

·信号与信息处理·

## 空域和小波域相结合的一种综合水印技术

江建平<sup>1</sup>, 白志刚<sup>2</sup>

(1. 武汉工业学院数理科学系, 湖北 武汉 430023; 2. 空军驻川西地区军事代表室, 四川 成都 610031)

**摘要:**提出了一种结合空域和小波域的综合水印算法, 并对此算法进行了性能分析. 结果表明, 在不降低水印算法鲁棒性的前提下, 极大地提高了水印信息的安全性, 在工业和商业等领域有一定的应用价值.

**关键词:**数字水印; 小波变换; Arnold 变换

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)01-0078-03

## An Integrated Watermarking Technology Combining Spatial Domain with Wavelet Domain

JIANG Jian-ping<sup>1</sup>, BAI Zhi-gang<sup>2</sup>

(1. Department of Mathematics and Physics, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;  
2. Resident Representative Office of Air Force in Western Sichuan, Chengdu 61031, China)

**Abstract:** A kind of integrated watermarking algorithm is put forward, which combines the spatial domain with the wavelet domain, and the algorithm's performance is analyzed. The results show that the new algorithm can improve the watermarking security without reducing the algorithm's robustness and has more application value in the fields of industry and commerce.

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

数字水印技术是利用载体信息中具有随机特性的冗余部分, 将水印信息嵌入载体信息之中, 使其不被他人发现. 在实际应用中, 随着网络技术和多媒体技术的迅速发展, 存在冗余信息的载体非常丰富, 这一点也在客观上增强了数字水印技术的可行性. 从算法的种类上, 水印算法可分为两大类: 空域水印技术(水印被直接嵌入在图像的亮度值上)<sup>[1,2]</sup>和变换域水印技术(将载体信息作某种数学变换, 然后水印被嵌入于变换系数中)<sup>[3]</sup>.

提出了一种空域与小波域相结合的综合水印算法. 相信它将是未来水印技术的一个发展趋势. 在合理的搭配下, 空域水印算法和小波域水印算法的优点将会集中起来形成一个水印嵌入量较大, 水印恢复效果好而且鲁棒性高的新型水印算法.

### 1 算法概述

综合水印算法不仅有载体图像和水印信息, 还有平常的水印算法中没有的媒体图像. 该算法是结合空域变换和频域变换的特点来完成数字水印的嵌入. 通常基于空域变换的数字图像水印技术的鲁棒性比较差, 但是却可以在嵌入和提取的过程中保证水印信息不丢失数据(在没有受到攻击的前提下), 而基于频域变换的数字图像水印技术的鲁棒性比较好, 但是由于数据在变换与反变换之间有一个取整的过程, 所以水印信息在嵌入和提取的过程中总是会有数据丢失. 通过结合两者的特点, 解决二者单独完成水印嵌入时所常见的问题.

收稿日期: 2008-12-29

作者简介: 江建平(1968-), 男, 湖北天门人, 学士, 高级讲师, 研究方向为光电子技术及应用; 白志刚(1976-), 男, 四川汉源人, 硕士, 工程师, 研究方向为计算机检测技术应用.

## 2 算法的核心思想

媒体图像是水印信息嵌入载体图像的一个媒介体.具体说就是水印信息通过空域水印算法嵌入媒体图像,而嵌入水印的媒体图像通过小波域水印算法嵌入载体图像之中.基于空域变换的数字图像水印技术在刚开始发展的时候就是通过改变载体图像像素点的 8 个 bit 位的值来完成水印嵌入的.这种算法实现简单,水印载体图像的显示效果也比较不错.但是算法的鲁棒性很差,水印数据很容易遭到彻底破坏.后来为了解决这样的问题,陆续有人将水印嵌入像素点的位数提高,但是这样一来水印载体图像的视觉效果又受到了很大的影响.为了保证水印载体图像的视觉效果,很多人又通过牺牲水印信息的嵌入量来解决问题.

将空域水印算法与频域水印算法结合起来,虽然会减少一些水印的嵌入量,但是它不仅进一步保证了水印的安全性,而且可以中和频域变换过程中由于数据的取整而带来的数据损失.嵌入水印信息的过程就是将水印信息用空域水印算法嵌入媒体图像,再将媒体图像用小波域水印算法嵌入载体图像中.因为无需顾及嵌入水印信息的媒体图像的视觉效果,所以将水印信息嵌入媒体图像像素点的首位,这样嵌入水印信息的空域水印算法的鲁棒性会大大提高,可以极大的抵消由频域变换带来的数据损失.具体的实现过程如下:

(1)对大小为  $512 \times 512$  的载体图像进行  $k$  次 Arnold 变换(下面简称置乱后的载体图像为置乱图像).

(2)对置乱图像进行 3 次小波变换.第  $i$  次小波变换后的高频系数分别记为  $Ch(i), Cv(i), Cd(i)$ , ( $i = 1, 2, 3$ ). 3 次小波变换后的低频系数记为  $Ca(3)$ .

(3)将大小为  $16 \times 128$  的水印信息的每个像素的 8 个比特位的值分别取代大小为  $128 \times 128$  的媒体图像中对应的 8 个像素点的首位.(嵌入水印的媒体图像在下面称之为水印媒体图像)

(4)对水印媒体图像进行 2 次小波变换.第  $j - 3$  次小波变换后的高频系数分别记为  $Ch(j), Cv(j), Cd(j)$ , ( $j = 4, 5$ ). 2 次小波变换后的低频系数记为  $Ca(5)$ .

(5)为了能够更好的恢复水印媒体图像(这样也

有利于水印信息的恢复),把二次小波变换后水印媒体图像中最重要的低频数据嵌入三次小波变换后的置乱图像中数据量相对最多的低频数据中.由于置乱图像的低频数据是水印媒体图像的 4 倍.所以以  $Ca(3)(2m, 2n) = Ca(3)(2m, 2n) + Ca(5)(m, n) \times 0.3$ , ( $m = 1, 2, \dots, 32, n = 1, 2, \dots, 32$ ).

(6)水印媒体图像的高频数据以下面的式子嵌入置乱图像中

$$m = 1, 2, \dots, 32, n = 1, 2, \dots, 32.$$

$$Ch(3)(2m, 2n) = Ch(3)(2m, 2n) + Ch(5)(m, n) \times 0.3$$

$$Cv(3)(2m, 2n) = Cv(3)(2m, 2n) + Cv(5)(m, n) \times 0.3$$

$$Cd(3)(2m, 2n) = Cd(3)(2m, 2n) + Cd(5)(m, n) \times 0.3$$

$$Ch(2)(2m, 2n) = Ch(2)(2m, 2n) + Ch(4)(m, n) \times 0.3$$

$$Cv(2)(2m, 2n) = Cv(2)(2m, 2n) + Cv(4)(m, n) \times 0.3$$

$$Cd(2)(2m, 2n) = Cd(2)(2m, 2n) + Cd(4)(m, n) \times 0.3$$

(7)完成嵌入后,再依次进行小波反变换得到嵌入水印的置乱图像.

(8)对嵌入水印的置乱图像进行  $k$  次 Arnold 反变换,得到嵌入水印后的载体图像(下面简称为水印载体图像).

(9)水印的提取过程只需要得到原始载体图像,置乱次数  $k$ ,和加权系数 0.3 便可以完成.

在无需考虑水印媒体图像视觉效果的前提下,还有很多鲁棒性更高的空域水印算法,可以更大的抵消小波变换中丢失数据的影响.当然,如果改进了小波域水印算法,对该算法也是非常有利的.

## 3 算法的仿真结果及其分析

在实验中选用了大小为  $512 \times 512$  的 lena 图像和大小为  $128 \times 128$  的 boat 图像作为原始载体图像和媒体图像,而将大小为  $16 \times 128$  的 lena 剪切图像作为水印信息,  $k = 80$ . 仿真结果如图 1 所示.

最后提取的水印信息的 NCC 值为 0.97683. 由上面的仿真结果和最后提取的水印信息的 NCC 值可以看出,虽然小波变换过程中的数据取整使媒体图像每个像素的数据都有损失,但是空域水印算法

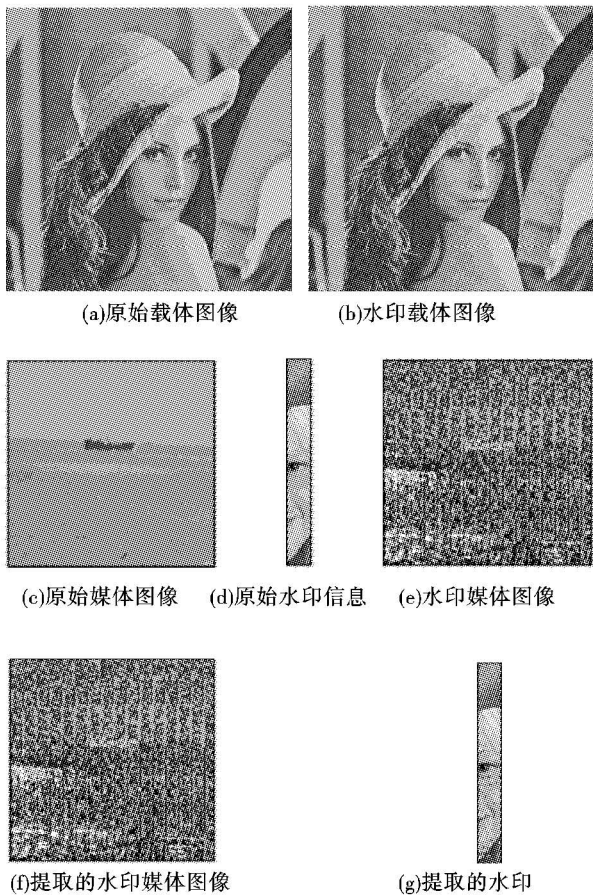


图 1 仿真过程中所有的实验结果

极大地减少了这样的损失. 如果水印信息中某个像素首位由于小波变换中数据的损失而导致 0、1 互换就会产生该像素点的值接近 0 或者 255. 这也是所介绍的空域水印算法本身的局限性, 相信在以后的研究中如果采用更加合适的空域水印算法便可以很好的解决这个问题.

## 4 结 论

提出了结合空域和小波域的一种综合水印算法. 空域水印算法与小波域水印算法各有优点, 如果将二者有机地结合起来, 就可以在不降低水印算法性能的前提下大大提高了水印信息的安全性.

## 参考文献

- [1] Nikolaidis N, Pitas I. Robust image watermarking in the spatial domain[J]. Signal Processing, 1998, 66(3):385-403.
- [2] Darmstaedter V, Delaigle J F, Quisquater J J, et al. Low cost spatial watermarking[J]. Computers & Graphics, 1998, 22(4): 417-424.
- [3] Cox I J, Kilian J, Leighton F T, et al. Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia [J]. IEEE Trans. On Image Processing, 1997, 6(12):1673-1687.
- [4] ARROWSMITH D K, PLACE C M. An Introduction to Dynamical Systems [M]. UK: Cambridge University Press, 1990.

## 简讯

### 诺·格公司首次研制成功武器化设计的全固态激光器

诺·格公司研制成功可用于战场的坚固高能量固态 FIRESTRIKE(™)激光器. 它采用可替换单元(LRU)设计, 现准备接受订货.

FIRESTRIKE(™)激光器提供 15 kW 的激光能量, 如果采用可组合的 LRU 积木化模块, 可以提供更高的功率. 这基于诺·格公司在研制联合高功率固态激光器项目中的集束结构技术.

FIRESTRIKE(™)激光器根据军方要求进行坚固的设计, 但也对全寿命期费用和可靠性进行充分考虑. 并为实地行动和简单更换的需要进行的设计.

这是一个紧凑的电驱动激光器, 其高功率输出、光束质量和运行时间满足攻击和防卫军事行动的需要. 它采用满足功率需求的新型激光电源紧凑设计(LCSA). 结合先进电光和红外传感器, FIRESTRIKE(™)激光器能够提供自我防护、精确打击和加强环境感知的能力.

FIRESTRIKE(™)激光器实行替换设计, 允许根据特殊打击任务和平台的需要, 改变激光武器的输出功率. 诺·格公司认为 FIRESTRIKE(™)激光器将为未来激光武器系统奠

定基础.

激光器参数如下:

功率: 15 kW

光束质量: 衍射极限的 1.5 倍

激光头: 12"×23"×40"(宽、深、高)

电流源: 9"×13"×30"

即时启动: 从零到满功率时间小于 0.5 s

安全性: 远程操控、用户连锁接入, 内部安全传感器

控制: 通用命令和控制(C2)系统和以太网接口

低功率设置: 提供 100 W 对准光束

质量: 每 LRU 模块 400 lb

坚固程度: 采用紧凑 SSL 技术的 LRU 模块, 满足机动性和战地行动需要.

诺·格公司研制成功可用于战场的坚固高能量固态 FIRESTRIKE(™)激光器. 它采用可替换单元(LRU)设计, 现准备接受订货.

(徐世录提供)