

一种基于小波包分解的自适应数字水印嵌入算法

付 炜 景 源 孟 娟 林春雨

(燕山大学信息学院通信与电子工程系 河北秦皇岛066004)

摘 要 提出一种新颖的基于小波包分解的自适应数字水印算法。为了提高水印图像的攻击鲁棒性和水印的不可见性,该算法提出基于人类视觉特性(HVS)和小波包分解的数字水印算法,同时引入信噪比自适应水印嵌入机制。实验表明:应用该算法对宿主图像嵌入水印可以达到更好的抗攻击鲁棒性和视觉效果。

关键词 图像处理,数字水印,小波包,版权保护,人类视觉特性

A Novel Wavelet Packets-based Digital Image Adaptive Watermarking Algorithm

FU Wei JING Yuan MENG Juan LIN Chun-Yu

(Department of Communication & Electronic Engineering of Information Institute, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)

Abstract In this paper, we present a novel watermarking method based on wavelet packets transform. To increase the robustness and perceptual invisibility, the algorithm is combined with the Human Visual System (HVS) and PSNR adaptiveness. Experimental results show that: use this algorithm, we can embed the marks into the digital image with better robustness and perceptual invisibility.

Keywords Image process, Digital watermarking, Wavelet packets, Copyright protect, HVS

1 引言

数字水印是一种解决多媒体信息版权保护的新技术。它能将一些保密信息隐藏在文本、图像或视频文件中达到版权保护等目的。当前主要采取变换域水印嵌入技术,主要包括离散余弦变换和小波变换嵌入技术。小波变换有良好的空频特性,很好地匹配人类视觉系统(Human Visual System, HVS),同新的 JPEG2000 标准相兼容,因此本文采用小波域的数字水印技术。本文创新之处在于:1. 利用猫脸变换和“z”字扫描加强水印图像的保密性。2. 引入小波包,在更广泛的频带内更好的利用 HVS 嵌入水印,增强鲁棒性。3. 对于嵌入强度系数 α , 引入信噪比反馈系统,实现自适应调节水印嵌入强度。4. 引入人类视觉系统(HVS)。

2 水印嵌入算法

2.1 水印图像预处理

对水印图像置乱可以增强其保密性。本文对二值水印图像,应用猫脸变换^[1]。变换公式为:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \bmod N \quad (1)$$

$(x, y) \in \{0, 1, \dots, N-1\}$

利用上式对水印图像中的像素点坐标做变换,遍布了所有像素点之后便产生了置乱后的水印图像。再将置乱后的按照“z”字形扫描,输出由-1、1组成的二值序列。这样,水印图像得到了很好的保密预处理。

2.2 小波包域嵌入水印

在图像的低频区和高频区嵌入水印有各自不同的优点。本文同时在低频和高频嵌入水印,有效地抵御剪切等攻击增强其鲁棒性。小波包分解能够细致地划分频带,为信号提供一种精细的分析方法。通过小波包分解,将高频区进一步细致分解。将水印嵌入到高频分解后的低频部分,有效提高了水印的抗攻击能力。

对宿主图像进行小波包分解得到的小波包四叉树进行有目的的“枝叶”融合,形成如图1的新的的小波包树。对应的图像小波包多分辨率分解图如图2。然后分别在 GH^3 、 HG^3 、 HH^3 、 GH^2 、 HG^2 、 HH^2 区域嵌入水印序列。对宿主图像的改变,引入文[2]中的人类视觉特性(HVS)函数 θ_i 。嵌入公式如下:

$$X' = X + \alpha_1 \theta_i W \quad (2)$$

X' 代表嵌入水印后的低频区小波包系数; X 代表宿主图像低频区各频带的小波包系数; W 代表经过预处理的水印序列; α_1 为小波域水印嵌入强度;

付 炜 教授,博士,博士生导师,主要研究方向:图像及视频处理、遥感、资源环境信息系统、信息安全、地理信息系统等;景 源 硕士研究生,主要研究方向:图像及视频处理、信息安全等;孟 娟 硕士研究生,主要研究方向:图像压缩编码、图像处理;林春雨 硕士研究生,主要研究方向:图像压缩编码、图像处理。

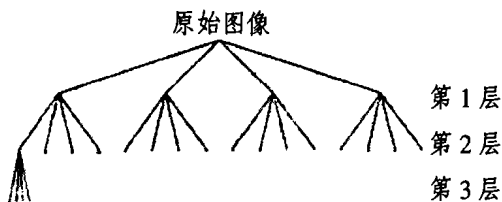


图1

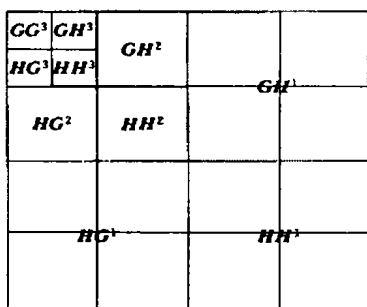


图2

在以往的水印算法中,嵌入强度多为固定值。本文提出水印嵌入强度系数 α_1 能根据区域信噪比自适应变化(以式(2)为例):

由(2)式可计算信噪比 T_{SNR} :

$$T_{SNR} = 20 \log \left(\frac{\sqrt{P(X)}}{\sqrt{P(X'-X)}} \right) = 20 \log \left(\frac{\sqrt{\sum \sum X^2}}{\sqrt{\sum \sum (\alpha_1 \theta_i^t w)^2}} \right)$$

$$= 20 \log \left(\frac{2\sqrt{\sum \sum X^2}}{\sqrt{\alpha_1 F \sum \sum G^2 C^{0.4} W^2}} \right) \quad (3)$$

由上式可得:

$$\alpha_1 = \frac{2\sqrt{\sum \sum X^2}}{F \sqrt{\sum \sum G^2 C^{0.4} W^2}} 10^{-\frac{T_{SNR}}{20}} \quad (4)$$

在低频区嵌入的水印信息是非常有限的,所以在经过小波包分解后的高频区采用文[3]方法嵌入水印,水印嵌入算法如图3。

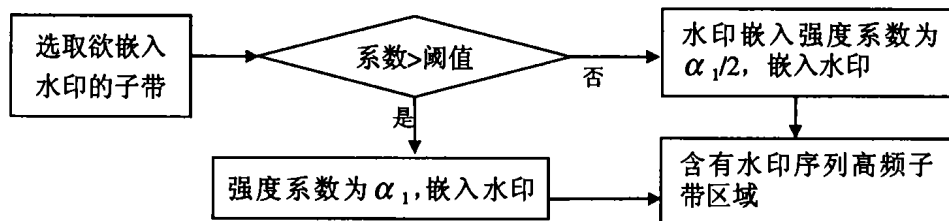


图3 高频区嵌入算法

由于这种方法来源于量化理论,因此对 jpeg2000等图像压缩具有鲁棒性。水印嵌入公式如下:

$$X' = X + \alpha_1 W \quad (5)$$

X 为嵌入前小波包系数; X' 为嵌入后系数; W 为水印序列; α_1 为小波域水印嵌入强度(取0.02);

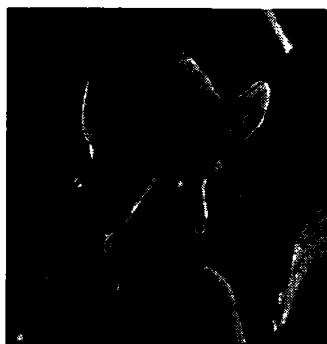


图4 宿主图像

景

图5 水印图像



图6 嵌入水印后的图像



图7 检测水印图像

2.3 小波基的选取

对宿主图像进行小波包分解所用的小波基,对水印的嵌入结果有一定的影响。目前,较常用的小波基有 harr 小波基, daubechies 小波基等。本文根据文[4],使用 daubechies 7/9小波基,达到了较满意的结果。

(下转第225页)

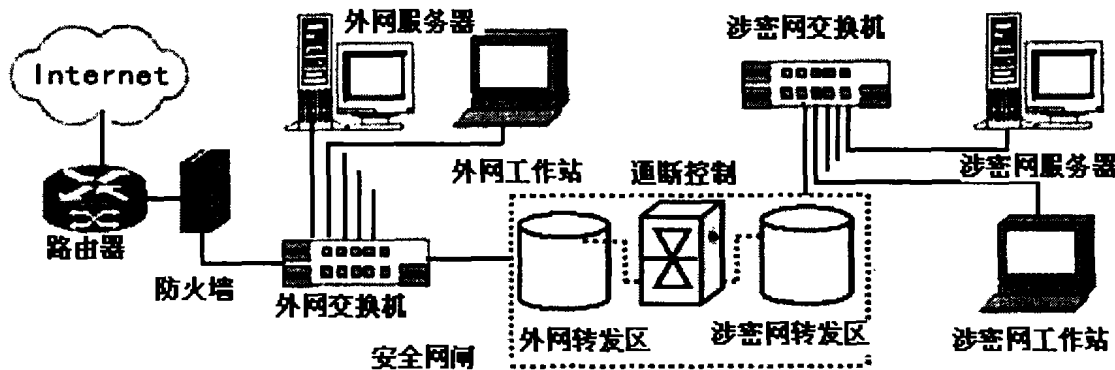


图3 在某电子政务中安全网闸的具体应用

结束语 随着政府上网的规模不断扩大,以及电子政务对安全要求,使得对基于物理隔离的安全网闸的研究如火如荼,国内外出现了一些安全网闸产品,但它们仍然面临着数据吞吐量、支持并发用户数等的限制。这并没有影响其发展,它已成为与传统安全产品相配合使用的构筑安全电子政务的网络设备。我们希望在未来的研究中,使安全网闸技术更加成熟。

参考文献

1 Liu Peng, Jajodia S, McCollum C D. Intrusion confinement by

isolation in information systems[J]. Journal of computer security 2000, (7): 23~28
 2 Bass T. Intrusion detection systems and multisensor data fusion [J]. Communications of the ACM, 2000, (2): 35~40
 3 陈科,李之棠. 网络入侵检测系统和防火墙集成的框架模型[J]. 计算机工程与科学, 2001, 23(2): 26~28
 4 张厚生. 基于物理隔离的数据交换及安全性研究[J]. 中国数据通信, 2002, (5): 19~22
 5 Ziegler R L 著. 余青霓,周钢译. Linux 防火墙[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002
 6 Saadat Malik 著. 王宝生,朱培栋,白建军译. 网络安全原理与实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003

(上接第221页)

3 水印检测

针对本文的数字水印嵌入算法,满足文[5]中的水印检测要求。我们可以通过文[5]中的检测技术进行水印检测。我们随机取1000个样本,其中第500个为原水印置乱序列。设定水印相关性检测的相关度

最大峰值为 T。应用 matlab 进行仿真各种攻击,相关度检测结果如下:

同时,我们还对嵌入水印后的图像进行了(5 * 5)中值滤波攻击、拷贝攻击、jpeg2000压缩和旋转几何攻击的试验,然后对检测出的水印序列做相关性测试,检测结果如下:

各种攻击:	5 * 5中值滤	拷贝攻击	剪切攻击(剪切率15%)	jpeg2000压缩	旋转180度
阈值 T	6.5	7.6	6.5	6	4.5

结束语 本文提出一种基于小波包分解的数字水印算法。可以根据不同频带的特点及其抗攻击性,将经过加密的水印信息嵌入到特定的频带内。本文的水印嵌入算法可以很好地抵抗拷贝、滤波、剪裁等攻击,对常见的 jpeg 压缩也有很好的鲁棒性;特别是对下一代静态图像压缩标准(jpeg2000)具有不错的鲁棒性。

参考文献

1 潘蓉,高有形,等. 基于小波变换的图像水印嵌入方法[J]. 中国图

象图形学报, 2002, 7
 2 曹长修,柏森,张邦礼. 改进的图像小波域水印嵌入算法[J]. 贵州科学, 2002, 12
 3 Zhu Wenwu, Xiong Zixiang, Zhang Ya-Qin. Multiresolution Watermarking for Image and Video. IEEE TRANSACTION ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, JUNE 1999, 9(4)
 4 刘九芬,等. 数字水印中的双正交小波基. 中山大学学报(自然科学版), 2002, 7
 5 Cox I J, Miller M L, Bloom J A. Digital Watermarking. Morgan Kaufmann Publishers, 2929 Campus Drive, Suite 260, San Mateo, CA 94403, USA, 2002