

## 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  $dt = 2\text{ms}$ 。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  $1800\text{ms}$ ，延时长度为  $L = (251-1) * 2\text{ms} = 500\text{ms}$ 。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	...
366.04174800000	-16.7435300000000	971.517334000000	...
-563.39721700000	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	1114.726807000000	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  $9 \times 9$ ，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 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。