



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104094313 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 08

(21) 申请号 201380007822. 6

(74) 专利代理机构 北京魏启学律师事务所
11398

(22) 申请日 2013. 01. 23

代理人 魏启学

(30) 优先权数据

2012-020223 2012. 02. 01 JP

(51) Int. Cl.

G06T 5/00 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 08. 01

G06T 5/10 (2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/051943 2013. 01. 23

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/115199 EN 2013. 08. 08

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京都大田区下丸子 3 丁目 30 番
2 号

(72) 发明人 近江裕行

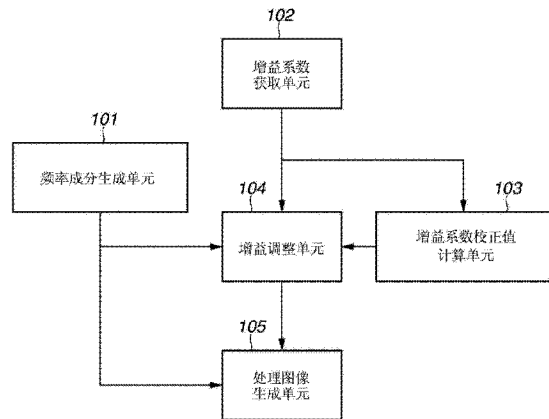
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

利用频率分解来进行图像增强中的边缘适应性增益调整

(57) 摘要

一种图像处理设备,包括:频率成分生成单元,用于基于原始图像来生成多个频率成分图像;系数获取单元,用于获取用于对所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像应用增益校正的增益系数;检测单元,用于基于所述增益系数来检测所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的边缘信息;增益调整单元,用于基于所述增益系数和所述边缘信息来调整所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的增益;以及处理图像生成单元,用于基于利用所述增益调整部件调整了增益的所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像来生成处理图像。



1. 一种图像处理设备,包括:

频率成分生成部件,用于基于原始图像来生成多个频率成分图像;

系数获取部件,用于获取用于对所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像应用增益校正的增益系数;

检测部件,用于基于所述增益系数来检测所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的边缘信息;

增益调整部件,用于基于所述增益系数和所述边缘信息来调整所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的增益;以及

处理图像生成部件,用于基于利用所述增益调整部件调整了增益的所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像来生成处理图像。

2. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述增益调整部件基于所述边缘信息来校正所述增益系数,并且基于校正后的所述增益系数来调整所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的增益。

3. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述检测部件通过使用基于所述增益系数的边缘检测方法来检测所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的边缘信息。

4. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述检测部件通过使用基于所述增益系数的边缘检测方法来检测所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的边缘信息。

5. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述检测部件检测所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的边缘信息,并且基于所述增益系数来校正所述边缘信息。

6. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,在所述增益系数的值小于1的情况下,所述检测部件基于所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像来检测表示边缘检测灵敏度小于噪声检测灵敏度的边缘信息。

7. 根据权利要求2所述的图像处理设备,其中,所述增益调整部件对所述增益系数进行校正,以使得基于第一边缘信息校正后的所述增益系数和基于第二边缘信息校正后的所述增益系数具有1的补数的关系。

8. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述检测部件通过使用基于所述增益系数的边缘特征量的基准值来检测所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的边缘信息。

9. 一种图像处理方法,包括以下步骤:

基于原始图像来生成多个频率成分图像;

获取用于对所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像应用增益校正的增益系数;

基于所述增益系数来检测所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的边缘信息;

基于所述增益系数和所述边缘信息来调整所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的增益;以及

基于增益调整后的所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像来生成处理图像。

10. 一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质,所述计算机程序使计算机进行图像处理方法,所述图像处理方法包括以下步骤:

基于原始图像来生成多个频率成分图像;

获取用于对所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像应用增益校正的增益系数;

基于所述增益系数来检测所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的边缘信息;

基于所述增益系数和所述边缘信息来调整所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的增益;以及

基于增益调整后的所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像来生成处理图像。

利用频率分解来进行图像增强中的边缘适应性增益调整

技术领域

[0001] 本发明涉及用于强调或抑制图像信号中的预定频率成分的图像处理设备和图像处理方法。

背景技术

[0002] 已提出了用于进行频率强调以提高放射线图像诊断性能的多个图像处理技术。通过基于原始图像生成表示特定有限频带内的频率成分的多个带限制图像、然后针对各带限制图像强调或抑制频率成分,来进行频率强调或抑制。用于生成多个带限制图像的方法利用 Laplacian(拉普拉斯)金字塔分解、小波变换和非锐化掩模。例如,在使用非锐化掩模的情况下,通过公式(1)来表示带限制图像 H_{Lv} 。

[0003] 数学式 1

$$[0004] \quad H_{Lv}(x, y) = S_{usLv-1}(x, y) - S_{usLv}(x, y) \quad (1)$$

[0005] 其中, S_{usLv} 表示散焦图像。

[0006] $Lv = 0$ 的散焦图像 S_{us0} 表示原始图像 S_{org} 。 Lv 是带限制图像的索引。生成频率响应特性不同的散焦图像使得能够获取各种带限制图像。在将频率最低的带限制图像称为低频图像 L 的情况下,通过公式(2)来表示低频图像 L 和原始图像之间的关系。

[0007] 数学式 2

$$[0008] \quad S_{org}(x, y) = \sum_{Lv=1}^{LvMax} H_{Lv}(x, y) + L(x, y) \quad (2)$$

[0009] 这意味着通过对分解后的带限制图像进行求和来重建原始图像。将除低频图像 L 以外的带限制图像称为高频图像。根据公式(3)来通过使用增益系数 α 对高频图像应用增益调整使得能够生成通过各种类型的频率强调或抑制进行处理后的图像。

[0010] 数学式 3

$$[0011] \quad H'_{Lv}(x, y) = H_{Lv}(x, y) + (\alpha_{Lv} - 1) \times H_{Lv}(x, y) \quad (3)$$

[0012] 针对各频带设置增益系数 α 。增大增益系数 α 使得能够强调相关频带成分。减小增益系数 α 使得能够抑制相关频带成分。然而,基于常数 α 的强调处理使得针对所有成分进行相同的强调处理。具体地,基于常数 α 的强调处理不仅强调了边缘成分(强调的对象),而且还强调了噪声成分,这导致无法获取到期望的强调效果的问题。为了应对该问题,已论述了用于从高频图像仅检测边缘成分、并且强调这些边缘以获取仅强调边缘的效果的技术(参考日本特开平 9-248291 和日本特开 2005-296331)。特别地,日本特开 2005-296331 论述了用于将原始图像分解成多个带限制的高频图像并进行强调处理的技术、即用于针对各频带检测边缘并对边缘应用强调处理的技术。

发明内容

[0013] 根据本发明的方面,一种图像处理设备,包括:频率成分生成部件,用于基于原始图像来生成多个频率成分图像;系数获取部件,用于获取用于对所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像应用增益校正的增益系数;检测部件,用于基于所述增益系数来检测所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的边缘信息;增益调整部件,用于基于所述增益系数和所述边缘信息来调整所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像的增益;以及处理图像生成部件,用于基于利用所述增益调整部件调整了增益的所述多个频率成分图像中的至少一个频率成分图像来生成处理图像。

[0014] 通过以下参考附图对典型实施例的详细说明,本发明的其它特征和方面将变得明显。

附图说明

[0015] 包含在说明书中并构成说明书一部分的附图示出了本发明的典型实施例、特征和方面,并和说明书一起用来解释本发明的原理。

[0016] 图 1 示出根据本发明典型实施例的图像处理设备的示例结构。

[0017] 图 2 示出用于实现根据本发明典型实施例的图像处理设备的计算机功能。

[0018] 图 3 是示出根据本典型实施例的图像处理设备所进行的处理的流程图。

[0019] 图 4A、4B、4C 和 4D 示出根据本典型实施例的用于计算增益系数校正值的方法的示例。

[0020] 图 5 示出通过使用矩算子的边缘检测的示例。

[0021] 图 6 示出用于说明基准距离的图。

具体实施方式

[0022] 以下将参考附图来详细说明本发明的各种典型实施例、特征和方面。

[0023] 图 1 示出根据本发明典型实施例的图像处理设备的示例结构、例如 X 射线图像处理设备的结构。如图 1 所示,该 X 射线图像处理设备包括频率成分生成单元 101、增益系数获取单元 102、增益系数校正值计算单元 103、增益调整单元 104 和处理图像生成单元 105。

[0024] 频率成分生成单元 101 接收通过对利用 X 射线传感器所获取到的 X 射线图像应用预定的预处理所形成的图像,基于该输入图像来生成表示特定有限频带内的频率成分的多个高频图像和一个低频图像,并且输出所生成的图像。在用户设置了与频率强调有关的频率响应特性的情况下,增益系数获取单元 102 输出频率强调处理所需的增益系数。增益系数校正值计算单元 103 接收从增益系数获取单元 102 输出的增益系数,计算用于校正增益系数的增益系数校正值,并且输出所计算出的增益系数校正值。增益系数校正值的计算是基于用于计算与增益系数相对应的增益系数校正值的方法。

[0025] 增益调整单元 104 接收从频率成分生成单元 101 输出的高频图像、从增益系数获取单元 102 输出的增益系数和从增益系数校正值计算单元 103 输出的增益系数校正值。增益调整单元 104 基于通过使用增益系数校正值校正后的增益系数来调整高频图像,并且输出调整结果。处理图像生成单元 105 接收利用增益调整单元 104 对高频图像进行调整后的结果和从频率生成单元 101 输出的低频图像,对图像进行重建,并且输出该重建图像。

[0026] 图 2 示出通过使用个人计算机 (PC) 来实现图 1 所示的图像处理设备的情况。控制

PC 201、X 射线传感器 202 和 X 射线生成器 210 经由光纤 222 相连接。用于将控制 PC 201、X 射线传感器 202 和 X 射线生成器 210 相连接的信号线可以不是光纤。此外,控制 PC 201、X 射线传感器 202 和 X 射线生成器 210 可以经由诸如控制器局域网 (CAN) 和千兆位以太网 (Gigabit Ethernet, 注册商标) 等的网络相连接以能够彼此进行通信。显示单元 209、存储单元 211 和网络接口 212 连接至光纤 222。

[0027] 控制 PC 201 包括中央处理单元 (CPU) 203、随机存取存储器 (RAM) 204、只读存储器 (ROM) 205、输入单元 206、显示单元 207 和存储单元 208。CPU 203、RAM 204、ROM 205、输入单元 206、显示单元 207 和存储单元 208 例如经由总线 221 相连接以能够彼此进行通信。经由控制 PC 201 向 X 射线传感器 202 和显示单元 209 发送命令。在控制 PC 201 中,将针对各拍摄模式的详细处理作为软件模块存储在存储单元 208 中。CPU 203 将软件模块载入 RAM 204,然后基于来自指示单元 (未示出) 的指示来执行该模块。尽管将图 1 所示的各单元 101 ~ 105 作为软件模块存储在存储单元 208 中,但本典型实施例不限于此。例如,可以将图 1 所示的各单元 101 ~ 105 作为专用图像处理板来实现,由此根据用途来实现最佳实施。

[0028] 以下将详细说明根据第一典型实施例~第四典型实施例的 X 射线图像处理设备。

[0029] 以下将说明本发明的第一典型实施例。

[0030] 以下将参考图 1 所示的框图和图 3 所示的流程图来说明根据第一典型实施例的图像处理。在步骤 301 中,CPU 203 通过使用 X 射线传感器 202 来获取 X 射线图像。

[0031] 在步骤 302 中,CPU 203 对所获取到的 X 射线图像应用预处理。该预处理例如包括诸如偏移校正、对数转换、增益校正、缺陷校正等的用于对 X 射线传感器 202 的特性进行校正的处理,以及用于抑制网格波纹的网格条纹抑制处理。根据需要,可以进行诸如用于降低随机噪声的处理等的用于提高信噪 (S/N) 比的处理作为预处理。

[0032] 在步骤 303 中,频率成分生成单元 101 基于预处理后的原始图像来生成多个高频图像和一个低频图像。用于生成带限制图像的方法利用 Laplacian 金字塔分解和小波变换。在本典型实施例中,尽管对经由下采样有效获取到的高频图像进行限制,但需要至少一个高频图像。

[0033] 在步骤 304 中,增益系数获取单元 102 设置增益系数。增益系数的值由公式 (3) 中的 α 来表示,并且由用户针对各频带指定。增益系数 α 的值可以由用户直接指定或者通过使用自动转换方法来指定。利用该方法,准备频率响应特性生成工具,在不知晓增益系数 α 的情况下生成频率响应特性,并且将频率响应特性自动转换成增益系数 α 。

[0034] 在步骤 305 中,增益系数校正值计算单元 103 通过使用增益系数获取单元 102 所指定的增益系数 α 的值来选择用于计算增益系数校正值的方法。对增益系数进行校正是指减小针对除边缘以外的像素的增益系数,以仅对高频图像中的边缘成分选择性地应用强调处理。因此,用于计算增益系数校正值的方法是指用于检测高频图像的边缘成分并且基于检测结果来输出用于对增益系数进行校正的值的值的方法。在本典型实施例中,设置有多个边缘检测方法,并且基于增益系数来针对各频带选择边缘检测方法。

[0035] 图 4A 示出用于选择边缘检测方法的示例。如图 4A 所示,设置有具有不同类型的抗噪性的多个边缘检测方法。进行选择,以使得针对较小的增益系数值选择提供较高的抗噪性的边缘检测方法,由此防止将噪声误检测为边缘。在图 4A 所示的示例中,向提供较高

的抗噪性的边缘检测方法分配较小的增益系数值。这些方法包括使用积分值作为边缘检测用的特征量的矩算子、以及对信号成分的绝对值设置阈值的百分位滤波器。

[0036] 在步骤 306 中,增益系数校正值计算单元 103 输出通过使用在增益系数校正值的计算方法的选择处理中选择的边缘检测方法所计算出的增益系数校正值。将应用于对象高频图像的边缘检测的结果、即边缘信息作为增益系数校正值来反映。边缘检测处理可以直接应用于高频图像或者通过使用间接处理方法来进行。利用该方法,对通过公式 (1) 所表示的原始图像 S_{org} 或散焦图像 S_{us} 进行处理,并且间接使用该处理结果。

[0037] 作为边缘检测方法,以下将参考图 5 来说明选择矩算子的情况。用于使用矩算子的方法将高频图像的边缘检测间接应用于原始图像。在步骤 501 中,增益系数校正值计算单元 103 设置以要进行处理的像素为中心的局部区域。在步骤 502 中,增益系数校正值计算单元 103 计算该局部区域内的零阶矩和一阶矩。通过公式 (4) 来计算各矩。

[0038] 数学式 4

$$[0039] \quad m_{00} = \sum_x \sum_y S_{org}(x, y)$$

$$[0040] \quad m_{10} = \sum_x \sum_y x \cdot S_{org}(x, y)$$

$$[0041] \quad m_{01} = \sum_x \sum_y y \cdot S_{org}(x, y) \quad (4)$$

[0042] 在公式 (4) 中, m_{00} 表示零阶矩, m_{10} 表示 x 方向上的一阶矩, 并且 m_{01} 表示 y 方向上的一阶矩。在步骤 503 中,增益系数校正值计算单元 103 基于一阶矩来计算重心的坐标。由于重心是指力的平衡状态的位置,因此可以通过公式 (5) 来计算坐标 (gx, gy) 。

[0043] 数学式 5

$$[0044] \quad \sum_x \sum_y x \cdot S_{org}(x, y) = \sum_x \sum_y gx \cdot S_{org}(x, y)$$

$$[0045] \quad \sum_x \sum_y y \cdot S_{org}(x, y) = \sum_x \sum_y gy \cdot S_{org}(x, y)$$

$$[0046] \quad (gx, gy) = \left(\frac{m_{10}}{m_{00}}, \frac{m_{01}}{m_{00}} \right) \quad (5)$$

[0047] 在步骤 504 中,增益系数校正值计算单元 103 通过使用公式 (6) 来计算重心坐标和局部区域的中心坐标之间的距离。

[0048] 数学式 6

$$[0049] \quad \Delta = \sqrt{(cx - gx)^2 + (cy - gy)^2} \quad (6)$$

[0050] 在局部区域内存在边缘的情况下,重心从局部区域的中心偏移,因此通过公式(6)所计算出的 Δ 的值增大。另一方面,在局部区域内不存在边缘的情况下,重心变得非常接近局部区域的中心,因此通过公式(6)所计算出的 Δ 的值减小。因此,通过公式(6)所计算出的 Δ 的值用作边缘检测所用的特征量。由于通过公式(6)所计算出的 Δ 的值是绝对值并且难以原样使用,因此在本典型实施例中最后对该值进行归一化。在步骤505中,增益系数校正值计算单元103针对基准距离 Δ_{base} 来对所计算出的 Δ 的值进行归一化,以根据公式(7)计算 Δ_{norm} 。

[0051] 数学式7

[0052] $\Delta \leq \Delta_{base}$ 的情况下, $\Delta_{norm} = \Delta / \Delta_{base}$

[0053] $\Delta > \Delta_{base}$ 的情况下, $\Delta_{norm} = 1$ (7)

[0054] 在如图6所示、在局部区域内存在预定差 d 的边缘的情况下,通过公式(6)来计算基准距离 Δ_{base} 。使用预定差 d 的边缘特征量作为基准值意味着预定差 d 是目标边缘。如果通过公式(6)所计算出的各局部区域中的 Δ 的值大于边缘特征量,则判断为存在边缘。否则,如果 Δ 的值小于边缘特征量,则判断为存在边缘的概率小。因此,在针对基准距离 Δ_{base} 进行归一化后的 Δ_{norm} 的值为1的情况下,边缘检测特征量最大,这意味着存在边缘。否则,在 Δ_{norm} 的值为0的情况下,边缘检测特征量最小,这意味着不存在边缘。 Δ_{norm} 的值为0~1。 Δ_{norm} 的值越接近1,存在边缘的概率越高。 Δ_{norm} 的值越接近0,存在边缘的概率越低。在本典型实施例中, Δ_{norm} 的值用作增益系数校正值。

[0055] 在步骤307中,增益调整单元104通过使用公式(8)来调整高频图像。

[0056] 数学式8

[0057] $H'_{Lv}(x, y) = H_{Lv}(x, y) + C(x, y) \cdot (\alpha_{Lv} - 1) \times H_{Lv}(x, y)$ (8)

[0058] 其中, α 表示增益系数获取单元102所指定的增益系数的值,并且 C 表示增益系数校正值计算单元103所计算出的增益系数校正值。

[0059] 对于是边缘的可能性高的区域,增益系数校正值 C 接近1,因此将基于接近增益系数值的值来调整高频图像。对于不是边缘的可能性高的区域,增益系数校正值 C 接近0,因此在增益系数值减小的情况下进行调整。增益调整单元104针对各像素,通过使用增益系数 α 和增益系数校正值 C 来进行高频图像调整处理。

[0060] 在步骤308中,处理图像生成单元105基于增益调整后的高频图像 H' 来重建图像。利用高频图像 H' 替换通过公式(2)所表示的高频图像 H 使得能够生成增益调整后的重建图像。

[0061] 在步骤309中,图像处理设备对处理图像生成单元105所重建的图像应用诸如几何转换和 WW (窗宽度)/ WL (窗水平)等的后处理。在步骤310中,图像处理设备将该处理图像输出至监视器或存储器。

[0062] 针对各频带重复上述的步骤304~307中的处理使得能够进行针对各频带最优化的边缘检测,并且根据边缘检测的结果来获取增益校正系数值。使用这些值使得能够进行不受噪声影响的选择性频率强调处理,并且在维持用户所选择的频率响应的同时获取到具

有进一步的强调效果的图像。

[0063] 以下将说明本发明的第二典型实施例。

[0064] 在第一典型实施例中,作为用于计算增益系数校正值的多个方法,已经说明了多个边缘检测方法。在第二典型实施例中,以下将说明用于基于同一检测方法来利用多个输出结果的方法。以下将参考图 1 所示的框图和图 3 所示的流程图来说明根据第二典型实施例的图像处理。步骤 301 ~ 304 的处理与第一典型实施例中的相关处理相同,并且将省略重复说明。

[0065] 在步骤 305 中,增益系数校正值计算单元 103 通过使用增益系数获取单元 102 所指定的增益系数 α 的值来选择用于计算增益系数校正值的方法。如上所述,用于计算增益系数校正值的方法是指用于检测高频图像的边缘成分、并且基于该检测结果来输出用于校正增益系数的值的方法。在本典型实施例中,针对一个边缘检测方法提供多个检测灵敏度,并且基于增益系数来针对各频带选择边缘检测灵敏度。

[0066] 图 4B 示出边缘检测灵敏度和增益系数之间的关系示例。边缘检测灵敏度表示用于检测边缘的灵敏度。边缘检测灵敏度越高,被识别为边缘的可能性越高。另一方面,边缘检测灵敏度越高,诸如噪声等的除边缘以外的像素被误识别为边缘的可能性越高。因此,如图 4B 所示,边缘检测灵敏度随着增益系数的减小而减小。在将增益系数设置为小的值的情况下,占主导的频带为噪声,因此防止了误识别。在将增益系数设置为大的值的情况下,利用预定的检测灵敏度 S_D 来进行处理。可选地,可以将增益系数设置为比检测灵敏度 S_D 大的值以使得能够进行更加详细的边缘检测。

[0067] 例如,以下将说明使用矩算子作为边缘检测方法并且改变边缘检测灵敏度的情况。使用矩算子情况下的边缘特征量是通过针对基准距离 Δ_{base} 来对第一典型实施例中通过公式 (7) 所表示的 Δ 的值进行归一化所获得的 Δ_{norm} 的值。

[0068] 如第一典型实施例所述,在局部区域内存在具有预定差 d 的边缘的情况下,通过公式 (6) 来计算基准距离 Δ_{base} 。预定差 d 是目标边缘。差相对于基准距离 Δ_{base} 的比率表示该差是边缘的可能性。因此,预定差 d 越小,所设置的目标边缘越小,并且检测灵敏度越高。在 Δ 的值相同的情况下, Δ_{norm} 的值随着预定差 d 的值的减小而增大。这意味着 Δ_{norm} 的值表示边缘的可能性高。可以将预定差 d 的值视为确定检测灵敏度的参数。如图 4B 所示,检测灵敏度随着增益系数的减小而增大。可以通过减小预定差 d 的值来调整该特性。同样在本典型实施例中,在步骤 306 中,增益调整单元 104 将 Δ_{norm} 的值设置为增益系数校正值 C 。

[0069] 在步骤 307 中,增益调整单元 104 通过使用公式 (8) 来调整高频图像,其中 α 表示增益系数获取单元 102 所指定的增益系数的值,并且 C 表示增益系数校正值计算单元 103 所计算出的增益系数校正值。后续步骤 308 ~ 310 的处理与第一典型实施例中的相关处理相同,并且将省略重复说明。

[0070] 根据第二典型实施例,可以在不会强调噪声成分的情况下进行用于强调边缘的频率强调处理,从而使得能够在维持用户所选择的频率响应的同时获取到具有进一步的强调效果的图像。

[0071] 以下将说明本发明的第三典型实施例。

[0072] 在第三典型实施例中,作为用于计算增益系数校正值的多个方法,以下将说明用

于基于同一检测方法来利用多个输出结果的第二方法。以下将参考图 1 所示的框图和图 3 所示的流程图来说明根据第三典型实施例的图像处理。步骤 301 ~ 304 的处理与第一典型实施例中的相关处理相同,并且将省略重复说明。

[0073] 在步骤 305 中,增益系数校正值计算单元 103 通过使用增益系数获取单元 102 所指定的增益系数 α 的值来选择用于计算增益系数校正值的方法。对增益系数进行校正是指减小针对除边缘以外的像素的增益系数,以仅对高频图像中的边缘成分选择性地应用强调处理。对增益系数进行校正还指减小针对除噪声以外的像素的增益系数,以仅对高频图像中的噪声成分选择性地应用抑制处理。因此,用于计算增益系数校正值的方法是指用于检测高频图像中的边缘成分或噪声成分、并且基于该检测结果来输出用于校正增益系数的值的方法。在本典型实施例中,针对一个检测方法设置不同的输出值校正系数,并且基于增益系数来针对频带选择输出值校正系数。

[0074] 例如,以下将说明使用矩算子作为检测方法并且改变输出值校正系数的情况。使用矩算子情况下的边缘特征量是通过针对基准距离 Δ_{base} 来对第一典型实施例中通过公式 (7) 所表示的 Δ 的值进行归一化所获得的 Δ_{norm} 的值。 Δ_{norm} 的值越接近 1,边缘的可能性越高。 Δ_{norm} 的值越接近 0,不是边缘的可能性、即噪声的可能性越高。因而,通过公式 (9) 来表示增益校正系数值 C。

[0075] 数学式 9

$$C(x, y) = H(\alpha) \cdot \Delta_{norm}(x, y) + (1 - K(\alpha)) \cdot (1 - \Delta_{norm}(x, y)) \quad (9)$$

[0077] 其中, K 是检测校正系数。

[0078] 检测校正系数 K 表示如图 4C 所示的阶跃函数。在增益系数值 α 为 1 以上的情况下, $K = 1$ 。在这种情况下,原样使用 Δ_{norm} 的值作为增益校正系数值 C。否则,在增益系数值 α 小于 1 的情况下, $K = 0$ 。在这种情况下,使用 $(1 - \Delta_{norm})$ 的值作为增益校正系数值 C。在增益系数值 α 小于 1 的情况下,高频图像成分受到抑制,从而用来防止噪声。在这种情况下,与增益系数值 α 为 1 以上的情况相同地维持针对被检测为边缘的像素的增益系数会引起边缘抑制,从而导致整个图像散焦。因此,在这种情况下,代替增加针对边缘的增益系数,需要增加针对噪声的增益系数。

[0079] 因此,为了使噪声检测灵敏度高于边缘检测灵敏度,反转边缘检测的结果以将针对噪声的增益系数设置得大。在增益系数 α 小于 1 的情况下,边缘检测方法用作噪声检测方法。在本典型实施例中,由于使用归一化值作为特征量,因此在作为边缘检测方法所输出的第一边缘信息的值和作为噪声检测方法所输出的第二边缘信息的值之间存在 1 的补数的关系。在图 4C 所示的示例中,尽管检测校正系数是阈值为 1 的增益系数 α 的阶跃函数,但检测校正系数不限于阶跃函数。在步骤 306 中,检测校正系数可以是连续改变的函数。

[0080] 在步骤 307 中,增益调整单元 104 通过使用公式 (8) 来调整高频图像,其中 α 表示增益系数获取单元 102 所指定的增益系数的值,并且 C 表示增益系数校正值计算单元 103 所计算出的增益系数校正值。后续步骤 308 ~ 310 的处理与第一典型实施例中的相关处理相同,并且将省略重复说明。

[0081] 根据第三典型实施例,可以在不会强调噪声成分的情况下进行用于强调边缘的频率强调处理,从而使得能够在维持用户所选择的频率响应的同时获取到具有进一步的强调效果的图像。

[0082] 以下将说明本发明的第四典型实施例。

[0083] 在第四典型实施例中,作为用于计算增益系数校正值的多个方法,以下将说明用于基于同一检测方法来利用多个输出结果的第三方法。以下将参考图 1 所示的框图和图 3 所示的流程图来说明根据第四典型实施例的图像处理。步骤 301 ~ 304 的处理与第一典型实施例中的相关处理相同,并且将省略重复说明。

[0084] 在步骤 305 中,增益系数校正值计算单元 103 通过使用增益系数获取单元 102 所指定的增益系数 α 的值来选择用于计算增益系数校正值的方法。对增益系数进行校正是指减小针对除噪声以外的像素的增益系数,以仅对高频图像中的噪声成分选择性地应用抑制处理。因此,用于计算增益系数校正值的方法是指用于检测高频图像中的噪声成分、并且基于该检测结果即噪声信息来输出用于校正增益系数的值的方法。在本典型实施例中,针对一个噪声检测方法设置多个检测灵敏度,并且基于增益系数来针对各频带选择噪声检测灵敏度。

[0085] 图 4D 示出噪声检测灵敏度和增益系数之间的关系示例。例如,以下将说明使用用于计算方差值的方法作为噪声检测方法并且改变检测灵敏度的情况。通过在图像上设置局部区域作为该局部区域内的方差值、然后如以下所述基于该局部区域内的平均值从理论上计算噪声量,来获得使用用于计算方差值的方法的噪声特征量。利用固定强度为“X”的 X 射线剂量所照射的特定区域内的像素值变化量来表示 X 射线图像上的随机噪声。将随机噪声分类为以下这两类:由于 X 射线剂量“X”而产生的使像素值以标准偏差 $\sigma_q(X)$ 来波动的随机量子噪声、以及从传感器和周围的电气电路所接收到的随机系统噪声(使像素值以标准偏差 σ_s 来波动的电气噪声)。由于将两个不同类型的随机噪声作为随机噪声添加至 X 射线图像,因此通过公式 (10) 和 (11) 来表示理论噪声量 $\sigma(X)$ 。

[0086] 数学式 10

$$[0087] \quad \sigma(X) = \sqrt{\sigma_q(X)^2 + \sigma_s^2} \quad (10)$$

$$[0088] \quad \sigma_q(X) = K_q \cdot (X)^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

[0089] 其中, X 表示局部区域的平均值。

[0090] 尽管标准偏差 $\sigma_q(X)$ 依赖于平均值 X 根据公式 (10) 而改变,但标准偏差 σ_s 是不依赖于 X 射线强度的电气热噪声的恒定值。在公式 (11) 中, K_q 是基于 X 射线强度来计算噪声量所使用的转换系数。如通过公式 (12) 所示,在局部区域内的方差值 σ_{img} 小于理论噪声量 $\sigma(X)$ 的情况下,相关像素被检测为噪声。在这种情况下,将增益系数校正值 C 设置为 1 以进行噪声抑制处理。否则,在局部区域内的方差值 σ_{img} 等于或大于理论噪声量 $\sigma(X)$ 的情况下,相关像素被检测为边缘。在这种情况下,将增益系数校正值 C 设置为 0 以不进行噪声抑制处理。在进行公式 (12) 的比较的情况下,将理论噪声量 $\sigma(X)$ 乘以检测灵敏度 S_D 。

[0091] 数学式 11

[0092] $\sigma_{img} < \sigma(X) \cdot S_D$ 的情况下, $C = 1$

[0093] $\sigma_{img} \geq \sigma(X) \cdot S_D$ 的情况下, $C = 0$ (12)

[0094] 检测灵敏度 S_0 是表示图 4D 所示的关系的增益系数 α 的函数。

[0095] 检测灵敏度 S_0 随着增益系数 α 的减小而增大。在将增益系数 α 设置为小的值的情况下,占主导的频带为噪声,因此防止了噪声提取泄漏。在将增益系数 α 设置为大的值的情况下,利用预定的检测灵敏度 S_0 来进行处理。在步骤 306 中,可以将增益系数 α 设置为比检测灵敏度 S_0 小的值以防止过度的噪声提取。

[0096] 在步骤 307 中,增益调整单元 104 通过使用公式 (8) 来调整高频图像,其中 α 表示增益系数获取单元 102 所指定的增益系数的值,并且 C 表示增益系数校正值计算单元 103 所计算出的增益系数校正值。后续步骤 308 ~ 310 的处理与第一典型实施例中的相关处理相同,并且将省略重复说明。

[0097] 根据第四典型实施例,可以在不会强调噪声成分的情况下进行用于强调边缘的频率强调处理,从而使得能够在维持用户所选择的频率响应的同时获取到具有进一步的强调效果的图像。

[0098] 还可以通过读出并执行记录在存储介质(例如,非瞬态计算机可读存储介质)上的计算机可执行指令以进行本发明的上述实施例中的一个或多个的功能的系统或设备的计算机和通过下面的方法来实现本发明的实施例,其中,该系统或设备的计算机通过例如从存储介质读出并执行计算机可执行指令以进行上述实施例中的一个或多个的功能来进行上述方法。该计算机可以包括中央处理单元(CPU)、微处理单元(MPU)或其它电路中的一个或多个,并且可以包括单独计算机或单独计算机处理器的网络。例如可以从网络或存储介质将这些计算机可执行指令提供至计算机。该存储介质可以包括例如硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、分布式计算机系统的存储器、光盘(诸如致密盘(CD)、数字多功能盘(DVD)或蓝光盘(BD)TM)、闪速存储装置和存储卡等中的一个或多个。

[0099] 尽管已经参考典型实施例说明了本发明,但是应该理解,本发明不限于所公开的典型实施例。所附权利要求书的范围符合最宽的解释,以包含所有这类修改、等同结构和功能。

[0100] 本申请要求 2012 年 2 月 1 日提交的日本专利申请 2012-020223 的优先权,在此通过引用包含其全部内容。

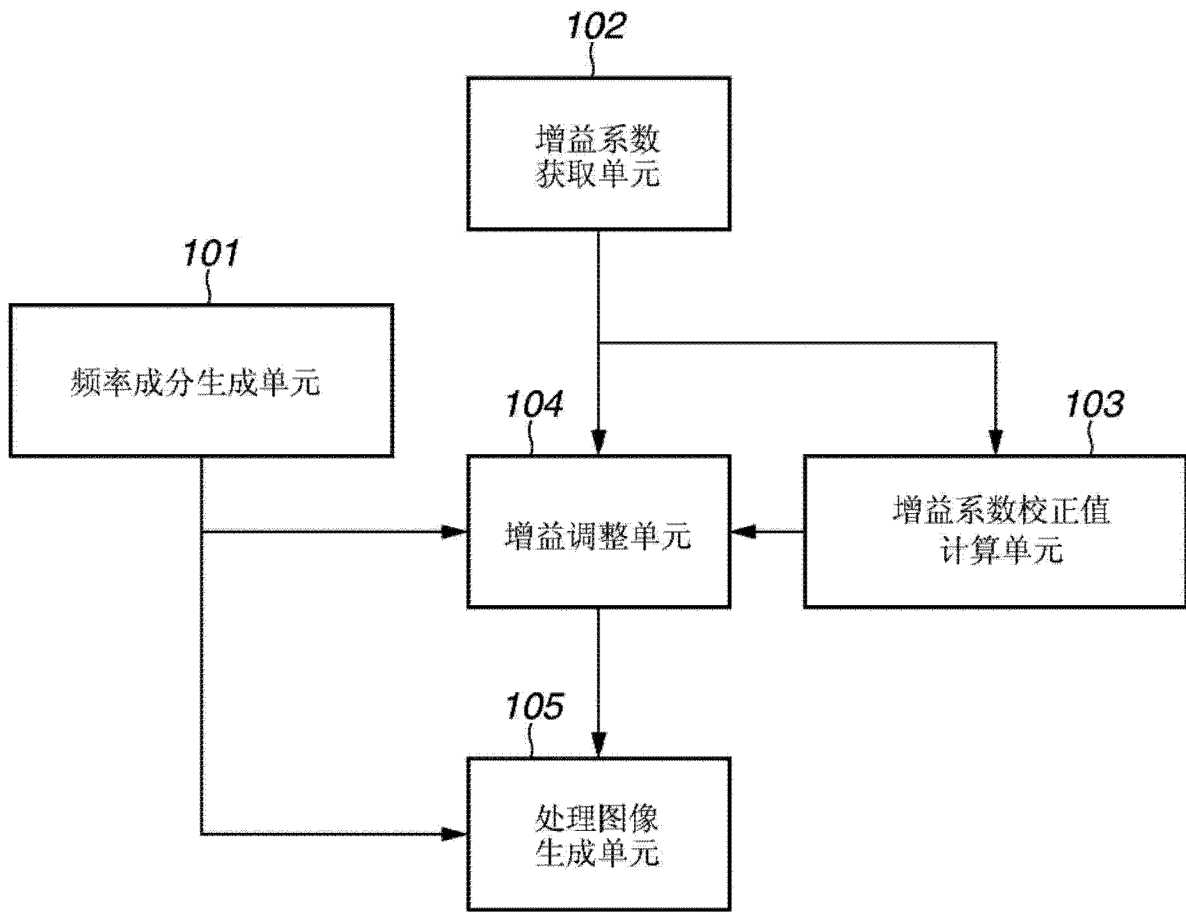


图 1

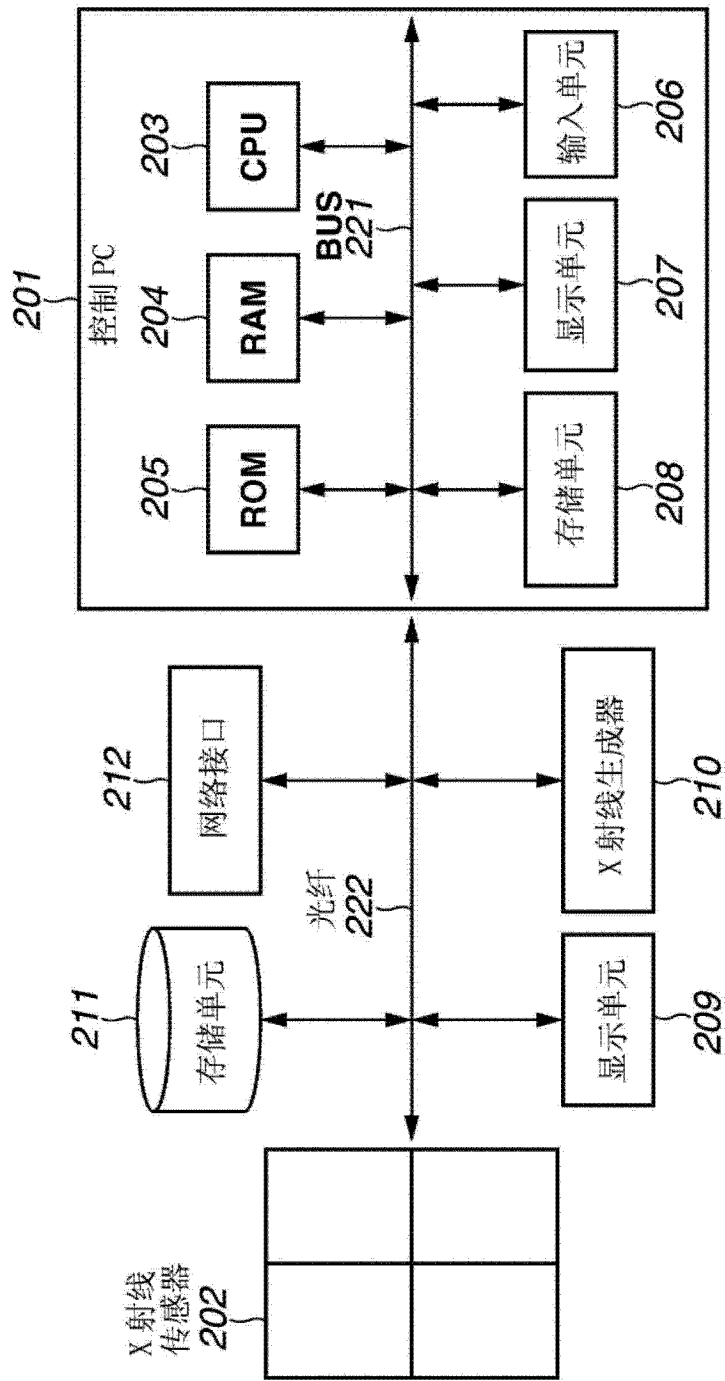


图 2

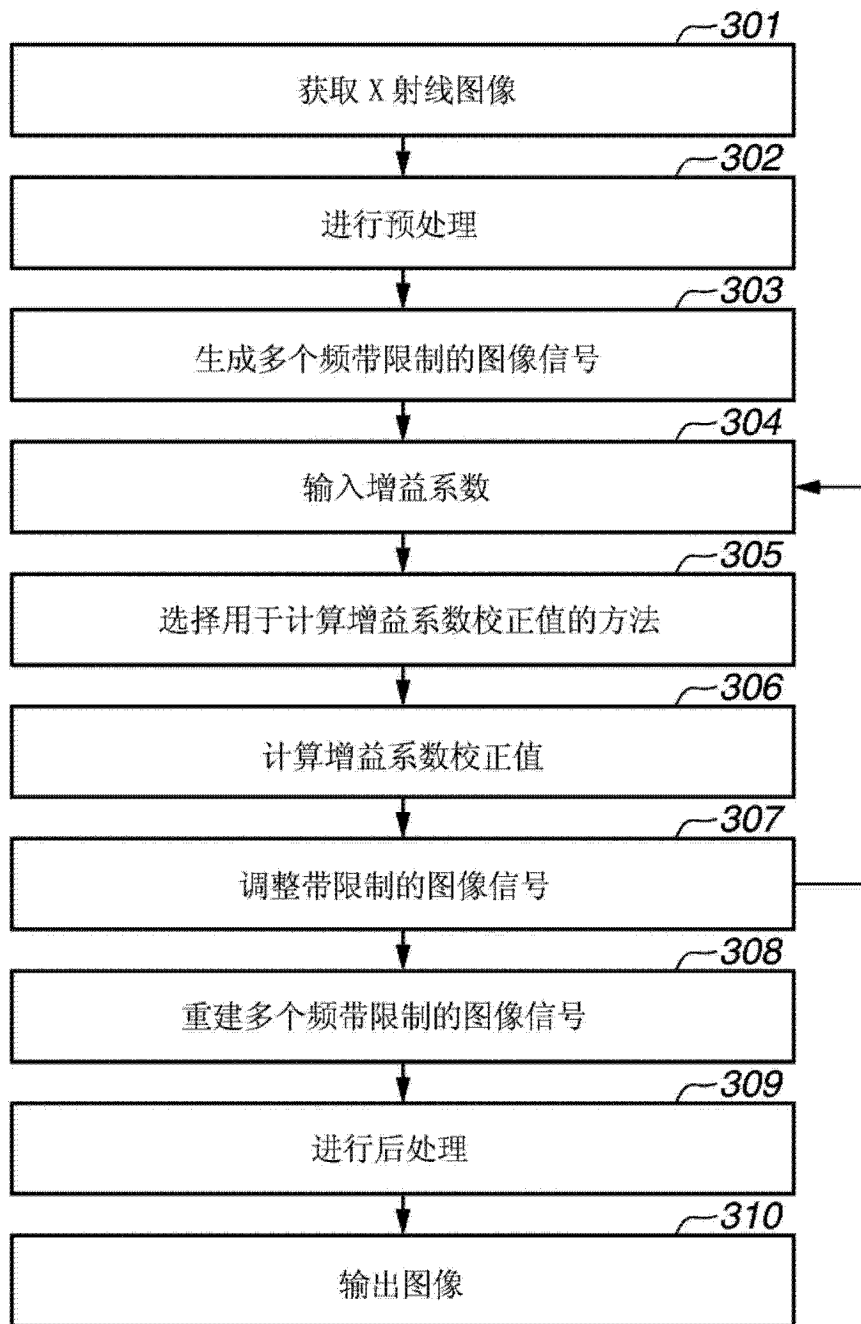


图 3

| 增益系数值 α | 边缘检测方法 |
|----------------|-----------|
| 0.0~1.0 | 矩算子 |
| 1.0~1.2 | 百分位滤波器 |
| 1.2~1.5 | Canny 滤波器 |
| 1.5~2.0 | Sobel 算子 |

图 4A

检测灵敏度

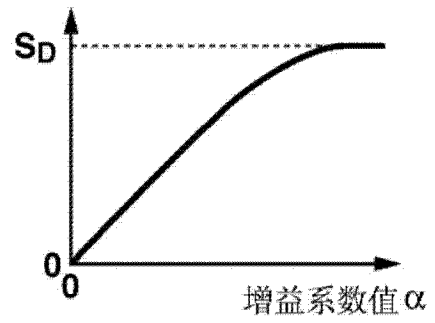


图 4B

检测校正系数

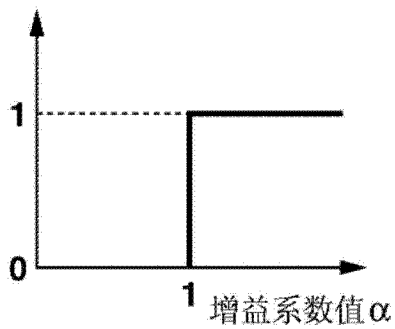


图 4C

检测灵敏度

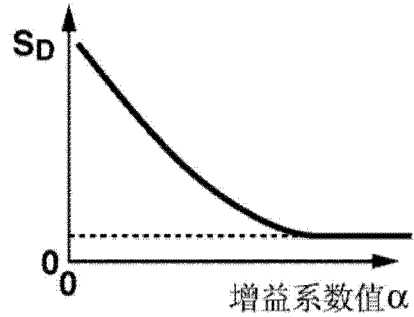


图 4D

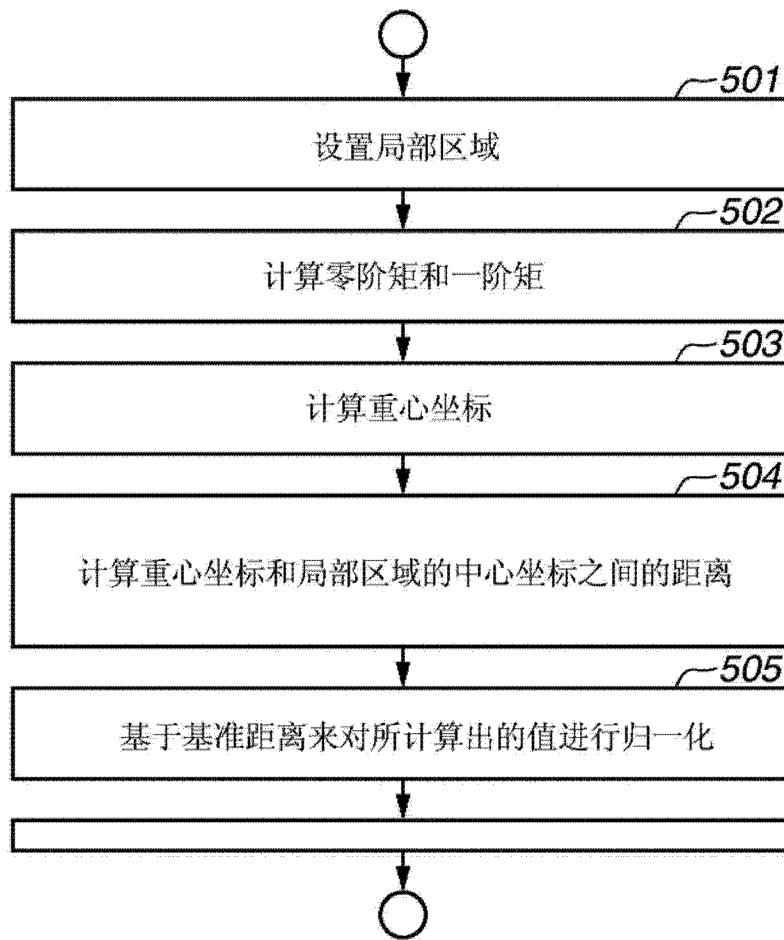


图 5

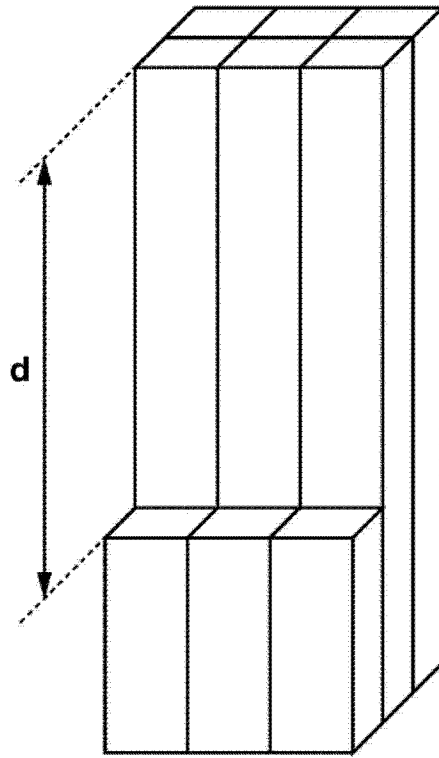


图 6