

一种用于二值文本图像认证的水印算法

杜 青

(南京工程学院 计算机工程学院, 江苏 南京 211167)

[摘要] 提出了一种用于二值文本图像内容认证的脆弱型数字水印算法. 该算法利用图像分块后每个像素块边缘部分的像素值产生混沌迭代初值, 经混沌迭代及量化后生成水印信息. 通过在图像块的中间部分查找 3×3 邻域各方向平滑度改变量小的点作为颜色翻转点, 从而将水印信息嵌入. 实验结果表明, 该算法具有较好的不可见性及篡改检测和篡改定位能力.

[关键词] 脆弱数字水印, 二值图像, 认证

[中图分类号] TP 391 [文献标识码] A [文章编号] 1672-1292(2010)01-0063-04

A Digital Watermarking Algorithm for Binary Text Image

Du Qing

(School of Computer Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

Abstract A fragile watermarking algorithm is presented, which can be applied to binary text image verification. Based on the value of image block edges, the initial values of chaotic mapping are produced. By iterating several times of the chaotic mapping, the watermark is obtained and embedded into the pixels, which have prior embeddability for 3×3 neighborhood pattern. The experimental results show that the watermarked binary image have good visual quality and that the algorithm can detect and localize precisely the tampers on the watermarked images.

Key words fragile watermark, binary image, verification

计算机多媒体技术和网络技术的迅速发展,使人们在方便地获取数字媒体的同时,也面临着数字媒体内容被篡改的风险.当一些重要的媒体资料被恶意篡改时,有可能导致不良的社会影响或重大的经济损失.因此需要在数字媒体发布之前对其进行适当的处理,以便将来能够在没有原始媒体资料的情况下检测出数字媒体内容的真实性.对于数字图像来说,图像认证不仅需要在没有原始图像的情况下检测出图像内容的真实性,还要在检测出图像内容不真实的情况下给出图像的篡改位置^[1].

目前已有的基于数字水印的图像认证算法大多针对灰度或彩色图像,适用于二值图像的认证算法较少,而很多资料如图书、档案、法律文书等多采用二值图像形式保存.由于二值图像只有两个灰度级别,当修改像素值时,很容易被人类视觉所感知,所以现有的二值图像认证算法一般都尽可能减少被修改像素点的个数,但这样又会导致篡改检测能力的下降.文献[2]中提出了在最不重要的像素块嵌入认证水印的二值文本图像认证算法,算法对原始图像的视觉质量影响较小,但由于每个区域只嵌入一位认证水印,使得篡改检测率约为 50%.文献[3]给出的算法虽然可以检测出图像是否被篡改及被篡改的程度,但不能进行篡改定位.

本文提出了一种用于二值文本图像认证的脆弱型数字水印算法,该算法兼顾了不可见性及篡改检测能力,在修改像素点时充分考虑人类的视觉及文本自身的特点,尽可能减少因翻转像素点造成的视觉失真,同时适当增加嵌入水印的位数,提高篡改检测率.

1 水印嵌入和提取算法

1.1 水印的生成

首先将原始图像 I 分成若干个同样大小的像素块,每个像素块的大小为 $M \times N$. M 、 N 的取值根据文本

字体的大小和间距确定, M 、 N 越大, 水印不可见性越好, 但 M 、 N 太大会导致篡改定位能力下降; M 、 N 太小, 会造成嵌入水印后图像视觉质量下降. 将像素块第一行、最后一行、第一列和最后一列的像素值转化为二进制串, 将 4 个二进制串对应的十进制数相加得到该像素块的边缘特征值 val , 将该特征值代入式 (1) 得到混沌迭代的初值 $Z(0)$, $0 \leq Z(0) < 1$:

$$Z(0) = \frac{val}{(2^M - 1) * 2 + (2^{N-2} - 1) * 2 + 1}, \tag{1}$$

混沌系统在某个参数和初始条件给定的情况下, 运动是确定的, 但该运动的长期状态对初始条件极为敏感, 任何微小的改变都会引起完全不同的行为^[2]. 利用混沌系统的这一特点, 将迭代初值 $Z(0)$ 代入混沌迭代公式进行迭代. 本算法采用了具有良好随机统计特性的 Logistic 映射, 该映射公式如下:

$$Z(n+1) = 1 - 2Z(n)^2, \tag{2}$$

式中, $-1 \leq Z(n) \leq 1$ 将初值迭代 $key+1 \dots key+n$ 次后得到的迭代值 $Z(key+1)$ 、 $Z(key+2)$ 、 \dots 、 $Z(key+n)$ 进行量化, 量化方法为: 当迭代值大于 0 时取 1, 迭代值小于等于 0 时取 0 得到 n 位水印信号 $W(key+1)$ 、 $W(key+2) \dots W(key+n)$. 其中 n 的取值不能太大, n 值大, 生成的水印位数多, 能提高篡改检测能力, 但嵌入水印位数太多会造成图像视觉质量的下降, 所以 n 值不能取大, 一般取 1~3 而 key 值要足够大.

1.2 水印的嵌入

为了使像素块中颜色翻转点尽可能在块中均匀分布, 将每个像素块根据待嵌入水印位数 n 的值再分为 n^2 个子块, 如图 1 所示, 将 n^2 个子块分为 n 组区域. 如 $n=2$ 时, 如图 1(b) 所示, 分为 4 个子块, 由于人眼对对角线方向的频率响应低于对水平和垂直方向的频率响应^[4], 所以将 4 个子块中的 K_1 、 K_4 子块划为一组区域, K_2 、 K_3 子块划为另一组区域. 各组区域像素点个数可以不完全相同, 但要尽可能接近. 图 1 中不同深浅的颜色对应不同的分组.

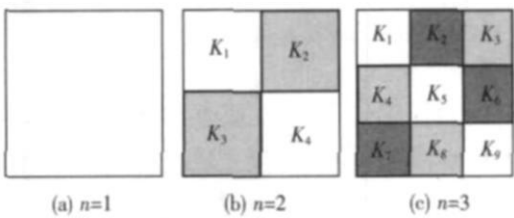


图 1 图像的分块
Fig.1 Image block diagram

将混沌迭代得到的 n 位水印信号 $W(key+1)$ 、 $W(key+2)$ 、 \dots 、 $W(key+n)$ 分别嵌入到 n 组区域中, 嵌入规则为: 当水印值为 1 时, 使嵌入该位水印的区域中黑色像素点个数为奇数; 当水印值为 0 时, 使区域中黑色像素点个数为偶数. 由于改变黑点个数的奇偶性只需翻转一个像素点颜色, 所以嵌入 1 位水印的每组区域被修改的像素点个数不会超过 1.

由于人眼对二值图像颜色的翻转很容易察觉, 所以在选择翻转点时应尽可能选取对视觉质量影响较小的点. 根据人眼视觉敏感度模型, 各点的可翻转程度即可非度与该点在 3×3 邻域内各个方向的平滑度有关^[3], 通过计算每组区域中各点翻转前后在各个方向平滑度的改变量, 即可得到各点的可非度. 可非度计算步骤如下:

(1) 计算该点在 3×3 邻域内水平、垂直与两个对角线方向翻转前及翻转后的平滑度, 计算公式为^[3]:

$$S_h(i, j) = \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 I[p(i+k, j+l) \neq p(i+k, j+l+1)]; \tag{3}$$

$$S_v(i, j) = \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 I[p(i+k, j+l) \neq p(i+k+1, j+l)]; \tag{4}$$

$$S_{d1}(i, j) = \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 I[p(i+k, j+l) \neq p(i+k+1, j+l+1)]; \tag{5}$$

$$S_{d2}(i, j) = \sum_{k=0}^1 \sum_{l=-1}^0 I[p(i+k, j+l) \neq p(i+k-1, j+l+1)]. \quad (6)$$

(2) 求出该点翻转前后 S_h, S_v, S_{d1}, S_{d2} 4 个值的改变量;

(3) 计算各改变量绝对值加权之和, 即 $a_1 | \Delta S_h | + a_2 | \Delta S_v | + a_3 | \Delta S_{d1} | + a_4 | \Delta S_{d2} |$, 取该和的负值作为该点的可非度. 由于人眼对水平和垂直方向的敏感程度大于对两个对角线方向的敏感程度, 所以 a_1, a_2 的取值要大于 a_3, a_4 .

将每组区域中除边缘以外其余各点的可非度进行比较, 选择可非度最大的点为该组区域的翻转点. 为了不破坏图像的视觉质量, 当一组区域为全黑或全白时不嵌入水印. 另外, 当一组区域中只有一个孤立黑点或白点时, 不能选择该孤立点为翻转点. 这是因为当该点翻转时将导致该组区域为全白或全黑, 与前一种情况发生混淆, 这时应选取该组区域中与孤立点邻近的点为翻转点. 当孤立点与另一组区域相邻时需参照其它区域与之相邻的点的情况选择翻转点.

1.3 水印的提取和篡改定位

水印提取及篡改定位过程如下:

(1) 将待认证的图像 I' 分成若干个大小为 $M \times N$ 的像素块, 计算每个像素块边缘的特征值 val' , 再将 val' 代入式 (1) 中得到混沌迭代的初值 $Z'(0)$.

(2) 将迭代初值 $Z'(0)$ 代入式 (2) 中, 迭代 $key+1, key+2, \dots, key+n$ 次后, 将得到的迭代值进行量化, 即可得 n 位水印信号 $W'(key+1), W'(key+2), \dots, W'(key+n)$.

(3) 按照嵌入水印时划分子块的方法, 将每个像素块再分为 n^2 个子块, 同时将 n^2 个子块分为 n 组区域, 分组规则与嵌入时相同. 计算每组区域中黑色像素点个数, 将该值除 2 的余数与步骤 2 得到的嵌入该组区域的 1 位水印值进行比较, 若不相等, 则表示该像素块被篡改. 只有当所有组的比较结果均为相等时, 才能确定该 $M \times N$ 像素块未发生篡改.

当一组区域为全黑或全白时不作判断.

将图像中每一像素块按上述步骤提取水印, 并进行比较判断, 即可检测出嵌入水印后的二值文本图像的内容是否被篡改以及篡改区域, 篡改定位精度为 $M \times N$.

2 实验结果及分析

本算法在 Visual C++ 6.0 开发平台上实现. 实验中原始图像采用二值文本图像, 密钥 key 取 1 000. 根据二值图像中文本的大小和间距, 取 M, N 的值为 26, 16, n 值取 2, 即每个像素块中嵌入 2 位水印, 加权系数 a_1, a_2, a_3, a_4 的取值为 2, 2, 1, 1.

图 2(a) 和图 2(b) 分别为原始图像和嵌入认证水印后的图像. 从图 2 中可以看出, 加入水印后图像的变化很小, 人眼基本感觉不到图像的变化, 说明算法具有很好的不可见性.

计算机的诞生是 20 世纪人类最伟大的发明创造之一。自 1946 年第一台电子计算机问世以来, 计算机技术得到迅猛的发展。计算机在科学研究、工农业生产、国防建设以及社会的各个领域都得到越来越广泛的应用, 计算机已经是各行各业必不可少的一种基本工具。

(a)

计算机的诞生是 20 世纪人类最伟大的发明创造之一。自 1946 年第一台电子计算机问世以来, 计算机技术得到迅猛的发展。计算机在科学研究、工农业生产、国防建设以及社会的各个领域都得到越来越广泛的应用, 计算机已经是各行各业必不可少的一种基本工具。

(b)

图 2 原始图像和嵌入认证水印后的图像

Fig.2 Original image and watermarked image

图 3(a) 是对嵌入认证水印后的图像进行篡改得到的图像, 该图像中第 1, 4, 6 行的文本各有一个汉字或数字被修改, 第 7 行的空白处添加了日期. 图 3(b) 是对篡改后的图像进行检测得到的结果, 图中将检测

到的被篡改的像素块进行了涂黑,从图 3 可以看出,4 处篡改均被检测出来,说明算法具有较好的篡改检测及篡改定位能力.

计算机的诞生是 10 世纪人类最伟大的发明创造之一。自 1946 年第一台电子计算机问世以来,计算机技术得到迅猛的发展。计算机在科学研究、工农业生活、国防建设以及社会的各个领域都得到越来越广泛的应用,计算机已经是各行各业必不可多的一种基本工具。

2008.8

(a)

计算机的诞生是 10 世纪人类最伟大的发明创造之一。自 1946 年第一台电子计算机问世以来,计算机技术得到迅猛的发展。计算机在科学研究、工农业生、国防建设以及社会的各个领域都得到越来越广泛的应用,计算机已经是各行各业必不可的一种基本工具。

(b)

图 3 被篡改的图像和篡改检测结果

Fig.3 Been tampered with image and tamper detection result

3 结语

本文提出了一种基于数字水印的二值文本图像认证算法.该算法能对二值文本图像进行内容认证.实验结果表明该算法具有较好的不可见性以及篡改检测和篡改定位能力.

[参考文献] (References)

- [1] 吴金海,林福宗.基于数字水印的图像认证技术[J].计算机学报,2004,27(9):1153-1160
Wu Jinhai Lin Fuzong Image authentication based on digital watermarking[J]. Chinese Journal of Computer, 2004, 27(9): 1153-1160 (in Chinese)
- [2] 朱从旭,陈志刚.一种灵敏的文本图像认证混沌脆弱水印技术[J].小型微型计算机系统,2006,27(1):151-154
Zhu Congxu Chen Zhigang Sensitive chaotic fragile watermarking technique for binary images verification[J]. Mini-Micro Systems, 2006, 27(1): 151-154 (in Chinese)
- [3] 周波,陈健.一种适用于二值图像的数字水印算法[J].上海交通大学学报,2004,38(9):1509-1514
Zhou Bo Chen Jian A digital watermarking algorithm for binary image[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2004, 38(9): 1509-1514 (in Chinese)
- [4] 李长河,张永强,王君.一种新颖的图像自适应信息隐藏算法[J].计算机应用,2005,25(5):1138-1144
Li Changhe Zhang Yongqiang Wang Jun Novel adaptive information hiding algorithm for image[J]. Computer Application, 2005, 25(5): 1138-1144 (in Chinese)

[责任编辑:严海琳]