

变换域加密全息水印算法

李孟涛, 孙刘杰, 刘 真

(上海理工大学, 上海 200093)

摘要:提出了一种基于 DCT-DWT 的彩色图像全息水印算法。为了保证水印信息的安全性,该算法首先对水印信息进行双随机相位调制,并生成水印全息图;其次,将载体图像在 Lab 空间内的 L 分量进行 4×4 分块,对每一分块进行 DCT 变换,抽取每个矩阵的中低频系数,组成一个新的矩阵,并对之进行小波分解,将水印全息图嵌入到它的中低频小波系数上。实验结果表明,基于 DCT-DWT 变换的水印算法具有较好的不可见性,对常见的攻击具有强鲁棒性。

关键词:离散余弦变换;离散小波变换;双随机相位加密;数字水印

中图分类号: TS853⁺.6; TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)15-0022-03

Encrypted Holographic Watermarking Algorithm Based on Transform Domain

LI Meng-tao, SUN Liu-jie, LIU Zhen

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: A color image holographic watermarking algorithm based on DCT-DWT was proposed. In order to ensure the security of watermark, the watermark information was modulated by double random phase plates and generated into a hologram watermark; meanwhile, the carrier image's L vector in Lab space was partitioned into 4×4 blocks, which were transformed by DCT. The low frequency components were extracting from each matrix to form a new matrix, which was decomposed by DWT. The holographic watermark information was embedded into the low-frequency wavelet coefficients. Experimental results showed that the watermarking algorithm based on DCT-DWT is invisible, and robust to common attacks.

Key words: discrete cosine transform; discrete wavelet transform; double random phase encryption; digital watermark

多媒体技术和网络技术的发展,促进了数字水印技术的进步。数字水印技术是数字版权保护的一种有效的途径。多媒体传输的数据以彩色图像为主体,而已有的大量针对灰度图像的成熟水印算法不适合直接对彩色图像进行应用,研究实用的彩色图像水印算法具有很重要的实际意义。

水印技术的研究方向主要集中在变换域中。空间域方法主要通过改变原图像中某些像素值来嵌入水印,鲁棒性和不可见性差。变换域方法是将图像数据经过某种变换,并通过改变变换系数来嵌入水印。文中提出彩色图像 Lab 空间水印算法,结合 DCT 和

DWT 的变换域技术^[1,5-6]和加密全息水印技术^[2-3],在变换域中嵌入水印,使能量分布在图像的所有像素上,保证了水印的不可见性、鲁棒性和安全性。

该算法结合了双随机相位调制算法^[2-3]、离散余弦变换^[4]和小波变换^[5-6]等技术。首先将二值水印图像进行双随机相位调制并生成水印全息图,使水印信息具有高安全性;在嵌入过程中,在图像 Lab 空间 L 分量的变换域中(DCT 和 DWT 变换)进行加密全息水印的嵌入,并根据人类视觉对 Lab 空间色差的要求自适应地调整嵌入强度因子,以达到平衡水印图像的不可见性、鲁棒性和安全性。

收稿日期: 2011-05-13

基金项目: 上海市科委基金项目(09220502700)

作者简介: 李孟涛(1986—),男,河南周口市人,上海理工大学硕士生,主攻数字水印、图像处理等。

通讯作者: 孙刘杰(1965—),男,安徽怀宁人,博士,上海理工大学教授,主要从事印刷工程、图像处理与模式识别等研究。

1 变换域加密全息水印技术

1.1 水印的嵌入算法

1) 生成 2 个随机矩阵 p, b , 作为光全息系统的双相位, 即加密解密系统的双密钥; 对已生成的水印图像 (64×64) 进行相位值为 p 的变换; 对变换后的图像进行傅里叶变换, 然后进行相位值为 b 的变换, 再进行傅里叶反变换; 双随机相位加密之后生成同轴全息图像 H 。

2) 对载体彩色图像 (512×512) 进行颜色空间转换, 从 RGB 颜色空间转换到与设备无关的 CIELab 颜色空间。

3) 从 CIELab 空间中抽取 L 分量, 对 L 按照 4×4 的大小进行分块, 然后再对每一块进行 DCT 变换, 得系数组成的矩阵, 然后抽取每块系数矩阵中低频系数组成一个新的矩阵 D (128×128)。

4) 对得到的 D 进行小波分解, 取其小波变换的低频系数 CA (64×64), 对全息水印图像 H 和低频系数 CA 进行叠加求和。

5) 对嵌入全息水印图像 H 的 CA 分量的小波系数进行逆小波变换得到 D 分量, 对 D 分量进行逆 DCT 变换得到 L 分量, 再把颜色空间从 CIELab 空间转换到 RGB 空间。

6) 得到嵌入后的彩色图像。

水印嵌入算法流程见图 1。

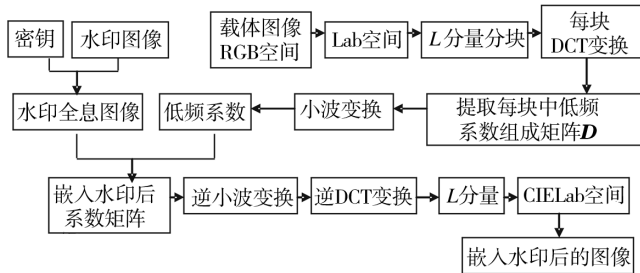


图 1 水印嵌入算法流程

Fig. 1 The process flow of watermark embedding algorithm

1.2 水印的提取算法

1) 将嵌入水印后的 RGB 图像颜色空间转换为 CIELab 颜色空间, 取其亮度信息 L 进行 4×4 大小的分块后进行 DCT 变换, 取每块系数矩阵中低频组成一个矩阵 D 。

2) 对提取的矩阵 D 进行一级小波分解, 取其低

频小波系数 (CA), 对嵌入加密后的 CA 进行傅里叶变换。

3) 然后对其进行相位值为 $-b$ 的变换, 然后进行傅里叶反变换。

4) 最后对其进行相位值为 $-p$ 的变换, 得到提取的水印图像。

5) 对提取的水印图像进行高斯低通滤波, 再对其进行二值化, 得到水印图像。

水印提取算法流程见图 2。

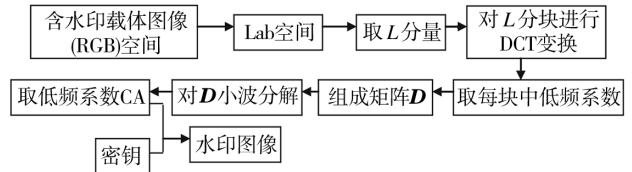


图 2 水印提取算法流程

Fig. 2 The process flow of watermark extraction algorithm

2 仿真结果与分析

2.1 用 PSNR 对嵌入水印图像进行客观评价

为了客观地评价水印图像的质量, 验证水印信息的不可见性, 常采用峰值信噪比 (PSNR) 评价原始彩色图像与含水印载体彩色图像之间的差别, K 为嵌入强度。彩色图像的 PSNR 的计算公式如下:

$$\text{PSNR} = 10 \lg \frac{255^2}{[\text{MSE}(R) + \text{MSE}(G) + \text{MSE}(B)]/3} \quad (1)$$

$$\text{MSE} = \frac{1}{N \times N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [X^*(i, j) - X(i, j)]^2 \quad (2)$$

式(2)中: $X^*(i, j)$ 表示嵌入水印后图像的 R, G, B 分量的像素值; $X(i, j)$ 表示原水印图像的 R, G, B 分量的像素值。

512×512 的 RGB 格式的彩色图像见图 3a, 64×64 的二值水印图像见图 3b; 图 4a, b 分别是嵌入水印后的图像和提取的二值水印图像。从仿真结果可以看出, 在原始载体图像中嵌入水印图像后, 难以察觉到水印的存在, 这满足了数字水印的不可见性要求。

2.2 验证算法提取水印的鲁棒性

为了验证算法提取水印的鲁棒性, 利用 MATLAB7.0 环境下, 对 512×512 的 lena 图像嵌入水印后实施各种攻击, 然后检测其提取水印的效果, 见图 5。



图3 原始载体图像和水印图像

Fig. 3 Original host image and watermark image

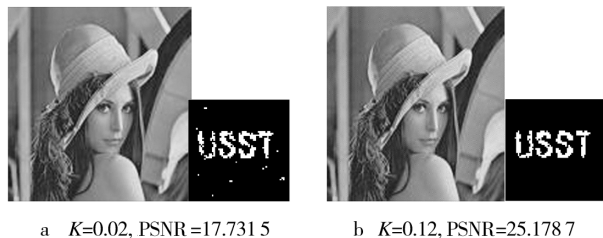


图4 嵌入水印的图像及提取的水印图像

Fig. 4 The watermarked image and the extracted watermark



图5 攻击实验效果和提取的水印

Fig. 5 Results of attacking experiment and the extracted watermarks

从测试结果可以看出,嵌入强度 $K=0.08$ 时,对含水印图像进行椒盐噪声、中值滤波、高斯噪声、裁切、JPEG 压缩这几种常见的攻击后,均能提取出完整

且清晰的水印图像,这满足了数字水印图像鲁棒性的要求。

3 结语

结合 DCT 和 DWT 2 种变换各自的优点,提出了基于 DCT 和 DWT 的彩色图像数字水印算法,利用 Lab 空间的 L 分量的变换系数作为水印嵌入的载体,水印具有很好的不可见性;提取水印图像不需要原始图像的参与,该水印属于盲检测水印;水印图像经过双随机相位加密,使该水印具有高安全性。实验结果表明:该算法对 JPEG 压缩、滤波、高斯和椒盐噪声、低通滤波、裁切等图像处理操作具有强鲁棒性。

参考文献:

- [1] KUMAR V, KUMAR D. Digital Image Steganography Based on Combination of DCT and DWT[J]. Communications in Computer and Information Science, Information and Communication Technologies, part 3, 2010 (101):596-601.
- [2] 孙刘杰,庄松林. 双随机相位加密同轴傅里叶全息水印防伪技术[J]. 光学学报,2007,27(4):621-624.
- [3] 孙刘杰,庄松林. 双随机相位加密全息标识防伪技术研究[J]. 光学学报,2007,27(1):31-34.
- [4] 兀旦晖,赵晨飞,李晗,等. 基于 DCT 图像水印系统的研究[J]. 包装工程,2008,29(4):136-139.
- [5] 于帅珍,沈建国. 一种基 DWT 的彩色图像数字水印方案[J]. 计算机工程与应用,2007,43(10):84-87.
- [6] 黄惠芬. 分形与小波相结合的鲁棒性数字水印算法[J]. 包装工程,2010,31(11):31-33.
- [7] DOWLING J, PLANITZ B M, MAEDER A J, et al. A Comparison of DCT and DWT Block Based Watermarking on Medical Image Quality[J]. Lecture Notes in Computer Science,2008,5041:454-466.
- [8] 于帅珍,沈建国. 基于 DCT 和 DWT 的彩色图像盲数字水印算法[J]. 计算机应用与软件,2007,24(8):210-212.