

基于归一化的全息水印技术

卢鹏, 刘真

(上海理工大学, 上海 200093)

摘要: 提出了一种结合了归一化技术和全息技术的数字水印技术。首先, 利用归一化技术对图像作归一化运算, 同时利用全息技术将水印二值图处理为全息图; 其次, 取归一化后图像分块离散余弦变换的中频系数, 对中频系数所组成的矩阵作离散小波变换; 最后将全息图嵌入到离散小波变换的低频分量中。由于图像归一化技术具有抗仿射变换的性能, 同时全息技术具有很强的抗裁切的性能, 所以此数字水印技术具有很强的抗仿射变换的性能, 可以广泛的用于数字作品的版权保护。

关键词: 图像归一化; 全息技术; 离散余弦变换; 离散小波变换

中图分类号: TS853+.6; TP309.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)01-0115-04

Holographic Watermark Technology Based on Image Normalization

LU Peng, LIU Zhen

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

Abstract: A digital watermark technology combining with image normalization and holography was presented. The image was normalized using normalization technology and the binary watermark was processed to get the holographic image based on holographic technology; the middle-frequency coefficients in discrete cosine transform (DCT) domain of every image block were collected and discrete wavelet transform was carried out on the matrix of the middle-frequency coefficients; the holographic image was embedded into the low-frequency coefficients. Because of the anti-affine transformation performance of image normalization and the anti-crop performance of holographic technology, the presented digital watermark technology has a strong performance of anti-affine transformation. The technology can be used to protect the copyright of digital images.

Key words: image normalization; holography; discrete cosine transform; discrete wavelet transform

近些年来, 网络技术以及多媒体技术的发展使得数字作品的侵权问题变得日益严重, 由此数字作品的版权保护问题得到了广泛的关注。学术界也因此提出了很多解决版权保护问题的方法, 其中研究比较多的就是数字水印技术。但是目前数字水印技术依旧无法应用于实际, 这主要是因为目前的数字水印技术无法很好的抵抗仿射变换带来的水印信息不同步问题。

据此, 笔者提出了基于归一化的全息水印技术以解决水印信息在受到仿射变换后的不同步问题。相比于其他基于归一化^[1-2]的数字水印技术, 采用了抗剪切能力很强的全息水印图做为水印信息嵌入到整个归一化^[3]的图像中。这就避免了从归一化的图像中截取其中一部分嵌入水印信息的麻烦, 这也导致图

像可嵌入水印信息的容量下降; 同时由于目前基于归一化的数字水印技术大多采用图像的质心作为定位点截取图像的一部分嵌入水印信息, 这就很容易导致水印信息不同步, 因为图像的质心在遭受攻击后会发生改变, 一般只需几个像素的偏差就可能使水印信息无法提取出。而文中所提的基于归一化的全息水印^[4]技术并非在图像的局部嵌入, 因此有很强的抗仿射变换的能力。

1 理论分析

1.1 归一化技术

所提的归一化技术的主要思想是利用图像的不

变矩寻找一组参数,根据这组参数对图像(见图 1)作



图 1 载体图像
Fig. 1 original image

仿射变换得到图 2 的图像,当图 1 受到其他的仿射变换攻击后再经过归一化算法依旧能够得到图 2 所示的图像,由此归一化技术具有仿射不变性。



图 2 归一化的图像
Fig. 2 normalized image

1.2 全息技术

之所以选择全息技术,是因为全息技术可以将二值水印图处理为抗剪切能力^[5-8]很强的全息图;对于图 2 所示的归一化图像,如果在四角黑色部分也嵌入水印信息则图像在经过反归一化的过程后将得到与图 1 相同的图像,因此四角的黑色部分将不包含在反归一化后的图像中,这将导致水印信息严重丢失,所以目前基于归一化的水印技术,基本是截取有图片内容的一部分嵌入水印信息。而由于文中采用抗剪切能力很强的全息技术将二值图处理为全息图,并嵌入到图 2 所示的整个归一化的图像中,再反归一化后四角部分的水印信息被丢失。在提取水印信息的过程中,需将反归一化所得图像归一化后再提取水印信息,则在提取的过程中所得归一化图像相对于嵌入时嵌入水印信息的归一化的图像而言,四角的水印信息因裁剪而丢失。但是由于全息水印抗裁剪能力很强,因而依旧能获得嵌入的水印信息。

2 水印嵌入/提取仿真

2.1 水印信息嵌入

数字水印技术的嵌入流程见图 3。

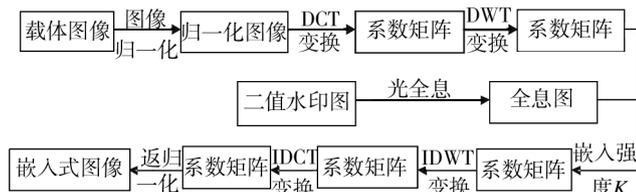


图 3 水印嵌入流程

Fig. 3 Schematic diagram of watermark embedding process

根据图 3 流程,首先取载体图像的蓝通道(人眼对蓝色分量不太敏感)进行归一化运算,得到归一化后的图像(如图 2),对归一化后的图像进行分块 DCT 变换,将变换后的分块 DCT 系数矩阵的中频系数取出形成矩阵,中频系数个数是水印信息的 4 倍,对所得的矩阵进行 DWT 变换;其次对二值图进行全息处理得到全息图,并将全息图根据嵌入强度 K 嵌入到 DWT 低频子块中,这也是上文所提中频系数个数是水印信息个数 4 倍的原因;最后再进行如图 3 所示的逆变换,得到嵌入水印信息后的图像。

2.2 水印信息提取

水印信息的提取流程见图 4。



图 4 水印提取流程

Fig. 4 Schematic diagram of watermark extraction process

根据图 4 所示的流程,首先对已经嵌入水印信息的图像取蓝通道进行图像归一化运算,再对归一化后的图像进行与嵌入时相同的分块 DCT 变换,同时选择嵌入时的系数形成矩阵,对矩阵做 DWT 变换取其逼近子图做逆傅里叶变换并二值化得到嵌入的二值水印图。

2.3 评价指标

根据主流评价指标峰值信噪比 PSNR 评价全息水印的嵌入效果;但是对于水印提取效果的评价,采用式(1)作为评价指标,该公式才是针对二值图的准

确的评价指标,因为有些数字水印技术采用的 NC 值的评价方法是不适用于二值图的,对于文献[9]中 NC 的计算公式,如果 w' 全为 1 则最终的 NC 值也为 1,所以该公式是不准确的。

$$NC = \frac{1}{KL} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^L b_{i,j} \quad (1)$$

式中: $b_{i,j} = \text{XNOR}(w_{i,j}, w'_{i,j})$, XNOR 表示异或运算, $w_{i,j}$ 表示原始二值水印信息, $w'_{i,j}$ 表示提取出的二值水印信息; $K \times L$ 表示二值水印图的大小。

2.4 仿真

采用 512×512 的 lena 图作为载体图; 64×64 二值图作为水印图, 见图 5。二值图被处理成图 6 所示的



图 5 载体图像及水印二值图像

Fig. 5 Original image and binary watermark image



图 6 全息图

Fig. 6 Holographic image

全息图 W 。根据上述水印嵌入流程,对归一化后的图像 $I(512 \times 512)$ 按照 8×8 大小分块,并对每一块做 DCT 变换;对于每一块 DCT 系数矩阵 $M(8 \times 8)$ 取对角系数 $M(3,6)M(4,5), M(5,4), M(6,3)$, 形成 128×128 的矩阵,并对其做 DWT 变换取逼近子图,取嵌入强度为 70,根据式(2)嵌入水印信息。

$$Z' = Z + kW \quad (2)$$

式中: Z' 为嵌入水印信息后的低频逼近子图; Z 为 DWT 变换后的低频逼近子图; W 为全息图。嵌入水印信息后的低频逼近子图 Z' 做反变换得到已嵌入水印信息图(见图 7 的左图),其单通道 PSNR 为 31。



图 7 已嵌入水印图像及提取出的水印

Fig. 7 embedded image and the extracted watermark

7297 符合人眼视觉要求 ($\text{PSNR} > 28$), 同时由于只嵌入单个通道因而对于得到的已嵌入水印的彩色图像与原彩色载体图像几乎没有差别。在未受到攻击时提取出的水印图的 NC 值为 0.9667。

2.5 仿射变换攻击

1) 缩放攻击。缩放至 700×512 和 300×700 之后的图见图 8, 对应提取出的水印图的 NC 值分别为



图 8 缩放之后的图像及提取出的水印

Fig. 8 The scaled images and the extracted watermarks

0.9551 和 0.9573。由于缩放是任意的,所以该数字水印技术有很强的抗缩放攻击的能力。

2) 旋转攻击。旋转 10° 和 171° 后所得图像见图 9, 相应的提取出的水印图的 NC 值分别为 0.9597 和



图 9 旋转之后的图像及提取出的水印

Fig. 9 The rotated images and the extracted watermarks

0.9602。由此可见,该数字水印技术有很强的抗旋转攻击的能力。

3) 旋转和缩放攻击。在 photoshop 中旋转任意角度并缩放后的图像见图 10a, 其提取出的水印图见图

图 10b, NC 值为 0.9602。



图 10 任意缩放旋转后的图像及提取出的水印

Fig. 10 The rotated and scaled image and the extracted watermark

3 结论

根据仿真实验中的提取效果,所提的基于归一化的全息数字水印技术可以充分发挥归一化技术的仿射不变性及全息技术的抗裁剪的性能,所以该数字水印技术具有很好的抗仿射变换的能力,可以用于数字作品的版权保护。

参考文献:

- [1] 宋琪,罗航建. 基于归一化图像的抗仿射变换攻击的水印算法[J]. 信号处理,2008,24(3):377-380.
SONG Qi, LUO Hang-jian. Affine Robust Image Watermarking Based on Image Normalization[J]. Signal Processing, 2008, 24(3):377-380.
- [2] 文展,黄小燕,文成玉. 基于归一化小波域抗几何攻击的图像水印算法[J]. 数字视频,2008,32(2):21-23.
WEN Zhan, HUANG Xiao-yan, WEN Cheng-yu. Image Watermarking Algorithm Based on Geometric Attacks in Normalized Wavelet Domain[J]. Digital Video, 2008, 32(2):21-23.
- [3] PEI Soo-chang, LIN Chao-nan. Image Normalization for Pattern Recognition[J]. Image and Vision Computing, 1995,

13(10):711-723.

- [4] 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):6218-6224.
SUN Liu-jie, ZHUANG Song-lin. Forgery Prevention Based on In-line Fourier Holographic Watermark with Double Random Phase Encryption[J]. Acta Optica Sinica, 2007, 27(4):6218-6224.
- [5] 李孟涛,孙刘杰,李晨璐. 基于小波变换的傅里叶加密印刷水印算法研究[J]. 包装工程,2012,33(1):108-112.
LI Meng-tao, SUN Liu-jie, LI Cheng-lu. Research on Fourier Encryption Printing Watermarking Algorithm Based on Wavelet Transform[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(1):108-112.
- [6] 李晨璐,孙刘杰,李孟涛. 强鲁棒性全息水印算法[J]. 包装工程,2012,33(13):104-107.
LI Chen-lu, SUN Liu-jie, LI Meng-tao. Robust Holographic Watermarking Algorithm[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(13):104-107.
- [7] 朱竹青,冯少彤,聂守平,等. 基于离散余弦变换的复值加密图像隐藏技术[J]. 中国激光,2009,36(1):177-181.
ZHU Zhu-qing, FENG Shao-tong, NIE Shou-ping, et al. Complex Valued Encrypted Image Hiding Technology Based on Discrete Cosine Transform[J]. Chinese Journal of Lasers, 2009, 36(1):177-181.
- [8] 李孟涛,孙刘杰,刘真. 变换域加密全息水印算法[J]. 包装工程,2011,32(15):22-24.
LI Meng-tao, SUN Liu-jie, LIU Zhen. Encrypted Holographic Watermarking Algorithm Based on Transform Domain[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(15):22-24.
- [9] 丁盈盈,刘真. 3种频域数字水印算法的分析和比较[J]. 包装工程,2011,32(5):103-107.
DING Ying-ying, LIU Zhen. Analysis and Comparison of Three Kinds of Frequency Domain Digital Watermarking Algorithm[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(5):103-107.

(上接第 109 页)

- SUN Liu-jie, ZHUANG Song-lin. Forgery Prevention Based on Inline Fourier Holographic Watermark with Double Random Phase Encryption[J]. Act, 2007, 27(4):621-624.
- [4] 李孟涛,孙刘杰,基于小波变换的傅里叶加密印刷水印算法研究[J]. 包装工程,2012,33(1):108-112.
LI Meng-tao, SUN Liu-jie. Research on Fourier Encryption Printing Watermarking Algorithm Based on Wavelet Trans-

form[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(1):108-112.

- [5] GB/T 18284-2000, 快速响应矩阵[S].
GB/T 18284-2000, QR Code[S].
- [6] FENG Xiao-fei, JI Xing-zhong. A Blind Watermarking Method with Strong Robust Based on 2D-barcode[C]. 2009 International Conference on Information Technology and Computer Science, 2009.