



武汉大学

课程 设计 报 告

图像有损压缩 Matlab 仿真及性能测试

姓 名：陈子昂, 朱鹤然, 卢意帆

学 号：2021202120085

任课教师：茹国宝

学 院：电子信息学院

专 业：信息与通信工程

二〇二一年十一月

Chen Ziang, Zhu Heran, Lu Yifan

说 明

目 录

说 明.....	I
1 JPEG 图像有损压缩.....	1
1.1 颜色空间转换与色度采样	1
1.1.1 颜色空间转换	1
1.1.2 色度采样	2
1.2 图像分块与 DCT 变换	2
1.2.1 图像分块	2
1.2.2 DCT 变换	2
1.3 量化	3
1.4 熵编码	3
附录 A Matlab 代码.....	4
A.1 DCT 分解	4

1 JPEG 图像有损压缩

1.1 颜色空间转换与色度采样

1.1.1 颜色空间转换

需要将 RGB 颜色空间转化为 YUV 颜色空间，也叫 YCbCr，其中，Y 是亮度 (Luminance)，U 和 V 表示色度 (Chrominance) 和浓度 (Chroma)，UV 分量同时表示色差

研究表明，红绿蓝三基色所贡献的亮度不同，绿色所贡献亮度最多，蓝色所贡献亮度最少。假定红色贡献为 K_R ，蓝色贡献为 K_B ，则亮度可以表示为

$$Y = K_R \cdot R + (1 - K_R - K_B) \cdot G + K_B \cdot B \quad (1.1)$$

根据经验值 $K_R = 0.299$, $K_B = 0.114$ ，则有

$$Y = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B \quad (1.2)$$

蓝色和红色的色差为

$$\begin{aligned} Y &= 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B \\ C_b &= -0.1687 \cdot R - 0.3313 \cdot G + 0.5 \cdot B + 128 \\ C_r &= 0.5 \cdot R - 0.4187 \cdot G - 0.0813 \cdot B + 128 \end{aligned} \quad (1.3)$$

或

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.1687 & -0.3313 & 0.5 \\ 0.5 & -0.4187 & -0.0813 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (1.4)$$

1.1.2 色度采样

1.2 图像分块与 DCT 变换

1.2.1 图像分块

1.2.2 DCT 变换

一般的二维 DCT 变换

$$F(u, v) = c(u)c(v) \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j) \cos\left(\frac{i+0.5}{M}u\pi\right) \cos\left(\frac{j+0.5}{N}v\pi\right)$$

$$c(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}}, & u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & u \neq 0 \end{cases} \quad u, v = 0, 1, 2, \dots, 7 \quad (1.5)$$

当 $M = N$ 时, DCT 变换可以表示为矩阵相乘的形式, F 的 DCT 变换则是 $T = AFA^T$ 。变换矩阵 A 为

$$A = \frac{2}{\sqrt{N}} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \dots & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \cos \frac{\pi}{2N} & \cos \frac{3\pi}{2N} & \dots & \cos \frac{(2N-1)\pi}{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cos \frac{(N-1)\pi}{2N} & \cos \frac{3(N-1)\pi}{2N} & \dots & \cos \frac{(2N-1)(N-1)\pi}{2N} \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

当原始图像从 RGB 颜色空间转换到 YCbCr 颜色空间之后, 需要对每一个 8×8 的图像块进行二维 DCT 变换

$$F(u, v) = c(u)c(v) \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 f(i, j) \cos\left(\frac{i+0.5}{8}u\pi\right) \cos\left(\frac{j+0.5}{8}v\pi\right)$$

$$c(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{8}}, & u = 0 \\ \frac{1}{2}, & u \neq 0 \end{cases} \quad u, v = 0, 1, 2, \dots, 7 \quad (1.7)$$

这时候的 DCT 变换矩阵为

$$A = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \dots & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \cos \frac{\pi}{16} & \cos \frac{3\pi}{16} & \dots & \cos \frac{(16-1)\pi}{16} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cos \frac{(N-1)\pi}{16} & \cos \frac{3(N-1)\pi}{16} & \dots & \cos \frac{(16-1)(N-1)\pi}{16} \end{bmatrix} \quad (1.8)$$

在 Matlab 中可以用 `T = dctmtx(8)` 查看

```

1  T =
2      0.3536  0.3536  0.3536  0.3536  0.3536  0.3536  0.3536  0.3536
3      0.4904  0.4157  0.2778  0.0975 -0.0975 -0.2778 -0.4157 -0.4904
4      0.4619  0.1913 -0.1913 -0.4619 -0.4619 -0.1913  0.1913  0.4619
5      0.4157 -0.0975 -0.4904 -0.2778  0.2778  0.4904  0.0975 -0.4157
6      0.3536 -0.3536 -0.3536  0.3536  0.3536 -0.3536 -0.3536  0.3536
7      0.2778 -0.4904  0.0975  0.4157 -0.4157 -0.0975  0.4904 -0.2778
8      0.1913 -0.4619  0.4619 -0.1913 -0.1913  0.4619 -0.4619  0.1913
9      0.0975 -0.2778  0.4157 -0.4904  0.4904 -0.4157  0.2778 -0.0975
    
```

对图像进行 8×8 分块后，对每一个矩阵块 A 都进行 DCT 变换 TAT^T

1.3 量化

1.4 熵编码

附录 A Matlab 代码

A.1 DCT 分解

```
1 function out = func_dct( im)
2     T = dctmtx(8);
3     for i=1:3
4         out(:,:,i) = blkproc( im(:,:,i), [8 8], 'P1*x*P2', T,
5                                 T');
6     end
7 end
```