

基于差分特征点网格的数字水印抗缩放性能

尹忠海¹, 周拥军¹, 高大化¹, 张杰勇², 蔺新¹, 韩毅娜²

(1. 空军工程大学 理学院, 陕西 西安 710051; 2. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要: 为了提高数字水印的鲁棒性, 使数字水印系统具备抵抗缩放攻击的能力, 并评价其抵抗缩放攻击的程度, 构造了差分特征点网格, 设计了抗缩放数字水印嵌入和提取方案, 并重点分析了差分特征点网格的抗缩放性能, 通过分析待检图像中差分特征点的基点成功检测情况来判定数字水印抗缩放性能。在图像放大时, 总能检测差分特征点中的基点; 在图像缩小时, 当单向的缩小比例在 0.5 到 1 的范围内, 保证能够检测出差分特征点中的基点, 当单向的缩小比例小于 0.5, 不一定能够检测出差分特征点中的基点。结果表明差分特征点网格能够较好地保证图像在受攻击后, 差分特征点中仍存在基点, 差分特征点网格具有较好的抗缩放性能, 对数字水印抗缩放攻击起到了关键作用。

关键词: 数字水印; 抗缩放; 性能; 差分特征点网格

DOI: 10.3969/j.issn.1009-3516.2009.04.017

中图分类号: TP309 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2009)04-0076-05

数字水印技术发展到今天, 已有了大量不同的算法, 但是很多数字水印算法只能对抗一般的信号处理, 不能抵抗甚至很微小的几何攻击^[1-2]。抗几何攻击数字水印的检测方法可分为非盲检测和盲检测两种。非盲检测方法^[3]在检测时需借助原始图像来计算几何变换因子, 以实现水印检测的同步。盲检测水印方法大致分为 3 类^[4]: ①几何不变量的方法^[5-6]; ②利用辅助信息的方法^[7-9]; ③基于特征的方法^[10-12]。本文以灰度图像为载体, 设计了一种抗缩放数字水印算法, 重点分析了算法的抗缩放性能。

1 抗缩放数字水印方案

方案主要分为两大模块: 数字水印的嵌入模块和数字水印的提取模块。整个过程的框图如图 1 所示。



图 1 数字水印流程

Fig.1 Digital watermarking flow

2 差分特征点网格的构造

2.1 单个差分特征点的构造

定义 1 一个像素点和其右边像素点差值的绝对值称为这个像素点的横向差分值; 一个像素点和其下

* 收稿日期: 2008-12-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60573040), 陕西省自然科学基金资助项目(SJ08F10)

作者简介: 尹忠海(1964-), 男, 河北沧州人, 副教授, 博士, 主要从事计算机网络与信息安全研究.

E-mail: yinzhonghai2005@yahoo.com.cn

边像素点差值的绝对值称为这个像素点的纵向差分值;横向差分值和纵向差分值都为固定值 M 的像素点称为基点。

单个差分特征点的构造,一共涉及 12 个像素点,如图 2 中 a 所示。对这 12 个像素点进行如下操作:

第 1 步 提取这 12 个像素点的值,记为 $P(1,1)-P(1,4),P(2,1)-P(2,4),P(3,1),P(3,2),P(4,1),P(4,2)$ 。计算这 12 个像素点的像素平均值 $\text{mid}(P)$ 。

第 2 步 调整 $P(2,2),P(2,3)$ 和 $P(3,2)$ 3 个像素点的值,使得像素点 $P(2,2)$ 的横向差分值和纵向差分值都为 $M=20$ 。

第 3 步 根据调整后的 $P(2,2),P(2,3)$ 和 $P(3,2)$ 3 个像素点的像素值,再调整其他 9 个像素点的像素值,使得 $P(1,1),P(1,2),P(2,1)$ 和 $P(2,2)$ 相等, $P(1,3),P(1,4),P(2,4)$ 和 $P(2,3)$ 相等, $P(3,1),P(4,1),P(4,2)$ 和 $P(3,2)$ 相等。

调整像素点值,使得右上的 4 个像素点和左下的 4 个像素点的值都相等,左上的 4 个像素点的值相等,这 2 部分的差值为 M ;从而在一个差分特征点中存在一个基点。如图 2 中 b 所示,一个差分特征点,图中白色部分 4 个像素点和黑色部分 8 个像素点的差值为固定值 $M=20$, $P(2,2)$ 为该差分特征点中的基点。

2.2 差分特征点网格的确定

在已经嵌有水印信息的图像中,以像素点 $(r,c)(r,c \leq 32)$ 为起点,调整图像中每一个 $(r+kD,c+lD)(k,l=1,2,\dots)$ 点处的 12 个像素点的值,构成一个差分特征点,且相邻基点之间的距离为固定值 D 。在整个图像中最终确定了一个矩形网格,单个网格是大小为 $D \times D$ 的正方形,如图 3 所示。大量实验表明,选择 D 的大小为 32 像素可保证特征点具有较好的不可见性。

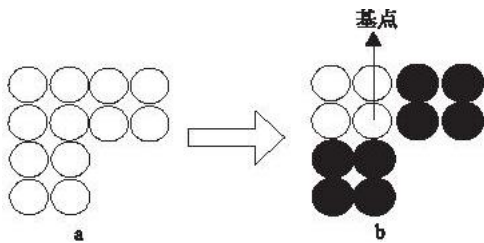


图 2 单个差分特征点的构造

Fig. 2 Difference feature point conformation

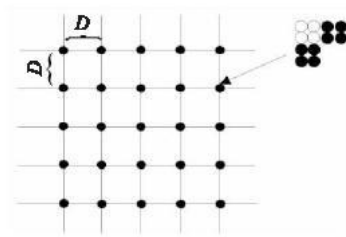


图 3 差分特征点网格

Fig. 3 Difference feature point gridding

3 差分特征点网格的性能分析

差分特征点网格针对图像抗缩放攻击设计。具体过程是:在图像遭受缩放攻击后,在待检图像中通过检测各差分特征点中的基点,确定各差分特征点的相对位置,计算相邻差分特征点之间的距离以估算缩放因子,最后进行图像的校正。其中关键步骤是在待检图像中能否成功检测出各差分特征点中的基点,差分特征点网格的抗缩放性能也主要取决于此。故对差分特征点网格的性能分析,转化为对待检图像中差分特征点的基点成功检测情况分析。下文以图像放大和缩小 2 种情况分别对差分特征点网格的性能进行分析。

3.1 图像放大

当图像遭受放大攻击时,图像中的行(列)会均匀地增加,而在 photoshop 中对灰度图像行(列)增加所使用的方法就是邻近点插值,邻近点插值的特点就是增加的行(列)与它两边的行(列)中的一边是相等的。在图像放大的同时,差分特征点中的横(列)也可能会相应的增加。这种差分特征点能够保证在图像放大时,能够保证差分特征点中有且仅有一个基点。如图 4 所示,以在差分特征点中增加一行(列)像素为例,图中虚线部分是增加的像素行(列),增加的 1 行像素,无论与它上边 1 行像素的值相等(图 4 中(a)),还是与它下边 1 行像素的值相等(图 4 中(b))增加的 1 列像素,无论与它左边 1 列像素相等(图 4 中(c)),还是与它右边 1 列像素的值相等(图 4 中(d)),都能保证该网格点中有且仅有一个基点。增加 2 行(列)或 2 行(列)以上像素也是如此,总能保证网格点中有且仅有一个基点。

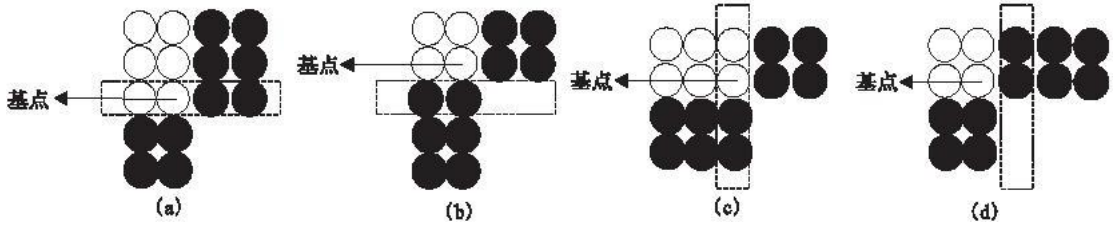


图4 增加1行(列)像素的网格点分析图

Fig.4 The analyse image of increasing a row or column points

3.2 图像缩小

当图像遭受缩小攻击时,图像缩小会使图像的行(列)有规律的丢失,同时差分特征点中的行(列)也可能会丢失,差分特征点的行(列)变化可以分为以下7种情况。

1)在没有丢失任何行列的情况下,见图5。

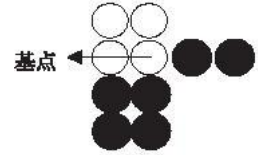


图5 没有丢失任何行列的情况

ig.5 The instance of not losing any row and column

2)丢失1行或1列的情况,见图6,图像虚线部分表示因为图像缩小而丢失的行或列。

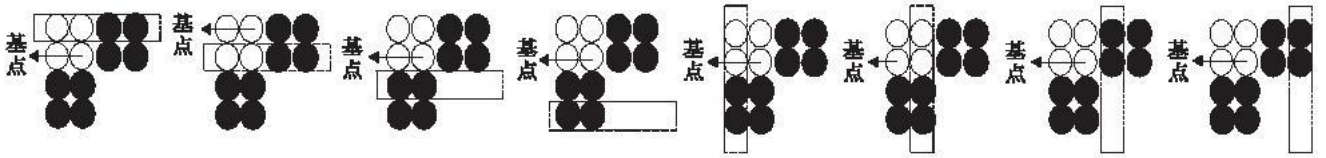


图6 丢失1行(列)的所有情况

Fig.6 The instances of losing one row or column

3)丢失2行或2列的情况(丢失的2行或2列不连续),见图7。

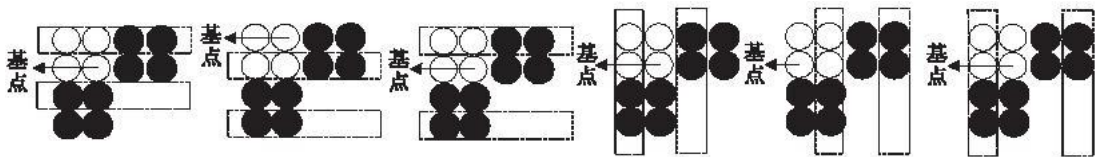


图7 丢失2行(列)的所有情况

Fig.7 The instances of losing two rows or columns

4)丢失1行和1列的情况,见图8。

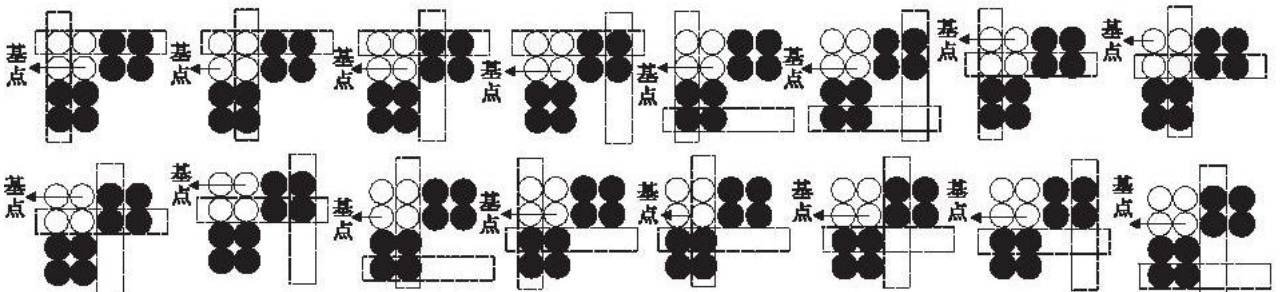


图8 所有丢失1行1列的情况

Fig.8 The instances of losing one row and one column

5)丢失1行(列)和2列(行)的情况(丢失的2行或2列不连续),见图9。

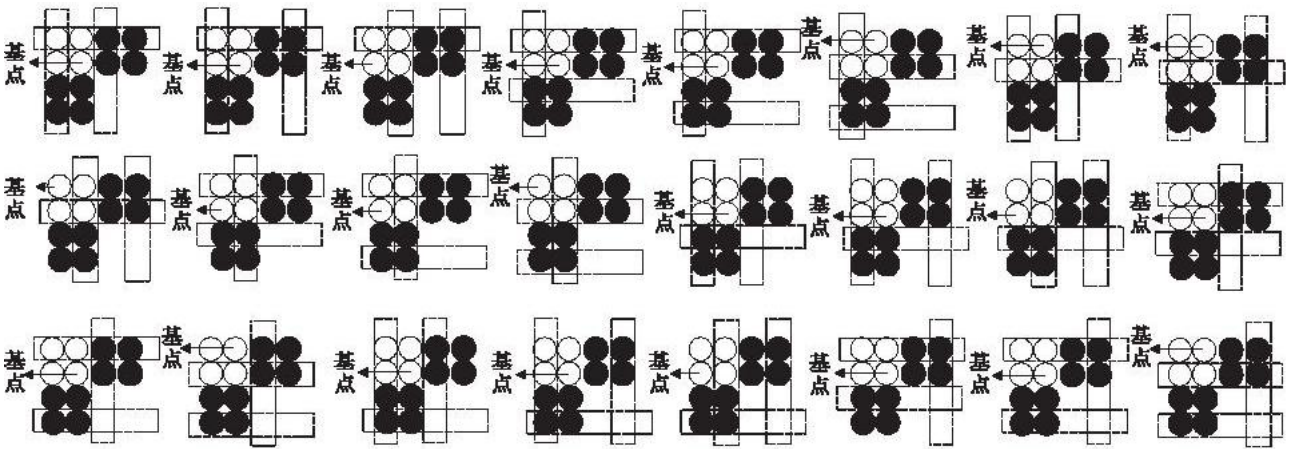


图9 丢失1行(列)2列(行)的所有情况

Fig.9 The instances of losing one row or column and two columns or rows

6)丢失2行和2列的情况(丢失的2行和2列都不连续),见图10。

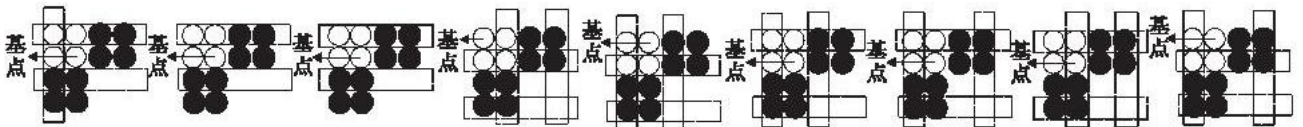


图10 丢失2行2列的所有情况

Fig.10 The instances of losing two rows and two columns

7)连续丢失2行(列)或丢失2行(列)以上的情况,见图11(部分列举)。

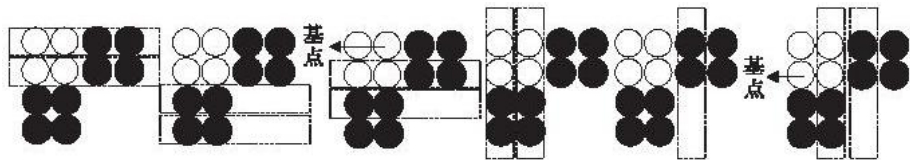


图11 连续丢失2行或2列的所有情况

Fig.11 The instances of successive losing two rows or two columns

前6种情况把在该情况下丢失像素行(列)所有的可能一一列举出来,第7种情况只是列举了一部分。通过上述7幅图的分析可知,前6种情况都可以检测出差分特征点中的基点,在第7种情况下,有可能可以检测出差分特征点中的基点。分析第7种情况,在连续丢失2行(列)或连续丢失2行(列)以上像素的情况下,图像的单向缩小比例必然小于0.5,即在单向缩小比例小于0.5时,不一定检测得到差分特征点中的基点;单向缩小比例在 $[0.5, 1]$ 区域内,提取算法都可以检测出差分特征点中的基点。

4 结束语

从以上差分特征点网格性能分析可得出:图像放大时,总能检测差分特征点中的基点。图像缩小时,当单向的缩小比例在 $[0.5, 1]$ 范围内,也总能检测出差分特征点中的基点;当单向的缩小比例小于0.5,不一定能够检测出差分特征点中的基点。通过大量实验发现,检测不出差分特征点中的基点的概率比较低,即使当单向缩小比例小于0.5,图像中会发生连续2行(列)丢失,但是由于差分特征点间的距离是32像素,这种现象发生在检测差分特征点内的概率比较低。总的来说,差分特征点网格能够较好地保证图像在受攻击后,差分特征点中仍存在基点,所以差分特征点网格具有较好的抗缩放性能,对数字水印抗缩放攻击起到了关键作用。

参考文献:

[1] Petitcolas F A P, Anderson R J, Kuhn M G. Attacks on Copyright Marking System[C]//In Proc 2nd Int Workshop Information Hiding. Portland:[s. n.],1998: 218-238.
 [2] LU Zhengming, XING Wen, XU Dianguo, et al. Digital Image Watermarking Technique Based on Vector Quantization

- with Labeled Codewords[J]. IEICE Transaction on Information and System, 2003, E86-D(12): 2786—2789.
- [3] 刘九芬, 王振武. 抗几何攻击的小波变换域图像水印算法[J]. 浙江大学学报:工学版, 2003, 37(4): 386—392.
LIU Jiufen, WANG Zhenwu. Image Watermark Algorithm Robust to Geometric Distortion in DWT Domain[J]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science Edition, 2003, 37(4): 386—392. (in Chinese)
- [4] 刘九芬, 黄达人, 黄继武. 图像水印抗几何攻击研究综述[J]. 电子与信息学报, 2004, 26(9): 1495—1503.
LIU Jiufen, HUANG Daren, HUANG Jiwu. Survey on Watermarking Against Geometric Attack[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2004, 26(9): 1495—1503. (in Chinese)
- [5] Lin C Y, Wu M, Bloom J A, et al. Rotation, Scale, and Translation Resilient Watermarking for Images[J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2001, 10(5): 767—782.
- [6] Licks V, Jordan R. On Digital Image Watermarking Robust to Geometric Transformations[C]//IEEE Int Conference on Image Processing. Vancouver: [s. n.], 2000: 690—693.
- [7] 谢荣生, 刘承香, 杨树国, 等. 基于模板匹配的抗几何攻击图像数字水印[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2002, 23(3): 54—58.
XIE Rongsheng, LIU Chengxiang, YANG Shuguo, et al. Geometrical Attack Resistant Digital Image Watermarking Based on Template Searching[J]. Journal of Harbin Engineering University, 2002, 23(3): 54—58. (in Chinese)
- [8] 王 丽, 赵媛媛, 赵 耀. 一种抗剪切的鲁棒数字水印[J]. 数据采集与处理, 2006, 21(3): 330—333.
WANG Li, ZHAO Yuanyuan, ZHAO Yao. Digital Image Watermarking Resistant to Cropping Attacks[J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 2006, 21(3): 330—333. (in Chinese)
- [9] Pereira S, Ruanaidh J, Deguillaume F, et al. Template Based Recovery of Fourier-based Watermarks Using log-polar and Log-log Maps[C]//Proc Int Conference on Multimedia Computing and Systems. Florence: [s. n.], 1999: 870—874.
- [10] 韩亚丹. 基于特征的抗剪裁数字水印技术研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2006.
HAN Yadan. The Research of Digital Watermarking Resistant to Cropping Based on Feature[D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2006. (in Chinese)
- [11] 邓峰森, 王炳锡. 基于特征点的抗几何失真数字图像水印[J]. 信号处理, 2005, 21(1): 12—16.
DENG Fengsen, WANG Bingxi. Robust Digital Image Watermarking Using Feature Point Against Geometrical Attacks[J]. Signal Processing, 2005, 21(1): 12—16. (in Chinese)
- [12] Chotikamthorn N, Pantuwong N, Yawai W. Projective Invariant Digital Image Watermarking Technique Using Four Co-Planar Feature Points[C]//IEEE International Conference on Image Processing 2005. Genova: [s. n.], 2005: 1005—1008.

(编辑:徐楠楠)

The Anti-Zoom Capability of Digital Watermarking Based on Difference Feature Point Grid

YIN Zhong-hai¹, ZHOU Yong-jun¹, GAO Da-hua¹, ZHANG Jie-yong², LIN Xin¹, HAN Yi-na²
(1. Science Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China; 2. Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: In order to enhance the robustness of digital watermarking, to make the system possess the zoom resistance capability and to estimate the zoom resistance degree of the system, a difference feature point grid is constructed, and a zoom resistance embedding and extracting scheme of digital watermarking is designed. At the same time, the zoom capability of difference feature point grid is analyzed emphatically. The anti-zoom capability is judged by analyzing the successful detecting instance of basic points. If the image is magnified, the basic points can be detected all the time. If the image is dwindled, the basic points can be detected when the dwindling scale of one orientation is within the scope of 0.5 to 1, but the basic points can not always be detected when the dwindling scale of one orientation is below 0.5. So, a conclusion is obtained that the difference feature point grid can ensure that the basic points still exist in the difference feature points after the image suffered attacks. The difference feature point grid has a good capa-

bility in zoom resistance, and it serves a key function in zoom resistance of digital watermarking.

Key words: digital watermarking; zoom resistance; capability; difference feature point grid