

# 一种基于HVS的彩色图像水印算法

刘利田, 常建平

(南京航空航天大学信息科学与技术学院, 南京 210016)

**摘要:** 讨论了一种将彩色水印图像嵌入到原始彩色图像中的数字水印算法。它利用人眼视觉系统特性, 采用了在DWT域下按照频带重要性来嵌入水印的规则, 即: 水印应当首先嵌入图像小波低频系数, 若有剩余, 再按图像小波频带重要性的排序嵌入高频带。实验结果表明, 提取的水印表现出较好的鲁棒性, 且主观视觉失真较小。

**关键词:** 彩色数字水印; 人眼视觉系统; DWT域

## Digital Watermark Algorithm for Color Images Based on HVS

LIU Li-tian, CHANG Jian-ping

(College of Information Science and Technology, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016)

**【Abstract】** A digital watermark algorithm by embedding a color digital watermark into an original color image is discussed. The algorithm inserts the watermarks according to the significance of subbands based on DWT and HVS, i.e. the watermarks should be embedded in the low frequency subbands, and the remains of the watermarks should be embedded in the high frequency subbands according to the significance of subbands. The simulation results demonstrate that the algorithm is robust and the extracted watermark has low visual distortion.

**【Key words】** color digital watermark; Human Visual System (HVS); Discrete Wavelet Transform(DWT)

数字水印技术现在成为解决媒体版权保护问题的有效方法。在灰度图像中嵌入数字水印已得到了广泛深入的研究, 并且已经形成了产品, 而在实际应用中彩色图像和视频占主导地位, 这就促使了彩色数字水印算法的产生, 但多数研究是将二值水印图像嵌入到彩色图像当中, 文献[1]是基于DWT和HVS(人眼视觉系统)的将彩色水印图像嵌入到原始彩色图像中的算法, 它依照多数文献认为在低频段不能进行嵌入的看法, 仅在中频段进行了嵌入。本文对其进行有意义的改进, 使其在低频段也进行了嵌入。

### 1 人眼视觉系统对于颜色感知特性的分析

颜色是人眼视觉系统对可见光的结果。可见光是波长在380nm~780nm之间的电磁波, 人们所看到的大多数光不是一种波长的光, 而是由许多不同波长的光组合而成的。研究表明, 人的视网膜对于红(red)、绿(green)、蓝(blue)颜色敏感程度不同的3种锥体细胞, 即红、绿和蓝3种锥体细胞对不同频率的光的感知程度不同, 该特性对于彩色图像的数字水印研究很有意义, 因为对于彩色图像来说, 其每一个像素都可以分为红、绿和蓝3种基色, 在向彩色图像嵌入水印时, 如能根据人眼视觉系统对于不同颜色的不同敏感性, 自适应调整水印的嵌入能量, 则必将使得嵌入水印后的彩色图像具有较好的质量。从亮度方程 $Y=0.299R+0.587G+0.114B$ 可知, 人眼对于各种颜色的敏感性不同。其中, 人眼对于绿色(G)最为敏感, 对于红色(R)其次, 对于蓝色(B)最不敏感。可见, 在向彩色图像的不同基色中嵌入水印信息时, 可依据人眼视觉系统对颜色的感知特性来调整水印的加权系数。实验表明, 当加权比例选取为R:G:B=2:1:4时, 对于保证图像质量最为有利<sup>[3]</sup>。

### 2 彩色图像数字水印嵌入算法

文献[1]的算法是基于DWT域, 将水印嵌入到中频段。

在许多基于DWT的水印算法中, 图像低频小波系数总是被明显地排除在外。文献[2]根据图像小波系数的分布特点和对小波系数振幅的定性、定量分析, 提出了一个新的嵌入对策: 水印应当首先嵌入图像小波低频系数, 若有剩余, 再按图像小波频带重要性的排序嵌入高频带。本文将这种方法应用到彩色水印图像嵌入到原始彩色图像中。具体的嵌入方法如下:

(1) 将原始彩色数字水印图像分解为3个基色分量 $C_R, C_G, C_B$ , 分别对该3个基色分量作2层二维小波分解。然后, 将彩色数字水印图像同样分解为 $W_R, W_G, W_B$ 3个基色分量, 分别对其进行一次二维小波分解。

(2) 将彩色水印图像的三基色小波分解系数嵌入到原始彩色图像的三基色小波分解系数中, 嵌入公式为

$$C'_{R(G,B)}(i, j) = C_{R(G,B)}(i, j) + \alpha_{R(G,B)} \times W_{R(G,B)}(i, j) \quad (1)$$

其中,  $C_{R(G,B)}(i, j)$  和  $W_{R(G,B)}(i, j)$  分别表示原始彩色图像红色分量R(或G、B)和彩色水印图像的红色分量R(或G、B)经小波分解后的全部系数, 系数就是按照文献[2]所说的频带重要性来进行排序。频带重要性排序如图1。

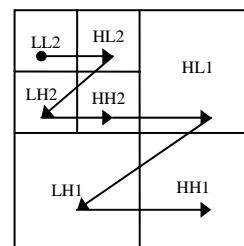


图1 图像小波分解频带重要性排序

**作者简介:** 刘利田(1980-), 男, 硕士, 主研方向: 图像处理, 计算机视觉, 数字水印; 常建平, 副教授

**收稿日期:** 2007-02-22 **E-mail:** molerat@163.com

另外,  $\alpha_R:\alpha_G:\alpha_B=2:1:4$ , 三者的取值要合适, 太大, 透明性不好; 太小, 提取过程中会产生较大的误差。

- (3)进行小波反变换, 恢复出嵌入水印后得到的三基色。
- (4)将三基色进行合成, 得到嵌入水印后的彩色图像。

### 3 彩色图像数字水印提取算法

水印提取过程是水印嵌入过程的逆过程, 需要用到原始彩色图像和嵌入了水印的彩色图像。按嵌入时相同的过程将原始彩色图像的小波系数相应地从得到的嵌入了水印的彩色图像的小波系数中减去, 即

$$W_{R(G,B)}(i, j) = \frac{(C_{R(G,B)}(i, j) - C_{R(G,B)}(i, j))}{\alpha_{R(G,B)}}$$

(2)

最后, 将得到的彩色数字水印的小波系数作小波反变换, 进行三基色合成, 就获得提取出的彩色水印图像。

### 4 实验结果

为了消除主观因素的影响, 体现版权保护的公正性, 除通过视觉来进行判定外, 本文使用峰值信噪比(PSNR)来度量嵌入水印后彩色图像与原始彩色图像间的相似程度, 并采用归一化的相关系数(NC)对原始水印与提取的水印作定量的评价。本文的实验结果是基于 Matlab 仿真得到,  $\alpha_R=0.06$ ,  $\alpha_G=0.03$ ,  $\alpha_B=0.12$ , 其中,  $512 \times 512$  的标准 Lena 彩色图像作为原始彩色图像, 如图 2 所示;  $256 \times 256$  的彩色水印图像, 如图 3 所示。图像的峰值信噪比 PSNR 为 28.562。提取水印的归一化相关系数 NC 为 0.999 3。由得到的实验数据 PSNR 可证明水印的不可见性, 从 NC(接近于 1)可以知道, 提取的水印效果很好。图 4~图 6 分别是经 JPEG 压缩(Quality=50)、左上角 1/4 剪切和加椒盐(0.05)噪声后, 提取的水印图像和 NC 值。



图 2 原始图像



图 3 彩色水印



图 4 JPEG 压缩后提取的水印(NC=0.8518)

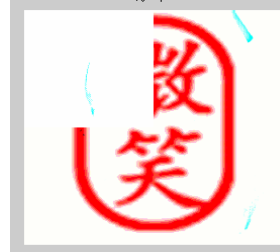


图 5 左上角 1/4 剪切提取的水印 (NC=0.5443)



图 6 加椒盐噪声后提取的水印(NC=0.4127)

由以上结果可以看出, 本算法对于一般的图像操作具有较好的鲁棒性, 并且对于彩色水印图像来说, 其主观上的视觉失真较少, 提取出的水印还是具有较好的分辨性的。

### 5 结束语

本文用文献[2]提出的按照小波域频带重要性排序进行嵌入的理论, 对文献[1]的算法进行了改进, 使其也可以在低频带进行水印嵌入, 与此同时也证明了文献[2]的理论在文献[1]这种嵌入规则下的正确性, 也对小波域的低频带有了新的认识。

本文算法的优点是利用了人眼的视觉特性将彩色图像作为水印嵌入到彩色宿主图像中。下一步将研究如何在提取彩色水印时不使用原始图像, 同时抵抗更多的攻击。

### 参考文献

- [1] 刘 挺, 尤韦彦. 一种基于离散小波变换和 HVS 的彩色图像数字水印技术[J]. 计算机工程, 2003, 29(4): 115-117.
- [2] 黄达人, 刘九芬, 黄继武. 小波变换域图像水印嵌入对策和算法[J]. 软件学报, 2002, 13(7): 1290-1297.
- [3] 王向阳, 杨红颖, 陈利科. 基于人眼视觉系统的自适应量化数字水印算法研究[J]. 小型微型计算机系统, 2005, 26(9): 1526-1529.