

# 基于 DWT 可定位和抵御剪切的水印方案

于帅珍

(安徽财经大学 信息工程学院, 安徽 蚌埠 233041)

**摘要:**提出的数字水印算法将图像小波变换理论和分块技术相结合, 在小波域的最低层逼近系数分块矩阵中, 采用重复嵌入技术自适应地嵌入水印。水印提取时, 采用两种提取方案, 不仅可以完全抵御剪切攻击, 而且可以定位载体图像所遭受的攻击, 且提取水印时不需要原始载体图像, 而现有水印系统的提取方案是唯一的。该算法易于实现, 具有较好的实用价值。

**关键词:**离散小波变换; 盲检测; 提取方案; 剪切攻击

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2008)12-0150-03

## Watermark Algorithm Based on DWT Against Cropping

YU Shuai-zhen

(School of Information Engineering, Anhui University of Finance & Economics, Bengbu 233041, China)

**Abstract:** By studying the wavelet transform and the blocked technology, a digital watermark algorithm is proposed, the watermark image is adaptive embedded into the blocked lowest approximation components of wavelet domain on repeat embedding technology. Watermark extraction use two methods and blind detection while only one extraction method is used. This algorithm can distinguish various cropping attack and completely against them. The method is implemented easily, test results show that the algorithm is valid.

**Key words:** DWT; blind detection; extraction method; cropping

### 0 引言

数字水印技术是利用数字作品中数据的冗余性与随机性, 将版权信息嵌入到作品中, 从而达到版权保护的目。目前研究水印算法的文献很多<sup>[1,2]</sup>, 但大多数水印算法对几何变换十分敏感, 原因是几何变换攻击<sup>[3]</sup>容易造成嵌入水印的严重破坏。为了正确恢复几何形变下的水印, 针对各种情况, 出现了许多水印嵌入和检测算法<sup>[4-6]</sup>。小波变换不但具有良好的时-频局部化特性, 而且能够充分利用人类视觉系统, 与 JPEG-2000 和 MPEG-4 等新的压缩标准兼容, 不会出现分块傅里叶变换的块效应, 因而利用小波变换来嵌入水印具有很好的研究和应用价值<sup>[2-4]</sup>。

研究表明: 小波域的低频系数是感觉上的重要分量, 具有较大的感觉容量, 在小波域的低频系数中嵌入水印抗攻击能力最强。文中提出的算法实现在静止彩色图像蓝色分量的低频域中嵌入和提取水印, 由于目

前的水印系统在水印提取时方案是唯一的, 文中提出了两种水印提取方案: 单水印提取方案 and 多重水印提取方案; 检测出的水印不仅可以准确定位图像受到剪切攻击的位置和程度, 而且可以完全抵御剪切攻击。为了保证水印的安全性, 水印在嵌入之前要先进行置乱或加密, 为了增加破解的难度, 嵌入到各个分块中的水印可分别进行置乱或加密<sup>[7]</sup>。

### 1 水印的嵌入和提取

#### 1.1 水印的嵌入算法

如果  $X$  是原始宿主图像, 大小为  $N \times N$ ,  $W$  是二值水印图像, 大小为  $M \times M$ , 假设  $N = 2^p \times M$ , 其中,  $p$  为整数。抽取原始图像蓝色分量作为水印嵌入通道, 则水印嵌入算法可大致描述如下:

(1) 将抽取的蓝色分量进行三级小波分解, 得到各级小波分解系数  $d_l^0(i, j)$ , 其中  $l = 1, 2, 3$ , 表示小波分解层数;  $\theta = 0, 1, 2, 3$  分别表示低频、水平、垂直和对角线方向的小波系数。然后将第三级的低频系数矩阵按水印图像的大小分割成互不重叠的子块  $d_{3,m,n}^0(i, j)$ , 其中  $m, n$  是子块的位置坐标,  $i, j$  是对应子块内的系数坐标。

收稿日期: 2008-03-21

基金项目: 2008 年度安徽省高等学校省级自然科学基金项目 (KJ2008B090)

作者简介: 于帅珍 (1968-), 女, 山东烟台人, 讲师, 硕士, 研究方向为信息监测与信息处理、数字水印。

(2) 加密算法。根据 Logistic 映射公式  $X_{n+1} = 1 - uX_n^2$  以  $u$  和  $X_0$  作为密钥生成一个二值混沌序列, 并以此来调制原始水印图像。为了进一步提高水印的安全性, 对于嵌入不同块的水印可以采用不同的密钥加密。

(3) 水印的嵌入。按下面的规则在 DWT 域的第三级低频系数的各个子块内重复嵌入加密后的水印。

a. 当嵌入的比特  $W(i, j) = 0$  时, 若  $\text{mod}(d_{3,m,n}^0(i, j), s) < 3s/4$ , 则  $d'_{3,m,n}(i, j) = d_{3,m,n}^0(i, j) - \text{mod}(d_{3,m,n}^0(i, j), s) + s/4$ ; 若  $\text{mod}(d_{3,m,n}^0(i, j), s) \geq 3s/4$ , 则  $d'_{3,m,n}(i, j) = d_{3,m,n}^0(i, j) - \text{mod}(d_{3,m,n}^0(i, j), s) + 5s/4$ 。

b. 当嵌入的比特  $W(i, j) = 1$  时, 若  $\text{mod}(d_{3,m,n}^0(i, j), s) < s/4$ , 则  $d'_{3,m,n}(i, j) = d_{3,m,n}^0(i, j) - \text{mod}(d_{3,m,n}^0(i, j), s) - s/4$ ; 若  $\text{mod}(d_{3,m,n}^0(i, j), s) \geq s/4$ , 则  $d'_{3,m,n}(i, j) = d_{3,m,n}^0(i, j) - \text{mod}(d_{3,m,n}^0(i, j), s) + 3s/4$ 。

其中,  $\text{mod}(a, b)$  和数学中  $a \text{ mod } b$  含义相同,  $s$  为预先设定的量化值, 用来调节水印嵌入的深度, 其取值应根据具体应用条件适当选取,  $W$  为嵌入的水印信号。

(4) 重复上面的过程直到嵌入所有的比特, 然后用全部小波系数进行三级小波逆变换得到嵌入水印后的蓝色分量图像。

(5) 得到嵌入水印后的彩色图像。

## 1.2 水印的提取算法

(1) 从嵌入水印的彩色图像中提取蓝色分量, 将提取的蓝色分量进行三级小波分解, 按同样的方法对 DWT 域的第三级低频小波分解系数分块, 得到分块后的系数矩阵  $d'_{3,m,n}(i, j)$ 。

(2) 水印的提取。

$$W'_{m,n}(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{mod}(d'_{3,m,n}(i, j), s) \leq s/2 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中,  $W'_{m,n}(i, j)$  是从各子块中提取的水印,  $m, n$  是子块的位置坐标,  $i, j$  是对应子块内系数的坐标。

(3) 单水印和多水印的提取。

a. 单水印提取。对各子块水印  $W'_{m,n}(i, j)$  分别解密(解密时密钥与加密时相同), 然后按“多数原则”(提取出的四个子块水印中如果对应位置的像素值有三个为 1, 则最终判决该像素值为 1, 否则最终判决该像素值为 0) 判决得到和原水印图像大小相同的水印图像  $W''$ , 其大小为  $M \times M$ 。设解密后的四个子块水印分别为  $W''_1, W''_2, W''_3, W''_4$ , 则

$$W'' = \begin{cases} 1 & \text{if } (W''_1 + W''_2 + W''_3 + W''_4 > 2) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

b. 多水印提取。对各子块水印  $W'_{m,n}(i, j)$  不按“多数原则”判决, 而是对每一块都按解密算法解密, 得到的水印图像大小为  $2M \times 2M$ 。

## 2 实验结果

文中对  $512 \times 512$  的 24 位真彩 Lena 图像进行了水印的嵌入实验, 水印采用  $32 \times 32$  的二值图像。图像分解采用 Haar 小波基。原始图像最大小波变换级数  $L = 3$ 。本实验是在 Matlab6.5 的实验环境下完成的。

图 1(a)、(c) 分别是原始图像和嵌入水印后的图像, 人眼感觉不到二者的差异, 具有较好的主观质量。经计算, 含水印图像的峰值信噪比  $\text{PSNR} = 37.9720\text{dB}$ , 具有较好的客观质量。图 1(b)、(d) 分别是原始水印和提取的水印, 经过计算, 提取的水印和原始水印的归一化相似度  $\text{NC} = 1$ , 客观上说明二者完全相同, 主观上也感觉不到二者的差异。



图 1 原始图像、原始水印及含水印图像和提取的水印

对图 1(c) 的含水印图像进行不同方式的剪切攻击, 将剪切部分补 0, 按以下两种方案提取水印:

(1) 按单水印方案提取水印。其实验结果如图 2 所示, 从提取的水印可以判断出含水印图像的剪切位置和受到剪切攻击的程度。从图中还可以看出当剪切面积达到  $1/4$  时, 仍可以从提取的水印中部分地检测出原始水印的存在, 所以采用提取单水印算法提取水印时具有一定的抗剪切攻击能力。但是当剪切面积达到  $1/2$  时, 将完全检测不到水印。这是由于被剪切部分对各级小波变换系数影响很大, 导致误差积累急剧增加而使水印检测失败。

(2) 按多水印方案提取水印。其实验结果如图 3 所示, 通过图 3 可以看出, 当含水印图像的剪切面积达到  $3/4$  时, 可以从提取的水印中完全可靠地检测出水印; 当含水印图像的剪切面积达  $7/8$  时, 仍可以从提取

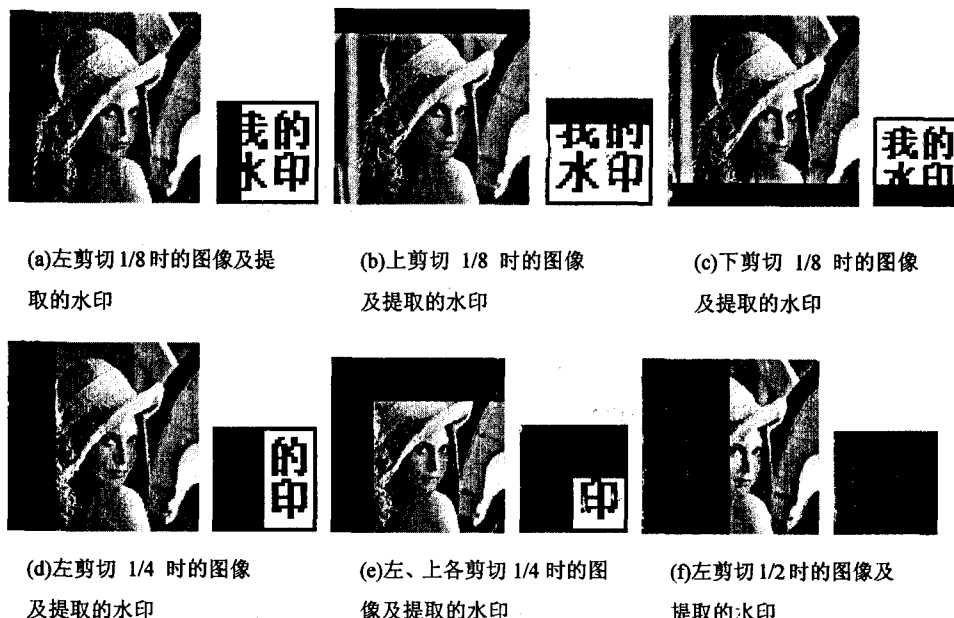


图 2 单水印提取时实验结果

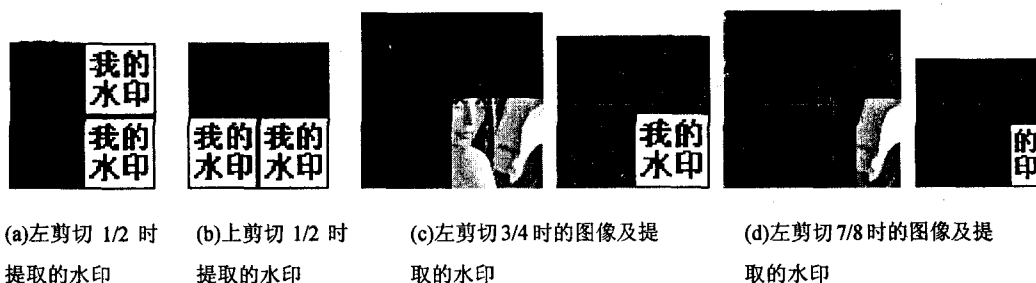


图 3 多水印提取时实验结果

的水印中部分地检测出水印的存在。通过测试结果可以看出,采用提取多水印的方案提取水印时,不仅可以判断出含水印图像的剪切位置和受到的剪切攻击的程度,而且完全可以抵御剪切攻击。

### 3 结束语

结合图像小波变换理论和分块技术,提出了一种水印算法,该算法在水印检测时不仅可以用两种方案提取水印,而且属于盲检测技术,而现有水印系统的水印提取方案是唯一的。检测出的水印不仅可以定位图像受到剪切攻击的位置和程度,而且完全可以抵御剪切攻击,对选择性认证有较重要的应用价值。抗几何攻击仍然是目前水印研究中的难点之一,需要做进一步的研究。

文中创新点:

- (1)采用两种方案提取水印,而现有水印系统的水印提取方案是唯一的。
- (2)检测出的水印可以准确定位图像受到剪切攻击的位置和程度(这是其它算法难以做到的)。
- (3)可以完全抵御剪切攻击。

(4)采用分块技术和重复嵌入技术,提高了水印的嵌入强度。

(5)该算法易于实现,具有较好的实用价值。

#### 参考文献:

- [1] 于帅珍,沈建国. 基于小波域的自适应彩色图像双重水印算法[J]. 微计算机信息,2006,22(1):190-192.
- [2] 孙锐,孙洪,姚天任. 基于奇异值分解的半易损水印算法[J]. 电路与系统学报,2002,7(3):62-65.
- [3] 刘九芬,黄达人,黄继武. 图像水印抗几何攻击研究综述[J]. 电子与信息学报,2004,26(9):1495-1503.
- [4] Rhoads G B. Image Steganography System Featuring Perceptually Adaptive and Globally Scalable Signal Embedding[P]. United States:5,748,763,1998.
- [5] Stone H S. Progressive Wavelet Correlation Using Fourier Methods[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1999, 47(1):97-107.
- [6] 王道顺, Yang Dilian, 戴一奇. 一种抗剪切和旋转的盲水印嵌入新算法[J]. 系统仿真学报,2002,14(9):1213-1216.
- [7] Cox I J, Kilian J, Leighton F T, et al. Secure spread spectrum watermarking for multimedia[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1997,6(12):1673-1687.