

# 信息隐藏技术实验报告

Lab3 图像信号的处理  
网络空间安全学院 信息安全专业  
2112492 刘修铭 1028

## 1 题目

1. 学习慕课：2.2 语音信号处理基础
2. DFT
3. DWT
4. DCT

在 matlab 中调试完成课堂上的例题，练习使用常用的图像信号处理方法。

## 2 实验要求

编程实现，提交实验报告。

## 3 实验原理

### 3.1 DFT

- 正变换： $F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}$   $u = 0, 1, \dots, M-1$   $v = 0, 1, \dots, N-1$
- 反变换： $f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}$   $x = 0, 1, \dots, M-1$   $y = 0, 1, \dots, N-1$ 
  - 幅度谱： $|F(u, v)| = [R^2(u, v) + I^2(u, v)]^{\frac{1}{2}}$
  - 相位谱： $\phi(u, v) = \arctan \frac{I(u, v)}{R(u, v)}$
- 特性
  - 线性性： $a_1 f_1(x, y) + a_2 f_2(x, y) \leftrightarrow a_1 F_1(u, v) + a_2 F_2(u, v)$
  - 比例性： $f(ax + by) \leftrightarrow \frac{1}{|ab|} F(\frac{u}{a}, \frac{v}{b})$
  - 旋转不变性：图像的空间域  $f(x, y)$  和频率域  $F(u, v)$  可以分别用极坐标表示  $f(r, \theta)$  和  $F(\omega, \phi)$ ： $f(r, \theta + \theta_0) \leftrightarrow F(\omega, \phi + \theta_0)$
  - 平均值（直流分量）： $F(0, 0) = \frac{1}{N^2} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$

### 3.2 DWT

- 正变换:  $T(u, v) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) g(x, y, u, v)$   $g(x, y, 0, 0) = \frac{1}{N}$   $g(x, y, u, v) = \frac{2}{N} \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N}$
- 反变换:  $f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} T(u, v) h(x, y, u, v)$
- 2DCT 系数:  $C(0, 0) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$   $C(u, v) = \frac{2}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N}$
- 重构:  $f(x, y) = \frac{1}{N} C(0, 0) + \frac{2}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} C(u, v) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N}$

### 3.3 DCT

- 正变换:  $T(u) = \sum_{x=0}^{N-1} f(x) g(x, u)$   $u = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 
  - 正变换核:  $g(x, 0) = \frac{1}{\sqrt{N}}$   $g(x, u) = \sqrt{\frac{2}{N}} \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N}$
- 反变换:  $f(x) = \frac{1}{\sqrt{N}} C(0) + \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{u=1}^{N-1} C(u) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N}$   $x = 0, 1, \dots, N-1$

## 4 实验过程（含主要源代码）

### 4.1 DFT

离散傅立叶变换（DFT）是一种将离散的时间或空间域信号转换为离散频率域信号的技术。

按照慕课说明，代码实现如下：

```
1  clc;
2  clear all;
3  close all;
4
5  b = imread('./pic/mario.jpeg'); % 读入图像，像素值在b中
6  b = rgb2gray(b); % 转换为灰度图像
7
8  figure(1);
9
10 imshow(b);
11 title('(a) 原图像');
12 imwrite(b, './pic/2DFT/mario.jpeg');
13
14 figure(2);
15 I = im2bw(b);
16 imshow(I);
17 title('(b) 二值化图像');
18 imwrite(I, './pic/2DFT/mario_bw.jpeg');
19
20
21 figure(3);
22 fa = fft2(I); % 使用 fft 函数进行快速傅里叶变换
23 ffa = fftshift(fa); % fftshift 函数调整 fft 函数的输出顺序，将零频位置移到频谱的中心
24
```

```

25 | imshow(ffa,[200,225]); % 显示灰度在 200 - 255 之间的像
26 | title("(c) 幅度谱");
27 | saveas(gcf, "./pic/2DFT/mario_fft.jpeg");
28 |
29 | figure(3);
30 | l = mesh(abs(ffa)); % 画网格曲面图
31 | title("(d) 幅度谱的能量分布");
32 | saveas(gcf, "./pic/2DFT/mario_mesh.jpeg");

```

## 4.2 DWT

DWT 是离散小波变换（Discrete Wavelet Transform）的缩写，通过将信号分解成不同频率的小波组分，使得可以在不同分辨率下分析信号。

### 4.2.1 一级小波分解

`dwt2` 函数对二值图像 `a` 进行二维离散小波变换，使用 'db4' 小波。变换结果包括近似系数矩阵 `ca1`，水平细节系数矩阵 `ch1`，垂直细节系数矩阵 `cv1` 和对角线细节系数矩阵 `cd1`。`wcodemat` 函数将这些系数矩阵转换为可用于显示的编码矩阵，结果存储在 `cod_ca1`、`cod_ch1`、`cod_cv1` 和 `cod_cd1` 中。使用 `image` 函数将这四个编码矩阵组合并显示为图像。

```

1 | clc;
2 | clear all;
3 | close all;
4 |
5 | b = imread("./pic/mario.jpeg"); % 读入图像，像素值在b中
6 | a = im2bw(b);
7 |
8 | nbcol = size(a,1);
9 |
10 | [ca1, ch1, cv1, cd1] = dwt2(a, 'db4');
11 | cod_ca1 = wcodemat(ca1, nbcol);
12 | cod_ch1 = wcodemat(ch1, nbcol);
13 | cod_cv1 = wcodemat(cv1, nbcol);
14 | cod_cd1 = wcodemat(cd1, nbcol);
15 |
16 | image([cod_ca1, cod_ch1; cod_cv1, cod_cd1]);
17 | title("DWT1");
18 | saveas(gcf, "./pic/DWT1.jpeg");

```

### 4.2.2 二级小波分解

`dwt2` 函数对二值图像 `a` 进行第一次二维离散小波变换，使用 'db4' 小波。然后，对第一次变换的近似系数矩阵 `ca1` 进行第二次二维离散小波变换。`wcodemat` 函数将这些系数矩阵转换为可用于显示的编码矩阵。然后，将第二次变换的四个编码矩阵组合成一个矩阵 `tt`，并将其大小调整为 `ca1` 的大小。`image` 函数将 `tt` 和第一次变换的三个编码矩阵组合并显示为图像

```

1 | clc;
2 | clear all;
3 | close all;
4 |

```

```

5  b = imread("./pic/mario.jpeg"); % 读入图像, 像素值在b中
6  a = im2bw(b);
7
8  nbcol = 512;
9  nbc = 256;
10
11 [ca1, ch1, cv1, cd1] = dwt2(a, 'db4');
12 [ca2, ch2, cv2, cd2] = dwt2(ca1, 'db4');
13
14 cod_ca1 = wcodemat(ca1, nbc);
15 cod_ch1 = wcodemat(ch1, nbc);
16 cod_cv1 = wcodemat(cv1, nbc);
17 cod_cd1 = wcodemat(cd1, nbc);
18
19 cod_ca2 = wcodemat(ca2, nbcol);
20 cod_ch2 = wcodemat(ch2, nbcol);
21 cod_cv2 = wcodemat(cv2, nbcol);
22 cod_cd2 = wcodemat(cd2, nbcol);
23
24 tt = [cod_ca2, cod_ch2; cod_cv2, cod_cd2];
25 tt = imresize(tt, size(ca1));
26
27 image([tt, cod_ch1; cod_cv1, cod_cd1]);
28 title("DWT2");
29 saveas(gcf, "./pic/DWT2.jpeg");

```

### 4.3 DCT

DCT 是离散余弦变换 (Discrete Cosine Transform) 的缩写, 将时域信号转换为频域信号。

```

1  clc;
2  clear all;
3  close all;
4
5  b = imread("./pic/mario.jpeg"); % 读入图像, 像素值在b中
6  b = rgb2gray(b); % 转换为灰度图像
7
8  figure(1);
9  imshow(b);
10 title("(a) 原图像");
11 imwrite(b, "./pic/2DCT/mario.jpeg");
12
13
14 I = im2bw(b);
15 figure(2);
16 imshow(I);
17 title("(b) 二值化图像");
18 imwrite(I, "./pic/2DCT/mario_bw.jpeg");
19
20 c = dct2(I); % 进行离散余弦变换
21 figure(3);

```

```
22 imshow(c);
23 title("(c) DCT 变换系数");
24 imwrite(c, "./pic/2DCT/mario_dct.jpeg");
25
26 figure(4);
27 mesh(c); % 画网格曲面图
28 title("(d) DCT 变换系数 (立体视图)");
29 saveas(gcf, "./pic/2DCT/mario_mesh.jpeg");
```

## 5 实验结果及分析

### 5.1 DFT

如图，这是处理前的彩色图像。



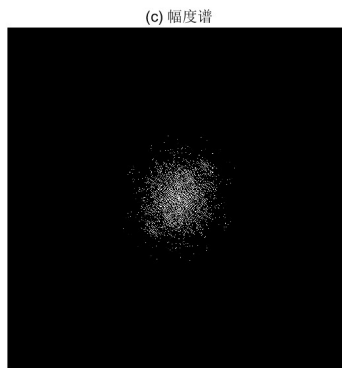
经过灰度处理后，得到如下图像。



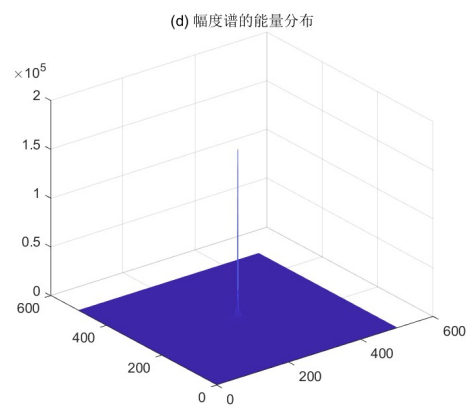
接着进行二值处理，得到黑白二值图像。



经过处理后得到其幅度谱如下：



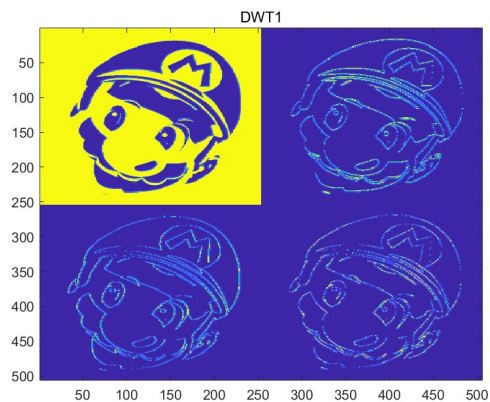
接着得到其幅度谱的能量分布，可以看到其能量主要集中在低频部分，小部分能量集中在中心。



## 5.2 DWT

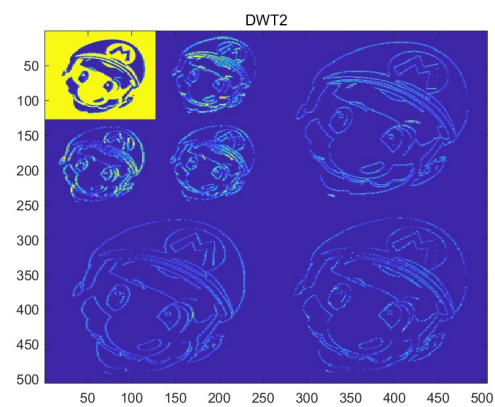
### 5.2.1 一级小波分解

运行前面编写的程序，得到如下图像。可以看到，左上角为分解得到的近似分量，右上角为水平方向细节分量，左下角为垂直方向细节分量，右下角为对角线方向细节分量。



5.2.2 二级小波分解

运行前面编写的程序，得到如下的图像。其处理过程基本相同，意即二级分解即对一级分解得到的近似分量进行二次分解，得到的波形大小为一级分解后的一半。



5.3 DCT

如图，这是处理前的彩色图像。



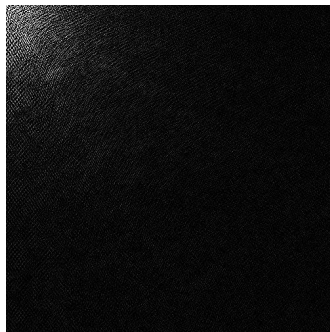
经过灰度处理后，得到如下图像。



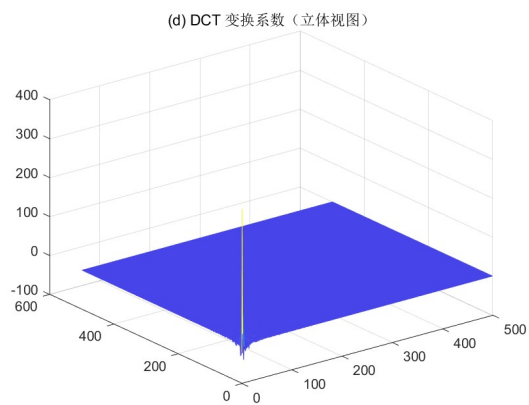
接着进行二值化，得到黑背二值图像。



调用 `dct` 函数进行离散余弦变换，得到其变换系数如下：



使用 `mesh` 函数画出变换后的系数的网格曲面图，可以看到，DCT 的系数主要集中在左上角，代表直流、低频系数，其余系数接近于零。



## 6 参考

本次实验主要参考慕课完成。

## 7 说明

本次实验所有代码均已放在 `codes` 文件夹下。



- 1 DCT.m
- 2 DFT.m
- 3 DWT1.m
- 4 DWT2.m

本次实验所有图片均位于 `codes/pic` 文件夹