

一种基于零水印的防伪印刷技术*

张伟龙,冯桂,韩霜

(华侨大学 信息科学与工程学院,福建 厦门 361024)

摘要: 在分析打印扫描过程对载体图像影响的基础上,提出一种结合 DWT 和 SVD 变换技术的零水印算法。该算法结合打印扫描的特性,利用图像相邻分块的最大奇异值的大小关系与水印信息构造出版权信息,然后将版权信息进行注册。实验表明,该算法对打印扫描具有较强的鲁棒性,并且能够判断是否为二次复印。

关键词: 零水印;离散小波变换;奇异值分解;打印扫描

中图分类号: TP309.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)23-0035-02

A technique of preventing from falsifying presswork based on zero-watermark

ZHANG Wei Long, FENG Gui, HAN Shuang

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361024, China)

Abstract: Analysing the effect of scanning process on the image, this paper proposes a zero-watermarking algorithm based on DWT and SVD. With the features of printing and scanning, the scheme builds the copyright information using the relation of the maximum singular value of adjacent image sub-blocks and watermark, and the copyright information is registered at last. Experiments show that this algorithm is better robust for printing and scanning and determine the second copy.

Key words: zero-watermarking; discrete wavelet transform; singular value decomposition; printing and scanning

打印机和扫描机的广泛使用,使得印刷品的安全问题变得日益严重。因此,鉴别非法印刷品和复制品,以防止在经济上带来重大的损失,有效的防伪技术显得尤为重要^[1]。

数字水印技术在不改变现有成熟的印刷工艺、不改变印刷材料与设备的基础上就能达到有效防伪的效果,因此,数字水印技术在防伪印刷领域具有其特别的优势。传统的数字水印技术是将特定信息嵌入到数字作品中,然后提取或者检查所嵌入的特定信息,以验证版权所有。而水印的嵌入不可避免会造成图像失真,尤其图像经过打印扫描过程中的复杂攻击下,水印可能消失。零水印^[2-3]技术却能很好地解决这一个问题。

零水印技术是利用图像的重要特征来构造版权信息,而不是修改图像的这些特征,从而很好地解决了数字水印的不可感知性和鲁棒性之间的矛盾。本文在分析打印扫描对图像影响的基础上,提出一种新的基于 DWT 和 SVD 变换的零水印算法,该算法通过对图像分

块奇异值的分解^[4],利用两相邻块的最大奇异值的大小关系,结合水印信息构造出版权信息。实验表明,图像在经过打印扫描后,该算法能有效地提取出水印,具有一定的鲁棒性,并且能够有效检测非法复制品。

1 水印算法

1.1 打印扫描的模型

打印扫描模型如图 1 所示。在打印扫描的过程中,一张原始图像经过打印机的半色调处理,输出的图像只是大体上和原始图像一致,局部细节上有一定的失真。因为半色调复合点的形状、纸张的吸水特性和光滑度、网点的扩散等因素造成复合点变化,使输出的图像模糊,这就会使打印扫描后图像的像素失真,对水印提取造成困难。因此,本文在经过大量的实验测试后,利用图像分块奇异值分解后的最大奇异值的大小关系几乎保

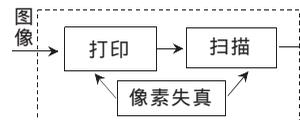


图 1 打印扫描模型

* 基金项目:福建省自然科学基金资助项目(2010J01340)

持不变的特性,结合水印信息构造出版权信息。

1.2 奇异值分解

应用 SVD 的主要理论背景是:(1) 奇异值的稳健性好,即当图像被施加小的扰动时,图像的奇异值不会有大的变化;(2) 奇异值所表现的是图像的内蕴特性而非视觉特性。因此,利用奇异值构造零水印具有很好的稳健性。

从线性代数的角度,一幅灰度图像可以看成是一个非负矩阵。若一幅图像用 A 表示,定义为 $A=R^{M \times N}$,其 R 表示实数域,则矩阵 A 的奇异值分解定义如下^[5]:

$$A=USV^T \quad (1)$$

式中, $U \in R^{M \times N}$, $V \in R^{M \times N}$, U 、 V 均为正交阵, $S \in R^{M \times N}$ 为一个对角矩阵,其中对角线上的元素满足:

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r \geq \sigma_{r+1} = \dots = \sigma_M = 0 \quad (2)$$

式中, r 是 A 的秩,它等于非零奇异值的个数; σ_i 是由该分解所惟一确定的,称为 A 的奇异值,它是 AA^T 的特征值的平方根。

1.3 基于 Logistic 的水印置乱^[6]

设水印图像为 W ,大小为 $N \times N$ 。水印置乱的具体方法是:设置一个初始值 x_0 ,并当作密钥保存。根据式(3)生成一个长为 $N \times N$ 的一维混沌序列 $\{x_k, k=0, 1, 2, \dots, N \times N - 1\}$ 。

$$x_{n+1} = \mu x_n (1 - x_n) \quad (3)$$

对一维混沌序列进行排序,记为 $\{x'_k\}$;然后记录下 $\{x_k\}$ 中的元素在序列 $\{x'_k\}$ 中的位置,记为 $\{N_k, k=0, 1, 2, \dots, N \times N - 1\}$;接着将水印图像 W 按行排列为二维序列 $\{y_k\}$,按 $\{N_k\}$ 将 $\{y_k\}$ 重新排列为 $\{y'_k\}$;最后再将按行转换成二维的图像,即为置乱后的水印 W' 。

1.4 零水印的构造算法

(1) 水印图像 W 经过置乱后,得到无序的图像 W' ,作为加密的水印。

(2) 对载体图像 I 、大小为 $M \times N$ 的图像进行一级 DWT 处理,得到低频子图 CA 。

$$[CA \quad CV \quad CD \quad CH] = \text{DWT}(I) \quad (4)$$

(3) 对低频子图 CA 进行按行分块奇异值分解得到 $\{S_i, i=0, 1, 2, \dots, M \times N\}$ 。

$$CA = US_i V^T \quad (5)$$

(4) 比较相邻 S_i 中的第一个元素 $S_i(1, 1)$ 的大小关系,按行排列构造出矩阵 P 。

$$P = \begin{cases} 1 & S_i(1, 1) > S_{i+1}(1, 1) & i=1, 2, \dots, M \times N - 1 \\ 1 & S_{M \times N}(1, 1) > S_1(1, 1) \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

(5) 将得到的矩阵 P 与加密水印 W' 进行“异或”运算,得到版权信息图,然后将其存储到知识产权信息库中,就可以认为版权得到保护了。

1.5 零水印的检测算法

(1) 将经过打印扫描后的图像 I' 进行一级 DWT 处

理,得到低频子图 CA' 。

(2) 对低频子图 CA' 按式(5)分块奇异值分解。

(3) 比较相邻的 S'_i 中的第一个元素 $S'_i(1, 1)$ 的大小关系,按式(6)构造出矩阵 P' 。

(4) 将矩阵 P' 与版权信息图进行“异或”运算,然后根据初始值进行逆置乱,得到水印标记 W_1 。

(5) 利用相关系数 NC , 设定一个阈值来鉴别是否为非法复制品。

2 实验结果

本文在 MATLAB7.0 上实现,选取了 512×512 的 Lena 图作为载体图像,以 32×32 的二值图作为水印。水印置乱的初始值 x_0 为 0.5, 当作密钥保存。图像使用 EPSON 1390 打印机在普通打印纸上打印输出,然后用汉王扫描仪扫描输入,分辨率为 400 dpi,将扫描后的数字图像调整为 512×512 。

载体图像和水印图像,以及利用载体图像和水印信息构造出来的加密版权信息,其结果如图 2 所示。



图 2 实验结果

经过一次打印扫描后如图 3(a) 的图像、如图 3(b) 非原载体图像与如图 3(c) 使用版权信息图来提取的水印,水印相关值分别为 0.883 和 0.01。



图 3 经过一次打印扫描的载体图像、非原载体图像的水印提取

通过分析以上结果可知,正确地提取水印必须有正确的密钥与正确的载体图像,否则将无法正确得到。

图 4 是将一次打印扫描后的载体图像进行随意涂改,然后进行水印提取,其水印相关值为 0.819。

从以上结果可知,载体在小面积的随意涂改后,还能正确提取出水印,可见本算法可满足印刷品实际应用。

表 1 为 lena 图像经过多次打印扫描后提取水印的



图4 经过一次打印扫描后的水印提取

表1 Lena 图像经过多次打印扫描后提取水印的相关值

打印扫描次数	一次	二次	三次	四次
水印相关值	0.883	0.773	0.636	0.503

相关值。由表中数据表明,根据不同载体图像取适当的阈值就能很好地检测出盗版印刷品,达到防伪印刷的效果。

本文在分析打印扫描对图像的影响后,结合 DWT 和 SVD 的特点,提出一种利用相邻分块的最大奇异值的大小关系,获得载体特征信息,与水印信息构造出版权信息的新方法。实验表明,本算法能够满足防伪印刷的要求。

参考文献

- [1] 孙帮勇,周世生.数字水印应用于防伪印刷[J].今日印刷,2005(6):65:66.
- [2] 沈淑娟,曹建春.基于 SVD 的图像零水印技术研究[J].电子科技,2010,23(4).
- [3] 杨志疆.一种基于 DWT 域的数字图像零水印算法[J].计算安全,2009(7):47-50.
- [4] 李迎江,杨波,高山武.基于分块奇异值分解的图像水印算法[J].现代计算机,2009(307).
- [5] 杨明,刘先忠.矩阵论[M].武汉:华中科技大学出版社,2005.
- [6] 杨艺敏.自适应彩色图像水印算法研究[D].厦门:华侨大学,2008.

(收稿日期:2010-08-14)

作者简介:

张伟龙,男,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:数字水印技术。

韩霜,女,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:通信中的信号处理。