

基于 DCT 的图像水印算法研究与实现

张 伟, 陈新龙, 詹 斌

(重庆大学 通信工程学院, 重庆 400030)

摘 要:对于数字媒体信息安全方面提出了一种基于 DCT 变换的数字图像盲水印嵌入算法。通过对水印图像进行置乱加密与随机产生嵌入位置来保证水印安全性,并由 MATLAB 实验证明此算法具有较好的不可见性,能够抵御 JPEG 压缩、均值滤波、图像锐化和部分剪切的攻击,具有较好的鲁棒性,并且该盲水印嵌入算法中,对嵌入水印的提取不需要原始图像,这给数字图像的版权检测提供了便利。

关键词:数字盲水印;离散余弦变换;鲁棒性;MATLAB

中图分类号:TP309.7

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)09-0157-03

Research and Implementation of Blind Watermarking Algorithm of Images Based on DCT

ZHANG Wei, CHEN Xin-long, ZHAN Bin

(Institute of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Gives out a blind watermarking algorithm for digital image based on DCT which is used for the security of digital media information. This algorithm encrypts the watermarking image and chooses embed-position randomly for the sake of security. Then it uses MATLAB to indicate that the algorithm is imperceptibility and robust to some common attacks. In fact, blind watermarking algorithm can pick up watermark without original image, which conveniences the copyright protection of digital image communicated on Internet.

Key words: digital blind watermark; discrete cosine transform; robustness; MATLAB

0 引 言

数字内容的迅速普及使得数字内容的安全性成为备受关注的课题,比如:人们采用密码技术来保证数字内容不被非法阅读;采用数字内容不被冒充和篡改。为了保护数字内容的产权,数字水印作为保护数字媒体信息安全有效方法,引起人们的注意^[1]。

DCT 变换数字水印是目前研究最多的一种数字水印,它具有鲁棒性强、隐蔽性好的特点。因为 DCT 变换后图像的主要能量集中于低频系数中,因此保护低频分量比保护高频分量重要。将水印嵌入高频系数中,若是受到低通滤波的攻击,很容易造成水印丢失,并且对图像质量影响不大^[2]。

1 方案分析

许多文献提出了水印算法,文献[3]根据空域 $8 \times$

8 图像子块边缘点密度把所有的图像子块分为两类:弱纹理和强纹理。水印嵌在每一 DCT 系数块的 DC (direct component) 分量上,利用一组公式来量化修改它,通过拉伸因子来调节水印嵌入的强度,强纹理块用大的拉伸因子,弱纹理块用小的拉伸因子,是盲检测。文献[4]是根据亮度掩蔽特性和纹理掩蔽特性把所有的 8×8 DCT 子块分为两类:适合嵌入水印和不适合嵌入水印。由 DC 分量的大小来评价亮度特性;把每一个 DCT 系数块用 JPEG 压缩量化矩阵来量化,根据非零个数的多少来判断纹理的复杂程度。水印嵌在中频区较大的系数上,不同的块嵌入不同能量的水印。文献[5]是利用 HVS 在不影响视觉质量的同时嵌入最大的水印信号,在低频和高频部分分别嵌入两个相同的水印。

文中提出了一种新颖的基于 DCT 变换的盲数字水印算法,根据人眼视觉系统(HVS)和图像的局部特性并借鉴 JPEG 压缩的思想来选择水印嵌入区域,通过衡量水印的鲁棒性和失真之间的矛盾,找到最合适的实验因子,使得达到最佳的效果,并且在检测时不需要原始图像,方便且节省了额外的空间,因此盲检测方

收稿日期:2008-12-25;修回日期:2009-03-06

作者简介:张 伟(1985-),女,山东菏泽人,硕士研究生,主要研究方向为数字图像处理;陈新龙,副教授,主要研究方向为多媒体信息处理与互联网络技术。

案也是本算法的便捷之处。

实验结果表明,该算法在保证水印不可见性的同时,对常见的几种图像处理如滤波、JPEG 压缩和剪切有很高的鲁棒性。

2 水印的嵌入与检测算法

每个数字水印系统都至少包含水印的嵌入和水印的检测与提取两个方面,其详细过程如下^[6,7]。

2.1 水印的嵌入算法

(1)对原始水印图像进行 10 次 Arnold 变换,得到置乱后的二值水印图像 $vm(m,n)$ 。

(2)对原始图像进行分块,每个图像子块 M 大小为 8×8 ,子块互不重叠,并对每个子块分别进行 DCT 变换: $dct_block = dct2(M)$ 。

(3)根据人眼视觉系统,选取中频系数 $dct_block(5,2)$ 和 $dct_block(4,3)$ 作为嵌入水印的位置。交换 $dct_block(5,2)$ 和 $dct_block(4,3)$ 的值,使之:

当 $vm(m,n) = 0$ 时, $dct_block(5,2) > dct_block(4,3)$;

当 $vm(m,n) = 1$ 时, $dct_block(5,2) \leqslant dct_block(4,3)$;

(4)修改 $dct_block(5,2)$ 和 $dct_block(4,3)$ 的值,嵌入水印,修改方法如下:

当 $dct_block(5,2) - dct_block(4,3) < A$ 时,

$dct_block(5,2) = dct_block(5,2) + (A/2)$;

$dct_block(4,3) = dct_block(4,3) - (A/2)$;

当 $dct_block(4,3) - dct_block(5,2) < A$ 时,

$dct_block(4,3) = dct_block(4,3) + (A/2)$;

$dct_block(5,2) = dct_block(5,2) - (A/2)$;

可以根据实际情况来设定 A 的值, A 越大,则水印图像的鲁棒性越强,但失真也越大,在实验中,取 $A = 10$,使得原始图像和嵌入水印后的图像的 PSNR 的值接近 40。

(5)对嵌入水印后的每个子块进行逆 DCT 变换,得到嵌入水印后的图像 M' 。

2.2 水印提取与检测算法

(1)对嵌入水印后的图像进行分块,子块大小 8×8 ,每个子块互不重叠,并对每个子块分别进行 DCT 变换。

(2)选取中频系数 $dct_block(5,2)$, $dct_block(4,3)$ 。如果 $dct_block(5,2) > dct_block(4,3)$,那么 $vm(m,n) = 0$;如果 $dct_block(5,2) < dct_block(4,3)$,那么 $vm(m,n) = 1$;

(3)将检测到的图像 $vm(m,n)$ 进行 10 次 Arnold

反变换,即得到水印图像。

3 实验平台与结果分析

为了验证本方案的高效性,文中的实验都是在 MATLAB、WindowsXP 平台上实现具体的嵌入、提取和一系列的攻击实验,从而得到直观的效果和评估数据来证明^[8]。本方案中使用经典的 $512 \times 512 \times 8$ 的 Lena. bmp 图像作为原始图像,以一幅 32×32 的“重庆大学”二值图像为水印,嵌入水印的图像质量的客观评价采用峰值信噪比 PSNR 来度量,水印检测结果用图像的归一化相似度 NC 来表示。原始图像和原始水印图像如图 1 和 2 所示。



图 1 原始图像



图 2 原始水印图像

由文中算法得到的自适应嵌入水印后的图像如图 3 所示,其峰值信噪比 (PSNR) 为 42.661dB,信噪比 (SNR) 为 37.3861。这说明文中算法有很好的不可见性。在没有任何攻击下提取出的水印图像如图 4 所示,归一化相似度 $NC = 1$,说明可以完全地提取出原水印。



图 3 嵌入水印的图像



图 4 提取的加密水印和解密后的水印 ($NC = 1$)

下面对嵌入水印后的图 3 进行各种攻击,然后从中提取出水印,水印的提取不需要原始图像,是盲检测。下面是该算法对常规数字水印攻击的鲁棒性分析。

3.1 JPEG 压缩攻击

利用 MATLAB 图像处理工具箱提供的双精度数

转换函数 $I2 = \text{im2double}(I)$, DCT 矩阵计算函数 $D = \text{dctmtx}(n)$, 块处理操作函数, $B = \text{blkproc}(A, [m, n], \text{fun}, P1, P2, \dots)$, 重排图像块为矩阵阵列函数 $B = \text{im2col}(A, [m, n], \text{block_type})$ 等利用分块 DCT 变换来实现对嵌入水印后的图 3 的压缩, 然后盲检测出水印, 其结果如表 1 和图 5 所示。

表 1 不同质量因子下的 NC 值

质量因子	50	35
NC	0.99769	0.97658



(a) 质量因子为 50



(b) 质量因子为 35

图 5 不同质量因子的 JPEG 压缩下的水印图像及提取出的水印

3.2 滤波攻击

利用 MATLAB 图像处理工具箱提供的滤波函数 $B = \text{imfilter}(A, H)$ 对嵌入水印后的图像分别进行高斯低通滤波、中值滤波攻击。图 6 表示在以上两种滤波攻击下检测到的水印图像, 表 2 则表示经过滤波处理后图像相关系数值。从抗滤波攻击的方面来看, 表明该算法有很好的鲁棒性。

表 2 DCT 域水印算法在噪声攻击下的参数值

滤波方式	高斯滤波	中值滤波
PSNR	38.9896	33.9824
NC	0.9899	0.9387

3.3 锐化和剪切攻击

对嵌入水印的图像进行了锐化和剪切相关攻击的实验, 图 7 和 8 反映了该算法的抗拉普拉斯锐化和抗剪切的能力, 表 3 则以 PSNR 和 NC 值作为衡量标准, 定量地反映了这种能力。实验表明, 该算法对这两种

攻击均有很强的鲁棒性。



(a) 高斯低通滤波



(b) 中值滤波

图 6 DCT 域水印算法的抗高斯低通、均值、中值滤波攻击实验图



图 7 拉普拉斯锐化后的图像和检测到的水印图像



图 8 剪切左上角的 1/16 的图像和检测到的水印图像

从图 7 中可以看到待测图像进行拉普拉斯锐化后, 图像能量明显加强, 图像的边缘也得到了增强, 因此导致峰值信噪比明显下降到 21.9891dB, 图像质量下降, 但是图 7 中检测到的水印和表 3 中的 NC 值表明改算法对抗锐化攻击有很强的鲁棒性。

(下转第 176 页)

等方面还存在一定的缺陷^[12],但是,在相对完整的文物的虚拟展示方面,Inspeck 彩色三维扫描系统提供了简单、便捷的获取虚拟文物的方法,并且相对于其他扫描系统自带的处理软件,Inspeck 系统所提供的模型处理和编辑软件功能强大且操作简单,使得该扫描系统足以适用于针对文物虚拟展示要求的文物数字化工作。

3 结束语

由于文物种类繁多,规模尺寸不一,表面形状复杂,所以不存在一种可以适用于所有文物数字化工作的扫描系统,必须根据具体的应用,选择具有合适扫描精度和扫描范围的三维扫描系统。比如,使用高精度的扫描系统扫描模型复杂、尺寸较小的文物;使用大场景扫描系统扫描古建筑等大型文物。由于三维扫描技术的限制,尚不存在可以扫描高反光和透明的文物的三维扫描系统,只能采用其他的三维重构技术完成文物模型的创建。

参考文献:

- [1] Levoy M, Pulli K. The Digital Michelangelo Project: 3D scanning of large statues [C]//Siggraph' 2000. [s. l.]: ACM Press, 2000.
- [2] 徐 虎. 虚拟现实技术应用于故宫文物保护[J]. 文化遗产, 2004(3): 79-81.

(上接第 159 页)

表 3 DCT 域水印算法在锐化和剪切攻击下的参数值

攻击方式	剪切左上角 1/16	拉普拉斯锐化
PSNR	16.9829	21.9891
NC	0.9486	0.9974

4 结束语

给出一种基于 DCT 变换的数字图像盲水印嵌入算法,实验表明具有很强的鲁棒性。但也存在不足:

(1)原始水印图像很小,所以经过位扩展,嵌入多个版本的水印后仍有很好的不可见性,但是如果原始水印图像很大,经过位扩展,嵌入多个版本的水印后可见性就很差。

(2)该算法如果放到实际应用中,可能还要增加一些在具体应用中会碰到的鲁棒性实验,如若抗攻击能力达不到要求,那么该算法还要有针对性的改进。

参考文献:

- [1] 杨义先,钮心忻. 数字水印理论与技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2006: 1-196.

- [3] 陶 立,孙长库,何 丽,等. 基于结构光扫描的彩色三维信息测量技术[J]. 光电子·激光, 2006, 17(1): 111-114.
- [4] 刘 晨,费业泰,卢荣胜,等. 主动三维视觉传感技术的研究[J]. 半导体光电, 2006, 27(5): 618-623.
- [5] Rocchini C, Cignoni P, Montani C. A low cost 3D scanner based on structured light[J]. Computer Graphics Forum, 2001, 20(3): 299-308.
- [6] 冯秋峰,任秋实,李万荣. Inspeck 成像扫描仪的三维成像技术[J]. 激光与光电子学进展, 2006(43): 40-43.
- [7] InSpeck Inc. InSpeck FAPS Fringe Acquisition and Processing Software Version 6.0 User's Guide[R]. Canada: InSpeck Inc, 2002.
- [8] InSpeck Inc. InSpeck FAPS Fringe Acquisition and Processing Software Version 6.0 Tutorial[R]. Canada: InSpeck Inc, 2002.
- [9] InSpeck Inc. InSpeck EM 3D Modeling, Editing and Merging Software Version 4.0 User's Guide[R]. Canada: InSpeck Inc, 2002.
- [10] InSpeck Inc. InSpeck EM 3D Modeling, Editing and Merging Software Version 4.0 Tutorial[R]. Canada: InSpeck Inc, 2002.
- [11] InSpeck Inc. InSpeck EM 3D Modeling, Editing and Merging Software Version 4.0 Advanced Features Tutorial[R]. Canada: InSpeck Inc, 2002.
- [12] 樊少荣,周明全,姬利艳. 考古文物的数字化过程研究[J]. 微机发展(现更名: 计算机技术与发展), 2004, 14(12): 21-23.

育出版社, 2006: 1-196.

- [2] 王炳锡,陈 琦,邓峰森. 数字水印技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2003: 7-8.
- [3] Deng F, Wang B. A novel technique for robust image watermarking in the DCT domain[C]//IEEE International Conference Neural Networks & Signal Processing. Nanjing, China: [s. n.], 2003: 1525-1528.
- [4] Wu J, Xie J. Adaptive image watermarking scheme based on HVS and fuzzy clustering theory[C]//IEEE International Conference Neural Networks & Signal Processing. Nanjing, China: [s. n.], 2003: 1493-1496.
- [5] Chen L, Lin J. Mean quantization based image watermarking[J]. Image and Vision Computing, 2003, 21: 717-727.
- [6] 王银花,柴晓东,周成鹏,等. 基于分数傅里叶变换的盲数字水印算法[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(1): 168-170.
- [7] 李传目,洪联系,万 春. 基于混沌序列的图像分块加密方法[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(8): 51-54.
- [8] 张兆礼,赵春晖. 现代图像处理技术及 MATLAB 实现[M]. 北京:人民邮电出版社, 2005.