

基于区域的图像信息隐藏算法

刘红军, 徐汀荣

(苏州大学 计算机科学与技术学院, 江苏 苏州 215006)

摘 要:提出一种空间域信息隐藏算法。该算法结合了 LSB 和 MSB 的优点, 将灰度值划分成一个个等长度区间, 在每个区间都嵌入信息。信息嵌入是通过修改灰度值, 而灰度值的变化是在区间范围内的, 由于区间的范围较小, 从而能够保证引起的图像失真是不可觉察的。同时考虑人类视觉系统的相关特性, 选择出可用像素位置来嵌入信息, 放弃不可用像素位置, 进一步提高不可觉察性这一技术指标。实验结果表明, 该算法隐藏容量较大, 有较好的鲁棒性且易于实现。

关键词:信息隐藏; 区域; 人类视觉系统

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)09-0116-04

Information Hiding Algorithm for Image Based on Section

LIU Hong-jun, XU Ting-rong

(College of Computer Science and Technology, University of Soochow, Suzhou 215006, China)

Abstract: An information hiding algorithm for images is proposed based on section of them, the algorithm combines the advantage of the LSB and MSB, dividing the gray value into several sections which have the same length, embedding the information into the sections. Because the information embedded by changing the gray value in the scope of the section and the scope of the section is very little, as a result, the changes in the cover image were much imperceptible. Taking the relevant characteristics of the human visual system into account, select some sites of usable pixel to embed the information and discard some sites of unusable pixel. Experiments results show that, the algorithm has a large capacity of hiding information and a goodish robustness, at the same time, the method is easy to implement.

Key words: information hiding; section; human visual system

0 引言

所谓图像信息隐藏是指利用人的感觉器官对数字信号的感觉冗余, 以数字图像为载体, 通过一定的算法将秘密信息隐藏在载体图像(Cover Image)中, 却不易被人的知觉系统所觉察, 从而达到隐蔽通信的目的。随着 Internet 和多媒体技术的发展, 信息隐藏技术作为信息安全领域的一门新兴学科, 已经引起了人们的极大的关注。信息隐藏系统具有不可感知性、隐藏容量和鲁棒性等技术指标, 其中不可感知性是最基本的特征。但各技术指标之间存在矛盾, 某个性能的提高往往会导致其它性能的下降。

在基于图像的信息隐藏算法中, 空间域信息隐藏算法是常用方法之一。其中, 最低有效位(LSB)算法信息容量大、容易实现, 但是隐藏位置不可靠, 鲁棒性很差。最高有效位(MSB)算法的鲁棒性有了较大提

高, 但隐藏容量非常有限。笔者提出了一种基于区域的信息隐藏算法, 实现在多个位中同时嵌入信息, 从而对 LSB 和 MSB 进行了一个折中, 与 LSB 相比, 隐藏容量降低了但鲁棒性提高了; 与 MSB 相比, 鲁棒性降低了但容量提高了。

1 算法实现

1.1 基本原理及相关定义

对于计算机来说, 一幅灰度图像就是由一些标识各像素亮度值构成的矩阵。若按字节的位对图像中所有的颜色分量值进行一个划分, 则可以将图像分为八个位平面^[1]。通常在较低位(第0位到第2位)对图像进行修改所造成失真人眼是觉察不到的。LSB 就是利用这个特性进行信息的嵌入的。但同时也应看到, 这种方法存在很大的缺陷, 由于对较低位的改变不易觉察, 即使删去低三位的信息, 人眼几乎也看不出变化^[2]。这样, 隐密图像很容易受攻击而丢失所隐藏的秘密信息。而最高位的改变很容易引起图像视觉效果的明显变化, 因此在修改图像后, 还需要做一些修正误

收稿日期: 2006-12-04

作者简介: 刘红军(1982-), 男, 江苏镇江人, 硕士研究生, 研究方向为图像处理、智能化信息系统; 徐汀荣, 教授, 硕士生导师, 研究方向为图像处理、算法设计与分析、数据挖掘、网络与数据库。

差等后序处理^[3]。

根据位平面信息隐藏的相关知识可以知道,像素值在小范围变化,引起的图像变化人眼是感觉不到的。因此,可以将灰度值划分成等长度的若干区间。例如,以 $r=4$ 为半径,区间长度 $l=2 \times r=8$, 这样就把灰度值划分成了一个一个区间, $[0,8), [8,16), [16,24), \dots$ 。然后,根据要嵌入的信息,在区间范围内调整像素值,从而实现信息的隐藏。

算法的思想就是:调整后的像素值,要么在区域中间值的左边,要么在区域中间值的右边,从而也就对应了两种取值 0 和 1,方便二进制流信息的嵌入与提取。嵌入时,若想嵌入 0,则可使像素值落在区域中间值的左侧;若想嵌入 1,则可使像素值落在区域中间值的右侧。提取时,执行相反的操作,若像素值在区域中间值的左侧,则提取到的信息为 0,否则为 1。将所提取出的信息进行重新组合,就可得到所要的秘密信息。

本算法所采用的图像可以是灰度图像也可以是 RGB 图像,如果是灰度图像,直接进行操作即可;如果是 RGB 图像,可以选择 R、G、B 中的某一层或几层来操作。对于 RGB 图像还要考虑不同区域半径的权重是不一样的。

定义 1:在图像中,如果灰度值大于 96 且小于 160,则称该像素为不可用像素,否则为可用像素。

定义 2:对灰度值 $[0,255]$ 进行划分,划分出的一个个区间称为区域。

可用像素和不可用像素的划分,是根据人类视觉系统^[4-6](HVS)相关知识。因为人眼对像素本身灰度值的敏感度是不一样的,对中等灰度区较敏感,而对高灰度区和低灰度区敏感度较低^[7]。因而将中等灰度区设为不可用像素,不在其中嵌入信息,进一步提高不可感知性。为了提高该算法的鲁棒性,可先对秘密信息进行处理(如加密),再采用随机算法在图像中随机选择像素,若像素为不可用像素,则放弃,选择下一可用像素,直到秘密信息全部嵌入为止。

1.2 信息嵌入算法

设作为载体的灰度图像为 M ,待隐藏的二值图像为 B ,因为算法中使用了置乱算法,对待隐藏二值图像置乱后的图像为 C 。

1)将灰度值 $[0,255]$ 以 $r=4$ 为半径划分成等长度的一个个区间,区间长度为 $l=2 \times r=8$;

2)将待隐藏二值图像 B 调用置乱算法,转化为图像 C ;

3)扫描载体图像 M ,利用随机种子 key ,用随机算法选择出若干像素,将选择出的像素的行、列值分别存放于 $row(i)$ 和 $col(i)$ 中;

4)根据定义 1 对像素进行判断,若像素为可用像素,跳到步骤 5);否则,选择下一个像素;

5)若 $C(i)=0$,则

if $M(row(i), col(i)) \in [low_j, low_j + r)$

$M(row(i), col(i))$ 的值不变

if $M(row(i), col(i)) \in [low_j + r, low_j + 2r)$

$M(row(i), col(i)) = low_j + r - 1$

若 $C(i)=1$,则

if $M(row(i), col(i)) \in [low_j, low_j + r)$

$M(row(i), col(i)) = low_j + r$

if $M(row(i), col(i)) \in [low_j + r, low_j + 2r)$

$M(row(i), col(i))$ 的值不变

$low_j = nl(l = 2r, n = 0, 1, \dots, 8, 20, \dots, (256/2r) - 1)$,即各个区域的下界,同时去除了不可用像素。

6)重复步骤 4)和步骤 5),直到秘密信息全部嵌入。

举例说明,设嵌入信息为 $B=0110001$, $r=2$,利用随机算法所选择出的像素的灰度值分别为 $M=(45, 65, 234, 128, 137, 193, 36)$,因为 $B(1)=0$, 45 所在的区间是 44 到 48,即 $M(1)=45 \in [44, 48)$,同时 $45 < 44 + r$,则修改后 $M(1)$ 的值不变。依此类推,修改后的像素值为 $M=(45, 65, 234, 128, 137, 193, 36)$ 。

由于人眼对灰度值的变化并不敏感,在本算法中,对于不同的载体图像, r 的取值也不尽相同。但总的来说, r 的取值是比较宽松的,即 r 的值甚至可以取的很大。以 480×480 的 lena. bmp 为例,当 r 取 4, 8, 16, 32 时,嵌入秘密信息后的图像如图 1 所示。

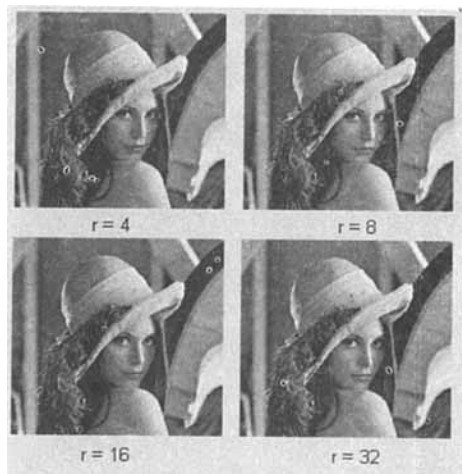


图 1 不同半径嵌入信息后的对比图

从图 1 中可以看出,即使到了 $r=16$ 时,图像的失真人眼几乎还是看不出来,到了 $r=32$ 时图像才有

了明显的变质。

单从所选取的 r 的值的角度来说, r 的值越大, 计算量越小; r 的值越小, 计算量越大。因为 r 的取值决定了区域的个数, 区域个数又决定了查找像素所属的区域的复杂度。通常, 4 个灰度等级的差异人眼是看不出来的^[6]。虽然从图 1 看到的 r 的取值甚至可以很大, 但对于不同的图像, 会有不同的效果。应根据具体图像具体对待, 一般取得较小一些。

1.3 信息提取算法

有了信息隐藏的算法, 信息提取就相对简单。

1) 扫描含秘密信息的图像 M , 利用与嵌入时相同的随机算法选择出像素, 将选择出的像素的行、列值分别存放于 $row(i)$ 和 $col(i)$ 中。

2) 对像素进行判断, 找到其所属的区间, 在区间的中值以下嵌入的信息为 0, 否则为 1, 即

$$\begin{cases} \text{if } M(row(i), col(i)) \in [low_j, low_j + r) \\ \text{则 } C(i) = 0 \\ \text{if } M(row(i), col(i)) \in [low_j + r, low_j + 2r) \\ \text{则 } C(i) = 1 \end{cases}$$

3) 重复步骤 2), 提取出所有信息。

4) 调用反置乱算法, 将图像 C 再变换到秘密信息图像 B 。

2 实验结果分析

实验中选取 480×480 的 Lenna. bmp 灰度图像为载体图像, 秘密信息为 128×128 的二值图像。图 2 显示的是载体图像、秘密图像及秘密图像置乱后的图像。



载体图像 秘密图像 秘密图像置乱图

图 2 载体图像和秘密图像及其置乱

将图 2 所示的秘密信息置乱图像的信息嵌入载体图像后的对比图如图 3 所示。

从图 3 可以看出, 嵌入秘密信息后, 图像的差别人眼是看不出来的。

2.1 对含密图像实施攻击性实验

1) 剪切。

对含密图像进行剪切处理再提取秘密信息, 得到的对比图如图 4 所示。

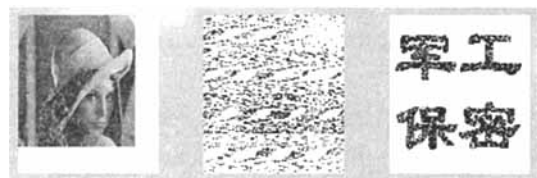
2) 加噪。



原始图像

含密图像

图 3 嵌入信息后的对比图



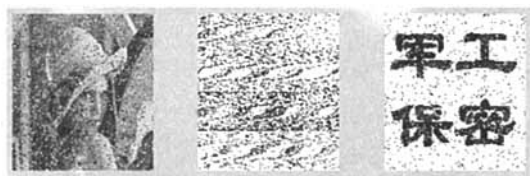
剪切攻击

提取出的图像

恢复后的图像

图 4 剪切后的提取图

对含密图像加噪处理再提取秘密信息, 得到的对比如图 5 所示。



椒盐噪声攻击

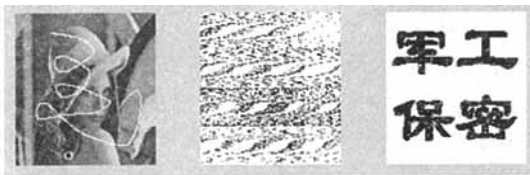
提取出的图像

恢复后的图像

图 5 加噪后的提取图

3) 恶意涂画。

对含密图像进行任意的涂画, 经过提取后得到的对比如图 6 所示。



恶意涂画攻击

提取出的图像

恢复后的图像

图 6 涂画后的提取图

从上面的三个实验可知, 本算法具有一定的抗攻击能力。攻击后提取出的图像是可识别的, 只是相当于产生了一些随机噪声。

2.2 性能分析

文中用的算法, 本质上是一种空间域算法, 是对 LSB 的一种改进。但空间域算法本身鲁棒性相对较低。

本算法采用了随机选取嵌入位置和对秘密图像进行置乱的操作, 使得对含密图像的一些攻击, 如同产生

的噪声比较均匀地分布在秘密图像中,使得提取出的秘密信息是可分辨的,从而提高了算法的鲁棒性。同时,在随机算法和置乱算法都具有密钥 key,没有正确的密钥也无法提取出秘密信息,进一步提高了算法的鲁棒性。

同时也应看到,由于划分出了不可用像素,对于不同的图像隐藏容量是不一样的。如果图像的灰度值较多地集中于不可用像素,会使得隐藏容量显著下降。文中不在不可用像素位置嵌入信息,是为了进一步提高隐藏算法的不可感知性这一技术指标。为了提高信息隐藏容量,可以适当缩小不可用像素的区间。这也恰好说明了信息隐藏系统各技术指标之间是存在矛盾的。因此,要根据具体的应用研究来权衡各技术指标。

3 结 论

文中提出的算法实现了在空间域隐藏信息。结合了HVS的相关特性去除不可嵌入位置,以及对秘密信息进行一些处理,容量上虽比LSB有所降低,而鲁棒性要比其好得多。但该算法本质上是空域算法,鲁棒性相对变换域较低。在容量和鲁棒性都有一定要求时可以采用本算法。

(上接第115页)

后的一个问题是如何让这些交叉表视图可以在 web 上动态地显示。要想实现在 web 上的显示,可以使用很多种方式,这里文中采用了基于 struts 的框架结构,采用 struts 框架可以简化遵循 MVC 设计模式的 web 应用的开发工作,很好地实现代码重用,快速开发具有强可扩展性的 web 应用^[5]。这个动态显示的功能主要通过 Action Form 和 jsp 中的迭代器来实现。将从数据库中取出的数据集存储在 Form 中定义的迭代器中,当 jsp 页面提交请求后,由 Action 类进行业务处理,最后由页面迭代地将 Form 中的数据全部读出,显示在 jsp 页面上,使用迭代的方法可以实现交叉表视图列数不固定时的显示,当列的数量增加时,仍然可以通过实时的数据情况做出正确的显示。如果需要显示饼图、柱状图等图形,还需要一些辅助的第三方包,文中选用了优秀的开源工具 JFreeChart。

5 结束语

文中实现了基于动态交叉表的 web 多维分析方法,在 YNSISS 系统中使用 PL/SQL 编程和触发器实现了交叉表视图的动态刷新。最后使用 struts 框架,利用迭代器实现了交叉表在 web 上的动态显示。解

参考文献:

- [1] 罗大光,范明钰,郝玉洁,等.一种新的基于RGB图像的多区域信息隐藏技术[J].计算机应用研究,2005(9):165-167.
- [2] 王丽娜,郭 迟,李 鹏.信息隐藏技术实验教程[M].武汉:武汉大学出版社,2004.
- [3] 任智斌,隋永新,杨英慧,等.以图像为载体的最大意义位(MSB)信息隐藏技术的研究[J].光学精密工程,2002(2):182-187.
- [4] Lou D C, Liu H L. Steganographic method for secure communications[J]. Computer & Security, 2002, 21(5): 449-460.
- [5] Lee Y K, Chen L H. An Adaptive Image Steganographic Model Based on Minimum - Error LSB Replacement [C]//Proceedings of the Ninth National Conference on Information Security. Taiwan: [s. n.], 1999: 8-15.
- [6] Niu Xia - Mu, Lu Zhe - Ming, Sun Sheng - he. Digital watermarking of still image with gray - scale digital water marks [J]. IEEE. Trans Consumer Electronics, 2000, 46(1): 128-137.
- [7] 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): 1138-1140.
- [8] 乔小燕,孙兴华,杨静宇.基于视觉冗余性的图像信息隐藏[J].计算机应用,2006,26(1):96-98.

决系统开销大、数据不能实时更新以及难于在 web 上实现等问题。但是这种实现方式仍然存在一些问题。如当更新会触发触发器执行的基本表时如果使用 roll-back 等操作,就会出现触发器已经执行但基本表又取消了更新操作这样的情况,这会导致数据不一致;另外,整个实现过程偏于复杂,步骤略显烦琐。这些问题有待进一步的解决。

文中所提方法已经在 YNSISS 系统的统计分析子系统中初步实现。

参考文献:

- [1] Han Jiawei, Kamber M. 数据挖掘概念与技术 [M]. 范 明, 孟小峰等译. 北京:机械工业出版社,2005:29-41.
- [2] 张新林. 范式下的 Oracle 数据库设计及其动态交叉表的生成[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2005, 27(6):56-60.
- [3] 张新林. 动态交叉表的生成与应用[J]. 西华大学学报:自然科学版,2005,24(3):56-60.
- [4] Thomsen E. OLAP 解决方案创建多维信息系统 [M]. 朱建秋等译. 北京:电子工业出版社,2004:48-50.
- [5] 张桂元,贾燕枫. Struts 开发入门与项目实践 [M]. 北京:人民邮电出版社,2005.