

·信号与信息处理·

一种基于二维 DCT 变换的图像信息隐藏方法

孟宪浩, 吕绪良, 蔡云骧, 贾云鹤

(解放军理工大学, 江苏 南京 210007)

摘要:提出了一种基于二维 DCT 变换的图像信息隐藏方法, 经过二维 DCT 变换后的图像能量集中在低频部分, 考虑到人眼的视觉特性, 图像的高频部分可视为视觉冗余部分, 可以把有用信息隐藏在变换载体图像的高频部分, 即以牺牲图像高频信息来达到信息隐藏的效果, 通过 MATLAB 实现这一思想, 对隐藏后的图像质量做了特征分析, 并对下一步实验做出了设想。

关键词:信息隐藏; DCT 变换; 视觉特性

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)03-0063-04

One Method of the Image Information Hiding Based on Two-Dimensional DCT Transform

MENG Xian-hao, LV Xu-liang, CAI Yun-xiang, JIA Yun-he

(PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China)

Abstract: A method of the image information hiding based on two-dimensional DCT transform is proposed. After the two-dimensional DCT transform being made, the image energy concentrates in low-frequency while the high-frequency part can be regarded as vision redundant, considering the visual characteristics of the man's eyes, the useful information can be hid in the transformation of the vector image's high-frequency part, namely by sacrificing the image's high frequency information to achieve the effect of information hiding. Through realizing this idea by MATLAB, the quality of the image is analyzed and the next step of the experiment is conceived.

Key words: information hiding; DCT transformation; visual characteristic

传统的加密技术^[1], 是把有意义的信息编码为伪随机性的乱码以保护信息的一门学科, 经过加密的信息会变成混乱的数据. 这样一来很容易引起攻击者的注意. 信息隐藏提供了另外一种对秘密信息的保护方法, 它通过将秘密信息嵌入到另外一幅有意义的并且不引人注意的图像中来隐藏和传送秘密信息. 和加密技术相比, 加密技术着重于保护秘密信息的内容, 而信息隐藏着重于隐藏秘密信息的存在.

1 信息隐藏的可行性

信息隐藏^[2]技术之所以能够实现是因为:

(1) 多媒体信息本身存在很大的冗余性, 从信息论的角度看, 未压缩的多媒体信息的编码效率是很低的, 所以将某些信息嵌入到多媒体信息中进行秘密传送是完全可行的, 并不会影响多媒体信息本身的传送和使用.

(2) 人的视觉和听觉本身具有某些特性为信息隐藏提供了条件, 比如人眼的视觉惰性、暂留现象、阈值效应等, 利用人的这些特点, 可以很好的将有用信息隐藏而不被察觉. 目前的信息隐藏算法一般来讲可分 2 类: 空间域的方法和变换域的方法^[3], 2 种算法各有利弊, 但都出于将消息嵌入载体冗余部分这一思想, 信息发送流程如图 1 所示.

收稿日期: 2009-04-09

作者简介: 孟宪浩(1983-), 男, 新疆昌吉人, 硕士, 助教, 主要研究领域为信息应用技术研究.

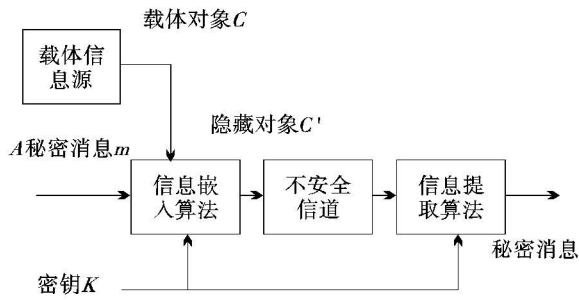


图1 信息发送流程

变换域技术,即把隐藏的信息嵌入到载体的一个变换空间(如频域)与空域方法相比,变换域方法的优点如下:

(1)在变换域中嵌入的信号能量可以分布到空域的所有像素上。

(2)在变换域中,人的感知系统的某些掩蔽特性可以更方便地结合到编码过程。

变换域方法可与数据压缩标准,如 JPEG 等兼容,常用的变换包括离散余弦(DCT)变换和小波变换。

2 信息隐藏的主要思想

信息隐藏的依据就是想方设法把信息隐藏到图像不敏感区域,或者说是视觉冗余空间,这样不会降低图像视觉质量引起人们的注意,同时也保证了信息传递的安全性^[4]。变换域的具体算法实现起来相对困难,下面给出一种基于 DCT 变换,由 MATLAB 为工具的图像隐藏方法。

2.1 DCT 域的信息隐藏

二维 DCT 变换是目前使用的最著名的有损数字图像压缩系统——JPEG 系统的核心。因此,在域中的信息隐藏,可以有效地抵抗 JPEG 有损压缩。DCT 变换首先要把图像分割成 8×8 的像素块,然后进行二维 DCT 变换,得到 8×8 的 DCT 系数,这些系数从低频到高频按照 Zig-Zag 次序排列,第一个值(左上角)为直流系数,其余为交流系数。DCT 系数中,左上角部分为直流和低频系数,右下角部分为高频系数,中间区域为中频系数。低频代表图像像素之间慢变化,即图像框架部分,高频代表像素之间的快变化,即图像细节部分^[5]。因此,高频部分代表图像中的噪声部分,这些部分容易通过有损压缩或者滤波等处理被

去掉。而中低频部分包含了图像的大部分能量,也可以说,对人的视觉最重要的信息部分,都集中在图像的中低频。一般图像的压缩和处理,为了保持图像的可视性,都保留了图像的中低频部分。而低频部分的改变有可能引起图像较大的变动,因此,为了将隐藏的信息与载体图像的视觉重要部分绑定,一般都应将隐藏信息嵌入到载体的中高频部分,达到既不引起视觉变化,又不会被轻易破坏的目的。

给出实数列 S 的二维 DCT 变换公式

$$S(u, v) = \frac{2}{N} C(u) C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} s(x, y) \cos\left(\frac{\pi u(2x+1)}{2N}\right) \cos\left(\frac{\pi v(2y+1)}{2N}\right) \quad (1)$$

$$S(x, y) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u) C(v) S(u, v) \cos\left(\frac{\pi u(2x+1)}{2N}\right) \cos\left(\frac{\pi v(2y+1)}{2N}\right) \quad (2)$$

2.2 MATLAB 实现步骤

通过 MATLAB 工具箱可以方便地实现信息隐藏的效果,需要注意的是在实现过程中各变量之间的转换,DCT 变换后图像矩阵精度发生变化,在消除载体图像的高频分量后,经 DCT 变换后的信息图像矩阵叠加在载体图像矩阵的右下角即高频分量处,若矩阵的行列不规则,不能直接做加法处理,可以考虑将 2 幅图像的行列做补零的调整,使 2 幅图像可以直接相加,程序流程如图 2。试验效果图如图 3~图 5。

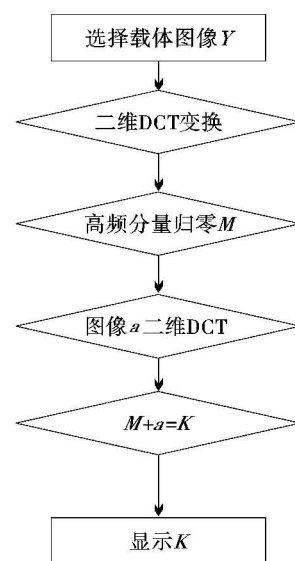


图2 MATLAB 的实现流程



图 3 lena 灰度图像 (Y)

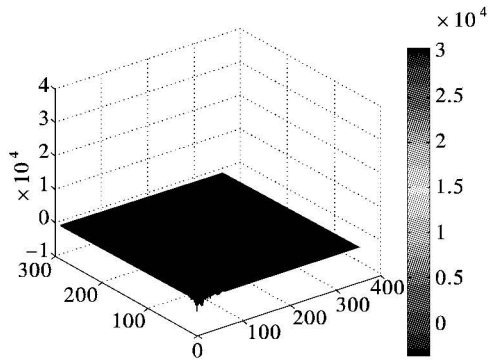


图 4 lena 图像的二维 DCT 结果



图 5 蝴蝶(有效信息 a)



图 6 信息隐藏完成效果

3 实验分析

在信息隐藏技术中,峰值信噪比、均方根误差、图像特征相对误差是最重要的几个性能指标.下面对它们分别展开讨论:

(1)峰值信噪比 $PSNR$ 常用来衡量嵌入隐藏信息后图像的质量, $PSNR$ 越高,表明信息嵌入后对原待嵌入信息的图像带来的噪声越小,也就是隐藏的效果越好.

$PSNR$ 定义如下

$$PSNR = 10\log(255 \times 255 \times M \times N / \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N (f(i, j)' - f(i, j))^2) \quad (3)$$

其中, $f(i, j)$ 是原来的待嵌入隐藏信息图像; $f(i, j)'$ 是嵌入信息后的图像; M, N 是图像的尺寸.

(2)均方根误差 $RMSE$ 可以较好地反映嵌入隐藏信息前后 2 幅图像的误差. $RMSE$ 越小,表明 2 幅图像越相似.

$RMSE$ 定义如下

$$RMSE = \left[\frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (c(i, j) - s(i, j))^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

实验中以不同的图像作为待嵌入隐藏信息图像,实验结果如表 1 所示.

(3)图像特征相对误差.众所周知,像素灰度是图像各离散点量测幅度的样本值,是最原始、最基本的特征数据.均值表示图像包含的平均能量,标准差表示像素灰度分布的分散程度,该值越小说明像素灰度分布越集中,越大说明像素灰度越分散.

实验结果如表 2 所示.

通过对以上特征数值分析并在 MATLAB 实现 DCT 域的信息隐藏实验可以看出,图 3 作为载体图像和图 6 的信息隐藏完成图像相比,图像的框架基本无变化,变化较多的是图像的细节部分,但是调整后这种细节部分的变化可以控制在人眼能够忍受的

表 1 不同图像嵌入后的 $PSNR$ 值和 $RMSE$ 值

属性	人物		风景		植物		动物	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
PSNR	76.70	75.59	78.79	75.02	76.17	76.26	78.15	75.80
RMSE	0.072	0.102	0.036	0.087	0.082	0.092	0.064	0.099

表 2 文本信息隐藏前、后图像特征相对误差

图 片	$F(\Delta T) = \Delta T / T_{\text{隐藏前}} $			
	$F(\Delta V)$	$F(\Delta 4; \text{RGB})$	$F(\Delta I)$	
风 景	Pict1	0.035	(0.185;0.142;0.195)	0.142
	Pict2	0.017	(0.192;0.165;0.202)	0.165
植 物	Pict3	0.002	(0.187;0.195;0.194)	0.182
	Pict4	0.067	(0.189;0.184;0.181)	0.180
动 物	Pict5	0.109	(0.075;0.072;0.069)	0.067
	Pict6	0.098	(0.191;0.194;0.194)	0.186
人 物	Pict7	0.087	(0.145;0.181;0.181)	0.144
	Pict8	0.031	(0.195;0.195;0.195)	0.195

范围内,从而不易发现图 5 这个有用信息,达到信息隐藏的目的,图 4 为原始图像经 DCT 变换后的能量分布图,经过对 DCT 变换的特征分析,选用了载体图像的特定区域,即 DCT 系数中高频部分 N 个最大的 DCT 系数作为待隐藏图像的 DCT 系数,减少了对原图像视觉的影响.实验表明,嵌入隐藏信息后的两幅图像在视觉上人眼无法分辨,算法具有良好的隐秘性和较强的鲁棒性,可以有效地抵抗随机噪声、位置变换、变形、剪切等操作.

4 结 束 语

目前所采用的变换域信息隐藏方法有多种,由于 DCT 变换是最常用的有损数字压缩系统 JPEG 的核心,采用这种方法不仅适用范围广,可以推广到视频压缩等领域,而且信息隐藏的鲁棒性较好.给出的这种方法简单易行,但效果欠佳,可以通过对图像

分块后,各子块分别采用 DCT 变换后再进行隐藏过程,并且在对完成效果要求较低的情况下还可对完成图像进行滤波,从而减少杂波噪声对图像的影响,这些方法在以后的实验中进行.

参 考 文 献

- [1] 汪小帆,戴跃伟,毛耀斌.信息隐藏技术方法与应用[M].北京:机械工业出版社,2001.
- [2] 徐常勇,平西建,张涛.视频信息伪装技术综述[J].计算机应用研究,2006:8-11.
- [3] 张立和,周继军,陈伟,等.透视信息隐藏[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [4] Fabien A P Petitcolas, Rosa J Anderson, Markus G Kuhn. Information Hiding; A Storey[C]//Pmc. of the IEEE, 1999:1062-1078.
- [5] Po-Chyi Su, C-C Jay Kuo. Steganography in JPEG2000 Compressed Images [J]. IEEE Trans. on Consumer Electmnics, 2003, 49(4): 824-832.

(上接第 32 页)

以上是用 Delphi 6 实现的透过率计算子程序,其代码短小,计算速度快,准确度高,可方便嵌入到各种实际应用的红外辐射测量系统中.

4 结 束 语

红外大气传输的计算是红外技术的一个重要的研究领域,由于大气环境的复杂多变,计算红外大气传输的理论算法也很繁琐.通过将 LOWTRAN 7 软件嵌入到面向对象的高级语言 Delphi 6 中,得到了

一种简单方便的计算红外大气传输的方法,可直接应用于各种红外辐射测量系统.

参 考 文 献

- [1] 张建奇,方小平.红外物理[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- [2] Kneizys F X, Shettle E P, Abreu L W, et al. User guide to LOWTRAN 7[M]. Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom, AFB, MA 01731, 1988.
- [3] 曹阳. Delphi 7 经典问题解析[M].北京:中国水利水电出版社,2003.