

基于 Moment Normalization 和 M 序列的二值水印算法

刘娟梅, 李乔良, 唐子惠, 杨 琦

(湖南师范大学 数学与计算机科学学院 计算机系, 湖南 长沙 410083)

摘 要: 针对因特网上数字图像的版权保护、认证和完整性等问题, 基于 DCT 变换、image moment normalization 和 m 序列, 提出了一种二值水印嵌入算法, 实现了二值图像的嵌入和提取。根据 m 序列的伪随机性和抗干扰性能, 使水印具有良好的隐蔽性和稳健性; 使用了 moment normalization 能抵制各种几何攻击。实验表明该算法具有很好的鲁棒性、实用性和可操作性。

关键词: 数字水印; DCT; moment normalization; m 序列

中图分类号: TP393.08

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)05-0153-03

A Binary Watermark Embedding Algorithm Based on M-Sequence and Moment Normalization

LIU Juan-mei, LI Qiao-liang, TANG Zi-hui, YANG Qi

(Dept. of Computer, College of Computer Science Technology, Hunan Normal University, Changsha 410083, China)

Abstract: Aiming at these problems of digital image on the Internet, including copyright protection, authentication and integrity, proposes a binary watermark embedding algorithm based on m-sequence, moment normalization and DCT, which achieves the embedding and extracting of a binary image. Based on the strongly confidential and anti-jamming characteristics of m-sequence spread spectrum technology, the algorithm has strong robustness; moreover, regarding resistance to geometrical attacks, use moment normalization mechanisms to recover geometrical distortion. Experiment results show that the algorithm has good robustness, practicability and maneuverability.

Key words: digital watermark; DCT; moment normalization; m-sequence

0 引 言

数字图像水印是嵌入并存在于图像数据中的不可见的识别码或标记, 具有难以去除和破坏等特点。目前已存在多种数字水印算法, 水印都是一个或几个数字序列, 通过相关检测和确定的阈值来确定水印的存在, 但是, 水印是序列的方案不符合数字图像版权保护的实际需要, 而且阈值的存在总会造成虚警错误和漏警错误。为了解决这个问题, 提出一个不用阈值的二值水印嵌入算法, 该算法先对图像做 moment normalization, 然后再做分块 DCT 变换, 然后再利用 m-sequence 对水印进行调制, 最后进行水印的嵌入。

1 image moment normalization

原图像基于其中心矩进行归一化, 矩块化是一个非常有用的技术, 图像的矩可以用来描述和图像的轴有关的内容。矩可以用来表现图像的特性, 且可以表示那些在统计上面用来类比的属性。矩块化主要是用来抵制几何攻击。

图像矩块化^[1~3]的步骤如下:

1) 计算图像 I 的中心。

$$xbar = M_{10}/M_{00}$$

$$ybar = M_{01}/M_{00}$$

$$(M_{ij} = \sum \sum x^i * y^j * I(x, y))$$

2) 计算中心矩。

$$\mu_{ij} = \sum \sum (x - xbar)^i * (y - ybar)^j * I(x, y)$$

3) 基于矩计算协方差矩阵 COV。

$$\begin{bmatrix} \mu_{20} & \mu_{11} \\ \mu_{11} & \mu_{02} \end{bmatrix}$$

4) 计算协方差矩阵 COV 的特征向量

收稿日期: 2007-08-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10571052)

作者简介: 刘娟梅(1980-), 女, 硕士研究生, 从事数字水印和网络通信与安全方面的研究; 李乔良, 教授, 研究方向为数字水印、网络通信与安全。

$$\begin{pmatrix} elx & ely \\ -ely & elx \end{pmatrix}$$

和特征值

$$\lambda_i = 1/2 * (\mu_{20} + \mu_{02}) \pm \sqrt{(4\mu_{11}^2 + (\mu_{20} - \mu_{02})^2)}$$

5) 计算方向角。

$$\theta = 1/2 * \arctan(2\mu_{11}/(\mu_{20} - \mu_{02}))$$

6) 计算旋转矩阵 R 。

$$\begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$$

7) 计算缩放矩阵 S 。

$$\begin{pmatrix} (\lambda_1\lambda_2)^{0.25}/\sqrt{\lambda_1} & 0 \\ 0 & (\lambda_1\lambda_2)^{0.25}/\sqrt{\lambda_2} \end{pmatrix}$$

8) 平移矩阵就是协方差矩阵的标准向量。

9) 图像块化 $I_m = RST * I(x, y)$

2 扩频技术和 m 序列

扩频作为一种新型的通信方式,具有抗干扰、抗噪声、低功率谱、保密性好等优点,它利用伪随机码对被传输信号进行频谱扩展,使之占有的信道带宽远远超过其在一般通信意义下所必需的最小带宽,在接收端利用同一伪随机码对接收信号进行同步相关处理以解扩和恢复数据,扩频技术中使用的伪随机码具有类似白噪声的性质,随机变化,但又是周期的、有规律的,可以人为地产生和复制。由于其具有类似白噪声的性质,相关函数具有尖锐特性,因此易于从其他信号或干扰中分离出来,具有优良的抗干扰特性,伪随机码通常由二进制移位寄存器产生,而 m 序列^[4~6]是最常用的性能优良的伪随机码。

m 序列又称最大长度序列,是由 n 级二进制线性反馈移位寄存器产生的周期性伪随机序列,由 0 和 1 组成。一个 4 级 m 序列对应的线性反馈移位寄存器如图 1 所示。

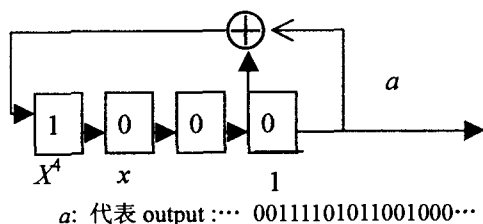


图 1 4 级线性反馈移位寄存器

由寄存器初始状态 1000 开始,经过不断的移位和模 2 加法,末级输出伪随机序列。因为 4 级寄存器共有 2^4 个状态,除去全 0 状态,因此周期为 $2^4 - 1 = 15$ 。

可以证明, m 序列是具有零均值、周期性和平衡性的二值化伪随机序列,最主要的是它有十分良好的自

相关性。周期为 $p = 2^n - 1$ 的 m 序列自相关值为:

$$\left. \begin{aligned} \rho(0) &= 1 \\ \rho(i) &= -1/p \\ 1 \leq i \leq 2n-2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

由于其旁瓣很小,当 n 很大时旁瓣接近于 0,自相关值呈现尖峰状,因此可以用来可靠地检测和恢复水印信息。

3 水印算法

在研究水印算法时,还需要利用人眼视觉系统的特性,以增强水印的不可见性和鲁棒性。通过对人类视觉系统的研究,发现人眼对位于低频部分的噪声相对敏感,为了水印不易察觉,应该将水印嵌入到较高频率段,但是通常图像的绝大部分能量都集中在低频范围,嵌入到高频的水印很容易因量化等处理而丢失,为了解决低频和高频的矛盾,文中的水印算法考虑将水印嵌入到宿主图像的中频段。

3.1 水印嵌入算法

该算法采用的原图像是 $256 * 256$,水印图像是采用 $32 * 32$ 的二值图像。

1) 对原图像进行 moment normalization, 然后进行分块 DCT 变换(每块 $8 * 8$) 然后对变换后的系数矩阵进行 zig-zag 扫描,从每块中选一个中频系数组成一个系数序列,共 1024 个;

2) 再把水印图像按从左到右、从上到下组成一个水印序列,共 $W[i](i = 1024)$;

3) 然后选取一个 10 级的 $m[j](j = 1024)$ 序列和水印序列进行调制,得到调制后的水印序列为 Wm , 然后按公式进行嵌入:

$$C_i = c_i + \alpha * Wm[i]$$

式中 α 代表嵌入水印的强度; c_i 代表原始图像水印, C_i 代表嵌入水印后的系数。整个嵌入过程如图 2 所示。

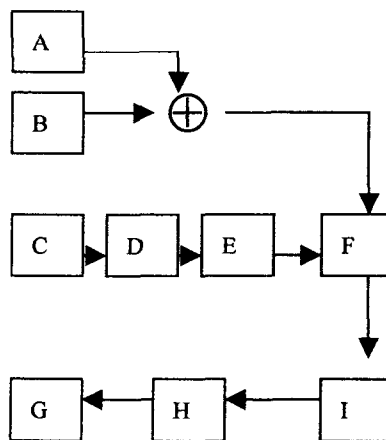


图 2 水印嵌入过程

图中, A: 水印图像; B: M 序列;

C:原始图像;D:moment normalization;
E:Block - Dct F:水印前入;
G:含水印图像;
H:Inverse moment normalization;
I:IDCT。

3.2 水印检测

水印检测不需要原始图像,但是需要嵌入时相同的 m 序列来相关解扩。其具体步骤如下:

- 1)首先对含有水印的图像作 moment normalization,
- 然后再分块 DCT 变换。
- 2)提取水印。
- 3)用 m 序列进行解扩。
- 4)得到解扩后的水印序列。
- 5)按公式进行判断:

$$Cor = \frac{\sum_i w_i * \tilde{w}_i}{\sum_i w_i^2}$$

如果 Cor 越接近 1,说明有水印;越接近于 0,说明没有检测到水印,或者待测图像受到了严重的蜕变。图 3 描述了水印的提取过程。

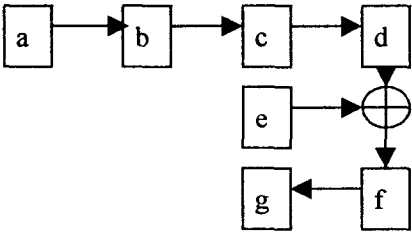


图 3 水印提取过程

图中,a:含水印图像;b:moment normalization;
c: Block - dct;d:提取水印;
e:M 序列;f:水印序列;
g:判断。

4 仿真实验

用 StirMark3.1^[7]来评估该水印算法的鲁棒性。进行了 StirMark3.1 中默认测试,如图 4 所示。

旋转,中值滤波,JPEG 压缩(结果如图 5 所示)等等,测试结果见表 1。表中的 BER 代表含有水印的图像中提取出来的水印和原始水印进行比较,等于错误的数目除以总共嵌入的总数目。

表 1 StirMark3.1 的测试结果

攻击类型	1	2	3	4
scaling	0	0	0	0
Rotation crop	0.30	0.30	0.20	0.05
Cropping	0.10	0.20	0.40	0.40
Median filter	0	0	0	

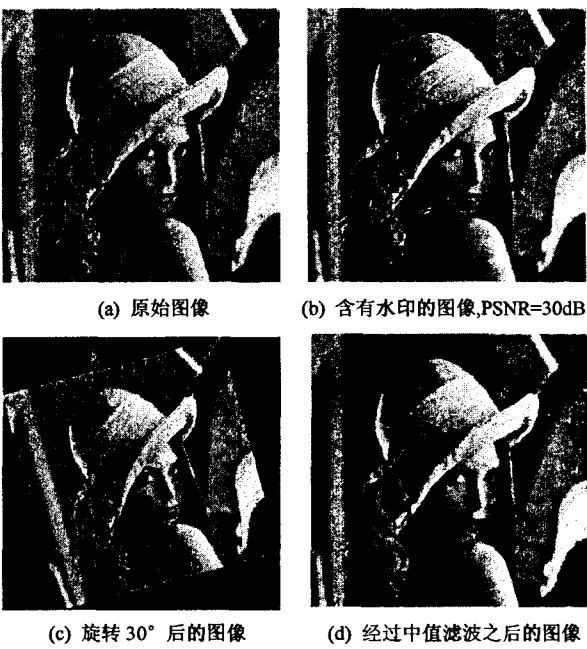


图 4 实验结果

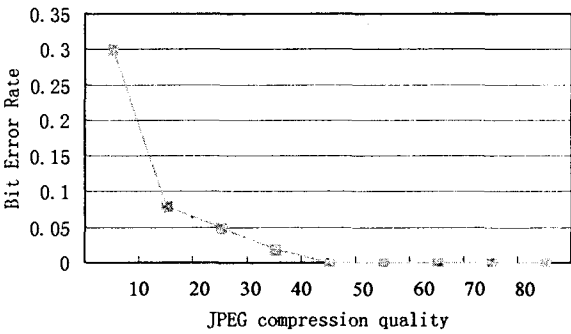


图 5 BER vs. JPEG quality

5 结束语

从实验结果看,该算法对一些几何攻击和信号处理有较好的鲁棒性,具有一定的实用价值。

参考文献:

[1] Lu Chun - Shien. Towards robust image watermarking: combining content - dependent key, moment normalization, and side - informed embedding[J]. Signal Processing: Image Communication, 2005, 20(2): 129 - 150.

[2] Dong P, Galatsanos N P. Affine transformation resistant watermarking based on image normalization [C]//IEEE Int. Conf. Image Processing. Rochester, NY: [s. n.], 2002: 489 - 492.

[3] Parameswaran L, Anbumani K. A Robust Image Watermarking Scheme using Image Moment Normalization[J]. Transactions on Engineering, Computing and Technology, 2006, 13: 239 - 243.

(下转第 167 页)

更清晰,把具有相似特征的客户归为一类,不同特征的客户分为不同的类,可以清楚地看出各类用户的主要消费方向,比仅仅从统计学角度的分类更合理,便于有关部门对不同的客户制定更加合理有效的营销策略,提高企业效益。

4 结束语

随着数据库和网络的飞速发展,聚类任务所涉及的数据规模越来越大,K-means 方法是聚类方法中常用的一种,当有计算资源和计算时间约束的情况时,它存在一定的局限性,而当数据规模很大时,这个矛盾更加突出^[7]。文中提出的改进算法是一种适用于大规模数据处理的方法,它可以比较有目的地选取初始聚类中心,减小聚类结果对初值的依赖性,提高聚类的稳定性,使改进后的算法在准确度和耗费时间上都有所改善。文中采用聚类分析中的 K-means 算法,对电信行业的客户进行聚类,主要是根据客户的消费特征来进行的。以此有针对性地提供服务,提高营销政策的针对性和有效性。这样才能在激烈的市场竞争中获得主动地位,提高电信行业企业的效益和竞争力。

文中采用改进的 K-means 聚类算法对电信客户

数据进行聚类分析,得到具有不同特征的客户群组,对不同群组采取不同的经营策略,帮助管理者提供了合理的决策支持。该算法的改进思想也可以为其他领域客户细分分析提供参考。

参考文献:

- [1] Moore A W. The anchors hierarchy: Using the triangle inequality to survive high dimensional data [C]//In: Proc. UAI - 2000: The Sixteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence. New York: Springer, 2000.
- [2] Han J W, Kamber M. Data Mining: Concepts and Techniques [M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2000.
- [3] Bult J R, Wansbeek T. Optimal selection for direct mail [J]. Marketing Science, 1997, 14(4): 321 - 324.
- [4] 袁方, 孟增辉, 于戈. 对 k-means 聚类算法的改进 [J]. 计算机工程与应用, 2004(36): 44 - 48.
- [5] Forgy E. Cluster analysis of multivariate data: Efficiency vs. interpretability of classifications [J]. Biometrics, 1965, 21(3): 768 - 771.
- [6] 陈光宇, 胡丽英, 苏勇. 聚类分析在电信行业客户关系管理中的应用 [J]. 微计算机信息, 2006, 22(11): 57 - 60.
- [7] 易瑛, 路璐, 曹东. 改进的 k-means 算法在客户细分中的应用研究 [J]. 微型机与应用, 2005(12): 34 - 37.

(上接第 155 页)

- [4] 周利军, 周源华. 数字图像水印的扩频实现 [J]. 红外与激光工程, 2000(5): 27 - 31.
- [5] 陈海永, 刘泊, 邢佳. 基于 DCT 变换和 m 序列的二值水印嵌入算法 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2004(5): 76 - 79.

(上接第 162 页)

指标为 498080, 同时得到的最好的调度为 (5, 3, 4, 2, 1)。

表 1 成本参数表

主产品号	超产惩罚系数	欠产惩罚系数
1	1200	5000
2	1000	4000
3	1000	4000
4	1450	3000
5	1456	6000

6 结束语

研究了汽车装配车间生产计划与调度的同时优化问题,着重讨论了生产计划和调度同时优化模型的建立和求解方法,同时给出了系统体系架构的四层模型。

文中所讨论的算法已在汽车装配车间生产计划与调度系统中使用,并给南京某汽车总装厂带来了良好

的经济效益。而且该系统是一个组件化的开放式系统,具有较好的灵活性和适应性,能够适应企业的未来发展。

参考文献:

- [1] 高筱芸, 严洪森, 路致远. 基于模型重构的生产计划优化系统设计 [J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(3): 167 - 169.
- [2] 严洪森, 夏琦峰, 朱旻如, 等. 汽车装配车间生产计划与调度的集成优化方法 [J]. 自动化学报, 2002, 28(6): 911 - 919.
- [3] 缪红萍. 免疫遗传算法及应用研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2005.
- [4] 钟远晖. NET 平台下企业生产管理软件系统的研究和开发 [D]. 南京: 东南大学, 2004.
- [5] 盛蕾, 方华. 基于 ASP.NET 的四层 WEB 应用模型设计与实现 [J]. 计算机与数字工程, 2006, 34(7): 147 - 150.