

基于 DCT 变换的数字水印算法研究

孟倩¹, 王希常¹, 刘江²

(1. 山东师范大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250014;

2. 山东山大鸥玛软件有限公司 数据研究中心, 山东 济南 250100)

摘要: 提出了一种基于离散余弦变换(DCT)域的数字水印算法, 该算法从 DCT 域的中频开始嵌入代表 0 和 1 的不相关的高斯随机序列。实验结果证明, 该算法具有良好的不可见性, 对噪声、滤波、剪切和旋转攻击都有良好的鲁棒性。

关键词: DCT; 数字水印; 高斯随机序列; 鲁棒性

中图分类号: TP393.08

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)23-0037-04

Research on the digital watermark based on DCT

MENG Qian¹, WANG Xi Chang¹, LIU Jiang²

(1. Department of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;

2. Shandong Research Institute of Data Processing Oumasoft, Jinan 250100, China)

Abstract: This paper proposes a detection watermarking algorithm of images based on discrete cosine transformation, which embeds irrelative Gauss random sequence that represents 0 or 1 into the intermediate frequency of DCT domain. The experimental results prove that this algorithm is invisible, robust against the attack of uniform noise, filter, cut and rotate attack.

Key words: DCT; digital watermark; Gauss random sequence; robust

近年来,随着互联网的出现和发展,数字化形式的内容传播越来越广泛。这些应用主要包括电子广告、实时视频和音频传送、数字资源系统和数字图书馆以及网络出版。多媒体信息的交流达到了前所未有的深度和广度,其发布形式愈加丰富。网络发布的形式逐渐成为一种重要的形式,伴随而来的是多媒体数据的版权保护问题。因此,多媒体信息版权保护问题成了一项重要而紧迫的研究课题。为了解决这一难题,近几年国际上提出了一种新的有效的数字信息产品版权保护和数据安全维护的技术——数字水印技术。

数字水印在版权保护方面起到重要的作用,它通过在原始媒体数据中嵌入秘密信息——水印来证实该数据的所有权归属。水印可以是代表所有权的文字、产品或所有 ID、二维图像、视频或音频数据、随机序列等,主要应用在媒体所有权的认定(即辨认所有权信息、媒体合法用户信息)及媒体的传播和算法研究。该子模块的研究为解决网络制造产品版权保护问题奠定了基础。数字水印技术,又称数字签名技术,已成为信息隐藏技术

的一个重要研究分支,为实现有效的信息版权保护提供了一种重要的手段。

数字水印的基本要求有:(1)不可感知性:嵌入图像后不能引起原图像视觉质量的明显下降;(2)鲁棒性:嵌入水印的图像经过某些攻击后,仍能较好地提取出水印。这其中有些攻击是很普遍的,如噪声、滤波、剪切、JPEG 压缩和几何变换等,而有些是比较特殊的,如参考文献[1]中提到的联合攻击,还有参考文献[2]、[3]中提到的 IBM 攻击。为了应对这些攻击,人们提出了相应的措施,如对于联合攻击,参考文献[1]中指出:所嵌入的水印信息可以是白噪声的高斯序列;Cox 等人提出了基于全局的 DCT 的水印算法,他们的重要贡献是将通信理论中的扩频原理引入了水印技术,并提出了水印应该嵌入在感知重要的分量上(主要对应于频域的低频系数,DC 系数除外)以增强算法的稳健性;嵌入的水印强度正比于对应的频率分量的强度。Cox 等人还认为高斯随机序列产生的水印相比于其他序列具有更好的稳健性,因为它们具有更大的自相关值。

1 数字水印技术

数字水印技术即是通过在原始数据中嵌入秘密信息——水印来证实该数据的所有权。这种被嵌入的水印可以是一段文字、标识或者序列号等,而且这种水印通常是不可见或不可察的,它与原始数据(如图像、音频、视频数据)紧密结合,并隐藏其中,成为源数据不可分离的一部分,并可以在经历一些不破坏源数据使用价值或商用价值的操作后而保存下来。数字水印是信息隐藏技术的一个重要研究方向。

数字水印根据水印的嵌入技术不同可以分为空域数字水印和变换域数字水印。直接在空域中对信号采样点的幅度值做出改变,嵌入水印信息的称为空域水印;对变换域中的系数(离散傅里叶变换系数、离散余弦变换系数、离散小波变换系数等)做出改变以嵌入水印信息的称为变换域水印。一般来说,变换域算法可嵌入的水印数据量大,不可感知性好,安全性高。根据加水印后的图像水印是否可见,可分为可见水印和不可见水印两大类。参考文献[4]提出了一种可见水印技术方案,在频域内应用一个数学模型将水印嵌入宿主图像,可见数字水印可以被应用于数字电视、数字图书馆和电子商务等领域。

参考文献[5]提出了一种基于DCT的数字水印方法,将一幅图像嵌入到原始图像中,结合RC4生成伪随机序列,从而提高了水印对试图篡改的稳健性,但是文中并没有提到具体的水印攻击。

参考文献[6]基于DCT变换和m序列把具有特定意义的二值图像嵌入到原始图像中,既保证了水印的存在又保证了水印的可见性。本文将在DCT算法的基础上做一些改进,利用Matlab平台进行相关实验,实验结果证明,本算法对通常的图像处理都具有一定的鲁棒性。

2 算法步骤

2.1 水印嵌入算法

(1)对原始图像进行二维离散余弦变换(DCT)得到变换系数矩阵 $dctf1=dct2(I)$, I 代表原始图像。

经过二维DCT变换后的矩阵,非零元素主要集中在某一个区域,通常是左上角,右下角大部分是零,如图1所示。



图1 DCT系数矩阵

(2)水印信号的产生。这里采用的水印信号 W 为服从正态分布 $N(0,1)$ 、长度为 n 的随机序列(高斯随机序列),即 $W=\{X_i, 0<i<n\}$ 。

(3)水印的嵌入。选择将水印放在宿主信号的视觉最

重要的分量上。因为视觉上重要的分量是图像信号的主要成分,图像信号的大部分能量都集中在这些分量上,在图像有一定失真的情况下,仍能保留主要成分,即视觉上重要分量的抗干扰能力较强,将水印嵌入到这些分量上,可以获得较好的鲁棒性。当水印信号相对宿主信号较小时,还可以保证不可见性。因此,本算法将服从 $N(0,1)$ 的随机序列构成的水印序列放在图像DCT的重要系数的幅度中,以增强水印的鲁棒性。通常选取幅值较大的 n 个系数作为重要分量。其嵌入公式为: $v'=v(1+aX_k)$, 其中 v' 、 v 是嵌入水印之后和嵌入水印之前的DCT系数; a 是尺度因子,用来决定水印的嵌入强度; X_k 为水印序列长度。

(4)进行二维离散余弦反变换,得到嵌入水印的图像。

2.2 水印的提取和检测

水印的提取和检测过程是水印嵌入的逆过程,由于本文用高斯噪声随机序列作为水印嵌入到DCT系数中,因此直接用相关检测法检测水印。

(1)对含水印的图像进行 8×8 的块DCT变换。

(2)从已知的嵌入位置取出可能含有水印的系数,将所有提取出的系数,按顺序组成新的系数序列。

(3)用密钥生成水印信号: $W \sim N(0,1)$ 。

(4)利用相关法检测水印。

本算法选取50个测试序列,其中第10个为提取出的水印,利用公式 $X_k=(V'/V-1)/a$ 提取水印。

考虑到水印的鲁棒性和安全性,水印信息一般首先被调制成伪随机序列,然后再嵌入到宿主图像中。根据概率论可知,两个互不相关的随机序列的相关系数(或称为标准协方差)为0;如果是线性相关的,则相关系数大于0,最大相关系数为1。根据这一原理,可以通过计算提取出的水印序列与原水印序列的相关系数来判断水印是否存在。

3 攻击实验

3.1 图像保真度和水印相似度

人们通过观察可以直观地评价提取出的水印和实际水印的相似程度,但是这比较容易受外界条件(如观测者的经验、实验环境等)的影响,因此,应选择一种客观的评价方法(相似度)作为直观评价的补充。 $w(x,y)$ 为原始水印 W 在坐标 (x,y) 处的值, $w_1(x,y)$ 为提取的水印 W_1 在坐标 (x,y) 处的值, NC 表示相似度。 $f(x,y)$ 和 $f_1(x,y)$ 分别代表输入图和嵌入水印后的图在坐标 (x,y) 的值,用峰值信噪比 $PSNR$ 来评价保真度。令:

$$f^2_{\max} = \max\{f(x,y), x=0,1,\dots,M-1, y=0,1,\dots,N-1\}$$

M 、 N 分别是图像的宽和高,则:

$$NC = \sum_{x=0}^{M/2-1} \sum_{y=0}^{N/2-1} w(x,y)w_1(x,y) / \sum_{x=0}^{M/2-1} \sum_{y=0}^{N/2-1} w(x,y)w(x,y)$$

$$PSNR = 10 \times \lg \{f^2_{\max} / \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f_1(x,y) - f(x,y)]^2\}$$

《微型机与应用》2010年第29卷第23期

3.2 实验结果

本文用 Matlab R2008a 进行实验仿真,所用的原始图像为 256×256 的 lena 图像,嵌入的水印是服从正态分布 $N(0, 1)$, 长度为 n 的随机序列(高斯随机序列)。按照本文所提出的水印嵌入算法和水印检测算法进行试验,所得结果如图 2~图 9 所示。图 2 是嵌入的水印信号,其中 $a=0.1$, 水印序列长度为 2 000。

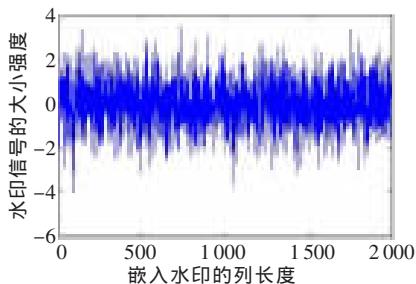


图 2 水印信号

图 3(a)、(b)分别为原始图像和嵌入水印后的图像,嵌入水印后的图像峰值信噪比为 16.548 3,可见原始图像嵌入水印后和原始图像看起来没有差别。



(a)原始图像 (b)嵌入水印图像

图 3 嵌入水印前后效果图

图 4 为选取 50 个测试序列,其中第 10 个为提取出的水印检测提取结果, $NC=0.935 27$ 。

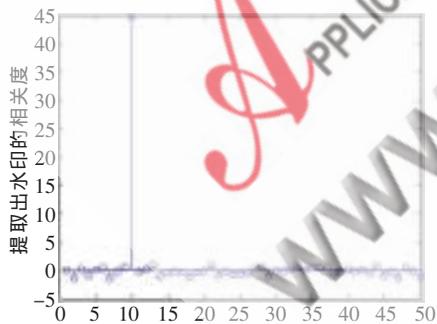


图 4 水印提取结果

下面对嵌入水印后的图像进行一些攻击来检测其鲁棒性,并给出了实验结果。

(1)加噪攻击

在嵌入水印后的图像中加入噪声,抽取的水印质量较好,如图 5 所示,计算得出 $NC=0.916 71$ 。

(2)滤波攻击

在嵌入水印后的图像中加入滤波,如图 6 所示。本文使用的是高斯低通滤波,模板尺寸为 $[10 10]$, 方差为 5, 计算得出 $NC=0.271 01$ 。

《微型机与应用》2010 年第 29 卷第 23 期

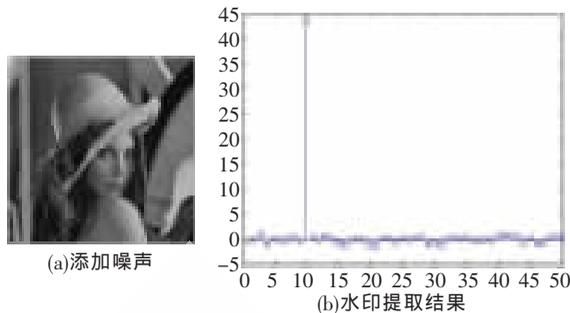


图 5 添加噪声及实验结果

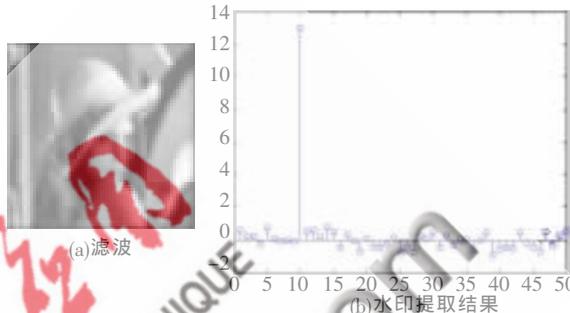


图 6 滤波及实验结果

(3)剪切攻击

对嵌入水印后的图像的左上方进行四分之一剪切,如图 7 所示,可以看出经剪切之后的图像和原图像差别不大,计算得出 $NC=0.420 56$ 。

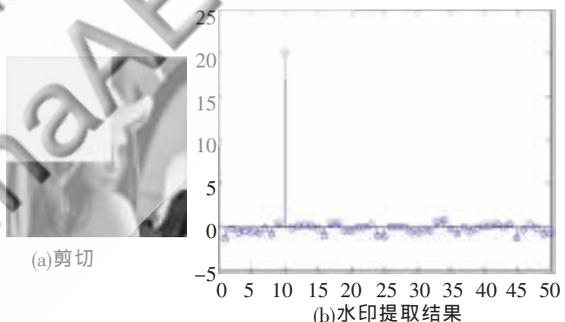


图 7 剪切及实验结果

(4)JPEG 压缩攻击

对嵌入水印后的图像进行 JPEG 压缩攻击,攻击后如图 8 所示。可以看出,压缩之后的图像和原图像相比差别不明显,计算得出 $NC=0.854 83$ 。

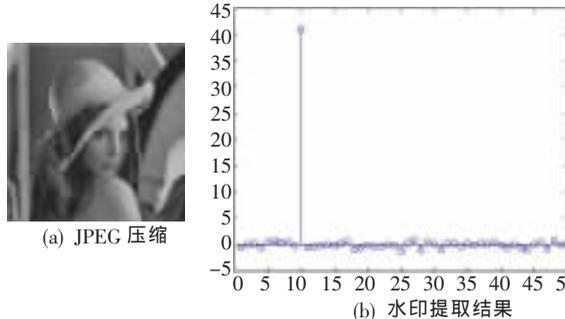


图 8 JPEG 压缩及实验结果

(5)旋转攻击

对嵌入水印后的图像逆时针旋转 45° ,如图 9 所示。

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 45

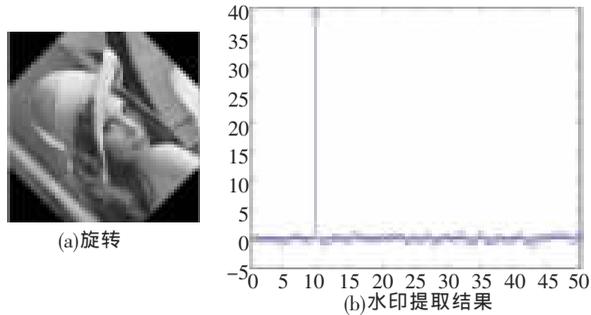


图9 旋转及实验结果

由图可以看出,只是图像的位置发生了改变,对图像的清晰度并没有造成太大的影响,计算得出 $NC=0.815\ 08$ 。

从以上实验结果分析可以看出,该算法对于噪声、滤波、剪切和旋转攻击都有良好的鲁棒性。

本文提出了一种基于 DCT 的数字水印算法,该算法分为水印嵌入算法和水印提取与检测算法,所嵌入的水印信号为高斯随机序列,水印提取算法不需要原始图像,而且通过比较原始水印和水印图像中的特征水印与提取的水印的两个相似度,能够区分图像受到攻击的种类。实验结果证明,该算法对于噪声、滤波、剪切和旋转攻击都有良好的鲁棒性。

参考文献

[1] COX J, KILLIAN J, LEIGHTON F T, et al. Secure spread spectrum watermarking for multimedia[J]. IEEE Transactions

on Image Processing, 1997, 6(12): 1673-1687.

[2] CRAVER S, MEMON N, YEO B L, et al. Can invisible watermarks resolve rightful ownerships? [J]. In: SPIE Electronic Imaging: Storage and Retrieval of Image and Video Databases.1997, SC22: 316-321.

[3] CRAVER S, MEMON N, YEO B L, et al. Resolving rightful ownerships with invisible watermarking techniques: limitations, attacks, and implications [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1998, 16(4): 573-586.

[4] MOHANTY S P, RAMAKRISHNAN K R, KANKANHALLI M S. A DCT domain visible watermarking technique for images[C]. Proceeding of IEEE International Conference on Multimedia and Expo., 2000:1029-1032.

[5] BABA S E I, KRIKOR L Z, ARIF T, et al. Watermarking of digital images in frequency domain [J]. International Journal of Automation and Computing, 2010, 7(1): 17-22.

[6] 陈海永,刘泊,邢佳.基于 DCT 变换和 m 序列的二值水印嵌入算法[J].哈尔滨理工大学学报,2004(10).

(收稿日期:2010-07-07)

作者简介:

孟倩,女,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:图像处理。