

基于 DCT 变换下的 DM-QIM 数字图像水印算法

The DM-QIM Digital Image Watermarking Algorithm Based on DCT Transformation

陈燕 CHEN Yan

(湖南高速铁路职业技术学院, 衡阳 421002)

(Hunan Technical College of Railway HighSpeed, Hengyang 421002, China)

摘要: 基于 DCT 域下的水印算法相对于空域中水印算法具有更好的稳定性、更大的容量, 以及更好的隐蔽性, 同时在借助人类的感知模型的情况下能设计出具有较好保真度的水印系统。本论文对 DM-QIM(Quantization Index Modulation)水印方案进行了系统的研究, 介绍了这种数字水印算法的原理及模型, 探究了数字水印的嵌入和提取方案, 最后对实验结果做了分析和总结。

Abstract: DCT-based watermarking algorithm with respect to the airspace watermarking algorithm has strong robustness, and larger capacity, better concealment. While using human perception model can design better fidelity watermarking system. This chapter examines a DM-QIM (Quantization Index Modulation) watermarking scheme, describes the principle of the digital watermarking algorithm and model to analyze the digital watermark embedding and extraction program, finally analyzes and summarizes the experimental results.

关键词: 水印算法; DCT; DM-QIM

Key words: watermarking algorithm; DCT; DM-QIM

中图分类号: TP309

文献标识码: A

文章编号: 1006-4311(2013)36-0230-02

1 量化索引调制(QIM)

1998 年, Quantization Index Modulation(QIM)是由麻省理工大学的 Brian Chen 和 Gregory W. Womell 提出的一种水印嵌入方法。在现有的算法中, 发现该算法能够实现嵌入效率、嵌入失真度及鲁棒性间的平衡。

1999 年 Chen 和 Womell 还提出了能够实现大容量水印的方案, 这个方案是基于 Costa 的“脏纸编码”思想^[1]。此后, 他们又提出量化索引调制 DC-QIM (Distortion-Compensated QIM), 这种调制方法能够实现失真补偿。至今, QIM 水印方案包括抖动调制 DM(Dither Modulation)、扩展变换抖动调制 STD(M Spread Transform Dither Modulation)、带失真补偿的抖动调制 DC-DM (Distortion-Compensated Dither Modulation)等^[2]。

根据嵌入的不同的水印信息来选择合适的量化器, 实现对载体信息的量化, 从而使嵌入前后的图像信息在不同的量化区间上量化后呈现带有水印的信息。这就是量化索引调制 QIM 原理的实现思路。量化函数可表示为:

$$f = \Delta * [I / \Delta] \quad (1)$$

其中 Δ 表示量化步长, $[*]$ 表示取整运算。

从公式(1)可以看出其是个多对一的不可逆函数。量化后输出的值是离散的, 在量化允许的误差范围内, 可以保证信息具备的抗干扰能力, 这一特点正好满足水印稳健性的要求。在使用上述量化函数的过程的时候, 在满足量化误差小于二分之一的量化步长的条件下, 量化后的信息 f 和量化前的信息 I 近乎相等, 这表明图像信息可以实现量化前后图像信息的变化, 但是效果不明显。这样能够满足嵌入水印图像的不可感知特性。所以综合上述表述, 可

以看出量化函数很好地满足了水印在稳健性和保真度方面的要求, 是能够应用于图像数字水印技术中的。量化索引调制的嵌入算法为:

$$F(I, W) = Q(I, W, \Delta) \quad (2)$$

其中 I 表示图像中待嵌入信息的载体向量, W 指待嵌入水印信息的索引, Δ 表示的是选择的量化器的量化步长, 函数 $Q(I, W, \Delta)$ 表示当量化步长为 Δ 时, 第 W 个量化器函数, $F(I, W)$ 则是经过量化处理之后的载体向量。水印信息不同, 所控制的量化器也不一样, 例如在二进制水印中, 二进制的“0”和“1”分别对应了两个与不同量化器对应的, 从而根据水印信息对载体图像信息进行相应的量化处理。在水印的提取过程中, 则可采用最小距离解码器或最大似然解码器解码完成。

QIM 图像水印的一般嵌入模型如图 1 所示。

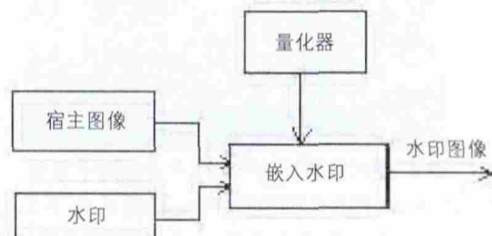


图 1 QIM 数字图像水印算法框图

目前比较成熟的数字水印算法就是利用量化算法来实现的, 其方法是: 利用水印比特位对载体数据进行量化处理, 依据水印信息和量化值对要保护的信息做微小的改动来完成水印的嵌入。

此外, 许多研究者又将量化思想用于不同掩蔽信息以及不同的变换域上, 丰富了基于量化的数字水印算法, 例如文献提出了一种在量化之后的系数中直接加上水印的

作者简介: 陈燕(1983-), 女, 浙江诸暨人, 讲师, 研究方向为数据通信。

算法,文献通过将色彩空间由 RGB 转换到 CIELab 空间上的各个颜色轴采用均匀量化,从而实现了彩色图像的数字水印的嵌入方案,文献[3]给出一种防止信息被篡改的量化算法,该算法主要思想是对载体图像 8×8 分块后各个块的 DCT 变换系数采用“之”字型扫描的方法选出前十五个系数,再使用量化方法实现水印嵌入,并将嵌入过程中的量化步长作为密钥。

2 抖动量化索引调制(DM-QIM)

抖动调制结构形式相对简单,是一种特殊的 QIM 方法。为了实现信息的嵌入,我们可以把带有水印信息的抖动量进行调制。等到载体信号进行抖动后,就会合成信号,在采用基本量化器 $Q(*)$ 情况下,嵌入函数可以表示为:

$$F(k) = Q(I(k) + W(k, w_k)) - W(k, w_k) \quad (3)$$

其中, $Q(*)$ 表示量化器, $W(k, w_k)$ 为嵌入水印位为 w_k 时的第 k 个抖动量,原始信号用 $I(k)$ 表示,量化索引调制后的信号则用 $F(k)$ 表示。若将一个二值序列或者图像作为要嵌入的水印信息,任意选择一个抖动量 $d(k, 0)$, 满足式(4):

$$\begin{cases} d[k, l] = d[k, 0] + \frac{\Delta_k}{2}, d[k, 0] < 0 \\ d[k, l] = d[k, 0] - \frac{\Delta_k}{2}, d[k, 0] \geq 0 \end{cases} \quad k=1, 2, \dots, L \quad (4)$$

图 2 表示抖动调制 DM 的水印嵌入过程。

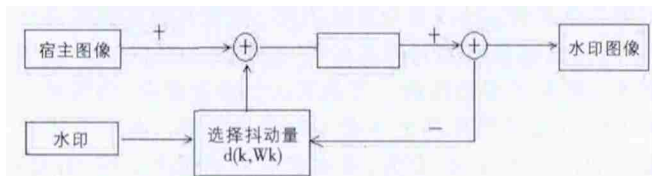


图 2 DM-QIM 水印嵌入算法框图

如果采用 DM 方案进行水印的嵌入,那么在提取水印信息时,一般采用最小距离检测即可实现。

$$b_k = \arg\min(Y_k - S_i(k, l))^2 \quad (5)$$

其中, Y_k 为水印检测器接收到的信号, $S_i(k, 0)$ 、 $S_i(k, l)$ 、分别为 Y_k 中以式(5)方式嵌入“0”和“1”的两个信号集合,具体的检测实现过程如图 3 所示。

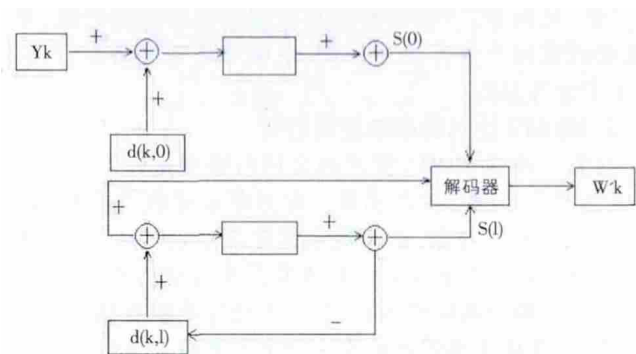


图 3 DM-QIM 水印提取算法框图

3 基于 DM-QIM 数字图像水印算法

3.1 数字水印嵌入算法 设 $X(i, j)$ 为数字图像, $W(k, l)$ 为水印信息, $d(k, l)$ 为抖动量化, 其与水印信息对应。

- ①载体图像 $X(i, j)$ 进行 8×8 DCT 系数分块;
- ②计算对应的抖动量化矩阵 $d(k, l)$;

③利用 $d(k, l)$ 及 $W(k, l)$ 进行量化嵌入;

④合成各个子块,进行逆 DCT 变换,得到嵌入水印后的图像 $X'(i, j)$ 。

3.2 数字水印提取算法 设 $X'(i, j)$ 为嵌入水印后的数字图像, $W'(k, l)$ 为提取的水印信息, $d(k, l)$ 为抖动量化。

- ①水印图像 $X'(i, j)$ 进行 8×8 DCT 系数分块;
- ②计算对应的抖动量化矩阵 $d(k, l)$;
- ③ $d(k, l)$ 及 $X'(i, j)$ 进行量化误差计算;
- ④利用最小距离检测法判决水印位信息,并合成水印信息。

4 仿真实验

为了验证算法的可靠性,选择一副 512×512 的 Lena 图像(如图 4)嵌入水印选择 16×16 二值图像,选择 MATLABR 2008a 软件仿真,量化步长选择 15。

图 4 是宿主图像和嵌入水印后的图像,从图像上看不出水印被嵌入。



图 4 嵌入水印图像

图 5 是原始水印图像和提取的水印,可以看出水印没有发生任何的变化。

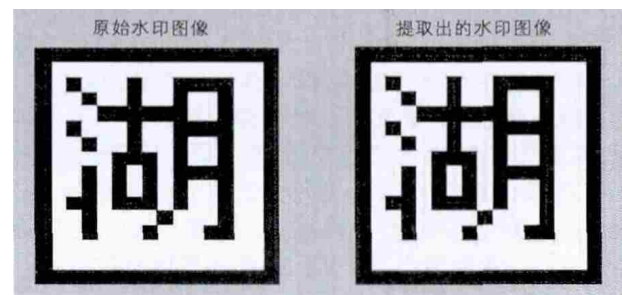


图 5 提取水印图像

5 结论

本文在对 DM-QIM 数字水印算法进行了研究,并作出了仿真。该算法主要是在 DCT 域中进行,采取 8×8 分块嵌入水印信息。实验证明该算法具有一定的正确性,并适用于数字图像水印算法。

参考文献:

- [1] M H Costa. Writing on Dirty Paper. IEEE Transactions on Information Theory. 1983, 29(3): 439-441.
- [2] B Chen, G W Wornell. Quantization Index Modulation: A Class of Provably Good Methods for Digital Watermarking and Information Embedding. IEEE Transactions on Information Theory. 2001, 47(4): 1423-1443.
- [3] J Kim, S S Han, J H Shin. An Improved Tamper-Detection Method for Digital Images. IEEE International Symposium on Industrial Electronics. 2001, 1: 227-231.