

# 基于小波分解的图像数字水印算法

李养胜<sup>1,2</sup>, 李俊<sup>1,2</sup>

(1. 西安电子科技大学 计算机学院, 陕西 西安 710071;

2. 陕西工业职业技术学院, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:** 数字水印是多媒体数字产品版权保护的重要技术之一。为了提高数字水印的鲁棒性, 文中提出了一种在小波变换域中向图像嵌入水印的方法, 而且该方法在水印提取时不需要原始图像。嵌入前对水印图像进行了 Arnold 置乱, 消除像素的空间相关性, 增强了图像抗攻击能力, 提高了水印安全性。实验证明, 算法对压缩、加噪、剪切等具有较高的鲁棒性。

**关键词:** 数字水印; 置乱; 小波变换

**中图分类号:** TP301.6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3751(2006)03-0127-02

## Image Digital Watermarking Algorithm Based on Wavelet Transform

LI Yang-sheng<sup>1,2</sup>, LI Jun<sup>1,2</sup>

(1. College of Computer, Xidian University, Xi'an 710071, China;

2. Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China)

**Abstract:** Digital watermarking is a technique for inserting information into digital multimedia. To increase the robustness, proposes a new method of digital watermarking for image signals based on the wavelet transform. This method does not require the original image in the proposal detection algorithm. Through Arnold transform, the watermarking image was hashed to eliminate the spatial correlation among pixels. The ability to with stand attacks was enhanced. The security of watermarking was enhanced too. The experimental results show that it is robust against JPEG compression, adding noise and cropping.

**Key words:** digital watermarking; scrambling; wavelet transform

### 0 引言

随着社会的信息化、网络化, 人们可以方便快捷地传播、拷贝、存储越来越多样化的多媒体信息。随之而来的数字产品的版权保护问题变得日益严峻, 数字水印技术的出现与发展, 为此类问题的解决带来了希望和可能。

数字水印是嵌入在数字作品中的一个版权信息, 它可以给出作品的作者、所有者、发行者以及授权使用者等相关信息。利用数字产品存在的冗余度, 将版权信息隐藏在其中, 以达到保护版权的目的<sup>[1]</sup>。数字水印应满足的基本要求: 透明性、鲁棒性、安全性<sup>[2]</sup>。

透明性和鲁棒性是数字水印系统中最重要的特性, 但它们又是一对矛盾的特性。在对图像进行了小波分解后, 会发现图像的能量绝大部分都分布在低频区域, 若将水印嵌入在此区域, 水印的鲁棒性会强一些。为了增强水印的鲁棒性及实现水印的盲检测, 可以将水印图像重复嵌入到被保护图像中。笔者提出了将水印分别嵌入到图像小波分解后的低频、水平和垂直分量中。

### 1 水印算法

#### 1.1 水印嵌入算法

设原始图像的大小为  $M \times M$ , 水印的大小为  $N \times N$ , 其中  $M, N$  均为  $2^n$  形式, 且  $N < M$ 。

(1) 置乱: 为了加强水印算法的鲁棒性, 消除像素的空间相关性, 提高水印的安全性, 首先对水印图像进行 Arnold 置乱<sup>[3]</sup>。

(2) 将原始图像进行  $L$  层小波分解, 得到各级小波分解系数  $d_l^{\theta}$ , 其中  $l = 0, 1, 2, 3, \dots$ , 表示小波分解的层数;  $\theta = 0, 1, 2$  分别表示低频、水平和垂直分量, 其中  $L = \log_2 \frac{M}{N}$ 。

(3) 分别计算  $L$  级小波分解低频系数平均值及水平和垂直分量的系数绝对值和的平均值。

$$aa = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M d_L^0(i, j)}{M \times M},$$

$$ah = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M |d_L^1(i, j)|}{M \times M},$$

$$av = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M |d_L^2(i, j)|}{M \times M}$$

收稿日期: 2005-06-22

作者简介: 李养胜(1974—), 男, 陕西渭南人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向为数字水印; 导师: 刘志镜, 教授, 研究方向为远程教育、网络安全。

(4) 水印嵌入。按下列公式将置乱后的水印图像重复嵌入到原始图像中。

$$d_L^0(i, j) = \begin{cases} aa & \text{if}(aa < d_L^0(i, j) < 2aa \ \& \ w(i, j) = 1) \\ 3aa/4 & \text{if}(aa/2 < d_L^0(i, j) < aa \ \& \ w(i, j) = 1) \end{cases} \quad \text{低频}$$

$$d_L^1(i, j) = \begin{cases} \pm \frac{ah}{4} & \text{if}(d_L^1(i, j) < 4ah \ \& \ w(i, j) = 0) \\ \pm \frac{7ah}{4} & \text{if}(d_L^1(i, j) < 4ah \ \& \ w(i, j) = 1) \end{cases} \quad \text{水平}$$

$$d_L^2(i, j) = \begin{cases} \pm \frac{av}{4} & \text{if}(d_L^2(i, j) < 4av \ \& \ w(i, j) = 0) \\ \pm \frac{7av}{4} & \text{if}(d_L^2(i, j) < 4av \ \& \ w(i, j) = 1) \end{cases} \quad \text{垂直}$$

其中，“±”由原小波系数的符号决定。

(5) 通过对嵌入水印后的新小波系数进行小波反变换，即可得到嵌入水印后的图像。

### 1.2 水印的提取

水印的提取过程是水印嵌入的逆过程。

(1) 将含水印图像进行  $L$  层小波分解，得到各级小波分解系数  $d_l^i$ ，其中  $l = 0, 1, 2, 3, \dots$  表示小波分解的层数； $\theta = 0, 1, 2$  分别表示低频、水平和垂直分量，具体含义与嵌入算法相同。

(2) 分别计算  $L$  级小波分解后低频、水平和垂直分量系数绝对和的平均值。

$$aa' = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M d_L^0(i, j)}{M \times M}$$

$$ah' = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M |d_L^1(i, j)|}{M \times M}$$

$$av' = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M |d_L^2(i, j)|}{M \times M}$$

(3) 水印提取。设从第  $L$  级小波分解的低频、水平和垂直系数中提取的水印分别为  $w_a, w_h$  和  $w_v$ ，按如下公式进行水印的提取。

$$w_a(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if}(aa'/4 < d_L^0(i, j) < 2aa') \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad \text{低频}$$

$$w_h(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if}(3ah'/4 < |d_L^1(i, j)| < 4ah') \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad \text{水平}$$

$$w_v(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if}(3av'/4 < |d_L^2(i, j)| < 4av') \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad \text{垂直}$$

采用三取二判决技术来判定  $w(i, j)$  的值：

$$w(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if}(w_a + w_h + w_v > 1) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

(4) 水印反置乱。对提取出的水印进行反置乱，从而得到最终水印。

## 2 仿真实验

实验中使用的原始图像大小为  $256 \times 256$  标准 Lena 灰度图，水印图像为  $64 \times 64$  的数字水印。bmp 二值图像（其鲁棒性见表 1），如图 1 所示。实验中对 Lena 图像采用 db1 进行 2 尺度分解<sup>[4]</sup>。

文中采用 NC 定量分析了提取水印与原始水印的相似度，采用峰值信噪比评价原始图像与嵌入水印后图像之间的差别<sup>[5]</sup>。

表 1 二值图像数字水印鲁棒性实验数据

加水印	随机噪声	高斯噪声	压缩	剪切	JPEG 压缩	中值滤波	旋转
PSNR 28.725	28.642	27.253	28.708	19.459	25.167	28.837	20.317
NC 0.9974	0.9912	0.9631	0.9924	0.9717	0.9717	0.9026	0.6924

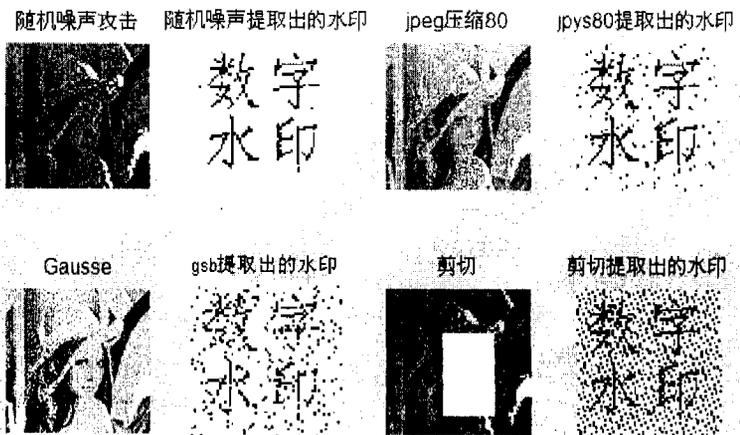


图 1 攻击后的图像和提取出的水印

## 3 结论

文中提出的算法对水印的嵌入和提取都比较简单，而且能够实现水印的盲检测。该算法对常见的攻击如剪切、JPEG 压缩、噪声等具有较强的抵抗性，但不足的是图像的透明性和对高斯噪声、滤波等攻击的鲁棒性还需要进一步去提高改善。

### 参考文献：

- [1] 钮心忻. 信息隐藏与数字水印[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2004.
- [2] Murat T A. 数字视频处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998.
- [3] 王 忠, 曾令美. 基于小波的二值图像数字水印技术[J]. 武汉化工学院学报, 2003, 25(3): 82-84.
- [4] 尹德辉, 李炳法. 抗剪切的彩色数字图像盲水印算法[J]. 计算机应用, 2005, 25(4): 853-856.
- [5] 姚 霞, 刘 芳, 丁爱玲. 基于小波分解的数字图像水印处理算法[J]. 西安电子科技大学学报, 2002, 29(5): 628-631.