

文章编号 :1671-5497(2003)02-0056-04

空域数字水印算法

朱晓冬¹,苑森淼¹,刘 静²,齐丽凤¹

(1. 吉林大学 计算机科学与技术学院,吉林 长春 130025;2. 吉林大学 数学学院,吉林 长春 130025)

摘 要 通过对多种空域水印算法优缺点的分析,提出了一种新的空域数字图像水印加入算法。引入了加密、位置双重密钥;采用了非位平面及基于 VHS 特性的嵌入和相关恢复等方法。实验表明,该方法对一系列的信号处理操作具有较强的鲁棒性,同时也具备良好的透明性。
关键词 数字水印;双重密钥;非位平面嵌入;人类感觉系统;相关恢复
中图分类号 :TP391.4 **文献标识码** :A

Spatial domain digital watermarking algorithm

ZHU Xiao-dong¹, YUAN Sen-miao¹, LIU Jing², QI Li-feng¹

(1. College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130025, China; 2. College of Mathematic, Jilin University, Changchun 130025, China)

Abstract Through the analysis of many representative spatial domain watermark algorithms, a new spatial domain digital watermark imbedding algorithm is presented. Encryption with position double secret key is used, and the method of non-plane imbedding and relevant recovering which based on the character of VHS is adopted in the algorithm. Experiments shows that this algorithm is robust in a series of signal processing operations, and also possesses good transparency.
Key words digital watermarking; double secret key; non-plane imbedding; human sensing system; relevant recovering

随着多媒体技术的广泛应用,需要进行加密、认证和版权保护的声像数据也越来越多。数字水印技术也因此得以迅速发展。数字水印技术是用信号处理的方法在数字声音、图像或视频等数字化的多媒体数据中嵌入隐蔽的信息,通过这些信息确认内容创建者、购买者或判断内容是否真实完整的目的。数字水印具有隐蔽性、安全可靠、鲁棒性等特性。目前水印算法可分为空域数字水印、DCT 变换域水印、小波变换域水印等^[1~6]。

作者分析了空域算法中较有代表性的方法^[1,2,5,6]及 VHS 特性的表达方法^[3,4]并对其进行了综合和改进,提出了空域水印算法。在该算法中引入了加密、位置双重密钥;采用了非位平面及基于 VHS 特性的嵌入和相关恢复等方法,弥补了以前算法中的缺陷。

1 水印算法

1.1 水印的选择

水印信号通常分为两类 :①二值序列 ;②随机实数序列 ,通常取自以 0 为中心、以 1 为方差的高斯分布 $N(0,1)$ 。

一般图像水印使用二值序列 ,可以直接对应到 $(0,1)$ 比特流 ,从而有可能使嵌入的有意义信息成为水印信号。因为有意义的信息(如文本、图像)均可分解成比特流 ,如果从保密的角度来考虑 ,还可以用 $(0,1)$ 随机序列调制比特流(单纯二值序列不能满足不可逆性 ,可使水印序列输入一个单向哈希函数得输出值) ,即可作为水印信号。如果嵌入的水印信号不需要有意义 ,也可选择使用移位寄存器产生的伪随机二进制序列 ,可以拥有良好的随机性和异相自相关特性。基于这种原因 ,下面讨论的水印选择为二值水印序列。

1.2 水印嵌入算法

该算法的基本思想是将水印信号通过调制形成类似于随机噪声的信号加入到图像中 ,如图 1 所示。

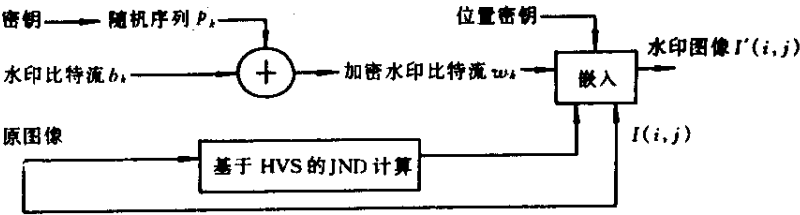


图 1 水印方案示意

Fig.1 Watermarking scheme framework

为了描述算法的方便 ,假设采用 256 级灰度图像作为原始图像。水印是 N 长度的有意义 $N(0,1)$ 比特流 b_k 。

水印嵌入算法如下 :①首先通过输入调制密钥产生的 $(0,1)$ 随机流 p_k 对 b_k 进行调制 ,得到加密后的 N 长度 $(0,1)$ 比特流 w_k 。②根据 VHS 特性计算出的原图像每点的可感知噪声阈值构成 JND 矩阵。③输入位置密钥生成水印比特 w_k 的随机嵌入位置 (i, j) 。④用下面的公式在嵌入位置嵌入水印比特 :

$$I'(i, j) = \begin{cases} \overline{K(i, j)} + JND(i, j) & w_k = 0 \\ \overline{K(i, j)} - JND(i, j) & w_k = 1 \end{cases} \tag{1}$$

式中 : $\overline{K(i, j)}$ 为原图像 (i, j) 邻点的灰度平均值。

嵌入算法的优点 :使用了调制和位置两个密钥 ,使得攻击者在没有密钥或取得一个密钥的情况下无法取得水印信息 ,增强了保密性 ;嵌入公式 (1) 使水印信息在不同位置上随机嵌入 ,改变了一般空域水印方法中使用同一位置平面嵌入鲁棒性较差的问题 ,增加了水印的鲁棒性 ;另外 ,嵌入公式 (1) 中利用了 VHS 特性 ,保证了在有较好透明性的前提下充分加强了水印信号的能量。

VHS 特性的引入通过图像的可感知噪声阈值矩阵 JND 的计算来实现。JND 的计算可采用文献 [3 4 7] 的方法 ,其最终结果 $JND(i, j)$ 等于 (i, j) 点可感知噪声阈值。

1.3 水印的提取方法

对应于水印的嵌入算法 ,水印的提取算法如下 :①使用位置密钥解密嵌入位置 (i, j) 。②在 (i, j) 位置使用下面公式恢复 w_k :

$$D_p(\overline{I'(i, j)}, \overline{K(i, j)}) = 1 - \frac{\overline{I'(i, j)}}{\overline{I'(i, j)}} \approx \pm \frac{JND(i, j)}{\overline{I'(i, j)}} \tag{2}$$

万方数据

$$w'_k = \begin{cases} 0 & D_p(\overline{I'(i, j)}, \overline{K(i, j)}) > 0 \\ 1 & D_p(\overline{I'(i, j)}, \overline{K(i, j)}) < 0 \end{cases} \tag{3}$$

③使用加密密钥生成 p_k 解调 w_k 得：

$$b'_k = w'_k \oplus p_k \tag{4}$$

1.4 水印的鉴别

当水印图像经过一些无意处理或有意破坏后 提出的水印与嵌入时不会完全相同 需要给出一个判决标准来判定水印信息是否存在。若水印为有意义信息 则可从恢复的信息中通过主观判断得出结论；若水印为无意义信息 则需使用相关性作为衡量标准。这对有意义水印也适用。

定义相关性公式如下：

$$\sin(b'_k, b_k) = \sum_{k=1}^N (1 - b'_k \oplus b_k) / N \tag{5}$$

式中 b_k 和 b'_k 分别为正确的水印和待判决水印 $\sin(b'_k, b_k)$ 取值在 $[0, 1]$ 之间 如果这一值超过某一阈值 则判定图像中存在预定水印。

2 实验结果和分析

嵌入与原水印图像大小相同、对原水印加噪处理后的图像以及一些与原水印无关的图像 共计 1000 幅。不同水印图像的相关性和出现频率的情况如图 2 所示。

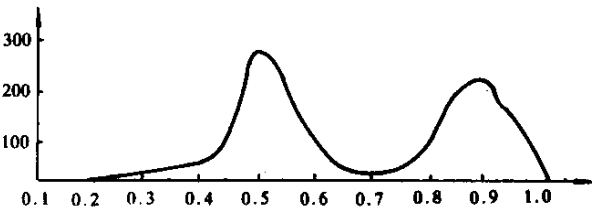


图 2 相关性实验曲线

Fig.2 Correlation-frequency experimental curve

从图 2 的试验结果看 曲线约在 0.5 和 0.9 两个地方各有一个峰值 分别对应不相关图像和相关图像出现频率最高的相关值。两峰值中的谷底约为 0.7 因此在算法中取 0.7 作为相关性的阈值。

图 3 ~ 图 7 是对 Lena 图像加入一个小的二值图像水印后经低通滤波和剪裁后提取水印的结果。大量的实验结果表明 本方法具有简单、鲁棒性好、透明性强的特点。

从实验结果可以看出 本文的数字水印算法对一系列的信号处理操作具有较强的鲁棒性。由于引入了 VHS 特性 同时也具备良好的透明性。



图 3 原图像(512 * 512)

Fig.3 Original image



图 4 图像水印(64 * 64)

Fig.4 Image watermarking



图 5 加入位图水印后的图像

Fig.5 Image with inserted watermark



图 6 经剪裁攻击后提取的水印图像

Fig.6 Extracted watermark image after clipping attack



图 7 经低通滤波后提取的水印图像

Fig.7 Extracted watermark image after low-pass filtering

参考文献 :

- [1] BENDER W ,GRUHL D ,MORIMOTO N ,et al. Techniques for data hiding[J]. IBM System Journal ,1996 ,35 :313 – 336.
- [2] PITAS I. A method for signature casting on digital images[J]. Proceedings of International Conference on Image Processing ,1996 ,3 :215 – 218.
- [3] HARTUNG F ,GIROD B. Watermarking of MPEG-2 encoded video without decoding and re-encoding[A]. Multimedia Computing and Networking 1997[C]. Published as SPIE 3020 ,1997 :264 – 273.
- [4] MATSUI K ,TANAKA K. Video-steganography :how to secretly embed a signature in a picture[J]. Journal of the Interactive Multimedia Association Intellectual Property Project ,1994 ,1 :187 – 206.
- [5] TIRKEL A ,RANKIN G ,VAN SCHYNDEL R ,et al. Electronic watermark[A]. Proceedings DICTA 1993[C],1993 :666 – 672.
- [6] 尹康康 ,石教英 ,潘志庚 . 一种鲁棒性好的图像水印算法[J]. 软件学报 ,2001 ,12(5) :668 – 675.