

基于 HVS 的压缩域数字水印嵌入系统的设计^{*}

周美丽 白宗文
(延安大学 延安 716000)

摘要: 在互联网飞速发展的信息时代,网络已经成为人们生活中重要的资源库也是用于交流的重要枢纽,各种资源、信息都可以通过网络平台以压缩的形式传输。为了确保信息安全,如何在压缩文件中嵌入水印以及在传输过程中完整的保留水印的问题急需解决。为此本文利用 MATLAB 语言开发了基于 HVS 的数字水印系统,与已往的空域或变换域的水印算法不同,结合本文提出的双位嵌入法,把水印嵌入到了压缩域。通过实验仿真,结果表明这种新的水印方案与现有的水印嵌入法相比更具有抵御水印攻击力,而且更好保证了水印嵌入的鲁棒性和满足了视觉阈值效应。尤其适合用于剪切、滤波、噪声和压缩等领域的水印嵌入,从而保护这些领域的信息安全。

关键词: HVS;压缩域;数字水印;MATLAB

中图分类号: TN919 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

Design of digital watermarking system based on HVS in compressed domain

Zhou Meili Bai Zongwen
(Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract: Along with the rapid development of computer and network technology, the digital product transmission is more and more frequent on the network. And it mostly transfers in compressed form. So how to ensure that digital watermarking is not erased in network transmission has become a pressing problem. A digital watermark system based on HVS is developed using MATLAB in this paper. It is different from the past system based on watermarking algorithm of spatial or transform domain, the system combined with the method of double bits is proposed in this paper, and the watermark was embedded in the compressed domain. Through simulation experiments, the results show that the watermarking embedding scheme proposed here has good robustness for shearing, filtering, noise and compression.

Keywords: HVS; compressed domain; digital watermarking; MATLAB

1 引言

随着高科技信息时代的到来,各种高科技剽窃技术以及非法盗用版权等问题日益突出,使得人们在享受网络的快捷与方便之余却要担心信息泄露问题。鉴于此迫切需要对于信息安全方面的保护技术,保护政府、企业乃至个人的信息资源不出现被非法盗取甚至破坏等问题。因此数字水印技术作为数字产品版权保护问题的有效手段便应运而生。在信息文件中加入水印的技术,即在不破坏已有信息的基础上却能证明文件信息的版权归属问题。所说的不破坏、不影响信息是指嵌入水印后的图像不能引起

视觉上的降质,因此适当了解人类视觉系统(HVS-human visual system)基本知识对研究水印技术具有重要的意义,根据 HSV 的特性设计的水印系统可以满足水印的不可见性即图像视觉的不降质,但同时还得保证水印嵌入的强度来增强水印的鲁棒性。

现在 Internet 的影响以几何级数量增长。为了减轻网络平台的承载能力,以网络为载体的大量信息基本采用压缩的形式传输。图像压缩分为有损压缩和无损压缩。无损压缩在理论上是不会对水印产生攻击的,但是有损压缩对水印有很强的攻击力。由于目前 JPEG 压缩是应用最广泛的一种压缩标准,所以选择把水印嵌入到 JPEG 压

收稿日期:2015-01

^{*} 基金项目:陕西省自然科学基金(2014JM8357,2014JQ2-0631)、延安科学技术局科技规划(2013-kg15,2012kg-07)、延安大学青年基金(YG2013-16,YG2011-16)项目

缩域内。如何在文件 JPEG 压缩的过程中保证水印的鲁棒性就成为热点研究^[1]。研究的正研究基于压缩域的水印嵌入算法,根据大量算法的对比、改进进而开发了基于 HSV 的压缩域水印嵌入系统,该系统通过测试得出对于在压缩域嵌入数字水印具有良好的鲁棒性,且极大的降低了在传输过程中由多次压缩对水印产生的攻击效果。

2 水印嵌入原理及系统流程

在嵌入水印的过程中为了满足视觉上的阈值效应^[2]。将水印图像按从左到右从上到下的顺序将其分为 $M \times N$ 块,并计算水印分块的阈值。由韦伯-菲涅尔(Weber-Fechner)定律^[3]可知:当嵌入水印图像亮度值达到 50 时,辨别阈值为 1,这是能量嵌入的最小值。这就要求亮度值大于 50 的宿主图像才能嵌入水印,否则嵌入水印后图像将无法辨别^[4]。由于一幅图像中亮度不同,为了灵活实现水印嵌入,所以这里将宿主图像如图 1 所示。



图 1 宿主图像

分割成 88 小块,然后计算每一分块图像的亮度值,根据亮度值来决定是否在分块图像中嵌入水印以及嵌入水印的大小。

在嵌入水印的过程中同时还要满足视觉的阈值效应和掩盖效应,这两个效应是人类视觉系统最重要的特性,根据这一重要特性得出人类视觉对纹理区域的噪声最不敏感,依次是边缘区域和平滑区域。所以选择水印嵌入块的优先顺序应该是纹理区域、边缘区域,平滑区域^[5]。

通常对于一幅图像根据其熵值和方差的大小来判断区域类别^[6],如果图像某一区域熵值较大则通常是纹理区域和边缘区域,熵值较小是平滑区域;而方差较大的一般是边缘区,其次是纹理区域^[7]。由上述结论可知当分块图像的二值都较小时,则视为光滑区域且在这个区域不予嵌入水印。除此外由式(1)来确定嵌入水印的优先顺序:

$$T = \frac{H}{\sqrt{\sigma}} \quad (1)$$

式中: H 是图像熵值, $\sqrt{\sigma}$ 为标准差。由式(1)不难得出 T 值较大的图像块为纹理区域, T 值较小的图像块则是边缘区域。按 T 值的高低顺序作为被嵌入水印图像块的先后顺序。具体嵌入水印时还要知道这些分块图像的具体位置,所以对各分块图像进行 DCT 变换,变换后的 DCT 系数矩阵对照 JPEG 压缩标准量化表进行量化,量化后宜嵌入水印的各图像分块系数位置如表 1 所示^[8]。

表 1 质量系数为 1 的量化矩阵

4	7	10	13	16	19	22	25
7	10	13	16	19	22	25	28
10	13	16	19	22	25	28	31
13	16	19	22	25	28	31	34
16	19	22	25	28	31	34	37
19	22	25	28	31	34	37	40
22	25	28	31	34	37	40	43
25	28	31	34	37	40	43	46

表 1 是质量系数为 1 的量化矩阵^[9],对照 JPEG 压缩标准量化表进行量化后的系数矩阵,量化过程中矩阵位置系数为 0 的不宜嵌入水印,因此在压缩过程中就被滤掉;表 1 所示为量化后不为 0 的系数的位置即可选择嵌入水印的位置,当把水印嵌入该位置也就等于把水印嵌入到了压缩域中。需要注意的是,进行量化是为了确定嵌入位置,水印不是嵌入在量化后的矩阵系数上,而是嵌入在相应位置的 DCT 矩阵系数上计算如式(2):

$$\tilde{x} = X_T + \alpha\omega, \quad (2)$$

式中: X_T 是水印嵌入分块图像的 DCT 位置系数; α 是强度系数,用来控制水印嵌入的强度; ω 是水印序列。综上本文所设计的基于 HSV 的压缩域水印嵌入系统流程可描述如图 2 所示。

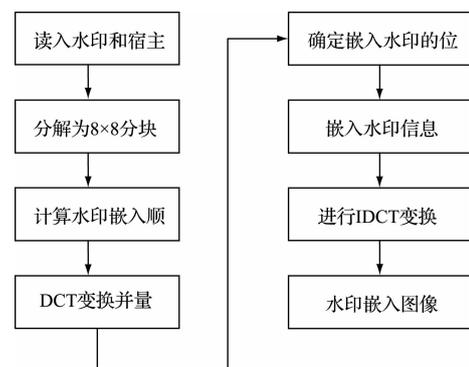


图 2 系统流程

根据流程图可知要实现在压缩域的水印嵌入,先读入水印图像和宿主图像,并分别对二者进行分块,然后计算每一个图像分块的亮度均值、熵值、方差,如果图像分块亮度均值低于 50 或熵值较小(设 15% 为熵的阈值)记其熵值为 0。然后在剩余熵值不为“0”的分块图像中计算每一块

的 T 值,并把 T 值从大到小进行排序后进行 DCT 变换,并对照压缩域量化表进行量化,将量化值大于 1 的位置进行标识,确定嵌入水印的图像分块的具体位置,然后依次对分块图像嵌入水印,最后将所有分块图像进行 IDCT 变换,得到嵌入水印的图像^[10]。

3 仿真实验及结果分析

对该水印嵌入系统进行测试,嵌入水印图像如图 3 所示。



图 3 嵌入水印图像

取水印嵌入强度因子 $\alpha=16$, 设嵌入水印大小分别为 64×64 和 32×32 如图 4 和 5 所示。



图 4 嵌入水印的大小 64×64



图 5 嵌入水印大小 32×32

对于上述 2 幅嵌入水印图像,从视觉上可以看出当水印嵌入大小为 64×64 , 图像有所降质;但当嵌入水印的大小是 32×32 时,视觉上察觉不出图像的明显降质。并通过实验计算 2 种情况下图像的信噪比也可得出一致的结

论,计算得出嵌入水印大的图像 $PSNR=36.34$, 嵌入水印小的图像 $PSNR=38.90$, 综上所述无论从视觉上还是理论上都可以得出所采用的水印分块的方式嵌入水印方法与现有的水印嵌入法相比的效果要更好一些,而且不容易破解,从而能够很好地保护信息安全。

4 结论

采用图像分块和水印分块的方法,把水印图像嵌入到压缩域,并利用 MATLAB 语言开发了基于 HVS 的压缩域水印嵌入系统,通过上述实验结果的分析得出该系统能够在满足人类视觉的阈值效应和掩盖效应的情况下实现在压缩域中的无损水印嵌入技术,通过大量实验确定了在压缩域中水印的嵌入强度,得到了在保持图像质量的情况下允许嵌入的最大信息比等结果。为实现压缩文件版权保护提供了数据资料。

参考文献

- [1] 武风波,汪峰. 基于 HVS 的小波变换数字图像水印算法[J]. 应用光学, 2014, 31(2): 254-258.
- [2] 付春平. 一种基于 HVS 和 DCT 的数字水印算法的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2008.
- [3] 赵齐月,毛征,张庆龙,等. 基于局域熵值分布图的目标分割及质心计算[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(2): 33-36, 38.
- [4] 牛涛,沈为,张之江,等. 基于图像间相关性的光场压缩感知[J]. 电子测量技术, 2014, 37(3): 58-61, 65.
- [5] 王勇,王宇庆,赵晓晖,等. 图像质量客观评价的复数矩阵结构相似度方法[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(5): 1118-1129.
- [6] 李高西,曹军,张福元,等. 基于视觉灵敏度及粗集的彩色图像滤波算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(2): 211-217.
- [7] 叶闯,沈益清,李豪,等. 基于人类视觉特性(HVS)的离散小波变换(DWT)数字水印算法[J]. 浙江大学学报:理学版, 2013, 40(2): 152-165.
- [8] 周万府,林加华,薛文格,等. 基于混沌、HVS 和小波变换的自适应数字水印算法[J]. 现代电子技术, 2013, 36(14): 76-78.
- [9] 陈宏涛,朱从旭. 一种基于 HVS 的图像小波域鲁棒性数字水印[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(10): 78-81.
- [10] 张绘军. 一种基于 HVS 的小波域抗 JPEG 压缩水印算法[J]. 信息与电脑, 2011(2): 118.

作者简介

周美丽, 1981 年出生, 工程硕士, 讲师, 主要研究方向图像处理、信号检测。

E-mail: zml_beauty@sina.com