

文章编号: 1005-0523(2004)01-0129-04

一种基于方形码和 DCT 的数字水印技术与实现

左黎明¹, 刘二根¹, 曾 伟¹, 孙金龙²

(1. 华东交通大学 基础科学学院, 江西 南昌 330013; 2. 武汉大学 数学与统计学院, 湖北 武汉 430072)

摘要:提出了一种基于 DCT(离散余弦变换)的图像水印嵌入技术. 同时提出了一种新的图形编码方案—方形码, 并且将这种方形码作为水印信息嵌入到宿主图像当中. 实验结果表明本水印具有很好的不可见性, 并且对图像压缩和噪声干扰能力很强, 易于用数据库处理, 实用性能很好.

关 键 词:方形码; 数字水印; DCT; 视觉掩盖
中图分类号:TP391 **文献标识码:**A

1 引 言

数字水印技术是一种崭新的信息安全技术, 近年来得到了迅速的发展, 它不仅能为数字作品的版权侵犯、非法复制和篡改及完整性认证等问题提供了一种可行的解决途径, 而且为网站保护、隐蔽通信、以及各种电子票据的防伪提供了一种合理机制. 作为一种先进的信息安全技术, 它一般应该具有以下特点:

- 1) 不可见性: 水印信息不易察觉, 从人的感知角度来说, 图像数字水印的嵌入应以不使原始图像有可察觉的失真为前提;
- 2) 鲁棒性: 图像数字水印应有抵御外界处理的能力, 在多种图像处理(如采样、低通滤波、几何校正、压缩编码、打印等)使得图像产生失真的情况下, 应仍保证其自身完整性和对其检测的准确性;
- 3) 安全性: 主要指水印不易被复制和伪造的能力, 以及不易被非法检测和抹去的能力;
- 4) 低复杂性: 低复杂性指对水印嵌入和提取的计算复杂度低, 便于推广应用;
- 5) 水印信息的有效性: 指的是嵌入的水印必须

要有意义, 能够体现出所有人的身份.

通过对近年来国内外数字水印方案的研究和比较, 我们发现大部分数字水印技术都是基于 DCT 变换或者小波变换的, 水印嵌入过程是在图像的频域中进行, 并且其中结合了人的视觉特性, 将水印信息嵌入到对视觉最重要的部分.

一般的数字水印常把随机序列作为水印加入到图像数据, 或者采用视/听信息如字符、二值图像以及灰度图像或语音作为水印. 以字符作为水印信息和以二值图像作为水印信息的思想基本相同, 都是把待隐藏信息以二进制的形式嵌入到宿主信号中. 而把灰度图像或语音信号作为隐藏信息, 通常都是以较小的实数形式迭加到宿主信号中. 随机序列简单易于处理, 但是对于水印信息的有效性难以满足, 图形和语音信息量大, 比较直观, 但是不利于数据库处理, 实际应用起来比较困难. 于是, 我们在前人的研究工作的基础上, 同时考虑到 DCT 变换及其反变换的速度比较快, 提出了一个新的有效实用的方案, 即采用了方形码和 DCT 的数字水印技术.

收稿日期: 2003-06-03

作者简介: 左黎明(1981-), 男, 江西余江人, 华东交通大学基础学院助教.

2 方形码技术

2.1 方形码技术原理与实现

方形码是我们提出的一种新的编码技术,其主要原理如下:

假设 $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 为一个随机整数列,其中 a_i ($i=1, \dots, n$)是 10 以内的正整数(不包括 10),以坐标平面的某个点 (x_0, y_0) 作为所有对角线交点, $d_1=2 * a_1$, $d_{i+1}=d_i+2 * a_{i+1}$ 为边长,绘出一组相互间隔的正方形,第 i 个正方形与第 $i+1$ 个正方形两同向边之间的距离为 d_{i+1} . 将生成的图形保存为 jpg 格式文件,即得到我们的方形码.

2.2 方形码实现代码

```
方形码实现代码如下(java 描述):

import java.io.*;
import java.util.*;
import com.sun.image.codec.jpeg.*;
import java.awt.image.*;
import java.awt.*;

public class JeruGraphics {
    BufferedImage image;

    // 创建 jpg 文件到指定路径下
    public void createJpg(String path) {
        try {
            FileOutputStream fos = new FileOutputStream(path);
            BufferedOutputStream bos = new BufferedOut-
putStream(fos);

            JPEGImageEncoder encoder = JPEGCodec.create-
JPEGEncoder(bos);

            encoder.encode(image);
            bos.close();
        } catch (FileNotFoundException fnfe) {
            System.out.println(fnfe);
        } catch (IOException ioe) {
            System.out.println(ioe);
        }
    }

    public static void main(String[] args) {
        int width=256, height=256;
        int count=10;
        int a[]={1,3,5,7,4,3,2,7,4,6}; //定义随机整数
        序列
        int r=0;
        JeruGraphics jg = new JeruGraphics();
```

```
//创建一个图形缓冲区
jg.image=new BufferedImage(width,height,BufferedImage.TYPE
_INT_RGB);

Graphics g=jg.image.getGraphics();
g.setColor(Color.white);
g.fillRect(0,0,width,height);
g.setColor(Color.blue);
//创建一组同心正方形
for (int i=0; i<count; i++)
{
    r=r+a[i];
    g.drawRect(128-r,128-r,2*r,2*r);
    jg.createJpg("aaa.jpg"); //将图形存到名为 aaa.
jpg 的图像文件中
}
}
```

生成的图形效果图如下图 1 所示:

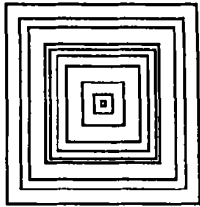


图 1 方形码的图像实例

方形码的最大优点是能够由程序根据一组随机整数产生,而且不管放大缩小,正方形组中的正方形间距比例不变,便于识别.方形码一般都被转化为 8 位的灰度图像,标准尺寸有两种,64x64 和 128x128.

3 基于 DCT 变换的数字水印技术

3.1 DCT 变换简介

在目前常用的正交变换中,DCT 变换的性能接近最佳,其变换矩阵与图像内容无关,而且由于他是构造对称的数据序列,从而避免了子图像边界处的跳跃和不连续现象,因此在图像编码中,往往都采用二维 DCT.在 JPEG 压缩编码方案中,采用的是 8×8 的图像块,基本的压缩算法为二维 DCT 的算法.因此,用 DCT 变换去处理 JPEG 图片是最适合的.

二维 DCT 正变换的公式如下(采用 8×8 的分块):

$$F(u,v)=\frac{1}{4}C(u)C(v)\left[\sum_{i=0}^7\sum_{j=0}^7f(i,j)\cos\frac{(2i+1)u\pi}{16}\cos\frac{(2j+1)v\pi}{16}\right]$$

DCT 的逆变换(IDCT)的公式为:

$$f(i, j) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \left[\sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 F(u, v) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{16} \right]$$

上面两式中

$$C(u) = \frac{\sqrt{2}}{2}, C(v) = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (\text{当 } u=0, v=0 \text{ 时})$$

$$C(u) = 1, C(v) = 1 \quad (\text{其它情形})$$

$f(i, j)$ 表示位于 (i, j) 坐标处的像素函数. 经过正变换所得到的系数称为 DCT 系数, 我们通常 $F(0, 0)$ 把称为直流系数(DC), 其它称为交流系数(AC). 由于二维离散变换核具有可分离特性, 因此我们可以二维变换转化为一维变换来处理. 另外, 在算法实现中, 可以利用 $2N$ 点的离散傅立叶变换 $\sum_{x=0}^{2N-1} f_e(x) e^{-j \frac{2\pi x u}{2N}}$ 及其反变换来构造 DCT 变换快速算法.

3.2 水印的嵌入过程

图像经过 DCT 变换后, 从空域转换到频域后, 从人的视觉角度上来说, 最敏感的部分在低频区域, 最不敏感的在高频区域. 因此, 对于不同频率嵌入水印的强度应该有所不同. 如图 2 所示, 水印的嵌入步骤如下:

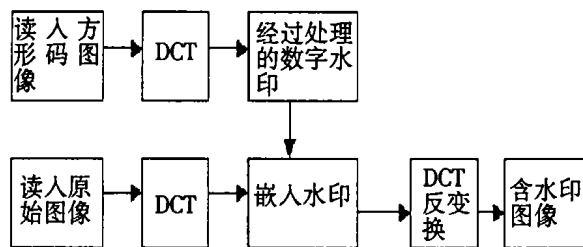


图 2 基于 DCT 变换的数字水印算法原理

1) 读入原始图像, 得到像素矩阵 $(f(i, j))$, 并对其进行 8×8 分块;

2) 读入方形码图像, 得到像素矩阵 $(w(i, j))$, 并对其进行 8×8 分块;

3) 分别对原始图像和方形码图像像素矩阵进行 DCT 变换, 得到 DCT 系数矩阵 $(F(u, v))$ 和 $(W(u, v))$;

4) 按公式 $W^*(u, v) = W(u, v) + \alpha(u, v) * F(u, v)$ 嵌入水印, 其中 $\alpha(u, v)$ 为嵌入系数, 表达式为: $\alpha(u, v) = 0.01 + \frac{|W(u, v) - \min\{W(u, v)\}|}{\max\{W(u, v)\} - \min\{W(u, v)\}} + \frac{|F(u, v) - \min\{F(u, v)\}|}{\max\{F(u, v)\} - \min\{F(u, v)\}}$. $\max\{W(u, v)\}$ 和 $\min\{W(u, v)\}$ 分别为 $W(u, v)$ 的最大值和最小值.

5) 对 $W^*(u, v)$ 进行 DCT 反变换, 得到加水印

的图像.

3.2 水印的提取与检验过程

水印的提取过程也是比较简单的, 过程如图 3 所示. 首先分别对含水印图像和不含水印的原始图像都进行 DCT 变换, 利用公式 $F(u, v) = \frac{W^*(u, v) - w(u, v)}{\alpha(u, v)}$ 得到水印信息的 DCT 系数, 然后 $F(u, v)$ 对进行 DCT 反变换, 最后得到提取出的水印图像.

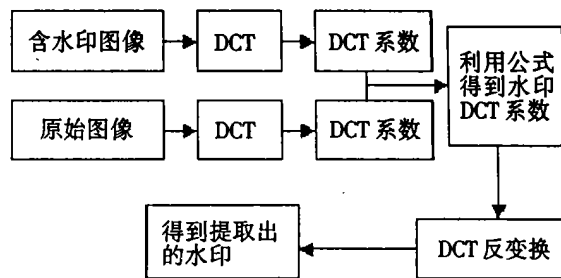


图 3 数字水印的提取过程

有学者提出, 对于提取后的水印信息与原水印信息, 通过互相关值计算来进行相似检测, 然后将互相关值与某种意义水印判断阈值相比较, 确定水印是否存在. 在我们提出的这种水印技术中, 也进行了相关的实验, 证明是可行的. 由于我们嵌入的水印信息的特殊性, 没有利用相似检测得到的结果也差不多, 因此考虑到水印算法的低复杂性, 并不采用相似检测.

3.4 水印信息的识别

对于已经检测出的水印信息, 由于可能存在信号噪声或者被人为破坏, 我们有必要对水印信息进行一定程度的恢复. 方形码中的每个正方形只要确定了若干条边或者若干个点的, 就可以很容易的完全恢复. 我们用方形码程序生成与待检测水印同序列号但不同颜色的水印图像(例如: 待检测的水印图像为蓝色, 识别用水印为红色), 然后进行放大重合检验, 如果待检测的水印与识别用水印能够完全重合, 说明水印信息确实存在. 以上过程既可以用肉眼识别, 也可以通过计算机编程识别. 这种方案比较适合版权管理部门的对水印信息的数据库管理与识别分析.

4 数字水印的稳健性测试

我们采用标准方形码水印图片 $(256 * 256)$ 和宿主图片 lena.jpg 来测试水印方案的稳健性, 整个水

印嵌入和提取模拟攻击均在 MATLAB6.1 中进行. 实验结果证明这种方法的结果还是比较满意的.

4.1 数字水印抗压缩测试

我们将加有水印的图片从 34.6 KB 压缩到 16.5 KB, 再进行水印检测, 得到的测试效果如图 3, 结果说明可以得到比较清晰的水印.

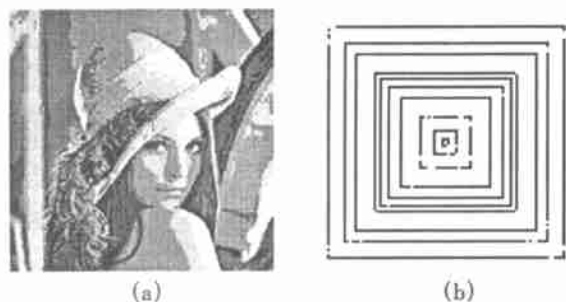


图 3 数字水印抗压缩测试
(a 为含水印图片, b 为提取出的水印)

4.2 数字水印抗噪测试

我们在含有水印的图片中加入强度为 0.6 的高斯噪声, 再进行水印检测, 得到的测试效果如图 4, 结果说明可以得到比较满意的水印.

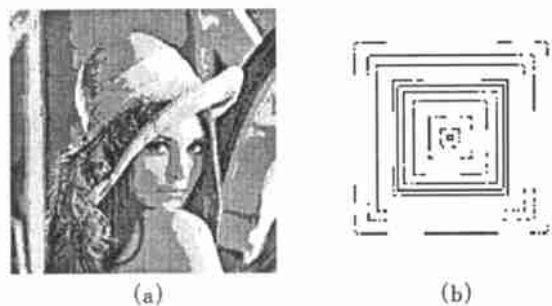


图 4 数字水印抗噪测试
(a 为含水印和高斯噪声的图片, b 为提取出的水印)

4.3 抗模糊和划痕测试

我们对含有水印的图片首先进行模糊处理, 然后加上划痕, 得到的测试效果如图 5, 此时水印信息遭到一定破坏, 但是还是可以恢复到一定可检测水平.

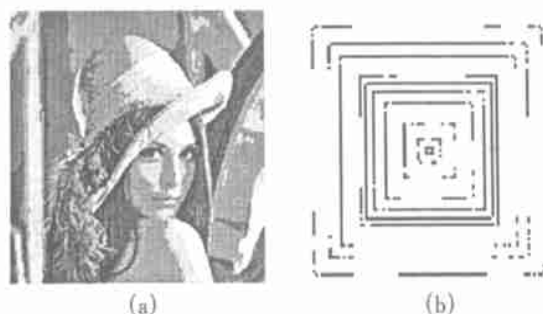


图 5 抗模糊和划痕测试
(a 为含水印被模糊和划痕破坏的图片, b 为提取出的水印)

参考文献:

- [1] Cox I J, Killian J, Leighton T, Shamoon T. Secure spread spectrum watermarking for images, audio and video. In: Proc. IEEE ICIP (Int. Conf. on ImageProcessing), Lausanne, Switzerland, 1996, 3, pp. 243~246.
- [2] Cox I J, Killian J, Leighton F T, et al. Secure spread spectrum watermarking for multimedia. In: IEEE Trans Image Processing, 1997, 6(12), pp. 1673~1687.
- [3] Piva A. DCT-based watermark recovering without resorting to the uncorrupted original images. In: Proc of ICIP '97, 1, 520~523.
- [4] Kundur D, Hatzinakos D. Digital watermarking based on multiresolution wavelet data fusion. In: Proc. ICIP[C]. 1997, 1, pp. 544~547.
- [5] 张益贞, 刘涛. Visual C++实现 MPEG/JPEG 编解码技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [6] 潘纲, 等. 基于二维 DCT 的双图像数字水印算法[J]. 工程图学报, 2000, 3, 119~120.

Image Watermarking Technique Based on Squarecode and DCT

ZUO Li-ming, LIU Er-gen, ZENG Wei, SUN Jing-long

(1. School of Natural Science, East China Jiaotong Uni., Nanchang 330013; 2. School of Maths and Stat, Wuhan Uni., Wuhan 430072, China)

Abstract: A newly image watermarking technique based on Squarecode and DCT are introduced. The experimental results show that the proposed watermark is invisible and robust against common image lossy compression and noise. To some extent, the technology have lots of practical values and theoretical values.

Key words: Squarecode; watermark; DCT; visual marking