



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106097237 A

(43)申请公布日 2016.11.09

(21)申请号 201610352984.9

(22)申请日 2016.05.25

(71)申请人 中国科学院自动化研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村东路95  
号

(72)发明人 关虎 张桂煊 曾智 刘杰  
张树武

(74)专利代理机构 北京瀚仁知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11482

代理人 宋宝库

(51)Int.Cl.

G06T 1/00(2006.01)

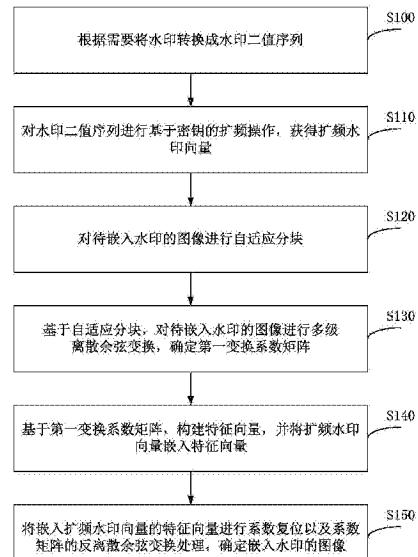
权利要求书4页 说明书16页 附图5页

### (54)发明名称

图像水印的嵌入方法和提取方法及相关  
方法

### (57)摘要

本发明公开了一种图像水印的嵌入方法、图  
像水印的提取方法、数字媒体版权保护方法及数  
字媒体版权追踪方法。其中，图像水印的嵌入方  
法包括根据需要将水印转换成水印二值序列；对  
所述水印二值序列进行基于密钥的扩频操作，确定  
扩频水印向量；对待嵌入水印的图像进行自适  
应分块；基于所述自适应分块，对所述待嵌入水  
印的图像进行多级离散余弦变换，确定第一变  
换系数矩阵；基于所述第一变换系数矩阵，构建特  
征向量，并将所述扩频水印向量嵌入所述特征向  
量；将嵌入扩频水印向量的特征向量进行系数复  
位以及系数矩阵的反离散余弦变换等处理，确定  
嵌入水印的图像。本发明实施例提高了水印不可  
见性、鲁棒性和安全性，削弱了水印被识别并被  
恶意擦除的风险。



1. 一种图像水印的嵌入方法,其特征在于,所述方法至少包括:

根据需要将水印转换成水印二值序列;

对所述水印二值序列进行基于密钥的扩频操作,确定扩频水印向量;

对待嵌入水印的图像进行自适应分块;

基于所述自适应分块,对所述待嵌入水印的图像进行多级离散余弦变换,确定第一变换系数矩阵;

基于所述第一变换系数矩阵,构建特征向量,并将所述扩频水印向量嵌入所述特征向量;

将嵌入扩频水印向量的特征向量进行系数复位以及系数矩阵的反离散余弦变换处理,以确定嵌入水印的图像。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对所述水印二值序列进行基于密钥的扩频操作,确定扩频水印向量,具体包括:

基于所述密钥,生成一系列随机数,并将所述一系列随机数按顺序排列成二维数据矩阵,形成随机码本;其中,所述随机码本的列数大于等于行数;

对所述随机码本中的向量进行正文化和单位化;

基于正文化和单位化的向量,根据以下公式,确定所述扩频水印向量:

$$\text{ssW} = [\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{L-1}]$$

$$\beta_i = \sum_{k=0}^{n-1} (l_k \cdot p_{ki}), \quad l_k = \begin{cases} 1, & \alpha_k = 1 \\ -1, & \alpha_k = 0 \end{cases}$$

其中,所述ssW表示扩频水印向量;所述 $\beta_i$ 表示扩频水印向量中的第*i*个分量;所述 $p_{ki}$ 表示随机码本中的向量经过正文化和单位化后的第*k*个单位向量的第*i*个分量;所述 $\alpha_k$ 表示水印序列中的第*k*个分量;所述*i*=0,1,⋯,L-1;所述*k*=0,1,⋯,n-1。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对待嵌入水印的图像进行自适应分块,具体包括:

确定所述待嵌入水印的图像的第一高度和第一宽度是否均能被K整除;其中,所述K取正整数且所述K的平方大于等于8倍的所述扩频水印向量的长度;

若是,将所述待嵌入水印的图像分割为互不重叠、尺寸相同的K×K个自适应分块,其中,所述各自适应分块的第三高度和第三宽度分别满足:所述第三高度等于所述第一高度与所述K之比,所述第三宽度等于所述第一宽度与所述K之比。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

若否,对所述待嵌入水印的图像进行小尺度放大,计算小尺度放大之后的待嵌入水印的图像的第二高度和第二宽度,其中,所述第二高度和所述第二宽度为满足以下条件的最小正整数:所述第二高度和所述第二宽度均能被K整除,所述第二高度、所述第二宽度分别大于等于所述第一高度、所述第一宽度;

将所述小尺度放大后的待嵌入水印的图像分割为互不重叠、尺寸相同的K×K个自适应分块,其中,所述各自适应分块的所述第三高度和所述第三宽度分别满足:所述第三高度等于所述第二高度与所述K之比,所述第三宽度等于所述第二宽度与所述K之比。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述基于所述自适应分块,对所述待嵌入

水印的图像进行多级离散余弦变换,确定第一变换系数矩阵,具体包括:

对所述各自适应分块分别进行二维离散余弦变换,确定第一离散余弦变换系数矩阵;

选取所述每一自适应分块内第r行、第r列的第一离散余弦变换系数,构建第一分块离散余弦变换系数矩阵,其中,所述r为偶数且表示所述自适应分块内中低频或中高频的第一离散余弦变换系数;

对所述第一分块离散余弦变换系数矩阵进行全局离散余弦变换处理,确定所述第一变换系数矩阵。

6.根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述基于所述第一变换系数矩阵,构建特征向量,并将所述扩频水印向量嵌入所述特征向量,具体包括:

基于所述第一变换系数矩阵,按照以下约束条件,提取所述特征向量的系数:(1)所述提取的特征向量中的系数为所述第一变换系数矩阵中行、列号均为偶数位置上的系数;(2)所述提取的两个特征向量中同一位序上的两个系数关于所述第一变换系数矩阵主对角线对称或者同时均在所述第一变换系数矩阵主对角线上且不重合;

根据按照所述约束条件(1)、(2)提取的所述系数,分别构建第一特征向量、第二特征向量;

分别计算所述第一特征向量和所述第二特征向量的系数平均值,分别记为第一系数平均值和第二系数平均值;

结合所述第一系数平均值和所述第二系数平均值,将所述扩频水印向量分别嵌入所述第一特征向量和所述第二特征向量。

7.根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述结合所述第一系数平均值和所述第二系数平均值,将所述扩频水印向量分别嵌入所述第一特征向量和所述第二特征向量,具体包括:

根据以下公式将所述扩频水印向量分别嵌入所述第一特征向量和所述第二特征向量:

$$v_i' = v_i + \delta \cdot \text{value} \cdot \beta_i$$

$$\text{value} = \begin{cases} 1, & |aVal| < 1 \\ |aVal|, & 1 \leq |aVal| \leq 2 \\ 2, & |aVal| > 2 \end{cases}$$

其中,所述*i*=0,1,⋯,L-1;所述V表示第一特征向量或第二特征向量,V=[v<sub>0</sub>,v<sub>1</sub>,⋯,v<sub>L-1</sub>];所述V'表示嵌入扩频水印向量后的第一特征向量或第二特征向量,V'=[v'<sub>0</sub>,v'<sub>1</sub>,⋯,v'<sub>L-1</sub>];所述ssW表示扩频水印向量,ssW=[β<sub>0</sub>,β<sub>1</sub>,⋯,β<sub>L-1</sub>];δ表示水印嵌入强度;所述aVal取val\_1或val\_2;所述val\_1表示所述第一系数平均值;所述val\_2表示所述第二系数平均值。

8.根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述将嵌入扩频水印向量的特征向量进行系数复位以及系数矩阵的反离散余弦变换处理,以确定嵌入水印的图像,具体包括:

用嵌入扩频水印向量的第一特征向量和第二特征向量中的系数分别替换所述第一变换系数矩阵中相应位置上的系数,确定嵌入水印后的第一变换系数矩阵;

对所述嵌入水印后的第一变换系数矩阵进行全局反离散余弦变换处理,确定嵌入水印后的第一分块离散余弦变化系数矩阵;

用所述嵌入水印后的第一分块离散余弦变化系数矩阵中的系数替换所述第一离散余弦变换系数矩阵中每个自适应分块第r行、第r列位置上的系数,确定嵌入水印后的第一离

散余弦变换系数矩阵，其中，所述r为偶数且表示所述自适应分块内中低频或中高频的第一离散余弦变换系数；

对所述嵌入水印后的第一离散余弦变换系数矩阵进行分块反离散余弦变换处理，确定嵌入水印的图像。

9. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，在对所述待嵌入水印的图像进行小尺度放大并进行自适应分块的情况下，所述对所述嵌入水印后的第一离散余弦变换系数矩阵进行分块反离散余弦变换处理之后还包括：

确定嵌入水印后的放大图像；

将所述嵌入水印后的放大图像缩小至与所述待嵌入水印的图像相同的尺寸，从而确定嵌入水印的图像。

10. 一种图像水印的提取方法，其特征在于，所述方法至少包括：

根据需要提取出的水印二值序列的长度生成随机码本；

对所述随机码本进行向量正交化；

对待提取水印的图像进行自适应分块；

基于所述自适应分块，对所述待提取水印的图像进行多级离散余弦变换，确定第二变换系数矩阵；

基于所述第二变换系数矩阵，确定所述待提取水印的图像的特征向量；

求取所述特征向量与正交化后的随机码本中的各向量的相关性值，并根据所述特征向量与所述正交化后的随机码本中每个向量相关性值的符号来确定对应位置上的水印序列分量。

11. 根据权利要求10所述的方法，其特征在于，所述对待提取水印的图像进行自适应分块具体包括：

确定所述待提取水印的图像的第四高度和第四宽度是否均能被K整除；其中，所述K取正整数且所述K的平方大于等于8倍的所述随机码本中向量的长度；

若是，则将所述待提取水印的图像分割为互不重叠、尺寸相同的K×K个自适应分块，其中，所述各自适应分块的第五高度和第五宽度分别满足：所述第五高度等于所述第四高度与所述K之比，所述第五宽度等于所述第四宽度与所述K之比。

12. 根据权利要求11所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

若否，则对所述待提取水印的图像进行小尺度放大，计算小尺度放大之后的待提取水印的图像的第六高度和第六宽度，其中，所述第六高度和所述第六宽度为满足以下条件的最小正整数：所述第六高度和所述第六宽度均能被K整除，所述第六高度、所述第六宽度分别大于等于所述第四高度、所述第四宽度；

将所述小尺度放大后的待提取水印的图像分割为互不重叠、尺寸相同的K×K个自适应分块，其中，所述各自适应分块的所述第五高度和所述第五宽度分别满足：所述第五高度等于所述第六高度与所述K之比；所述第五宽度等于所述第六宽度与所述K之比。

13. 根据权利要求10所述的方法，其特征在于，所述基于自适应分块，对所述待提取水印的图像进行多级离散余弦变换，确定第二变换系数矩阵，具体包括：

对所述各自适应分块分别进行二维离散余弦变换，确定第二离散余弦变换系数矩阵；

选取所述每一自适应分块内第r行、第r列的第二离散余弦变换系数，构建第二分块离

散余弦变换系数矩阵,其中,所述r为偶数且表示自适应分块内中低频或中高频的第二离散余弦变换系数;

对所述第二分块离散余弦变换系数矩阵进行全局离散余弦变换处理,确定所述第二变换系数矩阵。

14.根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述基于所述第二变换系数矩阵,确定所述待提取水印的图像的特征向量,具体包括:

基于所述第二变换系数矩阵,按照以下约束条件,提取所述特征向量的系数:(1)所述提取的特征向量中的系数为所述第二变换系数矩阵中行、列号均为偶数位置上的系数;(2)所述提取的特征向量中的系数在所述第二变换系数矩阵的主对角线上或者在主对角线的一侧;

根据按照所述约束条件(1)、(2)提取的所述系数,确定所述待提取水印的图像的特征向量。

15.根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述求取特征向量与正交化后的随机码本中的各向量的相关性值,并根据所述特征向量与所述正交化后的随机码本中每个向量相关性值的符号来确定对应位置上的水印序列分量,具体包括:

根据以下公式确定所述水印序列分量:

$$\gamma_i = \begin{cases} 1, & C(V^*, P'_i) \geq 0 \\ 0, & C(V^*, P'_i) < 0 \end{cases}$$

其中,所述W'表示所述水印序列,W'=[\gamma\_0, \gamma\_1, \dots, \gamma\_{n-1}];所述C(\cdot)是求两个长度相同向量的相关性值的函数,C(A, B) = \sum\_{j=0}^{L-1} (a\_j b\_j);A=[a\_0, a\_1, \dots, a\_{L-1}],B=[b\_0, b\_1, \dots, b\_{L-1}]

是两个长度均为L的一维向量;所述P'\_i表示所述随机码本中第i个正交化后的向量,P'\_i = [p'\_{i0}, p'\_{i1}, \dots, p'\_{i(L-1)}];i=0,1,\dots,n-1;所述V\*表示提取出的特征向量,V^\*=[v\_0^\*, v\_1^\*, \dots, v\_{L-1}^\*]。

16.一种数字媒体版权保护方法,其特征在于,所述方法至少包括:

获取数字媒体版权信息;

使用如权利要求1至9中任一所述的方法,将所述数字媒体版权信息嵌入与所述版权信息对应的图像中,实现数字媒体版权保护。

17.一种数字媒体版权追踪方法,其特征在于,所述方法至少包括:

获取含有数字媒体版权信息的图像;

使用如权利要求10至15中任一所述的方法,从所述图像中提取所述数字媒体版权信息,实现对所述数字媒体版权的追踪。

## 图像水印的嵌入方法和提取方法以及相关方法

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及数字媒体版权保护技术领域,具体涉及一种图像水印的嵌入方法、图像水印的提取方法、数字媒体版权保护方法及数字媒体版权追踪方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着互联网技术和数字媒体技术的飞速发展,在网络或各种终端设备上存在大量的数字媒体内容资源(例如:文本、图像、音视频等),用户可以很容易地对这些数字媒体内容进行复制、修改、传播和使用,因此,对数字媒体内容的版权保护越来越引起学术界和商业界的普遍关注。在解决这一问题的过程中,对数字媒体内容添加水印是一种被广泛采用的技术手段。数字水印技术是通过将代表其版权信息的标识符嵌入到数字媒体内容中,使其跟随数字媒体内容一起传播和使用,但在媒体内容被修改的过程中标识符能够在其中保持其完整性,必要的时候可以通过标识符的提取和比对来进行数字媒体内容版权的追踪和认证,从而为数字媒体内容的版权保护与侵权追踪提供一种强有力的技术思路和方案。经过几十年的发展,数字水印技术已经取得了一定的研究成果,但在技术上和应用上仍存在一些不足。

[0003] 数字图像水印算法按照水印嵌入的位置可以分为空间域算法和变换域算法。空间域算法的主要特点在于通过直接修改图像的像素域系数或通过调整图像像素值的统计量来实现水印嵌入,这类算法原理 简单、实现较快,但抵抗图像处理攻击的能力较差,并且基本不具有抵抗几何攻击的能力;变换域算法是通过将图像像素域系数变换到某种频率域(主要包括离散傅里叶变换域、离散余弦变换域、离散小波变换域以及奇异值分解等),然后按照某种特定的规则修改频率域系数,从而达到嵌入水印的目的,其中部分算法还根据人类视觉系统的特性,在水印嵌入过程中增加视觉掩蔽模型的调制,使水印不可见性进一步提高;同时还有基于扩频通信的水印算法和基于脏纸网格编码的水印算法等;以上诸多种类的算法均能够不同程度地提高水印抵抗图像处理攻击的能力,但针对旋转、缩放、翻转等几何攻击,上述算法基本没有抵抗能力。

[0004] 随着数字图像水印技术的进一步发展和应用领域的进一步扩展,目前图像水印算法的研究重点主要集中在提高算法对几何攻击的抵抗能力方面,已经提出的算法大致分为四类:一是基于几何不变域的算法,这类算法抵抗几何攻击的能力较强,但在几何变换与反变换过程中会引入大量的插值运算和数据截断等操作,对图像的视觉质量有较大影响,这也是妨碍这类算法进一步发展的最主要原因;二是基于图像规范化的算法,这类算法也能够在一定程度上抵抗旋转、缩放、翻转等几何攻击,但理论和实验表明,该算法只针对正方形图像的规范化效果较好,对长方形图像的规范化很难保证攻击前后的一致性,这就使得这类算法的应用范围受到了很大限制,同时,大量插值运算的引入也会使这类算法对图像的视觉质量有较大影响;三是基于模板嵌入与匹配的算法,这类算法由于模板的使用大大提高了算法抵抗几何攻击的能力,但一个显著问题在于嵌入的模板点很容易被分析出来并被恶意擦除,从而失去同步机制,这也是这类算法不能被直接应用于实际数字版权保护

系统中的最主要原因；四是基于图像特征点和特征区域的算法，这类算法能够比较好地抵抗旋转、缩放等攻击，但由于该类算法的特殊性，绝大多数算法都属于空间域算法，抵抗图像处理攻击的能力较弱，另一方面，该类算法的性能对特征点提取的准确性依赖较大，也使得这类算法的抗攻击性受到较大限制。

[0005] 有鉴于此，特提出本发明。

## 发明内容

[0006] 鉴于上述问题，提出了本发明以便提供至少部分地解决上述问题的一种图像水印的嵌入方法。此外，还提供一种图像水印的提取方法、数字媒体版权保护方法及数字媒体版权追踪方法。

[0007] 为了实现上述目的，根据本发明的一个方面，提供了以下技术方案：

[0008] 一种图像水印的嵌入方法，该方法可以包括：

[0009] 根据需要将水印转换成水印二值序列；

[0010] 对所述水印二值序列进行基于密钥的扩频操作，确定扩频水印向量；

[0011] 对待嵌入水印的图像进行自适应分块；

[0012] 基于所述自适应分块，对所述待嵌入水印的图像进行多级离散余弦变换，确定第一变换系数矩阵；

[0013] 基于所述第一变换系数矩阵，构建特征向量，并将所述扩频水印向量嵌入所述特征向量；

[0014] 将嵌入扩频水印向量的特征向量进行系数复位以及系数矩阵的反离散余弦变换处理，以确定嵌入水印的图像。

[0015] 为了实现上述目的，根据本发明的另一个方面，还提供了一种图像水印的提取方法，该方法可以包括：

[0016] 根据需要提取出的水印二值序列的长度生成随机码本；

[0017] 对所述随机码本进行向量正交化；

[0018] 对待提取水印的图像进行自适应分块；

[0019] 基于所述自适应分块，对所述待提取水印的图像进行多级离散余弦变换，确定第二变换系数矩阵；

[0020] 基于所述第二变换系数矩阵，确定所述待提取水印的图像的特征向量；

[0021] 求取所述特征向量与正交化后的随机码本中的各向量的相关性值，并根据特征向量与正交化后的随机码本中各个向量的相关性值的符号来确定对应位置上的水印序列分量。

[0022] 为了实现上述目的，根据本发明的再一个方面，还提供了一种数字媒体版权保护方法，该方法可以包括：

[0023] 获取数字媒体版权信息；

[0024] 使用上述图像水印的嵌入方法，将所述数字媒体版权信息嵌入与所述版权信息对应的图像中，实现数字媒体版权保护。

[0025] 为了实现上述目的，根据本发明的又一个方面，还提供了一种数字媒体版权追踪方法，该方法可以包括：

- [0026] 获取含有数字媒体版权信息的图像；
- [0027] 使用上述图像水印的提取方法，从所述图像中提取所述数字媒体版权信息，实现对所述数字媒体版权的追踪。
- [0028] 与现有技术相比，上述技术方案至少具有以下有益效果：
- [0029] 本发明实施例通过采用二值序列作为原始水印序列；接着对水印二值序列进行基于密钥的扩频操作，确定扩频水印向量；然后对待嵌入水印的图像进行自适应分块；再基于自适应分块，对待嵌入水印的图像进行分块离散余弦变换(Discrete Cosine Transformation, DCT)及部分系数的全局DCT，通过多级DCT操作以及特定的系数选取和排列方式，确定第一变换系数矩阵；基于第一变换系数矩阵，构建特征向量，并将扩频水印向量重复嵌入多个特征向量中；最后将嵌入扩频水印向量的特征向量进行系数复位以及系数矩阵的反离散余弦变换等处理，确定嵌入水印的图像。本发明实施例提出的方法将图像的分块DCT与全局DCT相结合，通过多级变换将水印信息隐蔽地嵌入图像内容中，有针对性地选择修改变换系数，重复嵌入水印信息，能够将水印分布在图像的不同频率上，提高了水印的不可见性；其中，通过对DCT性质的分析，对变换系数选择和排列方式以及扩频操作中向量正交化、单位化操作的引入，使水印鲁棒性(抵抗图像处理攻击、几何攻击，甚至是组合攻击的能力)显著提高；通过引入基于对称密钥的扩频操作，提高了本发明实施例处理的安全性，削弱了水印被识别并被恶意擦除的风险。实现了图像水印的隐蔽嵌入和盲提取。在一定程度上解决了图像在传播使用过程中的版权保护与侵权 追踪等问题。
- [0030] 当然，实施本发明的任一产品不一定需要同时实现以上所述的所有优点。
- [0031] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述，并且，部分地从说明书中变得显而易见，或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其它优点可通过在所写的说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的方法来实现和获得。

## 附图说明

[0032] 附图作为本发明的一部分，用来提供对本发明的进一步的理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，但不构成对本发明的不当限定。显然，下面描述中的附图仅仅是一些实施例，对于本领域普通技术人员来说，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他附图。在附图中：

- [0033] 图1为根据一示例性实施例示出的图像水印的嵌入方法的流程示意图；
- [0034] 图2为根据一示例性实施例示出的128比特的0-1序列示意图；
- [0035] 图3a为根据一示例性实施例示出的图像水印嵌入或提取过程中一种系数的选取位置和排列次序示意图；
- [0036] 图3b为根据一示例性实施例示出的图像水印嵌入或提取过程中与图3a对应的另一种系数的选取位置和排列次序示意图；
- [0037] 图4a为根据一示例性实施例示出的嵌入水印之前的图像；
- [0038] 图4b为根据一示例性实施例示出的嵌入水印后的图像；
- [0039] 图5为根据一示例性实施例示出的图像水印的提取方法的流程示意图；
- [0040] 图6a为根据一示例性实施例示出的针对图4b所示含水印图像经过质量因子为60%的JPEG压缩后的示意图；

- [0041] 图6b为根据一示例性实施例示出的针对图4b所示含水印图像经过 $3 \times 3$ 的均值滤波后的示意图；
- [0042] 图6c为根据一示例性实施例示出的针对图4b所示含水印图像经过 $3 \times 3$ 的中值滤波后的示意图；
- [0043] 图6d为根据一示例性实施例示出的针对图4b所示图像经过均值为0、方差为0.02的Gauss噪声后的示意图；
- [0044] 图6e为根据一示例性实施例示出的针对图4b所示图像经过能量为0.05的Salt & Pepper噪声后的示意图；
- [0045] 图6f为根据一示例性实施例示出的针对图4b所示图像经过直方图均衡后的示意图；
- [0046] 图6g为根据一示例性实施例示出的将图4b所示图像亮度降低至原来的60%后的示意图；
- [0047] 图6h为根据一示例性实施例示出的将图4b所示图像亮度提升至原来的200%后的示意图；
- [0048] 图7a为根据一示例性实施例示出的将图4b所示图像经过水平翻转后的示意图；
- [0049] 图7b为根据一示例性实施例示出的将图4b所示图像经过垂直翻转后的示意图；
- [0050] 图7c为根据一示例性实施例示出的将图4b所示图像经过放缩因子为50%的放缩后的示意图；
- [0051] 图7d为根据一示例性实施例示出的将图4b所示图像经过90度的逆时针旋转后的示意图；
- [0052] 图7e为根据一示例性实施例示出的将图4b所示图像经过缩放因子为0.8的示意图；
- [0053] 图7f为根据一示例性实施例示出的将图4b所示图像经过纵横比为 $0.8 \times 1.4$ 的拉伸后的示意图。
- [0054] 这些附图和文字描述并不旨在以任何方式限制本发明的构思范围，而是通过参考特定实施例为本领域技术人员说明本发明的概念。

## 具体实施方式

- [0055] 下面结合附图以及具体实施例对本发明实施例解决的技术问题、所采用的技术方案以及实现的技术效果进行清楚、完整的描述。显然，所描述的实施例仅仅是本申请的一部分实施例，并不是全部实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的前提下，所获得的所有其它等同或明显变型的实施例均落在本发明的保护范围内。本发明实施例可以按照权利要求中限定和涵盖的多种不同方式来具体化。
- [0056] 需要说明的是，在下面的描述中，为了方便理解，给出了许多具体细节。但是很明显，本发明的实现可以没有这些具体细节。
- [0057] 需要说明的是，在没有明确限定或不冲突的情况下，本发明中的各个实施例及其中的技术特征可以相互组合而形成技术方案。
- [0058] 本发明实施例提供一种图像水印的嵌入方法。如图1所示，该方法可以包括：步骤S100至步骤S150。

- [0059] 步骤S100:根据需要将水印转换成水印二值序列。
- [0060] 其中,水印可以是表示版权信息的水印,其表现形式多样化。水印二值序列是指只由0和1组成的二值序列。图2示例性地示出了一种128比特的0-1序列。
- [0061] 若水印本身是0-1二值序列,则不需要转换;若水印不是0-1序列,可以通过字符或文字编码将其转换成0-1序列。例如:可以将字符转换成ASCII码,再将ASCII码转换成其对应的二进制码;可以将文字转换成其对应的标准字符码,再将字符码转换成其对应的二进制码。
- [0062] 步骤S110:对水印二值序列进行基于密钥的扩频操作,获得扩频水印向量。
- [0063] 在本步骤中,对获取到的水印二值序列进行扩频操作可以使水印所代表的能量信息更加分散,这样有利于体现水印的不可见性和鲁棒性。
- [0064] 具体地,本步骤可以包括:步骤S111至步骤S113。
- [0065] 步骤S111:基于密钥,生成一系列随机数,并将一系列随机数按顺序排列成二维数据矩阵,形成随机码本。其中,随机码本的列数大于等于行数。
- [0066] 本步骤中,以密钥key作为随机数发生器的种子,据此来生成一系列随机数。通过设置密钥key,提高了安全性,可以确保在使用错误密钥的情况下无法提取出正确的水印信息。
- [0067] 随机码本的每一行表示一个随机向量。可以将随机向量的长度设定为L(也就是随机码本的列数)。随机码本的行数(也就是随机向量的个数)与水印序列(0-1二值序列)的长度相同(这里可以设定为n)。这里,L与n满足以下条件:L不小于n。通过设置上述L与n之间的关系,可以方便后续的操作。由此,上述随机码本也就是n行L列的二维随机矩阵。
- [0068] 作为示例,在用水印二值序列来表征版权信息的情况下,长度为128比特(bits)的0-1序列可以基本实现对版权信息较全面的描述。所以,在实际实施中,可以假设水印二值序列的最大长度为128bits。基于这一假设,为满足L不小于n的条件,优选地,L取128。若水印二值序列的长度大于128bits,可以通过调节随机码本中随机向量的长度、水印嵌入强度等参数来嵌入长度大于128bits的水印二值序列。
- [0069] 本领域技术人员应能理解,上述假设仅仅是为了更好地说明本发明,不应视为对本发明保护范围的限制。
- [0070] 步骤S112:对随机码本中的向量进行正交化和单位化。
- [0071] 在本步骤中,正交化的目的是使随机码本中各个向量两两之间保持独立性,能够起到增强水印鲁棒性的作用。单位化的目的是使每个向量的L2范数均为1,便于方法实施例中其他参数的自适应调整。
- [0072] 在实际实施过程中,例如,可以使用施密特正交化方法对随机码本中的所有向量进行正交化,并对正交化后的每个向量进行单位化。
- [0073] 由于在上述步骤中规定了随机码本中的向量长度L大于等于向量个数n,所以,本步骤可以保证随机码本中向量正交化过程的正确执行。
- [0074] 步骤S113:基于正交化和单位化的向量,根据以下公式,确定扩频水印向量:
- [0075]  $ssW = [\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{L-1}]$

$$[0076] \quad \beta_i = \sum_{k=0}^{n-1} (l_k \cdot p_{ki}), \quad l_k = \begin{cases} 1, & \alpha_k = 1 \\ -1, & \alpha_k = 0 \end{cases}$$

[0077] 其中,ssW表示扩频水印向量;β<sub>i</sub>表示扩频水印向量中的第i个分量;p<sub>ki</sub>表示随机码本中的向量经过正交化和单位化后的第k个单位向量的第i个分量;α<sub>k</sub>表示水印序列中的第k个分量;i=0,1,⋯,L-1;k=0,1,⋯,n-1。

[0078] 本步骤中确定的扩频水印向量也就是扩频水印序列。本发明实施例提出的方法即是将该扩频水印向量嵌入到图像中。

[0079] 下面举例详细说明确定扩频水印向量的过程。

[0080] 假设水印序列(也即原始水印序列)为W<sub>0</sub>=[α<sub>0</sub>,α<sub>1</sub>,⋯,α<sub>n-1</sub>],其中,α<sub>j</sub>∈{0,1},j=0,1,⋯,n-1,该水印序列的长度为n。

[0081] 根据以下公式进行处理:

$$[0082] \quad \beta_i = \sum_{k=0}^{n-1} (l_k \cdot p_{ki}), \quad i = 0, 1, \dots, L-1$$

$$[0083] \quad l_k = \begin{cases} 1, & \alpha_k = 1 \\ -1, & \alpha_k = 0 \end{cases}, \quad k = 0, 1, \dots, n-1$$

[0084] 确定:ssW=[β<sub>0</sub>,β<sub>1</sub>,⋯,β<sub>L-1</sub>]。

[0085] 其中,ssW表示扩频水印向量;L表示扩频水印向量的长度;β<sub>i</sub>表示扩频水印向量中的第i个分量;p<sub>ki</sub>表示随机码本中的向量经过正交化和单位化后的第k个单位向量的第i个分量;α<sub>k</sub>表示水印序列中的第k个分量。

[0086] 步骤S120:对待嵌入水印的图像进行自适应分块。

[0087] 具体地,本步骤可以包括:

[0088] 步骤S121:确定待嵌入水印的图像的第一高度和第一宽度是否均能被K整除,其中,K取正整数且K的平方大于等于8倍的扩频水印向量的长度;若是,则执行步骤S122;否则,执行步骤S123和步骤S124。

[0089] 步骤S122:将待嵌入水印的图像分割为互不重叠、尺寸相同的K×K个自适应分块,其中,各自适应分块的第三高度和第三宽度分别满足:第三高度等于第一高度与K之比,第三宽度等于第一宽度与K之比。

[0090] 步骤S123:根据待嵌入水印的图像的第一高度和第一宽度,对待嵌入水印的图像进行小尺度放大,计算小尺度放大之后的待嵌入水印的图像的第二高度和第二宽度,其中,第二高度和第二宽度为满足以下条件的最小正整数:(1)第二高度和第二宽度均能被K整除,K的平方大于等于8L,L表示扩频水印向量的长度;(2)第二高度和第二宽度分别大于等于第一高度和第一宽度。

[0091] 其中,进行小尺度放大可以使后续步骤分割出的自适应分块的尺寸一致,进而可以提高水印的鲁棒性。

[0092] 设置上述条件(1)和(2),可以使后续步骤分割后的自适应分块的尺寸都相同,K的取值范围的设置可以使自适应分块不会太小,从而可以确保将水印完整地嵌入到图像中。

[0093] 需要说明的是,上述进行小尺度放大的方式仅为举例,任意现有的或今后可能出

现的小尺度放大的方式,只要其满足上述条件(1)和(2),也均应包含在本发明的保护范围之内,并在此以引用的方式结合于此。

[0094] 步骤S124:将小尺度放大后的待嵌入水印的图像分割为互不重叠、尺寸相同的 $K \times K$ 个自适应分块,其中,各自适应分块的第三高度和第三宽度分别满足:第三高度等于第二高度与K之比,第三宽度等于第二宽度与K之比。

[0095] 与目前已有的大部分水印嵌入方法采用“固定分块尺寸”的分块方式不同,这里提到的“自适应”是指分块过程固定分块的个数,自适应确定分块的尺寸,这样可以明显提高水印抵抗图像尺寸变化等攻击的能力。

[0096] 下面举例对待嵌入水印的图像进行小尺度放大并进行自适应分块的过程进行详细说明。

[0097] 假设待嵌入水印的图像的高度为 $oH$ 、宽度为 $oW$ ,进行小尺度放大后图像的高度为 $sH$ 、宽度为 $sW$ 。其中, $sH$ 和 $sW$ 均为满足以下条件的最小正整数:(1)均能被K整除,K的平方不小于 $8L$ , $L$ 表示扩频水印序列的长度;(2) $sH$ 、 $sW$ 分别不小于 $oH$ 、 $oW$ 。

[0098] 为了确保水印能嵌入图像中,K的取值需要满足:K的平方不小于 $8L$ 。优选地,K的最小取值为32。

[0099] 在进行小尺度放大之后,将待嵌入水印的图像分割为 $K \times K$ 个自适应分块,每个分块的高度 $bH$ 和宽度 $bW$ 分别为: $bH = sH/K$ , $bW = sW/K$ 。

[0100] 需要说明的是,上述获取自适应分块的方式仅为举例,任意现有的或今后可能出现的获取自适应分块的方式,若满足上述宽度和高度的分割条件,则也应包含在本发明的保护范围之内,并在此以引用的方式结合于此。

[0101] 步骤S130:基于自适应分块,对待嵌入水印的图像进行多级离散余弦变换,确定第一变换系数矩阵。

[0102] 具体地,本步骤可以包括:步骤S131至步骤S133。

[0103] 步骤S131:对各自适应分块分别进行二维离散余弦变换,确定第一离散余弦变换系数矩阵。

[0104] 本步骤对由上述步骤确定的 $K \times K$ 个自适应分块分别进行二维DCT处理,确定 $K \times K$ 个DCT系数矩阵。

[0105] 步骤S132:选取每一自适应分块内第 $r$ 行、第 $r$ 列的第一离散余弦变换系数,构建第一分块离散余弦变换系数矩阵,其中,r为偶数且表示自适应分块内中低频或中高频的第一离散余弦变换系数。

[0106] 本步骤中,从 $K \times K$ 个自适应分块中的每个自适应分块中分别取出一个离散余弦变换系数,就构成了一个大小为 $K \times K$ 的系数矩阵。

[0107] 这里,离散余弦变换系数矩阵的行号和列号从0开始记,每个分块的尺寸均相同。随着离散余弦变换系数矩阵的行号和列号的增加,DCT系数的频率呈上升趋势,需要保证该离散余弦变换系数处在矩阵的中间位置,不能过低或过高,所以,r位置的系数为自适应分块内中低频或中高频的第一离散余弦变换系数。

[0108] 步骤S133:对第一分块离散余弦变换系数矩阵进行全局离散余弦变换处理,确定第一变换系数矩阵。

[0109] 本步骤对上述步骤确定的大小为 $K \times K$ 的系数矩阵(即第一分块离散余弦变换系数

矩阵)进行全局DCT处理,可以确定大小为K×K的变换系数方阵(即第一变换系数矩阵)。

[0110] 步骤S140:基于第一变换系数矩阵,构建特征向量,并将扩频水印向量嵌入特征向量。

[0111] 本步骤具体可以包括:步骤S141至步骤S144。

[0112] 步骤S141:基于第一变换系数矩阵,按照以下约束条件,提取特征向量的系数:

[0113] (1)提取的特征向量中的系数为第一变换系数矩阵中行、列号均为偶数位置上的系数;

[0114] (2)提取的两个特征向量中同一位序上的两个系数关于第一变换系数矩阵主对角线对称或者同时均在主对角线上且不重合。

[0115] 步骤S142:根据按照约束条件(1)、(2)提取的系数,分别构建第一特征向量、第二特征向量。

[0116] 步骤S143:分别计算第一特征向量和第二特征向量的系数平均值,分别记为第一系数平均值和第二系数平均值。

[0117] 需要说明的是:

[0118] 第一,按照上述约束条件来提取系数,才可以确保水印提取时的同步性。如图3a和图3b所示,标号为1-8的系数均在第一变换系数矩阵的主对角线上,且位置互不重叠,同时图3a和图3b中标号为9-128的系数均不在第一变换系数矩阵的主对角线上,但图3a和图3b中相同标号(9-128)的系数的位置关于矩阵主对角线是对称的;

[0119] 第二,提取出的系数在第一变换系数矩阵中的位置为行号和列号均为偶数位置上的数据,这里第一变换系数矩阵的行号和列号从0开始记,这是基于DCT系数在几何变换中表现出的性质决定的;

[0120] 第三,根据约束条件(1)和(2)的规则选择系数时,系数选取的个数根据L的取值来确定,不一定将满足条件的数据全部提取出来,保证确定的每个特征向量的长度均等于L即可;

[0121] 第四,图3a和图3b示例性地示出了满足上述规则的一种系数的选择和排列方式(L=128),但本发明不仅仅局限于图示中的方式,可以是任意一种满足上述约束条件的系数选取和排列方式。

[0122] 步骤S144:结合第一系数平均值和第二系数平均值,将扩频水印向量分别嵌入第一特征向量和第二特征向量。

[0123] 在一个优选地实施例中,假设扩频水印向量表示为ssW=[β<sub>0</sub>, β<sub>1</sub>, ..., β<sub>L-1</sub>];第一特征向量或第二特征向量表示为V=[v<sub>0</sub>, v<sub>1</sub>, ..., v<sub>L-1</sub>];嵌入扩频水印向量后的第一特征向量或第二特征向量表示为V'=[v'<sub>0</sub>, v'<sub>1</sub>, ..., v'<sub>L-1</sub>']。

[0124] 其中,向量ssW、V和V'的长度均为L。

[0125] 根据以下公式进行嵌入处理:

[0126] v'\_i = v<sub>i</sub> + δ • value • β<sub>i</sub>

$$[0127] \text{value} = \begin{cases} 1, & |aVal| < 1 \\ |aVal|, & 1 \leq |aVal| \leq 2 \\ 2, & |aVal| > 2 \end{cases}$$

[0128] 其中,i=0,1,...,L-1;δ表示水印嵌入强度;aVal取val\_1或val\_2;val\_1表示第一

系数平均值;val\_2表示第二系数平均值。

[0129] 优选地,δ取175。这样,可以更好地区衡水印的不可见性和鲁棒性。

[0130] 本领域技术人员应能理解,上述假设仅仅为举例,不应视为对本发明的不当限定。

[0131] 从上述实施例中可以看出,value的值根据特征向量中的系数整体分布进行自适应地选择,当aVal处在不同的取值区间时,所选择的value的值也不同。这样能够使嵌入的水印在鲁棒性和不可见性之间达到很好的权衡。

[0132] 步骤S150:将嵌入扩频水印向量的特征向量进行系数复位以及系数矩阵的反离散余弦变换等处理,确定嵌入水印的图像。

[0133] 本步骤具体可以包括:

[0134] 步骤S151:用嵌入扩频水印向量的第一特征向量和第二特征向量中的系数分别替换第一变换系数矩阵中相应位置上的系数,确定嵌入水印后的第一变换系数矩阵。

[0135] 本步骤将嵌入水印后的两个特征向量中的系数分别重新置回第一变换系数矩阵的相应位置,以替换原来位置上的系数,从而确定嵌入水印后大小为K×K的矩阵(方阵)。这里第一变换系数矩阵中的相应位置与步骤S142中提取两个特征向量时所选取的位置和次序相同。

[0136] 步骤S152:对嵌入水印后的第一变换系数矩阵进行全局反离散余弦变换处理,确定反变换后的系数矩阵,即嵌入水印后的第一分块离散余弦变换系数矩阵。

[0137] 步骤S153:用嵌入水印后的第一分块离散余弦变换系数矩阵中的系数替换第一离散余弦变换系数矩阵中每个自适应分块第r行、第r列位置上的系数,确定嵌入水印后的第一离散余弦变换系数矩阵。

[0138] 这里嵌入水印后的第一分块离散余弦变换系数矩阵中的每个系数在对应分块中的位置是指步骤S132中每个分块中的第r行、第r列的位置。

[0139] 如果在前述步骤中未对待嵌入水印的图像进行小尺度放大处理,则执行步骤S154;否则,执行步骤S155和步骤S156。

[0140] 步骤S154:对嵌入水印后的第一离散余弦变换系数矩阵进行分块反离散余弦变换处理,确定嵌入水印的图像。

[0141] 步骤S155:对嵌入水印后的第一离散余弦变换系数矩阵进行分块反离散余弦变换处理,确定嵌入水印后的放大图像。

[0142] 步骤S156:将嵌入水印后的放大图像缩小至与待嵌入水印的图像相同的尺寸,从而确定嵌入水印的图像。

[0143] 如图4a和4b所示,图4a示例性地示出了嵌入水印之前的图像;图4b示例性地示出了嵌入水印后的图像。其中,两幅图的大小均为512×512。

[0144] 下面以一优选实施例来详细说明图像水印的嵌入方法。

[0145] 以图2、图3a、图3b和图4a为例对上述方法进行详细说明。

[0146] 自行设定密钥值key。本实施例采用图2所示的128比特的水印序列。定义随机码本中向量的长度为128。采用图4a所示的宽度和高度均为512的图像进行水印嵌入。

[0147] 步骤S201:将水印转换成128比特的水印二值序列。(图2所示的水印序列已经是0-1二值序列,可以省略此步骤)

[0148] 步骤S202:基于密钥,生成随机码本。

- [0149] 步骤S203:对随机码本中的向量进行正交化和单位化。
- [0150] 步骤S204:基于正交化和单位化的向量,对128比特的水印二值序列进行扩频处理,确定长度为128的扩频水印向量。
- [0151] 步骤S205:对待嵌入水印的图像进行固定分块个数的自适应分块。其中,自适应分块的宽度和高度均为16。
- [0152] 步骤S206:对图像的每个 $16 \times 16$ 的图像自适应分块进行DCT操作,提取每个自适应分块的一个中低频分量组成大小为 $16 \times 16$ 的方阵,其中,中低频分量的位置r取6。
- [0153] 步骤S207:对 $16 \times 16$ 的方阵进行全局DCT处理。
- [0154] 步骤S208:按照图3a和图3b示出的系数选取方式和排列次序分别选取两个特征向量。
- [0155] 步骤S209:计算两个特征向量的系数平均值。
- [0156] 步骤S210:结合系数平均值,以值为175的水印嵌入强度将扩 频水印向量分别嵌入两个特征向量中。
- [0157] 步骤S211:用嵌入扩频水印向量的两个特征向量中的系数分别替换第一变换系数矩阵中相应位置上的系数,确定嵌入水印后的矩阵。
- [0158] 步骤S212:对嵌入水印后的矩阵进行全局反离散余弦变换处理,确定反变换后的系数矩阵,即嵌入水印后的第一分块离散余弦变换系数矩阵。
- [0159] 步骤S213:用嵌入水印后的第一分块离散余弦变换系数矩阵中的每个系数分别替换第一离散余弦变换系数矩阵中每个分块的第r行、第r列位置上的系数,确定嵌入水印后的第一离散余弦变换系数矩阵。
- [0160] 步骤S214:对嵌入水印后的第一离散余弦变换系数矩阵进行分块反离散余弦变换处理,确定嵌入水印的图像,如图4b所示。
- [0161] 本发明实施例还提供一种图像水印的提取方法。如图5所示,该方法可以包括:
- [0162] 步骤S500:根据需要提取出的水印二值序列的长度生成随机码本。
- [0163] 步骤S510:对随机码本进行向量正交化。
- [0164] 其中,可以利用施密特正交化方法对码本中的所有向量进行正交化。对随机码本进行正交化之后,随机码本中的所有向量两两正交且向量的个数与需要提取出的水印二值序列的长度相同(均为n),码本中向量长度均为L,L不小于n。
- [0165] 步骤S520:对待提取水印的图像进行自适应分块。
- [0166] 具体地,本步骤可以包括:
- [0167] 步骤S521:确定待提取水印的图像的第四高度和第四宽度是否均能被K整除;其中,K取正整数且K的平方大于等于8倍的随机码本中向量的长度;若是,则执行步骤S522;否则,执行步骤S523和524。
- [0168] 步骤S522:将待提取水印的图像分割为互不重叠、尺寸相同的 $K \times K$ 个自适应分块,其中,各自适应分块的第五高度和第五宽度分别满足:第五高度等于第四高度与K之比,第五宽度等于第四宽度与K之比。
- [0169] 步骤S523:对待提取水印的图像进行小尺度放大,计算小尺度放大之后的待提取水印的图像的第六高度和第六宽度,其中,第六高度和第六宽度为满足以下条件的最小正整数:(1)第六高度和第六宽度均能被K整除,K的平方大于等于8L,L表示随机码本中向量的

长度;(2)第六高度、第六宽度分别大于等于第四高度、第四宽度。

[0170] 其中,进行小尺度放大可以使后续步骤分割出的自适应分块的尺寸一致,进而可以提高水印的鲁棒性。

[0171] 设置上述条件(1)和(2),可以使后续步骤分割后的自适应分块的尺寸都相同,K的取值范围的设置可以使自适应分块不会太小,从而与水印嵌入方法相匹配,能够保证顺利地提取到图像中含有的水印信息。

[0172] 需要说明的是,上述进行小尺度放大的方式仅为举例,任意现有的或今后可能出现的小尺度放大的方式,只要其满足上述条件(1) 和(2),也均应包含在本发明的保护范围之内,并在此以引用的方式结合于此。

[0173] 步骤S524:将小尺度放大后的待提取水印的图像分割为互不重叠、尺寸相同的 $K \times K$ 个自适应分块,其中,各自适应分块的第五高度和第五宽度分别满足:第五高度等于第六高度与K之比;第五宽度等于第六宽度与K之比。

[0174] 为了确保图像水印的提取方法实施例与图像水印的嵌入方法实施例相匹配,K的取值需要满足:K的平方不小于8L。优选地,K的最小取值为32。

[0175] 需要说明的是,上述获取自适应分块的方式仅为举例,任意现有的或今后可能出现的获取自适应分块的方式,若满足上述宽度和高度的分割条件,则也应包含在本发明的保护范围之内,并在此以引用的方式结合于此。

[0176] 步骤S530:基于自适应分块,对待提取水印的图像进行多级离散余弦变换,确定第二变换系数矩阵。

[0177] 具体地,本步骤可以包括:步骤S531至步骤S533。

[0178] 步骤S531:对各自适应分块分别进行二维离散余弦变换,确定第二离散余弦变换系数矩阵。

[0179] 本步骤对由上述步骤确定的 $K \times K$ 个自适应分块分别进行二维DCT处理,确定 $K \times K$ 个DCT系数矩阵。

[0180] 步骤S532:选取每一自适应分块内第r行、第r列的第二离散余弦变换系数,构建第二分块离散余弦变换系数矩阵,其中,r为偶数 且表示自适应分块内中低频或中高频的第二离散余弦变换系数。

[0181] 本步骤中,从 $K \times K$ 个自适应分块中的每个自适应分块中分别取出一个离散余弦变换系数,就构成了一个大小为 $K \times K$ 的系数矩阵。

[0182] 这里,离散余弦变换系数矩阵的行号和列号从0开始记,每个分块的尺寸均相同。随着离散余弦变换系数矩阵的行号和列号的增加,DCT系数的频率呈上升趋势,需要保证该离散余弦变换系数处在矩阵的中间位置,不能过低或过高,所以,r位置的系数为自适应分块内中低频或中高频系数,并且为了与图像水印嵌入方法实施例相匹配,此处r的取值需要与图像水印嵌入方法实施例中步骤S132中r的取值保持一致。

[0183] 步骤S533:对第二分块离散余弦变换系数矩阵进行全局离散余弦变换处理,确定第二变换系数矩阵。

[0184] 本步骤对上述步骤确定的大小为 $K \times K$ 的系数矩阵进行全局DCT处理,可以确定大小为 $K \times K$ 的变换系数方阵。

[0185] 步骤S540:基于第二变换系数矩阵,确定待提取水印的图像的特征向量。

- [0186] 具体地,本步骤可以包括:
- [0187] 步骤S541:基于第二变换系数矩阵,按照以下约束条件,提取特征向量的系数:
- [0188] (1)提取的特征向量中的系数为第二变换系数矩阵中行、列号均为偶数位置上的系数;
- [0189] (2)提取的特征向量中的系数在第二变换系数矩阵的主对角线上或者在主对角线的一侧。
- [0190] 步骤S542:根据按照约束条件(1)、(2)提取的系数,确定待提取水印的图像的特征向量。
- [0191] 在本步骤中,上述特征向量也就是一个系数向量。
- [0192] 需要说明的是:
- [0193] 第一,条件(1)和(2)中系数的选取方式和排列次序需要与图像水印嵌入方法实施例中的系数选取方式和排列次序一一对应,以保证水印提取的同步性;
- [0194] 第二,虽然在图像水印的嵌入方法实施例中选择了两个特征向量分别进行水印嵌入,但是,在图像水印的提取方法实施例中只需要提取其中的一个对应的特征向量进行水印提取即可;如图3a和图3b所示,图像水印嵌入方法实施例中采用了这两幅图中示出的系数选取方式和排列方式,二者的选取位置均在第一变换系数矩阵的主对角线上或者关于主对角线对称,从而实现水印在两个特征向量中的重复嵌入;而在图像水印提取方法实施例中,只需要按照上述规则选择图3a或图3b中的一种系数选取和排列方式即可达到水印提取的目的;
- [0195] 第三,根据条件(1)和(2)的规则选择系数时,系数选取的个数根据L的取值来确定,不一定将满足条件的数据全部提取出来,与图像水印的嵌入方法实施例相同,保证得到的特征向量的长度等于L即可;
- [0196] 第四,图3a和图3b示例性地示出了满足上述规则的两种系数的选择和排列方式(L=128),图像提取时可选择其中的一种方式,但本发明不仅仅局限于图示中的方式,可以是任意一种满足上述条件的系数选取方式和排列方式,只要与图像水印的嵌入方法实施例所选择的方式存在对应关系即可。
- [0197] 步骤S550:求取特征向量与正交化后的随机码本中的各向量的相关性值,并根据特征向量与正交化后的随机码本中每个向量相关性值的符号来确定对应位置上的水印序列分量。
- [0198] 在一个优选的实施例中,假设提取出的特征向量表示为 $V^* = [v_0^*, v_1^*, \dots, v_{L-1}^*]$ ,长度表示为L;随机码本中第i个正交化后的向量表示为 $P_i' = [p'_{i0}, p'_{i1}, \dots, p'_{i(L-1)}]$ ,其长度为L,其中*i*=0,1,…,n-1。
- [0199] 根据以下公式确定水印序列分量:

$$[0200] \gamma_i = \begin{cases} 1, & C(V^*, P_i') \geq 0 \\ 0, & C(V^*, P_i') < 0 \end{cases}$$

[0201] 则,水印序列为 $W' = [\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{n-1}]$ 。

[0202] 其中, $C(\cdot)$ 是求两个长度相同向量的相关性值的函数,  $C(A, B) = \sum_{j=0}^{L-1} (a_j b_j)$ ;A

$= [a_0, a_1, \dots, a_{L-1}]$ ,  $B = [b_0, b_1, \dots, b_{L-1}]$  是两个长度均为  $L$  的一维向量。

[0203] 若特征向量与随机码本中某一向量的相关性值大于等于 0, 则确定对应位置上的水印序列分量为 1, 否则为 0。

[0204] 需要说明的是: 这里相关性值的符号(正或负)与水印向量分量(1或0)的对应关系是由图像水印的嵌入方法实施例中扩频水印向量的生成方式决定的。若在图像水印的嵌入方法实施例中采用相反的方式生成扩频水印向量, 则图像水印的提取方法实施例中相关性值的符号与水印向量分量的对应关系也应该恰好相反。

[0205] 通过对图4a及图4b示出的嵌入水印前后的两幅图像, 计算两幅图像的峰值信噪比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR), 可知,  $PSNR = 36.28dB$ , 说明本发明实施例所产生的含水印图像与原始图像没有明显的视觉差异, 这说明水印的不可见性较好。其中,  $PSNR$  的

$$\text{计算方法为: } PSNR = 10 \log_{10} \left[ \frac{MN \max(I(i, j))^2}{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (I(i, j) - I'(i, j))^2} \right], \text{ 其中, } I(i, j) \text{ 代表原始图像中坐标}$$

为  $(i, j)$  的像素点的灰度值;  $I'(i, j)$  代表嵌入水印后的图像中坐标为  $(i, j)$  的像素点的灰度值;  $M$  和  $N$  分别代表图像的高度和宽度;  $\max(I(i, j))$  是图像中所有像素灰度值的最大值, 一般取为 255。

[0206] 利用水印提取的方法和上述的参数设置对图4b示出的图像进行水印提取, 通过原始水印序列和提取出的水印序列的比对可知水印能够完整、正确地被提取出来( $BER = 0.00\%$ )。

[0207] 这里, 根据以下公式, 计算原始水印序列  $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$  和提取出的水印序列  $W' = [w'_1, w'_2, \dots, w'_n]$  之间的比特错误率(Bit Error Rate, BER):

$$[0208] BER = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} \times 100\%$$

$$[0209] \text{ 其中, } m_i = \begin{cases} 0, & w_i = w'_i \\ 1, & w_i \neq w'_i \end{cases}; i = 1, 2, \dots, n; n \text{ 为水印序列的长度。}$$

[0210] 图6a-图6h示例性地示出了本发明实施例中图4b示出的含水印图像经过图像处理后的含水印图像。其中, 图6a为经过质量因子 60% 的JPEG压缩后的图像; 图6b为经过  $3 \times 3$  的均值滤波后的图像; 图6c为经过  $3 \times 3$  的中值滤波后的图像; 图6d为经过均值为 0、方差为 0.02 的Gauss 噪声后的图像; 图6e为经过能量为 0.05 的Salt&Pepper 噪声后的图像; 图6f为经过直方图均衡后的图像; 图6g为亮度降低至原来的 60% 后的图像; 图6h为亮度提升至原来的 200% 后的图像。

[0211] 利用图像水印的提取方法实施例对攻击后的图像做水印提取并和原始水印进行比对, 得到各自的BER如表一:

[0212] 表一:

[0213]

|         |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 攻击类型    | 图 6a | 图 6b | 图 6c | 图 6d | 图 6e | 图 6f | 图 6g | 图 6h |
| BER (%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.60 | 2.00 |

[0214] 其中,攻击类型一栏所示的图号为该图号所对应的示图所受到的攻击的类型。

[0215] 图7a-7f示例性地示出了本发明实施例中图4b示出的含水印图像经过几何攻击后的含水印图像。其中,图7a为经过水平翻转后的图像;图7b为经过垂直翻转后的图像;图7c为经过放缩因子为50%的放缩(resize)后的图像;图7d为经过90度的逆时针旋转后的图像;图7e为经过缩放因子为0.8的缩放(scale)后的图像;图7f为经过纵横比为 $0.8 \times 1.4$ 的拉伸后的图像。

[0216] 利用图像水印提取的方法对攻击后的图像做水印提取并和原始水印进行比对,得到各自的BER如表二:

[0217] 表二:

[0218]

|         |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| 攻击类型    | 图 7a | 图 7b | 图 7c | 图 7d | 图 7e | 图 7f |
| BER (%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

[0219] 其中,攻击类型一栏中的图号表示该图号所对应的示图所受到的攻击的类型。

[0220] 表三示例性地示出了本发明实施例中图4b示出的含水印图像经过组合攻击后的水印提取BER:

[0221] 表三:

[0222]

| 序号 | 攻击类型                | 水印提取BER(%) |
|----|---------------------|------------|
| 1  | 逆时针旋转90度+尺度缩放0.6    | 0.00       |
| 2  | 尺度缩放0.7+旋转180度      | 0.00       |
| 3  | 尺度缩放0.75+JPEG压缩60%  | 2.34       |
| 4  | 尺度缩放0.75+高斯噪声方差0.01 | 0.00       |
| 5  | 逆时针旋转90度+椒盐噪声能量0.02 | 0.00       |
| 6  | 垂直翻转+椒盐噪声能量0.02     | 0.00       |

[0223] 此外,本发明实施例还提供一种数字媒体版权保护方法。该方法可以包括:

[0224] 获取数字媒体版权信息。

[0225] 其中,数字媒体可以是文本、图像、音视频等。

[0226] 使用上述图像水印的嵌入方法实施例,将数字媒体版权信息嵌入与版权信息对应的图像中,实现数字媒体版权保护。

- [0227] 有关本实施例的说明可参见其他实施例,在此不再赘述。
- [0228] 此外,本发明实施例还提供一种数字媒体版权追踪方法。该方法可以包括:
- [0229] 获取嵌入数字媒体版权信息的图像。
- [0230] 使用上述图像水印的提取方法实施例,从图像中提取数字媒体版权信息,实现对数字媒体版权的追踪。
- [0231] 有关本实施例的说明可参见其他实施例,在此不再赘述。
- [0232] 上述实施例中虽然将各个步骤按照上述先后次序的方式进行了描述,但是本领域技术人员可以理解,为了实现本实施例的效果,不同的步骤之间不必按照这样的次序执行,其可以同时(并行)执行或以颠倒的次序执行,这些简单的变化都在本发明的保护范围之内。
- [0233] 本发明实施例具有较好的安全性、水印不可见性和鲁棒性,能抵抗常见的图像处理攻击、几何攻击和组合攻击,可应用于数字图像的版权保护与侵权追踪,也可据此思路,将其引入到数字视频中,用于实现基于帧的视频水印嵌入与提取以及数字视频的版权保护与侵权追踪。
- [0234] 以上对本发明实施例所提供的技术方案进行了详细的介绍。虽然本文应用了具体的个例对本发明的原理和实施方式进行了阐述,但是,上述实施例的说明仅适用于帮助理解本发明实施例的原理;同时,对于本领域技术人员来说,依据本发明实施例,在具体实施方式以及应用范围之内均会做出改变。
- [0235] 需要说明的是,本文中涉及到的流程图或框图不仅仅局限于本文所示的形式,其还可以进行划分和/或组合。
- [0236] 需要说明的是:附图中的标记和文字只是为了更清楚地说明本发明,不视为对本发明保护范围的不当限定。
- [0237] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。
- [0238] 术语“包括”或者任何其它类似用语旨在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备/装置不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其它要素,或者还包括这些过程、方法、物品或者设备/装置所固有的要素。
- [0239] 本发明的各个步骤可以用通用的计算装置来实现,例如,它们可以集中在单个的计算装置上,例如:个人计算机、服务器计算机、手持设备或便携式设备、平板型设备或者多处理器装置,也可以分布在多个计算装置所组成的网络上,它们可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤,或者将它们分别制作成各个集成电路模块,或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。因此,本发明不限于任何特定的硬件和软件或者其结合。
- [0240] 本发明提供的方法可以使用可编程逻辑器件来实现,也可以实施为计算机程序软件或程序模块(其包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组件或数据结构等等),例如根据本发明的实施例可以是一种计算机程序产品,运行该计算机程序产品使计算机执行用于所示范的方法。所述计算机程序产品包括计算机可读存储介质,该

介质上包含计算机程序逻辑或代码部分，用于实现所述方法。所述计算机可读存储介质可以是被安装在计算机中的内置介质或者可以从计算机主体上拆卸下来的可移动介质(例如：采用热插拔技术的存储设备)。所述内置介质包括但不限于可重写的非易失性存储器，例如：RAM、ROM、快闪存储器和硬盘。所述可移动介质包括但不限于：光存储介质(例如：CD—ROM和DVD)、磁光存储介质(例如：MO)、磁存储介质(例如：磁带或移动硬盘)、具有内置的可重写非易失性存储器的媒体(例如：存储卡)和具有内置ROM的媒体(例如：ROM盒)。

[0241] 以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

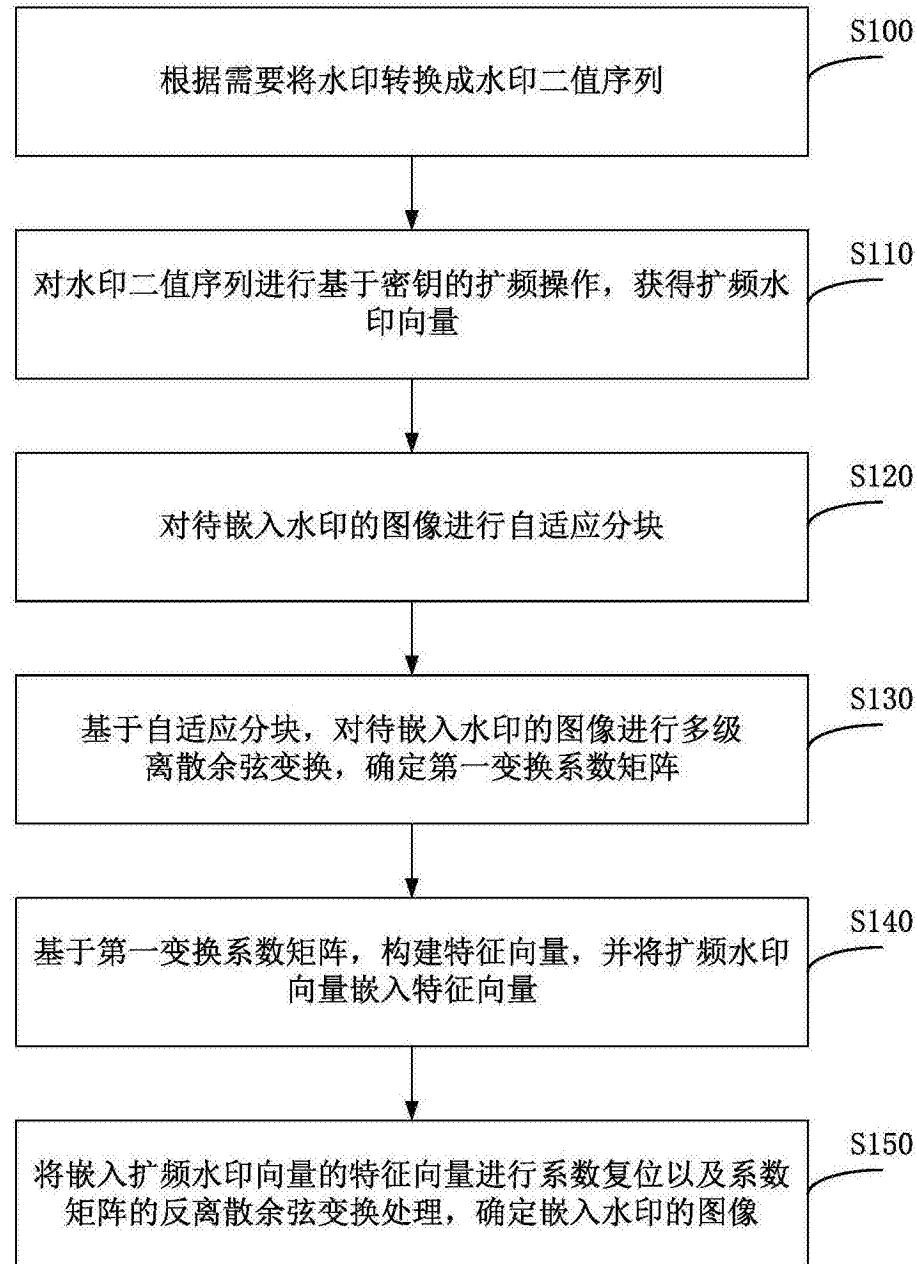


图1

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

图2

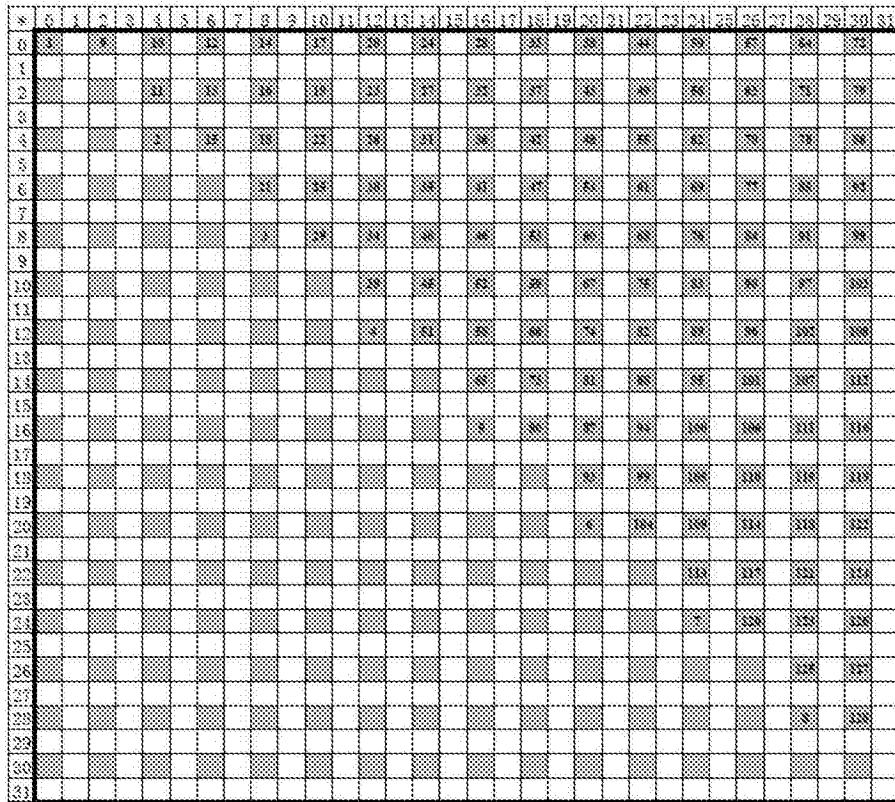


图3a

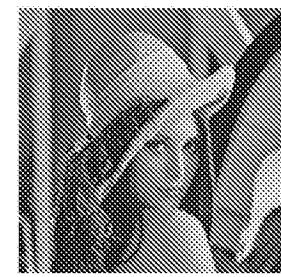
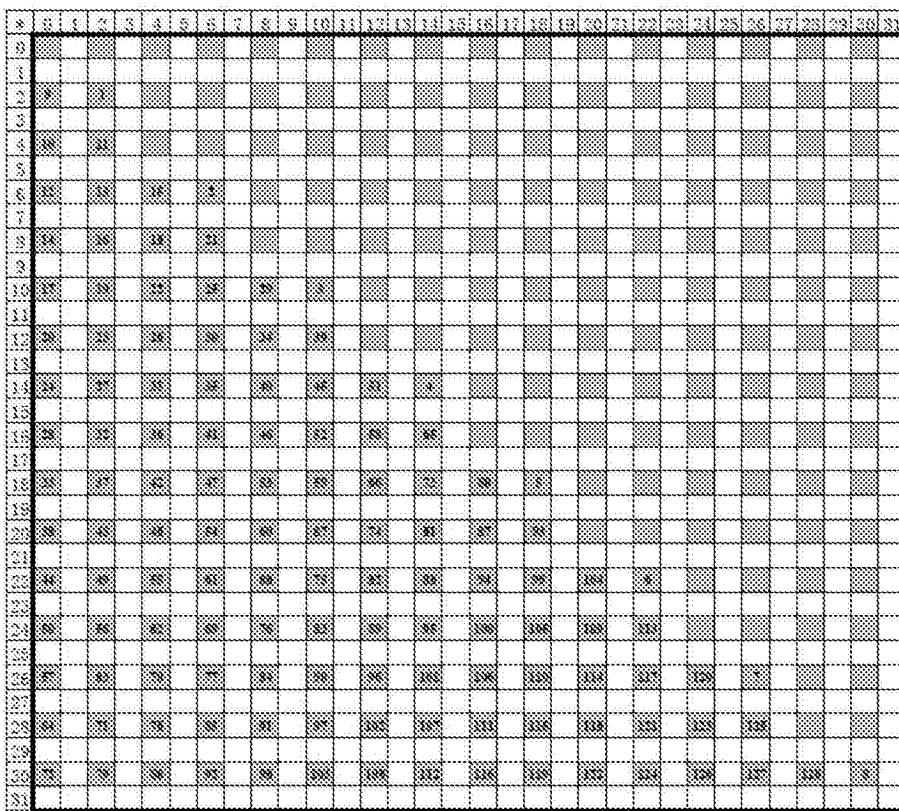


图4a

图3b

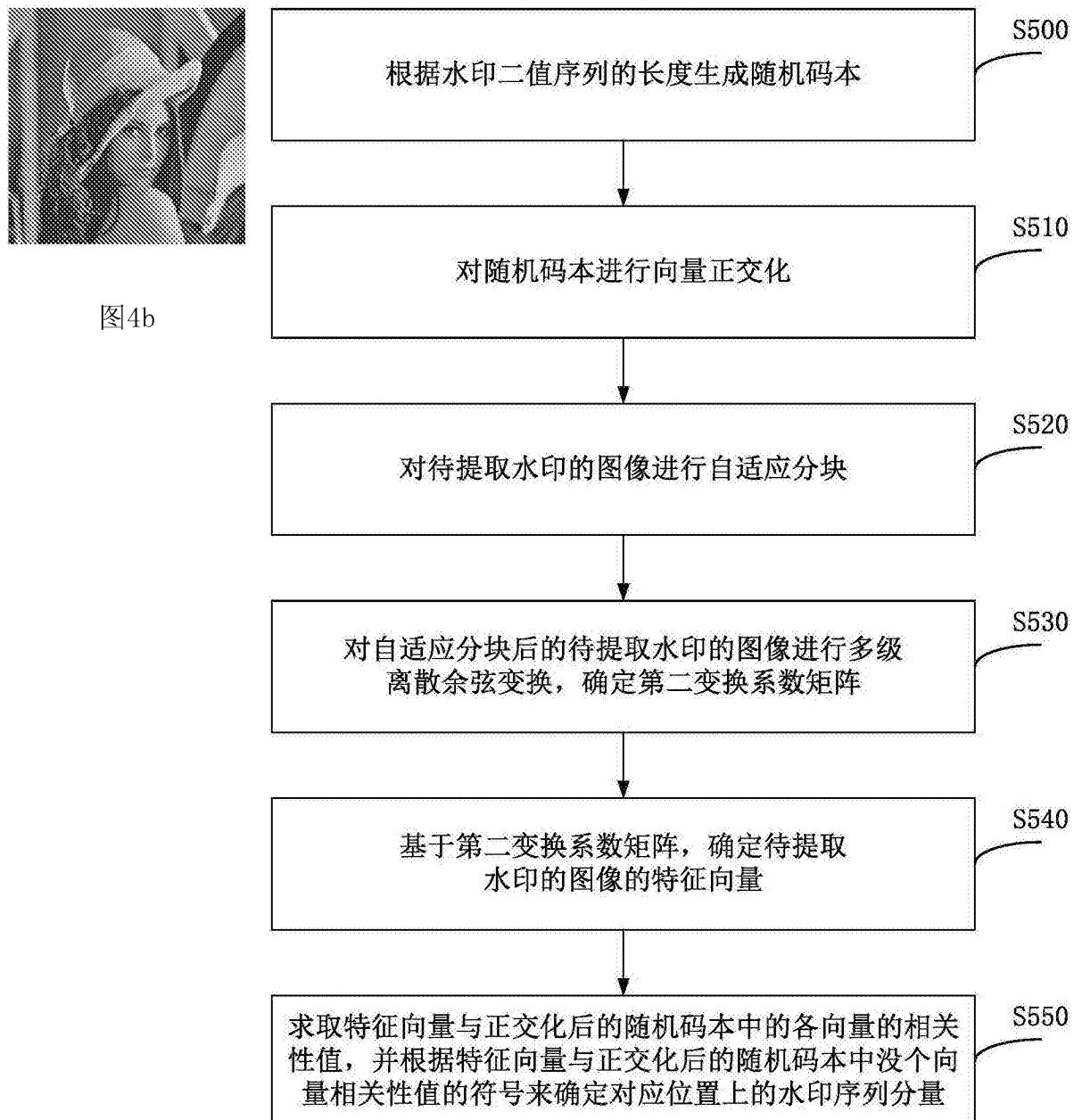


图5

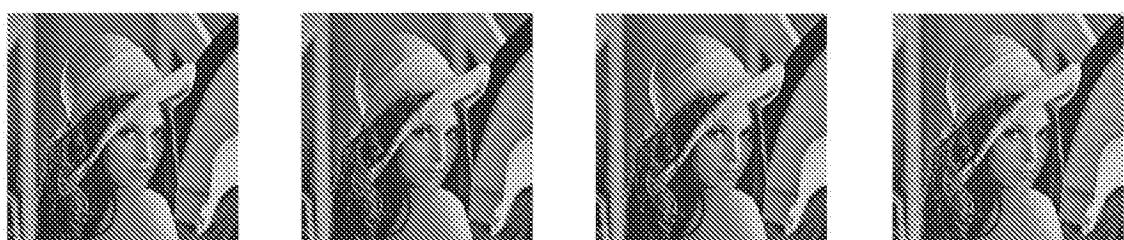


图6a

图6b

图6c

图6d

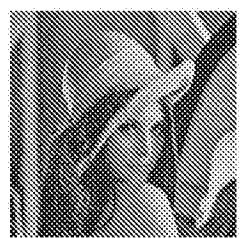


图6e

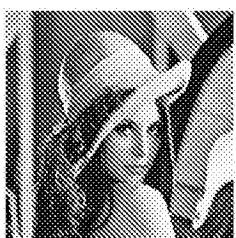


图6f

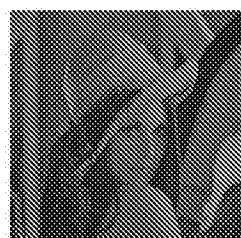


图6g

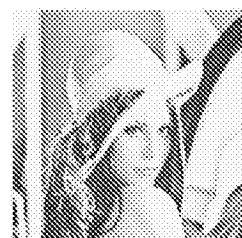


图6h

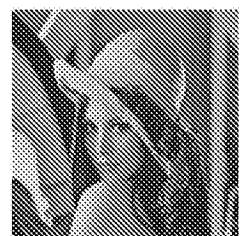


图7a

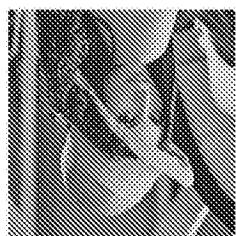


图7b

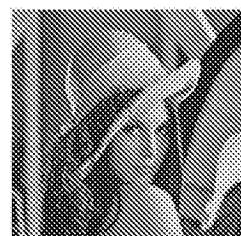


图7c

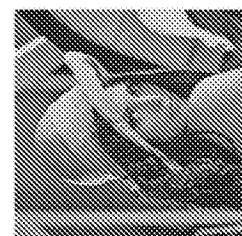


图7d

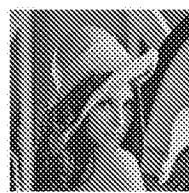


图7e

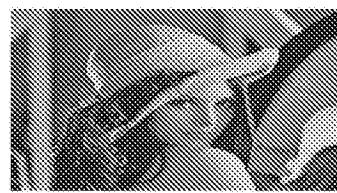


图7f