(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 104272347 B
(45)授权公告日 2019.03.22

(21)申请号 201380023359.4

(22)申请日 2013.05.03

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104272347 A

(43)申请公布日 2015.01.07

(30)优先权数据
10-2012-0046710 2012.05.03 KR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.11.03

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2013/003855 2013.05.03

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/165210 KO 2013.11.07

(73)专利权人 SK电信有限公司
地址 韩国首尔
专利权人 高丽大学校产学协力团

(72)发明人 朴镕燮 李东学 金昌洙 金镇焕 张源东

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 吕俊刚 刘久亮

(51)Int.Cl.
G06T 5/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 102254313 A,2011.11.23,
Jean-Philippe Tarel.Fast Visibility Restoration from a Single Color or Gray Level Image.《2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision》.2009,2201-2208.
Jin-Hwan Kim1.SINGLE IMAGE DEHAZING BASED ON CONTRAST ENHANCEMENT.《2011 IEEE International Conference on Acoustic, Speech and signal Processing》.2011,1273-1276.
Jin-Hwan Kim1.SINGLE IMAGE DEHAZING BASED ON CONTRAST ENHANCEMENT.《2011 IEEE International Conference on Acoustic, Speech and signal Processing》.2011,1273-1276.
Kaiming He.Guided image filtering.《Computer Vision ECCV 2010》.2010,1-14.

审查员 杨栋

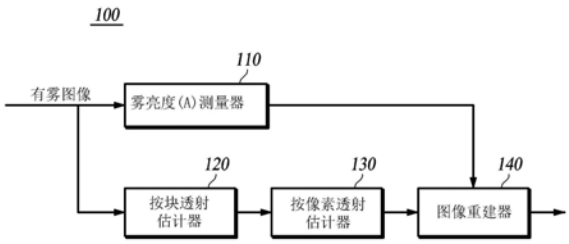
权利要求书3页 说明书10页 附图6页

(54)发明名称

去除包含在静止图像中的雾的图像处理装置及其方法

(57)摘要

本发明公开了用于去除包含在静止图像中的雾的图像处理装置和方法。所述装置包括:雾亮度测量单元,所述雾亮度测量单元被构造成测量包含雾的图像中的雾亮度;透射量估计单元,所述透射量估计单元被构造成基于由所述图像的对比度和图像损失所导致的最终成本函数值来估计块单元透射量并且基于所述块单元透射量来估计像素单元透射量;以及图像恢复单元,所述图像恢复单元被构造成使用所述雾亮度和所述像素单元透射量来恢复所述图像。



CN 104272347 B

1.一种用于去除包含在静止图像中的雾的图像处理装置,所述装置包括:

雾亮度测量器,所述雾亮度测量器被构造成测量包含雾的图像中的雾亮度;

透射估计器,所述透射估计器被构造成基于由所述图像的对比度和图像损失所计算的最终成本函数值来估计按块透射并且构造成通过使用所述按块透射来估计按像素透射,其中,所述透射估计器包括:

按块透射估计器,所述按块透射估计器被构造成将所述图像分割为预定第二数目的块并且构造成通过使用由每块的对比度和图像损失所计算的最终成本函数来估计按块透射;以及

按像素透射估计器,所述按像素透射估计器被构造成通过对保边滤波器应用所述按块透射将所述按块透射转换为按像素透射;以及

图像重建器,所述图像重建器被构造成通过使用所述雾亮度和所述按像素透射来重建所述图像,

其中,如果所述按块透射收敛于‘0’,则所述按块透射估计器通过使用具有小于‘0’或大于‘255’的像素值的区域的面积来计算所述图像损失,并且

其中,所述按块透射估计器包括:

图像分割模块,所述图像分割模块被构造成将所述图像分割为所述预定第二数目的块;

成本函数计算模块,所述成本函数计算模块被构造成在按预定比率改变预定范围的透射的同时计算每块的对比度和图像损失;

最终成本函数计算模块,所述最终成本函数计算模块被构造成通过使用由所述对比度和所述图像损失所生成的最终成本函数值来计算每块的最终成本函数值,其中,通过以下等式来计算所述最终成本函数值:

$E=E_C+\lambda_L E_L$,

其中,E是所述最终成本函数值,E_C是所述对比度的值,E_L是所述图像损失的值,并且λ_L是图像损失系数;以及

按块透射检测模块,所述按块透射检测模块被构造成检测用于从计算的最终成本函数值生成最小最终成本函数值的透射作为按块透射。

2.根据权利要求1所述的图像处理装置,其中,所述雾亮度测量器包括:

图像分割模块,所述图像分割模块被构造成将所述图像分割为预定第一数目的块;

代表值计算模块,所述代表值计算模块被构造成计算每块的像素值的平均值和标准偏差并且构造成通过使用在各个块中的平均值和标准偏差方面的差来计算每块的代表值;以及

像素值选择模块,所述像素值选择模块被构造成选择在所述块中的具有在为各个块所获得的所述代表值中的最大代表值的块,并且,如果所选块具有等于或小于预设面积的面积,则选择所选块的最亮像素值作为所述雾亮度。

3.根据权利要求1所述的图像处理装置,其中,所述成本函数计算模块将从使用每一个像素的亮度值所生成的离差乘以-1以获得所述对比度的所述值(E_C)。

4.根据权利要求1所述的图像处理装置,其中,所述最终成本函数计算模块生成包括所述对比度和所述图像损失的最终成本函数,并且在将0与1之间的任何值改变为透射的同时

计算最终成本函数值。

5.根据权利要求1所述的图像处理装置，其中，所述按像素透射估计器获得每块的像素值的平均值并将每块的像素值的平均值定义作为近似透射，计算用于生成所述按块透射与所述近似透射之间的最小差的可变值，并且将基于所计算的可变值的近似透射估计作为按像素透射。

6.一种由图像处理装置执行以用于去雾和重建包含雾的静止图像的方法，所述方法包括以下步骤：

(a)测量包含雾的图像中的雾亮度；

(b)基于由所述图像的对比度和图像损失所计算的最终成本函数值来估计按块透射并且通过使用所述按块透射来估计按像素透射；以及

(c)在通过使用所述雾亮度和所述按像素透射从所述图像中去除所述雾之后，重建所述图像，

其中，估计所述按块透射的步骤(b)包括：

将所述图像分割为预定第二数目的块并且通过使用由每块的对比度和图像损失所计算的最终成本函数来估计按块透射；以及

通过对保边滤波器应用所述按块透射将所述按块透射转换为按像素透射，

其中，估计所述按块透射的步骤包括：

将所述图像分割为预定第二数目的块；

在按预定比率改变预定范围的透射的同时计算每块的对比度和图像损失；

通过使用由所述对比度和所述图像损失所生成的最终成本函数来计算每块的最终成本函数值，其中，通过以下等式来计算所述最终成本函数值：

$E=E_C+\lambda_L E_L$，

其中，E是所述最终成本函数值，E_C是所述对比度的值，E_L是所述图像损失的值，并且λ_L是图像损失系数；以及

检测用于从计算的最终成本函数值生成最小最终成本函数值的透射作为按块透射，并且

其中，如果所述按块透射收敛于‘0’，则通过使用具有小于‘0’或大于‘255’的像素值的区域的面积来计算所述图像损失。

7.根据权利要求6所述的方法，其中，测量所述雾亮度的步骤(a)包括：

将所述图像分割为预定第一数目的块；

针对分割块中的每一个块来计算像素值的平均值和标准偏差；

通过使用所述平均值和标准偏差来计算每块的代表值；

选择在所述块中的具有为各个块所计算的所述代表值中的最大代表值的块；

确定所选块是否具有等于或小于预设面积的面积；以及

在确定所选块的面积等于或小于所述预设面积后，选择并且估计所选块的最亮像素值作为所述雾亮度。

8.根据权利要求6所述的方法，其中，转换所述按块透射的步骤包括：

计算并且定义每块的像素值的平均值作为近似透射；

计算用于生成所述按块透射与所述近似透射之间的最小差的可变值；以及

将基于所计算的可变值的近似透射估计作为所述按像素透射。

去除包含在静止图像中的雾的图像处理装置及其方法

技术领域

[0001] 本公开内容在一个或更多个实施方式中涉及用于去除包含在静止图像中的雾的图像处理装置和方法。更具体地，本公开内容涉及用于通过以下步骤来去除包含在静止图像中的雾的图像处理装置和方法：基于各个块代表值来测量雾的亮度；基于由图像中的对比度和图像损失所计算的最终成本函数值来估计按块(blockwise)透射；基于按块透射来估计按像素(pixelwise)透射；以及通过使用雾亮度和按像素透射来重建图像。

背景技术

[0002] 雾是以冷凝液滴的形式漂浮的水蒸气的大气现象。有雾环境通常对不到1km的能见度的视觉引起遮断。这样的有雾天气引入进而引起光的散射的特定水液滴。光的散射表示当它与空中微粒碰撞时行进光的方向改变。光散射因光的波长和微粒尺寸而不同。

[0003] 光散射能够通常划分为瑞利(Rayleigh)散射和米氏(Mie)散射。瑞利散射在引起散射的微粒的尺寸小于光的波长时适用，其中散射能量与波长的四次幂成反比。这由在空气分子通过比红色使更多蓝色散射来使光散射时晴天里的天空的蓝色调举例说明。然而，米氏散射理论在负责微粒的尺寸大于光的波长时适用于光散射。雾遵循米氏散射理论，因为雾的微粒遍及可见光的400nm～700nm的波长具有和几个μm至几十个μm一样大的直径。根据米氏散射理论，在大气中像水液滴这样的较大散射微粒情况下，散射的量不太受波长影响以引起可见光区域中的所有光的更近散射(near-even scattering)。因此，当条件是有雾的时，对象展示模糊图像。这时，生成称作空气光的新的光源。

[0004] 通过雾度失真的校正的图像质量改善可以解决能见度遮断并且锐化模糊图像。另外，这样的图像改善作为用于通过恢复由于雾而对字母、对象等导致的损坏信息而辨识主体的预处理步骤是重要的。

[0005] 常规去雾技术可以粗略地分类为非模型方法和模型方法。

[0006] 前者的示例可以包括直方图均衡。直方图均衡是用于分析图像的直方图以调整分布的方法。直方图均衡容易实现并且提供改善的效果，但是不适合于具有非均匀深度的有雾图像。另外，直方图均衡适合于改善一般图像质量但是没有令人满意地反映雾对图像的影响的特性。对于包含厚雾的图像，因此，改善是无意义的。

[0007] 后者是对光由于雾而导致的散射现象对图像的影响进行建模。首先，已公开了用于比较在不同天气下获得的两个或更多个图像以估计和校正场景深度从而校正由于雾而导致的失真的技术。然而，在这个技术中，在不同天气之下的至少两个图像的输入是需要的。对于实时实施方式，因此，有必要监测天气改变并且向其提供相当的图像存储空间。另外，难以确定存储周期，因为不能够估计天气改变循环。此外，有必要捕获没有误差的相同场景。因此，移动对象在雾度失真的程度的估计期间频繁地引起误差。

[0008] 接下来，公开了一种用于通过估计并且减去图像的像素值由于雾而导致的改变量来校正由于雾而导致的失真的技术。这个技术基于雾是均匀的假设，这仅适用于均匀且薄的雾。然而，大多数真实世界的雾往往是不均匀的。甚至对于均匀雾而言，这个方法也具有

缺点，因为雾影响的程度取决于相机与对象之间的距离。

[0009] 另外，常规图像对比度改善方法(诸如直方图均衡或伽玛校正)可以遍及图像改善对比度。然而，图像对比度难以在具有因图像的深度信息而不同地降低的对比度的有雾图像中改善。

发明内容

[0010] 技术问题

[0011] 因此，本公开内容已被做出努力有效地解决以上描述的局限性，并且提供用于去除包含在静止图像中的雾以能够从包含雾的静止图像有效地估计和去除雾成分从而改善图像质量的图像处理装置和方法。

[0012] 另外，本公开内容提供了用于去除包含在静止图像中的雾以能够基于图像的深度信息不同地改善对比度的图像处理装置和方法。

[0013] 技术方案

[0014] 根据本公开内容的一些实施方式，用于去除包含在静止图像中的雾的图像处理装置包括雾亮度测量器、透射估计器和图像重建器。雾亮度测量器被构造成测量包含雾的图像中的雾亮度。透射估计器被构造成基于由图像的对比度和图像损失所计算的最终成本函数值来估计按块透射并且构造成通过使用按块透射来估计按像素透射。并且图像重建器被构造成通过使用雾亮度和按像素透射来重建图像。

[0015] 雾亮度测量器可以包括图像分割模块、代表值计算模块和像素值选择模块。图像分割模块被构造成将图像分割为预定第一数目的块。代表值计算模块被构造成计算每块的像素值的平均值和标准偏差并且构造成通过使用在各个块中的平均值和标准偏差方面的差来计算每块的代表值。像素值选择模块被构造成选择在块中的具有为各个块所获得的代表值中的最大一个代表值的块，并且，如果所选块具有等于或小于预设面积的面积，则选择所选块的最亮像素值作为雾亮度。

[0016] 透射估计器可以包括按块透射估计器和按像素透射估计器。按块透射估计器被构造成将图像分割为预定第二数目的块并且构造成通过使用由每块的对比度和图像损失所计算的最终成本函数来估计按块透射。按像素透射估计器被构造成通过对保边滤波器应用按块透射将按块透射转换为按像素透射。

[0017] 按块透射估计器可以包括图像分割模块、成本函数计算模块、最终成本函数计算模块和按块透射检测模块。图像分割模块被构造成将图像分割为预定第二数目的块。成本函数计算模块被构造成在按预定比率改变预定范围的透射的同时计算每块的对比度和图像损失。最终成本函数计算模块被构造成通过使用由对比度和图像损失所生成的最终成本函数值来计算每块的最终成本函数值。并且按块透射检测模块被构造成检测用于从计算的最终成本函数值生成最小最终成本函数值的透射作为按块透射。

[0018] 成本函数计算模块可以将从使用各个像素的亮度值所生成的离差乘以-1来获得对比度(E_C)。

[0019] 另外，如果按块透射收敛于‘0’，则成本函数计算模块可以通过使用具有小于‘0’或大于‘255’的像素值的区域的面积来计算图像损失。

[0020] 最终成本函数计算模块可以生成包括对比度和图像损失的最终成本函数，并且在

改变在0与1之间的任何值作为透射的同时计算最终成本函数值。

[0021] 按像素透射估计器可以获得和定义每块的像素值的平均值作为近似透射，计算用于生成按块透射与近似透射之间的最小差的可变值，并且将基于所计算的可变值的近似透射估计作为按像素透射。

[0022] 根据本公开内容的另一方面，由图像处理装置执行以用于去雾和重建包含雾的静止图像的方法包括：(a)测量包含雾的图像中的雾亮度；(b)基于由图像的对比度和图像损失所计算的最终成本函数值来估计按块透射并且通过使用按块透射来估计按像素透射；以及(c)在通过使用雾亮度和按像素透射从图像中去除雾之后重建图像。

[0023] 雾亮度的(a)测量可以包括将图像分割为预定第一数目的块；针对分割块中的每一个块来计算像素值的平均值和标准偏差；通过使用平均值和标准偏差来计算每块的代表值；选择在块中的具有为各个块所计算的代表值中的最大一个代表值的块；确定所选块是否具有等于或小于预设面积的面积；以及在确定所选块的面积等于或小于预设面积后选择并且估计所选块的最亮像素值作为雾亮度。

[0024] 按块透射的(b)估计可以包括将图像分割为预定第二数目的块并且通过使用由每块的对比度和图像损失所计算的最终成本函数来估计按块透射；以及通过对保边滤波器应用按块透射将按块透射转换为按像素透射。

[0025] 按块透射的估计可以包括将图像分割为预定第二数目的块；在按预定比率改变预定范围的透射的同时计算每块的对比度和图像损失；通过使用由对比度和图像损失所生成的最终成本函数来计算每块的最终成本函数值；以及检测用于从计算的最终成本函数值生成最小最终成本函数值的透射作为按块透射。

[0026] 按块透射的转换可以包括计算和定义每块的像素值的平均值作为近似透射；计算用于生成按块透射与近似透射之间的最小差的可变值；以及将基于所计算的可变值的近似透射估计作为按像素透射。

[0027] 有益效果

[0028] 根据如以上所描述的本公开内容，可以从静止图像有效地估计和去除雾成分，从而改善图像质量。

[0029] 另外，可以基于图像的深度信息不同地改善对比度。

[0030] 另外，每像素的雾的浓度可以通过透射的计算来估计并且可以按照像素不同地去除雾，从而从图像中有效地去除雾，而不管雾如何分布在图像中。

附图说明

[0031] 图1是根据至少一个实施方式的用于去除包含在静止图像中的雾的图像处理装置的构造的框图。

[0032] 图2是图1中所示出的雾亮度测量器的详细构造的框图。

[0033] 图3是图1中所示出的按块透射估计器的详细构造的框图。

[0034] 图4是用于例示图像损失最小化的构思的图。

[0035] 图5是由根据至少一个实施方式的图像处理装置所执行的用于重建包含雾的静止图像的方法的流程图。

[0036] 图6是示出了根据至少一个实施方式在保边滤波器应用情况下的示例画面的图。

[0037] 图7是由根据至少一个实施方式的图像处理装置所执行的用于测量雾亮度的方法的流程图。

[0038] 图8是由根据至少一个实施方式的图像处理装置所执行的用于检测按块透射的方法的流程图。

具体实施方式

[0039] 在下文中，将参照附图详细地描述本公开内容的至少一个实施方式。

[0040] 在本公开内容中，雾可以是大气薄雾或浓雾。另选地，雾可以是黄沙、灰尘或与薄雾或浓雾相似的空中物质。

[0041] 图像处理装置使用等式1重建包含雾的图像。

[0042] $I_p = J_p t_p + (1-t_p) \cdot A$ 等式1

[0043] 这里，I_p是在像素位置p处获得的图像(受雾影响的图像)的亮度值，J_p是在像素位置p处所获得的图像(不受雾影响的图像)的原始亮度值，t_p是在像素位置p处所获得的图像的透射(深度信息和图像与对应点之间的距离)，而A是雾亮度值。

[0044] 这时，图像处理装置考虑对比度和可能在改善对比度时引发的图像损失E_L基于成本E_C来生成成本函数，计算最小成本函数由其生成的透射‘t’，并且通过使用等式1来重建包含雾的图像。

[0045] 在下文中，将参照附图描述由图像处理装置使用等式1所执行的包含雾的静止图像的重建。

[0046] 图1是根据至少一个实施方式的用于去除包含在静止图像中的雾的图像处理装置的构造的框图。图2是图1中所示出的雾亮度测量器的详细构造的框图。图3是图1中所示出的按块透射估计器的详细构造的框图。图4是用于例示图像损失最小化的构思的图。

[0047] 参照图1，用于去除包括在静止图像中的雾的图像处理装置100包括雾亮度测量器110、按块透射估计器120、按像素透射估计器130和图像重建器140。

[0048] 雾亮度测量器110将包含雾的图像分割为预定数目的块以为各个块获得代表值，选择具有所获得的代表值中的最大一个的块，并且重复以将所选块分割为预定数目的块直到所选块的面积变得等于或小于预设面积为止并且以获得代表值以及从而获得雾亮度。包含雾的图像可以是包括雾的静止图像。

[0049] 为了获得雾亮度，假定了“雾是从太阳到达的大气光进而具有非常高的亮度值”和“受雾影响的像素值近似雾亮度”。另外，参照等式1，可以看到获得的图像受雾影响与透射(深度信息和图像与对象之间的距离)成比例。因此，因为受雾大大地影响的区域的大多数值分布在雾度值附近，所以标准偏差减小。

[0050] 当组合上述两个假设时，可以看到雾亮度值在图像中具有非常高的亮度值并且能够从受雾最大影响的区域获得。一般而言，当可以选择导致问题的白色对象时，雾度可以由最亮像素值选择。作为解决方案，块逐渐减小至然后被检测到的较小尺寸，以便于将候选雾亮度值缩小至最低(具有预设面积的块)，其中大多数分量像素值能够被视为受雾亮度值影响并且然后最亮像素值能够不考虑可能的误差而被选择为雾亮度值。因此，雾亮度测量器110可以选择最亮像素值作为雾亮度值。

[0051] 参照图2，雾亮度测量器110包括图像分割模块112、代表值计算模块114和像素值

选择模块116。

[0052] 图像分割模块112将包含雾的图像分割为预定数目的块。预定数目的块可以是四个。

[0053] 为了为各个块获得代表值，图像分割模块112使用各个块中的像素值的标准偏差和平均亮度，这两者可以取决于各个快的尺寸而不同。例如，为了通过使用具有尺寸20x20的块来获得代表值，代表值可以被选择为在存在明亮对象时为高的，所述明亮对象诸如无雾区域中的白色建筑物或白色车辆。增加块的尺寸将渲染待选自更多雾侧的代表值同时使雾亮度值变得难以在块中找到。由于这个原因，通过将图像分割为块，块逐渐减小至较小尺寸以缩小候选雾亮度值。

[0054] 代表值计算模块114为由图像分割模块112所分割的块中的每一个获得像素的平均值和标准偏差，并且基于在各个块中的平均值和标准偏差的差来获得代表值。

[0055] 也就是说，雾亮度值在图像中具有非常高的亮度值并且能够从受雾影响最大的区域获得。因为受雾大大地影响的区域的大多数值分布在雾度值附近，所以标准偏差减小。为了获得雾亮度值，因此，代表值计算模块114通过使用每一个块的平均值和标准偏差来计算代表值。

[0056] 像素值选择模块116从为各个块所获得的那些代表值中选择具有最大代表值的块，并且，当所选块的面积等于或小于预设面积时，选择块的最亮像素值作为雾亮度。

[0057] 当候选雾亮度值缩小至最终值(具有预设面积的块)时，块中的大多数像素值能够被视为受雾亮度值影响，这即便在选择最亮像素值作为雾亮度值时也不考虑可能的误差。因此，当块面积变得等于预设面积或更小时，像素值选择模块116选择最亮像素值作为雾亮度值。

[0058] 像素值选择模块116选择具有最大代表值的块并且确定所选块的面积是否等于或小于预设面积。块的预设面积是块的长度乘宽度，其可以是例如200。在确定所选块的面积变成等于或小于200后，像素值选择模块116选择所选块的最亮像素值并且估计所选像素值作为雾亮度。

[0059] 在确定所选块的面积大于200后，像素值选择模块116将所选块分割为预定数目的较小块以为各个块获得代表值，选择在块中的具有最大代表值的一个块，并且确定所选块的面积是否等于或小于预设面积，这被重复。当这个过程选择具有等于或小于预设面积的面积的块时，像素值选择模块116估计所选块的最亮像素值作为雾亮度。

[0060] 返回参照图1，按块透射估计器120将包含雾的图像分割为预定数目的块，获得每块的对比度和每块的图像损失，并且通过使用由对比度和图像损失所计算的最终成本函数来估计按块透射。

[0061] 参照图3，按块透射估计器120包括图像分割模块122、成本函数计算模块124、最终成本函数计算模块126和按块透射检测模块128。

[0062] 图像分割模块122将包含雾的图像分割为预定数目的块。如果各个块的尺寸太小，则对于图像分割模块122来说难以估计透射。由于这个原因，各个块的最小尺寸被设定为16x16或更多。可以任意地确定块的数目。图像分割被执行以考虑到非均匀雾的效果来补偿雾成分。可以考虑到硬件复杂性适当地确定基于图像分割的块的数目。

[0063] 另外，等式1用来重建图像。仅关于由雾亮度测量器10所获得的雾亮度值的信息留

下未确定问题，其中等式在针对各个像素计算透射t_p和原始亮度值J_p时由未知量过支配。在块中的透射t_p是均匀的假设下，因此，对于B(块中像素的数目)个等式，未知量的数目可以大大地减小至B+1。图像考虑到局部深度信息被分割，因为假定为具有单个均匀透射‘t’的整个未分图像根据图像深度信息排除针对图像劣化的自适应补偿。

[0064] 成本函数计算模块124在按预定比率(ratio)改变预定范围的透射的同时针对由图像分割模块122所分割的块中的每一个块来计算对比度和图像损失。

[0065] 为了计算透射‘t’，需要满足以下条件：(1)基于透射‘t’所确定的输出图像对比度为大的和(2)基于透射‘t’所确定的输出图像损失为最低的。

[0066] 因此，成本函数计算模块124考虑到考虑对比度的成本E_C和可能在改善对比度时引发的图像损失EL来生成成本函数，并且通过使用各个成本函数来计算对比度和图像损失。

[0067] 为此目的，成本函数计算模块124包括用于获得对比度的对比度计算模块124a和用于获得图像损失的图像损失计算模块124b。

[0068] 对比度计算模块124a通过像由等式2所表示的那样使用基于各个像素的亮度值的离差δ^2来获得对比度E_C。

[0069] $$E_C = -\sigma^2 = \sum_{p=1}^{N} \frac{(J_p - \bar{J})^2}{N}$$ 等式2

[0070] 这里，N是像素的数目，J_p是原始对象的亮度，p是各个像素的位置，而$\bar{J}$是原始对象的平均亮度。

[0071] 等式2使用通常用来计算图像中的对比度的RMS(均方根)对比度。在RMS对比度中，通过使用图像的离差值来测量对比度。

[0072] 另外，为了由透射‘t’所确定的输出图像的所期望的大对比度，生成了如等式2一样的成本函数，并且出于找到成本函数由其生成以具有最小(优化)值的透射‘t’的目的并且基于RMS对比度随着它改善而增加对比度的值的事实，负(-)符号被添加到成本函数使得成本函数随着透射降低而降低。

[0073] 换句话说，对比度计算模块124a执行通过使用各个像素的亮度值来计算对比度而生成的离差的按块乘以-1。等式2可以被称为第一成本函数(或对比度改善成本函数)。第一成本函数是用于找到如下的透射的函数，即，重建图像的对比度通过该透射被最大化。使对比度最大化的按块透射总是收敛于‘0’。随着按块透射收敛于‘0’，对于输入像素值的输出像素值被确定为超过能够由计算机表达的像素值[0255]。

[0074] 当按块透射收敛于‘0’时，等于或小于‘0’或者等于或大于‘255’的输出像素值作为需要被最小化的图像损失而存在。图像损失指的是在等于或小于‘0’或者等于或大于‘255’的输出像素值舍入为0和255时所获得的量。

[0075] 为了使图像损失最小化，因此，图像损失计算模块124b通过使用根据等式3的第二成本函数来计算每块的图像损失。

[0076] $$E_L = \sum_{p<0} \frac{(0 - J_p)^2}{N} + \sum_{p>255} \frac{(J_p - 255)^2}{N}$$ 等式3

[0077] 当图式地表达等式3的构思时，图4示出了区域A的对应面积。

[0078] 参照图4，区域A对应于等于或小于‘0’或者等于或大于‘255’的像素值，即图像损失。

[0079] 在通过等式2和3获得对比度和图像损失之后，最终成本函数计算模块126基于所获得的对比度和图像损失来获得最终成本函数值。

[0080] 为了计算透射‘t’，需要满足以下条件：(1)基于透射‘t’所确定的输出图像对比度为大的和(2)基于透射‘t’所确定的输出图像损失为最小的。在满足上述两个条件的透射的搜索中，两个条件需要变换到成本函数中以找到用于生成最小成本函数的透射。换句话说，当成本函数具有最小值时，可以认为输出图像的对比度是大的，图像损失是小的。

[0081] 最终成本函数需要包括这两个条件。所以，当计算按块透射时，包括所述两个条件的诸如等式4的最终成本函数被生成以用于计算最终成本函数值。

[0082] $E = E_C + \lambda_L E_L$ 等式4

[0083] 这里，E是最终成本函数值，E_C是对比度值，E_L是图像损失，而λ_L是图像损失系数。

[0084] 按块透射检测模块128检测从由最终成本函数计算模块126所计算的最终成本函数值生成最小最终成本函数的透射作为按块透射。具体地，按块透射是从0至1变化的值之一。因此，按块透射检测模块128将在从0至1的值(数)改变为按块透射的同时计算最终成本函数值并且检测用于从所计算的最终成本函数值生成最小最终成本函数的透射作为按块透射。从0至1的值(数)可以包括0.1、0.2等等。可以以任何间隔或比率改变值。

[0085] 返回参照图1，按像素透射估计器130对保边滤波器应用由按块透射估计器120所检测到的按块透射以将按块透射转换为按像素透射。保边滤波器通过使用输入图像的像素值来生成按像素近似透射。

[0086] 因此，按像素透射估计器130通过使用等式5来计算按像素近似透射。

[0087] $$\widehat{t_p} = aI_p + b$$ 等式5

[0088] 这里$\widehat{t_p}$是按像素近似透射，I_p是由相机所捕获到的亮度，而a和b是通过应用保边滤波器所计算的线性函数的变量。

[0089] 输入图像具有在0与255之间的值，然而t具有在0与1之间的值。因此，等式5将通过将在0与255之间的值通过变量a和b按比例缩小至0～1并且通过近似尺寸(平均值)以输入图像表达‘t’。

[0090] 因此，按像素透射估计器130计算这样的变量a和b，其生成按块透射与近似透射之间的最小差以获得按像素透射。变量a和b通过使用尺寸W的窗口来计算，并且转移到下一个像素，计算a和b。在重叠区域中，变量a和b被平均。

[0091] 这时，等式6被定义如下以使按块透射与近似透射之间的差最小化。

[0092] $$\sum_{p \in B} \left(t_p - \widehat{t_p}\right)^2$$ 等式6

[0093] 这里，p是像素位置并且B是块。

[0094] 为了找到用于生成具有最小值的等式6的a和b，按像素透射估计器130使用在线性代数中所用的最小二乘方方法。

[0095] 因此，按像素透射估计器130将基于通过最小二乘方方法所获得的变量a和b的近似透射检测作为按像素透射。

[0096] 换句话说，图像的数据按照每一个像素改变，因为所计算的透射已按照块加以计算，在这个差异上，图像通过使用透射的重建由于透射差异而在块的边界处展示块效应(blocking effect)。块效应是其中像素值在块的边界处大大地不同的现象。为了去除块效应，因此，以块计算的透射需要转换为按像素透射。

[0097] 按块透射估计器120和按像素透射估计器130可以被构造为单个部件。在这种情况下，按块透射估计器120和按像素透射估计器130可以集成到单个透射估计器中。

[0098] 图像重建器140通过使用由雾亮度测量器110所获得的雾亮度和由按像素透射估计器130所获得的按像素透射从图像中去除雾。

[0099] 换句话说，图像重建器140通过使用等式7来生成去雾图像。

[0100] $$J_p = \frac{I_p - A}{t_p} + A \qquad \text{等式7}$$

[0101] 这里，I_p是由相机所捕获到的亮度，J_p是原始对象的亮度，p是各个像素的位置，A是雾亮度，而t_p是按像素透射。

[0102] 图5是由根据至少一个实施方式的图像处理装置所执行的用于重建包含雾的静止图像的方法的流程图，并且图6是示出了根据至少一个实施方式的应用保边滤波器的画面的示例的图。

[0103] 参照图5，当包含雾的图像被输入到图像处理装置(S502)时，它测量图像中的雾亮度(S504)。将参照图6详细地描述由图像处理装置所执行的用于测量图像中的雾亮度的方法。

[0104] 在完成步骤S504后，图像处理装置在将包含雾的图像分割为预定数目的块之后估计按块透射(S506)。

[0105] 将参照图7详细地描述由图像处理装置执行以用于估计按块透射的方法。

[0106] 在完成步骤S506后，图像处理装置通过使按块透射经历保边滤波器来将按块透射转换为按像素透射(S508)。

[0107] 随后，图像处理装置通过使用从使用雾亮度和按像素透射所生成的等式6来生成去雾图像(S510)。

[0108] 以下描述参照图6解决图像处理装置对包含雾的图像应用保边滤波器的情况。

[0109] 参照图6，当如图6(a)所示出的包含雾的静止图像被应用按块透射时，所获得的结果图像如图6(b)中所示。通过保边滤波器的按像素透射被应用于图6(b)中的图像以获得如图6(c)中所示出的图像。图6(c)中的图像可以是通过通过透射的计算来估计每像素的雾的浓度并且针对各个像素不同地去除雾所获得的图像。

[0110] 图7是由根据至少一个实施方式的图像处理装置所执行的用于测量雾亮度的方法的流程图。

[0111] 参照图7,图像处理装置将包含雾的图像分割为四个块(S702),并且针对各个块来计算像素平均值和标准偏差(S704)。

[0112] 然后,图像处理装置计算针对各个块基于像素平均值和标准偏差所生成的每块的代表值(S706)。

[0113] 随后,图像处理装置选择在块中的具有代表值中的最大一个代表值的块(S708),并且确定所选块的面积是否等于或小于200(S710)。

[0114] 在步骤S710中确定所选块的面积等于或小于200后,图像处理装置从所选块中选择和定义最亮像素值作为雾亮度(S712)。

[0115] 如果步骤S710确定所选块的面积大于200,则另一方面,图像处理装置执行步骤S702。

[0116] 图8是由根据至少一个实施方式的图像处理装置所执行的用于检测按块透射的方法的流程图。

[0117] 参照图8,图像处理装置将包含雾的图像分割为尺寸B的块(S802)。

[0118] 继步骤S802之后,图像处理装置在按预定比率改变预定范围的透射的同时针对各个块来计算对比度和图像损失(S804)。已经在上面参照图3详细地描述了由图像处理装置执行以用于计算对比度和图像损失的方法。

[0119] 继步骤S804之后,图像处理装置基于对比度和图像损失来计算每块的最终成本函数值(S806),并且选择用于从所计算的最终成本函数值生成最小最终成本函数的透射(S808)。

[0120] 然后,图像处理装置检测所选透射作为按块透射(S810)。

[0121] 本公开内容可以用来在各种领域内改善图像的对比度,所述各种领域诸如飞行、机场管理、运输、海运、水下监视、医疗成像(由身体内的气体等所生成的雾成分的去除)、农业监视和视频监视相机。

[0122] 从静止图像中去除雾可以作为程序被实现。构成这样的程序的代码或代码段能够由本领域的技术人员容易地想到。

[0123] 尽管已经出于说明性目的描述了本公开内容的示例性实施方式,但是本领域的技术人员应了解,在不背离本公开内容的本质特性的情况下各种修改、添加和替换是可能的。因此,为了简洁和清楚起见,已经对本公开内容的示例性实施方式进行了描述。因此,普通技术人员应理解,本公开内容的范围不受以上显式地描述的实施方式限制,而是受权利要求及其等同物限制。

[0124] 工业应用

[0125] 如上所述,本公开内容对于在从静止图像有效地估计和去除雾成分以改善图像质量并且基于图像的深度信息不同地改善对比度的图像处理装置和方法中的应用是高度有用的。

[0126] 附图标记

[0127] 100:图像处理装置

[0128] 110:雾亮度测量器

[0129] 120:按块透射估计器

[0130] 130:按像素透射估计器

[0131] 140:图像重建器

[0132] 相关申请的交叉引用

[0133] 如果适用,本申请根据美国专利法第35条119(a)款要求于2012年5月3日在韩国提交的专利申请No.10-2012-0046710的优先权,其整个内容通过引用并入本文。另外,该非临时申请因基于韩国专利申请的相同原因而在除美国以外的国家要求优先权,其整个内容从而通过引用并入。

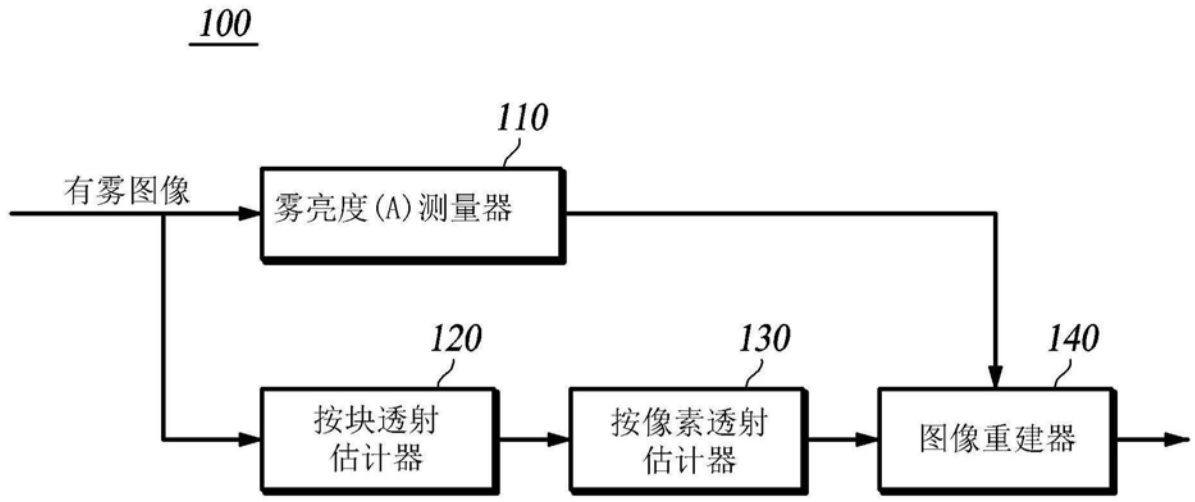

100
110
有雾图像
雾亮度(A)测量器
120
130
140
按块透射估计器
按像素透射估计器
图像重建器

图1

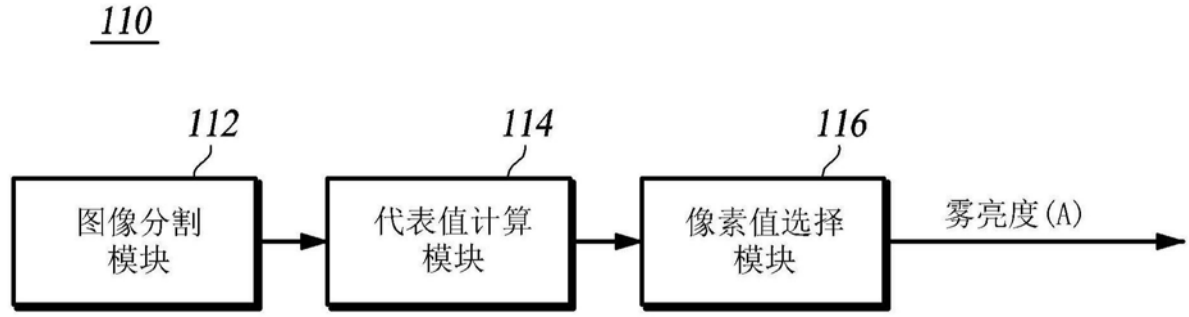

110
112
114
116
图像分割模块
代表值计算模块
像素值选择模块
雾亮度(A)

图2

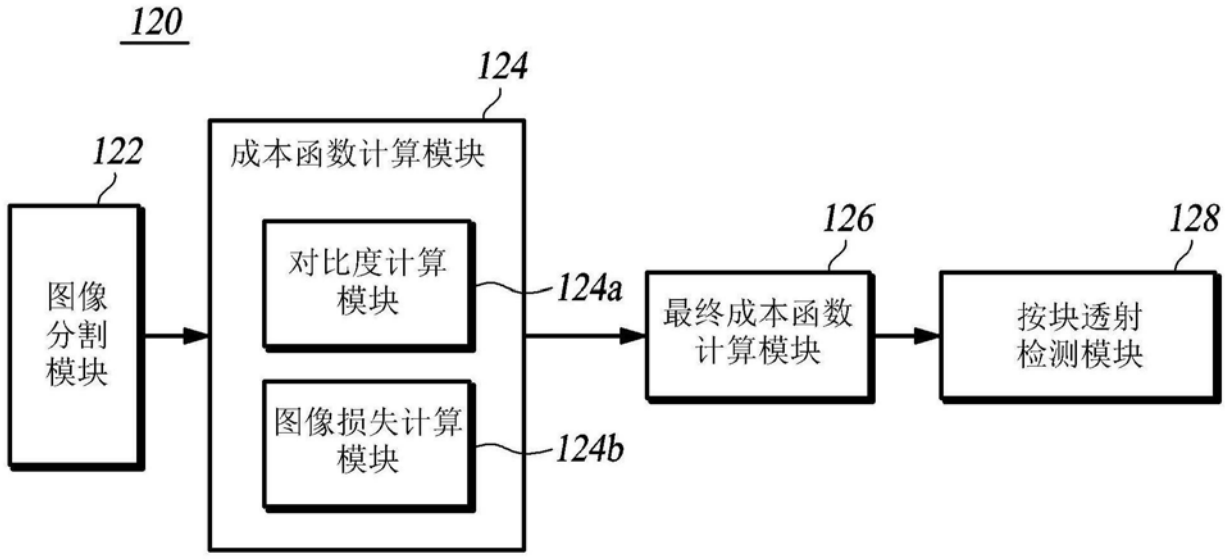

120
124
122
成本函数计算模块
图像分割模块
对比度计算模块
图像损失计算模块
124a
124b
126
128
最终成本函数计算模块
按块透射检测模块

图3

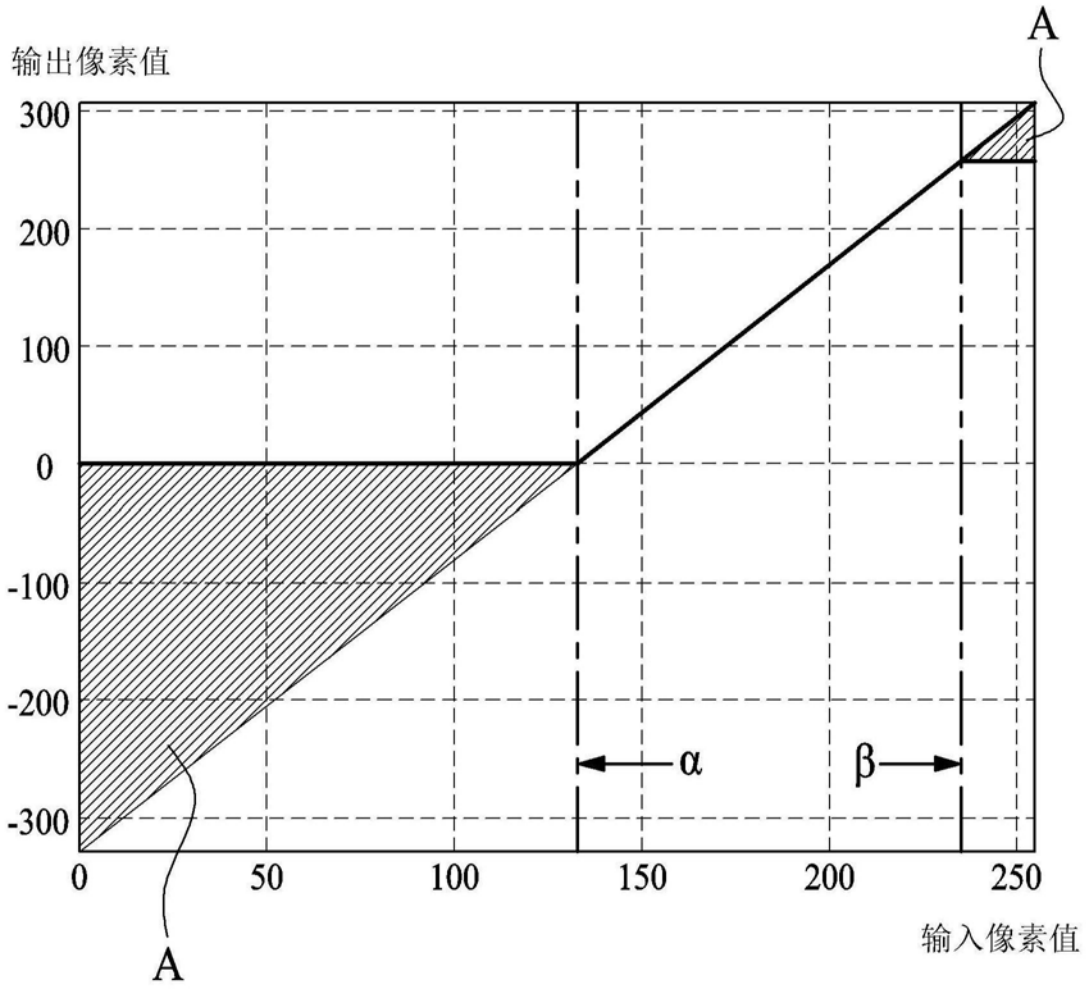


图4

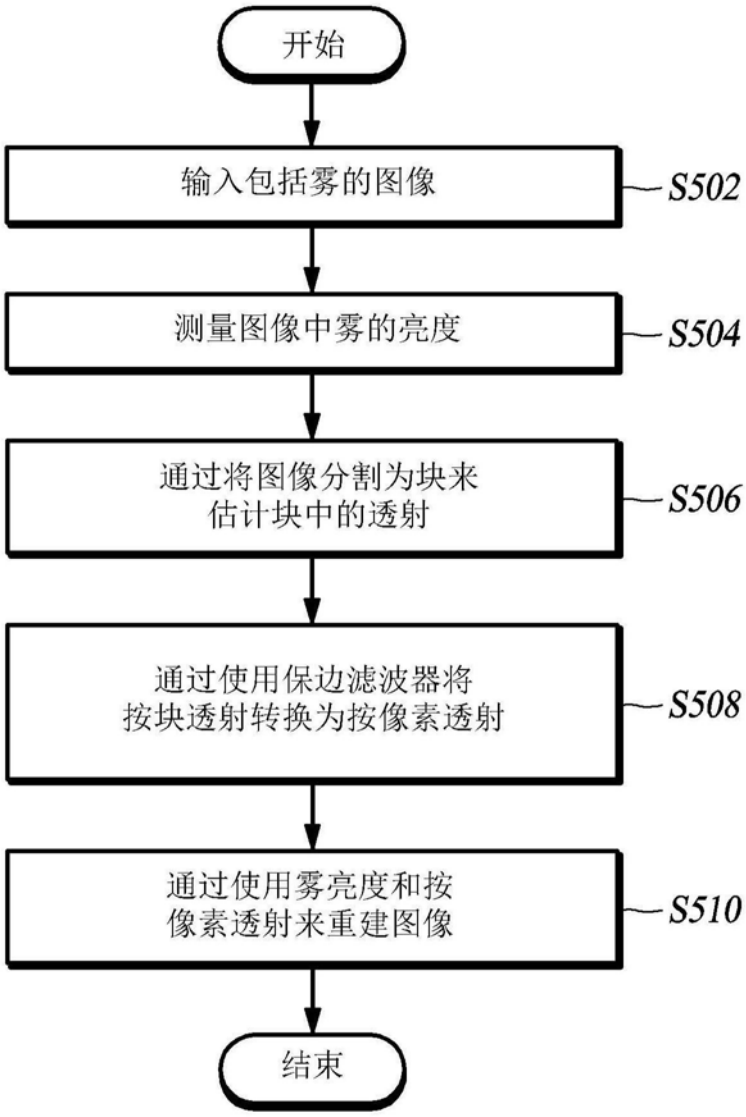

开始
输入包括雾的图像
S502
测量图像中雾的亮度
S504
通过将图像分割为块来
估计块中的透射
S506
通过使用保边滤波器将
按块透射转换为按像素透射
S508
通过使用雾亮度和按
像素透射来重建图像
S510
结束

图5

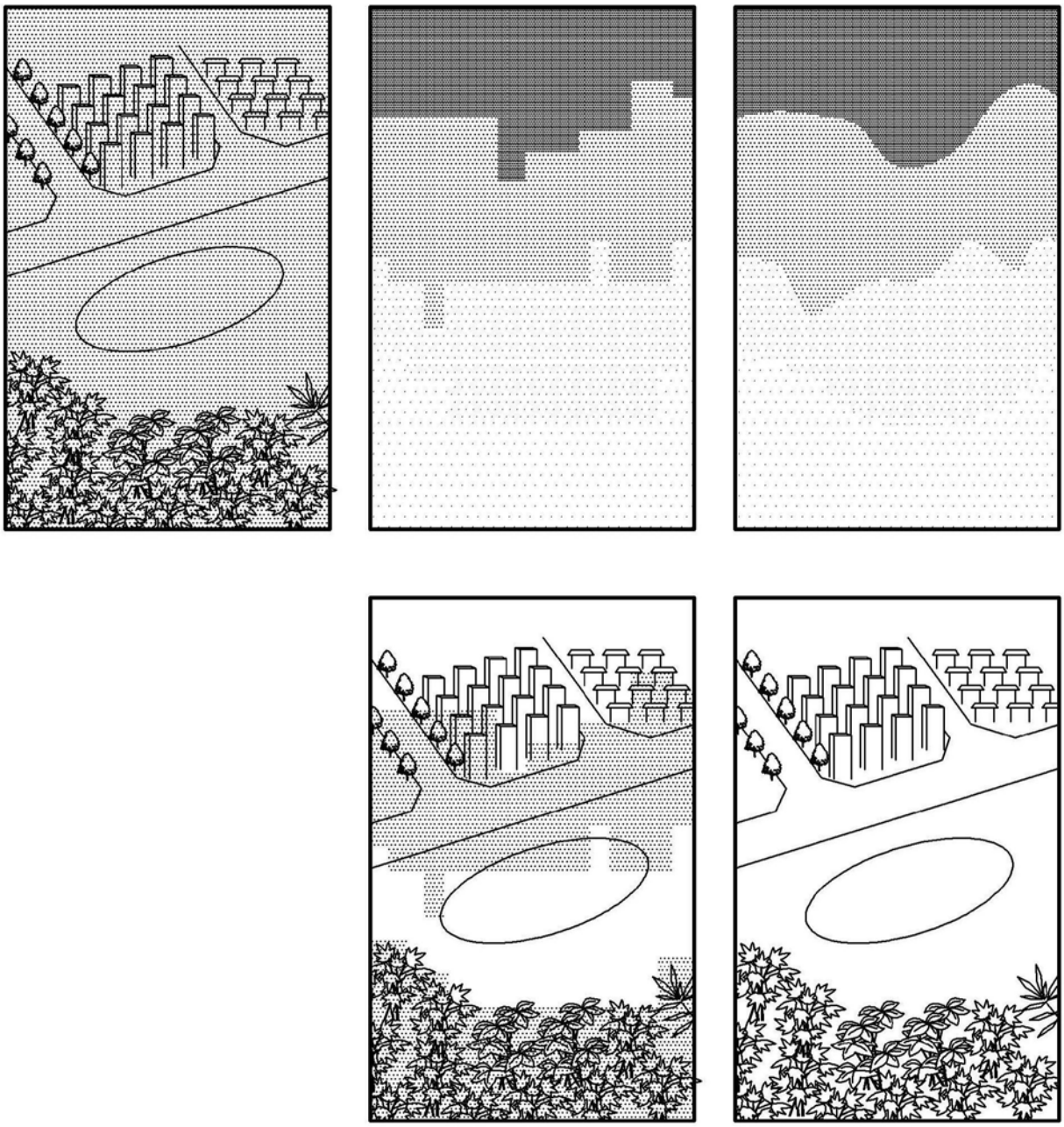


图6

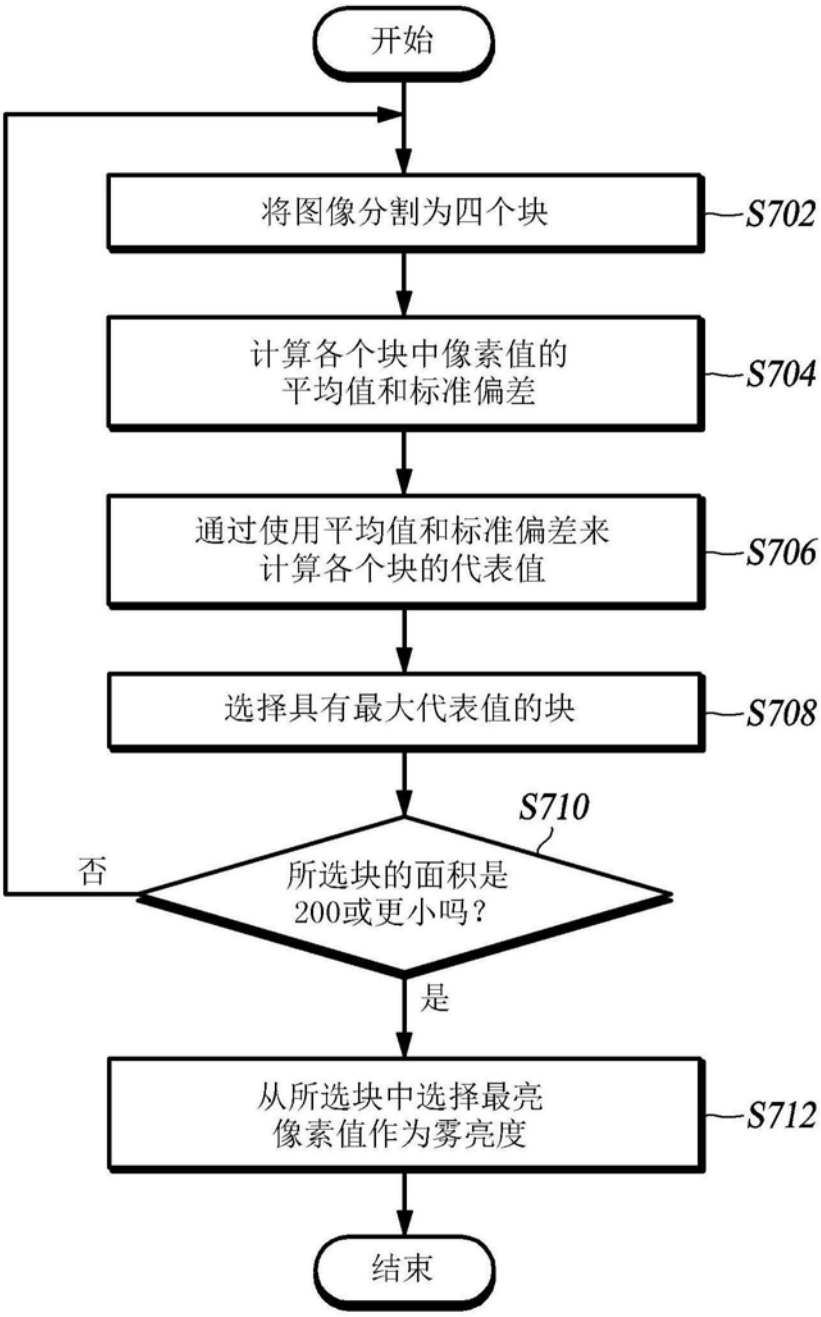

开始
将图像分割为四个块
S702
计算各个块中像素值的
平均值和标准偏差
S704
通过使用平均值和标准偏差来
计算各个块的代表值
S706
选择具有最大代表值的块
S708
S710
所选块的面积是
200或更小吗？
否
是
从所选块中选择最亮
像素值作为雾亮度
S712
结束

图7

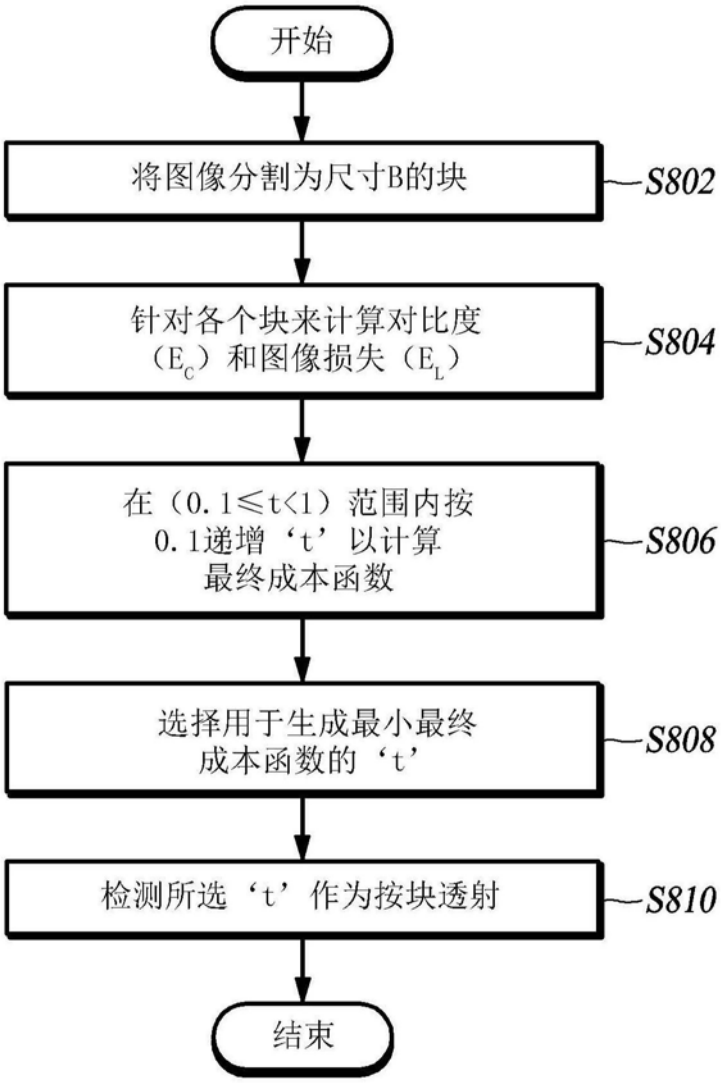

开始
将图像分割为尺寸B的块
S802
针对各个块来计算对比度（E_C）和图像损失（E_L）
S804
在（0.1≤t<1）范围内按0.1递增‘t’以计算最终成本函数
S806
选择用于生成最小最终成本函数的‘t’
S808
检测所选‘t’作为按块透射
S810
结束

图8