

# 基于分块 DCT 和量化的图像盲水印算法

李旭东

(浙江财经学院数学与统计学院, 杭州 310018)

**摘 要:** 当前基于离散余弦变换(DCT)的图像数字水印方法大多为非盲的, 水印一般嵌入 DCT 的中低频系数中, 但却把 DC 分量排除在外。该文提出了一个基于分块 DCT 和量化的图像盲水印算法, 将水印根据量化策略嵌入块 DCT 系数的 DC 分量中。该算法思想简单, 步骤简便、容易实现。实验结果表明, 该算法对嵌入的水印具有很好的透明性, 对常见攻击如重采样、颜色抖动、平滑、加噪声和 JPEG 压缩等具有很强的稳健性。

**关键词:** 数字水印; 离散余弦变换; 量化; 盲水印

## Blocked DCT and Quantization Based Blind Image Watermark Algorithm

LI Xudong

(School of Mathematics & Statistics, Zhejiang University of Finance & Economics, Hangzhou 310018)

**【Abstract】** Most of existing DCT based image watermark algorithms are non-blind, and they usually embed watermarks into middle and low frequencies, but excluding DC component, of a DCT. This paper proposes a blocked DCT and quantization based blind image watermark algorithm. The algorithm is simple to understand and can be easily realized. Experimental results show that the algorithm has a good transparency of the embedded watermark image and is robust against attacks such as resampling, dithering, smoothing, noise adding, and JPEG-compression.

**【Key words】** Digital watermark; DCT; Quantization; Blind watermark

随着网络 and 多媒体技术的发展和普及, 多媒体信息越来越丰富。同时, 多媒体信息被非法复制与篡改也变得越来越容易。数字水印技术作为实现多媒体信息认证、版权保护的一个有效手段, 越来越受到了人们的关注。

数字水印方法根据其嵌入方式, 一般分为空间域方法和变换域方法。变换域方法的稳健性比较好, 因此目前的研究主要集中在变换域方法。基于离散余弦变换(DCT)的水印方法便是其中研究较多的一类变换域方法。但目前大多数基于 DCT 的水印方法在检测水印时需要原始图像, 即非盲检测, 这就使得这些方法在实际应用中受到很大限制。为此, 本文着眼于检测水印时不需要原始图像的盲水印方法。

当前, 大多数基于 DCT 的水印方法将水印嵌入 DCT 域除 DC 分量外的中低频系数中。而文献[1,2]根据对图像 DCT 系数定性和定量的分析指出: DC 分量比任何 AC 分量有更大的感觉容量; 从稳健性的角度, 在保证水印透明性的前提下, DC 分量更适合嵌入水印。文献[3]则采用实验的方法, 从不同侧面验证了这一论断。但文献[1~3]的水印方法也是非盲的。本文借鉴文献[1,2]的基本思想, 将水印嵌入块 DCT 的 DC 分量中, 并采用量化策略, 实现了水印的盲检测。实验结果表明, 本文算法具有很好的水印透明性和对常见攻击的稳健性。

### 1 基于分块 DCT 和量化的水印算法

#### 1.1 水印的嵌入

本文以大小为  $(mk) \times (nk)$  的原始灰度图像 A、大小为  $m \times n$  的二值水印图像  $W=(w_{ij})$  为例, 描述本文的水印嵌入算法:

(1) 将原始图像 A 不重叠地划分为  $m \times n$  个  $k \times k$  大小的子

块图像  $A_{ij} (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n)$ 。

(2) 对每个子块图像  $A_{ij}$  进行 DCT 变换, 记变换后的相应 DC 分量为  $d_{ij}$ 。

(3) 计算量化值  $\lambda_{ij} = \text{round}(\frac{d_{ij}}{\delta})$ 。其中,  $\text{round}$  为舍入取整函数,  $\delta$  为预先设定的量化步长。

(4) 构建嵌入水印信息后的子块图像  $\hat{A}_{ij}$  经 DCT 变换后的 DC 分量为

$$\hat{d}_{ij} = \begin{cases} (\lambda_{ij} - \frac{1}{2})\delta, & \lambda_{ij} + w_{ij} \equiv 1 \pmod{2} \\ (\lambda_{ij} + \frac{1}{2})\delta, & \text{其它} \end{cases}$$

(5) 对  $A_{ij}$  的 DCT 系数, 用  $\hat{d}_{ij}$  替换其 DC 分量  $d_{ij}$ , 再使用逆 DCT 变换, 即获得了含有一个比特水印信息  $w_{ij}$  的子块图像  $\hat{A}_{ij}$ 。

(6) 所有子块图像处理完后, 即得到含水印 W 的图像  $\hat{A}$ 。

值得注意的是, 算法中量化步长  $\delta$  值大小的选取非常重要: 数值大, 算法有好的稳健性但削弱了水印的透明性; 数值小, 则水印有好的透明性却降低了算法的稳健性。所以, 的选取是在透明性和稳健性的一个折衷。同时, 可以作为提取水印时的密钥使用。

另外, 在算法中, 对待嵌入的原始水印图像, 可以先经置乱变换<sup>[4,5]</sup>后, 再进行嵌入, 这样就可以提高含水印图像在

**作者简介:** 李旭东(1978 - ), 男, 博士, 主研方向: 数字水印, 图像处理等

**收稿日期:** 2006-02-01 **E-mail:** leesheedong@163.com

受攻击后提取出水印图像的可视效果。

## 1.2 水印的提取

水印的提取实际上是上述嵌入算法的逆过程，具体描述如下：

(1)将含水印  $W$  的图像  $\hat{A}$  (可能受到过攻击)不重叠地划分为  $k \times k$  大小的子块图像  $\hat{A}_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ )。

(2)计算  $\hat{A}_{ij}$  DCT 变换后的 DC 分量  $\hat{d}_{ij}$ 。

(3)计算量化值  $\hat{\lambda}_{ij} = \text{floor}(\frac{\hat{d}_{ij}}{\delta})$ 。其中， $\text{floor}$  为向下取整函数。

(4)根据  $\hat{\lambda}_{ij}$  的奇偶确定相应的水印信息：若  $\hat{\lambda}_{ij}$  为奇数，则  $w_{ij}$  取值为 1；否则， $w_{ij}$  取值为 0。

(5)所有子块图像处理完后，即得到了水印  $W$ 。

## 2 实验结果

本文实验采用  $512 \times 512$  大小的 256 级灰度 Lena 图像作为原始图像，以  $64 \times 64$  大小的二值图像作为水印，如图 1 所示。图像分块大小为  $8 \times 8$ ，取量化步长  $\delta=20$ 。



图 1 原始图像和水印图像

除了人眼的主观感觉，本文还以峰值信噪比(PSNR)作为嵌入水印后图像效果的客观评价。图 2(a)为利用本文算法得到的相应含水印图像，显然用人眼无法感知是否嵌入了水印，其较高的 PSNR 值也显示了结果比较理想。

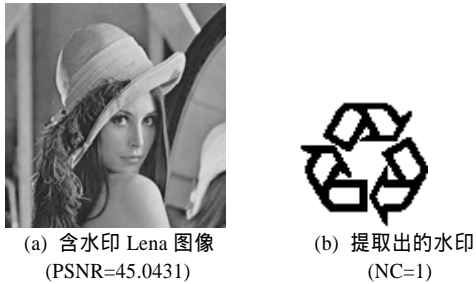


图 2 含水印图像及从中提取出的水印图像

为了说明所提取出的水印效果，除了二值水印图像本身所具有的可视性外，本文还以归一化相关值(NC)度量提取的水印  $\tilde{W}$  和原始水印  $W$  的相似度。归一化相关值的定义如下：

$$NC = \frac{\sum_{i,j} w_{ij} \cdot \tilde{w}_{ij}}{\|W\|_F \cdot \|\tilde{W}\|_F}$$

图 2(b)为对图 2(a)用本文的水印提取算法提取出的水印图像。NC=1 说明本文的水印算法，能完全正确地提取出所嵌入的水印图像。

接下来检验本文算法在常见攻击下的稳健性，本文对含水印的 Lena 图像，以重采样、颜色抖动、平滑、加噪声、JPEG 压缩作为对水印的攻击手段进行实验。图 3~图 6 给出了含水印 Lena 图像受这些操作攻击后的图像和从中提取出的水印图像及其 NC 值。可以看到，本文算法对这些攻击操作具有

很强的稳健性。



图 3 重采样、颜色抖动实验结果

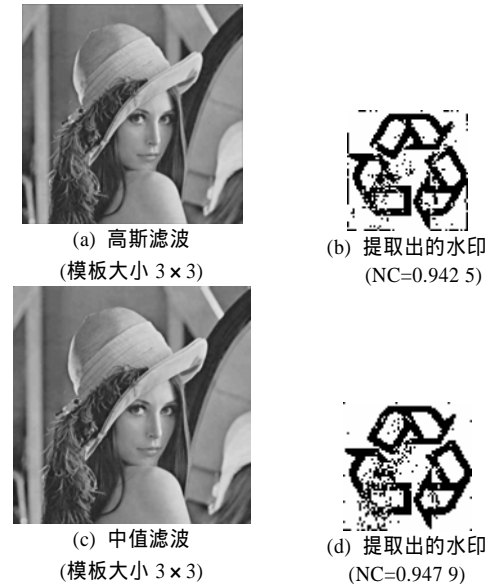


图 4 平滑实验结果

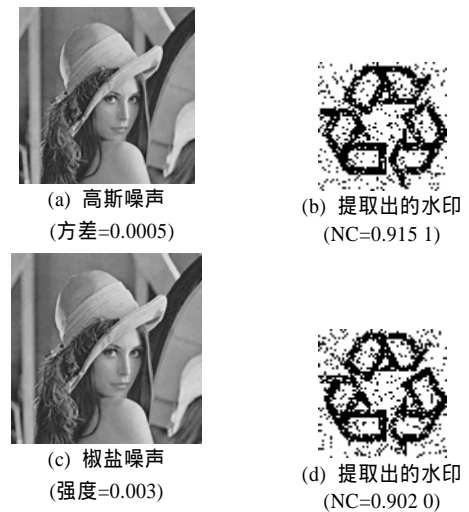


图 5 加噪声实验结果

(下转第 144 页)