(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109064376 A
(43)申请公布日 2018.12.21

(21)申请号 201810820484.2

(22)申请日 2018.07.24

(71)申请人 南京师范大学
地址 210000 江苏省南京市鼓楼区宁海路122号

(72)发明人 朱长青 陈玮彤 任娜

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所（普通合伙）32204
代理人 颜盈静

(51)Int.Cl.
G06T 1/00(2006.01)

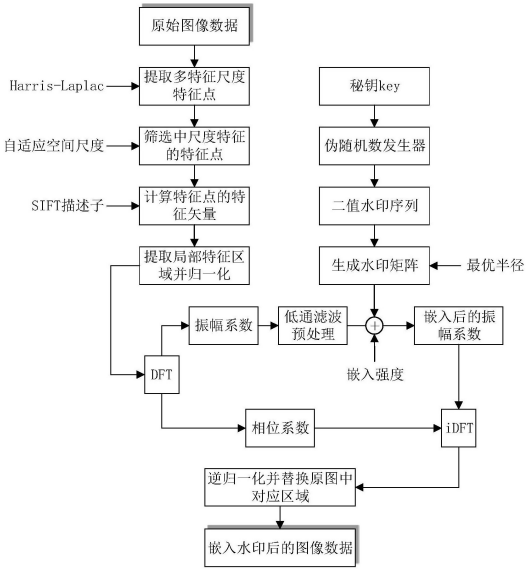
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄水印算法

(57)摘要

本发明公开了一种基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄水印算法：通过Harris-Laplace算法与图像自适应空间尺度筛选出不小于设定的特征尺度的特征点，并通过筛选的特征点实现图像基于内容的水印信息同步，经计算SIFT特征描述子与特征尺度对水印信息嵌入的局部特征区域进行归一化，并将水印信息嵌入到该区域DFT域振幅的中频系数中，从而实现水印信息的认证。本发明能够满足在图像的正常使用下，可以通过手机拍摄对屏幕上显示图像的版权信息进行实时认证，以及对拍摄的图像进行水印信息认证。本发明为图像数据版权保护提供有效的技术手段。



CN 109064376 A

1.基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄水印算法,其特征在于:

包括以下步骤:

S1:水印信息生成;具体操作如下:

S1-1:生成水印信息库,每个录入的版权信息与对应的水印秘钥K建立映射;

S1-2:使用水印秘钥K作为随机数种子,基于伪随机数发生器,生成长度为l的二值水印信息$W=\{w(t)|w(t)\in\{0,1\},t=0,...,l-1\}$;

S2:水印信息嵌入;

S2-1:读取待嵌入水印信息的图像数据,获取图像数据大小;

S2-2:基于图像大小,预设一组尺度σ,基于Harris-Laplace算法提取图像多特征尺度的特征点;

S2-3:根据图像数据大小,计算自适应空间尺度R_0,并以R_0作为检测局部最大值的窗口半径,用于筛选出不小于设定的特征尺度的特征点集$P_0(x,y)$;

S2-4:基于SIFT特征描述算子,计算$P_0(x,y)$对应的特征矢量;

S2-5:以特征点为中心,特征矢量为归一化方向,基于特征尺度s设置局部特征区域的边长为6s+1,分别提取和归一化对应的方形局部特征区域,依据特征点的特征值筛选出互不重叠的局部特征区域集合,待用于水印信息嵌入;

S2-6:对归一化后的水印嵌入区域进行DFT,计算满足鲁棒性的最优嵌入半径R_1和用于预处理的高斯低通滤波核,并对以R_1为半径的振幅中频系数进行高斯低通滤波预处理;

S2-7:将水印信息W基于相应的特征尺度s和最优半径R_1转化为水印矩阵$W(x_i,y_i)$,式中t表示第t位水印信息:

$$x_i=(3s+1)+[R_1\cos(\frac{t\pi}{l})]$$
$$y_i=(3s+1)+[R_1\sin(\frac{t\pi}{l})] \quad (1)$$

S2-8:基于公式(2)将水印信息嵌入振幅的中频系数中,式中$M_w(x,y)$和$M(x,y)$分别为嵌入水印后和原始的振幅值,α为水印嵌入强度:

$$M_w(x,y)=M(x,y)+\alpha*W(x,y) \quad (2)$$

S2-9:进行DFT逆变换,并将嵌入水印后的局部特征区域对原始图像中的部分进行替换,完成水印嵌入。

2.根据权利要求1所述的一种基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄水印算法,其特征在于:还包括水印检测,具体操作如下:

S3-1:读取拍摄的图像数据,进行透视变换校正预处理,提取出照片中待检测的图像部分;

S3-2:对待检测图像提取Harris-Laplace多尺度特征点;

S3-3:设置空间尺度R_2,基于特征尺度,筛选出用于水印同步特征点的点集$P_1(x,y)$;

S3-4:基于SIFT特征描述算子,计算$P_1(x,y)$对应的特征矢量;

S3-5:依据特征点位置由图像中心向外侧的顺序,基于特征矢量和特征尺度依次提取$P_1(x,y)$对应的方形局部特征区域,并进行归一化;

S3-6:对归一化后的待检测区域进行DFT,依次提取振幅系数中R_{min}至R_{max}范围内所有待

检测中频系数的值；

S3-7:将提取的信息进行归一化处理,并与所有秘钥K生成的伪随机二值序列依次计算相关性C；

S3-8:计算误检率并设置阈值T,若检测到C＞T,则认为图像含有秘钥为K的水印;否则,继续重复S3-5；

S3-9:基于对应的秘钥K,查询水印信息库中具体的版权信息,完成水印检测。

3.根据权利要求1所述的一种基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄水印算法,其特征在于:自适应空间尺度R_0＝round((w0+h0)/γ0),式中w_0和h_0为图像的宽和高,γ0为量化参数。

4.根据权利要求2所述的一种基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄水印算法,其特征在于:设置空间尺度R_2＝round((w1+h1)/γ1),式中w_1和h_1为待检测图像的宽和高,γ1为量化参数。

基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄水印算法

技术领域

[0001] 本发明属于信息安全技术领域,具体涉及图像基于Harris-Laplace与SIFT特征描述子的DFT域抗屏摄水印算法。

背景技术

[0002] 随着网络技术的日益发展、数据的共享以及数据传输变得方便快捷,但随之而来的各类图像数据安全问题也变得日益凸显。尤其近年来,随着计算机和智能手机的普及,特别是具有高拍摄像素的手机,使得通过手机拍摄电脑屏幕上呈现的图像导致数据泄露、恶意盗取和非法传播变得十分简单,如何有效保护其版权,已成为亟待解决的问题。

[0003] 通过手机拍摄电脑屏幕的过程称之为屏摄过程,屏摄攻击可以描述为一种复杂的复合攻击,屏摄攻击会给图像造成几何变形、摩尔纹噪声、图像缩放、图像模糊、亮度失真和色彩失真等变化。

[0004] 随着Kutter等人(Kutter M,Bhattacharjee S K,Ebrahimi T.Towards second generation watermarking schemes[C]//Image Processing,1999.ICIP 99.Proceedings.1999International Conference on.IEEE,1999,1:320-323.)提出二代水印,已有大量学者展开基于图像内容的鲁棒水印研究,但研究的算法通常无法抵抗高强度的复合攻击。

[0005] 此外,一些抗打印扫描过程和抗打印拍摄过程的水印算法相继被提出。Solanki等人(Solanki K,Madhow U,Manjunath B S,et al.Print and scan'resilient data hiding in images[J].IEEE Transactions on Information Forensics and Security,2006,1(4):464-478.)对打印扫描过程进行了分析,并提出了一种抗打印扫描的水印算法;Pramila等人(Pramila A,Keskinarkaus A,Seppänen T.Increasing the capturing angle in print-cam robust watermarking[J].Journal of Systems and Software,2018,135:205-215.)基于伪随机方向模板,以及图像的附加信息构建了一种抗打印拍摄的空间域水印算法;Gourrame等人(Gourrame K,Douzi H,Harba R,et al.Robust Print-cam Image Watermarking in Fourier Domain[C]//International Conference on Image and Signal Processing.Springer,Cham,2016:356-365.)提出了一种抗打印拍摄的频率域水印算法。

[0006] 虽然以上打印扫描和打印拍摄的算法能够较好的实现水印信息的嵌入和提取,但由于其攻击类型与屏摄攻击不完全相同,且屏摄攻击相对更加复杂,并不能直接适用。本发明结合二代水印的优势,利用Harris-Laplace特征尺度的抗缩放特性、SIFT描述子的抗旋转特性和DFT域水印算法的鲁棒性,提出了一种基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄鲁棒水印算法。

发明内容

[0007] 针对图像数据在使用过程中存在的偷拍和非法发布的行为、泄密和非法发布的图像无法获取其源数据的问题，以及图像版权信息的实时认证的应用需求，提出了一种基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄水印算法，实现将水印信息与图像内容相结合，并具对屏摄攻击和常规图像攻击有较强的鲁棒性。

[0008] 为解决上述技术问题，本发明提供了基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄水印算法，包括以下步骤：

[0009] S1：水印信息生成；具体操作如下：

[0010] S1-1：生成水印信息库，每个录入的版权信息与对应的水印秘钥K建立映射；

[0011] S1-2：使用水印秘钥K作为随机数种子，基于伪随机数发生器，生成长度为l的二值水印信息$W=\{w(t)|w(t)\in\{0,1\},t=0,...,l-1\}$；

[0012] S2：水印信息嵌入；

[0013] S2-1：读取待嵌入水印信息的图像数据，获取图像数据大小；

[0014] S2-2：基于图像大小，预设一组尺度σ，基于Harris-Laplace算法提取图像多特征尺度的特征点；

[0015] S2-3：根据图像数据大小，计算自适应空间尺度R_0，并以R_0作为检测局部最大值的窗口半径，用于筛选出不小于设定特征尺度的特征点集$P_0(x,y)$；

[0016] S2-4：基于SIFT特征描述算子，计算$P_0(x,y)$对应的特征矢量；

[0017] S2-5：以特征点为中心，特征矢量为归一化方向，基于特征尺度s设置局部特征区域的边长为6s+1，分别提取和归一化对应的方形局部特征区域，依据特征点的特征值筛选出互不重叠的局部特征区域集合，待用于水印信息嵌入；

[0018] S2-6：对归一化后的水印嵌入区域进行DFT，计算满足鲁棒性的最优嵌入半径R_1和用于预处理的高斯低通滤波核，并对以R_1为半径的振幅中频系数进行高斯低通滤波预处理；

[0019] S2-7：将水印信息W基于相应的特征尺度s和最优半径R_1转化为水印矩阵$W(x_i,y_i)$，式中t表示第t位水印信息：

[0020]
$$x_i=(3s+1)+[R_1\cos(\frac{t\pi}{l})]$$
$$y_i=(3s+1)+[R_1\sin(\frac{t\pi}{l})] \quad (1)$$

[0021] S2-8：基于公式(2)将水印信息嵌入振幅的中频系数中，式中$M_w(x,y)$和$M(x,y)$分别为嵌入水印后和原始的振幅值，α为水印嵌入强度：

[0022] $M_w(x,y)=M(x,y)+\alpha*W(x,y)$ (2)

[0023] S2-9：进行DFT逆变换，并将嵌入水印后的局部特征区域对原始图像中的部分进行替换，完成水印嵌入。

[0024] 还包括水印检测，具体操作如下：

[0025] S3-1：读取拍摄的图像数据，进行透视变换校正预处理，提取出照片中待检测的图像部分；

[0026] S3-2：对待检测图像提取Harris-Laplace多尺度特征点；

[0027] S3-3：设置空间尺度R_2，基于特征尺度，筛选出用于水印同步特征点的点集$P_1(x,$

y)；

[0028] S3-4:基于SIFT特征描述算子,计算$P_1(x,y)$对应的特征矢量；

[0029] S3-5:依据特征点位置由图像中心向外侧的顺序,基于特征矢量和特征尺度依次提取$P_1(x,y)$对应的方形局部特征区域,并进行归一化；

[0030] S3-6:对归一化后的待检测区域进行DFT,依次提取振幅系数中R_{min}至R_{max}范围内所有待检测中频系数的值；

[0031] S3-7:将提取的信息进行归一化处理,并与所有秘钥K生成的伪随机二值序列依次计算相关性C；

[0032] S3-8:计算误检率并设置阈值T,若检测到C＞T,则认为图像含有秘钥为K的水印；否则,继续重复S3-5；

[0033] S3-9:基于对应的秘钥K,查询水印信息库中具体的版权信息,完成水印检测。

[0034] 自适应空间尺度R_0＝round((w0+h0)/γ0),式中w_0和h_0为图像的宽和高,γ_0为量化参数。

[0035] 设置空间尺度R_2＝round((w1+h1)/γ1),式中w_1和h_1为待检测图像的宽和高,γ_1为量化参数。

[0036] 有益效果:本发明针对普通二代水印算法无法抵抗屏摄攻击和抗打印拍摄水印算法不能直接适用于抗屏摄攻击的不足,通过Harris-Laplace算法与图像自适应空间尺度筛选具有中特征尺度的特征点,并通过筛选的特征点实现图像基于内容的水印信息同步,经计算SIFT特征描述子与特征尺度对水印信息嵌入的局部特征区域进行归一化,并将水印信息嵌入到该区域DFT域振幅的中频系数中,从而实现水印信息的认证。本方法充分利用Harris-Laplace算法与SIFT特征描述算子的优势,并与DFT域水印技术相结合,使得本方法能够对嵌入水印信息的图像在屏摄攻击后实现水印信息的检测。此外,由于本发明将水印信息与图像内容相结合,且具有强鲁棒性,使得本方法能够抵抗大部分常见类型的攻击。

附图说明

[0037] 图1是本发明方法的水印生成与嵌入流程图；

[0038] 图2是本发明方法的水印检测流程图；

[0039] 图3是本发明方法的实验数据；

[0040] 图4是使用本发明方法进行水印嵌入后的数据；

[0041] 图5是对嵌入水印后的数据进行攻击后提取的数据部分和检测结果:其中：

[0042] (a)为旋转、缩放和裁剪攻击；

[0043] (b)为图像压缩和格式转换攻击；

[0044] (c)为屏摄攻击；

[0045] (d)为屏摄和旋转攻击；

[0046] (e)为屏摄和裁剪攻击；

[0047] (f)为屏摄、旋转、缩放和裁剪攻击。

具体实施方式

[0048] 下面结合附图和实施例进一步阐述本发明。

[0049] 本发明公开了一种基于Harris-Laplace与SIFT描述子的DFT域图像抗屏摄水印算法:针对大图像在使用中会面临的裁剪和缩放攻击,利用二代水印的优势,将水印信息与图像内容相结合。首先基于Harris-Laplace算子提取具有尺度不变性和旋转不变性的特征点,为确保选择的特征点在拍摄后的图像上能够稳定的重复提取出来,基于自适应空间尺度,筛选中特征尺度的特征点用于水印信息同步;然后基于SIFT描述子,计算用于水印信息同步的特征点的特征矢量,并基于特征矢量和尺度特征对待嵌入水印信息的方形局部特征区域进行归一化;最后结合离散傅里叶域水印算法抗缩放的优势,在对振幅的中频系数进行低通滤波预处理后,将基于水印秘钥生成的水印信息通过自适应规则嵌入离散傅里叶域振幅的中频系数中。本发明将水印信息与图像内容融合在一起,具有良好的不可感知性,能够满足在图像的正常使用下,可以通过手机拍摄对屏幕上显示图像的版权信息进行实时认证,以及对拍摄的图像进行水印信息认证。本发明为图像数据版权保护提供有效的技术手段。

[0050] 选择标准图像处理的经典图像为实验数据,针对水印信息的生成、嵌入和检测等整个过程,给出本发明方法的一个实施例,进一步详细说明本发明。

[0051] 如图3,本实施例选择一张1024×1024像素的lena图像数据作为实验数据,数据格式为tif。

[0052] 水印信息生成:

[0053] 步骤一:构建具有2000个秘钥的水印信息库,本实施例嵌入的版权信息为“南京师范大学”对应的秘钥K=136;

[0054] 步骤二:以水印秘钥为种子,基于伪随机数发生器生成长度为60位的伪随机二值序列W作为嵌入的水印信息;

[0055] 水印信息的嵌入:

[0056] 步骤一:读取实验数据,获取图像大小为1024×1024像素;

[0057] 步骤二:基于图像大小,预设一组分为13级的尺度参数σ,用于Harris-Laplace算法检测图像多特征尺度的特征点;

[0058] 步骤三:计算自适应空间尺度$R_0=round((w_0+h_0)/\gamma_0)$,式中$w_0$和$h_0$为图像的宽和高,$\gamma_0$为量化参数,本实例中,选择$\gamma_0=25$。以$R_0$作为检测局部最大值的窗口半径,并筛选出局部最大值大于阈值T=0.2的特征点,及具有中、大特征尺度的特征点集$P_0(x,y)$,该中、大特征尺度指7-13级的尺度参数;

[0059] 步骤四:基于SIFT特征描述算子,计算$P_0(x,y)$对应的特征矢量;

[0060] 步骤五:以特征点$P_0(x,y)$为中心,特征矢量为归一化方向,基于特征点的特征尺度s设置局部特征区域的边长为6s+1,分别提取和归一化对应的方形局部特征区域,并依据特征点的特征值筛选出互不重叠的局部特征区域集合,待用于水印信息嵌入;

[0061] 步骤六:对归一化后的水印嵌入区域进行DFT,计算具有较好鲁棒性的最优嵌入半径R_1和用于预处理的高斯低通滤波核,以满足PSNR值大于28,以保证不可感知性。并对以R_1为半径的振幅中频系数进行高斯低通滤波预处理;

[0062] 步骤七:将水印信息W基于相应的特征尺度s和最优半径R_1转化为水印矩阵$W(x_i,y_i)$,式中t表示第t位水印信息:

[0063]
$$x_i = (3s+1) + [R_1 \cos(\frac{t\pi}{l})]$$
$$y_i = (3s+1) + [R_1 \sin(\frac{t\pi}{l})] \quad (1)$$

[0064] 步骤八:基于公式:

[0065] $M_w(x,y) = M(x,y) + \alpha * W(x,y)$ (2)

[0066] 将水印信息嵌入振幅的中频系数中,式中$M_w(x,y)$和$M(x,y)$分别为嵌入水印后和原始的振幅值,α为水印嵌入强度:

[0067] 步骤九:进行DFT逆变换,并将嵌入水印后的局部特征区域对原始图像中的部分进行替换,完成水印嵌入;

[0068] 水印信息的检测:

[0069] 步骤一:读取拍摄的图像数据,进行透视变换校正预处理,并提取出照片中待检测的图像部分;

[0070] 步骤二:对待检测图像提取Harris-Laplace多尺度特征点;

[0071] 步骤三:为避免漏检,设置空间尺度$R_2 = round((w_1+h_1)/\gamma_1)$,式中$w_1$和$h_1$为待检测图像的宽和高,$\gamma_1$为量化参数,本实例中,选择$\gamma_1 = 50$。并同时基于特征点的特征尺度,筛选出所有可能为用于水印同步特征点的点集$P_1(x,y)$;

[0072] 步骤四:基于SIFT特征描述算子,计算$P_1(x,y)$对应的特征矢量;

[0073] 步骤五:依据特征点位置由图像中心向外侧的顺序,基于特征矢量和特征尺度依次提取$P_1(x,y)$对应的方形局部特征区域,并进行归一化;

[0074] 步骤六:对归一化后的待检测区域进行DFT,为避免漏检,依次提取振幅系数中R_{min}至R_{max}范围内所有待检测中频系数的值;

[0075] 步骤七:将提取的信息进行归一化处理,并与所有秘钥K生成的伪随机二值序列依次计算相关性C;

[0076] 步骤八:计算误检率并设置阈值T,若检测到$C > T$,则认为图像含有秘钥为K的水印;否则,继续重复步骤五;

[0077] 步骤九:基于对应的秘钥K,查询水印信息库中具体的版权信息,完成水印检测。

[0078] 本发明基于图像内容寻找图像在屏摄过程中的不变特征,很好的实现了水印信息的同步;提高变换域水印算法鲁棒性技术,这样可以保证面对屏摄这一复杂的复合攻击时,水印信息能够正确提取。因此,本发明方法可以很好的抵抗屏摄攻击和常规图像攻击。

[0079] 本发明所提出的方法是针对常规图像数据的抗屏摄水印算法,采用该方法可以将水印信息与图像内容的融合,并且对屏摄攻击和常规图像攻击具有极强的鲁棒性。

[0080] (1)屏摄攻击

[0081] 将嵌入水印信息的图像数据呈现在电脑屏幕上,并进行拍摄。屏摄过程会给图像造成几何变形、摩尔纹噪声、图像缩放、图像模糊、亮度失真和色彩失真等一系列复合攻击。实验中对拍摄的照片进行透视变换校正,并提取照片中的图像部分,如图5(c)所示。然后,对提取的数据进行水印信息提取。实验结果表明,在拍摄条件和拍摄效果良好的情况下,该方法可以有效抵抗屏摄攻击。

[0082] (2)常规图像攻击

[0083] 数字图像在使用，为应对不同的使用需求，会造成不同的图像攻击。本实施例对图像分别进行平移攻击、旋转攻击、缩放攻击、裁剪攻击、图像压缩攻击、格式转换攻击，以及旋转缩放裁剪复合攻击和图像压缩及格式转换复合攻击，如图5(a)和5(b)所示。实验结果表明，图像分别经过平移攻击、旋转攻击、图像压缩攻击和格式转换攻击，水印信息均可以正确提取，且提取率都为100％；图像缩放比例大于0.4、裁剪比例小于50％时，水印信息仍然可以正确提取出，实验中水印的提取率为100％；面对旋转缩放裁剪复合攻击和图像压缩及格式转换复合攻击时，水印信息同样可以正确提取。

[0084] (3)屏摄攻击与常规图像攻击的复合攻击

[0085] 为模拟实际应用场景，对嵌入水印的图像先进行常规图像攻击，然后进行拍摄，并提取出拍摄照片中需检测的图像部分，如图5(e)、图5(d)和图5(f)所示。实验结果表明，在拍摄条件和拍摄效果良好的情况下，本方法可以有效抵抗屏摄攻击与常规图像攻击的复合攻击。

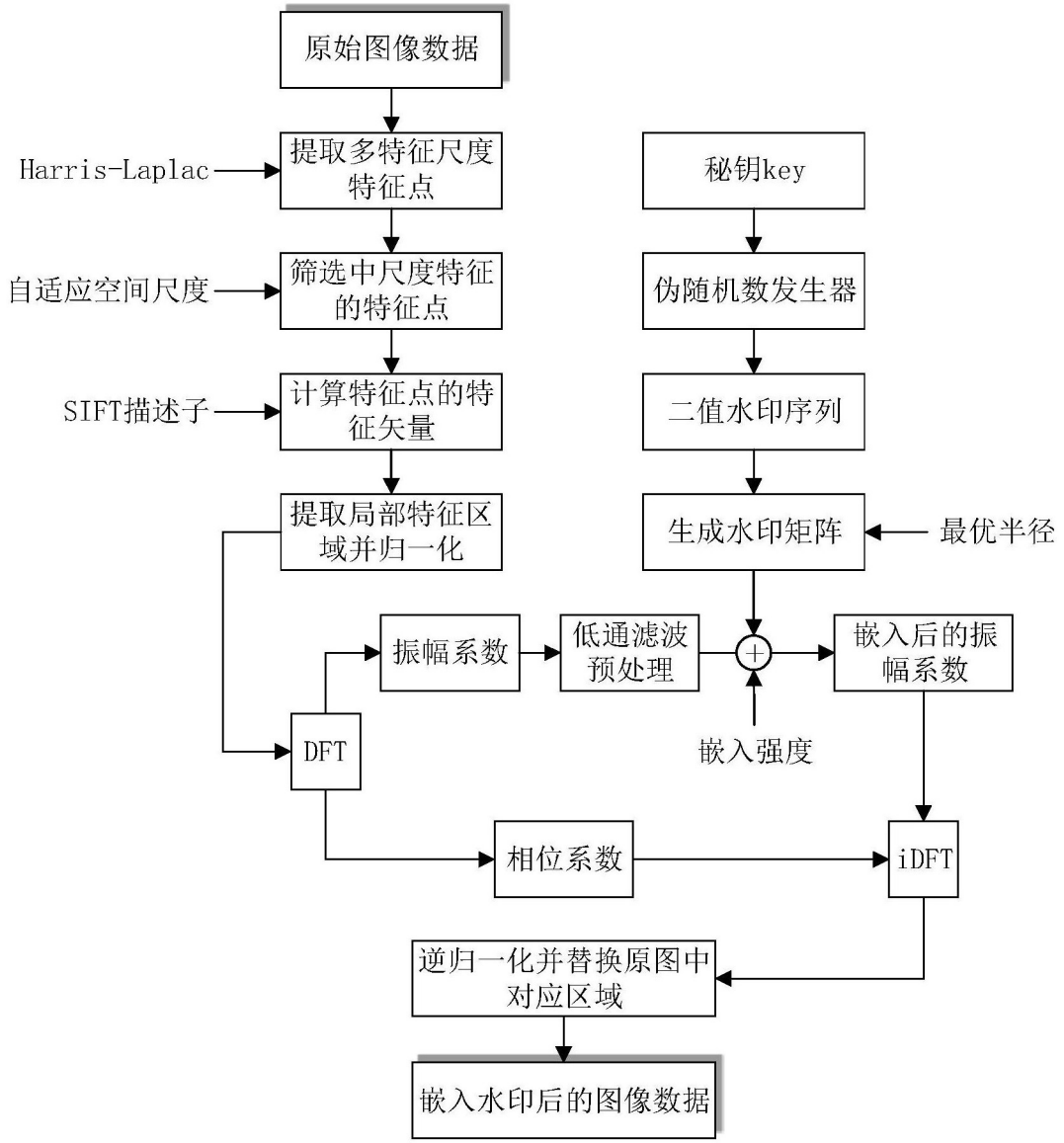

原始图像数据
Harris-Laplac
提取多特征尺度特征点
秘钥key
自适应空间尺度
筛选中尺度特征的特征点
伪随机数发生器
SIFT描述子
计算特征点的特征矢量
二值水印序列
提取局部特征区域并归一化
生成水印矩阵
最优半径
振幅系数
低通滤波预处理
嵌入后的振幅系数
DFT
嵌入强度
相位系数
iDFT
逆归一化并替换原图中对应区域
嵌入水印后的图像数据

图1

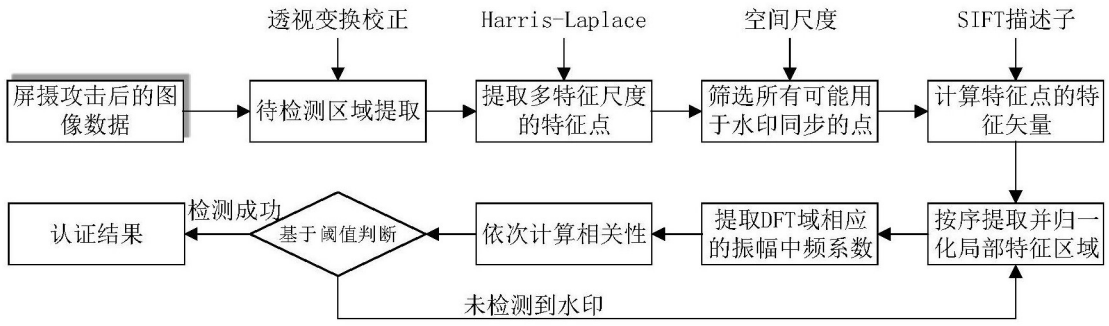

透视变换校正
Harris-Laplace
空间尺度
SIFT描述子
屏摄攻击后的图像数据
待检测区域提取
提取多特征尺度的特征点
筛选所有可能用于水印同步的点
计算特征点的特征矢量
认证结果
检测成功
基于阈值判断
依次计算相关性
提取DFT域相应的振幅中频系数
按序提取并归一化局部特征区域
未检测到水印

图2

图3

图4

图5