验中可能用到的部分 MATLAB 函数

`[y, Fs] = wavread('yes.wav');` % 读取文件名为“yes.wav”的单声道音频信号

% 其中 y 为数字音频的波形振幅，Fs 为采样频率

`y = importdata('filename.txt');` % 从磁盘读取文本文件，y 为读取的实际信号数据

```
% 如果有字符文件头信息，则y.data为实际信号，
% y.textdata为文件字符串信息。

randn(n)      % 产生 n 个正态分布的伪随机数，用于添加随机噪声
imread()      % 读取图像
imwrite()     % 保存图像
imshow()      % 显示图像
subplot()     % 同一窗口显示多幅图像及其布局设置
fft()/fft2()  % 1D/2D 快速傅立叶变换
dct()/dct2()  % 1D/2D 快速离散余弦变换 FCT
fftshift()    % 频率零点平移到坐标原点（频谱中心化）
abs()         % 求绝对值，复数求模
real(), imag(); % 取复数的实部与虚部
meshgrid()    % x-y 平面的网格布局
surf()、surfl()、surfc()、mesh() % 3D 曲面显示
plot(x,y)     % 绘制 x-y 曲线
xlabel()、ylabel()、zlabel() % 坐标轴物理量标识
axis(), set(gca,'ytick',[]) % 坐标轴数字设置
```

注：以上各个函数的参数说明及具体用法，可查阅相关的 MATLAB 帮助文件。获取“XXX()”函数的用法，可在命令窗口（Command Window）键入：“doc XXX”获得详细说明。