



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103608839 B

(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201280025725.5

(22)申请日 2012.03.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103608839 A

(43)申请公布日 2014.02.26

(30)优先权数据

61/468,126 2011.03.28 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.11.26

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2012/051266 2012.03.16

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/131520 EN 2012.10.04

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 K·布朗

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 李光颖 王英

(51)Int.Cl.

G06T 5/50(2006.01)

G06T 11/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2009/0245679 A1, 2009.10.01,

US 6208765 B1, 2001.03.27,

CN 1521695 A, 2004.08.18,

CN 1521695 A, 2004.08.18,

CN 101915901 A, 2010.12.15,

US 2009/0278857 A1, 2009.11.12,

审查员 邹黎君

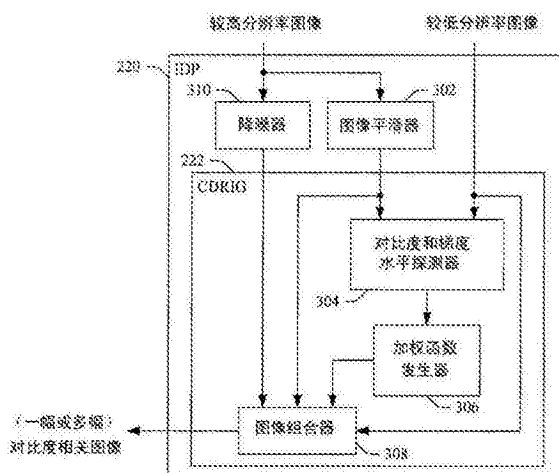
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

对比度相关分辨率图像

(57)摘要

一种用于处理一个或多个重建图像的方法包括接收具有第一图像分辨率的第一重建图像以及接收具有第二图像分辨率的第二重建图像。第一分辨率大于第二分辨率。该方法还包括通过将所述第一重建图像和第二重建图像组合成单幅图像来生成对比度相关分辨率图像,从而使得对于图像的较高对比度区域,所述第一重建图像在更大程度上对对比度相关分辨率图像作出贡献,并且对于图像的较低对比度区域,所述第二重建图像在更大程度上对对比度相关分辨率图像作出贡献。



1. 一种用于处理一个或多个重建图像的方法,包括:

接收具有第一图像分辨率的第一重建图像;

接收具有第二图像分辨率的第二重建图像,其中,所述第一图像分辨率大于所述第二图像分辨率;以及

通过将所述第一重建图像和所述第二重建图像组合成单幅图像来生成对比度相关分辨率图像,从而使得对于图像的较高对比度区域,所述第一重建图像在更大程度上对所述对比度相关分辨率图像作出贡献,并且对于图像的较低对比度区域,所述第二重建图像在更大程度上对所述对比度相关分辨率图像作出贡献,其中,通过将所述第一重建图像和所述第二重建图像进行组合来生成所述对比度相关分辨率图像包括基于对比度相关分辨率加权函数将所述第一重建图像和所述第二重建图像进行组合,并且其中,所述加权函数定义如何基于所述第二重建图像的对比度和梯度水平将较低分辨率图像和较高分辨率图像组合成所述对比度相关分辨率图像。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

探测所述第二重建图像的所述对比度和梯度水平;以及

基于探测到的对比度和梯度水平生成梯度图像;以及

基于所述梯度图像生成所述加权函数。

3. 根据权利要求2所述的方法,还包括:

为所述梯度图像设置预定最小梯度幅值水平和预定最大梯度幅值水平,其中,所述预定最小梯度幅值水平和所述预定最大梯度幅值水平分别指示仅所述第二重建图像用于所述对比度相关分辨率图像以及仅所述第一重建图像用于所述对比度相关分辨率图像的梯度水平;以及

基于具有所述最小梯度幅值水平和所述最大梯度幅值水平的所述梯度图像生成所述加权函数。

4. 根据权利要求3所述的方法,还包括:

基于具有所述最小梯度幅值水平和所述最大梯度幅值水平的所述梯度图像生成梯度图,所述梯度图从零到一按比例缩放梯度;以及

基于所述梯度图生成所述加权函数。

5. 根据权利要求4所述的方法,还包括:

利用确保平滑加权转换的函数来变换所述梯度图;以及

基于经变换的梯度图生成所述加权函数。

6. 根据权利要求1到5中的任一项所述的方法,还包括:

降低所述第一重建图像中的噪声;以及

通过将所述第二重建图像和经过噪声降低的第一重建图像进行组合来生成所述对比度相关分辨率图像。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,降低所述第一重建图像中的噪声包括应用降噪算法,所述降噪算法降低所述第一重建图像中的噪声的同时保留所述第一重建图像中的边缘。

8. 根据权利要求1到5中的任一项所述的方法,其中,生成所述对比度相关分辨率图像包括采用基于非迭代和非似然的方法来生成所述对比度相关分辨率图像。

9. 根据权利要求1到5中的任一项所述的方法,其中,通过重建来自利用成像系统对物体或对象的扫描的投影数据来生成所述第一重建图像,并且通过重建所述投影数据或从所述第一重建图像生成所述第二重建图像。

10. 一种用于处理一个或多个重建图像的系统,包括:

对比度相关分辨率图像发生器(222),其通过基于对比度相关分辨率加权函数选择性地具有第一较高分辨率的第一重建图像和具有第二较低分辨率的第二重建图像进行组合来生成对比度相关分辨率图像,其中,所述加权函数定义如何基于所述第二重建图像的对比度和梯度水平将较低分辨率图像和较高分辨率图像组合成所述对比度相关分辨率图像。

11. 根据权利要求10所述的系统,其中,针对图像的较高对比度区域,所述加权函数在较高程度上对所述较高分辨率图像进行加权,并且针对图像的较低对比度区域,在较高程度上对所述较低分辨率图像进行加权。

12. 根据权利要求10到11中的任一项所述的系统,所述对比度相关分辨率图像发生器,包括:

对比度和梯度水平探测器(304),其探测所述较低分辨率图像的所述对比度和梯度水平,并且生成指示所述对比度和梯度水平的梯度图像;

加权函数发生器(306),其基于所述梯度图像生成所述对比度相关分辨率加权函数;以及

图像组合器(308),其基于所述对比度相关分辨率加权函数将所述第一重建图像和所述第二重建图像进行组合。

13. 根据权利要求12所述的系统,所述加权函数发生器包括:

梯度截止设置器(402),其为所述梯度图像设置最小梯度水平和最大梯度水平;以及

梯度图发生器(404),其基于所述梯度图像以及所述最小梯度水平和所述最大梯度水平生成梯度图;以及

梯度图变换部件(406),其将所述梯度图变换成所述加权函数。

对比度相关分辨率图像

技术领域

[0001] 下文总体上涉及从重建图像生成图像,所述图像包括对比度相关分辨率,并且借助在计算机断层摄影(CT)中的具体应用对其进行描述,然而,下文同样适用于其他成像模式,诸如,混合PET/CT和/或MRI/CT系统、数字X-射线系统和/或其他成像模式。

背景技术

[0002] 计算机断层摄影(CT)扫描机包括安装在可旋转扫描架上的X-射线管,所述可旋转扫描架关于纵轴或z轴围绕检查区域进行旋转。X-射线管发射贯穿检查区域及其中的对象或物体的辐射。探测器阵列具有检查区域上与X-射线管相对的角弧度。探测器阵列探测贯穿检查区域(及其中的对象或物体)的辐射,并且生成指示该辐射的投影数据。重建器重建投影数据,并且生成指示该投影数据的体积图像数据。

[0003] 遗憾的是,CT扫描机发射电离辐射,并且因此使患者暴露于电离辐射下,这会增加患癌症的风险。通常,沉积在患者中的辐射剂量依赖于多种因素,包括但不限于,管电流(mAs)、管电压(kVp)、曝光时间(针对螺旋扫描)以及切片厚度和间距(针对轴位扫描)。照此,能够通过调整一个或者多个上述因素来降低沉积的剂量。然而,图像噪声与辐射剂量成反比,并且因此,降低辐射剂量不仅降低了沉积在患者中的剂量,而且也增加了采集到的数据中的图像噪声,在重建期间,所述图像噪声被传播到图像上,降低了图像质量(即,噪声更大的图像),这会降低该过程的诊断价值。

[0004] 减轻增加的噪声的一种方法是使用统计迭代重建技术,诸如,对图像中的噪声具有强惩罚的最大似然(ML)法(例如,“惩罚似然”法或者“正则化”法)。然而,对于例如对比度水平接近于噪声水平的低对比度物体来说,边缘中的正则化结果会在噪声的单次实现中出现尖峰,但是由于噪声的原因,实际上包含大量的不确定性。在图1中能够看出这一点,其中,曲线102表示被扫描物体的低对比度区域的锐利FBP重建,并且曲线104和106表示被扫描物体的低对比度区域的正则化ML迭代重建。能够看出,ML曲线104和106具有比FBP曲线102更低的分辨率,并且ML曲线104和106的均值也不如FBP曲线102锐利。

[0005] 对于噪声的多次实现,经过重正则化的图像呈现出对比度相关分辨率,其中,在均值图像中,正则化图像将具有低于但接近于常规滤波反投影(FBP)图像的分辨率的分辨率,所述常规滤波反投影(FBP)图像在低对比度区域中具有非常平滑的滤波器,同时在高对比度区域中保持锐利得多的分辨率。遗憾的是,即使利用如图形处理单元(GPU)这样的并行硬件进行加速,正则化似然迭代重建的正投影和反投影操作计算量仍然很大。因此,基于迭代正则化似然的重建具有很高的计算成本,这会阻碍或阻止它们用于例行医疗诊断实践。

发明内容

[0006] 本申请的各方面解决了以上提到的问题和其他问题。

[0007] 根据一个方面,一种用于处理一个或多个重建图像的方法包括接收具有第一图像分辨率的第一重建图像以及接收具有第二图像分辨率的第二重建图像。第一分辨率大于第

二分辨率。该方法还包括通过将所述第一重建图像和第二重建图像组合成单幅图像来生成对比度相关分辨率图像,从而使得对于图像的较高对比度区域,所述第一重建图像在较大程度上对所述对比度相关分辨率图像作出贡献,并且对于图像的较低对比度区域,所述第二重建图像在较大程度上对所述对比度相关分辨率图像作出贡献。

[0008] 根据另一方面,一种系统包括对比度相关分辨率图像发生器,其通过基于对比度相关分辨率加权函数选择性地具有第一分辨率的第一重建图像和具有第二分辨率的第二重建图像进行混合来生成对比度相关分辨率图像。

[0009] 根据另一方面,一种编码有计算机可读指令的计算机可读存储介质,在由计算系统的一个或多个处理器执行所述计算机可读指令时,令所述计算系统在单次迭代中选择性地将具有较高对比度区域和较低对比度区域的较高分辨率重建图像和较低分辨率重建图像进行组合,以便生成具有与使用正则化迭代重建的多次迭代而生成的图像类似的对比度相关分辨率性质的对比度相关分辨率图像。

附图说明

[0010] 本发明可以采取各种部件和部件的布置,以及各种步骤和步骤的安排。附图仅出于图示优选实施例的目的,并且不应被解释为限制本发明。

[0011] 图1图解图示了针对被扫描物体的低对比度区域的滤波反投影(FBP)以及惩罚/正则化最大似然(ML)迭代重建的曲线。

[0012] 图2示意性地图示了关于图像数据处理器和对比度相关分辨率图像发生器的范例成像系统。

[0013] 图3示意性地图示了图像数据处理器、对比度相关分辨率图像发生器和图像组合器的范例。

[0014] 图4示意性地图示了对比度相关分辨率图像发生器的加权矩阵发生器的范例。

[0015] 图5图示了用于处理被成像数据并从该被成像数据生成对比度相关分辨率图像的范例方法。

[0016] 图6图解图示了针对被扫描物体的低对比度区域,相对于滤波反投影(FBP)重建和多次迭代最大似然(ML)重建的曲线的本文描述的对比度相关分辨率重建的曲线。

具体实施方式

[0017] 图2图示了成像系统200,诸如计算机断层摄影(CT)扫描机。该成像系统200包括通常静止扫描架202和旋转扫描架204。由静止扫描架202可旋转地支撑旋转扫描架204,并且旋转扫描架204关于纵轴或z轴208围绕检查区域206进行旋转。

[0018] 由旋转扫描架204可旋转地支撑辐射源210,诸如X-射线管。辐射源210随着旋转扫描架204旋转,并且发射贯穿检查区域206的辐射。源准直器包括准直构件,其对辐射进行准直,以形成通常为锥形、扇形、楔形或其他形状的辐射射束。

[0019] 一维或二维辐射敏感探测器阵列212具有穿过检查区域206与辐射源210相对的角度。探测器阵列212包括沿z轴208的方向上延伸的多排探测器。探测器阵列212探测贯穿检查区域206的辐射,并且生成指示该辐射的投影数据。

[0020] 患者支撑物214(诸如,卧榻)支撑检查区域206中的物体或对象,诸如人类患者。支

撑物214被配置为移动物体或对象,用于装载、扫描和/或卸载物体或对象。

[0021] 通用计算系统或计算机充当操作者控制台216。控制台216的处理器执行存储在计算机可读存储介质(例如,物理存储器)上的计算机可读指令,所述处理器允许操作者控制系统200的操作,诸如,选择满剂量或低剂量扫描协议、生成对比度相关分辨率图像、发起扫描等。

[0022] 重建器218重建投影数据,并且生成指示该投影数据的体积图像数据。重建器218可以采用常规的滤波反投影重建、锥形射束算法、迭代算法和/或其他算法。此外,可以利用重建器218,用于生成具有更高、更低和/或其他分辨率的图像。

[0023] 图像数据处理器220处理图像数据。图示的图像数据处理器220至少包括对比度相关分辨率图像发生器222。在一个实例中,对比度相关分辨率图像发生器222使用对比度相关分辨率加权函数将分辨率不同的重建图像组合或以其他方式混合成单幅图像。重建图像包括较高分辨率图像和从较高分辨率图像生成的较低分辨率图像,或从相同的投影数据重建的较高分辨率图像重建和较低分辨率图像重建。此外,图像能够包括较高对比度和较低对比度区域和/或物体。

[0024] 如下文更详细描述,上文提到的加权函数针对图像的较高对比度区域,将较高权重应用于较高分辨率图像(并且因此,将较低权重应用于较低分辨率图像),并且针对图像的较低对比度区域,将较高权重应用于较低分辨率图像(并且因此,将较低权重应用于较高分辨率图像)。在一个实例中,得到的图像具有与正则化迭代重建类似的对比度相关分辨率的性质,但计算成本小得多。此外,单幅重建图像中的边缘将给出真实准确度的更准确反映,利用所述真正准确度,所述边缘是已知的,而不是由传统正则化迭代图像给出的可靠边缘的有些错误的印记。此外,对于更习惯于典型FBP噪声模式的客户而言,背景区域中的噪声模式会出现较少伪影。

[0025] 在图示的实施例中,图像数据处理器220被示为系统200的一部分。在这个实例中,图像数据处理器220能够是独立部件(如图所示)、重建器218的一部分、控制台216的一部分和/或另一部件的一部分。在备选实施例中,图像数据处理器220能够远离系统200,例如,作为独立计算系统的一部分和/或分布于计算系统之间。此外,能够经由一个或多个处理器来实现图像数据处理器220,所述一个或多个处理器执行嵌入或编码于计算机可读存储介质(例如,物理存储器)上和/或由载波或信号承载的一个或多个计算机可读指令。

[0026] 图3示意性图示了图像数据处理器(IDP) 220和对比度相关分辨率图像发生器(CDRIG) 222的非限制性范例。本文中预期了其他实施方式。

[0027] 图示的图像数据处理器220接收较高分辨率图像作为输入,或接收从相同的投影数据重建的较高分辨率图像和较低分辨率图像作为输入。在图3中示出后者。在这个实例中,将较高分辨率图像和较低分辨率图像都提供给对比度相关分辨率图像发生器222,并且能够省略图像平滑器302。

[0028] 然而,在仅将较高分辨率图像提供给图像数据处理器220的情况下,图像平滑器302对较高分辨率图像进行平滑,生成较高分辨率图像的较低分辨率图像,并且将较高分辨率图像和生成的较低分辨率图像都提供给对比度相关分辨率图像发生器222。

[0029] 图示的对比度相关分辨率图像发生器222包括对比度和梯度水平探测器304。对比度和梯度水平探测器304确定较低分辨率图像的对比度和梯度水平。对比度相关分辨率图

像发生器222生成并输出指示较低分辨率图像的对比度和梯度水平的梯度图像。

[0030] 加权函数发生器306生成加权函数,所述加权函数定义如何基于梯度图像将较低分辨率图像和较高分辨率图像组合成具有对比度相关分辨率的单幅图像。由于生成的加权函数对图像的不同区域进行加权,因此它是位置相关的,从而在较高对比度区域中,高分辨率图像在更大程度上做出贡献,并且在低对比度区域中,较低分辨率图像在更大程度上做出贡献。加权函数发生器306生成并输出指示加权函数的信号。

[0031] 图像组合器308基于由加权函数发生器306确定的加权函数将较高分辨率图像和较低分辨率图像进行组合,并且生成和输出对比度相关分辨率图像。如本文中所描述的,图像组合器308采用将较高分辨率图像和较低分辨率图像进行混合的加权函数,使得对于较高对比度区域,较高分辨率图像在更大程度上对对比度相关分辨率图像作出贡献,并且对于较低对比度区域,较低分辨率图像在更大程度上对对比度相关分辨率图像作出贡献。

[0032] 在图示的实施例中,图像数据处理器包括任选的降噪器310,其用于降低经由图像组合器308与较低分辨率图像进行组合的较高分辨率图像中的噪声。降噪器310被配置为移除较高分辨率图像中的大量噪声,使得这样的噪声不会导致组合图像中的不连续性。降噪器310能够采用被配置为保留边缘并移除噪声的任何降噪算法,诸如,双边滤波器、用于总变分最小化的ROF算法等。

[0033] 在图3中,降噪器310和图像平滑器302被示为图像数据处理器220的一部分。在另一实施例中,降噪器310或图像平滑器302中的至少一个是对比度相关分辨率图像发生器222的一部分。在另一实施例中,降噪器310或图像平滑器302中的至少一个存在于图像数据处理器220的外部,例如,作为重建器218、控制台216的一部分和/或在另一计算系统中。

[0034] 图4示意性地图示了对比度和梯度水平探测器304、加权函数发生器(WFG)306和图像组合器308的非限制性范例。本文中还预期了其他实施方式。

[0035] 如本文中所论述的,对比度和梯度水平探测器304确定较低分辨率图像的对比度和梯度水平,并且输出梯度图像。在本范例中,对比度和梯度水平探测器304生成如方程1中所示表示的梯度图像:

[0036] 方程1:

$$[0037] \quad g = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2},$$

[0038] 其中,g表示针对较低分辨率图像 $u(x,y)$ 的梯度图像。

[0039] 梯度截止设置器402为梯度图像设置最小梯度幅值水平($g_{\text{最小}}$)和最大梯度幅值水平($g_{\text{最大}}$),其分别确定在生成对比度相关分辨率图像中仅使用较低分辨率图像和仅使用较高分辨率的梯度截止点。这些值能够是默认的、用户确定的和/或可调节的,并且通常被设置为提供期望的视觉显示。

[0040] 梯度图发生器404生成梯度图,其在零(0)到一(1)的数值之间按比例缩放梯度,如方程2中所示:

[0041] 方程2:

$$[0042] \quad g_{\text{图}} = \frac{(g - g_{\text{起始}})}{(g_{\text{终止}} - g_{\text{起始}})}。$$

[0043] 能够使用梯度图变换部件406,以将函数(例如,正弦(如图所示)或其他函数)应用于梯度图,确保对加权图的平滑转换,给出方程3中所示的加权函数:

[0044] 方程3:

$$[0045] \quad g_{\text{加权}} = \left(0.5 \cdot \sin \left(g_{\text{图}} \cdot \pi - \frac{\pi}{2} \right) + 0.5 \right)^{\alpha}。$$

[0046] 图像组合器308接收加权函数、较高分辨率图像和较低分辨率图像,并且基于方程4生成对比度相关分辨率图像:

[0047] 方程4:

$$[0048] \quad u_{\text{混合}} = g_{\text{加权}} \cdot u_{\text{高}} + (1 - g_{\text{加权}}) \cdot u_{\text{低}},$$

[0049] 其中,对比度相关分辨率是较高分辨率图像和较低分辨率图像的混合或加权和。

[0050] 图5图示了用于处理图像数据并从所述图像数据生成对比度相关分辨率图像的范例方法。

[0051] 要认识到,在本文描述的方法中的操作顺序没有限制性。照此,本文中预期其他顺序。此外,可以省略一个或多个操作和/或可以包括一个或多个额外的操作。

[0052] 在502处,经由成像系统200或其他成像系统扫描物体或对象。

[0053] 在504处,获得来自扫描的投影数据。

[0054] 在506处,重建投影数据,至少生成较高分辨率图像,并且任选地生成相应的较低分辨率图像。

[0055] 在508处,在未从投影数据生成相应的较低分辨率图像的情况下,能够从较高分辨率图像生成相应的较低分辨率图像。

[0056] 在510处,探测较低分辨率图像的对比度和梯度水平。如本文中所描述的,能够在梯度图像中表示该信息。

[0057] 在512处,如本文中所描述的或以其他方式,基于对比度和梯度水平,生成用于将较高分辨率图像和较低分辨率图像进行组合的加权函数。

[0058] 在514处,任选地,利用降低噪声同时保留边缘的算法来处理较高分辨率图像。

[0059] 在516处,基于如本文中所描述的加权函数,将较低分辨率图像和经滤波的较高分辨率图像进行组合,产生对比度相关分辨率图像。

[0060] 可以通过计算机可读指令来实施上述方案,在由计算机处理器执行所述计算机可读指令时,所述计算机可读指令使处理器实现所描述的操作。在这样的情况下,能够在与相关计算机关联或相关计算机以其他方式可访问的计算机可读存储介质中存储指令。额外地或备选地,能够由载波或信号承载一个或多个指令。

[0061] 图6图示了在针对锐利FBP重建的曲线602、针对多次迭代ML重建的曲线604以及针对本文中所描述的对比度相关分辨率重建的曲线606之间的分辨率比较。如图所示,对比度相关重建和多次迭代ML重建的分辨率大致相同。然而,对比度相关重建为单通道重建,其相对于多次迭代ML重建来说计算量较低。

[0062] 本文中已经参考各种实施例描述了本发明。他人在阅读本文中的描述之后可能想到修改和变更。本发明应被解释为包括所有这样的修改和变更,只要它们在所附权利要求或其等价方案的范围之内。

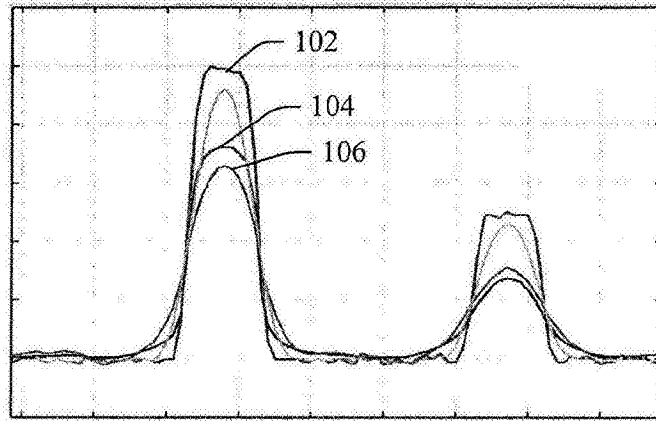


图1

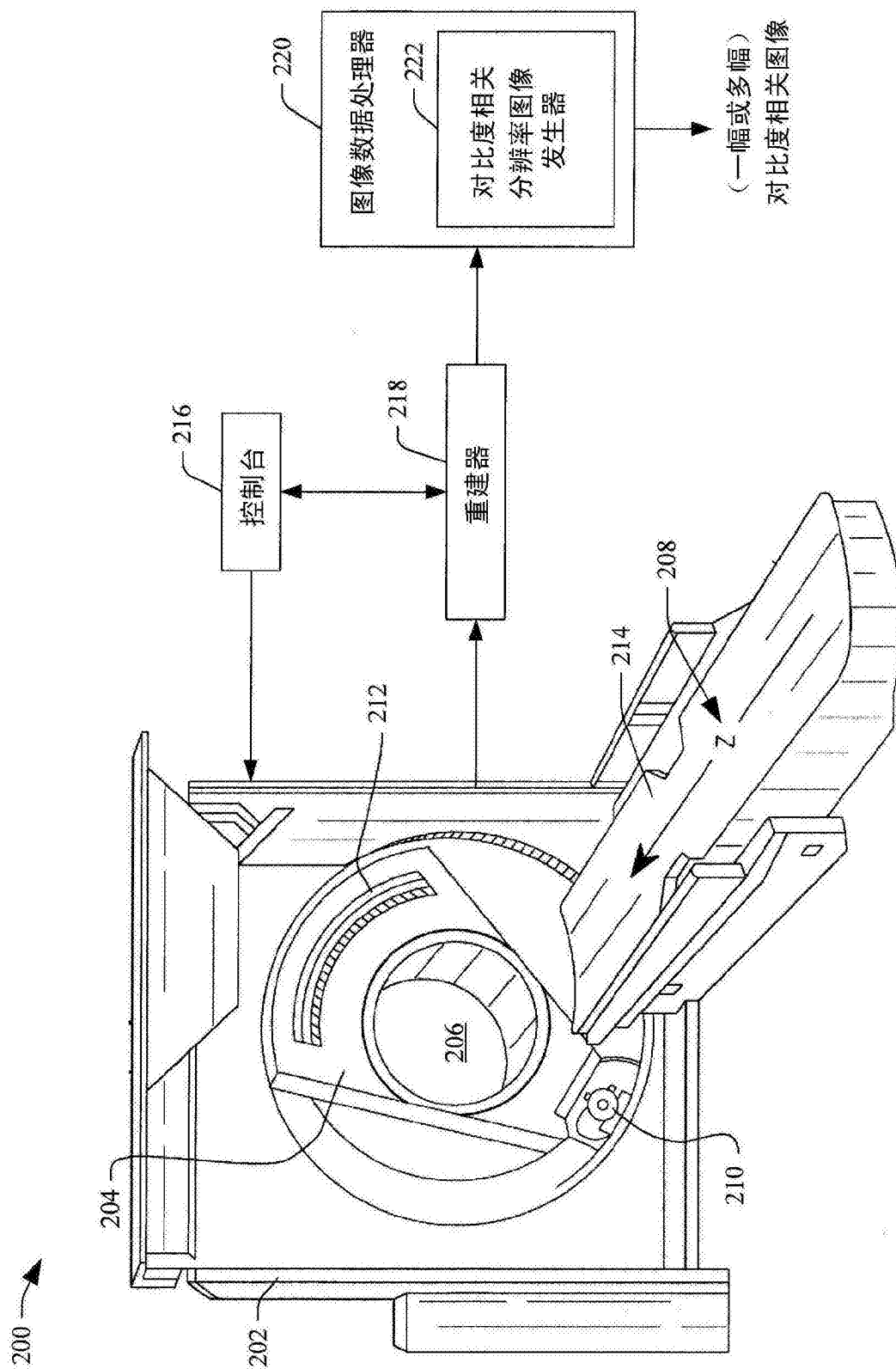


图2

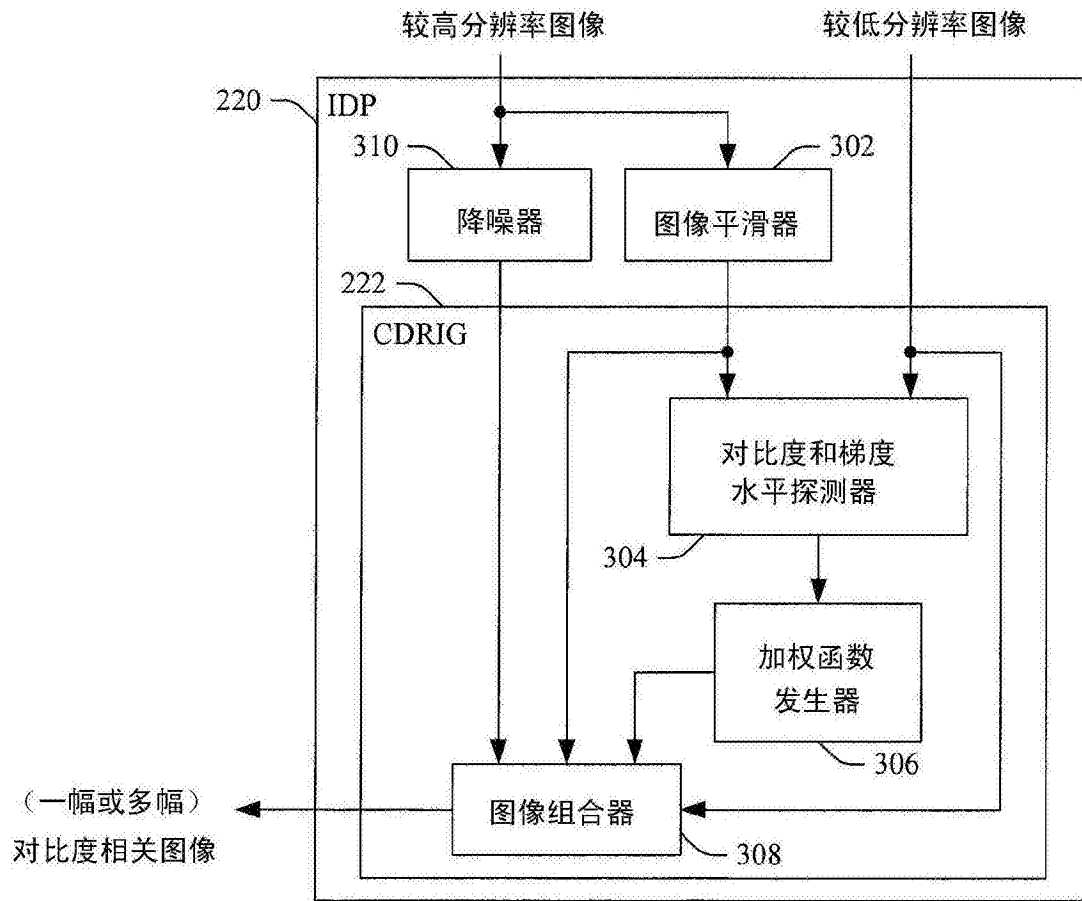


图3

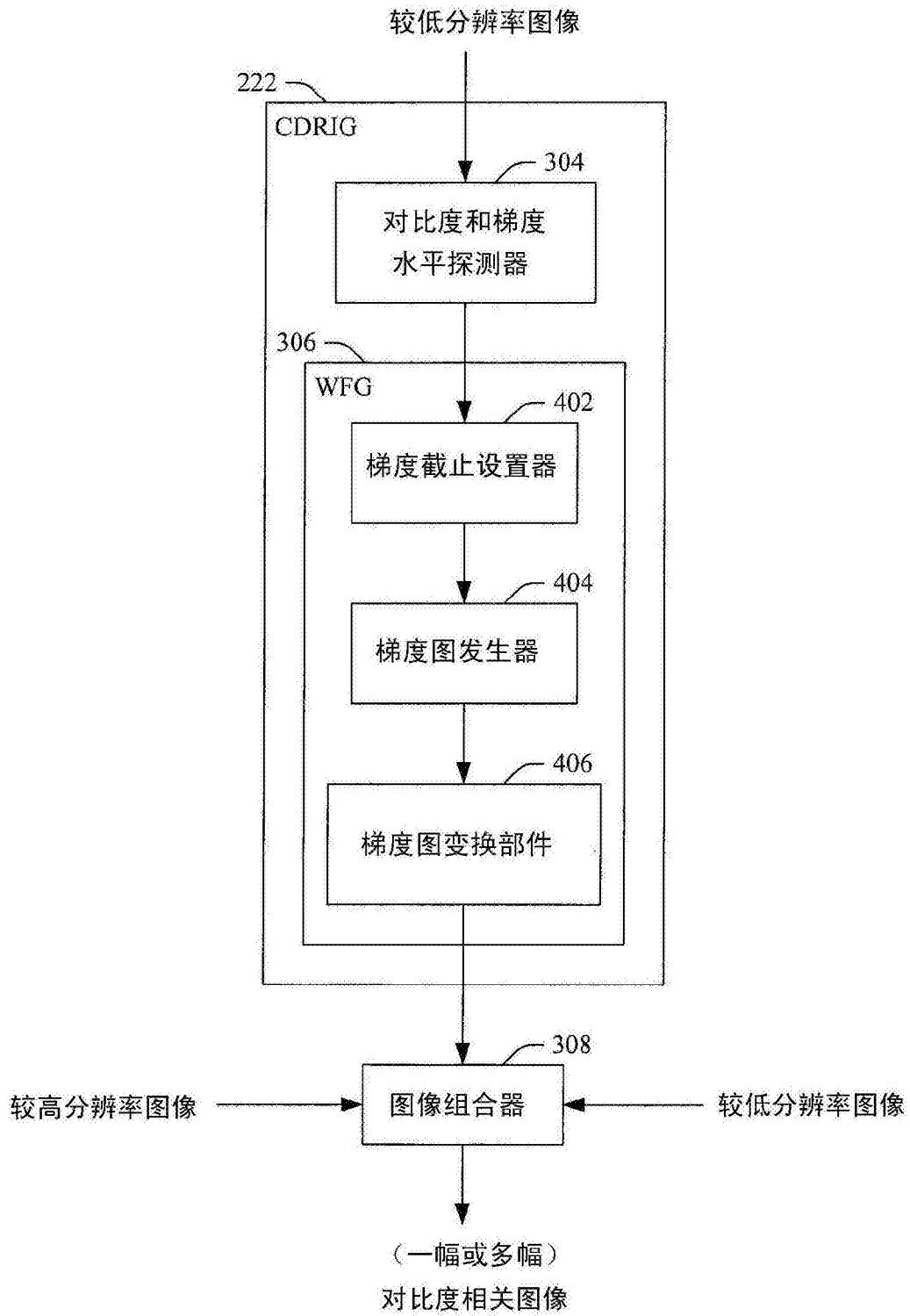


图4

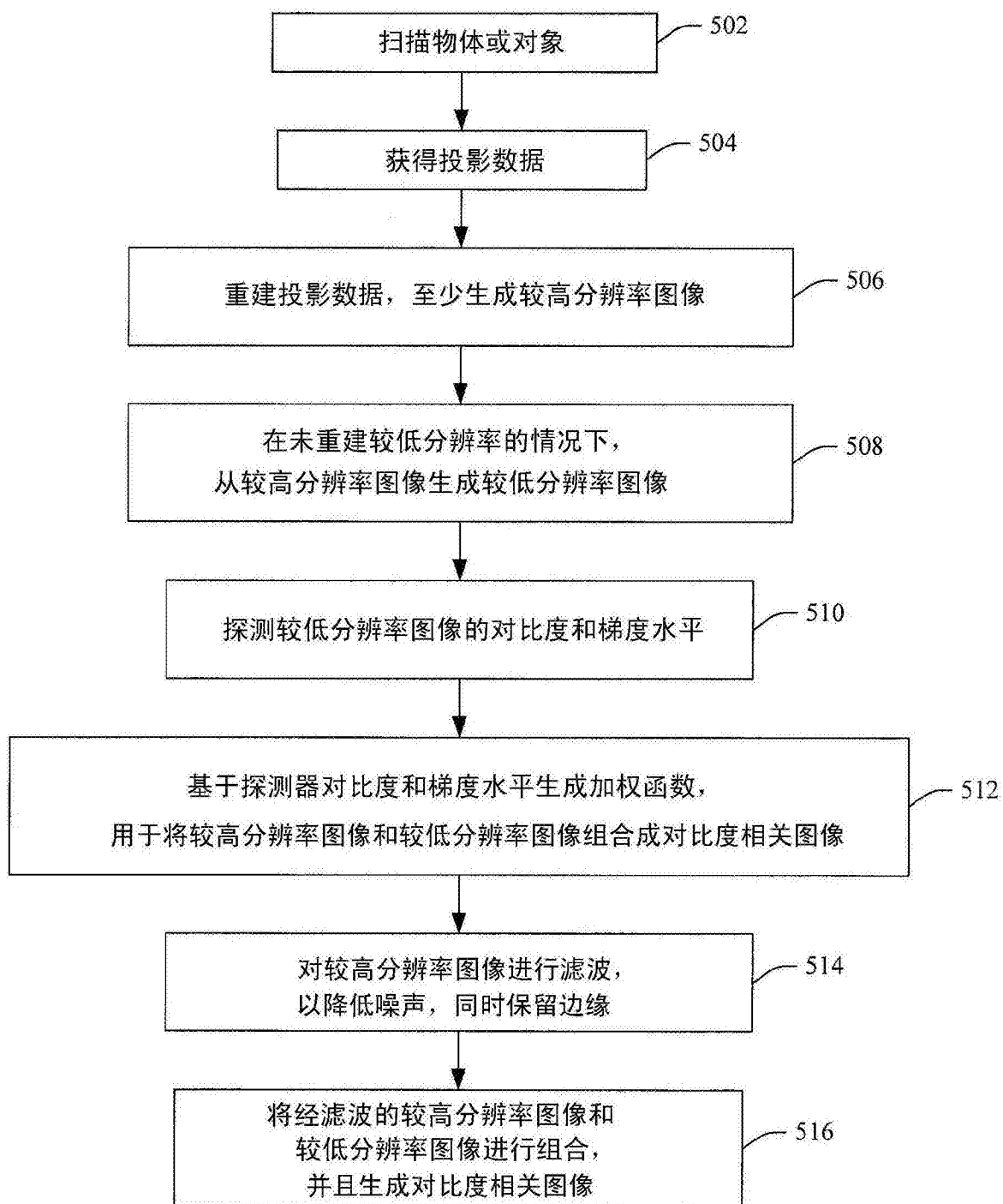


图5

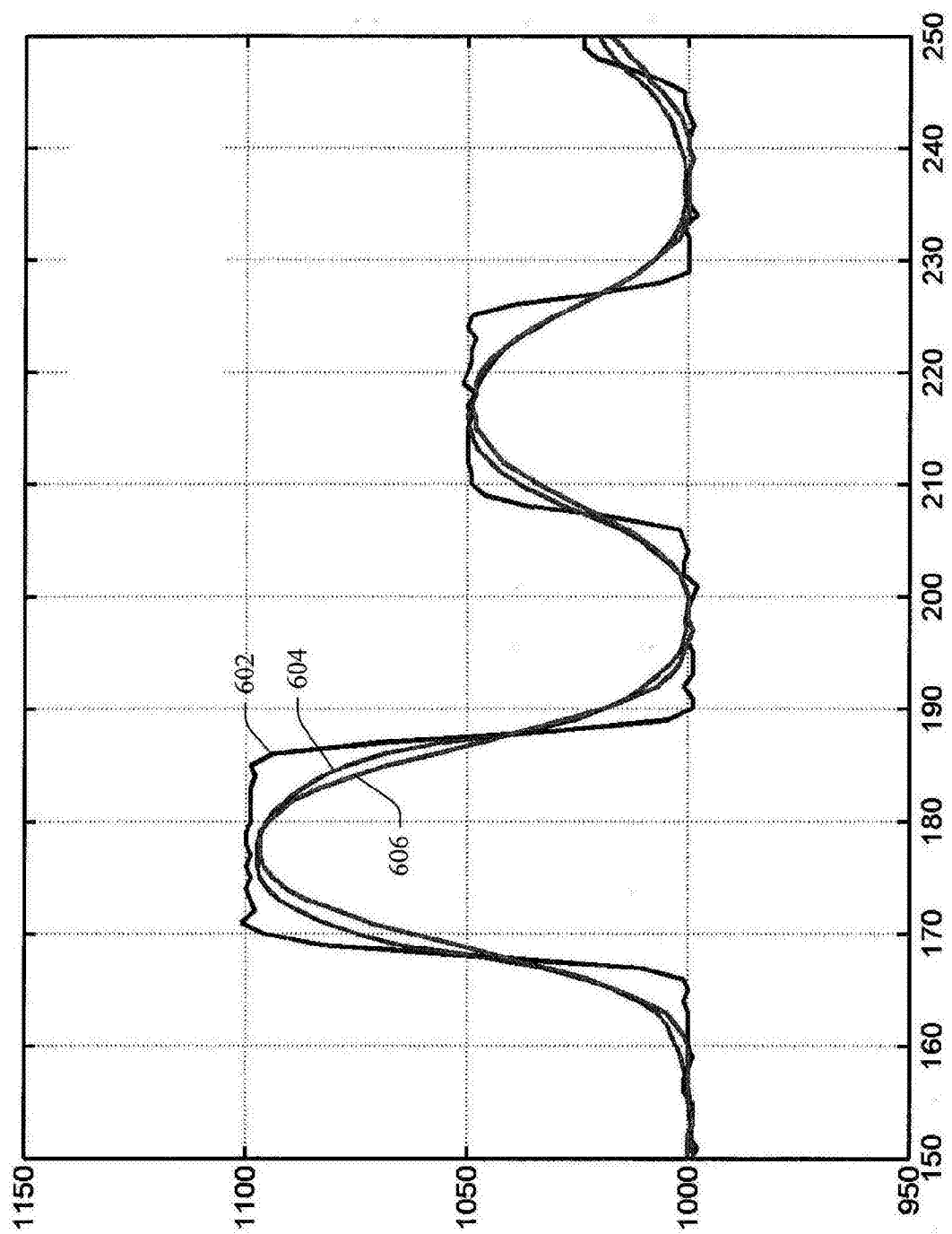


图6