

一个基于 DWT 的自适应数字水印算法^{*})

黄松¹ 张伟^{1,2} 陈军^{1,3} 杨华千^{1,2}

(重庆教育学院计算机与现代教育技术系 重庆 400067)¹

(重庆大学计算机科学与工程学院 重庆 400044)² (西南大学计算机与信息科学学院 重庆 400715)³

摘要 本文提出了一个新的 DWT 域自适应数字水印算法。该算法利用小波域高、低频部分嵌入水印的优势互补特点,在载体图像的高频和低频子带分别嵌入相同水印来增强水印抵抗多种攻击的能力;水印的嵌入采用量化调制方式,其量化步长可根据人类视觉系统和载体图像的局部特点自适应地调整。此外,由于奇异值分解具有良好的性能,因而被用于高频部分水印的嵌入以提高其鲁棒性。实验结果表明水印具有良好的鲁棒性和不可见性,与相近算法相比,本文方法可以有效抵抗更多的攻击。

关键词 数字水印,小波域,量化,奇异值分解

An Adaptive Digital Watermarking Algorithm Based on DWT

HUANG Song¹ ZHANG Wei^{1,2} CHEN Jun^{1,3} YANG Hua-Qian^{1,2}

(Department of Computer and Modern Education Technology, Chongqing Education College, Chongqing 400067)¹

(College of Computer Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044)²

(School of Computer & Information, Southwest China University, Chongqing 400715)³

Abstract In this paper, a novel image-adaptive watermarking algorithm based on discrete wavelet transform (DWT) is proposed. The method embeds a watermark into high frequency and low frequency of the discrete wavelet domain respectively together in order to make the watermark more robust in many attacks. Watermark embedding is performed by means of quantization index modulation, the quantization step of which can be dynamically adjusted according to the local image characteristics and the human visual system. In addition, the singular value decomposition is applied to the watermark embedding in high frequency of the discrete wavelet domain because of its good performance. Compared with other similar watermarking algorithms reported in the literature, this method can give better image quality and is robust against more attacks.

Keywords Digital watermarking, DWT domain, Quantization, Singular value decomposition

1 引言

随着数字化和计算机网络化的发展,数字信息的存取越来越快速、高效和便捷,从而促进了数字媒体的发展。然而数字媒体容易被复制和篡改,因此其版权保护也显得日益重要。数字水印技术为数字产品的版权保护提供了一种行之有效的方法,因而近年来受到了人们的高度重视并成为了多媒体信号处理领域的一个研究热点。

数字水印算法从实现的角度可大致分为空域方法和变换域方法两类。前者通过直接修改图像的像素值来嵌入水印,后者通过调整图像变换后的系数来实现水印的嵌入。空域方法虽然简单且不可见性好,但其鲁棒性较差,因而应用不广。根据提取水印时是否需要原始图像可将水印算法分为盲水印算法和非盲水印算法两类。尽管原始图像的存在可以使水印的提取更加方便^[1,2],但是这种对原始图像的需求将产生两个问题:一方面原始图像的所有者将被迫不安全地将其作品与想要检查水印是否存在的人共享^[3];另一方面从图像数据库里搜索原始图像也将非常耗时^[4]。因而不需要原始图像的水印算法将是一个比较好的选择。

本文提出了一个新的基于 DWT (Discrete Wavelet

Transform) 的盲数字水印算法。为了抵抗多种攻击,水印被分别嵌入到了小波域的低频和高频;为了减小嵌水印图像的失真,每个水印比特的嵌入都是根据 HVS 的特点自适应地选择量化步长,通过量化调制来完成;在高频嵌入水印时利用了高频小波系数块的奇异值分解特性来提高水印对叠加噪声和直方图操作等的鲁棒性。实验结果表明该算法具有良好的不可见性和抵抗多种攻击的能力。

2 水印算法

2.1 嵌入位置的选择

水印既可以嵌入到小波域的低频部分,也可以嵌入小波域的高频部分。嵌入到低频部分的水印对较小的几何失真不敏感,并对低通性质的图像攻击也具有很好的鲁棒性,如均值滤波、中值滤波和有损压缩等;但它对直方图修改非常敏感,如对比度修改、亮度修改和直方图均衡化等。嵌入到高频的水印对低通滤波和小的几何攻击鲁棒性较差,但对叠加噪声和直方图操作却异常鲁棒。很明显低频水印和高频水印的优势和劣势相互补充。因而我们将一个水印分别嵌入图像的高频和低频部分,使水印无论在上述何种攻击下至少可以提取出一个水印来。由于水印被分别嵌入到频谱的两个不同的部

^{*})基金项目:国家自然科学基金资助项目(60573047);重庆市科委自然科学基金资助项目(CSTC, 2005B2286),重庆市教委资助项目(No. kj051501)。黄松 硕士,主要研究方向:神经网络,数字水印;张伟 教授,博士后,主要研究方向为信息安全、计算智能与数据挖掘;陈军 硕士研究生,主要研究方向为信息安全;杨华千 博士研究生,主要研究方向:信息安全,混沌数字水印。

提取出的水印图像,其 $\rho(W,W'_1)$ 和 $\rho(W,W'_2)$ 都为 1, 峰值信噪比 PSNR 为 43.8713dB, 由此可见本文方法使水印具有较好的不可见性。



图 2 原始图像

DWT

图 3 水印

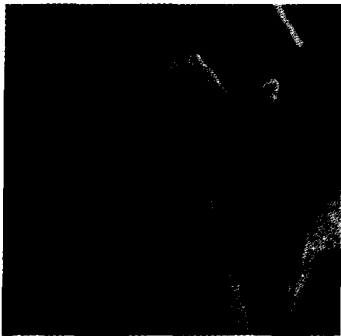


图 4 嵌水印图像

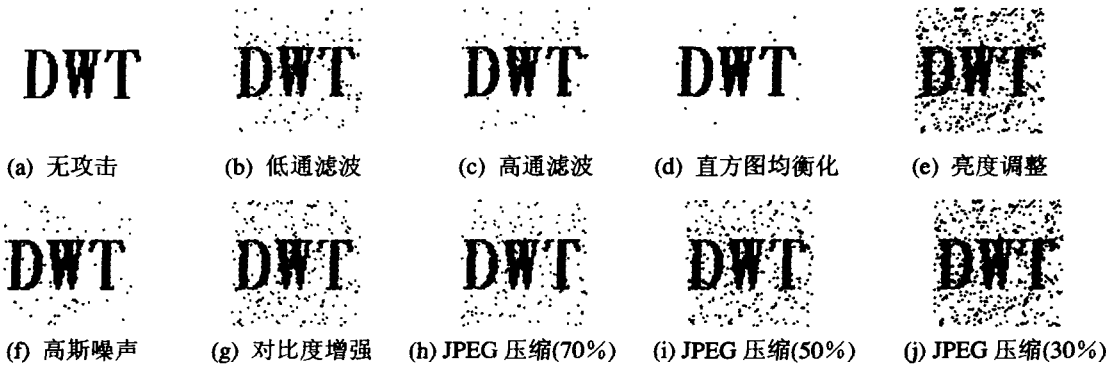


图 5 各种实验条件下恢复出的水印

表 1 本文与文[9]方法在各种实验条件下恢复出的水印与原始水印的相似度

攻击方法	低通滤波	高通滤波	直方图均衡	亮度调整	高斯噪声	对比度增强	JPEG 压缩		
							70%	50%	30%
本文 ρ_{max}	0.9668	0.9855	0.9983	0.8702	0.9847	0.9476	0.9658	0.9217	0.8682
文[9] ρ	0.9659	0.5808	0.6258	0.5987	0.7485	0.6034	0.9659	0.9211	0.8594

为了评估本文算法的稳健性,我们对嵌水印的图像进行以下几种攻击实验:低通滤波、高通滤波、直方图均衡化、亮度调整、叠加高斯噪声、对比度增强及 JPEG 有损压缩等。从图 5 和表 1 的仿真实验结果可以看出,本文方法嵌入的水印对许多攻击都具有较好的稳健性,与文[9]的方法相比,本文方法可以有效抵抗更多的攻击。

结论 本文提出了一个新的小波域盲自适应数字水印算法,其主要特点是分别利用低频和高频小波系数嵌入水印的互补特点来提高水印的抗攻击能力,使其在无论何种攻击下至少还可以提取出一个水印;水印嵌入通过量化调制来实现,量化步长可根据 HVS 和图像局部特点自适应地调整,从而使水印具有良好的透明性;高频子带的水印嵌入利用了高频小波系数块的奇异值分解特性,因而对叠加噪声和直方图操作等具有很好的鲁棒性;水印的提取不需要原始图像。实验结果表明该算法具有很好的不可见性,并对低通滤波、高通滤波、直方图操作、JPEG 压缩及叠加噪声等许多攻击也具有较强的抵抗能力。

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 Pro-

cessing, 1997, 6(12): 1673~1687
2 Podilchuk C I, Zeng W. Image-adaptive watermarking using visual models [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 1998, 16(4): 525~539
3 Barni M, Bartolini F, Cappellini V, et al. A DCT-domain system for robust image watermarking [J]. Signal Processing, 1998, 66(3): 357~372
4 Chen L H, Lin J J. Mean quantization based image watermarking [J]. Image and Vision Computing, 2003, 21(8): 717~727
5 Bao Paul, Ma Xiaohu. Image Adaptive watermarking using wavelet domain singular value decomposition [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2005, 15(1): 96~102
6 Hsu C T, Wu J L. Hidden digital watermarks in image [J]. IEEE Trans. Image Processing, 1999, 8(1): 58~68
7 邵亚非, 吴国威, 林行刚. 基于量化的数字水印算法[J]. 清华大学学报, 2003, 13(1): 20~22
8 Chang Chin-Chen C, Tsai Piyu, Lin Chia-Chen. SVD-based Digital Image Watermarking Scheme [J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26(10): 1577~1586
9 黄达人, 刘九芬, 黄继武. 小波变换域图像水印嵌入对策和算法[J]. 软件学报, 2002, 13(7): 1290~1297