

文章编号:1008-1542(2012)04-0334-04

基于 DCT 变换的数字图像盲水印算法

李春华, 付 丽

(河北科技大学信息科学与工程学院, 河北石家庄 050018)

摘 要:提出一种基于 DCT 变换的数字图像盲水印算法,通过调整 DCT 域选定中频的大小关系嵌入水印,易于实现。仿真试验证明本算法能够抵御剪切、噪音和 JPEG 压缩失真,具有良好的不可见性和鲁棒性。

关键词:盲水印;DCT;图像水印

中图分类号:TN911.73 **文献标志码:**A

Blind digital image watermarking algorithm based on DCT

LI Chun-hua, FU Li

(College of Information Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China)

Abstract: A blind digital image watermarking algorithm based on DCT is put forward. The watermarking image is embedded in the load image through adjusting the magnitude relationship of the chosen medium frequency coefficient, which is easy. Experiments prove the strong ability of proposed algorithm in resisting shear attracts, noise attracts, compression attracts, and other common attracts.

Key words: blind watermarking; DCT; image watermark

在网络技术飞速发展的现代社会中,数字化信息的应用获得空前发展。与此同时,盗版侵权问题日益严重,数字媒体信息安全问题令人担忧。如何有效地采取措施保护数字版权已经成为一个十分重要和紧迫的现实问题。

数字水印的核心思想是在不影响原数字作品可用性的前提下能够把水印信息嵌入作品中,并且这个水印信息是不可以被除去的。当作品的版权发生问题和争执时,可以通过从作品中提取的水印信息来鉴别作品的版权归属。作为一种有效的数字版权保护手段,数字水印逐渐成为国际上多媒体信号处理领域里的一个研究热点^[1-3]。

DCT 变换能够将自然图像的主要信息集中到最少的低频系数上,而且引起的图像块效应最小,在压缩编码中得到了广泛的应用。在 DCT 域高频系数中嵌入水印,容易被滤波等数字信号处理环节损毁;在 DCT 域低频系数中嵌入水印,水印易于被觉察。因此,在中频系数中嵌入水印比较适宜。

笔者提出了一种基于 DCT 变换的数字图像盲水印算法,首先将载体图像进行分块,根据人眼视觉特性选取纹理相对复杂的子块进行 DCT 变换,再将置乱处理后的水印信息嵌入到 DCT 变换域的中频系数中。仿真实验证实该水印算法能抵抗多种攻击,具有较强的鲁棒性,而且运算速度快。

1 水印图像置乱

将置乱技术应用到水印系统,通过置乱变换改变错误比特的分布,可以提高数字水印的视觉效果,同时

收稿日期:2011-12-16;责任编辑:张士莹

作者简介:李春华(1974-),女,山东乐陵人,副教授,主要从事数字图像处理和信息安全方面的研究。

增强其鲁棒性。水印图像置乱就是通过调整图像中像素点的位置,将水印图像变换成一个杂乱无章的新图像。

如果不知道所使用的置乱变换方法和密钥参数,就很难恢复出原始水印图像。Arnold 置乱是一种安全可靠、实用性强的置乱变换。对于大小为 $N \times N$ 的水印图像,设图像像素坐标 $x, y \in \{0, 1, 2, \dots, N-1\}$, (x', y') 为变换后新图像的像素点,Arnold 置乱的变换公式如下:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \pmod{N}. \quad (1)$$

对水印图像进行多次迭代后会变得混乱不堪,但继续 Arnold 变换,一定会重现原图像。DYSON 等分析了离散 Arnold 变换的周期性^[4],给出了不同大小图像的 Arnold 变换的周期 T ,如表 1 所示。

表 1 不同阶数 N 的 Arnold 变换周期 T

Tab.1 Period T of Arnold transforms in different rank N

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T	3	4	3	10	12	8	6	12	30	5	12
N	25	50	60	64	100	120	125	128	256	480	512
T	50	150	60	48	150	60	250	96	192	240	384

对水印图像进行 Arnold 置换时,置乱次数 B 作为密钥。提取的水印继续进行 $(T-B)$ 次 Arnold 置换,就可以恢复原图像。

2 数字水印算法

2.1 水印嵌入算法

人类视觉系统(HVS)具有照度掩蔽特性和纹理掩蔽特性,背景纹理越复杂,人眼对其轻微的变换就愈不敏感。因此,为了保证水印图像的不可见性,将水印图像尽可能地嵌入到载体图像中纹理较复杂的子块中^[5]。方差大小反映了子块纹理的复杂程度。方差小的图像子块,纹理简单;方差大的图像子块包含较为复杂的纹理或边缘。在本文提出的算法中,将载体图像各子块按方差从大到小排序,选择与水印图像像素点数目相同的前 $N \times N$ 个子块嵌入水印图像。

在 DCT 域中,水印嵌入位置将会影响水印的稳健性^[6-7]。对人类视觉系统的研究发现,人眼对低频噪声相对敏感,频率越高的 DCT 系数,嵌入水印信息后越不易被人眼觉察。但是高频系数容易被量化、低通滤波等常见数字信号处理改变时,会使水印的鲁棒性受到影响^[3]。由此可见,为了平衡水印的不可见性和鲁棒性,水印信息嵌入到中频系数上比较合适。本文提出的水印算法将水印嵌入中频 DCT 系数上。

盲水印的实现依赖水印嵌入策略的设计,本文提出的算法中,每个子块中嵌入一位水印信息,通过调整载体图像块变换域中选定 2 个位置中频系数值的大小关系来嵌入水印信息。水印信息为 0 时,经过调整,确保较高频率点的系数值不小于较低频率点的系数值;水印信息为 1 时,情况相反。这为盲水印提取提供了必要条件。原始载体图像与嵌入水印后的图像如图 1 所示。中频系数调整后,图像在频域引入一些噪声,但是并不影响观看,可以兼顾图像的不可见性。

2.2 水印提取算法

本文提出的盲水印算法,提取水印时无需原始载体图像参与。提取水印图像时先将嵌入水印的图像完全分割为互不覆盖的 8×8 分块,按方差从大到小排列,选取前 $N \times N$ 个子块作 DCT 变换,通过比较 2 个选定中频系数值的大小,提取水印信息。若较高频率点的系数值不大于较低频率点的系数值,水印信息为 0;反之为 1。最后将提取出的水印图像进行 Arnold 逆变换。因为 Arnold 变换是



图 1 原始载体图像与嵌入水印后的图像

Fig.1 Original carrier image and the extracted watermarked image

具有周期性的,所以对提取出的水印进行 $(T-B)$ 次 Arnold 变换,就恢复出水印图像。原始水印图像与提取出的水印图像如图 2 所示。

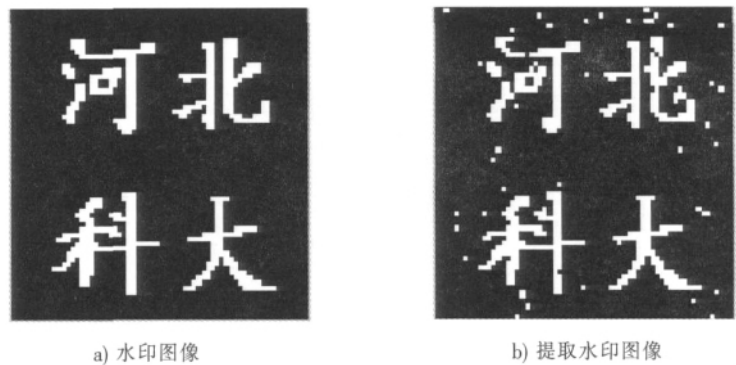


图 2 原始水印图像与提取出的水印图像

Fig. 2 Original watermark image and the extracted watermarked image

3 鲁棒性验证

通常,用峰值信噪比和相似度来评价水印算法。本文提出的算法中,在无攻击情况下,峰值信噪比为 38.27 dB,相似度为 0.976 9。嵌入水印后的图像主观质量好,水印嵌入图像的透明度好。为了验证算法的鲁棒性,进行了含水印图像抵御噪声攻击、剪切攻击和压缩攻击的实验。

在抵御噪声攻击的实验中,对已嵌入水印的图像分别添加高斯噪声、泊松噪声和椒盐噪声,使已嵌入水印的图像质量变差。然后从受噪声污染后的图像中提取水印。实验结果表明,即使在水印图像被噪声污染比较严重的情况下,仍然能够提取出水印。本文提出的水印算法抵御噪声攻击实验结果如表 2 所示。

表 2 抵御噪声攻击实验结果

Tab. 2 Experiment results against noise attack

项 目	噪声种类		
	高斯噪声	泊松噪声	椒盐噪声
峰值信噪比/dB	19.22	23.66	17.62
相似度	0.764 7	0.852 9	0.764 7

为了验证算法抵御剪切攻击的鲁棒性,在实验中分别裁减掉含水印图像的左上 1/4、右上 1/4、左下 1/4、右下 1/4 和中心 1/4,之后从残留图像中提取水印。实验结果表明,在含水印图像受损情况下,依然能够提取出可用的水印。本文提出的水印算法抵御剪切攻击实验结果如表 3 所示。

表 3 抵御剪切攻击实验结果

Tab. 3 Experiment results against shearing attack

项 目	剪切位置				
	左上 1/4	右上 1/4	左下 1/4	右下 1/4	中心 1/4
提取的水印					
相似度	0.701 7	0.735 3	0.705 9	0.693 3	0.710 1

压缩也是一种常见的水印攻击方式,有效的水印算法要保证含水印图像在压缩/解压缩过程中不丢失水印信息。在抵御压缩攻击实验中,用 JPEG 标准压缩算法对含水印图像进行不同程度的压缩,解压缩后再提取水印。实验结果表明,在含水印图像压缩比很高的情况下,提取出的水印的相似度值依旧较高。本文提出的水印算法抵御压缩攻击实验结果如表 4 所示。

表 4 抵御压缩攻击实验结果

Tab. 4 Experiment results against compression attack

品质因数	11	10	9	8	7
相似度	0.781 5	0.747 9	0.752 5	0.752 1	0.745 8
品质因数	6	5	4	3	2
相似度	0.745 2	0.750 0	0.747 9	0.747 9	0.754 2

4 结 语

通过以上对 DCT 数字水印算法的仿真及鲁棒性验证,可以得到下面的结论。首先,对水印图像进行 Arnold 置乱不仅可以有效地提高水印的安全性,还破坏了水印图像的相关性,提高了水印的鲁棒性,因此能够有效抵御常见数字信号处理对水印的损坏影响;其次,在图像的嵌入点选择上,通过对能量和对视觉的敏感度分析,确定中频点是最佳的嵌入点,兼顾水印的不可见性和鲁棒性;最后,该算法中水印的提取不需要载体图像,能够成功实现水印图像的盲提取。

参考文献:

- [1] PATRA J C, PHUA J E, RAJAN D. DCT domain watermarking scheme using Chinese remainder theorem for image authentication[A]. IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)[C]. [S. l.]:[s. n.],2010. 111-116.
- [2] SHEN Hong-xue, HE Zhen. A novel DCT domain blind watermarking algorithm[A]. Eighth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)[C]. [S. l.]:[s. n.],2011. 2 154-2 157.
- [3] COX I, KILIAN J, LEIGHTON T, et al. Secure spread spectrum watermarking for multi media[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1997, 6(12): 1 673-1 687.
- [4] DYSON F J, FALK H. Period of a discrete cat mapping[J]. The Amer Math Monthly,1992,99:603-614.
- [5] 王 伟. 基于 SVG 的图像水印技术研究[D]. 广州:华南师范大学, 2009.
- [6] 许宪东,季振洲. DCT 水印中拉伸系数与嵌入位置的选择[J]. 计算机应用与软件(Computer Applications and Software),2009,23(9): 124-127.
- [7] XIAO Jun, WANG Ying. Toward a better understanding of DCT coefficients in Watermarking[A]. IEEE Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application[C]. [S. l.]:[s. n.],2008. 206-209.
- [8] 李春华,秦志英. 基于双正义小波变换的自适应图像水印算法[J]. 河北工业科技(Hebei Journal of Industrial Science and Technology), 2011,28(2):90-93.
- [9] 王 娟,赵 艳. 基于单幅图像目标空间定位的算法研究[J]. 河北科技大学学报(Journal of Hebei University of Science and Technology),2011,32(4):347-350.

(上接第 333 页)

- [10] LING F, WANG C F, JIN J M. An efficient algorithm for analyzing large-scale microstrip structures using adaptive integral method combined with discrete complex-image method[J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2000, 48(5):832-839.
- [11] YEO J, PRAKASH V V S, MITTRA R. Efficient analysis of a class of microstrip antennas using the characteristic basis function method (CBFM)[J]. Microwave and Optical Technology Letter, 2003, 36(6):456-464.
- [12] YEO J, PRAKASH V V S, MITTRA R. Characteristic basis function method: A new technique for efficient solution of method of moments matrix equations[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2003, 36(2): 95-100.
- [13] HAN Guo-dong, GU Chang-qing. A hybrid QR factorization with dual-MGS and adaptively modified characteristic basis function method for electromagnetic scattering analysis[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2007, 49 (11):2 879-2 883.
- [14] 韩国栋,潘宇虎,何丙发,等. AMCBFM-MBPE 快速分析三维目标的宽带宽角散射特性[J]. 微波学报(Journal of Microwaves), 2009, 25(6):32-37.
- [15] 韩国栋,顾长青. QR-AMCBFM 技术快速分析电磁散射特性[J]. 电子科技大学学报(Journal of University of Electronic Science and Technology of China), 2008, 37(6):879-882.
- [16] 韩国栋,顾长青. 电磁散射研究中的自适应修正特征基函数法[J]. 电子与信息学报(Journal of Electronics & Information Technology), 2008, 30(10):2 364-2 368.
- [17] SCHAUBERT D H, WILTON D R, GLISSON A W. A tetrahedral modeling method for electromagnetic scattering by arbitrary shaped inhomogeneous dielectric bodies[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation,1984, 32 (1): 77-85.
- [18] RAO S M, WILTON D R, GLISSON A W. Electromagnetic scattering by surfaces of arbitrary shape[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1982,30(3):409-417.
- [19] YUAN Ning, YEO T S, NIE Xiao-chun, et al. Analysis of probe-fed conformal microstrip antennas on finite grounded substrate[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2006, 54(2):554-561.