

DOI:10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2018.2.07

智能手机空间域数字水印算法

李 寻, 陈戈珩*, 王会平

(长春工业大学 计算机科学与工程学院, 吉林 长春 130012)

摘 要: 将彩色图像分为三个色位面, 分别嵌入按一定规律分块重新组织的水印信息, 使水印图像能够均匀地嵌入在图像中。提取水印后, 将水印分块, 取得带有相同信息的水印子块, 并利用多数原则判定子块各像素的值, 得出最终水印信息。

关键词: 数字水印; 空间域; 智能手机; 版权保护

中图分类号: TP 309.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2018)02-0144-06

A digital watermarking algorithm in spatial domain for smart phones

LI Xun, CHEN Geheng*, WANG Huiping

(School of Computer Science and Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

Abstract: The color image is divided into three color planes and then embedded into re-organized watermark information respectively with some rules, to make the watermark be evenly distributed in the image. After being extracted, the watermark is divided into sub-blocks. The sub-blocks with same information are obtained to get the final watermark by determining the pixel value by means of majority rule.

Key words: digital watermarking; spatial domain; smart phone; protect copyright.

0 引 言

随着科技的飞速发展, 多媒体信息已经无处不在地渗透于生活之中, 而其中智能手机是多媒体信息传播与处理的主要途径之一, 智能手机不仅能够方便交流, 而且可以随时随地获取所需要的信息。因此如何保护智能手机图像的版权问题也成为了时下一个现实问题。利用数字水印技

术^[1]可以有效解决图像的版权问题, 现如今已有许多优秀的数字水印技术, 却因为智能手机较电脑存储空间小、运算能力差而不能应用。如何能运用较小的运算量设计出鲁棒性与透明性共存的数字水印算法是一个难题。

数字水印可分为空域法^[2]与频域法^[3], 其中频域法是经过变换后通过修改变换系数把水印嵌入到变换域中得到含水印图像, 空域法相对于频

收稿日期: 2018-03-06

基金项目: 国家科技支撑计划基金资助项目(2007BAQ00097); 吉林省自然科学基金资助项目(20101523)

作者简介: 李 寻(1991—), 女, 汉族, 吉林龙井人, 长春工业大学硕士研究生, 主要从事数字水印方向研究, E-mail: 375571668@qq.com. * 通讯作者: 陈戈珩(1961—), 女, 汉族, 吉林长春人, 长春工业大学教授, 主要从事数字信号处理及应用方向研究, E-mail: chengcheng@ccut.edu.cn.

域法来说不需要进行图像变换,直接修改像素值来达到嵌入水印的目的,其算法复杂度较低,存储空间较小,能够有效地在智能手机的平台中运行,因此空域算法更适用于智能手机。

空域水印算法是通过用一种算法来达到修改像素值的目的,计算简单快捷,能够存储大量的水印信息,但它的鲁棒性即抗攻击能力较差,由于智能手机上的图片多为彩色图片,而很多优秀的水印算法^[4]是应用在灰度图像中,智能手机彩色图到灰度图的转换需要大量的时间与存储空间,所以很多现有的算法没有办法在其平台上实现,针对智能手机的有效水印少之又少。文献[5]设计了一种应用于智能手机中的脆弱水印方案,用于检测图像内容的完整性和定位被篡改的区域,不能抵抗常规的攻击,文献[6-7]分别提出一种应用于智能手机的水印算法,简化了提取嵌入水印的

时间复杂度,并能一定程度上抵抗常规图像处理攻击,却不能抵抗几何攻击。为提高水印的鲁棒性,文中采用了水印信息分块重新组合^[8]并利用奇偶量化^[9]嵌入到原始图像中,提取相同图像信息块并对信息重新拟合的方法^[10]。

1 图像水印算法

1.1 算法基本思想

采用 RGB 格式大小为 $nk \times mk$ 彩色图像 A 做载体,水印大小为 $n \times m$,二值图像 $W = W_{ij}$,将原始图片提取出三个色位面,水印图像分为像素相等的四个子块 $W_{11}, W_{12}, W_{21}, W_{22}$,重新组合并记录重组规律分为 $nk \times mk$ 三张水印 W_1, W_2, W_3 ,采用奇偶量化的方法嵌入三个色位面中,使其三色位面相同位置嵌入的水印信息不同,如图 1 所示。

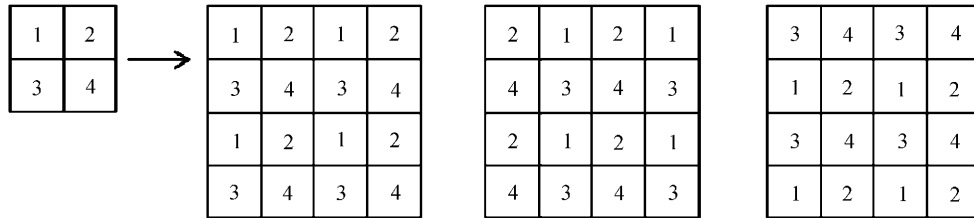


图 1 $k=2$ 水印的重组

分别提取 A' (经过攻击后的载体图像) 三个水印图像 W'_1, W'_2, W'_3 ,按嵌入时的重组规律提取出所有分别带有 1, 2, 3, 4 灰度值的分块 $(W'_1)_{ij}, (W'_2)_{ij}, (W'_3)_{ij}$,将其中带有相同 1, 2, 3, 4 的子块分别相加:

$$3kW'_{ij} = (W'_1)_{ij} + (W'_2)_{ij} + (W'_3)_{ij} \quad (1)$$

得出各子块每个像素的灰度值和,并用各像素值和取平均值四舍五入至 0 或 1,确定每一像素点的值:

$$B_{ij} = \text{round}(\text{average}(3kB_{ij})) \quad (2)$$

因为 $W_{ij} = (B_{ij}), W = (W_{ij})$,最后得出水印 W 图像。

1.2 水印的嵌入

1) 彩色 RGB 图像 A 大小为 $nk \times mk$,二值图像水印 W 大小为 $n \times m$,提取 A 的三个色位面 A_r, A_g, A_b 。

2) 将水印图像 W 均匀不重叠地划分为相等

的四个子块 W_{ij} ,并使其重新排列成三个大小和 A 相等的 W_1, W_2, W_3 ,排列的规律和后面的量化步长作为密钥,在提取时使用。

3) 计算带嵌入水印像素值 p 的量化值:

$$\lambda = \text{round}\left(\frac{p}{\delta}\right) \quad (3)$$

式中:round —— 舍入函数;

δ —— 量化步长。

4) 求出原始图像 A 嵌入 w 的像素值:

$$p' = \begin{cases} \left(\lambda - \frac{1}{2}\right)\delta, & \lambda + w_{ij} = 1(\text{mod } 2) \\ \left(\lambda + \frac{1}{2}\right)\delta, & \lambda + w_{ij} = 0(\text{mod } 2) \end{cases} \quad (4)$$

式中: w_{ij} —— 水印的像素值。

5) 将 A 的每个像素量化得到嵌入水印图像的载体图像。

嵌入过程如图 2 所示。

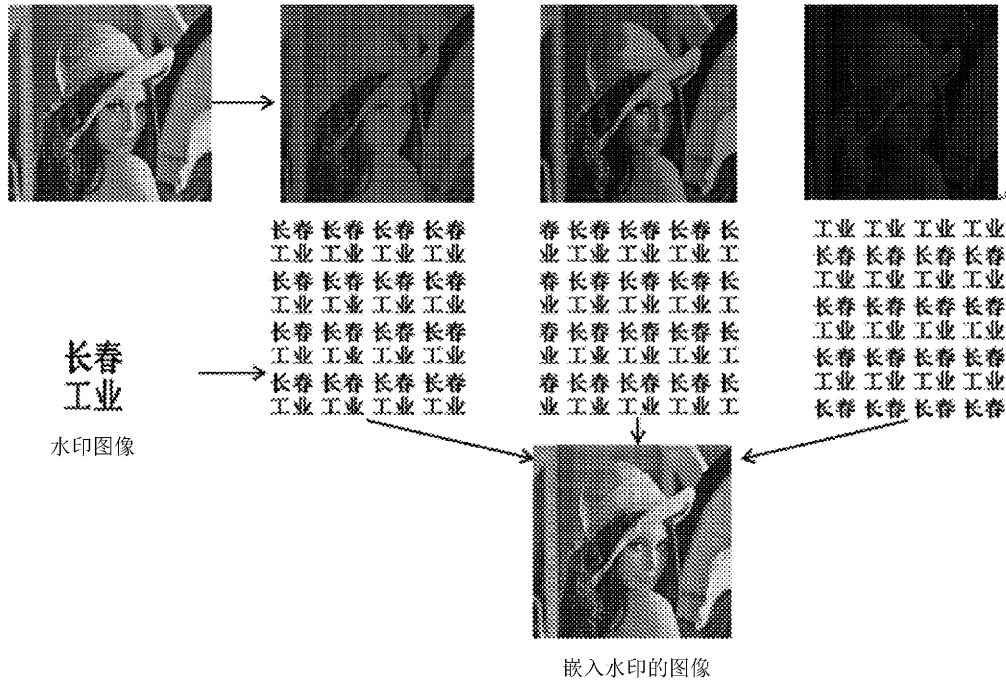


图 2 水印嵌入过程

1.3 水印的提取

- 1) 将被攻击的载体图像 A' 提取出三色位图。
- 2) 根据式(5)分别求出三幅水印图像的像素值。

$$w' = \lfloor \frac{p''}{\delta} \rfloor \pmod{2} \quad (5)$$

式中: w' ——攻击后提取的水印像素值;
 p'' ——载体图像攻击后的像素值;

- 3) 将求得的三幅水印进行区域划分,并根据嵌入时的规律提取出三幅水印图像所有内容相同的子块,根据多数原则求得子块的像素值。
- 4) 将得到的水印子块合并,最终形成完整的水印图像。

攻击后的载体图像经过算法优化的子块水印图像重新组合的水印图像如图 3 所示。

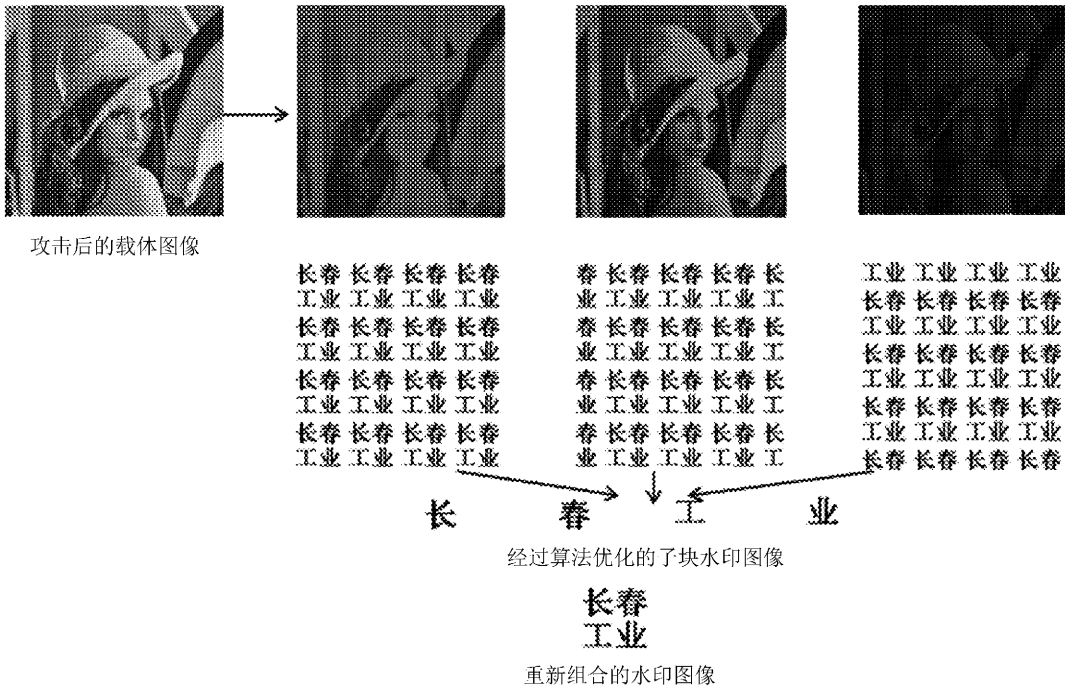


图 3 水印提取过程

1.4 分析算法

该算法水印的透明性与 k 值大小有关, k 值变大, 水印嵌入量增大, 水印透明性减小; 反之, k 值减小时则相反, 不同图像 k 的最优值不同, 通过大量实验得出 k 值取 8 较合适。

文中将初始水印分成 4 个子块, 取得分块越多, 水印鲁棒性越好, 还原所需的时间越长, 通过大量实验对比, 若使鲁棒性与算法复杂度兼得, 子块数目取 4。

初始水印分割成子块重组的规律, 一般为每个子块重新组合形成三张水印图像后, 各嵌入彩色图像中, 叠加后每个子块显示的内容不同。这样做的目的是, 在载体图像被攻击后提取的各子块水印图像不相同, 攻击受损的水印位置不同, 利于恢复完整的水印。

2 实验结果

为更好地描述文中算法性能, 选用同为智能手机平台的文献[7]算法做对比。并采用与文献

[7]大小相等的 RGB 格式 512×512 的 24 位真彩图像为原始图像, 二值水印大小为 64×64 , 如图 4 所示(量化步长取 4, 水印子块大小为 32×32)。

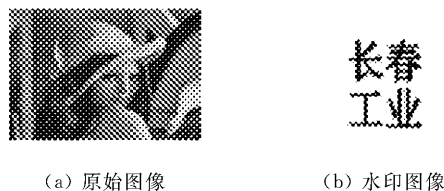


图 4 原始图像和水印图像

主观以人眼客观引入峰值信噪比(PSNR)来评判嵌入水印的透明性, 用归一化相关系数(NC)来评价提取的水印质量。

2.1 时间复杂度

由于智能手机存储空间小、运算能力低, 所以对算法的时间复杂度有很高的要求, 文献[7]算法与文中算法同是应用在手机中, 故与之做时间复杂度对比, 选用和文献[7]中相同环境对同一图像做 10 次嵌入与提取实验, 并对时间取平均值, 实验结果见表 1。

表 1 时间复杂度对比实验结果

图像	嵌入时间/s		提取时间/s	
	文中算法	文献[7]算法	文中算法	文献[7]算法
lena	2.214 3	2.536 8	0.908 1	0.923 5

文献[7]嵌入水印时, 其中有一个步骤是需要将彩色图像转换为灰度图像, 并求嵌入前后子块图像的均值差, 最后加在彩色图像中, 而文中算法是直接嵌入水印不需要转换为灰度图, 所以嵌入时间比文献[7]算法耗时短。而提取水印时, 文中

算法需要对水印再做处理, 所以耗时比文献[7]算法稍长。

2.2 透明性

嵌入水印 lena 图像与提取水印图像如图 5 所示。

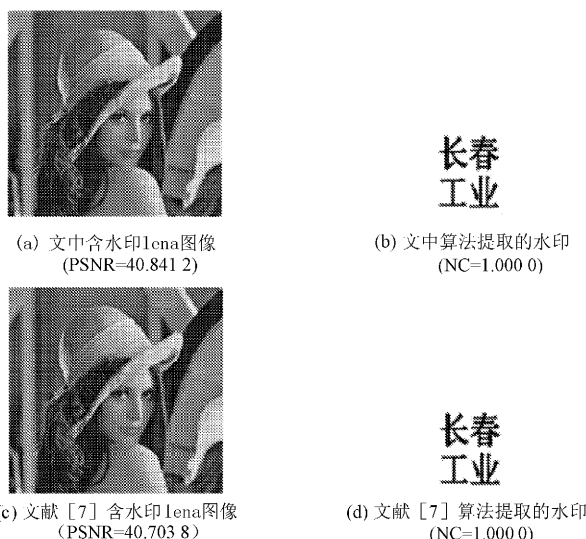






图 5 嵌入水印 lena 图像与提取水印图像

图 5(a)和图 5(c)分别为文中和文献[7]未受攻击的含水印 lena 图像,图 5(b)和图 5(d)为提取的水印图像,分别求出 psnr 值、NC 值,结果显示 NC 值均为 1,而文中 psnr 值大于文献[7],即文中提取的水印透明性好于文献[7]。

2.3 鲁棒性

采用 JPEG 压缩对两种嵌入水印图像进行攻击,lena 图像 JPEG 压缩质量因子为 50、30,两种攻击的水印提取结果对比与 NC 值见表 2。





表 2 JPEG 压缩后水印 NC 对比

质量因子	文中算法	文献[7]算法
50	 NC=1.000 0	 NC=1.000 0
30	 NC=1.000 0	 NC=0.971 9

从表中可以看出,当压缩质量因子为 50 时,两种水印算法 NC 值都为 1,当压缩质量因子为 30 时,比较 NC 值得出文中算法的抗 JPEG 压缩攻击的鲁棒性更好。

对两种算法分别添加零均值方差为 0.001、0.002 的零均值高斯噪声,提取出的水印见表 3。

表 3 添加零均值高斯噪声提取水印 NC 对比





方差	文中算法	文献[7]算法
0.001	 NC=1.000 0	 NC=0.992 3
0.002	 NC=0.983 2	 NC=0.960 2

实验显示,文中算法在高斯噪声攻击中鲁棒性优于文献[7]算法。

添加椒盐噪声提取水印 NC 对比见表 4。





表 4 说明对两种嵌入水印图像,分别添加相同质量因子的椒盐噪声,文中算法提取水印 NC 值大于文献[7],证明文中算法对椒盐噪声的鲁棒性好于文献[7]。

表 4 添加椒盐噪声提取水印 NC 对比

质量因子	文中算法	文献[7]算法
50	 NC=1.000 0	 NC=0.992 0
30	 NC=0.990 3	 NC=0.984 9

将含水印图像放大 2 倍后提取的水印见表 5。





表 5 将含水印图像放大提取的水印对比

放大倍数	文中算法	文献[7]算法
1.5		
2		

由于文中算法在隐秘图像(含水印图像)经过几何变换后,提取出的水印图像同样经过同等的变化,一个有意义的水印经过几何变换后,同样具有意义。所以,可以得出该算法对几何攻击有很好的鲁棒性。但是此时已经无法用 NC 值判定与原水印的相似程度了,我们选择用可视效果观察,可以看出两种算法提取的水印效果是一致的。

嵌入水印图像旋转 5°和 50°提取的水印见表 6。

表 6 隐秘图像旋转后提取的水印对比





旋转角度/(°)	文中算法	文献[7]算法
5		
50		

此时文中算法用视觉可以识别出水印,而文献[7]的水印图像已经模糊不能识别,说明文中算

法较文献[7]算法对于旋转攻击有很好的鲁棒性。

隐秘图像剪切后提取的水印见表 7。

表 7 隐秘图像剪切后提取的水印对比

剪切百分比	文中算法	文献[7]算法
1/8	 NC=1.000 0	 NC=0.975 8
1/4	 NC=1.000 0	 NC=0.964 3

从表 7 视觉对比中可以看出,文中算法基本与原始水印没有差别,从 NC 值对比上也能明显的看出,文中算法对于剪切攻击鲁棒性好于文献[7]算法。

3 结 语

大量实验表明,提出的基于智能手机的数字水印算法相比于文献[7]算法快速、高效,并有较好的鲁棒性,在不需要原始图像的情况下,也能提取出水印,在常规攻击与几何攻击中都有较好的鲁棒性,能够很好地适用于智能手机中。

参考文献:

- [1] 张晓强,王蒙蒙,朱贵良.图像水印算法研究新进展[J].计算机工程与科学,2012,34(4):17-22.
- [2] 戚娜.数字水印的相关应用研究[J].电子设计工程,2017,25(1):152-154.
- [3] 党红梅,李人厚,弋英民.几种频率域图像数字水印算法[J].计算机工程与设计,2003,24(12):52-55.
- [4] 孔玲君,聂鹏.一种基于 DWT-DCT 变换域的全息水印技术[J].光电子·激光,2016(2):198-202.
- [5] Hernández C P, Torres-Huitzi C. A fragile watermarking scheme for image authentication in mobile devices[C]//International Conference on Electrical Engineering Computing Science and Automatic Control. [S.l.]: IEEE,2011:1-6.
- [6] 宋杰,金聪,叶俊民.基于 Android 智能手机的彩色图像盲数字水印算法[J].中国体视学与图像分析,2014(2):148-154.
- [7] 彭乐,金聪.适用于 Android 智能手机的灰度均值水印算法[J].计算机科学,2015,42(7):85-90.
- [8] 王会平,陈戈珩,胡明辉.基于 SUSAN 和 HU 不变矩的零水印算法研究[J].长春工业大学学报,2015,36(6):654-657.
- [9] 陈利,何选森,赵天娇.一种自适应的奇偶量化水印算法[J].计算机工程与应用,2011,47(35):203-205.
- [10] 熊祥光.空域彩色图像鲁棒零水印算法[J].计算机工程与科学,2017,39(1):103-110.