

数字水印跳变技术研究

王小林, 王朋飞

(安徽工业大学 计算机学院, 安徽 马鞍山 243002)

摘要:数字水印是一种有效的数字版权保护技术。文中提出一种在彩色载体图像中嵌入灰度图像作为水印的数字水印跳变技术。把密文水印序列值拓展到若干个水印拓展子通道中,通过水印跳变技术赋予载体图像频率域系数双重意义。提出正反拓展方法交替拓展水印的方法削弱水印的邻道干扰现象。实验结果表明水印跳变方法能有效利用视觉冗余提高水印稳健性和水印容量。

关键词:数字水印;水印跳变;彩色图像;水印拓展

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)02-0149-03

Study of Watermark Hopping Technique

WANG Xiao-lin, WANG Peng-fei

(School of Computer Science of Anhui University of Technology, Maanshan 243002, China)

Abstract:Digital watermarking has been demonstrated to be very effective in digital document copyright protection. Watermark hopping technique is proposed to embed a gray scale image into a host color image. The cipher watermark values sequence is expanded into several expansion channels, and then the host image coefficients in transform domain are endowed with multi-meaning after watermark hopping technique. Watermark direct-inverse-alternating expansion method is presented to eliminate the adjacent channel interference. Experimental results show that the proposed watermarking scheme provides good invisibility and robustness.

Key words:watermarking; watermark hopping; color image; watermark expanding

0 引言

数字水印技术作为数字媒体信息的有效保护手段得到了广泛关注和深入研究,优秀水印算法层出不穷。许多学者把水印技术比作水印和载体同时在载体中传输的通信技术,从通信技术中借鉴经验,研究了基于扩频通信^[1]、CDMA^[2]、ECC^[3]技术的水印通信模型,获得了很好的效果。文中探讨一种在彩色载体图像中嵌入灰度图像作为水印的数字水印方法,水印嵌入和提取过程就像水印值跳动和变化的过程,称之为水印跳变算法^[4]。

1 水印跳变算法

水印算法的嵌入和提取流程如图1和图2所示。

1.1 水印嵌入过程

1.1.1 水印预处理

首先根据密钥产生混沌矩阵,把混沌矩阵映射成

有序矩阵,同时得到混沌有序化算子,利用混沌有序化算子把水印图像映射成密文水印图像,再把密文水印图像序列化成密文水印值序列。

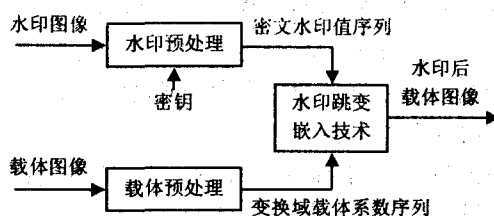


图1 水印嵌入流程

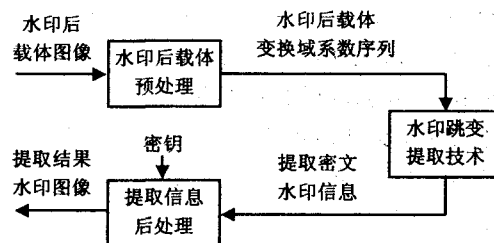


图2 水印提取流程

收稿日期:2007-05-25

基金项目:安徽省自然科学基金重点项目资助(2006kj018a)

作者简介:王小林(1964-),男,安徽人,副教授,研究方向为图像处理、人工智能等。

假设水印是尺寸为 $m_1 \times m_2$ 的灰度图像 W ,混沌有序化算子为 $f: M \rightarrow M^{LR}$, M 是混沌矩阵, M^{LR} 是对 M 的元素逐行按大小升序排列后再逐列按大小升序

排列的结果。 f 定义为 $M^{LR} = M(K)$, 即: 按下标矩阵 K 读取 M 得到 M^{LR} 。产生下标矩阵 K 的步骤如下:

Step1: 根据密钥产生一个大小为 $m_1 \times m_2$ 的混沌矩阵 M ;

Step2: 对 M 的元素逐行按大小升序排列得矩阵 M^L , M^L 的元素在 M 中的列下标构成矩阵 K_2 ;

Step3: 对 M^L 的元素逐列按大小升序排列得矩阵 M^{LR} , M^{LR} 的元素在 M^L 中的行下标构成矩阵 K_1 ;

Step4: 下标矩阵为 K :

$$K(l, r) = (K_1(l, r), K_2(l, r)) \quad (1)$$

其中 $l = 0, 1, 2, \dots, m_1 - 1, r = 0, 1, 2, \dots, m_2 - 1$

Step5: 由以上步骤生成 K , 密文水印图像为 W' :

$$W' = W(K) \quad (2)$$

Step6: 顺序读取密文水印图像灰度值成密文水印值序列 $W'(i)$ 。

1.1.2 载体预处理

把载体图像从 RGB 色彩空间变换到 YCbCr 色彩空间, 变换方法为:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2990 & 0.5870 & 0.1140 \\ -0.1687 & -0.3313 & 0.5000 \\ 0.5000 & -0.4187 & -0.0813 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (3)$$

在 YCbCr 色彩空间中把彩色载体图像的 Y 分量变换到频率域, 选择 $m_1 \times m_2$ 个中频域系数 $V(i)$ 作为嵌入水印的载体系数序列。

1.1.3 水印嵌入

Step1: 把密文水印值序列拓展到若干水印子通道 C_j :

$$C_j(i) = (-1)^j * A(j) * W'(i) + B(j) \quad (4)$$

其中 $i = 0, 1, 2, \dots, m_1 \times m_2 - 1; j = 0, 1, -1, 2, -2, \dots, A(j) > 0, A(j)$ 决定水印子通道的宽度, $B(j)$ 保证水印子通道相邻接。

Step2: 选择水印拓展值 $C_n(i)$ 代替载体系数 $V(i)$ 得到水印后载体系数 $V'(i)$:

$$V'(i) = C_n(i) \quad (5)$$

其中: $i = 0, 1, 2, \dots, m_1 \times m_2 - 1, C_n$ 表示覆盖载体频率域系数 $V(i)$ 的水印子通道。

Step3: 根据修改后的载体系数重建 YCbCr 色彩空间载体图像并变回 RGB 色彩空间, 得到含水印载体图像, 对应式(3), 彩色图像从 YCbCr 色彩空间变换到 RGB 色彩空间的变换方法:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.402 \\ 1 & -0.34414 & -0.71414 \\ 1 & 1.772 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Y \\ Cb - 128 \\ Cr - 128 \end{bmatrix} \quad (6)$$

1.2 水印提取过程

把含水印载体图像变换到 YCbCr 色彩空间, 取 Y

分量变换到频率域, 找出嵌入水印的载体系数, 解拓展含水印载体系数并解密得到水印图像。具体步骤:

Step1: 把含水印载体图像变换到频率域, 提取嵌入水印的载体系数 V' ;

Step2: 根据 $V'(i)$ 确定解拓展方式, 即确定 $V'(i)$ 来自哪个水印子通道 $C_n(i)$, n 决定水印的解拓展方式。对 $V'(i)$ 解拓展得到密文水印 $W'(i)$:

$$W'(i) = (-1)^n * A(n)^{-1} * (V'(i) - B(n)) \quad (7)$$

其中 $i = 0, 1, 2, \dots, m_1 \times m_2 - 1$ 。

Step3: 根据密钥对密文水印 W' 解密得到提取水印图像 W'' , 对应式(2), 密文水印解密运算为:

$$W''(K) = W' \quad (8)$$

2 水印拓展方法

文中提出正、反拓展方法交替拓展水印(式(4))以消除水印子通道的邻道干扰。对水印后载体的信号处理攻击会引起载体频率域系数的轻微扰动。如果代替载体系数的水印拓展值位于水印子通道的边缘, 经过攻击扰动, 越过子通道边界进入相邻子通道, 提取水印时捕获的水印拓展值就位于相邻的子通道内。假设相邻子通道是根据相同的拓展方法得到的, 提取水印时, 按照唯一的解拓展方法进行解拓展, 就会引起提取水印的较大失真; 如果在水印拓展时采取正、反拓展交替进行的方法, 相邻子通道使用不同的拓展方式, 那么, 水印后载体系数扰动越过了子通道边界, 不仅不会引起更大的失真, 反而对水印提取更有利。用正、反拓展方法交替拓展水印大大提高水印的稳健性。

3 仿真实验与结果分析

对常见的测试图像进行了仿真实验, 以在经典测试图像 Lena ($512 \times 512 \times 3 \times 8\text{bit}$) 中嵌入和提取灰度图像 Flower ($64 \times 64 \times 8\text{bit}$) 为例说明文中算法的性能。



(a) 原始载体

(b) 水印后载体

图3 原始载体和水印后载体

原始载体 Lena 图像, 嵌入水印后 Lena 图像如图 3 所示, 其 PSNR 值(峰值信噪比)为 35.7200 dB。Lena 图像在嵌入水印后保持了较低的失真率, 较好地满足

了水印的不可见性。

图 4 和图 5 是水印抵抗 JPEG 压缩和抵抗高斯噪声的稳健性图。图 6 是从经过常见攻击后的水印后载体 Lena 图像中提取的水印图像,其中对水印后载体的攻击分别为:(a) 表示水印后载体不经过任何攻击,它的 PSNR 值为无穷大,所以它也是原始水印;(b)、(c)、(d) 表示对水印后载体进行 JPEG 压缩,压缩因子分别为 75、50、30;(e) 表示对水印后载体中值滤波,采用 3×3 滤波模板;(f) 表示对水印后载体加入高斯噪声,高斯噪声均值为 0、方差为 0.001;(g) 表示色彩调整,把原始色彩 $[0, 1]$ 调整到 $[0.1, 0.9]$ 上;(h) 表示剪切水印后载体 25%。

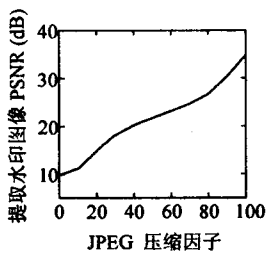


图 4 水印抗 JPEG 压缩稳健性

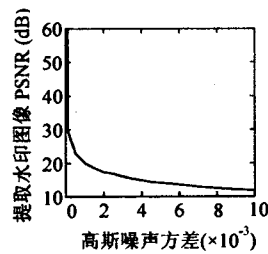


图 5 水印抗高斯噪声稳健性

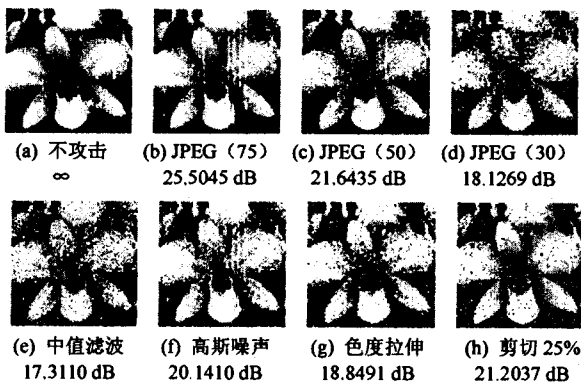


图 6 仿真攻击后提取水印效果图及其 PSNR 值
本算法在彩色载体图像中嵌入灰度图像作为水

印,没有采用常见的灰度水印图像位平面分解后归结为二值水印问题的方法^[5],而是利用混沌动力系统把灰度水印图像灰度值加密和拓展后嵌入载体图像中,显著提高了水印容量。与文献^[5]相比,文中算法嵌入水印容量和稳健性均优于前者。这得益于提出的水印跳变算法,它能有效利用载体的视觉冗余。

4 结论与展望

探讨了一种水印跳变数字水印算法。先把水印值拓展到若干水印子通道中,根据载体系数选择水印拓展值代替载体系数,赋予水印后载体系数多重意义。提取水印时对水印后载体系数解拓展得到水印信息。水印嵌入提取过程就像水印值跳动和变化的过程。提出利用水印正负拓展方法削弱邻道干扰的方法。所提水印方案对各种变换域均适用。算法能在彩色载体图像中嵌入灰度图像作为水印,仿真实验结果表明,利用该水印方案嵌入的水印不可见性好、鲁棒性强。

参考文献:

- [1] Cox I J, Kilian J, Leighton F T, et al. Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1997, 6(12): 1673 - 1687.
- [2] 谷利民, 方艳梅, 黄继武. 基于叠加嵌入的码分多址数字水印信道性能分析[J]. 计算机学报, 2005, 28(2): 269 - 273.
- [3] 谷利民, 黄继武. 数字水印信道中的分组码编码策略分析[J]. 软件学报, 2004, 15(9): 1413 - 1422.
- [4] Wang Pengfei, Qin Feng, Wang Xiaolin, et al. A novel blind watermarking scheme based on watermark hopping technique [C]//International Conference on Signal Processing ICSP 2006. Beijing: IEEE Press, 2006: 1257 - 1260.
- [5] Jiang Mingyan, Xu Guoping, Yuan Dongfeng. A novel blind watermarking algorithm based on multiband wavelet transform [C]//International Conference on Signal Processing, ICSP 2004. Beijing: IEEE Press, 2004: 857 - 860.

(上接第 135 页)

务将为移动运营提供稳定、有效的增值服务。

AVS-M 作为 AVS 系列标准的一部分,具有完整的自主知识产权,因其编码技术先进和专门针对手机等小屏幕设备选择适用的技术制定,因而有明显的针对性,由于自身存在的优势,AVS-M 必将得到广泛的应用,在 3G 的产业增值中占有一席之地。AVS-M 能够在 Symbian 上能够运行说明 AVS-M 参考软件具有良好的可移植性,而且优化后的软解码效果也能满足实际需求,进一步验证了 AVS-M 在手持设备上较为适用的。

参考文献:

- [1] 黄铁军. AVS 标准的背景·进展与产业应用展望[J]. 信息技术和标准化, 2003(9): 4 - 8.
- [2] Harrison R. Symbian os C++ 手机应用开发[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [3] 高文, 黄铁军. 信源编码标准 AVS 及其在数字电视中的应用[J]. 数字电视与数字视频, 2003(11): 4 - 6.
- [4] 易峰, 虞露. 帧内预测模式编码的改进[P]. 北京: AVS 工作组, AVS-M1456. 2004 - 06.
- [5] 国标 GB/T 20090.2 - 2006. 信息技术先进音视频编码第 2 部分: 视频[S]. 北京: AVS 工作组, 2006