

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102292741 A

(43) 申请公布日 2011. 12. 21

(21) 申请号 201080004992. 5

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(22) 申请日 2010. 01. 12

代理人 刘红 刘鹏

(30) 优先权数据

09150908. 3 2009. 01. 20 EP

(51) Int. Cl.

G06T 5/00(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 07. 20

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2010/050097 2010. 01. 12

(87) PCT申请的公布数据

W02010/084431 EN 2010. 07. 29

(71) 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

申请人 NXP 有限公司

(72) 发明人 J. A. 达罗查莱陶 G. 德哈恩

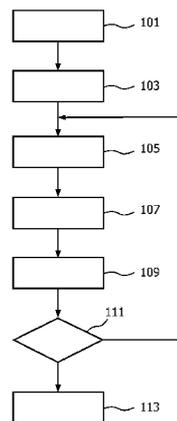
权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 4 页

(54) 发明名称

用于生成增强图像的方法和设备

(57) 摘要

提供用于生成增强图像的方法和设备。该方法包括:接收(101)待增强的图像。从该图像中生成(103)一组子图像,其中不同的子图像对应于用于该图像的不同空间频带。对于该图像的至少第一像素区域,在第一像素区域的邻近区域中确定(107)像素值变化。随后,响应于像素值变化,通过组合第一像素区域和子图像的相应像素区域,为增强图像生成(109)增强像素区域。特别地,利用响应于邻近区域中的亮度方差而确定的加权,可以生成输入图像和子图像的加权和。本发明可以例如利用减少的伪像和/或噪声来提供改进的对比度增强。



1. 一种生成增强图像的方法,该方法包括以下步骤:
接收(101)图像;
从该图像中生成(103)一组子图像,其中该组子图像中的不同子图像对应于用于该图像的不同空间频带;以及
对于该图像的至少第一像素区域:
确定(107)在第一像素区域的邻近区域中的像素值变化量度,和
响应于像素值变化量度,通过组合第一像素区域和子图像的相应像素区域,为增强图像生成(109)增强像素区域。
2. 权利要求1的方法,其中生成增强像素区域的步骤包括:
确定(301-307)一组增强参数,以响应像素值变化量度,该组增强参数包括用于该组子图像中的每个子图像的增强参数,
通过将用于每个子图像的增强参数应用于与第一像素区域相对应的每个子图像中的像素区域,为每个子图像生成(309)修改的像素区域,以及
通过组合第一像素区域和修改的像素区域,生成(311)增强像素区域。
3. 权利要求1的方法,其中生成(109)增强像素区域的步骤包括:通过利用响应于像素值变化量度而确定的加权组合的加权进行的第一像素区域和相应像素区域的加权组合,生成增强像素区域。
4. 权利要求3的方法,其中相对于对于较低像素值变化量度而言、较高频率子图像相对于较低频率子图像的加权,对于较高像素值变化量度,增加较高频率子图像相对于较低频率子图像的加权。
5. 权利要求1的方法,其中生成(109)增强像素区域的步骤包括:相对于较低像素值变化量度,对于较高像素值变化量度,增加至少一个较高频率子图像的偏置。
6. 权利要求1的方法,其中邻近区域只包括至第一像素区域的距离小于50个像素的像素。
7. 权利要求1的方法,其中确定(107)像素值变化量度的步骤包括:在确定像素值变化量度之前,对邻近区域进行子采样。
8. 权利要求1的方法,进一步包括:
为一组能量变化类中的每一个类,提供一组组合参数;
响应于像素值变化量度,为该像素区域从一组能量变化类中选择(305)第一能量变化类;
检索(307)与第一能量变化类相对应的第一组组合参数;以及
其中所述组合(309,311)响应于第一组组合参数。
9. 权利要求1的方法,其中确定(107)像素值变化量度的步骤包括:
提供(301)一组像素能量间隔;
将邻近区域的像素划分(301)到该组像素能量间隔中;以及
响应于该组像素能量间隔中的至少一个像素能量间隔中像素的数量,确定(303)像素值变化量度。
10. 权利要求9的方法,其中像素值变化量度根据包括最多像素的多个间隔中像素的比例来确定。

11. 权利要求 1 的方法,其中确定(107)像素值变化量度包括:响应于用于邻近区域的像素的像素能量,确定像素值变化量度。

12. 权利要求 11 的方法,进一步包括:在确定像素值变化量度之前,衰减低于第一频率的空间频率。

13. 权利要求 1 的方法,进一步包括以下步骤:为该图像生成噪声估计,以及其中所述组合进一步响应于该噪声估计。

14. 一种计算机程序产品,用于执行权利要求 1-13 之中任一权利要求的方法。

15. 一种用于生成增强图像的设备,该设备包括:

用于接收图像的装置(201);

用于从该图像中生成一组子图像的装置(203),其中该组子图像中的不同子图像对应于用于该图像的不同空间频带;以及

用于对于该图像的至少第一像素区域执行以下步骤的装置(205):

确定在第一像素区域的邻近区域中的像素值变化量度,和

响应于像素值变化量度,通过组合第一像素区域和子图像的相应像素区域,为增强图像生成增强像素区域。

用于生成增强图像的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及图像增强,并且特别地而非排他地涉及数字视频信号的例如数字图片或帧的对比度增强。

背景技术

[0002] 图像的对比度增强近年来已变得日益重要和可行。特别地,诸如视频信号的帧或照片之类的数字图像能够利用先进的信号处理技术进行处理,以生成具有改进对比度的增强图像,从而通常导致这些图像被感知为具有更高的质量。

[0003] 图像的对比度增强通常涉及亮度值的直方图的分析 and 修改。实施这样的对比度增强算法的便利方法是(非)线性传递函数应用于视频信号的灰度级。例如,诸如众所周知的伽马校正之类的幂律变换是流传广泛的。诸如直方图均衡化之类的自适应方法可以应用于确定将像素的输入亮度与输出亮度相关联的非线性传递函数的形状。直方图均衡化已被成功地应用于诸如医学成像和遥感之类的许多领域中。其在可用亮度水平上最优地分布信号变化的能力对于其中特征识别是主要目标的图像而言是特别吸引人的。但是,将直方图均衡化应用于自然图像通常导致次优和过增强的信号。

[0004] 对于全局对比度增强方法的主要限制是:典型的图像通常包含靠近动态范围边界的局部亮和/或暗区域。因此,全局对比度增强时常以低到中等增益被应用来防止剪切(clipping)或包括某种形式的软剪切,但是这也降低靠近动态范围的边界的效力。这个缺陷能够通过以空间局部化与自适应方式增强图像对比度来减轻。局部对比度增强技术旨在通过放大像素的亮度值与其局部平均值之间的差异来增强局部细节的可视性。

[0005] 用于局部对比度增强的一种方案是提升较高空间频率。这种方法以及类似方法的缺点是其趋向于在高对比度边缘周围引入晕伪像(halo artifact),并因而导致次优图像。

[0006] 已建议通过使用非线性边缘保持低通滤波器或通过采用多尺度(multi-scale)方案来减少晕伪像。但是,这样的方法倾向于时常引入剪切伪像,并且通常不会导致晕伪像的完全去除。此外,这些方案易于由于平淡(flat)区域的过增强而遭受降级,而过增强对于这样的区域导致增加的噪声。

[0007] 因此,改进的对比度增强将是有利的,并且特别地,允许增加灵活性、改善增强质量、改进图像质量、简化实施方式、降低复杂度和/或改进性能的方案将是有利的。

发明内容

[0008] 因此,本发明寻求优选地单独地或以任何组合形式来缓和、减轻或消除上述缺陷之中的一个或多个缺陷。

[0009] 根据本发明的一个方面,提供一种生成增强图像的方法,该方法包括以下步骤:接收图像;从该图像中生成一组子图像,其中该组子图像中的不同子图像对应于用于该图像的不同空间频带;以及对于该图像的至少第一像素区域:确定第一像素区域的邻近区域中的像素值变化量度,以及响应于像素值变化量度,通过组合第一像素区域和子图像的相应

像素区域,为增强图像生成增强像素区域。

[0010] 本发明可以提供改进的和/或便利的图像增强。特别地,在很多情况中,并且对于许多图像而言,可以实现图像的改进对比度增强。特别地,对比度增强在许多情况中可以利用减少的诸如晕效应和/或噪声之类的伪像在平淡区域中的引入来实现。

[0011] 适应于图像的具体特性的增强算法能够利用低复杂度和低资源需求来实现,由此减少存储器与计算资源使用和/或允许更快的操作。

[0012] 像素值变化量度可以特别地是像素能量变化量度,例如亮度变化量度。每一个像素可以与代表视觉特性的一个或多个像素值相关联。像素值变化量度可以响应于一个或多个这样的像素值来确定。特别地,像素值变化量度可以被确定为表示一组像素值中的一个像素值的变化。另外,像素值变化量度可以被确定为表示一组像素值中的多个像素值的变化。像素值变化量度可以特别地响应于某一参数来确定,其中该参数是一组像素值中的多个像素值的函数。对于某像素而言的该组像素值可以表征该像素的视觉特性。例如,像素的视觉特性可以利用 RGB 值来表示(即,一个值用于红色分量,一个值用于绿色分量,以及一个值用于蓝色分量)。在这种情况下,像素值变化量度可以例如被确定为代表 R 值、G 值或 B 值的变化。但是,作为另一个示例,可以对这些 RGB 值应用某一函数来确定用于该像素的能量(或振幅)值。例如,可以确定 RGB 值的平方和,并且可以确定像素值变化量度,以响应这个值(其表示该像素的发光度)。在其他情况中,每一个像素可以例如被表示在 YUV 色空间中,即,利用一个亮度(Y)和两个色度(UV)值来表示。在这种情况下,像素值变化量度可以例如被确定为仅反映亮度 Y 值的变化。

[0013] 邻近区域可以包括这样的图像区域,对于该图像区域而言,满足相对于像素区域的距离标准。例如,具有小于阈值的距离的像素可以被认为属于该邻近区域。

[0014] 该组子图像可以包括与不同的但是有可能重叠的空间频带相对应的子图像。在一些实施例中,通过将不同的空间频率滤波应用于该图像,可以生成子图像。特别地,通过利用第一空间低通滤波器来滤波该图像并且减去使用第二空间低通滤波器生成的子图像,可以生成指定的子图像,其中第二空间低通滤波器具有比第一空间低通滤波器更低的截止频率。在一些实施例中,该图像可以被划分为该组子图像。这些子图像可以是不相交的子图像。在一些实施例中,这些子图像之和等于该图像。

[0015] 该组合可以例如是这些子图像的加权和。在一些实施例中,作为该组合的一部分,一些或所有的子图像可以个别地进行处理。例如,在进行组合/求和之前,可以将非线性传递函数应用于这一个或多个子图像的相应像素区域中的像素的亮度。

[0016] 根据本发明的可选特征,生成增强像素区域的步骤包括:响应于像素值变化量度,确定一组增强参数,该组增强参数包括用于该组子图像中的每个子图像的增强参数;通过将用于每个子图像的增强参数应用于与第一像素区域相对应的该子图像中的像素区域,为每一个子图像生成修改的像素区域;以及通过组合第一像素区域和修改的像素区域,生成增强像素区域。

[0017] 这可以提供特别有利的图像增强,并且可以特别地提供一种用于使得图像增强处理与该图像的具体特性相适应的实际且灵活的方案。

[0018] 用于第一子图像的增强参数可以特别地(至少部分地)控制应用于子图像的像素亮度的操作。例如,增强参数可以规定用于该图像的亮度的亮度传递函数或增益。用于子

图像的增强参数可以具体地是作为组合的一部分而被应用于该子图像的增益 / 加权。

[0019] 根据本发明的可选特征,生成增强像素区域的步骤包括:通过利用响应于像素值变化量度而确定的加权组合的加权进行的第一像素区域和相应像素区域的加权组合,生成增强像素区域。

[0020] 这可以提供特别有利的图像增强,并且可以特别地提供一种用于使得图像增强处理与图像的具体特性相适应的实际且灵活的方案。

[0021] 根据本发明的可选特征,相对于对于较低像素值变化量度而言的较高频率子图像相对于较低频率子图像的加权,对于较高像素值变化量度,增加较高频率子图像相对于较低频率子图像的加权。

[0022] 这可以提供图像的改进对比度增强,并且可以特别地缓解或减少由于增强操作而引入的伪像。特别地,该方案可以提供一种自动地使得对比度增强操作与局部图像特性相适应的易于实施的系统。特别地,该方案可以在具有高度细节与图像的区域中产生增加对比度增强,同时对于平淡图像区域,减少对比度增强(并因而减少噪声)。

[0023] 根据本发明的可选特征,生成增强像素区域的步骤包括:相对于较低像素值变化量度,对于较高像素值变化量度,增加至少一个较高频率子图像的偏置(bias)。

[0024] 这可以提供图像的改进对比度增强,并且可以特别地缓解或减少由于增强操作而引入的伪像。特别地,该方案可以提供一种自动地使得对比度增强操作与局部图像特性相适应的易于实施的系统。特别地,该方案可以在具有高度细节与图像的区域中产生增加对比度增强,同时对于平淡图像区域,减少对比度增强(并因此减少噪声)。

[0025] 根据本发明的可选特征,邻近区域只包括至第一像素区域的距离小于 50 个像素的像素。

[0026] 这可以在很多情况中提供改进的性能,并且可以特别地允许有效的适应于该图像的局部特性。在很多情形中,当邻近区域只包括至第一像素区域的距离小于 20 个像素的像素时,实现特别有利的性能。

[0027] 根据本发明的可选特征,确定像素值变化量度的步骤包括:在确定像素值变化量度之前,对邻近区域进行子采样。

[0028] 这可以在许多实施例中有用于增强操作,并且可以在减少复杂度和资源需求的同时提供高质量的增强图像。特别地,计算资源需求可以显著地得以减少。

[0029] 根据本发明的可选特征,该方法进一步包括:为一组能量变化类中的每一类,提供一组组合参数;响应于像素值变化量度,从用于该像素区域的一组能量变化类中选择第一能量变化类;检索与第一能量变化类相对应的第一组组合参数;以及其中该组合响应于第一组组合参数。

[0030] 这可以在许多情况中有助于操作,并且可以特别地减少计算资源和数据存储需求。在许多实施例中,该方案可以有助于合适参数的设计和所需的确定。

[0031] 这些组合参数可以特别地是用于子图像的增强参数和 / 或加权(或增益)。

[0032] 根据本发明的可选特征,确定像素值变化量度的步骤包括:提供一组像素能量间隔;将邻近区域的像素划分到该组像素能量间隔中;以及响应于该组像素能量间隔中的至少一个像素能量间隔中的多个像素,确定像素值变化量度。

[0033] 这可以提供特别有效的实施方式,同时仍允许高质量的增强图像。像素值变化量

度可以特别地作为具有最高数量像素的 N 个像素能量间隔中像素的数量来确定或根据该数量来确定。在许多实施例中, N 可以有利地是 1, 即, 像素值变化量度可以作为具有最高数量像素的像素能量间隔中像素的数量来确定或根据该数量来确定。在一些实施例中, 数量 N 可以响应于像素能量间隔中像素的分布来确定。例如, 数量 N 可以对应于包含的像素多于像素总数的给定比例(例如, 30%)的像素能量间隔的数量。

[0034] 根据本发明的可选特征, 作为包括最多像素的多个间隔中像素的比例的函数来确定像素值变化量度。

[0035] 这可以提供特别有效的实施方式, 同时仍允许高质量的增强图像。像素值变化量度可以具体地作为具有最高像素数量的 N 个像素能量间隔中像素的比例来确定或根据该比例来确定。在许多实施例中, N 可以有利地是 1, 即, 像素值变化量度可以作为在具有最高像素数量的像素能量间隔中像素的比例来确定或根据该比例来确定。在一些实施例中, 数量 N 可以响应于像素在像素能量间隔中的分布来确定。例如, 数量 N 可以对应于包含的像素多于像素总数的给定比例(例如, 30%)的像素能量间隔的数量。

[0036] 根据本发明的可选特征, 确定像素值变化量度包括: 响应于用于邻近区域的像素的像素能量, 确定像素值变化量度。

[0037] 这可以在许多实施例中提供改进的图像增强。

[0038] 根据本发明的可选特征, 该方法进一步包括: 在确定像素值变化量度之前, 衰减低于第一频率的空间频率。

[0039] 这可以在许多实施例中提供改进的图像增强。特别地, 该方案可以为包含能量梯度的图像提供改进的性能。

[0040] 在一些实施例中, 像素值变化量度可以在空间高通滤波之后响应于图像的像素能量来确定。

[0041] 在一些实施例中, 确定像素值变化量度可以包括: 确定像素值变化量度, 以响应不包括低于阈值频率的空间频率的空间频带中的像素能量。

[0042] 在一些实施例中, 确定像素值变化量度可以包括: 响应于至少一个子图像的像素能量(并且具体地响应于排除包括最低空间频率的子图像之外的一组子图像的组合), 确定像素值变化量度。

[0043] 在一些实施例中, 确定像素值变化量度可以包括: 响应于通过从图像中减去该组子图像中具有最低空间频率的子图像而生成的该图像的像素能量, 确定像素值变化量度。

[0044] 根据本发明的可选特征, 该方法进一步包括为该图像生成噪声估计的步骤, 并且其中该组合进一步响应于该噪声估计。

[0045] 这可以进一步改善图像的增强, 并且可以允许一种有效的且低复杂度方案, 用于在适配图像增强操作时考虑多个特性。特别地, 该特征可以允许减少的噪声伪像作为(对比度)增强操作的一部分而被引入。

[0046] 根据本发明的一个方面, 提供一种用于执行上述方法的计算机程序产品。

[0047] 根据本发明的一个方面, 提供一种用于生成增强图像的设备, 该设备包括: 用于接收图像的装置; 用于从该图像中生成一组子图像的装置, 其中该组子图像中的不同子图像对应于用于该图像的不同空间频带; 以及用于对于该图像的至少第一像素区域执行以下步骤的装置: 确定在第一像素区域的邻近区域中的像素值变化量度, 以及响应于像素值变化

量度,通过组合第一像素区域和子图像的相应像素区域,为增强图像生成增强像素区域。

[0048] 本发明的这些与其他方面、特征和优点从下文描述的一个或多个实施例中将是清楚的,并且本发明的这些与其他方面、特征和优点将参考下文描述的一个或多个实施例来阐述。

附图说明

[0049] 将参考附图、仅利用示例来描述本发明的实施例,其中:

图 1 图解说明根据本发明的一些实施例生成增强图像的方法的示例;

图 2 图解说明根据本发明的一些实施例生成增强图像的设备示例;

图 3 图解说明根据本发明的一些实施例生成增强图像的方法的步骤的示例;和

图 4 显示包括亮度梯度的图像的示例。

具体实施方式

[0050] 以下描述集中于可应用于数字图像的对比度增强的本发明的实施例,其中所述数字图像是视频信号的帧。但是,将意识到,本发明并不局限于这种应用。

[0051] 图 1 图解说明用于生成增强图像的方法的示例。该方法可以特别地利用图 2 所示的设备来执行,并且将参考该设备来描述。

[0052] 该方法开始于步骤 101,在该步骤中图像接收机 201 接收将要增强的图像。在该具体示例中,图像接收机 201 接收视频信号并着手解码该视频信号,以生成被个别增强的各个视频帧/图像。

[0053] 图像接收机 201 被耦合到子图像处理器 203,其中该子图像处理器被馈送将要增强的图像。该子图像处理器 203 进而执行步骤 203,在该步骤中从接收到的图像中生成一组子图像。该子图像处理器 203 生成该组子图像,以使得不同的子图像包括用于该图像的不同空间频带。例如,每个子图像可以通过将滤波操作应用于该图像来生成。例如,第一子图像可以通过对该图像进行空间低通滤波来生成,第二子图像可以通过空间高通滤波该图像来生成,并且剩余子图像可以通过对该图像进行带通滤波来生成。

[0054] 子图像的频带可以例如被认为是其中该子图像的空间频率相对于该图像被衰减小于指定阈值的频带(除了可能地对于所有的频率而言是恒定的扩缩因子之外)。用于不同子图像的频带是不同的,但是这些频带有可能在某种程度上进行重叠。

[0055] 因而,该子图像处理器生成一组子图像,其代表该图像的不同空间频率间隔/频带。例如,一个子图像可以代表低频,另一个可以代表高频,并且多个子图像可以代表中间的空间频带。

[0056] 子图像处理器 203 耦合到增强处理器 205。该增强处理器 205 从子图像处理器 203 接收子图像和原始图像,并且进而生成增强图像。所增强的图像通过迭代地且顺序地处理和增强该图像的不同像素区域来生成。

[0057] 特别地,增强处理器 205 首先执行其中选择像素区域的步骤 105。在许多实施例中,每一个像素区域仅包括单个像素,但是将意识到,在其他实施例中,在每一次迭代中可以处理包括多个像素的像素区域。

[0058] 在步骤 105 之后,增强处理器 205 执行步骤 107,在该步骤中在第一像素区域的邻

近区域中为该图像生成像素值变化量度。

[0059] 因而,对于当前正被处理的像素区域(并且在许多实施例中,对于该像素),增强处理器 205 首先确定邻近区域。该邻近区域通常是这样的图像区域,其包括满足所给定的相对于被处理的像素区域的距离标准的像素。例如,邻近区域可以包括这样的一些或所有像素,对于这些像素而言,至被处理的像素区域的距离小于给定的预定值,但是该邻近区域不包括位于更远距离上的任何像素。在许多实施例中,已发现确定邻近区域以排除至该像素区域的距离(例如,被测量为像素宽度、高度和 / 或对角线)大于 50 个像素的所有像素是特别有利的。已发现:对于邻近区域而言,排除至该像素区域的距离大于 20 个像素的所有像素是特别有利的性能。

[0060] 像素值变化量度指示在该邻近区域内的一个或多个像素值的变化。每一个像素值可以提供该像素的视觉特性的(局部)表示。特别地,像素值变化量度可以表示该邻近区域内的像素能量的变化。特别地,像素值变化量度可以是表示该邻近区域内的像素亮度的变化的亮度变化量度。将意识到,在不同的实施例中,可以确定不同类型的像素值变化量度。作为具体的示例,像素值变化量度可以被确定为该邻近区域内的亮度方差。

[0061] 在步骤 107 之后是步骤 109,在该步骤中通过组合该图像和子图像的相应像素区域来生成增强像素区域。该组合响应于像素值变化量度进行适配。

[0062] 特别地,原始图像与子图像的选择性组合可以允许修改不同的空间频带,并因而允许修改特性,从而产生感知的增强图像。特别地,通过对较高频率引入偏置,可以生成增强对比度图像像素区域。相反,通过减小较高频率的偏置并且有可能偏置较低频率,可以在平淡图像区域中产生降低的噪声。

[0063] 对于该像素区域的子图像和该图像的组合根据像素值变化量度来改变。特别地,对于指示邻近区域中的高能量变化的像素值变化量度来说,有可能该像素区域是极有可能具有锐利边缘的高细节区域的一部分。因此,与高频相对应的子图像被强烈地偏置,以提供对比度增强。但是,对于指示邻近区域中的低能量变化的像素值变化量度来说,有可能该像素区域是不太可能具有锐利边缘的平淡细节区域的一部分。因此,相对于较高频率子图像,与低频相对应的子图像被强烈地偏置,从而减少所引入的噪声。

[0064] 在具体示例中,该组合可以通过加权组合并且具体地通过原始图像的像素区域与子图像的相应(即,位于该图像中的相同位置上)像素区域的加权和来实现。在这个示例中,加权组合的加权基于像素值变化量度来确定。特别地,对于给定子图像而言,用于该像素区域的一个或多个像素的加权或增益根据像素值变化量度来确定。例如,对于像素值变化量度的高变化值,用于较高频率子图像的加权被设置为相对高,而用于较低频率子图像的加权被设置为相对低。相反,对于像素值变化量度的低变化值,用于较高频率子图像的加权被设置为相对低,而用于较低频率子图像的加权被设置为相对高。

[0065] 因此,在该示例中,相比于对于至少一个较低像素值变化量度而言的较高频率子图像(相对于较低频率子图像)的加权,对于至少一个较高像素值变化量度而言,较高频率子图像(相对于较低频率子图像)的加权是较高的。因而,至少两个子图像的相对偏置取决于像素值变化量度,以致相比于对于像素值变化量度的至少一个较低值,对于像素值变化量度的至少一个值来说,包含具有的空间频率(至少平均)高于另一子图像的频带的子图像被偏置得更高。注意,在这样的示例中,认为哪一个子图像是较高频率子图像以及哪一个子

图像是较低频率子图像不是实质性的,只是存在具有如此关系的两个子图像(即,一个子图像包含比另一子图像(平均)更高的频率),并且这二个子图像的偏置被修改,以致与至少第二像素值变化量度值相比,对于至少第一像素值变化量度值而言,用于较高频带的偏置是更高的,这才是实质性的,其中第一像素值变化量度值指示比第二像素值变化量度更高的变化。

[0066] 在步骤 109 之后,增强处理器 205 进而执行步骤 111,在该步骤中确定是否应处理另外的像素区域。在该特定示例中,该处理被应用于整个图像,并因而步骤 111 评估在该图像中是否遗留有任何先前尚未被处理的像素(即,先前尚未被包括在像素区域中的像素)。如果是这样的话,则该方法返回到步骤 105,在该步骤中选择下一个像素区域,否则,该方法进入步骤 113,在步骤中该方法停止(或者例如,在视频信号的情况下,该方法可以返回到步骤 101,以处理该视频信号的下一帧)。

[0067] 所描述的方案可以提供改进的图像增强。特别地,它可以为图像提供有效的对比度增强,同时对于平淡图像区域保持低噪声。实际上,强对比度增强可以自动地集中于其有可能是细节程度高且有可能包含众多边缘的区域,而对比度增强不会导致(较)平淡区域的显著增加的噪声。通过基于像素值变化量度组合不同空间频率带宽的子图像来实现对比度增强的控制,这允许对比度增强的特别有效的适配,同时允许不需要过多计算资源的切实可行的实施方式。特别地,能够实现更快的局部自适应对比度增强,这在很多情况中甚至可以允许对视频信号的实时对比度增强。此外,使用像素值变化量度来局部适配各个空间频带的重要性(significance)提供特别高的图像质量和有效的实施方式。

[0068] 也将意识到,该方案可以允许不同形式的图像增强,并且特别地,对比度增强能够通过偏置较高频率子带来实现,而噪声的增强(减少)能够通过偏置较低频率子带来实现。也将意识到,术语“增强”并不暗示:最终图像必然得到改善。实际上,也将意识到,在本领域中,将增强算法应用于图像在一些情况中可能导致改进,而在其他情况中可能导致降级,并且例如,根据该图像的特性、可能以其他参数的降级为代价而导致一些参数的改善。例如,虽然对比度增强算法设法增加所感知的图像的对比度,但是将该算法应用于一些图像可能导致某些特性的降级,例如伪像的引入。实际上,对于一些图像而言,图像内容甚至可能使得对比度增强降低所感知的对比度(例如,对于两个具有相对类似亮度的亮(或暗)图像区域之间的边缘来说,伽马对比度增强算法可能降低对比度)。因此,术语“增强”可被认为等价于“修改”或“处理”。

[0069] 在下面,将描述增强处理器 205 的操作的具体示例。特别地,以下的描述将提供有关图 1 的方法中的一些步骤的可能实施方式的更多细节。

[0070] 在详细的示例中,步骤 103 中子图像的生成通过使用不同的空间低通滤波器对输入图像进行滤波来执行。特别地,子图像处理器 203 可以通过首先应用根据下式的连续的低通滤波器来实施多尺度(multi-scale)方案:

$$V_i^{LP} = F_i^{LP} \otimes V$$

其中 V 代表输入图像的亮度值, F_i^{LP} 代表对于尺度 i 的低通滤波器的空间滤波器内核(kernel),而 V_i^{LP} 表示对于尺度 i 的低通滤波输出。

[0071] 随后通过对于下一较低尺度子图像,减去如下的子图像,能够从这些低通图像中生成子图像:

$$B_i = V_i^{LP} - V_{i-1}^{LP}。$$

[0072] 因此,在具体示例中,子图像具有不相交的频带,并且加在一起成为输入图像。

[0073] 对于该具体示例,将参考图 3 来描述在图 1 的步骤 107 和 109 中执行的像素值变化量度的确定和组合。

[0074] 在这个示例中,邻近区域中像素的亮度被分到数量 N 个离散容器(bin)中,并且像素值变化量度基于这些像素在这些容器中的分布来确定。

[0075] 特别地,增强处理器 205 执行步骤 301,在该步骤中提供许多像素能量间隔(在下文称为“容器”)。在该具体示例中,提供预定数量的固定间隔或容器。特别地,用于每一个像素的亮度可以利用介于 0 到 255 之间的值来表示。在该示例中,使用总共 32 个统一的容器,这导致每一个容器包括 8 个值。因而,一个容器对应于亮度值间隔 [0;7],下一个容器对应于亮度值间隔 [8;15],等等。

[0076] 增强处理器 205 随后进而将邻近区域的像素划分到这些容器中。特别地,对于邻近区域中的每一个像素,亮度被检索,并且确定这个值属于 32 个容器中的哪一个。这个容器的累积值(像素计数)随后被递增。因而,用于邻近区域的像素亮度值的直方图可以被计算为例如:

$$H(k) = \sum_{s \in w[w \cdot k \dots w \cdot (k+1) - 1]}$$

其中 k 是容器编号(在本案中,0-31),间隔宽度是 w (在本案中,8),并且 s 表示亮度值(在间隔 [0;255] 中),并且求和被扩展在邻近区域上。

[0077] 在该示例中,像素值变化量度随后根据邻近区域中的像素在这些容器中的分布来确定。因此,像素值变化量度根据该组像素能量间隔中的至少一个像素能量间隔中像素的数量来确定。

[0078] 在该具体示例中,像素值变化量度响应于在包含最多像素的多个容器中的像素的比例来确定。特别地,像素值变化量度被确定为与具有最高数量像素的容器中的像素的比例相对应。因此,增强处理器 205 进而执行步骤 303,在该步骤中确定具有最多像素的容器。用于最稠密容器的像素计数利用下式来表示:

$$H_{\max} = \max(H(k))。$$

[0079] 像素值变化量度随后可以被确定为这个(计数)与邻近区域中的像素总数之比:

$$E_{\text{var}} = \frac{H_{\text{Max}}}{L}$$

其中 L 是邻近区域中像素的总数。

[0080] 将意识到,在其他实施例中,可以使用其他的量度。此外,在其他实施例中,可以考虑多个容器的像素计数。容器的数量可以进行预定,或者例如可以基于邻近区域中的像素

特性来确定。

[0081] 在很多实施例中,邻近区域可以例如被定义为不包括距当前像素超过 50 个像素的任何像素,或者在很多实施例中,不包括有利地距当前像素超过 20 个像素的任何像素。已发现:这在很多实施例中在计算资源使用、适应可靠性和增强处理的局部适应程度之间提供十分有利的折衷。

[0082] 在一些实施例中,在确定像素值变化量度之前,可以对邻近区域进行子采样。因而,像素值变化量度的确定可以基于经子采样的用于邻近区域的能量值。例如,在生成直方图时,可以仅考虑每隔一个像素。

[0083] 在该具体示例中,对于像素区域的处理的适应基于离散的像素值变化量度,其中所述量度可以仅采用有限数量的值。这可以有助于操作,并且可以特别地有助于对于增强操作的适应参数的确定和存储。

[0084] 特别地,在该示例中,增强处理器 205 在步骤 305 中从一组能量变化类中确定用于该像素区域的能量变化类。因此,定义有限组的能量变化类,并且增强处理器 205 对步骤 303 中生成的像素值变化量度进行评估,以选择能量变化类之一。

[0085] 作为具体示例,可以定义五个能量变化类,其中每一类对应于像素值变化量度的间隔。因而,可以为最稠密容器中像素的比例 E_{var} 定义四个阈值。这些阈值特别地被设置为该窗口中像素总数的百分比,例如:

$$E_{var} \geq 90\% : \quad \text{类 1}$$

$$75\% < E_{var} \leq 90\% : \quad \text{类 2}$$

$$55\% < E_{var} \leq 75\% : \quad \text{类 3}$$

$$30\% < E_{var} \leq 55\% : \quad \text{类 4}$$

$$E_{var} \leq 30\% : \quad \text{类 5}。$$

[0086] 因而,基于邻近区域中的局部亮度变化,确定该像素区域(以及像素值变化量度)属于五个离散类之一。每一类代表在该像素区域周围的局部区域中的边缘的(假定)变化程度和似然性。特别地,如果最多的亮度值集中在单个容器中,则有可能该像素区域属于平淡且同质的图像区域。因而,类 1 对应于该像素位于平淡图像区域中的高可能性,其中在该平淡图像区域中不应应用对比度增强,这是因为这有可能仅增加噪声。相反,如果像素亮度值更平等地分布在这些容器上,并因而较低比例位于最稠密像素中,则更有可能该像素属于具有较高边缘可能性的更详细的图像区域。因而,类 5 代表该像素区域属于高细节区域的较高可能性,其中在该高细节区域中能够有利地应用积极进取的对比度增强。

[0087] 因而,在步骤 305 中,增强处理器 205 进而为当前正被处理的像素(区域)确定能量变化类。增强处理器 205 随后进入步骤 307,在该步骤中确定与所确定的能量变化类相对应的一组组合/增强参数。

[0088] 特别地,增强处理器 205 可以对于每一个可能类存储将在组合子图像时使用的一

组组合 / 增强参数。这些组合 / 增强参数可以特别地对应于在组合输入图像的当前像素(区域)与子图像的相应像素(区域)时应该应用的用于每一个子图像的加权。

[0089] 组合 / 增强参数(例如, 加权)可以是已为每一个能量变化类离线确定的预定值。因而, 通过使用像素值变化量度的离散表示(即, 通过能量变化类), 可以显著地有助于适当的组合 / 增强参数的确定和存储。

[0090] 在该具体示例中, 增强处理器 205 基于能量变化分类将个别增益或加权分配给每一个子图像。例如, 如果该像素落入类 1 (平淡区域), 则抑制较高频率, 而如果它落入类 5, 则增强较高频率。选择这些加权 / 增益, 以致对于其他类, 应用中间加权。因而, 在该具体示例中, 使用总共四个子图像, 导致只有 20 个加权需要进行存储。

[0091] 在步骤 307 之后跟随着步骤 309, 在该步骤中位于与被处理的像素(区域)相同的位置上的每一个子图像的像素(区域)利用为当前类检索的加权进行加权。因此, 所检索的用于每一个子图像的组合 / 增强参数被应用于该子图像的相应像素(区域)。

[0092] 将意识到, 虽然该具体示例中的组合 / 增强参数对应于简单的加权或增益, 但在其他实施例中可以使用其他的且通常更复杂的参数。例如, 与简单的加权不同, 组合 / 增强参数可以定义传递函数, 该函数表征应该如何从子图像像素值中计算出修改的像素值。

[0093] 在步骤 309 之后跟随着步骤 311, 在该步骤中子图像的结果像素值与输入图像中像素的像素值进行组合, 以便为所得到的增强输出图像生成增强的像素值。

[0094] 该组合可以包括非线性组合或其他特性或参数的考虑, 但在该具体示例中, 该组合仅仅对应于来自原始图像的像素值与来自子图像的经修改的像素值的加法。因此, 经修改的子图像像素的生成与该加法的组合效果对应于利用响应于像素值变化量度而确定的加权的输入图像的像素与子图像的相应像素的加权和。特别地, 增强输出图像的增强像素值 0 可以被确定为:

$$O = V + \sum_i B_i G_i$$

其中 G_i 是用于子图像 i 的增益 / 加权, B_i 是用于子图像 i 的相应像素值, 而 V 是原始输入图像的像素值。

[0095] 在该示例中, 相对于较低像素值变化量度, 对于较高像素值变化量度来说, 增加较高频率子图像的偏置。特别地, 与较低像素值变化量度相比, 对于较高像素值变化量度而言, 用于最高频率子图像的加权与用于至少一个其他子图像的加权之间的比率是较高的。特别地, 相比于类 4, 对于类 5 而言, 该比率较高, 而相比于类 3, 对于类 4 而言, 该比率又是较高的, 等等。类似地, 与较低像素值变化量度相比, 对于较高像素值变化量度来说, 用于最高频率子图像的加权 / 增益是较高的。因此, 与类 4 相比, 对于类 5 来说, 用于最高频率子图像的加权 / 增益较高, 而与类 3 相比, 对于类 4 来说, 用于最高频率子图像的加权 / 增益又是较高的。相反, 与较高像素值变化量度相比, 对于较低像素值变化量度来说, 用于最低频率子图像的加权 / 增益较高。因此, 与类 2 相比, 对于类 1 而言, 用于最低频率子图像的加权 / 增益较高, 而与类 3 相比, 对于类 2 而言, 用于最低频率子图像的加权 / 增益又是较高的, 等等。

[0096] 因此, 与不同空间频带相对应的不同子图像的动态且灵活的加权与组合为许多图像提供改进的增强。特别地, 在高细节区域中所增加的较高频率的偏置提供增加的对比度,

而在低细节(平淡)区域中所增加的较低频率的相对偏置提供降低的噪声。因此,可以生成改进的图像。此外,该方案允许容易的实施方式以及低计算资源使用。

[0097] 在一些实施例中,像素值变化量度的确定可以包括原始图像的像素值的预处理。特别地,该图像可以被预先处理,以便在评估邻近区域的像素以确定像素值变化量度之前衰减低于第一频率的空间频率。例如,可以执行空间高通滤波,以移除/衰减非常低的空间频率。在一些实施例中,低频率的衰减可以基于用于生成子图像的滤波,并且可以甚至通过评估子图像之一的像素值确定像素值变化量度来实现。

[0098] 较低频率的衰减对于包括梯度的图像区域可能特别地是有用的。特别地,所描述的示例从邻近区域的像素值中生成直方图。但是,由于直方图是离散函数,所以考虑梯度的分类的效果时常是有利的。例如,图 4 图解说明具有非常渐进的亮度跃变的示例。这应该仍然被视为平淡区域,因为没有出现应利用增加的对比度来强调的锐利边缘。但是,由于直方图的离散特性,与容器跃变周围的亮度值相对应的区域中甚至小邻近区域中的像素将落入两个容器中,这导致在最稠密容器中显著降低的像素的比例。实际上,在该具体示例中,这将导致分类为类 4 而不是更适合的类 1。

[0099] 在该具体示例中,通过响应于图像的像素能量确定像素值变化量度,可以解决这个问题,其中图像的像素能量通过从输入图像中减去该组子图像中具有最低空间频率的子图像来生成。因此,增强处理器 205 可以为输入图像中的所有图像执行如下操作:

$$B'_1 = V - V_1^{LP}$$

其中 V 是原始输入图像像素的亮度,而 V_1^{LP} 表示用于第一子图像的低通滤波的图像。

因此,假设在低通滤波之后在图像中保持缓慢的渐变,那么这个操作将从新图像 B'_1 中移除原始图像的梯度。然后,像素值变化量度可以通过评估邻近区域中的 B'_1 的像素值来确定。

[0100] 在一些实施例中,该处理可以进一步包括为输入图像生成噪声估计。将意识到,用于确定图像噪声估计的很多算法是已知的,并且可以在不脱离本发明的情况下进行使用。子图像的组合可以对这个噪声估计进行控制。例如,增强处理器 205 可以根据该噪声估计、对于不同的能量变化类、动态地适配阈值。例如,在存在大量噪声的情况下,能够减小用于类 1 的阈值,以降低噪声将与高度图像细节的存在相混淆的概率。

[0101] 将意识到,能够使用不同的方案来确定适当的组合/增强参数。

[0102] 例如,可以使用主观评估方法来为不同的子图像以及能量变化类查找适当的加权。例如,对统计学上相关的目标进行的主观评估可以针对每一类、为每一子带确定加权。因此,在该具体示例中,应确定总共 20 个参数。为了有助于这个处理,评估者可以例如仅改变用于代表最高细节的类(类 5)的加权。具有最低细节的类(类 1)随后可以被设置为固定的低值,并且对于中间类,可以通过内插法(例如,通过线性内插法)来确定加权。这可以将待定义的数量减至子图像的数量。

[0103] 作为另一个示例,可以使用分析方案来确定加权,以使得结果与已知的对比度增

强相类似。特别地,能够利用预期的目标对比度增强算法来增强一系列图像,并且例如,能够执行最小均方优化处理来选择将这些结果与利用当前算法生成的那些结果之间的差异最小化的加权。

[0104] 特别地,可以使用下面的数学模型。

[0105] 用于给定类的当前对比度增强算法的输出可以利用下式给出:

$$O = V + \sum_i B_i G_i \quad .$$

[0106] 对于利用目标算法增强并被表示成 O_{GT} 的指定图像,某类的最小均方误差能够利用下式来表示:

$$MSE = \sum_{k=1}^{N_T} (O_{GT} - O)^2 = \sum_{k=1}^{N_T} \left(O_{GT}^2 - 2O_{GT} \left(V + \sum_j (B_j \cdot G_j) \right) + \left(V + \sum_i (B_i \cdot G_i) \right)^2 \right)$$

其中 N_T 是在针对这个特定类进行训练期间聚集的像素的数量。

[0107] 为了找到 MSE 的最小值,上述等式的导数必须等于零。

$$\frac{\partial MSE}{\partial G_j} = \sum_{k=1}^{N_T} \left(-2O_{GT} \cdot B_j + 2 \left(V + \sum_i (B_i \cdot G_i) \right) B_j \right) = \sum_{k=1}^{N_T} \left(-2O_{GT} \cdot B_j + 2V \cdot B_j + 2 \sum_i (B_i \cdot G_i) \right) = 0$$

[0108] 其中 $0 \leq j < N$, 其中 N 是子图像的数量。

[0109] 通过求解这个等式,能够计算出最佳增益:

$$G = X^{-1}Y$$

其中

$$G = [G_0 \quad G_1 \quad \dots \quad G_{N-1}]$$

$$X = \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^{N_T} (B_0 \cdot B_0) & \sum_{k=1}^{N_T} (B_0 \cdot B_1) & \dots & \sum_{k=1}^{N_T} (B_0 \cdot B_{N-1}) \\ \sum_{k=1}^{N_T} (B_1 \cdot B_0) & \sum_{k=1}^{N_T} (B_1 \cdot B_1) & \dots & \sum_{k=1}^{N_T} (B_1 \cdot B_{N-1}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{k=1}^{N_T} (B_{N-1} \cdot B_0) & \sum_{k=1}^{N_T} (B_{N-1} \cdot B_1) & \dots & \sum_{k=1}^{N_T} (B_{N-1} \cdot B_{N-1}) \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^{N_T} (O_{GT} - V) \cdot B_0 & \sum_{k=1}^{N_T} (O_{GT} - V) \cdot B_1 & \dots & \sum_{k=1}^{N_T} (O_{GT} - V) \cdot B_{N-1} \end{bmatrix}^T$$

将意识到,为了清楚起见,以上描述已参考不同的功能单元和处理器描述了本发明的实施例。然而,在不脱离本发明的情况下,可以使用在不同的功能单元或处理器之间任何适当的功能分布,这将是显然的。例如,被例证为由单独的处理器或控制器执行的功能可以由相同的处理器或控制器来执行。因此,对特定功能单元的引用仅被视为对用于提供所描述功能的适当装置的引用,而不是指示严格的逻辑或物理的结构或组织。

[0110] 本发明可以采用任何适当的包括硬件、软件、固件或这些的任何组合的形式来实现。本发明可以选择地至少部分地作为在一个或多个数据处理器和 / 或数字信号处理器上运行的计算机软件来实施。本发明的实施例的元素和组件可以在物理上、功能上和逻辑上采用任何适当的方式来实施。实际上,所述功能可以在单个单元中、在多个单元中或作为其他功能单元的一部分来实施。这样,本发明可以在单个单元中进行实施,或者本发明可以在物理和功能上在不同的单元和处理器之间进行发布。

[0111] 虽然已结合一些实施例描述了本发明,但是并不打算将本发明限于在这里阐述的具体形式。相反,本发明的范围仅利用所附的权利要求书来限制。此外,虽然某个特征可能似乎结合特定的实施例加以描述,但是本领域技术人员将认识到,根据本发明,可以组合所描述的实施例的各种特征。在权利要求书中,术语包括并不排除其他元素或步骤的存在。

[0112] 此外,虽然个别地进行列举,但是多个装置、元素或方法步骤可以利用例如单个单元或处理器来实施。另外,虽然个别特征可能被包括在不同的权利要求中,但是这些特征也可以有可能地有利地进行组合,并且在不同权利要求中的包括并不意味着特征的组合不是可行和 / 或有利的。此外,某个特征在一种类别的权利要求中的包括并不意味着对这种类别的限制,而是表明该特征同样可酌情应用于其他的权利要求类别。另外,特征在这些权利要求中的顺序并不暗示这些特征工作必须依照的任何特定顺序,并且特别地,个别步骤在方法权利要求中的顺序并不暗指这些步骤必须按照这个顺序来执行。相反,这些步骤可以按照任何适当的顺序来执行。此外,单数引用并不排除多个。因此,针对“一”、“一个”、“第一”、“第二”等等的引用并不排除多个。权利要求书中的参考符号仅仅作为澄清示例来提供,而不应以任何方式被解释成限制这些权利要求的范围。

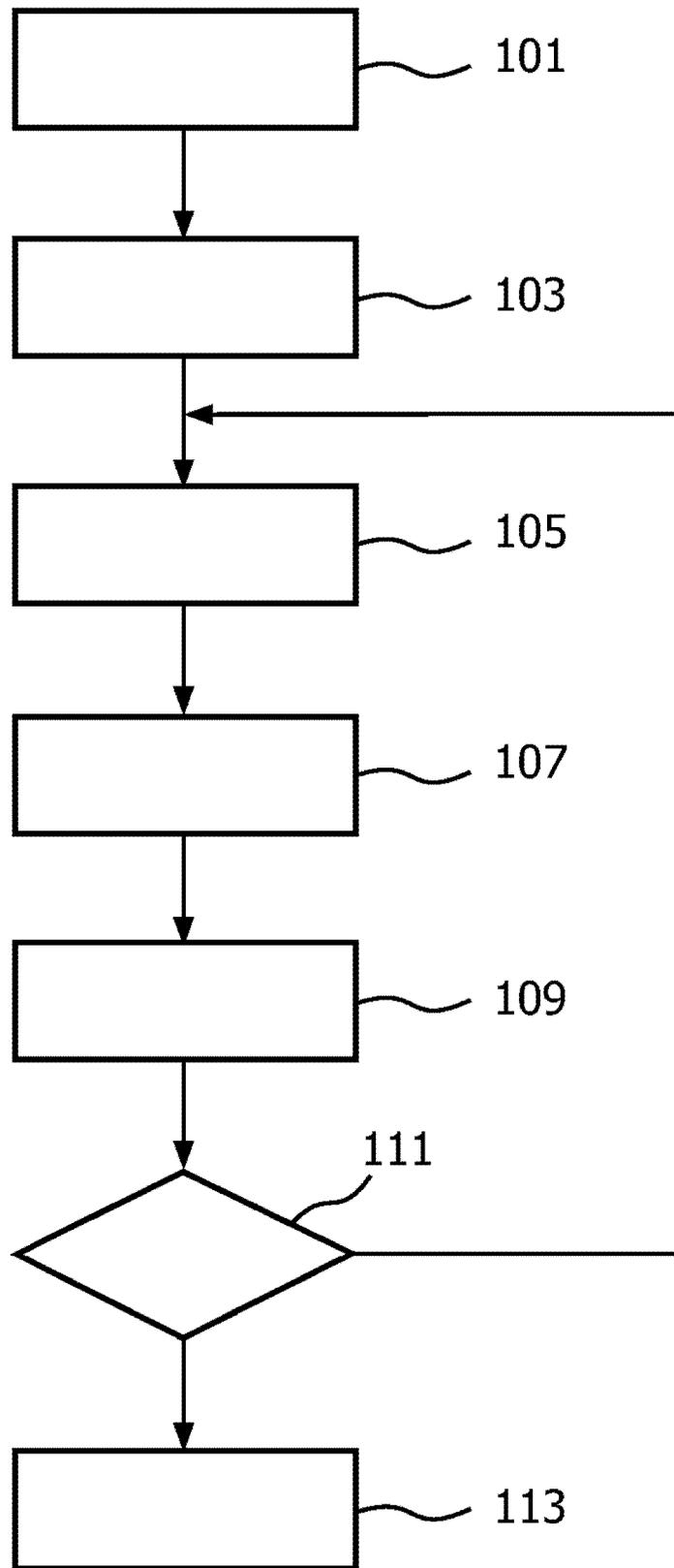


图 1

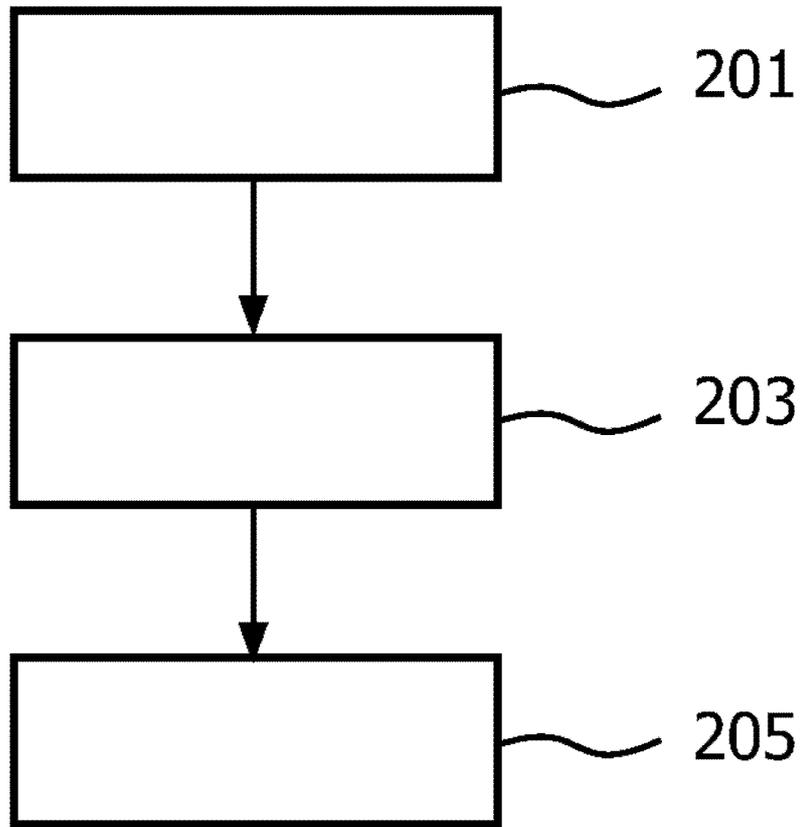


图 2

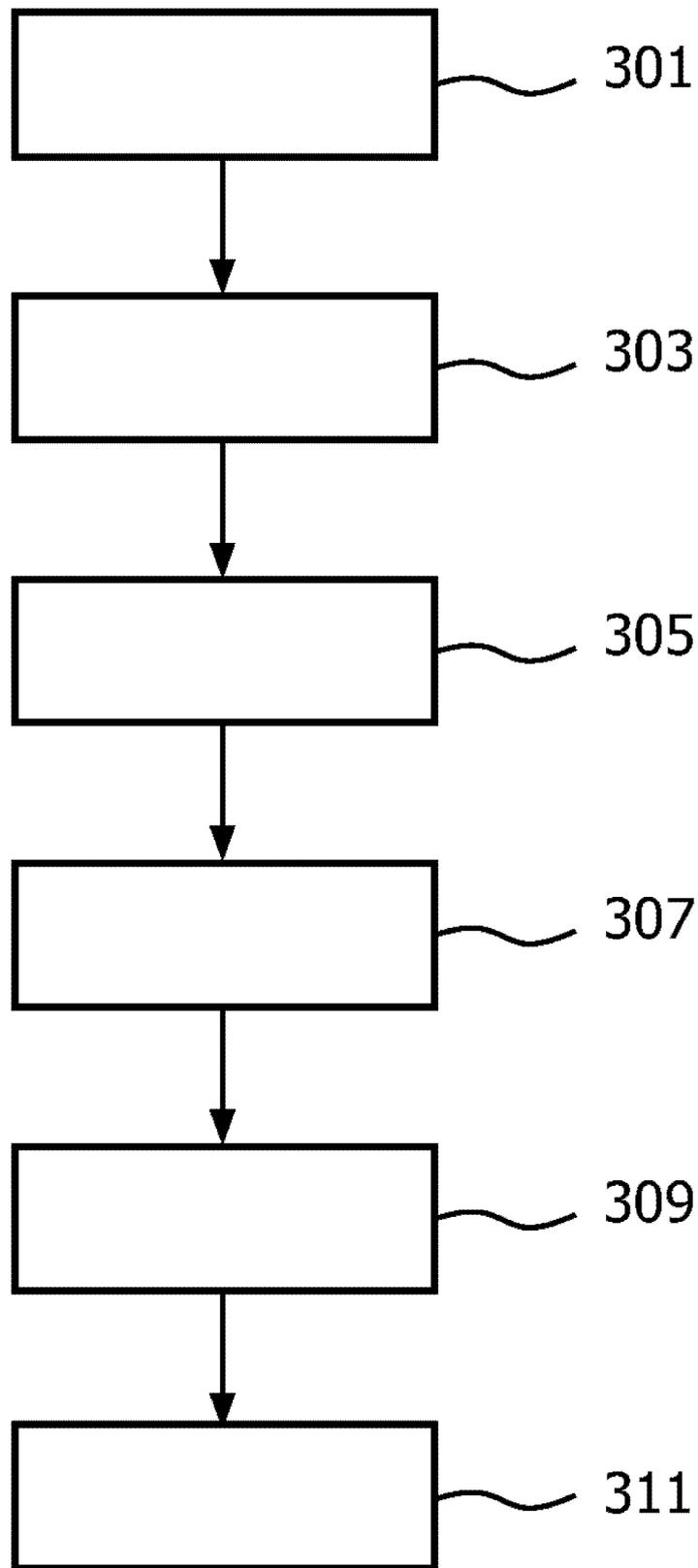


图 3

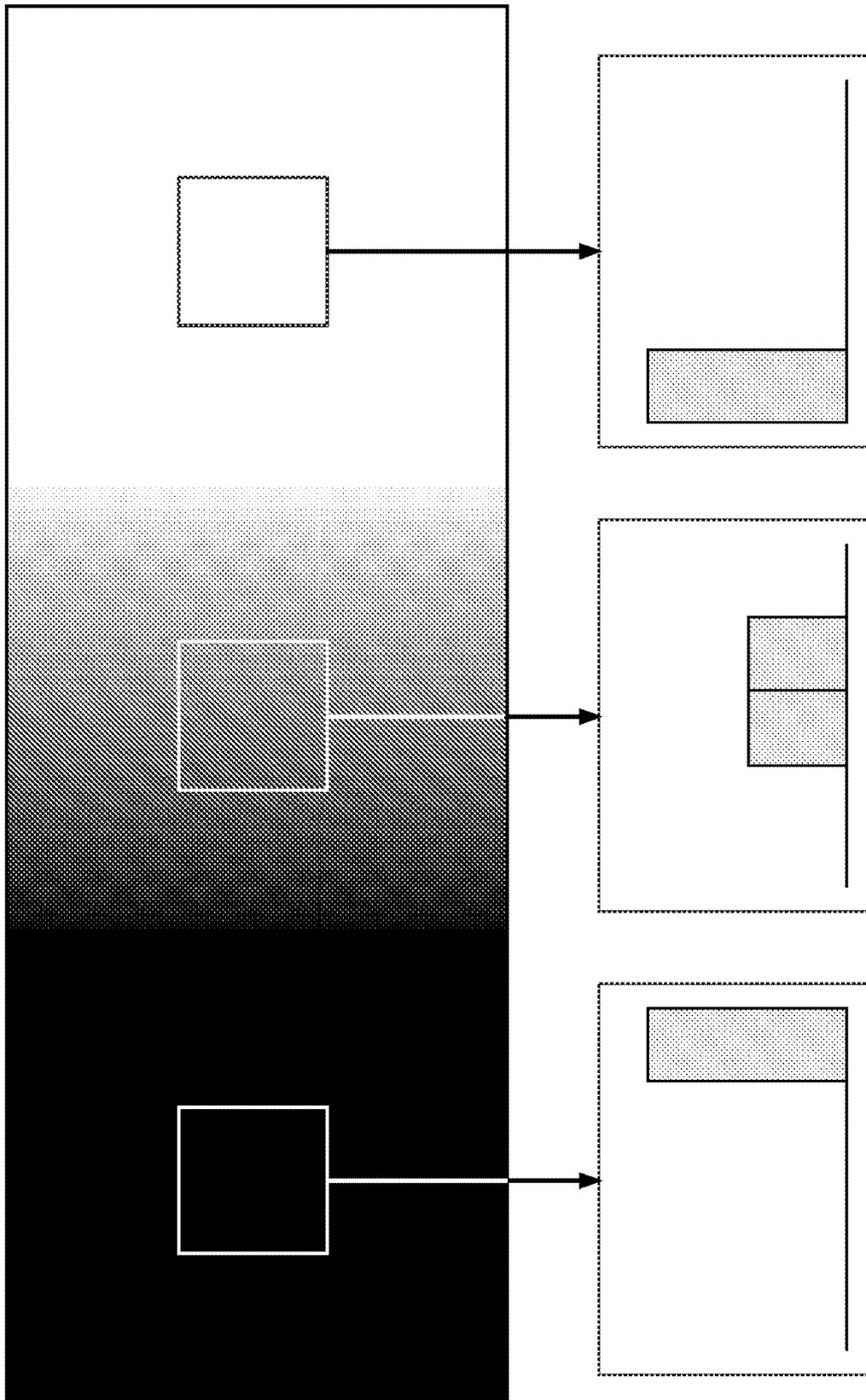


图 4