

# 一种基于 DWT 的数字水印算法

王菽裕, 刘璐, 宋俊芳, 张春玉

(西藏民族大学 信息工程学院 陕西 咸阳 712082)

**摘要:** 网络技术和多媒体技术迅速发展。为了更好地保障图像信息传输的安全性和可靠性, 解决数字图像的版权保护问题, 图像信息隐藏技术已成为图像处理领域的研究热点之一。文章结合离散小波变换和矩阵奇异值分解优点并采用 Matlab 编程环境实现了一种水印软件, 使数字水印理论得到了实际的应用。

**关键词:** 版权保护; 数字水印; 水印软件

## 0 引言

数字水印技术发展迅速, 出现了各种水印算法, 最低有效位(Least Significant Bit, LSB)数字水印技术是最早的空域水印添加算法, 它原理简单且易实现, 但鲁棒性差。变换域水印算法大大提高了水印的鲁棒性, 常见的有基于离散余弦变换(Dual Clutch Transmission, DCT)和离散小波变换(Discrete Wavelet Transform, DWT)水印算法。黄西娟<sup>[1]</sup>、陈善学等<sup>[2]</sup>人对于数字水印算法的研究使数字水印算法不断完善优化。综合考虑 DWT 和 SVD 的优点, 本文将 DWT 和 SVD 结合起来对原载体图像进行水印的嵌入和提取。

与传统的 DCT 变换相比, 小波变换是一种时域与频域相结合的变分辨率变换方法。时间窗口的大小随频率自动调整, 更符合人的视觉特征并且小波分析在时域和频域都有很好的局部性, 为传统的时域分析和频域分析<sup>[3]</sup>提供了很好地结合方法。

目前, 小波分析已广泛应用于数字图像和视频压缩编码、纹理特征识别<sup>[4]</sup>、信息隐藏<sup>[5]</sup>等领域, 出现了许多典型的基于离散小波变换的数字水印算法<sup>[6]</sup>。

## 1 小波变换

在数字图像处理中, 需要将连续的小波及其小波变换离散化。实际上, 离散小波变换是将连续小波变换的尺度和位移按照 2 的幂次离散化而得到的, 故又称二进制小波变换。

在小波分析中经常用到近似与细节, 近似表示信号的高尺度, 即低频信息; 细节表示信号的高尺度, 即高频信息。因此, 原始信号通过两个相互的滤波器产生两个信号, 其中高频细节系数为 LH, HL, HH 3 个频率的子带。通过连续分解过程, 将近似信号进行连续分解, 可以将信号分解成多个低分辨率的系数。理论上, 这种分解可以无限地进行下去。因此, 在实际应用中, 一般根据信号的特征或适当的准则来选择合适的分解层数。二级离散小波分解的示意图如图 1 所示。

## 2 奇异值分解

有一个  $m \times n$  的实数矩阵  $A$ , 想要把它分解成如下

的形式:

$$A = U \Sigma V^T$$

其中,  $U$  和  $V$  均为单位正交阵, 即有  $UU^T = I$  和  $VV^T = I$ ,  $U$  称为左奇异矩阵,  $V$  称为右奇异矩阵,  $\Sigma$  仅在主对角线上有值, 称为奇异值, 其他元素均为 0。上面矩阵的维度分别为  $U \in R^{m \times n}$ ,  $\Sigma \in R^{m \times n}$ ,  $V \in R^{n \times n}$ 。

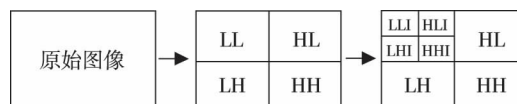


图 1 二级离散小波分解示意

## 3 水印嵌入

水印的嵌入过程具体如下, 具体如图 2 所示。

(1) 将原图像  $A$  和水印  $W$  分别进行灰度处理。

(2) 对原图像灰度图进行二级离散小波变换, 记为  $LL2$ 。

(3) 对  $LL2$  进行矩阵奇异值分解, 得到  $U_a, V_a, S_a$ ; 对水印也进行矩阵奇异值分解, 得到  $U_w, V_w, S_w$ 。

$$[U_a, S_a, V_a] = SVD(LL2)$$

$$[U_w, S_w, V_w] = SVD(W)$$

(4) 加权嵌入算法公式为:  $S_w' = S_a + \alpha S_w$ , 其中  $\alpha$  表示水印嵌入强度 ( $0 < \alpha < 1$ )。

(5) 将  $S_w'$  与步骤 (3) 得到  $U_a, V_a$  进行 SVD 逆变换。

$$LL2' = U_a \times S_w' \times V_a^T$$

(6) 对上一步得到的  $LL2'$  进行逆小波变换。

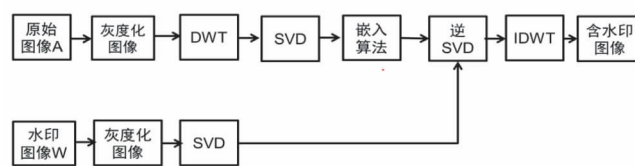


图 2 水印嵌入流程

## 4 水印提取

水印的提取过程如下: (1) 利用 DWT 对含水印图像  $A1$  进行二级小波变换, 取出低频小波系数, 记为  $LL2''$ 。(2) 对  $LL2''$  进行奇异值分解。  $[U_{a1}, S_{a1}, V_{a1}] =$

基金项目: 人工智能背景下基于静态图片的人脸表情识别技术研究; 项目编号: 20MDQ08。陕西省教育厅专项; 项目编号: 19JK0887。校内重大培育; 项目编号: 19MDZ03。

作者简介: 王菽裕(1991—), 男, 甘肃天水人, 助教, 硕士; 研究方向: 数字图像处理。

$SVD(LL2'')$ 。(3) 利用公式计算出  $S_w'$ :  $S_w' = (Sa1 - Sa) / \alpha$ 。(4) 进行  $SVD$  逆变换, 即:  $W' = U_w \times S_w' \times V_w T$ , 如图 3 所示。

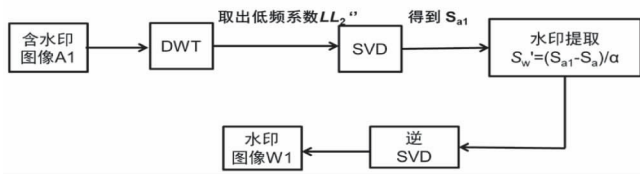


图 3 水印提取流程

## 5 软件实现

Matlab 工具箱中集成了 DWT, DCT 等变换域函数和可以用来做攻击实验的函数, 既方便了研究人员, 又使源程序简洁明了、易于实现。Matlab 的基本数据单元是矩阵且具有强大的数学运算功能, 可以方便高效地实现图像、音频和视频中的大量矩阵运算而且提供了图像处理工具箱、小波分析工具箱、数字信号处理工具箱。因此, 用来研究数字水印技术是非常好的选择。Matlab 软件实现的水印加载和水印提取的界面如图 4 所示。



图 4 软件界面

## 6 结语

文章设计了一种基于 DWT-SVD 信息的隐藏算法, 具有较强的实际意义和应用价值; 运用离散小波变换与矩阵奇异值分解相结合的方法, 算法数学背景清晰, 对常见攻击具有较强的鲁棒性, 能有效应对常见的

攻击。文章实现的图像水印技术是考虑在灰度图像中嵌入水印, 而在现实情况中, 彩色图像比较常见且比灰度图像信息含量也大, 目前也有进行彩色图像水印方案的实现, 是以后要改进的地方。

## [参考文献]

- [1] 黄西娟, 王冰. 一种 DCT 变换域的鲁棒数字水印[J]. 计算机工程, 2011(20): 145-148.
- [2] 陈善学, 彭娟, 李方伟. 基于二维 Logistic 混沌映射的 DWT 数字水印算法[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2012(4): 105-110.
- [3] 梁欣. 基于 DWT 和 SVD 的彩色图像数字水印算法研究[J]. 计算机与数字工程, 2019(8): 2014-2017.
- [4] 张春玉. 唐卡图像纹理复杂性量化分析[J]. 现代计算机(专业版), 2018(31): 25-28.
- [5] 陈小娥. 基于 MATLAB 的图像信息隐藏算法研究与实现[J]. 绍兴文理学院学报(自然科学), 2018(3): 92-98.
- [6] 石大军. 基于 DWT-SVD 的 QR 码水印技术研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2017.

(编辑 姚鑫)

## Dwt-based digital watermarking algorithm

Wang Shuyu, Liu Lu, Song Junfang, Zhang Chunyu

(Institute of Information Engineering, Xizang Minzu University, Xianyang 712082, China)

**Abstract:** Network technology and multimedia technology are developing rapidly. In order to ensure the security and reliability of image information transmission and solve the copyright protection problem of digital image, image information hiding technology has become one of the research hotspots in the field of image processing. Combined with the advantages of discrete wavelet transform and matrix singular value decomposition, a watermarking software is realized by Matlab programming environment, and the digital watermarking theory is applied in practice.

**Key words:** copyright protection; digital watermarking; watermarking software