

文章编号:1004-4736(2008)01-0095-03

遗传算法在数字水印技术中的应用

王忠,叶雄飞

(武汉工程大学计算机科学与工程学院,湖北 武汉 430074)

摘要:充分利用遗传算法的优点,寻找一个最佳的水印嵌入强度,利用离散余弦变换进行水印的嵌入;并根据遗传算法和水印算法的特点,提出了适应度函数值的选择和遗传算法的终止准则方法.实验结果表明,利用遗传算法优化嵌入强度,可以较好地解决鲁棒性和不可见性的矛盾,实现水印的优化嵌入.

关键词:数字水印;遗传算法;适应度;优化

中图分类号:TP 391

文献标识码:A

0 引言

遗传算法是 Holland 在 1975 年提出的,基于自然选择和遗传的机制来自适应提供随机、全程搜索直至找到最终解决方法.现已广泛用于解决优化问题,特别是对于一些 NP 问题,遗传算法常常能给出令人满意的.

数字水印技术是实现版权保护的有效办法,已成为多媒体信息安全研究领域的一个热点,也是信息隐藏技术研究领域的重要分支.目前,在数字水印技术方面,已经有很多种技术了.总的来说,分为两类,一类为空域型数字水印,另一类为频域型数字水印.研究多的是后者,较为常见的有离散余弦变换域水印、离散小波变换域水印以及离散傅立叶变换域水印.

传统的水印技术常常采用一种叫舍入的方法来嵌入水印,其具体做法是把实数强制性取为整数,这样不可避免地带来了精度问题,使得提取出的水印质量下降.文献[1]利用遗传算法的优化功能来提取水印,在一定程度上弥补了这个缺陷,它避开了舍入过程.文献[2]利用遗传算法实现了水印在空域中的优化嵌入,使加入水印的图像基本上与原图像无视觉差别.文献[3]利用遗传算法将易损水印直接嵌入到宿主图像的频域,而且提取易损水印时无需经过变换即可提取易损水印,有效的提高了易损水印的精确性.文献[4]利用遗传算法来快速地计算嵌入水印的最佳能量,将水印嵌入到小波域中.

本文利用遗传算法优化水印嵌入强度,将水印嵌入到余弦变换域中,达到了很好的嵌入效果;并根据水印算法和遗传算法的特点,提出了遗传算法在水印算法应用中的解决方案.

1 遗传算法

Holland 创建的遗传算法(简称 GA)是一种概率搜索算法,它是利用某种编码技术作用于称为染色体(chromosome)的数串,其基本思想是模拟这些数串的进化过程.该算法通过有组织地然而随机地信息交换重新组合那些适应性好的串,在每一代中,利用上一代串结构中适应好的位和段来生成一个新的串的群体;作为额外增添,偶尔也要在串结构中尝试用新的位和段来替代原来的部分.

遗传算法是一类随机化算法,但是它不是简单的随机走动,它可以有效地利用已经有的信息处理来搜索那些有希望改善质量的串,类似于自然进化,遗传算法通过作用于染色体上的基因,寻找好的染色体来求解问题.与自然界相似,遗传算法对待求解问题本身一无所知,它所需要的仅是对算法所产生的每个染色体进行评价,并基于适应度值来选择染色体,使适应性好的染色体比适应性差的染色体有更多的繁殖机会.遗传算法的基本过程包括选择过程,交叉过程和变异过程.

2 基于遗传算法的水印技术

基于遗传算法的水印框架如图 1 所示.

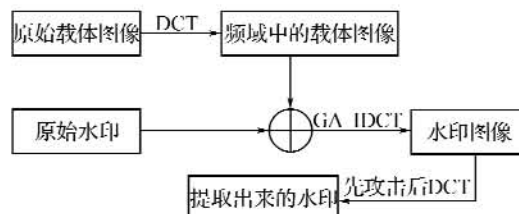


图1 基于遗传算法的水印框架

Fig. 1 The watermarking scheme based on genetic algorithm

收稿日期:2006-12-29

作者简介:王忠(1968-),男,湖北江陵人,副教授,硕士,研究方向:图像处理、数字水印等.

对于给定的原始载体图像,经过离散余弦变换(DCT)后,得到了对应在频域中的载体图像,根据遗传算法优化得到的水印嵌入强度嵌入水印,再经过反离散余弦变换(IDCT),即得到了水印图像.在这个过程中,水印的嵌入公式采用 Cox^[5]的乘法原则公式: $B = A(1 + \alpha x)$.其中, A 表示原始载体图像, B 表示水印图像, x 表示水印, α 表示嵌入强度,根据 Weber 定律^[4],其理论值一般不超过 0.01.

在水印嵌入过程中要预先设置水印嵌入强度因子,有的是根据经验设定,有的是根据人类视觉模型设置,有的是根据神经网络自动设置,本文则利用遗传算法的优化能力自动获取.

遗传算法的基本过程为:

第一步:设置种群大小 N ,交叉概率 P_c ,变异概率 P_m 及终止代数 T ;

第二步:置种群代数 $t=0$,随机生成初始种群 Chrom;

第三步:计算 Chrom 中各染色体的适应度;

第四步:检验算法收敛终止准则,若满足则转第十一步;

第五步:根据计算出的适应度值,如果代数 t 达到了终止代数,若种群的适应度最大值小于 40,则使 P_c 增加 0.1,使 P_m 增加 0.005,代数 t 减 1,转第六步;若种群的适应度最小值大于 45,则重新生成种群 Chrom,代数 t 减 1,转第三步;

第六步:进行选择运算,构成新的种群 ChromN;

第七步:按给定概率 P_c ,将 ChromN 中的染色体进行交叉;

第八步:按给定概率 P_m ,将 ChromN 中的染色体进行变异;

第九步:将变异后的染色体存于 Chrom 中;

第十步:代数 t 加 1,转第三步;

第十一步:保存具有高适应度的染色体,按此分布方案得到水印嵌入强度,将数字水印嵌入到原始载体图像中;

第十二步:终止.

在遗传算法中,选择过程采用轮盘赌的方法,得到种群;交叉过程采用单点交叉的方法,得到下一代种群;变异过程采用基因位变异的方法,得到新的种群.

适应性函数定义为峰值信噪比 PSNR^[9],算法收敛终止准则为种群中有染色体的适应度值 $40 \leq \text{PSNR} \leq 45$.

选择适应度函数的依据是 PSNR 反映了水印

对原图像影响程度,其值越大,说明水印对原图像的影响程度越小,根据人类视觉特性,PSNR 大于 40,水印对原图像的影响不大,人眼无法察觉,控制在 $[40, 45]$ 之间可以更大程度地增强水印嵌入强度,以平衡水印的鲁棒性和不可见性.

通常的遗传算法的终止准则为:种群的遗传代数达到指定代数或者种群在一定代数里的最高适应度值不发生变化.这个准则使得遗传算法被捆绑在一个低效率的水平上了,根据本文实际情况,是完全可以摒弃这个准则的约束的.

采用如下方法来处理终止准则:当种群中出现了适应度在一个合理范围(40 到 45 之间)内的染色体时,即终止遗传算法.在形式上设定一个终止代数,以防出现这样的一种情况,种群在经过几代的遗传后,还是没有出现满足要求的染色体.在这种情况下,可强迫种群中的染色体快速向最终解进行靠拢.具体做法是:当染色体在一定代数后,其适应度的最大值还落在 40 以下时,就加大交叉概率和变异概率;而当适应度的所有值都超过了 45 时,就说明该种群已经“老化”了,很难达到理想情况,为此,必须重新生成种群.

3 仿真实验

实验采用 512×512 的灰度 Lena 图作为载体图像,如图 2 所示^[6],并采用 9×32 的二值图像“WIT”为水印,如图 3 所示.在嵌入和提取水印时,把载体图像做 8×8 的分块,对每块进行 DCT 变换后,从第一块开始,按行进行,每块第一个像素上嵌入一位水印,总共嵌入了 288 块.交叉概率初始值为 0.5,变异概率初始值为 0.01,终止代数为 3 代,种群大小为 30,每条染色体含 8 位基因, α 在 -0.59 到 0.01 之间取值,具体做法是,把该区间均匀地分成 $2^8 - 1$ 个等份,每条染色体对应于其中的一个可能等份,据此得到 α 的所有可能值.提取的水印如图 4 所示,更多的实验数据如表 1 所示.



图 2 原始载体图像
Fig. 2 Cover image



图 3 原始水印
Fig. 3 Watermark

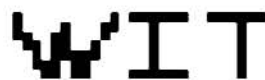


图 4 提取水印
Fig. 4 Extracted watermark

表 1 实验数据

Table 1 The experimental data

攻击类型	无攻击	JPEG 压缩 Q=70	JPEG 压缩 Q=10	高斯低通滤波	缩放变换	椒盐噪声
PSNR/dB	43.063 7	35.693 3	29.671 9	38.464 4	27.775 4	28.045 3
NC	1	1	0.934 2	1	1	0.991 2

从表 1 的数据中可以看出,利用遗传算法的优化能力可以自适应地优化嵌入强度因子,在常用的一些图像处理下,提出的水印与原水印相似度较高,说明遗传算法在水印技术中的应用是可行的。

4 结 语

遗传算法具有优化水印嵌入强度的作用,通过在频域中应用遗传算法优化嵌入强度,实现了水印在鲁棒性与不可见性之间较好的平衡.通过实验可以看出提出的适应度函数值的选择和遗传算法的终止准则方法在数字水印方案中也是可行的。

参考文献:

[1] Frank Y, Wu Y T. Enhancment of image watermark

retrieval based on genetic algorithms[J]. Vis Commun Image, 2005,(16):115-133.

[2] 徐熙君,许曰滨.遗传算法在图像水印嵌入技术中的实现[J]. 青岛大学学报(自然科学版),2005,18(2): 71-74.

[3] 刘 俊,郭 立.一种基于遗传算法的数字水印技术 [J]. 微电子学与计算机,2005,22(12):169-170.

[4] 李 鑫,余生晨,薛 阳.基于小波变换域的数字图像水印算法的研究[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版),2004,33(3):59-62.

[5] Cox I J, Kilian J, Leighton F T, et al. Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1997, 6 (12): 1673-1687.

[6] 龚声蓉. 数字图像处理与分析[M]. 北京:清华大学出版社,2006. 62.

The application of genetic algorithm in digital watermark

WANG Zhong , YE Xiong-fei

(School of Computer Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: An optimal watermark embedding strength is obtained to use the optimization of genetic algorithm, and the watermark is embedded with using DCT. According to the characteristics of genetic algorithm and digital watermark, the methods of selecting fitness function value and ending rule of genetic algorithm are proposed. Experimental results indicate that optimizing the embedding strength based on genetic algorithm can solve the contradiction of robustness and imperceptibility, and implement the optimization embedding of watermark.

Key words: digital watermark; genetic algorithms; fitness; optimization

本文编辑:陈晓苹