



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103918004 B

(45)授权公告日 2016.12.14

(21)申请号 201280054611.3

(72)发明人 T·克勤 B·J·布伦德尔

(22)申请日 2012.10.31

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103918004 A

代理人 刘瑜 王英

(43)申请公布日 2014.07.09

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据

G06T 5/20(2006.01)

61/556,859 2011.11.08 US

G06T 5/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.05.07

(56)对比文件

US 7991243 B2, 2011.08.02, 说明书第3栏
第29-35、51-53、57-60行, 第5栏第22-56行, 附图
1、3.

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2012/056041 2012.10.31

US 2008/0089606 A1, 2008.04.17, 全文.

(87)PCT国际申请的公布数据

CN 101777177 A, 2010.07.14, 全文.

W02013/068887 EN 2013.05.16

CN 102067170 A, 2011.05.18, 全文.

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司

审查员 崔海涛

地址 荷兰艾恩德霍芬

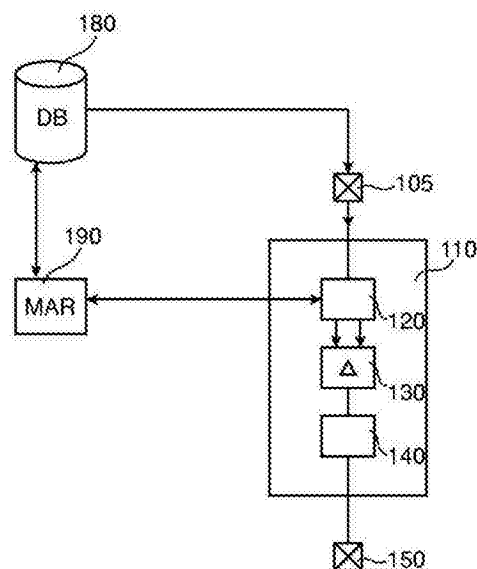
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

金属伪影校正算法的自适应应用

(57)摘要

一种针对图像伪影来校正图像的装置和方法。初始图像由图像伪影校正器(190)校正。如此校正的样本校正图像与所述初始图像进行比较以获得关于校正动作的信息。之后所述校正动作由控制器(140)自适应地重新应用以获得改进的经校正的图像,由此确保先前存在的伪影被去除,并且新伪影的产生得以避免。



1. 一种用于针对伪影来校正图像的装置,所述装置包括:

输入单元(105),其用于接收初始图像;

处理单元(110),其用于处理所述图像以进行校正;

输出单元(150),其用于输出所述初始图像的经校正的版本;

所述处理单元包括:

校正采样器(120),其被配置为将所述初始图像转发到伪影校正器,并从那里接收经校正的图像的样本,样本图像是由所述伪影校正器对所述初始图像应用的校正动作的结果;

比较器(130),其被配置为比较所述初始图像和经校正的样本图像以便建立表示所述伪影校正器对所述初始图像的所述校正动作的校正器图像;

伪影校正控制器(140),其被配置为将各自的校正动作以加权方式自适应地重新应用于所述初始图像中的多个图像点中的任意一个,针对每个图像点的用于对所述校正动作进行加权的权重与该图像点周围的邻域中的图像信息能由所述校正器图像中的对应邻域中的对应图像信息补偿的程度相关,

所述输出单元被配置为输出被如此自适应地重新校正的初始图像作为所述经校正的图像。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述权重是依赖于邻域的并且指示补偿程度,所述权重在任何给定图像点处衰减或放大所述校正动作,所述衰减与所述补偿程度相反地变化,并且所述放大直接随所述补偿程度变化。

3. 根据权利要求1或2所述的装置,其中,所述控制器(140)被配置为计算所述权重以针对每个邻域将来自各自的初始图像邻域和对应的校正器图像邻域两者的图像信息的组合的熵最小化。

4. 根据权利要求1或2所述的装置,其中,所述控制器(140)被配置为根据各自的初始图像邻域中的图像信息与对应的校正器图像邻域中的对应图像信息之间的统计相关系数来针对每个邻域计算所述权重。

5. 根据权利要求1或2所述的装置,其中,所述对应校正器图像邻域的尺寸被所述控制器设置为默认尺寸,所述控制器被配置为调整所述尺寸直到默认的对应该校正器图像邻域中的图像信息的熵超过预定阈值。

6. 一种针对伪影校正图像的方法,所述方法包括:

接收(S305)初始图像;

将所述初始图像转发(S310)到伪影校正器,并从那里接收经校正的图像的样本,样本图像是由所述伪影校正器应用到所述初始图像的校正动作的结果;

比较(S320)所述初始图像和经校正的样本图像,以便建立表示所述伪影校正器对所述初始图像的所述校正动作的校正器图像;

将各自的校正动作以加权方式自适应地重新应用于(S340)所述初始图像中的多个图像点中的任意一个,针对每个图像点的用于对所述校正动作进行加权的权重与该图像点周围的邻域中的图像信息能由所述校正器图像中的对应邻域中的对应图像信息补偿的程度相关。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述权重是依赖于邻域的并且指示补偿程度,所述权重在任何给定图像点处衰减或放大所述校正动作,所述衰减与所述补偿程度相反地变

化,并且所述放大直接随所述补偿程度变化。

8.根据权利要求6或7所述的方法,其中,自适应地重新应用(S340)所述校正动作的步骤包括计算所述权重以针对每个邻域将来自各自的初始图像邻域和对应的校正器图像邻域两者的图像信息的组合的熵最小化。

9.根据权利要求6或7所述的方法,其中,自适应地重新应用(S340)所述校正动作的步骤包括根据各自的初始图像邻域中的图像信息与对应的校正器图像邻域中的对应图像信息之间的统计相关系数来针对每个邻域计算所述权重。

10.根据权利要求6或7所述的方法,其包括:

在自适应地重新应用(S340)所述校正动作之前,调整(S330)尺寸直到先前设置的默认尺寸的对应该校正器图像邻域中的图像信息的熵超过预定阈值。

11.一种用于针对图像伪影校正图像的医学图像处理系统,所述系统包括:

根据权利要求1-5中任一项所述的装置;

伪影校正器(140);

保存所述初始图像的数据库系统(180)。

12.一种针对伪影校正图像的装置,所述装置包括:

用于接收初始图像的单元;

用于将所述初始图像转发到伪影校正器,并从那里接收经校正的图像的样本的单元,样本图像是由所述伪影校正器应用到所述初始图像的校正动作的结果;

用于比较所述初始图像和经校正的样本图像,以便建立表示所述伪影校正器对所述初始图像的所述校正动作的校正器图像的单元;

用于将各自的校正动作以加权方式自适应地重新应用于所述初始图像中的多个图像点中的任意一个的单元,针对每个图像点的用于对所述校正动作进行加权的权重与该图像点周围的邻域中的图像信息能由所述校正器图像中的对应邻域中的对应图像信息补偿的程度相关。

金属伪影校正算法的自适应应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于针对图像伪影校正图像的装置,一种针对图像伪影校正图像的方法,一种用于针对图像伪影校正图像的医学图像处理系统,一种计算机程序产品,以及一种计算机可读介质。

背景技术

[0002] 金属植入物或其他高密度部分经常会导致CT图像中的图像伪影。在大多数情况下减少图像伪影的金属伪影减少(MAR)算法是已知的。一种MAR算法可从US 7991243中获知。

[0003] 然而,仍然存在这样的问题,即使目前已知的最佳算法也偶然地产生新伪影。

发明内容

[0004] 因此,需要改进图像伪影减少算法。

[0005] 本发明的目的是通过独立权利要求的主题解决的,其中进一步的实施例被包含在从属权利要求中。

[0006] 应当注意,下面描述的各方面也适用于针对图像伪影校正图像的方法、针对图像伪影校正图像的医学图像处理系统、计算机程序产品以及计算机可读介质。

[0007] 根据一个方面,提供一种用于针对伪影校正图像的装置。

[0008] 所述装置包括用于接收初始图像的输入单元,用于处理所述图像以进行校正的处理单元,以及用于输出所述初始图像的经校正的版本的输出单元。

[0009] 所述处理单元包括校正采样器,所述校正采样器被配置为将所述初始图像转发到伪影校正器并从那里接收经校正的图像的样本。样本图像是由所述伪影校正器对所述初始图像应用的校正动作的结果。

[0010] 所述处理单元还包括比较器,所述比较器被配置为比较所述初始图像和经校正的样本图像以便建立表示所述伪影校正器对所述初始图像的所述校正动作的校正器图像。

[0011] 所述处理单元还包括伪影校正控制器,所述伪影校正控制器被配置为将各自的校正动作以加权方式自适应地重新应用于所述初始图像中的多个图像点中的任意一个。针对每个图像点的用于对校正动作进行加权的权重或权重因子与该图像点周围的邻域中的图像信息能由所述校正器图像中的对应邻域中的对应图像信息补偿的程度相关。

[0012] 之后,被如此自适应地重新校正的初始图像由所述输出单元输出为所述经校正的图像。

[0013] 换言之,所述校正动作由所述控制器自适应地重新应用以获得改进的最终经校正的图像,由此确保先前存在的伪影被去除,并且新伪影的产生得以避免。

[0014] 所述装置允许应用实施已知的金属伪影减少(MAR)算法的现有的伪影校正器。

[0015] 所述装置能够作为“附加件(add-on)”添加到现有MAR系统上。所述装置是“元图像伪影校正器(meta-image-artifact corrector)”,因为其会检查由现有MAR系统输出的校正结果,并且之后通过使用校正器图像作为“路线图(roadmap)”自适应地重新应用校正动

作来改进校正结果。所述校正器图像记录现有MAR系统对用于初始图像的校正动作的估计。

[0016] 所述装置以“双”自适应的方式(即在定量和空间意义上)起作用:控制器确定在何处,即在初始图像中的哪些图像点处,要应用估计的校正动作,以及在该区域要应用多少校正动作,即衰减或放大多少。

[0017] 所述装置以两阶段的方式工作:在第一,样本轮次(sample run)中,伪影校正器被全局应用于初始图像以获得样本经校正的图像,并因此收集关于该算法对初始图像的校正动作的信息。

[0018] 校正动作被记录在校正器图像中。使用校正器图像,记录于其中的校正动作在第二,最终轮次中被自适应且选择性地应用,但这次校正动作仅被局部应用于这样的图像区域:在所述图像区域中,“校正图像”显示也存在于原始的初始图像中的特征。

[0019] 所述控制器在邻域方向起作用。以图像平面的先前定义的区域(其可以包括对于图像帧周围的边界区域而言安全的整个图像平面)中的每个图像点为中心,定义了子区域或邻域(“补片(patch)”)。之后该补片被映射到校正器图像以定义与初始图像邻域相对应的校正器图像邻域,以便为每个图像点获得一对邻域。

[0020] 补偿程度(以下称为“程度”)测量两个邻域中的图像信息彼此补偿或相互抵消的适当性(suitability)。该程度或与该程度相关联的校正权重指示图像信息在该对邻域上为镜像的或相似的程度(extent)。如此,该程度是各自的初始图像邻域和校正器图像邻域对中的每个的属性。因为邻域是彼此对应的,所以任一邻域都能够认为“具有”该程度。

[0021] 邻域的高补偿程度或能力导致校正动作的维持或甚至放大(理想情况下如果伪影被完全补偿或抵消则为非衰减的,即权重或衰减因子接近“1”),而低补偿程度或能力导致衰减或完全消除,其权重因子的绝对值小于1或甚至接近零。

[0022] 换言之,补偿程度越高,各自的中心图像点处的校正动作的放大越高,并且补偿程度越低,各自的中心图像点处的校正动作的衰减越高。

[0023] 图像伪影是由这样的局部像素模式定义的图像特征:所述局部像素模式预期还在校正图像中显示,尽管是以相反的像素或体素强度的形式,使得该伪影能够在将校正图像自适应地应用到初始图像之后被补偿或抵消。

[0024] 所有MAR算法都能够按照这样的方式被制定出:即存在遭受金属伪影的初始图像,而算法创建了将被添加到初始图像的校正器图像。所述装置因此可以用于不明确遵循此形式而是直接创建经校正的图像的MAR算法。

[0025] 在一个实施例中,计算经校正得到图像与原始图像之间的差异,并且将该差异用作校正器图像。

[0026] 所述装置实现了这样的理念:将校正图像“局部”应用于其补偿伪影的区域中但避免其将创建新伪影的应用。

[0027] 所述装置允许通过使用补偿程度的概念在这两种情况之间进行区分。根据一个实施例,权重是使用针对由每个中心初始图像点的邻域对形成的组合图像信息的熵度量来计算的。

[0028] 根据一个备选实施例,计算邻域对中的每个对中的图像信息之间的统计相关系数。

[0029] 根据一个实施例,所述控制器被配置为调整针对校正器图像邻域的先前设置的默

认尺寸,直到校正器图像邻域中的图像信息的熵超过预定阈值。

[0030] 动态调整(以像素数或体素数量来测量的)邻域尺寸允许牵制算法的运行时间,因为运行时间会随邻域尺寸增大而增加。选择阈值熵值允许平衡运行时间的大小:由于小邻域中缺少图像信息或结构,对于过小的邻域尺寸,熵成本函数可能会变得相当平坦。然而,过大的邻域在计算上是过量的,这进一步阻碍了存在于小区域中的伪影的适当校正。

[0031] 所述装置通过考虑邻域中的图像结构来选择合适的邻域尺寸,其中,“结构”是由熵函数测量的,其中,图像的熵优选被定义为在该邻域中的灰度值的归一化直方图的熵。如果校正图像在邻域中是相当平坦的,则像素灰度值直方图是高度峰化的,并具有高的熵。使用熵作为结构度量,这意味着大邻域应该被选择。另一方面,如果校正图像在邻域中具有细小条纹,则直方图显示出几个峰并具有较低的熵。因此,较小的邻域能够被选择。

[0032] 应当理解,所述装置也可以用于不同于MAR的伪影校正算法。伪影不一定由“金属”部分造成,而可能由任何其他高辐射衰减部分引起。所述装置可以用于任何图像伪影校正器,不管是什么导致了图像伪影,或不管现有伪影校正器潜在的具体算法是什么。

[0033] 在一个备选的装置外实施例中,所述控制器控制在远程伪影控制器处产生最终经校正的图像。

[0034] 定义

[0035] 放大校正动作包括将校正动作维持为在单个给定的图像点由MAR所提供的校正动作,在这种情况下权重至少等于单位量。

[0036] 衰减校正动作包括消除在单个给定的图像点处的校正权重,在这种情况下权重大约为零。

[0037] 图像应被广泛地解释为保存数值数据项目的至少2维阵列、矩阵或类似的数据结构,每个数值数据项目都可由至少二维的坐标*i*,*j*寻址。

[0038] 图像信息或特征是由横跨构成图像平面中的补片或区域的像素的具体像素值分布给定的具体像素值模式。

附图说明

[0039] 现在将参考以下附图描述本发明的示范性实施例,在附图中:

[0040] 图1示意性示出根据本发明的一个实施例的用于图像校正的装置的框图;

[0041] 图2示意性示出根据本发明的一个实施例的图1的装置的操作;

[0042] 图3示出根据本发明的一个实施例的校正图像的方法的流程图。

具体实施方式

[0043] 在图1的右侧示出用于针对伪影校正图像的装置的框图。

[0044] 所述装置包括输入单元或接口器件105、处理单元110和输出单元或接口器件150。

[0045] 输入105被配置为访问数据库系统180以从其中检索具有图像伪影的初始数字图像。

[0046] 数据库180可以被布置成医疗设施中的PACS并且保存医学图像数据,例如2D计算机断层摄影(CT)投影图像或重建的2D或3D横截面图像(通常也被称为切片图像或“切片”)。这些图像具有适当的数字格式,例如DICOM格式。

- [0047] 所述装置被布置成经由接口器件105和适当的计算机通信网络连接到数据库180。
- [0048] 在图1的左侧示出了实施已知的金属伪影减少(MAR)算法的伪影校正器模块MAR 190。图1示意性示出的该装置的实施例被布置成现有MAR190系统的“附加件”。MAR 190可以访问与该图像相关的额外数据,例如初始图像所基于的投影数据,或者访问关于高度衰减部分的现有信息,例如整形外科植入物的CAD信息。
- [0049] 然而,在另一个实施例中,所述装置可以包括本地MAR作为处理单元110的部件。
- [0050] 所述装置的处理单元110包括校正采样器120、比较器130和伪影校正控制器140。
- [0051] 在一个实施例中,装置部件105、150、120、130和140运行为处理单元110上的软件例程。然而,在备选实施例中也可以预见到所述装置的分布式架构,其中,这些组件被连接在适当的通信网络中。所述部件还可以被布置成专用FPGA或硬连线的独立芯片。所述部件可以在适当的科学计算平台(例如Matlab®或Simulink®)中被编程并且之后可以被编译成例如维持在库中且当被处理器110调用时被链接的C++或C例程。
- [0052] 从广义上讲,用于针对伪影校正图像的该装置经由输入单元105连接到数据库180并从那里检索具有图像伪影的初始图像。该图像伪影可能是在拍摄对象的CT图像时由高密度部分(例如存在于对象中的金属部分)导致的结果。
- [0053] 该图像可以是利用CT系统采集的一组投影数据重建的切片图像。
- [0054] 感兴趣对象可以是人体或动物体的一部分,并且高密度部分可以包括金属部分或其他高密度部分,例如内嵌在患者的软组织中的骨骼结构。图像伪影(例如条纹、失真和阴影)可能由于该部分对CT运行中所用的辐射施加了比周围软组织的平均衰减更高的衰减而存在于所采集的初始图像中。
- [0055] 在读入用于图像校正的初始图像后,校正采样器120将初始图像转发到MAR 190并请求MAR 190处理该初始图像以输出经MAR校正的样本图像,所述经MAR校正的样本图像之后在校正采样器120处被接收回。
- [0056] 之后初始图像及其经MAR校正的样本图像被转发到比较器130。比较器130比较这两幅图像并产生记录MAR 190对初始图像的校正动作的校正器图像。
- [0057] 校正器图像表示对初始图像的MAR校正的针对每个图像点 i, j 的校正动作。之后校正器图像被转发到伪影校正控制器140以通过使用校正器图像并结合初始图像来直接获得最终经校正图像。
- [0058] 之后控制器140将校正动作重新应用于初始图像作为每幅校正器图像,但这次使用权重来修改初始图像中的每个图像点的校正动作。个体权重或权重因子由控制器140计算作为参数。在初始图像的图像平面中的每个待校正图像点周围,由控制器定义补片或邻域。对于这样定义的每个初始图像邻域,由控制器定义在校正器图像中的对应邻域。对于这样定义的邻域对中的每个,控制器140计算出数值权重。每个权重测量初始邻域中的图像信息能由校正器图像邻域中的图像信息补偿的程度。
- [0059] 之后控制器140在校正器图像中查找先前由MAR 190估计的将要应用于任何给定点的校正动作。之后所估计的校正动作由各自的权重加权,并且之后这样重新加权的校正动作由控制器140应用到初始图像中的各自的图像点。通过针对初始图像中的每个图像点或选择的图像点以这种方式继续进行,建立最终经校正的图像。权重或参数由控制器140根据不同的原理来计算,并且每个实施例将在下面标题为“操作”的部分更详细地进行解释。

[0060] 之后控制器140将最终经校正的图像传递到输出接口器件150。之后最终经校正的图像能够通过通信网络被调度到数据库180或者能够被转发到图像绘制器并被绘制以用于在屏幕上观看。

[0061] 在另一个“装置外”实施方案中,控制器140指示MAR单元重新校正初始图像,但这次在MAR 190处的校正操作是由伪影校正控制器140使用如上所述的校正器图像来控制的。在本实施例中,控制器140在运行时间期间与MAR 190的算法通过接口连接,并指示将在MAR 190的外来算法中使用的权重。在本实施例中,控制器140配备有适当编程的API来实现交互,并且在MAR 190处的图像校正算法可能必须被适当地调整以实现控制器140在MAR 190处的控制功能。

[0062] 在装置外实施例中,一旦在控制器140的控制下在MAR 190处产生最终经校正的图像,则之后最终经校正的图像被反馈给控制器140,控制器140进而将装置外经校正的图像传送到输出接口器件150。在又一实施例中,MAR 190可以向数据库180或其他输出最终经校正的图像并且将其释放以进行进一步的后处理。

[0063] 操作

[0064] 初始图像 μ_{ij} 被形成为包括i行和j列的矩阵。在第i行和第j列的矩阵条目是表示像素/体素的灰度值水平的数值。初始图像 μ_{ij} 中的每个伪影被形成为由那些像素和体素的区域限定的独特图像特征。以下将仅参考像素进行描述,但应当理解,下面的内容同样适用于体素。

[0065] 在MAR 190处产生并且由校正采样器120请求的样本校正图像 σ_{ij} 由与该图像 μ_{ij} 数量相同的行和列形成,但因为在MAR 190处经历了校正动作而一般具有不同的像素值条目。

[0066] 比较器130被配置为基于初始图像 μ_{ij} 与样本图像 σ_{ij} 来生成校正器图像 c_{ij} 。在一个实施例中,比较器130形成初始图像 μ_{ij} 与样本图像 σ_{ij} 之间的逐像素的差,这导致校正器图像 c_{ij} 具有与初始图像 μ_{ij} 或样本图像 σ_{ij} 相同数量的行和列。这种差值则表示在该图像点i,j处的校正动作。之后校正器图像 c_{ij} 连同初始图像 μ_{ij} 被转发到控制器140以用于处理。

[0067] 控制器140被配置为使用校正器图像 c_{ij} 并且将重复的校正自适应地应用于初始图像 μ_{ij} 。控制器140被配置为将校正图像 c_{ij} 仅局部应用于初始图像 μ_{ij} ,亦即,应用被限制到校正器图像 c_{ij} 的校正动作将补偿伪影的区域,但在初始图像 μ_{ij} 的将创建新伪影的其他区域中避免或充分衰减校正动作的应用。

[0068] 由控制器140实施的算法允许区分将在下面更详细解释的这两种情况。

[0069] 图2提供控制器140的操作的图解说明。

[0070] 在图2的左侧,初始图像补片 Ω_{mn} 包括示意性示为暗椭圆形的伪影。对应的校正器图像补片 Ω_{ij} 包含如图中以亮虚线椭圆示出的匹配或相似的图像结构或信息,其与初始图像补片 Ω_{mn} 中的结构在形状上匹配,但以相反的灰度值示出。因此针对暗椭圆形伪影,MAR 190正确地估计了校正动作,因为校正器图像 c_{ij} 在被应用于补片 Ω_{mn} 中的图像点时将完全补偿暗椭圆形伪影。补片 Ω_{mn} 中的图像信息因此具有高补偿程度。因此,控制器140计算大于单位值的参数A,以至少维持甚至放大由校正器图像 c_{ij} 针对该补片 Ω_{mn} 中的图像点所记录的校正动作。

[0071] 补片 Ω_{kl} 示出了相反的情况。在这里,MAR 190错误地估计了校正动作,因为它在应用时将会在完全没有伪影的地方(如图3中的左下方的“干净”补片 Ω_{kl} 中所示)引入黑暗的

矩形伪影(在图3中的右下方示出)。因此,控制器140针对补片 Ω_{kl} 计算出非常低的补偿程度,因为两个补片中的结构不匹配。因此,控制参数A以小于单位值并接近于零的数值衰减,以便消灭或消除MAR 190对补片 Ω_{kl} 中的图像点提出的校正动作。

[0072] 根据一个实施例,控制器140读取初始图像 μ_{ij} 以为每个点 i, j 定义该点 i, j 周围的邻域 Ω_{ij} (也被称为“补片”)。该点可以被称为该补片的中心点,每个补片具有至少一个这样的中心或“种子”点。邻域 Ω_{ij} 定义图像平面中的子集,并且可以由具有 $n \times n$ 像素的高度和宽度的矩形区域给出。在一个实施例中, 11×11 像素的正方形被选为针对邻域 Ω_{ij} 的默认尺寸。

[0073] 在其他实施例中,邻域 Ω_{ij} 是每个图像点 i, j 周围的具有特定半径 r 的圆形。

[0074] 之后控制器140将该邻域 Ω_{ij} 映射到校正器图像 c_{ij} 中的对应邻域 Ω_{ij} 。根据一个实施例,这是通过使用与针对校正器图像 c_{ij} 中的对应邻域所定义的像素坐标相同的像素坐标来实现的。

[0075] 在一个实施例中,为了节省CPU时间,没有针对初始图像 μ_{ij} 中的每一个像素图像像素点定义邻域,而是局限于很可能包括伪影的区域。图像平面中的该感兴趣区域能够例如通过使用适当编程的分割器来建立。作为各自的邻域 Ω_{ij} 的中心点的图像点 i, j 被选择为充分远离图像 μ_{ij} 的边界,以确保该邻域被良好限定并且不会延伸超出当前边框。

[0076] 在一个实施例中,控制器140将权重计算为初始图像 μ_{ij} 的补片 Ω_{ij} 中的像素值与校正器图像 c_{ij} 的补片 Ω_{ij} 中的像素值之间的统计相关系数。根据下面的公式计算统计相关系数:

$$[0077] \quad t_{ij} = \frac{\sum_{(i,j) \in \Omega_{ij}} (\mu_{ij} - \overline{\mu_{ij}})(c_{ij} - \overline{c_{ij}})}{\sqrt{\sum_{(i,j) \in \Omega_{ij}} (\mu_{ij} - \overline{\mu_{ij}})^2 \sum_{(i,j) \in \Omega_{ij}} (c_{ij} - \overline{c_{ij}})^2}}$$

[0078] 其中, $\overline{\mu_{ij}}$ 和 $\overline{c_{ij}}$ 分别表示初始图像补片和校正器图像补片中的平均像素值。

[0079] 之后根据以下公式计算最终经校正的图像 f_{ij} 的像素值:

$$[0080] \quad f_{ij} = \mu_{ij} - t_{ij} c_{ij}$$

[0081] 在一个实施例中, t_{ij} 的值的范围被定窗宽并转变至可由削波函数A选择的范围。

[0082] 在一个实施例中,部分正弦的函数被定义:

$$[0083] \quad A(t) = \begin{cases} 1 & t < t_0 \\ 0.5 + 0.5 \cos(\pi(t + t_0)/t_0) & t_0 \leq t \leq 0 \\ 0 & 0 < t \end{cases}$$

[0084] 在该公式中, $A(t)$ 表示在正相关($t_{ij}=1$)的0和完美反相关($t_{ij}=-1$)(即负相关)的1之间变化的控制参数,并且定义了这两个机值之间的平滑正弦转变。

[0085] 截止参数 t_0 在-1和0之间变化,并定义一个截止点,在该截止点处相关系数 t_{ij} 被认为是“足够负的”,以保证由校正器图像 c_{ij} 在该点 i, j 处所应用的校正动作是不变的,即未衰减的。

[0086] 之后使用削波函数 $A(t)$,将最终经校正的图像像素计算为:

$$[0087] \quad f_{ij} = \mu_{ij} + A(t) c_{ij}$$

[0088] 在一个实施例中,通过利用分割器跟踪表示骨骼或其他高密度物质的区域来使补

片之间的相关性变得更鲁棒。之后在相对于该补片计算相关系数之前将这些区域从各自的补片排除。

[0089] 在另一实施例中,控制器140被配置成根据相对于每对补片的熵来计算权重。

[0090] 在基于熵的实施例中,针对每个补片对的权重由下面的公式确定:

$$[0091] \quad \min_{A'} H(\mu_{\Omega_{ij}} + A'c_{\Omega_{ij}})$$

[0092] 换言之,控制器140被配置为求解:

$$[0093] \quad A_{ij} = \arg \min H(\text{直方图}(\mu_{\Omega_{ij}} + A'c_{\Omega_{ij}})); A' \in [a;b] \subset \mathbb{R} \quad (1),$$

[0094] 其中,H表示熵函数

$$[0095] \quad H(P) = -\sum_i p_i \log p_i$$

[0096] 并且, $\mu_{\Omega_{ij}}$ 和 $c_{\Omega_{ij}}$ 表示初始图像和校正图像,每个均被限制到所选择的补片 Ω_{ij} 。

[0097] 熵函数H能够通过如上述公式(1)所示地针对每个补片建立像素水平强度直方图来计算。针对每个补片定义像素值的间隔(“箱”)并且记录数值落入任何一个箱中的像素的数目。

[0098] 由具有在各自的箱范围中的值的像素的归一化分数针对每个箱近似P的数值 p_i ,得到期望的直方图。

[0099] 之后该直方图能够用作随机变量X的概率密度函数 $P=(p_i)$ 的近似,补片中的每个像素值 i,j 被视为独立同分布的像素值随机变量X的样本。

[0100] 根据一个实施例, $a=-0.5$ 并且 $b=1.5$,但是应理解,也可以根据即时伪影校正问题的需求选择另一种合理的解空间。允许大于1的值考虑了伪影强度被低估的情况。如果伪影结构的形状已被正确估计但具相反的强度,则 A_{ij} 的负值可以出现。

[0101] 在校正参数的公式(1)中,在矩阵的矢量空间中形成受限图像的线性组合。标量 A_{ij} 测量应该在补片 Ω_{ij} 中添加多少校正器图像 c_{ij} 的校正动作,由此加入尽可能少的图像信息,即将线性组合的图像的熵最小化。

[0102] 在一个实施例中,以10亨斯菲尔德单位(HU)的增量选择直方图的箱,并且默认邻域尺寸为 11×11 像素。

[0103] 所述装置允许用户配置箱水平和默认邻域尺寸。

[0104] 在任何给定图像点 i,j 处求解A之后,各自的邻域中心点 i,j 处的校正动作之后根据由作为图像结构度量的其邻近对的熵所测量的程度来由 A_{ij} 加权:

$$[0105] \quad f_{ij} = \mu_{ij} + A_{ij}c_{ij}$$

[0106] 使用两个补片的组合图像的熵作为权重确保得到的最终经校正的图像具有最小量的图像特征。由此,确保了校正器的应用不会增加新的伪影,亦即,初始图像中先前没有的新图像信息或特征。

[0107] 在一个实施例中,权重 A_{ij} 被限制于具有 $a=0$ 和 $b=1$ 的单位间隔。如果校正器图像仅包含已经存在于初始图像 μ_{ij} 中的伪影结构,则被计算为单位间隔中的最小熵的参数将假定为值1或接近1。

[0108] 如果校正器图像 c_{ij} 只包含不存在于初始图像 μ_{ij} 中的新图像信息(新伪影),则权重 A_{ij} 将被假设为值为0或接近0。

[0109] 在另一个实施例中,在贝叶斯估计器框架中对所计算的权重进行合理性检查。不可能的值被丢弃,并且例如通过根据下式确定 A_{ij} 而被复位到最可能的值:

$$A_{ij} = \min_{A'} H(\mu_{\Omega_{ij}} + A'c_{\Omega_{ij}}) - p(A'),$$

[0111] 其中, p 是针对加权因子的先验概率函数(也被称为“先验”),例如预期值为1的高斯分布函数。

[0112] 在任一上述实施例中,校正器140还能够被配置为当选择尺寸例如选择补片的边缘宽度或直径时使用所计算的熵。在这种方法中,补片是基于校正图像 c_{ij} 的该补片中的信息内容而被选择的。

[0113] 根据由补片包围的像素区域的熵来选择补片将导致节省CPU时间并且改善最终经校正的图像的质量。使用熵允许区分信息丰富的图像区域和几乎没有结构的平坦区域。校正图像 c_{ij} 中的平坦区域具有为尖峰的像素值直方图,因此该区域具有高的熵,换言之,使用熵函数 H 作为结构度量将导致针对该区域选择比平均值更大的邻域或补片。另一方面,如果校正图像 c_{ij} 中的区域含有更多的图像结构,例如条纹、阴影或奇点,则该区域的像素值直方图很可能显示出几个峰,因此将具有更高的熵。在此高熵的情况下,控制器140被配置为在该区域中选择小于平均值的补片。根据一个实施例,因此自适应地根据由补片所包围的区域的熵来选择补片。

[0114] 根据一个实施例,默认补片尺寸被选择并且根据在该补片中计算的熵而被缩放。控制器140使用可配置的平均熵值来影响相对于该平均值的比例。

[0115] 在其他实施例中,控制器140实施不同于熵的其他图像结构度量,例如图像值的方差或与平均值的平均绝对差。

[0116] 参考图3,示出针对图像伪影校正图像的方法的流程图。

[0117] 在步骤S305中,接收初始图像。

[0118] 在步骤S310中,初始图像被转发到现有伪影校正器以从那里接收经校正的图像的样本。该样本校正图像是由伪影校正器实施的伪影校正器算法应用于初始图像的估计校正动作的结果。

[0119] 在步骤S320中,将初始图像与校正样本图像进行比较。之后该比较的结果被记录为表示伪影校正器对初始图像中的每个初始图像点 i, j 的校正动作的校正器图像。

[0120] 在一个任意的步骤中,默认的邻域尺寸被调整(S330),直到在先前设置的默认尺寸的校正器图像邻域中的图像信息的熵超过预定阈值。阈值和默认尺寸都是可配置的,并且调整手段一般放大邻域以确保足够量的熵。熵的合理量可以是例如0.05或0.1。

[0121] 之后,在步骤S340中,各自的校正动作被以加权方式自适应地重新应用于初始图像中的多个图像点中任何一个。每个影像点用于校正动作的加权的权重涉及该图像点周围的邻域中的图像信息能由校正器图像中的对应邻域中的对应图像信息补偿的程度。所述多个图像点可以包括初始图像中的所有图像点(除了沿边界或图像框架的图像点的带)或者包括已经确立为最有可能包括图像伪影的图像点的选集。分割步骤可以用于将图像平面适当地修剪到感兴趣区域。任选地,以类似的方式,图像平面可以被修整以排除图像背景区域。

[0122] 在一个实施例中,权重被计算以针对每个邻域将来自各自的初始图像邻域和对应校正器图像邻域两者的图像信息的组合的熵最小化。

[0123] 在一个备选实施例中,每个邻域的权重被计算为各自的初始图象邻域中的图像信息与对应校正器图象邻域中的对应图像信息之间的统计相关系数。

[0124] 在本发明的另一个示范性实施例中,提供一种计算机程序或计算机程序单元,其特征在于,适于在适当的系统上执行根据前述实施例之一的方法的方法步骤。

[0125] 计算机程序单元因此可以被存储在计算机单元上,所述计算机单元也可以是本发明的实施例的一部分。该计算单元可以适于执行或诱导执行上述方法的步骤。此外,其可以适于操作上述装置的部件。该计算单元能够适于自动操作和/或执行用户的命令。计算机程序可以被加载到数据处理器的存储器中。数据处理器因此可以被装配以执行本发明的方法。

[0126] 本发明的示范性实施例涵盖以下两者,从一开始就使用本发明的计算机程序,以及借助更新将现有程序转化成使用本发明的程序的计算机程序。

[0127] 进一步地,该计算机程序单元可以能够提供所有必要的步骤来完成如上所述的方法的示范性实施例的流程。

[0128] 根据本发明的另一示范性实施例,提出一种计算机可读介质,例如CD-ROM,其中,所述计算机可读介质具有存储在其上的计算机程序单元,该计算机程序单元是由前一节所描述的。

[0129] 计算机程序可以被存储和/或分布在适当的介质上,所述介质例如是与其他硬件一起供应或作为其他硬件的一部分供应的光学存储介质或固态介质,但是计算机程序也可以以其他形式分布,例如经由因特网或者其他有线或无线的远程通信系统。

[0130] 然而,计算机程序也可以被提供在诸如万维网的网络上,并能够从这样的网络被下载到数据处理器的存储器中。根据本发明的另一个示范性实施例,提供一种用于使计算机程序单元可用于下载的介质,该计算机程序单元被布置为执行根据本发明的前述实施例之一的方法。

[0131] 应注意,本发明的实施例是参考不同的主题进行描述的。具体而言,一些实施例是参考方法类型权利要求描述的,而其他实施例是参考设备类型权利要求描述的。然而,本领域技术人员将会从上文以及下文的描述中总结出,除非另外指出,除属于一种类型的主题的特征的任意组合外,涉及不同主题的特征之间的任何组合也被认为在本申请中公开。例如,实施例是参考CT扫描器进行描述的,但是其也能够被容易地应用于3D X射线成像。此外,所有的特征能够被组合以提供大于这些特征的简单相加的协同效应。

[0132] 尽管已经在附图和前面的描述中详细说明并描述了本发明,但这样的说明和描述应当被认为是说明性或示范性的,而不是限制性的。本发明不限于所公开的实施例。通过研究附图、说明书以及从属权利要求,本领域技术人员在实施要求保护的发明时可以理解和实现所公开实施例的其他变型。

[0133] 在权利要求中,词语“包括”不排除其他元件或步骤,并且量词“一”或“一个”不排除多个。单个处理器或其他单元可以实现权利要求中记载的几个项目的功能。在互不相同的从属权利要求中记载特定措施并不指示不能有利地使用这些措施的组合。权利要求书中的任何附图标记不得被解释为对范围的限制。

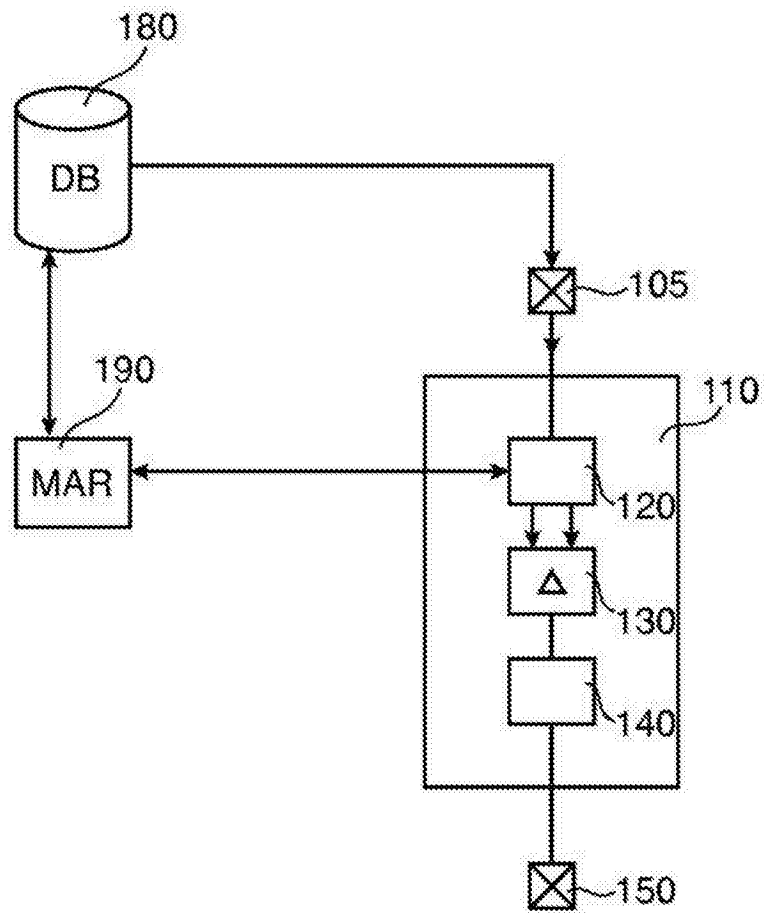


图1

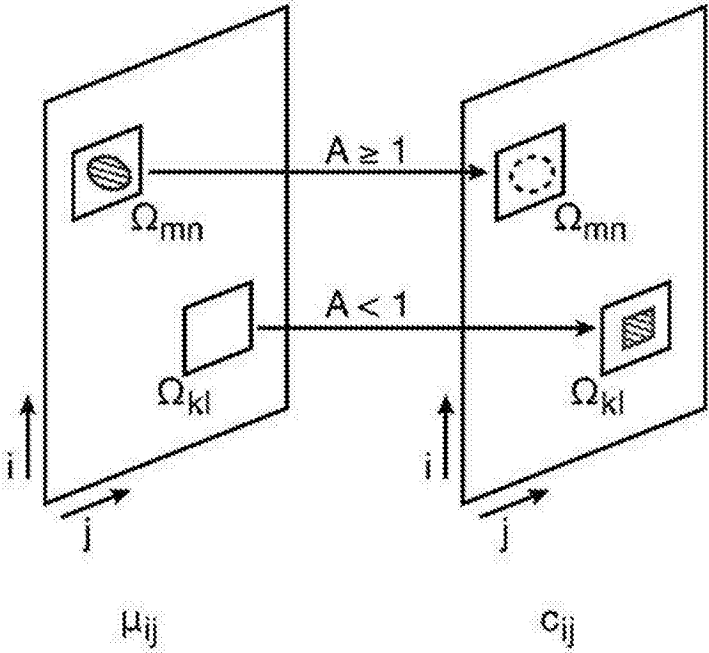


图2

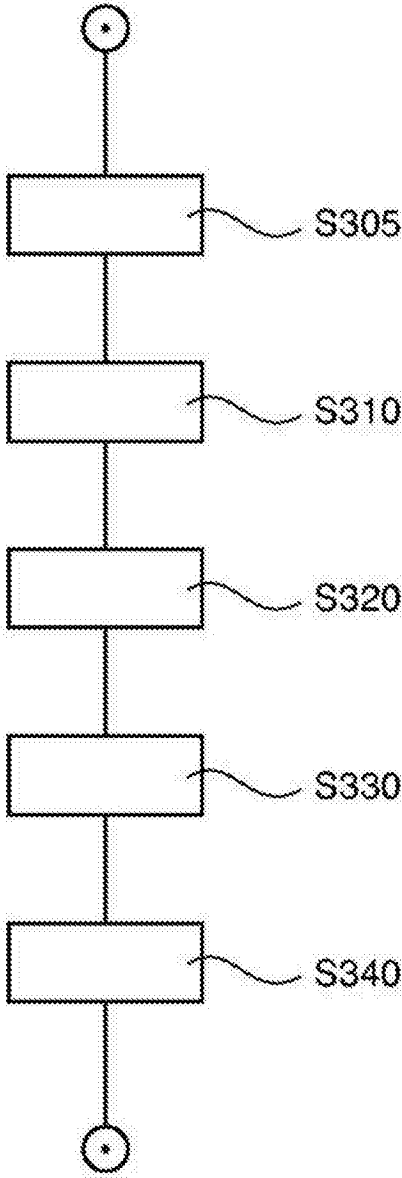


图3