

一种基于 DWT 域的数字水印方案

A New Watermarking Method Based on DWT

冯象初 张玉双 王卫卫

(西安电子科技大学理学院 西安710071)

Abstract A new hiding scheme of digital image is introduced in this paper, which is robust to image processing such as JPEG compressoion, median filtering, adding Gauss noise, cropping, histogram equalization. In this paper, we embed watermark into DWT domain, using intger modulo, retrival of embeded watermark does not need original image.

Keywords Digital watermarking, DWT, Modulo

数字媒体(数字图像、数字视频、数字音频等)的版权保护已成为一个迫切需要解决的问题。传统的加密系统在数据传输中虽有保护作用,但数据一旦被接受并解密,其保护作用也随之消失。作为数字媒体版权保护的有效手段,数字水印技术近年来引起了人们的重视,图像隐形水印是其中最主要的研究方向,它通过在原始图像中嵌入秘密信息—水印来证实图像的所有权归属或保证数据的完整性。

数字水印是嵌入数字图像的数字信号或模。从应用目的考虑分为鲁棒水印和脆弱水印;从视觉效果考虑分为可见水印和不可见水印。本文只考虑不可见的鲁棒水印。对隐形水印的基本要求是:(1)不可见性:即水印应该在视觉上是不可见的;(2)鲁棒性:即加水印后的图像经过一些常见的图像处理,还可以检测到;(3)保密性:即所加入的水印只能被版权所有者提取。

鲁棒水印是目前图像隐形水印技术研究的主要内容。根据数字水印的加载方法的不同,可分为空域数字水印和频域数字水印。基于频域的数字水印技术由于可嵌入大量比特数据而不会导致察觉的优点引起了信息隐藏界的重视。文[1]指出:利用伪随机序列作为要嵌入的水印序列,不能满足版权保护的需求;检测水印的算法中,不应利用原始图像或待测水印图像,所以,本算法用二值图像代替一维随机序列,并利用模数运算在频域嵌入水印,检测水印时不需要原始图像。

1 嵌入算法

对人类视觉的研究表明:人眼视网膜将图像分成几个不同的频带,每一个大约占一个倍频程的带宽,在那些频道中的信号是相互独立的。类似地,在多分辨分析中,图像在对数尺度上被分解为由大体相同带宽的子频带。因此,可以希望利用DWT来独立地处理结果成分而不影响它们之间的关系。本文利用了二级离散小波分解,进行水印嵌入。具体算法如下:

设原始图像和根据口令K进行置乱后的水印图像分别为 $I(M_1 \times N_1)$, $W(M_2 \times N_2)$, 其中 $M_1/4 \geq M_2$, $N_1/4 \geq N_2$ 。将原始图像I进行二级小波分解,得细节子图 f_k , $k=1,2$ 和一逼近子图 f_2^i , 其中 $i=1,2,3$ 分别代表该分辨率级下的水平方向、垂直方向和对角线方向的两个细节子图。分解频率系数分布如图1。

对 $f_2^i(x, y)$, $0 \leq x \leq M_2 - 1$, $0 \leq y \leq N_2 - 1$, $i=1,2,3$, 区域的小波系数进行如下修改:

$$S_i(x, y) = \text{mod}(f_2^i(x, y), 4 \times G)$$

如果 $w(x, y) = 0$ 则令

$$f_1^i(x, y) \triangleq f_2^i(x, y) + a \times G - S_i$$

如果 $w(x, y) = 1$ 则令

$$f_1^i(x, y) \triangleq f_2^i(x, y) + b \times G - S_i$$

对 $f_2^i(x, y)$ ($M_2 \leq x \leq M_1/4 - 1$, $N_2 \leq y \leq N_1/4 - 1$, $i=1,2,3$) 区域的小波系数, 令

$$f_1^i(x, y) \triangleq f_2^i(x, y)$$

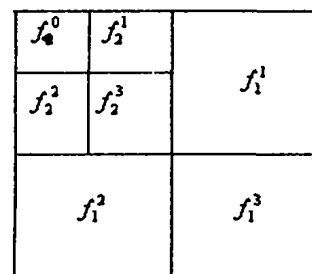


图1 二级小波分解图

其中 a, b, G 为嵌入强度因子,且 a, b, G 均为正整数,其值的选择应根据实际情况来确定。由于图像经小波变换后所得的三个细节子图 $f_2^i(x, y)$, $i=1,2,3$ 的能量和均值大体相同,只需考虑其中之一来确定嵌入强度因子;数字水印在视觉上要求是不可见的,因此在实际计算中,通过确保嵌入区域的频域或空域系数在嵌入前后变化不大来实现,同时为了检测的需求, a 和 b 的绝对值应至少大于2。本文通过确保式子 $2 \times \sum_{x=0}^{M_2-1} \sum_{y=0}^{N_2-1} S_i(x, y) / M_2 \times N_2 \cong (a+b) \times G$ 成立来确定嵌入因子 G, a, b 的值。由试验结果可得,可以通过选取较小的 G , 以保证隐藏水印之后的图像的视觉效果。但是,选则较大的 G , 可使隐藏水印图像有更强的抗噪声能力及抗滤波能力。所以, G 的选求可根据实际情况。本文中取 $a=1, b=3, G=8$ 。同时,本文中对于水印图像的尺寸要求并不是很严格,如果待嵌入水印尺寸大于图像细节区域的大小,可在嵌入水印时利用随机数生成器来确定水印将嵌入区域。

将嵌入水印的细节子图 f_1^i 连同 $f_1^i, f_2^i, k=1,2,3$ 进行二级小波重建,得到嵌入水印图像。为了保证嵌入算法的鲁棒性,本文利用了多重嵌入的原理,分别在小波分解的三个细节子图 $f_2^i, k=1,2,3$ 中嵌入相同的水印信息。

2 提取算法

将待测水印图像进行二级小波分解,得 $f_2^i, k=1,2$ 和一逼

近子图 ff_2^i , 其中 $i=1, 2, 3$ 分别代表该分辨率级下的水平方向、垂直方向和对角线方向的三个细节子图。对细节子图(嵌入算法中的嵌入区域)对应的小波系数进行取模:

$$SS_i(x, y) = \text{mod}(ff_2^i(x, y), 4 \times G)$$

其中, G 与嵌入算法中的相同。

对于对应区域的 $SS_i(x, y)$, 如果 $\sum_{i=1}^3 SS_i(x, y) \geq |b-a|G$, 则 $w(x, y)=1$; 否则 $w(x, y)=0$ 。根据输入口令 K , 对 w 进行反置乱, 得到想提取的水印图像。

定义相似度如下:

$$NC = \frac{\sum_{i=0}^{M_1-1} \sum_{j=0}^{M_2-1} [W(i, j)W1(i, j)]}{\sum_{i=0}^{M_1-1} \sum_{j=0}^{M_2-1} [W(i, j)]^2}$$

其中 W 为 $M_1 \times M_2$ 的原始水印图像, $W1$ 为提取的水印图像。

为了更确切地计算出提取水印和原始水印的相似程度, 我们计算相似度时, 对 W 和 $W1$ 进行了如下修改:

$$W(i, j) = \begin{cases} -1, w(i, j) = 0 \\ 1, w(i, j) = 1 \end{cases} \quad W1(i, j) = \begin{cases} -1, w(i, j) = 0 \\ 1, w(i, j) = 1 \end{cases}$$

本算法的优点: (1) 加载水印之前, 先根据口令 K 将水印图像置乱, 置乱算法见文[3], 使加载水印图像具有抗剪切能力, 并增强了水印算法的保密性; (2) 将置乱后水印嵌入小波变换域的中频区域, 使加载水印图像可以有效地抵抗压缩编码的破坏; (3) 本算法具有比文[4]中 DCT 域嵌入算法更易于实现的优点; (4) 因为水印图像的尺寸一般远远小于加载图像

的尺寸, 所以可以随机选取嵌入区域, 从而增强了算法的抗攻击能力; (5) 同时本算法利用了多重嵌入, 使检测算法具有一定的纠错能力, 增强了嵌入水印图像的抗噪能力及抗滤波能力, 从而在理论上保证了算法的鲁棒性; (5) 检测水印时不需要原始图像; (6) 本算法比文[5]中的算法更易于实现, 且通过实验证明本算法更稳定。

3 实验结果

本文利用了标准图像 peppers 512×512 , 水印图像为 64×64 的具有“西电科大”字样的二值图像。

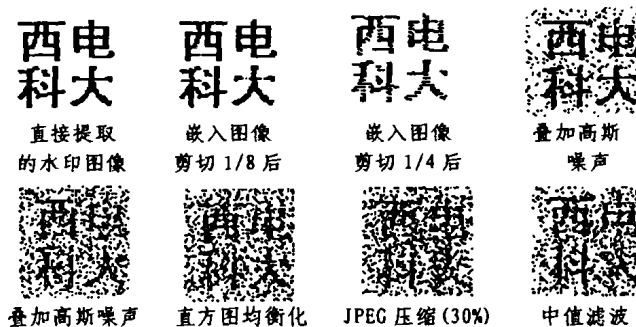


图2 水印检测结果

表1 实验结果

图像处理	文[5]中算法直接提取	本文算法直接提取水印	剪切嵌入水印图像的1/4	加入高斯噪声 Mean=8	直方图均衡化	JPEG 压缩35%	中值滤波后提取
峰值信比(Psnr)	3.2709e+001	3.2546e+001	1.2115e+001	2.8015e+001	2.9899e+001	2.8972e+001	1.6147e+001
相似度(NC)	NC = 5.96 68e-001	NC=1	NC = 5.25 66e-001	NC = 5.54 44e-001	NC = 5.85 73e-001	4.4305e-001	NC 5.17 52e-001

实验结果进一步表明, 本算法比文[5]中的算法更优越, 本算法对加噪、中值滤波、直方图均化、MPEG 压缩都具有较强的鲁棒性, (本文只对 JPEG 压缩进行了实验), 可以有效地防止由于图像受损带来的水印信息的丢失。

因为水印嵌入是以 DWT 的分块区域为基础的, 所以不能抵抗几何变性的破坏。今后的研究方向, 是否可以在 DWT 域中找到一模板来定位原始图像, 在检测之前, 先利用嵌入的模板进行图像恢复, 然后再进行水印的检测。对彩色图像, 可将水印嵌入到某一彩色分量中, 然后合成为彩色图像即可。

小结 在网络的信息技术迅速发展的今天, 数字水印技术的研究更具有明显的意义。数字水印技术是一门新兴技术, 其将对各种形式的数字产品起到保护作用, 但是必须认识到数字水印并非万能, 必须配合密码学技术及认证技术, 数字签名技术或者数字信封等技术一起使用, 才能取得理想的保密

效果。

参考文献

- Zeng W, Liu B. A Statistical Watermark Dection Technique Without Using Images for Resovling Rightful Ownerships of Digital Images. IEEE Transaction on images processing, 1999, 8(11)
- 周亚训, 叶庆卫, 许铁峰. 一种基于小波多分辨率数据组合文字水印方案. 电子学报, 2000, 6(28): 142~144
- 丁玮, 齐东旭. 数字图像变换及信息隐藏与伪装技术. 计算机学报, 1998, 21(9): 838~843
- 夏光升, 陈明奇, 杨义先, 胡正名. 基于模运算的数字水印算法. 计算机学报, 2000, 23(11): 1146~1150
- Tsai M-J, et al. JIONT WAVELET AND SPATIAL TRANSFORMATION FOR DIGITAL WATERMARKING. IEEE Transactions on Consumers Electronics, 2000, 46(1)