

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103295184 B

(45) 授权公告日 2015.09.30

(21) 申请号 201310192123.5

审查员 王力维

(22) 申请日 2013.05.13

(73) 专利权人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市太白南路2号

(72) 发明人 郑海红 王泉 李建平 潘蓉

王义峰 罗雪梅 谢琨 万波

(74) 专利代理机构 陕西电子工业专利中心

61205

代理人 田文英 王品华

(51) Int. Cl.

G06T 1/00(2006.01)

(56) 对比文件

CN 102930497 A, 2013.02.13, 全文.

CN 1835020 A, 2006.09.20, 全文.

US 6332030 B1, 2001.12.18, 全文.

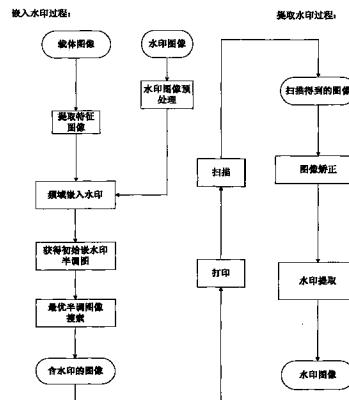
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

一种频域和空域相结合的半调水印方法

(57) 摘要

本发明公开了一种频域和空域相结合的半调水印方法，具体步骤包括：(1) 特征图像提取；(2) 水印图像预处理；(3) 水印嵌入预处理过程；(4) 获得嵌水印的特征矩阵；(5) 获得分块半调图像；(6) 嵌入水印；(7) 搜索获得最优半调图像；(8) 图像矫正；(9) 获得含水印离散余弦变换系数；(10) 提取水印。本发明解决了空域半调水印方法在提取水印时需要对图像二值化处理，嵌水印后图像的视觉效果差，水印抵抗打印-扫描攻击能力不强的问题。本发明利用了空域和频域水印算法的优点，不仅对打印-扫描、随机涂改和裁剪等攻击具有很强的鲁棒性，而且图像的视觉效果良好，水印嵌入容量大幅度提高。



1. 一种频域和空域相结合的半调水印方法,包括水印嵌入和水印提取两个过程;所述水印嵌入过程的具体步骤为:

(1) 提取特征图像:

1a) 对载体图像从左到右、从上到下分别取 8 个像素进行分块,得到分块图像;

1b) 对每一个分块均值按照从左到右、从上到下的顺序组成  $\frac{P}{8} \times \frac{Q}{8}$  大小的特征矩阵,其中 P、Q 分别表示载体图像的宽度和高度值;

(2) 水印图像预处理:

对二值水印图像矩阵进行 Arnold 置乱,得到置乱后的水印图像矩阵;

(3) 水印嵌入预处理过程:

3a) 对步骤(1)提取的特征矩阵进行  $8 \times 8$  分块离散余弦变换,得到特征矩阵的离散余弦变换系数矩阵;

3b) 对步骤(2)置乱后的水印图像矩阵按行排列,得到一维水印序列;

3c) 对一维水印序列分块,得到水印分块序列;

(4) 获得嵌水印的特征矩阵:

4a) 对离散余弦变换系数矩阵按照从左到右、从上到下取一个分块,该分块从最后一个元素开始按照“之”字形排序,得到离散余弦变换系数序列;

4b) 对水印分块序列按照从前到后取一个分块,对分块依次取所有元素,如果所取元素的值为 1,则将离散余弦变换系数序列的元素值修改为 20,否则修改为 -20,得到嵌入水印的离散余弦变换系数序列;

4c) 判断是否取完离散余弦变换系数矩阵的所有分块,如果没有取完,则执行步骤 4a),直至取完离散余弦变换系数矩阵的所有分块,获得嵌水印的离散余弦变换系数矩阵;

4d) 对嵌水印的离散余弦变换系数矩阵进行  $8 \times 8$  分块逆离散余弦变换,得到嵌水印的特征矩阵;

(5) 获得分块半调图像:

5a) 对步骤(1)的载体图像,采用图像半调方法,进行半调处理,得到半调图像;

5b) 对半调图像从左到右、从上到下分别取 8 个像素进行分块,得到分块半调图像;

(6) 嵌入水印:

6a) 对分块半调图像从左到右、从上到下取一个分块,计算分块均值,得到分块均值;

6b) 对嵌水印的特征矩阵从左到右、从上到下取一个元素作为比较元素,比较该比较元素的值与分块均值的大小,如果该比较元素值大于分块均值,则把分块内的一个黑色像素的值修改为 255;否则,将分块内的一个白色像素值修改为 0,重新计算分块均值,直到该比较元素的值与分块均值的差值的绝对值小于 2 时,不再去修改分块内的像素值,获得嵌水印分块半调图像中的一个分块;

6c) 判断是否取完分块半调图像的所有分块,如果没有取完,则执行步骤 6a),直至取完分块半调图像的所有分块,获得嵌水印分块半调图像;

(7) 搜索获得最优嵌水印半调图像:

对嵌水印分块半调图像按照从左到右,从上到下的顺序对每一个分块执行只交换不翻转的直接二值搜索 DBS 方法,直至获得最优嵌水印半调图像,完成水印嵌入过程;对最优嵌

水印半调图像打印、扫描,得到扫描后嵌入水印的图像;

所述水印提取过程的具体步骤如下:

(8) 图像矫正:

利用 Photoshop 软件对扫描后的图像进行裁剪并且放缩,得到含水印的图像;

(9) 获得含水印离散余弦变换系数矩阵:

9a) 对含水印的图像从左到右、从上到下分别取 8 个像素进行分块,得到分块含水印图像;

9b) 求每一个分块含水印图像内所有像素的平均值,然后按照从左到右、从上到下的顺序组成  $\frac{P}{8} \times \frac{Q}{8}$  大小的含水印图像特征矩阵,其中 P、Q 分别表示载体图像的宽度和高度值;

9c) 对含水印图像特征矩阵进行  $8 \times 8$  分块离散余弦变换,得到含水印离散余弦变换系数矩阵;

(10) 提取水印:

10a) 对含水印离散余弦变换系数矩阵从左到右、从上到下的顺序取一个  $8 \times 8$  分块,对该分块从最后一个元素开始按照“之”字形排序,得到含水印离散余弦变换系数序列;

10b) 依次取含水印离散余弦变换系数序列的前  $\frac{U \times V}{N}$  个元素的每一个元素进行判断,

如果元素值大于 0,则将水印位设置为 1,否则将水印位设置为 0,获得水印序列的一个分块,其中 U、V 分别表示水印图像的宽度和高度值,N 表示分块离散余弦变换系数矩阵的分块个数;

10c) 判断是否取完含水印离散余弦变换系数矩阵的所有分块,如果没有取完,则执行步骤 10a),直至取完含水印离散余弦变换系数矩阵的所有分块,获得水印序列;

10d) 将获得的水印序列按照从前到后的顺序变换成  $U \times V$  的二维矩阵,获得初始水印图像,其中 U、V 分别表示水印图像的宽度和高度值;

10e) 对初始水印图像进行逆 Arnold 置乱,获得提取的水印图像。

2. 根据权利要求 1 所述的一种频域和空域相结合的半调水印方法,其特征在于:步骤

3c) 中所述的一维水印序列分块的方法是,对一维水印序列从前到后的顺序,每次取  $\frac{U \times V}{N}$

取元素作为一个分块,直到取完一维水印序列的所有元素,其中 U、V 分别表示水印图像的宽度和高度值,N 表示分块离散余弦变换系数矩阵的分块个数。

3. 根据权利要求 1 所述的一种频域和空域相结合的半调水印方法,其特征在于:步骤

6b) 中所述黑色像素是指,像素值为 0 的像素。

4. 根据权利要求 1 所述的一种频域和空域相结合的半调水印方法,其特征在于:步骤

6b) 中所述白色像素是指,像素值为 255 的像素。

5. 根据权利要求 1 所述的一种频域和空域相结合的半调水印方法,其特征在于:步骤

(7) 中所述的只交换不翻转的直接二值搜索 DBS 的方法是指,中心元素只和 8 邻域的元素进行交换,自身不翻转。

## 一种频域和空域相结合的半调水印方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于图像处理技术领域,更进一步涉及信息隐藏技术领域中的一种频域和空域相结合的半调水印方法。本发明可用于在打印 / 印刷输出图像的同时,将水印信息嵌入图像,并通过扫描打印后的图像提取嵌入的水印信息,实现对打印、印刷品的版权保护。

### 背景技术

[0002] 近几年来,在许多打印和出版应用中,日益猖獗的假冒伪劣行为给打印 / 印刷输出品的防伪带来了新的挑战。数字水印技术作为数字产品版权保护的技术措施被国内外广泛使用。针对打印输出、书籍、杂志等印刷品的水印为半调图像水印。鲁棒的半调水印方法主要分为两类:空域方法、频域和空域相结合的方法。

[0003] 西安电子科技大学申请的专利“基于像素块奇偶校验和块误差分散的半调水印方法”(申请号:201210434246.0,申请公开号:CN102930497A)公开了一种基于像素块奇偶校验和块误差分散的半调水印方法。该方法提出了一种以像素块作为处理单元,并且引入了反应局部结构特征的局部二值模式,在对图像半调的同时嵌入水印,有较强的鲁棒性。但是,该方法仍然存在以下不足,由于该方法是在空域嵌入水印,视觉效果不好。此外,该方法所采用的空域算法对同步的抵抗能力较差,在同步校正不理想的情况下,水印提取会失败。

[0004] Jing-Ming G等人在“Watermarking in halftone images with parity-matched error diffusion”(《Signal Processing》2011,91:126-135)提出一种间接嵌入法,该方法基于区域的统计特性,在对图像进行半调的同时通过添加噪声来嵌入水印,在一定程度上提高了水印的鲁棒性,但是,该方法仍然存在以下不足,由于该方法在提取水印时基于区域的统计特性,取决于像素值和量化阈值,像素值在打印 - 扫描前后不稳定,并且当打印机、扫描仪型号不同时,阈值选择困难,因此影响了提取水印的鲁棒性。

[0005] S. C. Pei等人在“Joint halftoning and watermarking”(IEEE Transaction on Signal Process. 51, (4) (2003) 1054-1068)中提出一种同时半调和嵌水印的方法,该方法将扩频技术引入半调水印领域,得到的嵌水印图像视觉效果好,且对常见的图像攻击、打印 - 扫描有较强的鲁棒性。但是,该方法的仍然存在以下不足,搜索初始的嵌水印的半调图的方法复杂且运算量很大;水印要求已知原始连续色调图像;水印是服从标准正态分布的序列,只能表示水印的有或无,本质上只嵌入了 1 位水印,因此,该方法的水印嵌入量低。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种频域和空域相结合的半调水印方法,主要在打印 / 印刷的同时向打印 / 印刷作品中嵌入水印,为版权保护提供依据。本发明要解决的主要问题是现有的基于频域和空域相结合的半调水印方法参数较多、实现复杂,水印嵌入量低,尤其是在提取水印时需要连续色调图像的非盲水印问题。

[0007] 本发明包括水印嵌入和水印提取两个过程;

[0008] 本发明水印嵌入过程的具体步骤为:

- [0009] (1) 提取特征图像：
- [0010] 1a) 对载体图像从左到右、从上到下分别取 8 个像素进行分块，得到分块图像；
- [0011] 1b) 对每一个分块均值按照从左到右、从上到下的顺序组成  $\frac{P}{8} \times \frac{Q}{8}$  大小的特征矩阵，其中 P、Q 分别表示载体图像的宽度和高度值。
- [0012] (2) 水印图像预处理：
- [0013] 对二值水印图像矩阵进行 Arnold 置乱，得到置乱后的水印图像矩阵。
- [0014] (3) 水印嵌入预处理过程：
- [0015] 3a) 对步骤 (1) 提取的特征矩阵进行  $8 \times 8$  分块离散余弦变换，得到特征矩阵的离散余弦变化系数矩阵；
- [0016] 3b) 对步骤 (2) 置乱后的水印图像矩阵按行排列，得到一维水印序列；
- [0017] 3c) 对一维水印序列分块，得到水印分块序列。
- [0018] (4) 获得嵌水印的特征矩阵：
- [0019] 4a) 对离散余弦变化系数矩阵按照从左到右、从上到下取一个分块，该分块从最后一个元素开始按照“之”字形排序，得到离散余弦变化系数序列；
- [0020] 4b) 对水印分块序列按照从前到后取一个分块，对分块依次取所有元素，如果所取元素的值为 1，则将离散余弦变换系数序列的元素值修改为 20，否则修改为 -20，得到嵌入水印的离散余弦变换系数序列；
- [0021] 4c) 判断是否取完离散余弦变换系数矩阵的所有分块，如果没有取完，则执行步骤 4a)，直至取完离散余弦变换系数矩阵的所有分块，获得嵌水印的离散余弦变换系数矩阵；
- [0022] 4d) 对嵌水印的离散余弦变换系数矩阵进行  $8 \times 8$  分块逆离散余弦变换，得到嵌水印的特征矩阵。
- [0023] (5) 获得分块半调图像：
- [0024] 5a) 对步骤 (1) 的载体图像，采用图像半调方法，进行半调处理，得到半调图像；
- [0025] 5b) 对半调图像从左到右、从上到下分别取 8 个像素进行分块，得到分块半调图像。
- [0026] (6) 嵌入水印：
- [0027] 6a) 对分块半调图像从左到右、从上到下取一个分块，计算分块均值，得到分块均值；
- [0028] 6b) 对嵌水印的特征矩阵从左到右、从上到下取一个元素作为比较元素，比较该比较元素的值与分块均值的大小，如果该比较元素值大于分块均值，则把分块内的一个黑色像素的值修改为 255；否则，将分块内的一个白色像素值修改为 0，重新计算分块均值，直到该比较元素的值与分块均值的差值的绝对值小于 2 时，不再去修改分块内的像素值，获得嵌水印分块半调图像中的一个分块；
- [0029] 6c) 判断是否取完分块半调图像的所有分块，如果没有取完，则执行步骤 6a)，直至取完分块半调图像的所有分块，获得嵌水印分块半调图像。
- [0030] (7) 搜索获得最优嵌水印半调图像：
- [0031] 对嵌水印分块半调图像按照从左到右，从上到下的顺序对每一个分块执行只交换不翻转的直接二值搜索 DBS 方法，直至获得最优嵌水印半调图像，完成水印嵌入过程；对最

优嵌水印半调图像打印、扫描,得到扫描后嵌入水印的图像。

[0032] 所述水印提取过程的具体步骤如下:

[0033] (8) 图像矫正:

[0034] 利用 Photoshop 软件对扫描后的图像进行裁剪并且放缩,得到含水印的图像。

[0035] (9) 获得含水印离散余弦变换系数矩阵:

[0036] 9a) 对含水印的图像从左到右、从上到下分别取 8 个像素进行分块,得到分块含水印图像;

[0037] 9b) 求每一个分块含水印图像内所有像素的平均值,然后按照从左到右、从上到下的顺序组成  $\frac{P}{8} \times \frac{Q}{8}$  大小的含水印图像特征矩阵,其中 P、Q 分别表示载体图像的宽度和高度值;

[0038] 9c) 对含水印图像特征矩阵进行  $8 \times 8$  分块离散余弦变换,得到含水印离散余弦变换系数矩阵。

[0039] (10) 提取水印:

[0040] 10a) 对含水印离散余弦变换系数矩阵从左到右、从上到下的顺序取一个  $8 \times 8$  分块,对该分块从最后一个元素开始按照“之”字形排序,得到含水印离散余弦变换系数序列;

[0041] 10b) 依次取含水印离散余弦变换系数序列的前  $\frac{U \times V}{N}$  个元素的每一个元素进行判断,如果元素值大于 0,则将水印位设置为 1,否则将水印位设置为 0,获得水印序列的一个分块,其中 U、V 分别表示水印图像的宽度和高度值,N 表示分块离散余弦变换系数矩阵的分块个数;

[0042] 10c) 判断是否取完含水印离散余弦变换系数矩阵的所有分块,如果没有取完,则执行步骤 10a),直至取完含水印离散余弦变换系数矩阵的所有分块,获得水印序列;

[0043] 10d) 将获得的水印序列按照从前到后的顺序变换成 U×V 的二维矩阵,获得初始水印图像,其中 U、V 分别表示水印图像的宽度和高度值;

[0044] 10e) 对初始水印图像进行逆 Arnold 置乱,获得提取的水印图像。

[0045] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0046] 第一,本发明选择在频域嵌入水印,并以特征图像为纽带,指导生成空域嵌水印半调图,克服了现有技术中空域方法抗打印 - 扫描攻击能力不强这一缺点,使得本发明具有鲁棒性强和嵌水印图像质量好的优点。

[0047] 第二,本发明不需要在提取水印前对扫描的半调图进行二值化处理,克服了现有技术的像素值在打印 - 扫描前后不稳定,并且当打印机、扫描仪型号不同时,阈值选择困难的缺点,使得本发明具有更容易提取水印图像的优点。

[0048] 第三,本发明构造的水印嵌入方法,不仅提高了水印容量,而且克服了现有同类技术中水印提取需要原始连续图的缺点,使得本发明具有水印容量高、可以盲提取的优点。

#### 附图说明:

[0049] 图 1 为本发明的流程图;

- [0050] 图 2 为本发明仿真 1 的示意图；
- [0051] 图 3 为本发明仿真 2 的示意图；
- [0052] 图 4 为本发明仿真 3 的示意图；
- [0053] 图 5 为本发明仿真 4 的示意图。

### 具体实施方式：

- [0054] 下面结合附图对本发明做详细的描述。
- [0055] 参照附图 1 本发明方法的具体步骤如下。
- [0056] 步骤 1，提取特征图像。
  - [0057] 对载体图像从左到右、从上到下分别取 8 个像素进行分块，得到分块图像。计算分块图像的分块包含的所有像素的像素值的平均值，然后将平均值按照从左到右、从上到下的顺序组成  $\frac{P}{8} \times \frac{Q}{8}$  大小的特征矩阵，其中 P、Q 分别表示载体图像的宽度和高度值，本发明实施例中使用的载体图像大小为  $2048 \times 2048$ ，所以，得到的特征矩阵大小为  $256 \times 256$ 。
- [0058] 步骤 2，水印图像预处理。
  - [0059] 对二值水印图像进行 Arnold 置乱处理，得到置乱后的水印图像，置乱能增强水印抵抗各种攻击的鲁棒性。首先确定水印图像的 Arnold 置乱周期，置乱参数可以选择大于零并小于置乱周期的任意整数，本发明实施例中使用的水印图像大小为  $64 \times 64$ ，其 Arnold 置乱周期是 48，选择置乱参数为 20。
- [0060] 步骤 3，水印嵌入预处理过程。
  - [0061] 对提取的特征矩阵进行  $8 \times 8$  分块离散余弦变换，得到特征矩阵的离散余弦变换系数矩阵，通过离散余弦变换将特征矩阵变化到频域，在频域嵌水印可以增加水印的鲁棒性。
  - [0062] 对置乱后的水印图像矩阵按行排列，得到一维水印序列。对一维水印序列按照从前到后的顺序，每次取  $\frac{U \times V}{N}$  取元素作为一个分块，直到取完一维水印序列的所有元素，其中 U、V 分别表示水印图像的宽度和高度值，N 表示分块离散余弦变换系数矩阵的分块个数，得到水印分块序列，本发明实施例中使用的水印图像大小为  $64 \times 64$ ，所以 U = 64、V = 64。
- [0063] 步骤 4，获得嵌水印的特征矩阵。
  - [0064] 第一步，对离散余弦变化系数矩阵按照从左到右、从上到下取一个分块，该分块从最后一个元素开始按照“之”字形排序，得到离散余弦变化系数序列，该方法得到的离散余弦序列的系数按照从高频到低频的顺序排列，有利于下面步骤中水印的嵌入。
  - [0065] 第二步，对水印分块序列按照从前到后取一个分块，对分块依次取所有元素，如果所取元素的值为 1，则将离散余弦变化系数序列的元素值修改为 20，否则修改为 -20，得到嵌入水印的离散余弦变化系数序列，通过大量的实验结果得出，水印的嵌入强度值为 20 时，一方面水印的提取效果比较好，另一方面嵌入水印之后图像的视觉效果比较好，这两个方面取得了一个很好的折中。
- [0066] 第三步，判断是否取完离散余弦变化系数矩阵的所有分块，如果没有取完，则转到步骤 4 继续执行，最终得到嵌水印的离散余弦变化系数矩阵。

[0067] 第四步,对嵌水印的离散余弦变换系数矩阵进行  $8 \times 8$  分块逆离散余弦变换,得到嵌水印的特征矩阵。

[0068] 步骤 5,获得分块半调图像。

[0069] 对载体图像进行半调处理,得到半调图像,图像的半调方法有三类,一是抖动法,二是误差扩散法,三是直接二值搜索法,抖动方法的处理速度快,但视觉效果较差,直接二值搜索方法视觉效果最好,但时间复杂度最高,误差扩散法的视觉效果和时间复杂度介于前两种方法之间,所以,本发明采用误差扩散法中的经典的 Floyd 半调方法对图像进行半调处理。对半调图像从左到右、从上到下分别取 8 个像素进行分块,得到分块半调图像。

[0070] 步骤 6,嵌入水印。

[0071] 第一步,对分块半调图像从左到右、从上到下取一个分块,计算分块均值,得到分块均值,这里的分块均值指的是该分块包含的所有像素的像素值的平均值。

[0072] 第二步,对嵌水印的特征矩阵从左到右、从上到下取一个元素,作为比较元素,比较该比较元素的值与分块均值的大小,如果该比较元素值大于分块均值,则把分块内的一个黑色像素的值修改为 255,否则,把分块内的一个白色像素的值修改为 0,重新计算分块均值,直到该元素的值与分块均值的差的绝对值小于 2,不再去修改分块内的像素值,得到嵌水印分块半调图像中的一个分块。这里的黑色像素指的是像素值为 0 的像素,这里的白色像素指的是像素值为 255 的像素。

[0073] 第三步,判断是否取完分块半色调图像的所有分块,如果没有取完,则执行第一步,直至获得嵌水印分块半调图像。

[0074] 步骤 7,搜索获得最优嵌水印半调图像。

[0075] 对嵌水印分块半调图像按照从左到右,从上到下的顺序对每一个分块执行只交换不翻转的直接二值搜索 DBS 方法,直至获得最优嵌水印半调图像,完成水印嵌入过程;对最优嵌水印半调图像打印、扫描,得到扫描后的图像,只交换不翻转的直接二值搜索 DBS 方法是指中心元素只和 8 邻域的元素进行交换,自身不翻转。

[0076] 步骤 8,图像矫正。

[0077] 利用 Photoshop 软件的自动裁剪功能对扫描后的图像进行裁剪,剪去扫描得到的图像上面的白边,并且通过该软件的放缩功能将图像放缩到初始载体图像大小,得到含水印的图像。

[0078] 步骤 9,获得含水印离散余弦变化系数矩阵。

[0079] 对含水印的图像从左到右、从上到下分别取 8 个像素进行分块,得到分块含水印图像。求每一个分块图像内所有像素的平均值,然后按照从左到右、从上到下的顺序组成  $\frac{P}{8} \times \frac{Q}{8}$  大小的含水印特征矩阵,其中 P、Q 分别表示载体图像的宽度和高度值,本发明实施例中使用的载体图像大小为  $2048 \times 2048$ ,所以  $P = 2048$ 、 $Q = 2048$ 。对含水印特征矩阵进行  $8 \times 8$  分块离散余弦变化,得到含水印离散余弦变化系数矩阵。

[0080] 步骤 10,提取水印。

[0081] 第一步,对含水印离散余弦变化系数矩阵从左到右、从上到下的顺序取一个  $8 \times 8$  分块,对该分块从最后一个元素开始按照“之”字形排序,得到含水印离散余弦变化系数序列。

[0082] 第二步,依次取含水印离散余弦变化系数序列的前 $\frac{U \times V}{N}$ 个元素的每一个元素进行判断,如果元素值大于0,则将水印位设置为1,否则将水印位设置为0,获得水印序列的一个分块,其中U、V分别表示水印图像的宽度和高度值,N表示分块离散余弦变化系数矩阵的分块个数。

[0083] 第三步,判断是否取完含水印离散余弦变化系数矩阵的所有分块,如果没有取完,则执行第一步,直至获得水印序列。

[0084] 第四步,对获得的水印序列按照从前到后的顺序变换成 $U \times V$ 的二维矩阵,获得初始水印图像,其中U、V分别表示水印图像的宽度和高度值,本发明实施例中使用的水印图像大小为 $64 \times 64$ ,所以 $U = 64$ 、 $V = 64$ 。

[0085] 第五步,进行逆Arnold置乱得到提取的水印图像。本发明实施例中使用的水印图像大小为 $64 \times 64$ ,其Arnold置乱周期是48,本发明实施例中选择置乱参数为20,所以逆Arnold置乱参数为28。

[0086] 下面结合仿真图对本发明效果做进一步的描述。

[0087] 本发明仿真中选择的打印机型号为HP Color LaserJet CP2025,扫描仪型号为EPSON Perfection1200U,打印和扫描的分辨率均是300dpi。用峰值信噪比HPSNR评价含水印图像的质量,用CDR(正确提取率)评价提取水印图像的质量。使用本发明方法对灰度图像的水印嵌入、提取和攻击仿真如下:

[0088] 参照附图2,本发明的仿真1中使用型号为HP Color LaserJet CP2025打印机和型号为EPSON Perfection1200U扫描仪。图2(a)为图像载体图像,大小为 $2048 \times 2048$ ,图2(b)为水印图像,大小为 $64 \times 64$ 。使用本发明方法,得到的含水印图像如图2(c),HPSNR = 33.4602,,经过打印扫描矫正之后的图像如图2(d),提取的水印图像如图2(e),CDR = 93.72%;

[0089] 仿真1的结果分析,从图2(c)可以看出,载体图像中嵌入水印后,图像的质量几乎没有下降。从图2(e)可以看出,含水印图像经过打印、扫描仍可以清晰的提取水印,说明本发明方法对打印扫描攻击有很强的鲁棒性。

[0090] 仿真2,参照附图3仿真中使用型号为HP Color LaserJet CP2025打印机和型号为EPSON Perfection1200U扫描仪,图3(a)为载体图像,大小为 $2048 \times 2048$ ,图3(b)为水印图像,大小为 $64 \times 64$ 。图3(c)为含水印图像。对含水印图像进行裁剪攻击,裁剪大小为 $1024 \times 1024$ 的白色块,如图3(d)所示,提取的水印图像如图3(e)所示,CDR = 92.7%。由仿真2的结果可见,本发明方法对裁剪攻击具有很强的鲁棒性。

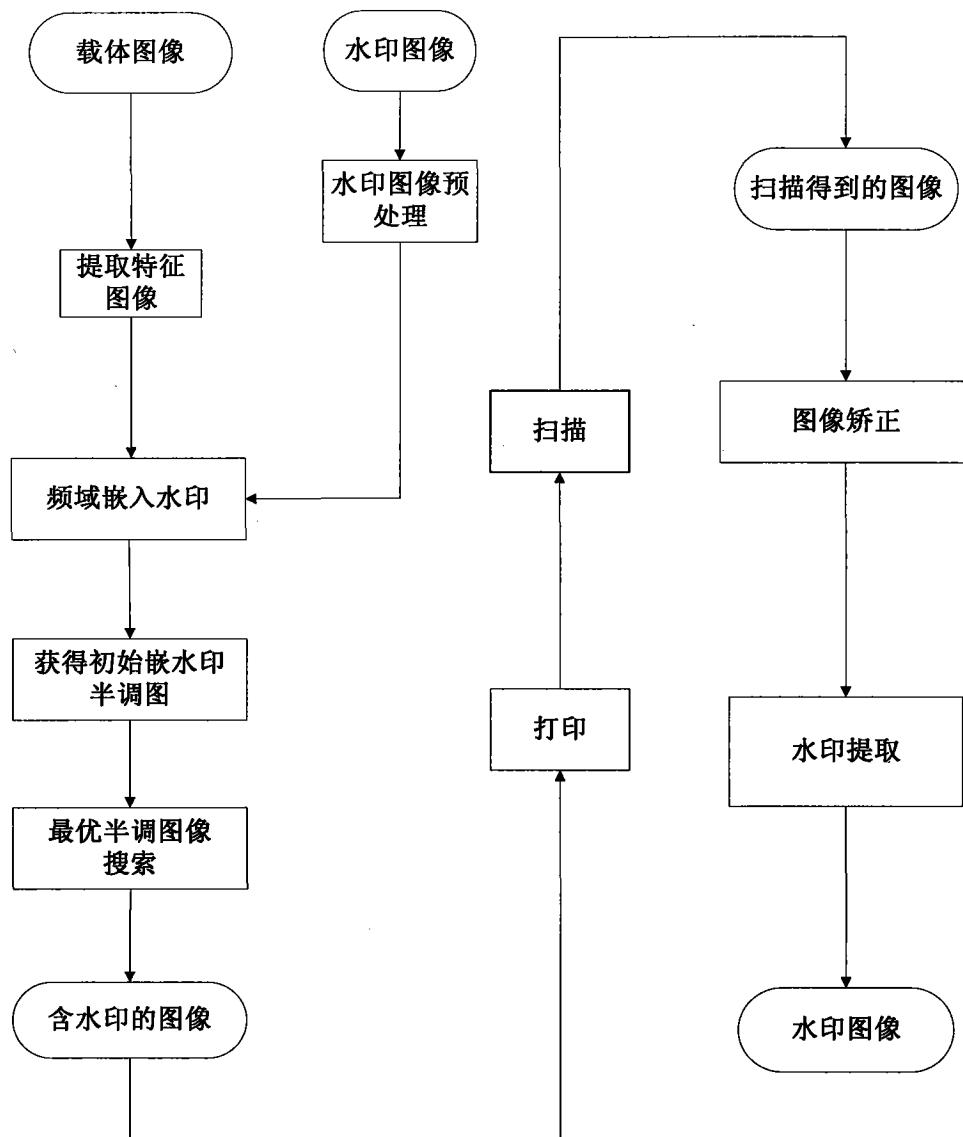
[0091] 仿真3,参照附图4,仿真中使用型号为HP Color LaserJet CP2025打印机和型号为EPSON Perfection1200U扫描仪,图4(a)为载体图像,大小为 $2048 \times 2048$ ,图4(b)为水印图像,大小为 $64 \times 64$ 。图4(c)为含水印图像。对含水印图像进行加椒盐噪声攻击,加噪声参数为0.05,如图4(d)所示,提取的水印图像,如图4(e)所示,CDR = 100%,由仿真3的结果可见,本发明的方法对椒盐噪声攻击也具有很强的鲁棒性。

[0092] 仿真4,参照附图5。仿真中使用型号为HP Color LaserJet CP2025打印机和型号为EPSON Perfection1200U扫描仪,图5(a)为载体图像,大小为 $2048 \times 2048$ ,图5(b)为水印图像,大小为 $64 \times 64$ 。图5(c)为含水印图像。对含水印图像进行随机涂改攻击,如图

5(d) 所示,提取的水印图像如图 5(e) 所示,CDR = 99.07%。由仿真 4 的结果可见,本发明方法对随机涂改攻击同样具有很强的鲁棒性。

[0093] 通过仿真的结果可以得出,使用本发明方法得到含水印图像经过打印扫描、涂改、加椒盐噪声和裁剪攻击后,都可以清晰的提取水印。由此说明本发明的方法能够抵抗打印扫描、涂改、裁剪、加椒盐噪声等攻击,水印具有很强的鲁棒性。

嵌入水印过程:



提取水印过程:

图 1

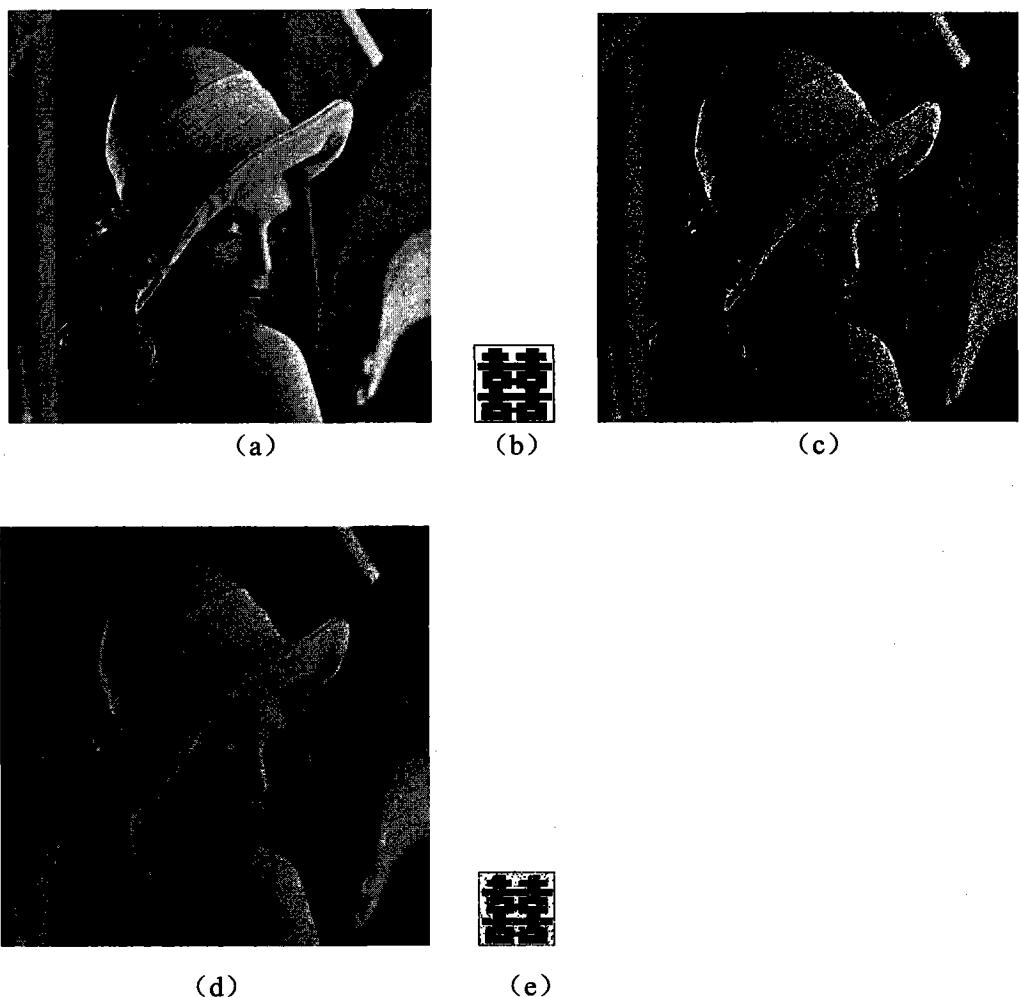


图 2

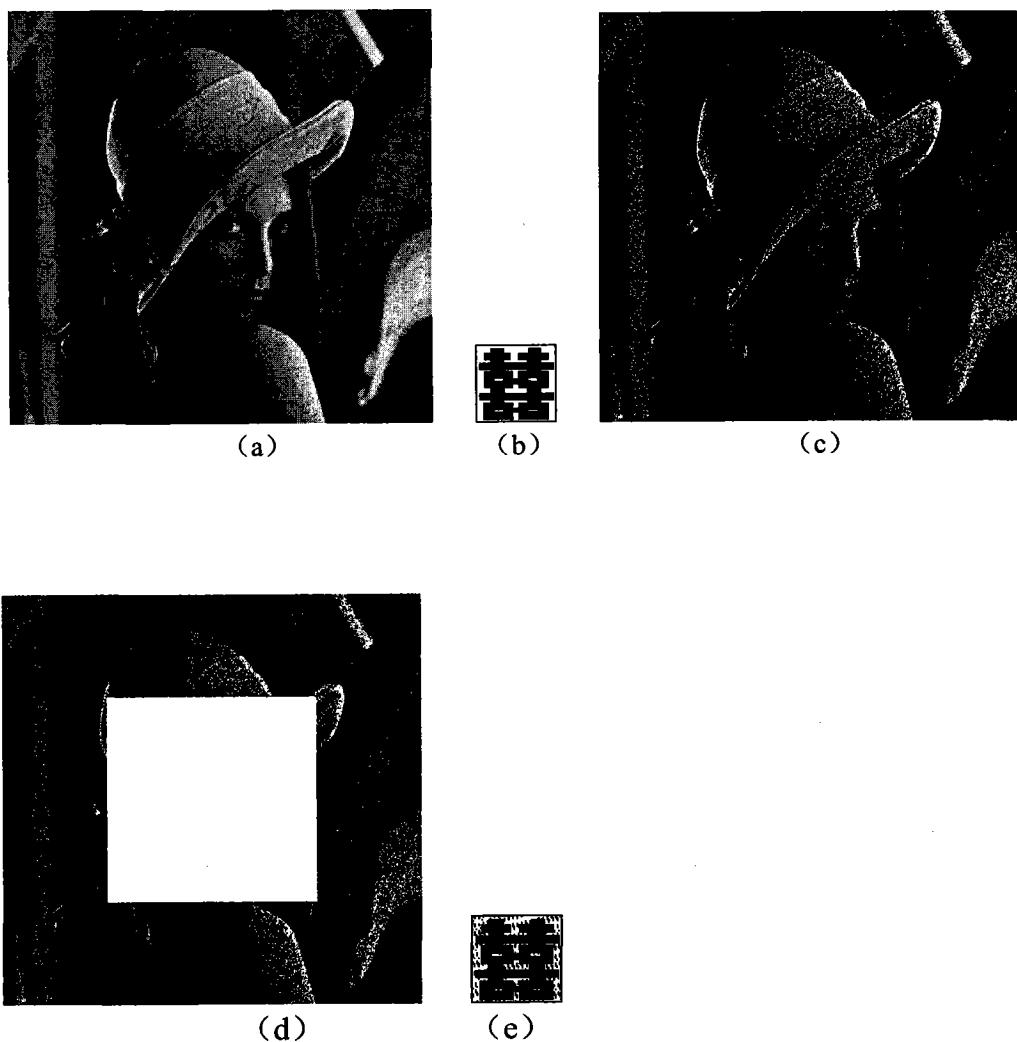


图 3

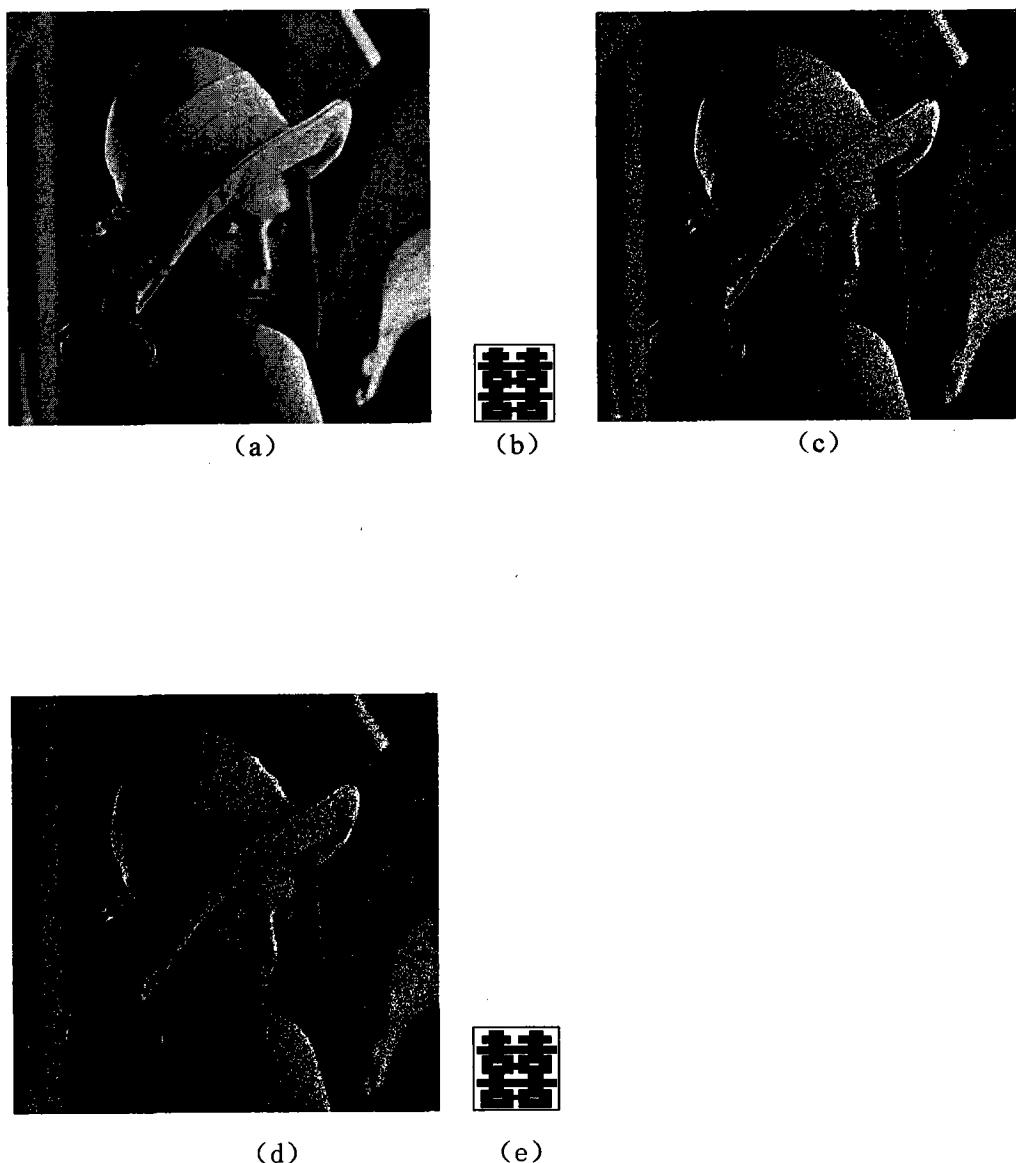


图 4

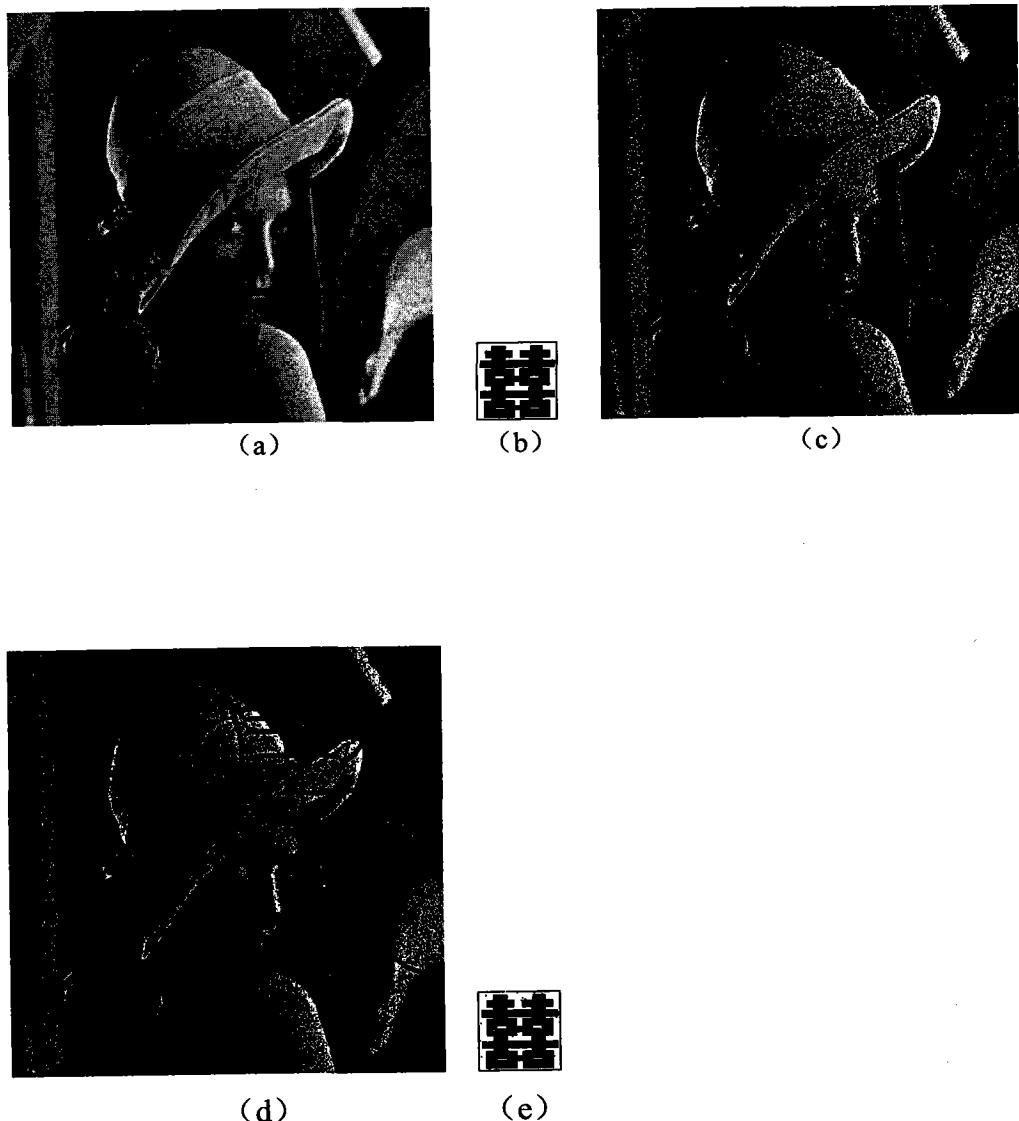


图 5