



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102722855 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 10

(21) 申请号 201110079881. 7

(22) 申请日 2011. 03. 31

(71) 申请人 北京大学

地址 100871 北京市海淀区颐和园路 5 号

申请人 北大方正集团有限公司

北京北大方正电子有限公司

(72) 发明人 王祥 郭宗明

(74) 专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理

有限公司 11291

代理人 郭润湘

(51) Int. Cl.

G06T 1/00 (2006. 01)

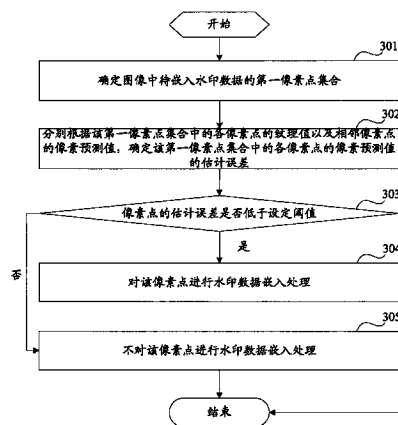
权利要求书 5 页 说明书 13 页 附图 9 页

(54) 发明名称

一种可逆水印嵌入方法、提取方法以及装置和系统

(57) 摘要

本发明公开了一种可逆水印嵌入方法、提取方法以及装置和系统,主要技术方案包括:确定图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合;分别根据该第一像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定该第一像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;对确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理。根据该技术方案对用于嵌入水印数据的像素点进行筛选,将具有较大估计误差的像素点滤除而不嵌入水印数据,从而减少了由于在具有较大估计误差的像素点中嵌入水印数据而对图像造成的失真。相应地,在从图像中提取水印时,也根据计算得到的估计误差对像素点进行筛选,从而能够准确度从图像中提取出水印数据。



1. 一种可逆水印嵌入方法,其特征在于,包括:
 确定图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合;
 分别根据所述第一像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定所述第一像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;
 对确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,还包括:
 确定所述图像中待平移的第二像素点集合;其中,所述待平移的像素点为所述图像中除所述待嵌入水印数据的像素点以外的像素点;
 分别根据所述第二像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定所述第二像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;
 对确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行平移处理。
3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,根据像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定该像素点的像素预测值的估计误差,包括:
 确定像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值;
 根据设定的与该差值的绝对值所在区间对应的该像素点的纹理值的确定方式、该像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值,确定该像素点的像素预测值的估计误差。
4. 如权利要求 3 所述的方法,其特征在于,根据设定的与该差值的绝对值所在区间对应的该像素点的纹理值的确定方式、该像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值,确定该像素点的像素预测值的估计误差,具体通过如下公式:

$$\hat{e} = \begin{cases} \min(G_h, G_v) / p1 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| > t1 \\ (3 \min(G_h, G_v) + \max(G_h, G_v)) / p2 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t2, t1] \\ (5 \min(G_h, G_v) + 3 \max(G_h, G_v)) / p3 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t3, t2] \\ (G_h + G_v) / p4 + n \times \varepsilon & \text{else} \end{cases}$$

其中:

\hat{e} 为该像素点的像素预测值的估计误差;

G_v 和 G_h 分别为该像素点在水平方向和垂直方向上的纹理值;

$\Delta = G_v - G_h$ 为该像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值;

$$\varepsilon = \sum_{k=1}^s \frac{|B(P_{ik}) - \hat{B}(P_{ik})|}{s}$$

为与该像素点 i 存在设定位置关系的 s 个相邻像素点的像素预测

值的预测误差的平均值, $B(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的像素原始值, $\hat{B}(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的预测像素值;

n 为该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值;

$p1$ 、 $p2$ 、 $p3$ 以及 $p4$ 分别为该像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值的绝对值在不同区间对应的纹理值的权重值。

5. 一种可逆水印提取方法,其特征在于,包括:

根据图像中各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定各像素点的像素预测值的估计误差;

将估计误差低于设定阈值的像素点的像素值恢复为像素原始值;以及
从估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,从估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据,具体包括:

分别确定估计误差低于设定阈值的像素点的预测误差,所述预测误差为该像素点的像素原始值与预测像素值的差值;

从预测误差在设定区间的像素点中获取嵌入的水印数据。

7. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,根据像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定该像素点的像素预测值的估计误差,包括:

确定像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值;

根据设定的与该差值的绝对值所在区间对应的该像素点的纹理值的确定方式、该像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值,确定该像素点的像素预测值的估计误差。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,根据设定的与该差值的绝对值所在区间对应的该像素点的纹理值的确定方式、该像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值,确定该像素点的像素预测值的估计误差,具体通过如下公式:

$$\hat{e} = \begin{cases} \min(G_h, G_v) / p1 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| > t1 \\ (3 \min(G_h, G_v) + \max(G_h, G_v)) / p2 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t2, t1] \\ (5 \min(G_h, G_v) + 3 \max(G_h, G_v)) / p3 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t3, t2] \\ (G_h + G_v) / p4 + n \times \varepsilon & \text{else} \end{cases}$$

其中:

\hat{e} 为该像素点的像素预测值的估计误差;

G_v 和 G_h 分别为该像素点在水平方向和垂直方向上的纹理值;

$\Delta = G_v - G_h$ 为该像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值;

$$\varepsilon = \sum_{k=1}^s \frac{|B(P_{ik}) - \hat{B}(P_{ik})|}{s}$$

为与该像素点 i 存在设定位置关系的 s 个相邻像素点的像素预测

值的预测误差的平均值, $B(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的像素原始值, $\hat{B}(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的预测像素值;

n 为该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值;

$p1$ 、 $p2$ 、 $p3$ 以及 $p4$ 分别为该像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值的绝对值在不同区间对应的纹理值的权重值。

9. 一种可逆水印嵌入装置,其特征在于,包括:

第一集合确定单元,用于确定图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合;

估计误差确定单元,用于分别根据所述第一集合确定单元确定出的第一像素点集合中

的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定所述第一像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;

水印处理单元,用于对所述估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理。

10. 如权利要求 9 所述的装置,其特征在于,还包括:

第二集合确定单元,用于确定所述图像中待平移的第二像素点集合;其中,所述待平移的像素点为所述图像中除所述待嵌入水印数据的像素点以外的像素点;

所述估计误差确定单元,还用于分别根据所述第二像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定所述第二像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;

所述水印处理单元,还用于对所述估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行平移处理。

11. 如权利要求 9 或 10 所述的装置,其特征在于,所述估计误差确定单元,具体用于:

确定像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值;

根据设定的与该差值的绝对值所在区间对应的该像素点的纹理值的确定方式、该像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值,确定该像素点的像素预测值的估计误差。

12. 如权利要求 11 所述的装置,其特征在于,所述估计误差确定单元,具体通过如下公式确定像素点的像素预测值的估计误差:

$$\hat{\epsilon} = \begin{cases} \min(G_h, G_v) / p1 + n \times \epsilon & \text{if } |\Delta| > t1 \\ (3 \min(G_h, G_v) + \max(G_h, G_v)) / p2 + n \times \epsilon & \text{if } |\Delta| \in (t2, t1] \\ (5 \min(G_h, G_v) + 3 \max(G_h, G_v)) / p3 + n \times \epsilon & \text{if } |\Delta| \in (t3, t2] \\ (G_h + G_v) / p4 + n \times \epsilon & \text{else} \end{cases}$$

其中:

$\hat{\epsilon}$ 为该像素点的像素预测值的估计误差;

G_v 和 G_h 分别为该像素点在水平方向和垂直方向上的纹理值;

$\Delta = G_v - G_h$ 为该像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值;

$$\epsilon = \sum_{k=1}^s \frac{|B(P_{ik}) - \hat{B}(P_{ik})|}{s}$$

为与该像素点 i 存在设定位置关系的 s 个相邻像素点的像素预测

值的预测误差的平均值, $B(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的像素原始值, $\hat{B}(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的预测像素值;

n 为该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值;

P1、P2、P3 以及 P4 分别为该像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值的绝对值在不同区间对应的纹理值的权重值。

13. 一种可逆水印提取装置,其特征在于,包括:

估计误差确定单元,用于根据图像中各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定各像素点的像素预测值的估计误差;

像素原始值恢复单元,用于将所述估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点的像素值恢复为像素原始值;

水印提取单元,用于从所述估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据。

14. 如权利要求 13 所述的装置,其特征在于,所述水印提取单元,具体用于:

分别确定估计误差低于设定阈值的像素点的预测误差,所述预测误差为该像素点的像素原始值与预测像素值的差值;

从预测误差在设定区间的像素点中获取嵌入的水印数据。

15. 如权利要求 13 所述的装置,其特征在于,所述估计误差确定单元,具体用于:

确定像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值;

根据设定的与该差值的绝对值所在区间对应的该像素点的纹理值的确定方式、该像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值,确定该像素点的像素预测值的估计误差。

16. 如权利要求 15 所述的装置,其特征在于,所述估计误差确定单元具体通过如下公式确定像素点的像素预测值的估计误差:

$$\hat{e} = \begin{cases} \min(G_h, G_v) / p1 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| > t1 \\ (3 \min(G_h, G_v) + \max(G_h, G_v)) / p2 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t2, t1] \\ (5 \min(G_h, G_v) + 3 \max(G_h, G_v)) / p3 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t3, t2] \\ (G_h + G_v) / p4 + n \times \varepsilon & \text{else} \end{cases}$$

其中:

\hat{e} 为该像素点的像素预测值的估计误差;

G_v 和 G_h 分别为该像素点在水平方向和垂直方向上的纹理值;

$\Delta = G_v - G_h$ 为该像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值;

$$\varepsilon = \sum_{k=1}^s \frac{|B(P_{ik}) - \hat{B}(P_{ik})|}{s}$$

为与该像素点 i 存在设定位置关系的 s 个相邻像素点的像素预测

值的预测误差的平均值, $B(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的像素原始值, $\hat{B}(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的预测像素值;

n 为该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值;

P1、P2、P3 以及 P4 分别为该像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值的绝对值在不同区间对应的纹理值的权重值。

17. 一种可逆水印处理系统,其特征在于,包括可逆水印嵌入装置以及可逆水印提取装置;

其中:

所述可逆水印嵌入装置,用于确定图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合;分别根

据所述第一像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定所述第一像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;对确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理后,将所述图像发送至所述可逆水印提取装置;

所述可逆水印提取装置,用于根据所述可逆水印嵌入装置发送的图像中各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定各像素点的像素预测值的估计误差;将估计误差低于设定阈值的像素点的像素值恢复为像素原始值;以及从估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据。

一种可逆水印嵌入方法、提取方法以及装置和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及可逆水印技术领域,尤其涉及一种可逆水印嵌入方法、提取方法以及装置和系统。

背景技术

[0002] 随着网络和移动存储技术的飞速发展,图像、视频等数字多媒体的传播和复制变得越来越方便。这种情况下,如何对数字多媒体进行安全有效的版权保护成为目前亟需解决的一个问题。针对数字媒体的版权保护问题提出了多种解决方案,如数字版权管理(Digital Rights Management, DRM),数字水印等。其中,数字水印技术通过在载体数据(例如图像、视频、音频等)中嵌入能证明作者所有权或产品版权的信息来解决版权保护问题。相对于 DRM 来说,其优点在于成本低,不需要额外的服务器支持。

[0003] 目前数字水印技术已广泛应用到各个领域,但是针对某些特殊场景下的应用,由于数字水印技术还不够完善,限制了其大规模应用。例如在一些医学图像,军事图像等高保真应用环境中,嵌入水印带来的失真可能会误导疾病检查或者部队指挥。针对此类问题,可逆水印(Reversible Watermarking)正受到研究者的广泛关注。可逆水印又称为无损水印或无失真水印,它是指含水印图像在检测端被确定为真实无误后,嵌入的水印信息可被完全抹除而恢复出原始图像。

[0004] 现有可逆水印方案可以分为基于整数变换和基于直方图平移两种,由于基于直方图平移的可逆水印技术具有较好的容量控制能力,因此,这种技术得到了广泛的应用。基于直方图平移的可逆水印嵌入过程,如图 1 所示,主要包括如下步骤:

[0005] 步骤 101、计算图像中所有像素点的像素预测值的预测误差;

[0006] 步骤 102、根据预测误差构造统计直方图,根据统计直方图将图像中的像素点划分为嵌入水印数据的第一像素点集合以及平移的第二像素点集合。

[0007] 该步骤 102 中,构造的统计直方图如图 2 所示,其中,直方图的横轴表示预测误差的值,纵轴表示预测误差在图像中出现的次数。如图 2 所示,该直方图被分成两部分:inner 区域和 outer 区域。其中,outer 区域内的预测误差所对应的像素点被用来平移,即该区域内的像素点对应的像素值被改变但未被嵌入水印数据,inner 区域内的预测误差所对应的像素点被用来嵌入水印数据。

[0008] 步骤 103、对第一像素点集合中的所有像素点执行水印嵌入处理,对第二像素点集合中的所有像素点执行平移处理。

[0009] 根据上述基于直方图的可逆水印技术,通常对于具有较大预测误差绝对值的像素点,在直方图平移过程中仅修改其像素值而不嵌入水印数据,对于具有较小预测误差绝对值的像素点,在直方图平移过程中嵌入水印数据。由于目前基于直方图平移方案是把图像中的所有像素点都用于水印嵌入或平移过程中,但是根据直方图平移的特点,不同的像素点的像素值被改变会对图像带来不同的失真。因此,根据现有技术可能将由于像素值的改变而对图像造成较大失真的像素点用来嵌入水印数据或平移,从而造成较大的图像失真。

发明内容

[0010] 有鉴于此,本发明实施例提供一种可逆水印嵌入方法、提取方法以及装置和系统,采用该技术方案,能够减少水印对图像造成的失真。

[0011] 本发明实施例通过如下技术方案实现:

[0012] 根据本发明实施例的一个方面,提供了一种可逆水印嵌入方法,包括:

[0013] 确定图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合;

[0014] 分别根据所述第一像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定所述第一像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;

[0015] 对确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理。

[0016] 根据本发明实施例的又一个方面,提供了一种可逆水印提取方法,包括:

[0017] 根据图像中各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定各像素点的像素预测值的估计误差;

[0018] 将估计误差低于设定阈值的像素点的像素值恢复为像素原始值;以及

[0019] 从估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据。

[0020] 根据本发明实施例的又一个方面,提供了一种可逆水印嵌入装置,包括:

[0021] 第一集合确定单元,用于确定图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合;

[0022] 估计误差确定单元,用于分别根据所述第一集合确定单元确定出的第一像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定所述第一像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;

[0023] 水印处理单元,用于对所述估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理。

[0024] 根据本发明实施例的又一个方面,提供了一种可逆水印提取装置,包括:

[0025] 估计误差确定单元,用于根据图像中各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定各像素点的像素预测值的估计误差;

[0026] 像素原始值恢复单元,用于将所述估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点的像素值恢复为像素原始值;

[0027] 水印提取单元,用于从所述估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据。

[0028] 根据本发明实施例的又一个方面,提供了一种可逆水印处理系统,包括可逆水印嵌入装置以及可逆水印提取装置;

[0029] 其中:

[0030] 所述可逆水印嵌入装置,用于确定图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合;分别根据所述第一像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定所述第一像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;对确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理后,将所述图像发送至所述可逆水印提取装置;

[0031] 所述可逆水印提取装置,用于根据所述可逆水印嵌入装置发送的图像中各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定各像素点的像素预测值的估计误差;将估计误差低于设定阈值的像素点的像素值恢复为像素原始值;以及从估计误差低于设定阈值的

像素点中获取嵌入的水印数据。

[0032] 通过本发明实施例提供的上述至少一个技术方案,在对图像中待嵌入水印数据的像素点进行水印数据嵌入处理之前,能够根据像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定该像素点的估计误差,并选择估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理。根据该技术方案对用于嵌入水印数据的像素点进行筛选,将具有较大估计误差的像素点滤除而不嵌入水印数据,从而减少了由于在具有较大估计误差的像素点中嵌入水印数据而对图像造成的失真。相应地,在从图像中提取水印时,也根据计算得到的估计误差对像素点进行筛选,从而能够准确度从图像中提取出水印数据。

[0033] 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。本发明的目的和其他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结构来实现和获得。

附图说明

[0034] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0035] 图 1 为现有技术提供的基于直方图平移的可逆水印嵌入流程图;

[0036] 图 2 为现有技术提供的直方图示意图;

[0037] 图 3 为本发明实施例一提供的可逆水印嵌入方法流程图;

[0038] 图 4 为本发明实施例一提供的对进行平移的像素点进行筛选的流程图;

[0039] 图 5 为本发明实施例一提供的确定像素点的像素预测值的估计误差的流程图;

[0040] 图 6 为本发明实施例一提供的基于直方图的可逆水印嵌入流程图;

[0041] 图 7 为本发明实施例一提供的当前像素点 i 的位置示意图;

[0042] 图 8 为本发明实施例一提供的在包括 location map 时的水印嵌入流程图;

[0043] 图 9 为本发明实施例二提供的可逆水印提取方法流程图;

[0044] 图 10 为本发明实施例二提供的从估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据的流程图;

[0045] 图 11 为本发明实施例二提供的基于直方图的可逆水印提取流程;

[0046] 图 12 为本发明实施例三提供的可逆水印嵌入装置流程图一;

[0047] 图 13 为本发明实施例三提供的可逆水印嵌入装置流程图二;

[0048] 图 14 为本发明实施例四提供的可逆水印提取装置流程图;

[0049] 图 15 为本发明实施例五提供的可逆水印处理系统示意图。

具体实施方式

[0050] 为了给出减少水印对图像造成的失真的实现方案,本发明实施例提供了一种可逆水印嵌入、提取方法以及装置和系统,以下结合说明书附图对本发明的优选实施例进行说明,应当理解,此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。并且在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0051] 实施例一

[0052] 根据本发明实施例一,提供了一种可逆水印嵌入方法,如图 3 所示,该方法主要包

括如下步骤：

[0053] 步骤 301、确定图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合。

[0054] 该步骤 301 中，图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合根据图像中各像素点的预测误差确定，通常将预测误差在设定阈值范围内的像素点确定为待嵌入水印数据的第一像素点集合。

[0055] 步骤 302、分别根据该第一像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值，确定该第一像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差。

[0056] 该步骤 302 中，估计误差用于表示像素点的像素预测值的估计效率，该估计误差越小，说明像素点的像素预测值与其像素原始值越接近。其中，估计误差的具体确定过程将在后续实施例中详细说明，此处暂不描述。

[0057] 步骤 303、判断像素点的估计误差是否低于设定阈值，若是，执行步骤 304，若否，执行步骤 305。

[0058] 步骤 304、对该像素点进行水印数据嵌入处理。

[0059] 步骤 305、不对该像素点进行水印数据嵌入处理。

[0060] 至此，可逆水印嵌入流程结束。通过上述流程的执行，首先通过步骤 302 确定待嵌入水印的每个像素点的估计误差，通过步骤 303 的比较，将具有较小估计误差的像素点用来嵌入水印，而具有较大估计误差的像素点则不用来嵌入水印，以避免对具有较大估计误差的像素点嵌入水印而引起的图像失真。

[0061] 以上实施例主要是对用于嵌入水印数据的像素点进行筛选，从而减少图像失真。实际的直方图可逆水印嵌入过程中，对于未被选择作为嵌入水印数据的像素点，通常需要做适当的平移以为嵌入水印后的像素点留出空间，基于此，本发明实施例一提供的一个优选实施方式中，在基于上述流程对嵌入可逆水印的像素点进行筛选的基础上，还进一步对进行平移的像素点进行筛选，具体地，对进行平移的像素点进行筛选，如图 4 所示，包括如下步骤：

[0062] 步骤 401、确定该图像中待平移的第二像素点集合。

[0063] 该步骤 401 中，待平移的像素点为图像中除待嵌入水印数据的像素点以外的像素点，也即预测误差不在设定阈值范围内的像素点。

[0064] 步骤 402、分别根据该第二像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值，确定该第二像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差。

[0065] 步骤 403、判断像素点的估计误差是否低于设定阈值，若是，执行步骤 404，若否，执行步骤 405。

[0066] 步骤 404、对该像素点进行平移处理。

[0067] 步骤 405、不对该像素点进行平移处理。

[0068] 至此，可逆水印嵌入流程结束。通过上述流程的执行，首先通过步骤 402 确定待平移的每个像素点的估计误差，通过步骤 403 的比较，将具有较小估计误差的像素点用来平移，而具有较大估计误差的像素点则不用来平移，以避免对具有较大估计误差的像素点平移而引起的图像失真。

[0069] 以下对图 3 所述流程以及图 4 所述流程中确定像素点的像素预测值的估计误差的详细过程进行说明。

[0070] 上述步骤 302 以及步骤 402 中,根据像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定该像素点的像素预测值的估计误差的过程,如图 5 所示,主要包括如下步骤:

[0071] 步骤 501、确定像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值。

[0072] 步骤 502、根据设定的与该差值的绝对值所在区间对应的该像素点的纹理值的确定方式、该像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值,确定该像素点的像素预测值的估计误差。

[0073] 该步骤 502 中,预先设定了不同区间,并且针对不同区间设定了当差值的绝对值落在该区间时,像素点的纹理值的确定方式、像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值。

[0074] 至此,确定像素点的像素预测值的估计误差的流程结束。

[0075] 本发明实施例提供的上述步骤 502 的一个优选实施方式中,根据设定的与该差值的绝对值所在区间对应的该像素点的纹理值的确定方式、该像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值,确定该像素点的像素预测值的估计误差,具体通过如下公式:

[0076]

$$\hat{e} = \begin{cases} \min(G_h, G_v) / p1 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| > t1 \\ (3 \min(G_h, G_v) + \max(G_h, G_v)) / p2 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t2, t1] \\ (5 \min(G_h, G_v) + 3 \max(G_h, G_v)) / p3 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t3, t2] \\ (G_h + G_v) / p4 + n \times \varepsilon & \text{else} \end{cases}$$

[0077] 公式 (1)

[0078] 该公式 (1) 中,各参数代表的含义如下:

[0079] \hat{e} 为该像素点的像素预测值的估计误差;

[0080] G_v 和 G_h 分别为该像素点在水平方向和垂直方向上的纹理值;

[0081] $\Delta = G_v - G_h$ 为该像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值;

[0082] $\varepsilon = \sum_{k=1}^s \frac{|B(P_k) - \hat{B}(P_k)|}{s}$ 为与该像素点 i 存在设定位置关系的 s 个相邻像素点的像素

预测值的预测误差的平均值, $B(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的像素原始值, $\hat{B}(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的预测像素值;

[0083] n 为该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值;

[0084] $P1, P2, P3$ 以及 $P4$ 分别为该像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值的绝对值在不同区间对应的纹理值的权重值。

[0085] 其中, $t1$ 大于 $t2$ 大于 $t3$ 。

[0086] 对于一个像素点来说,如果它通过公式 (1) 计算出来的 \hat{e} 较小的话,可以预测出计算出的预测值 $\hat{B}(p_i)$ 比较接近其原始值 $B(p_i)$ 。

[0087] 更为具体地,根据上述公式,对应不同区间,确定像素点的估计误差的各参数分别如下:

[0088] (1) 当像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值 Δ 落入大于 t_1 的区间时, 该像素点的纹理值的确定方式为 $\min(G_v, G_h)$, 即选择 G_v 和 G_h 中较小的一个确定为该像素点的纹理值, 像素点的纹理值的权重值为 P_1 , 像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值为 n ;

[0089] (2) 当像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值 Δ 落入小于等于 t_1 并且大于 t_2 的区间时, 该像素点的纹理值的确定方式为 $3\min(G_v, G_h) + \max(G_v, G_h)$, 即选择 3 倍的 G_v 和 G_h 中较小的一个, 并加上 G_v 和 G_h 中较大的一个, 将最终的结果确定为该像素点的纹理值, 像素点的纹理值的权重值为 P_2 , 像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值为 n ;

[0090] (3) 当像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值 Δ 落入小于等于 t_2 并且大于 t_3 的区间时, 该像素点的纹理值的确定方式为 $5\min(G_v, G_h) + 3\max(G_v, G_h)$, 即选择 5 倍的 G_v 和 G_h 中较小的一个, 并加上 3 倍的 G_v 和 G_h 中较大的一个, 将最终的结果确定为该像素点的纹理值, 像素点的纹理值的权重值为 P_3 , 像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值为 n ;

[0091] (4) 当像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值 Δ 落入小于等于 t_3 的区间时, 该像素点的纹理值的确定方式为 $G_v + G_h$, 该像素点的纹理值的权重值为 P_4 , 像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值为 n 。

[0092] 以上公式中各参数的优选值可以为:

[0093] $t_1 = 80, t_2 = 32, t_3 = 8$;

[0094] $p_2 = 4p_1, p_3 = 8p_1, p_4 = 2p_1$ 。

[0095] 从公式 (1) 可以看出, 当 $|\Delta| > t_1$ 时, 求 \hat{e} 的第一部分 $\min(G_h, G_v)$ 只包含一个 G_h 或者 G_v ; 当 $|\Delta| \in (t_2, t_1]$ 时, 求 \hat{e} 的第一部分包含 4 个 G_h 或者 G_v 。所以, 为了保证不同情况下计算出的 \hat{e} 的值都具有可比性, 应保证 $p_2 = 4p_1$ 。

[0096] 后面的 $p_3 = 8p_1, p_4 = 2p_1$ 也是相同的情况。

[0097] 应当理解, 以上所述方式为实现本发明实施例的优选实现方式, 实际应用中, 以上用于确定估计误差的公式中所涉及的具体参数可以根据实际需要灵活设置, 此处不再一一列举。

[0098] 为了更好地理解本发明实施例, 以下结合具体的基于直方图的可逆水印嵌入流程, 对采用本发明上述实施例提供的像素点筛选方案进行可逆水印嵌入的流程进行详细说明。

[0099] 如图 6 所示, 基于直方图的可逆水印嵌入过程, 主要包括如下步骤 601 至步骤 604:

[0100] 步骤 601、计算图像中所有像素点的预测误差, 对于预测误差满足 $T_l \leq d_i \leq T_r$ 的像素点, 我们定义为待嵌入水印数据的像素点集合 S_1 , 其他所有像素点定义为待平移的像素点集合 S_2 。

[0101] 步骤 602、计算图像中每个像素点的估计误差 \hat{e} 。

[0102] 该步骤 602、计算图像中每个像素点的估计误差 \hat{e} 具体可采用如上所述的公式 (1)。

[0103] 步骤 603、按照 S_1 中的像素点在图像中位置的顺序, 根据各像素点对应的估计误差 \hat{e} , 选择像素点嵌入水印数据。

[0104] 该步骤 603 中,若像素点的估计误差 $\hat{e} < T_c$,则在该像素点内嵌入一比特水印数据,若像素点的估计误差 $\hat{e} \geq T_c$,则保持该像素点不变,即不在该像素点中嵌入水印数据。

[0105] 步骤 604、按照 S2 中的像素点在图像中位置的顺序,根据各像素点对应的估计误差 \hat{e} ,选择像素点进行平移。

[0106] 该步骤 604 中,若像素点的估计误差 $\hat{e} < T_c$,则对该像素点进行平移操作,若像素点的估计误差 $\hat{e} \geq T_c$,保持该像素点不变,即不对该像素点进行平移。

[0107] 至此,基于直方图的可以水印嵌入流程结束。上述步骤 601 与步骤 602、步骤 603 与步骤 604 直接并无严格的先后执行顺序,即步骤 601 与步骤 602,或步骤 603 与步骤 604 可调换执行顺序。

[0108] 图 6 所述流程包括的步骤 601 中,计算图像中像素点的预测误差的过程如下:

[0109] 首先可以采用梯度导向预测算子 (GAP) 预测图像中每个像素点的像素预测值。对图像中的每个像素点,利用其相邻像素点计算其像素预测值。如图 7 所示,假设当前像素点为 p_i ,与该像素点 p_i 存在设定位置关系的像素点有 s 个 (此处, $s = 7$),其像素预测值通过下式确定:

$$[0110] \quad \hat{B}(p_i) = \begin{cases} B(p_i) & \text{if } \Delta > t1 \\ (B(p_i) + \xi) / 2 & \text{if } \Delta \in (t2, t1] \\ (B(p_i) + 3\xi) / 4 & \text{if } \Delta \in (t3, t2] \\ (B(p_i) + 3\xi) / 4 & \text{if } \Delta \in [-t2, -t3) \\ (B(p_i) + \xi) / 2 & \text{if } \Delta \in [-t1, -t2) \\ B(p_i) & \text{if } \Delta < -t1 \end{cases} \quad \text{公式 (2)}$$

[0111] 其中:

$$[0112] \quad \xi = (B(p_i) + B(p_j)) / 2 + (B(p_i) - B(p_j)) / 4$$

[0113] $\Delta = G_v - G_h$ 为该像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值,可通过以下公式计算:

$$[0114] \quad G_h = |B(p_i) - B(p_j)| + |B(p_i) - B(p_k)| + |B(p_i) - B(p_l)|$$

[0115] 公式 (3)

$$[0116] \quad G_v = |B(p_i) - B(p_m)| + |B(p_i) - B(p_n)| + |B(p_i) - B(p_o)|$$

[0117] 通过公式 (2) 计算出像素点的像素预测值之后,进一步计算出其预测误差,即预测值与真实值之间的差:

$$[0118] \quad d_i = B(p_i) - 2 \lfloor \hat{B}(p_i) / 2 \rfloor \quad \text{公式 (4)}$$

[0119] 其中:

[0120] $\lfloor \cdot \rfloor$ 表示下取整操作, $B(p_i)$ 表示该像素点的像素原始值。该公式 (4) 中,对该像素点的像素预测值做了取偶操作,这样可以方便提取水印。实际应用中,也可以不进行此操作,而直接将该像素点的像素原始值以及像素预测值的差值确定为预测误差。

[0121] 图 6 所述流程包括的步骤 603 中,在像素点内嵌入一比特水印数据的具体过程如下:

[0122] 首先,在预测误差中通过下式嵌入一比特水印数据:

$$[0123] \quad d'_i = 2 \times d_i + w \quad \text{公式 (5)}$$

[0124] 其中, $w \in \{0, 1\}$ 为水印数据,该公式 (5) 表示把预测误差 d_i 二值化后,在其末尾添加一位水印信息,即添加 LSB。

[0125] 然后,通过下式生成含有水印的像素值:

$$[0126] \quad B'(p_i) = d'_i + 2 \left\lfloor \hat{B}(p_i) / 2 \right\rfloor \quad \text{公式 (6)}$$

[0127] 其中:

[0128] $B'(p_i)$ 表示嵌入水印后的像素值。

[0129] 可以看出,首先通过公式 (4) 计算像素点的预测误差,然后通过预测误差的末位添加水印来完成嵌入,最后在与预测值相加,生成含有水印的像素值。

[0130] 图 6 所述流程包括的步骤 604 中,在像素点内嵌入一比特水印数据的具体过程如下:

[0131] 首先,在预测误差中通过下式进行平移操作:

$$[0132] \quad d'_i = \begin{cases} d_i + T_r + 1, & \text{if } d_i > T_r \\ d_i + T_l, & \text{if } d_i < T_l \end{cases} \quad \text{公式 (7)}$$

[0133] 然后,通过上述公式 (6) 生成含有水印的像素值。

[0134] 通过上述可逆水印的嵌入以及平移过程,像素点通过公式 (5) (6) 或公式 (7) (6) 被修改。如果经过嵌入水印或平移后的像素点的像素值仍然在 0 到 255 之间,表示该点没有溢出。但是,如果其像素值小于 0 或者大于 255,则表示嵌入或平移导致下溢或者上溢,不能对该像素点的像素值进行修改。为了解决该问题,需建立位置图 location map,用来记录图像中像素点的修改情况。Location map 记录所有在嵌入过程中被修改的像素点,如果该像素点导致溢出,则记录为 1,并且恢复该点的像素原始值,如果该像素点未导致溢出,则记录为 0。则在包括 location map 的情况下,整个嵌入流程如图 8 所示,主要包括如下步骤:

[0135] 步骤 801、根据嵌入过程预嵌入 (上述步骤 601 至步骤 604,但是并不修改像素值),建立 location map,并通过游程编码无损压缩得到压缩后的 locationmap。

[0136] 该步骤 801 中,设无损压缩后的 location map 为 L,其长度为 m 比特。

[0137] 步骤 802、在图像中的后 m 个像素点中嵌入该 m 比特的 location map。

[0138] 该步骤 802 中,若该图像的后 m 个像素点需要嵌入水印数据或平移,则在嵌入水印数据或平移后,再嵌入该 m 比特的 location map。并且,把 location map 通过 LSB 替换的方式嵌入到该后 m 个像素点中。

[0139] 步骤 803、记录后 m 个像素点的原始 LSB 为序列 L1。

[0140] 步骤 804、把 L1 和待嵌入水印嵌入到剩余的像素点中。

[0141] 该步骤 804 中,可以先在选定为可以嵌入水印数据的像素点中嵌入待嵌入的水印序列,然后再将 L1 嵌入,也可以在与图像接收端约定的位置嵌入该 L1 序列。

[0142] 至此,图像发送端进行的基于直方图的可逆水印嵌入流程结束。

[0143] 实施例二

[0144] 根据本发明实施例二,提供了一种可逆水印提取方法,如图 9 所示,该方法主要包括如下步骤:

[0145] 步骤 901、根据图像中各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定各像素点的像素预测值的估计误差。

[0146] 该步骤 901 的具体确定过程与上述实施例一中包括的步骤 302 中确定像素点的像素预测值的估计误差的过程一致,即采用上述公式 (1) 确定各像素点的像素预测值的估计误差,此处不再对此过程进行详细描述。

[0147] 步骤 902、判断像素点的估计误差是否低于设定阈值,若是,执行步骤 903,若否,执行步骤 904。

[0148] 步骤 903、将该像素点的像素值恢复为像素原始值,并且从估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据。

[0149] 步骤 904、不对该像素点进行处理。

[0150] 至此,从图像中提取可逆水印数据的流程结束。通过上述流程的执行,首先通过步骤 901 确定待嵌入水印的每个像素点的估计误差,通过步骤 902 的比较,从具有较小估计误差的像素点中获取水印数据并恢复该像素点的像素原始值,而具有较大估计误差的像素点则不进行处理。

[0151] 图 9 所述流程包括的步骤 903 中,从估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据,如图 10 所示,具体包括如下步骤:

[0152] 步骤 1001、分别确定估计误差低于设定阈值的像素点的预测误差。

[0153] 该步骤中,预测误差为该像素点的像素原始值与预测像素值的差值。

[0154] 步骤 1002、从预测误差在设定区间的像素点中获取嵌入的水印数据。

[0155] 该步骤 1002 中,选择预测误差在设定区间的像素点,即表示这些像素点在图像发送端被嵌入水印数据。具体地,该设定区间根据选择嵌入水印数据的像素点时选择的区间 $[T_1, T_r]$ 以及公式 (5) 确定。具体确定的该设定区间为:

[0156] $[2T_1, 2T_r+1]$

[0157] 为了更好地理解本发明实施例,以下结合具体的基于直方图的可逆水印提取流程,对采用本发明上述实施例二提供的像素点筛选方案进行可逆水印提取以及像素原始值恢复流程进行详细说明。

[0158] 如图 11 所示,基于直方图的可逆水印提取过程,主要包括如下步骤 1101 至步骤 1103:

[0159] 步骤 1101、读取图像后 m 个像素点的 LSB 以提取 Location map,根据提取的 location map 确定被修改的像素点。

[0160] 步骤 1102、计算图像中各像素点的估计误差,并按照像素点在图像中的位置顺序以及 location map 的确定结果,逐个恢复被修改像素值的像素点的像素原始值,并从中提取水印数据。

[0161] 步骤 1103、根据提取出的水印,得到后 m 个像素点的原始 LSB 序列 L_1 ,用 L_1 中的值恢复原始 LSB。

[0162] 对图像中所以像素点通过上述步骤遍历完之后,就可以获得恢复出原始图像,并获得嵌入的水印数据。

[0163] 图 11 所述流程包括的步骤 1102 中,恢复被修改像素值的像素点的像素原始值的过程如下:

[0164] 若像素点的 $\hat{e} \geq T_c$,则表示该像素点没有被修改像素值,则保持该像素点不变,按顺序处理下一个像素点。若像素点的 $\hat{e} < T_c$,则表示该像素点的像素值被修改过。然后,根据公式 (2) 计算该像素点的像素预测值,并根据公式 (4) 计算预测误差 d'_i ,最后根据下式恢复出原始的预测误差 d_i :

$$[0165] \quad d_i = \begin{cases} d'_i - T_r - 1 & \text{if } d'_i > 2T_r + 1 \\ \lfloor d'_i / 2 \rfloor & \text{if } 2T_l \leq d'_i \leq 2T_r + 1 \\ d'_i - T_l & \text{if } d'_i < 2T_l \end{cases} \text{公式 (8)}$$

[0166] 其中:

[0167] d'_i 大于等于 T_l 并且小于等于 $2T_r + 1$ 时,表示该像素点中嵌入了水印数据,否则表示该像素点是被平移而导致的像素值被修改。

[0168] 得到原始 d_i 后,该点的像素原始值可以通过下式计算出来:

$$[0169] \quad B(p_i) = d_i + 2 \lfloor \hat{B}(p_i) / 2 \rfloor \text{公式 (9)}$$

[0170] 对于嵌入了水印数据的像素点,在恢复其原始值的基础上,还需要从中提取水印数据。具体地,从像素点中提取水印数据,可以通过读取该点的最低有效位 (LSB) 获得。

[0171] 至此,基于直方图的可逆水印提取以及像素原始值的恢复流程结束。

[0172] 实施例三

[0173] 根据本发明实施例三,提供了一种可逆水印嵌入装置,如图 12 所示,该装置包括:

[0174] 第一集合确定单元 1201、估计误差确定单元 1202 以及水印处理单元 1203;

[0175] 其中:

[0176] 第一集合确定单元 1201,用于确定图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合;

[0177] 估计误差确定单元 1202,用于分别根据第一集合确定单元确定出的第一像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定第一像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;

[0178] 水印处理单元 1203,用于对估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理。

[0179] 如图 13 所示,本发明实施例三提供的优选实施方式中,图 12 所示装置还可以进一步包括:

[0180] 第二集合确定单元 1204,用于确定图像中待平移的第二像素点集合;其中,待平移的像素点为图像中除待嵌入水印数据的像素点以外的像素点;

[0181] 相应地,估计误差确定单元 1202,还用于分别根据第二像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定第二像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;

[0182] 水印处理单元 1203,还用于对估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行平移处理。

[0183] 本发明实施例三提供的优选实施方式中,图 12 或图 13 所示装置包括的估计误差确定单元 1202,具体用于:

[0184] 确定像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值；

[0185] 根据设定的与该差值的绝对值所在区间对应的该像素点的纹理值的确定方式、该像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值，确定该像素点的像素预测值的估计误差。

[0186] 本发明实施例三提供的优选实施方式中，图 12 或图 13 所示装置包括的估计误差确定单元 1202，具体通过如下公式确定像素点的像素预测值的估计误差：

[0187]

$$\hat{e} = \begin{cases} \min(G_h, G_v) / p1 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| > t1 \\ (3 \min(G_h, G_v) + \max(G_h, G_v)) / p2 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t2, t1] \\ (5 \min(G_h, G_v) + 3 \max(G_h, G_v)) / p3 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t3, t2] \\ (G_h + G_v) / p4 + n \times \varepsilon & \text{else} \end{cases}$$

[0188] 其中：

[0189] \hat{e} 为该像素点的像素预测值的估计误差；

[0190] G_v 和 G_h 分别为该像素点在水平方向和垂直方向上的纹理值；

[0191] $\Delta = G_v - G_h$ 为该像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值；

[0192] $\varepsilon = \sum_{k=1}^s \frac{|B(P_{ik}) - \hat{B}(P_{ik})|}{s}$ 为与该像素点 i 存在设定位置关系的 s 个相邻像素点的像素

预测值的预测误差的平均值， $B(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的像素原始值， $\hat{B}(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的预测像素值；

[0193] n 为该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值；

[0194] P1、P2、P3 以及 P4 分别为该像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值的绝对值在不同区间对应的纹理值的权重值。

[0195] 应当理解，以上可逆水印嵌入装置包括的单元仅为根据该装置实现的功能进行的逻辑划分，实际应用中，可以进行上述单元的叠加或拆分。并且该实施例提供的可逆水印嵌入装置所实现的功能与上述实施例一提供的可逆水印嵌入方法流程一一对应，对于该装置所实现的更为详细的处理流程，在上述方法实施例一中已做详细描述，此处不再详细描述。

[0196] 实施例四

[0197] 根据本发明实施例四，提供了一种可逆水印提取装置，如图 14 所示，该装置包括：

[0198] 估计误差确定单元 1401、像素原始值恢复单元 1402 以及水印提取单元 1403；

[0199] 其中：

[0200] 估计误差确定单元 1401，用于根据图像中各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值，确定各像素点的像素预测值的估计误差；

[0201] 像素原始值恢复单元 1402，用于将估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点的像素值恢复为像素原始值；

[0202] 水印提取单元 1403，用于从估计误差确定单元确定出的估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据。

[0203] 本发明实施例四提供的优选实施方式中，图 14 所示装置包括的水印提取单元

1403,具体用于:

[0204] 分别确定估计误差低于设定阈值的像素点的预测误差,预测误差为该像素点的像素原始值与预测像素值的差值;

[0205] 从预测误差在设定区间的像素点中获取嵌入的水印数据。

[0206] 本发明实施例四提供的优选实施方式中,图 14 所示装置包括的估计误差确定单元 1401,具体用于:

[0207] 确定像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值;

[0208] 根据设定的与该差值的绝对值所在区间对应的该像素点的纹理值的确定方式、该像素点的纹理值的权重值以及该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值,确定该像素点的像素预测值的估计误差。

[0209] 本发明实施例四提供的优选实施方式中,图 14 所示装置包括的估计误差确定单元 1401 具体通过如下公式确定像素点的像素预测值的估计误差:

[0210]

$$\hat{e} = \begin{cases} \min(G_h, G_v) / p1 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| > t1 \\ (3 \min(G_h, G_v) + \max(G_h, G_v)) / p2 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t2, t1] \\ (5 \min(G_h, G_v) + 3 \max(G_h, G_v)) / p3 + n \times \varepsilon & \text{if } |\Delta| \in (t3, t2] \\ (G_h + G_v) / p4 + n \times \varepsilon & \text{else} \end{cases}$$

[0211] 其中:

[0212] \hat{e} 为该像素点的像素预测值的估计误差;

[0213] G_v 和 G_h 分别为该像素点在水平方向和垂直方向上的纹理值;

[0214] $\Delta = G_v - G_h$ 为该像素点水平方向上的纹理值与垂直方向上纹理值的差值;

[0215] $\varepsilon = \sum_{k=1}^s \frac{|B(P_{ik}) - \hat{B}(P_{ik})|}{s}$ 为与该像素点 i 存在设定位置关系的 s 个相邻像素点的像素

预测值的预测误差的平均值, $B(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的像素原始值, $\hat{B}(P_{ik})$ 为该 s 个像素点中第 k 个像素点的预测像素值;

[0216] n 为该像素点的相邻像素点的像素预测值的权重值;

[0217] $P1, P2, P3$ 以及 $P4$ 分别为该像素点在水平方向上的纹理值与在垂直方向上纹理值的差值的绝对值在不同区间对应的纹理值的权重值。

[0218] 应当理解,以上可逆水印提取装置包括的单元仅为根据该装置实现的功能进行的逻辑划分,实际应用中,可以进行上述单元的叠加或拆分。并且该实施例提供的可逆水印提取装置所实现的功能与上述实施例二提供的可逆水印提取方法流程一一对应,对于该装置所实现的更为详细的处理流程,在上述方法实施例二中已做详细描述,此处不再详细描述。

[0219] 实施例五

[0220] 根据本发明实施例五,提供了一种可逆水印处理系统,如图 15 所示,该系统包括:

[0221] 可逆水印嵌入装置 1501 以及可逆水印提取装置 1502;

[0222] 其中:

[0223] 可逆水印嵌入装置 1501,用于确定图像中待嵌入水印数据的第一像素点集合;分

别根据第一像素点集合中的各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定第一像素点集合中的各像素点的像素预测值的估计误差;对确定出的估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理后,将图像发送至可逆水印提取装置 1502;

[0224] 可逆水印提取装置 1502,用于根据可逆水印嵌入装置 1501 发送的图像中各像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定各像素点的像素预测值的估计误差;将估计误差低于设定阈值的像素点的像素值恢复为像素原始值;以及从估计误差低于设定阈值的像素点中获取嵌入的水印数据。

[0225] 该实施例提供的可逆水印处理系统中包括的可逆水印嵌入装置所实现的功能与上述实施例三提供的可逆水印嵌入装置对应,对于该可逆水印嵌入装置所实现的更为详细的处理流程,在上述实施例三中已做详细描述,此处不再详细描述。

[0226] 该实施例提供的可逆水印处理系统中包括的可逆水印提取装置所实现的功能与上述实施例四提供的可逆水印提取装置对应,对于该可逆水印提取装置所实现的更为详细的处理流程,在上述实施例四中已做详细描述,此处不再详细描述。

[0227] 通过本发明实施例提供的上述至少一个技术方案,在对图像中待嵌入水印数据的像素点进行水印数据嵌入处理之前,能够根据像素点的纹理值以及相邻像素点的像素预测值,确定该像素点的估计误差,并选择估计误差低于设定阈值的像素点进行水印数据嵌入处理。根据该技术方案对用于嵌入水印数据的像素点进行筛选,将具有较大估计误差的像素点滤除而不嵌入水印数据,从而减少了由于在具有较大估计误差的像素点中嵌入水印数据而对图像造成的失真。相应地,在从图像中提取水印时,也根据计算得到的估计误差对像素点进行筛选,从而能够准确度从图像中提取出水印数据。

[0228] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

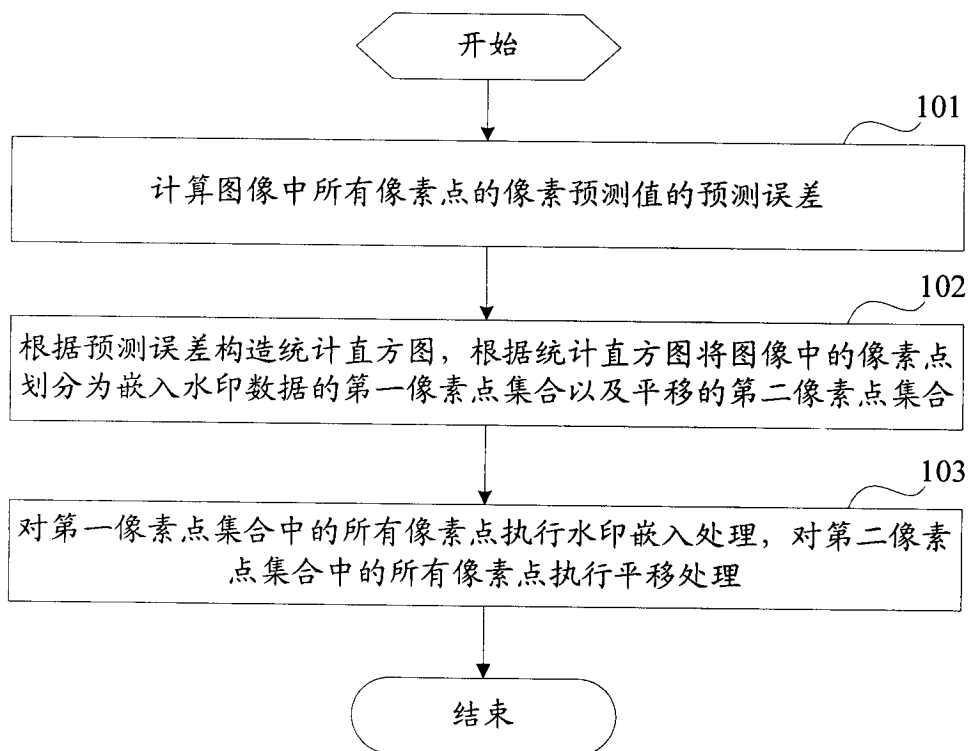


图 1

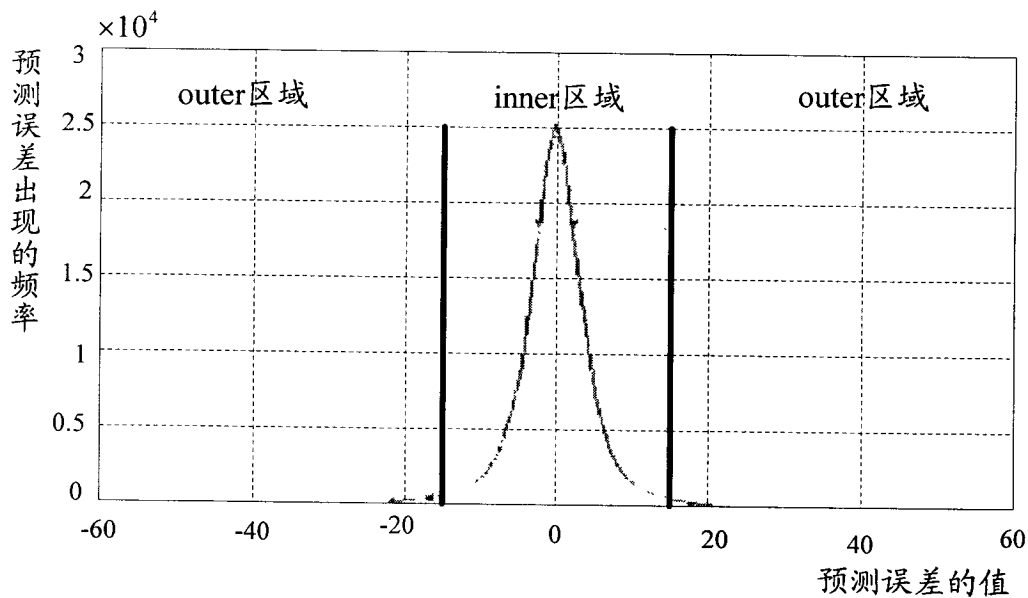


图 2

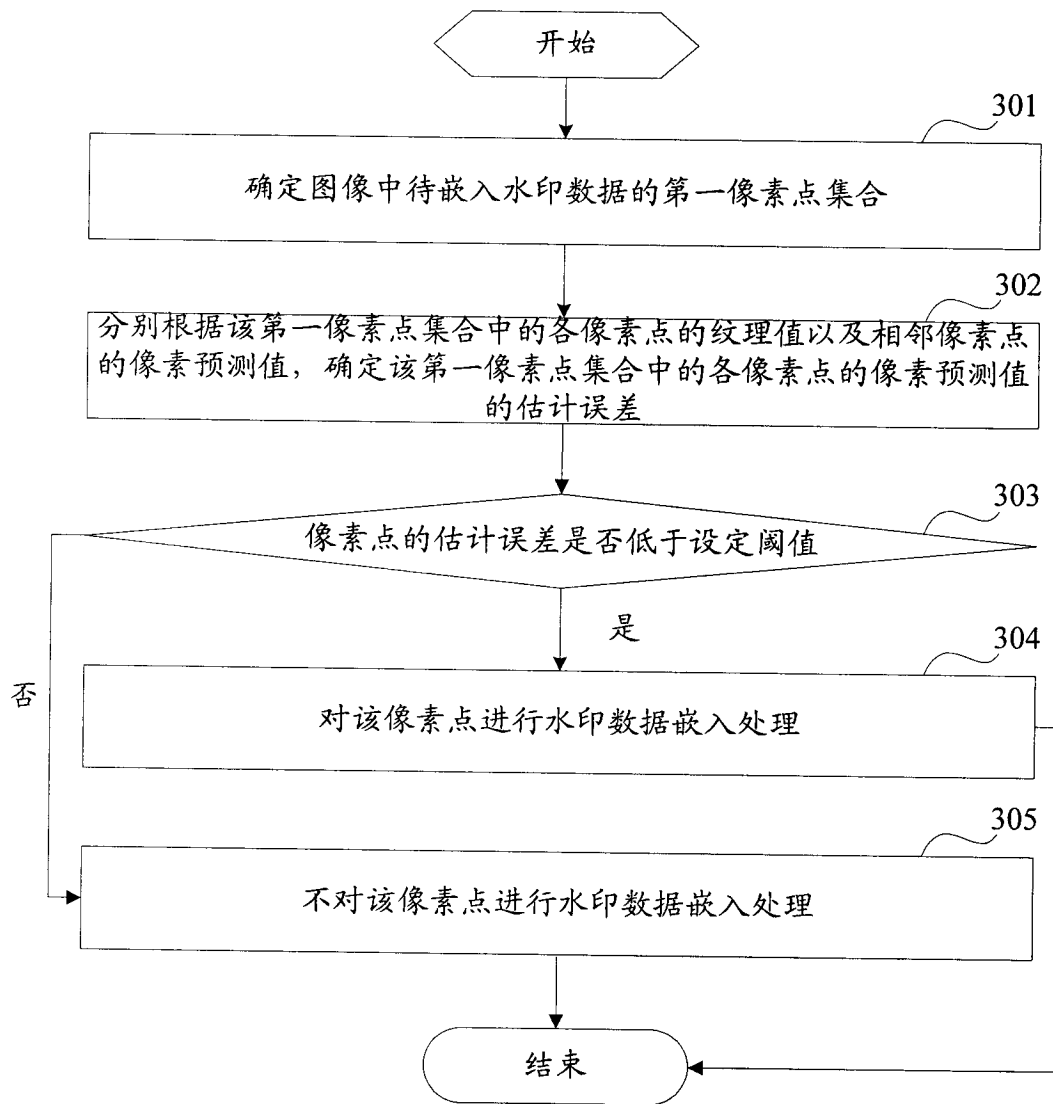


图 3

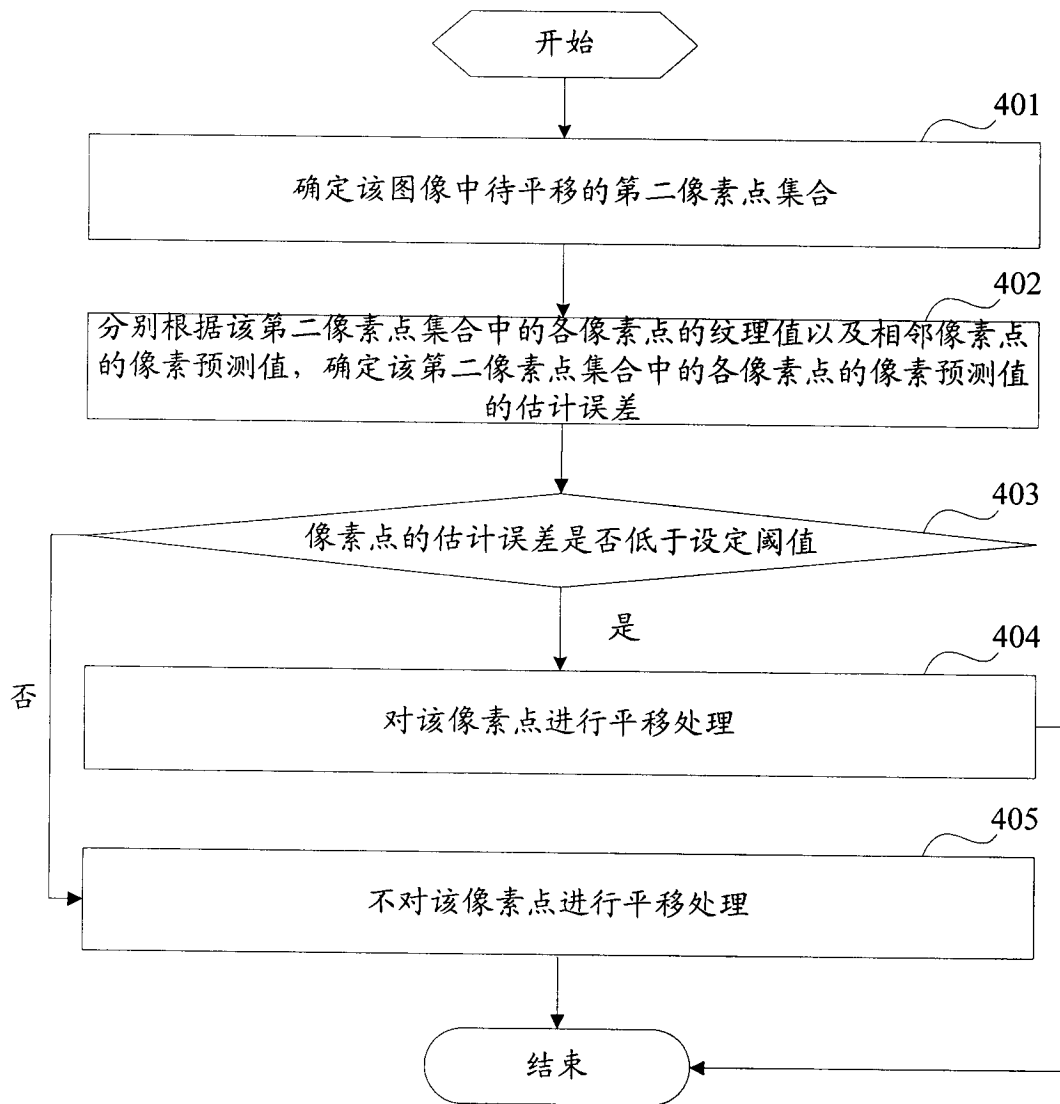


图 4

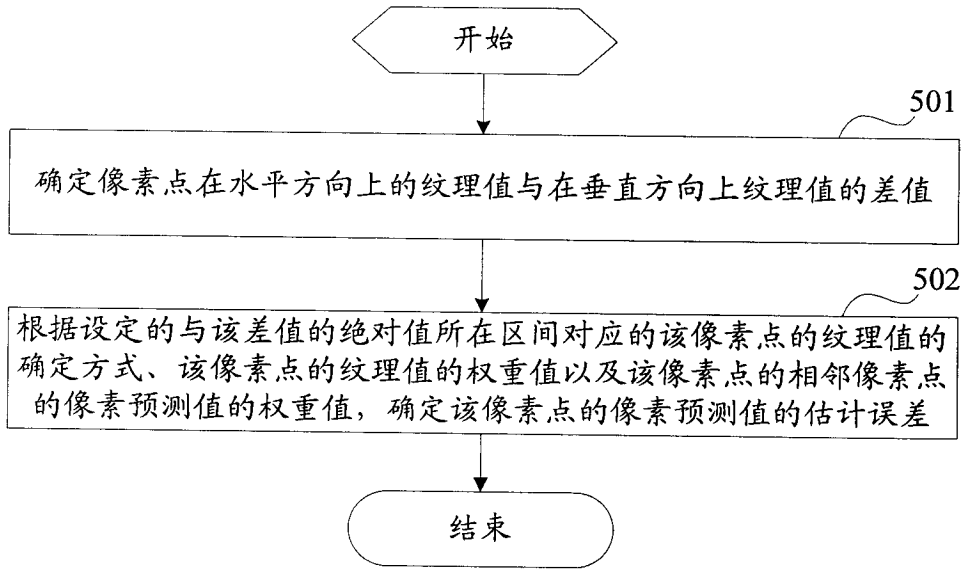


图 5

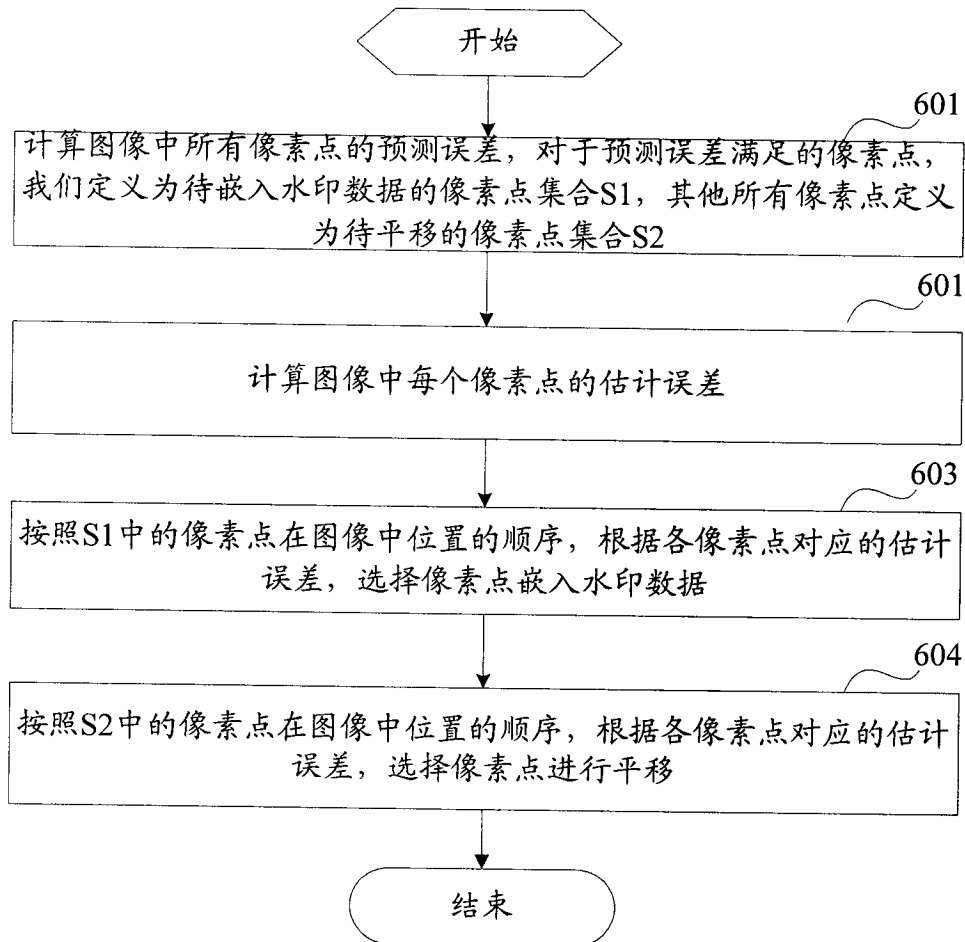


图 6

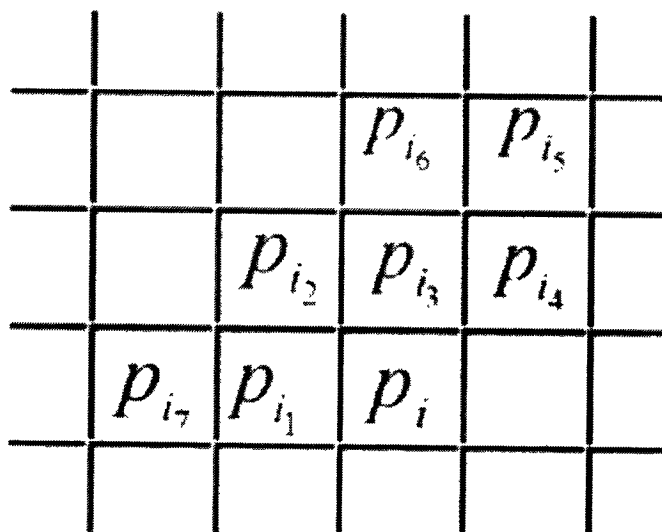


图 7

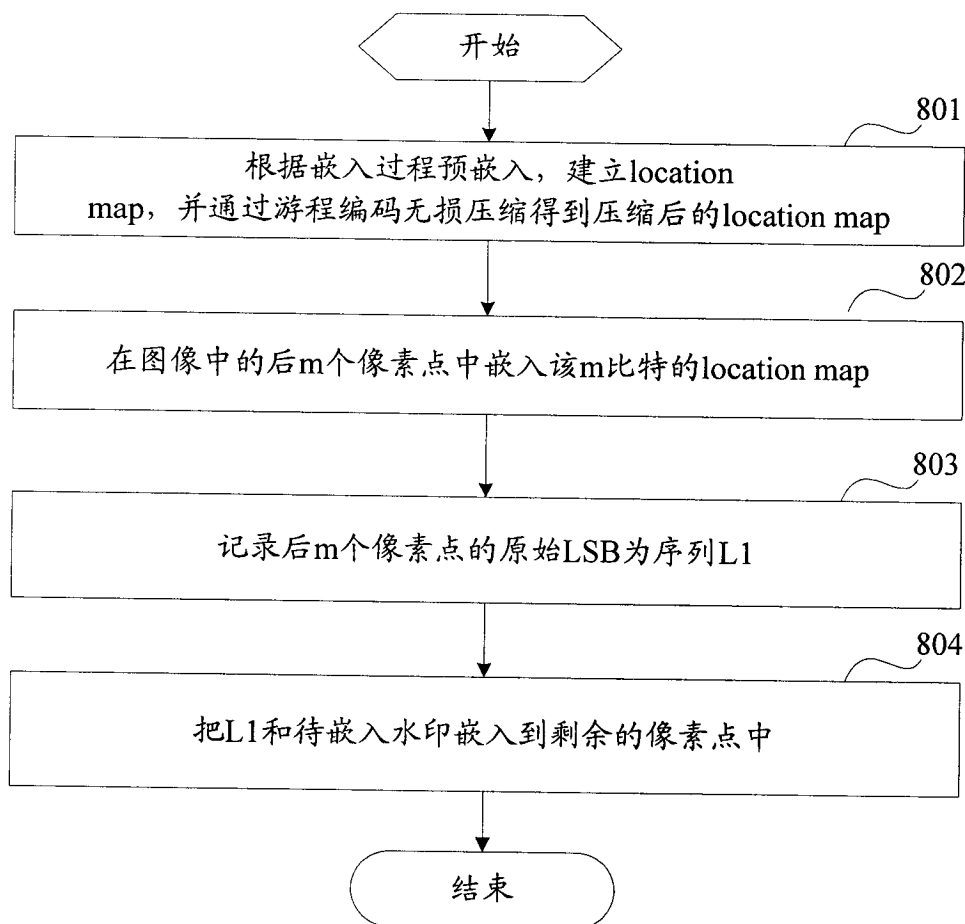


图 8

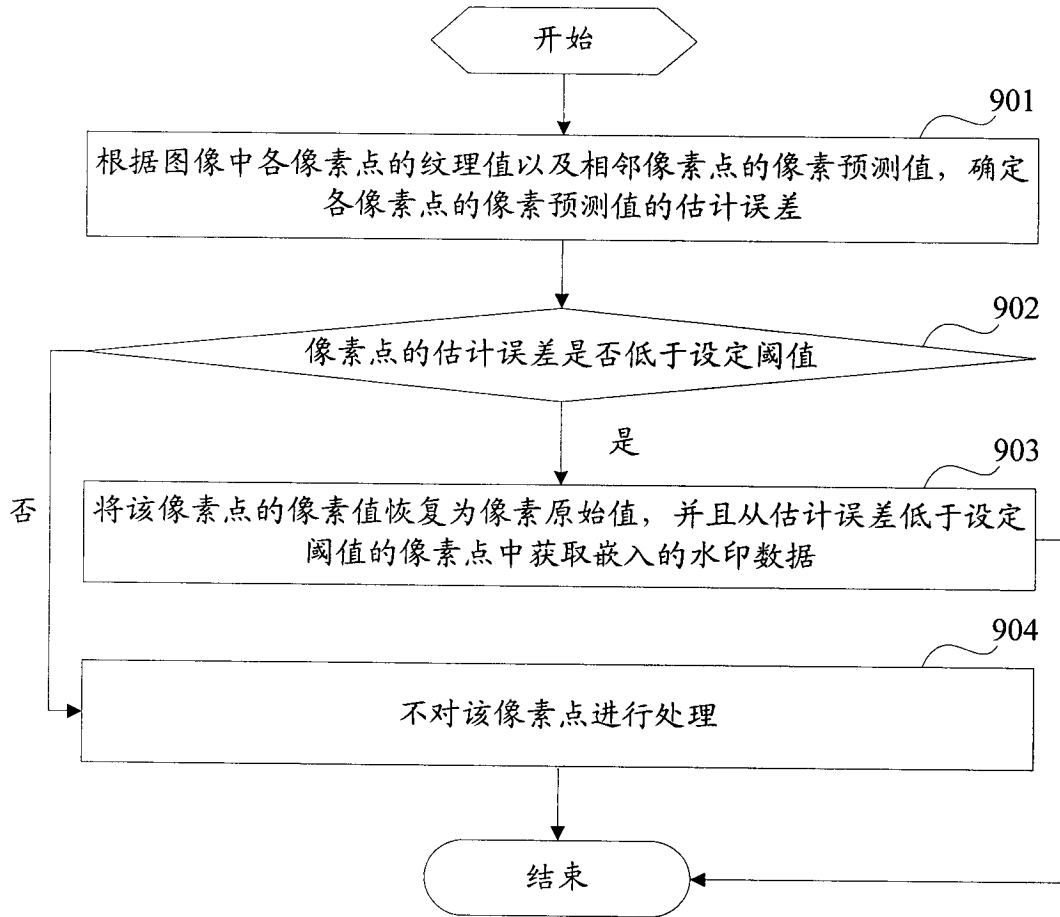


图 9

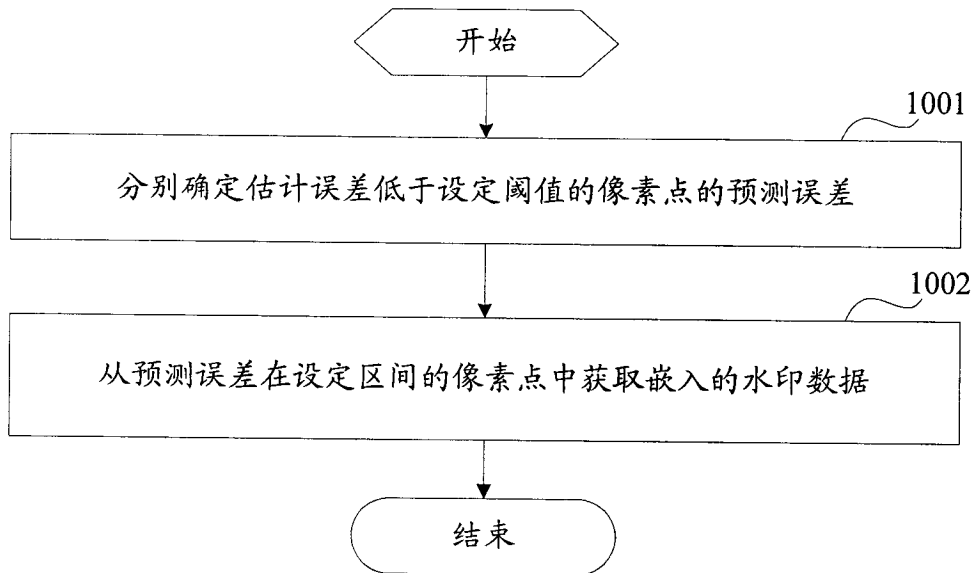


图 10

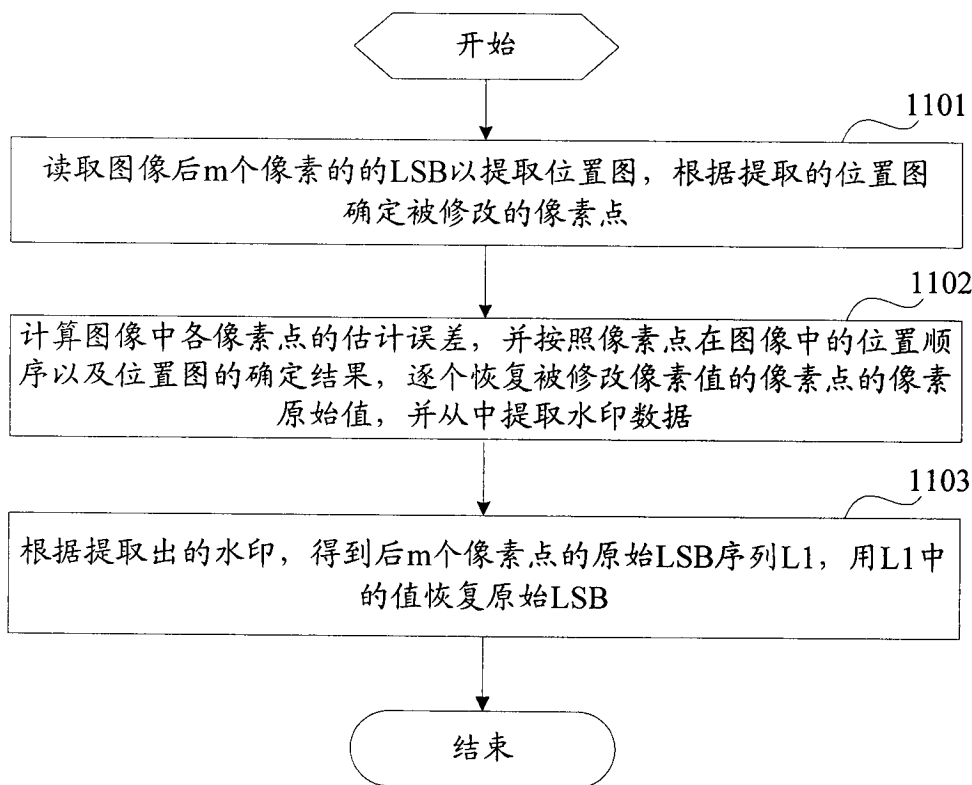


图 11

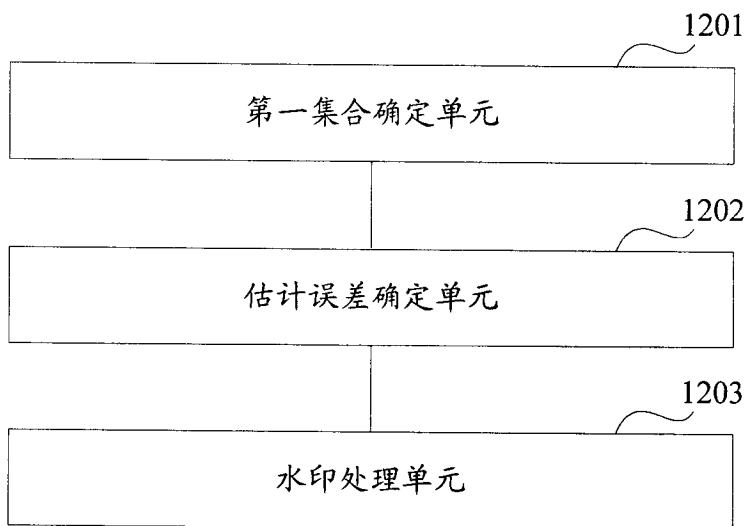


图 12

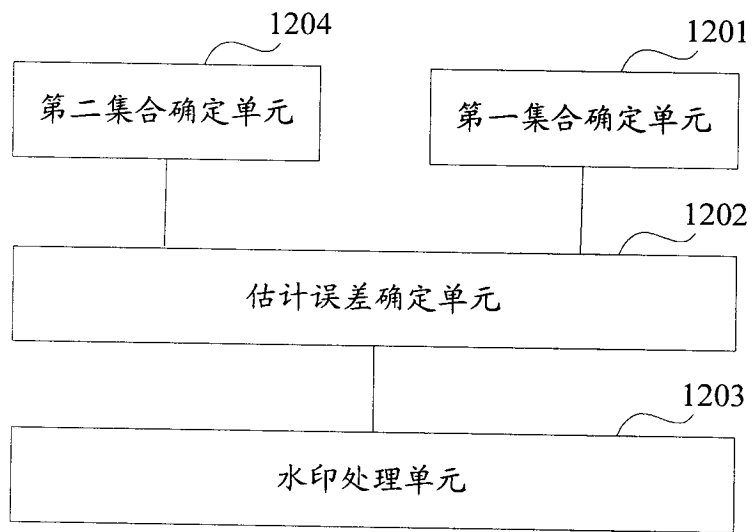


图 13

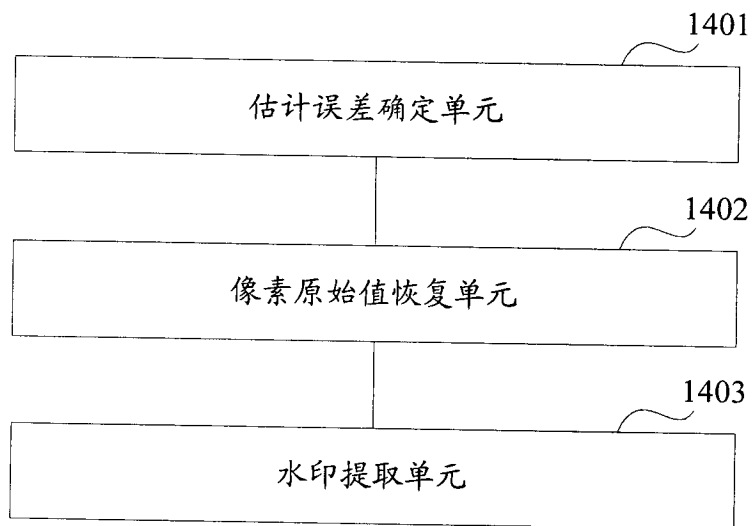


图 14

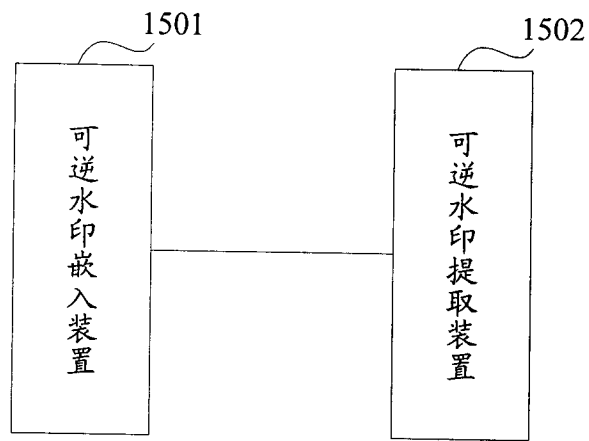


图 15