



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111031916 B

(45) 授权公告日 2021.07.06

(21) 申请号 201880042867.X
 (22) 申请日 2018.05.18
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 111031916 A
 (43) 申请公布日 2020.04.17
 (30) 优先权数据
 15/598,476 2017.05.18 US
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2019.12.26
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/US2018/033330 2018.05.18
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02018/213667 EN 2018.11.22
 (73) 专利权人 达索系统西姆利亚公司
 地址 美国罗得岛
 (72) 发明人 S·梅尔奇欧纳 B·菲克斯
 (74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
 有限公司 11038
 代理人 周衡威

(51) Int.Cl.
 A61B 6/00 (2006.01)
 G06T 5/00 (2006.01)
 G06T 17/00 (2006.01)
 (56) 对比文件
 CN 106659399 A, 2017.05.10
 EP 1273667 A1, 2003.01.08
 US 2011142318 A1, 2011.06.16
 CN 104252714 A, 2014.12.31
 US 2014088414 A1, 2014.03.27
 CN 105830123 A, 2016.08.03
 P. Eslami, J.-H. Seo, et.
 al..Computational Study of Computed
 Tomography Contrast Gradients in Models
 of Stenosed Coronary Arteries.《Journal of
 Biomechanical Engineering》.2015,第137卷
 091002-1~091002-11.

审查员 陈林杰

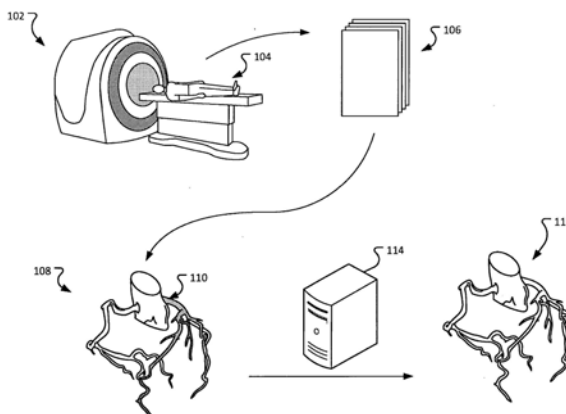
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

改善CT扫描结果

(57) 摘要

描述了一种用于校正血管系统的医学图像的对比度水平的方法、系统和计算机程序产品。该方法之一包括识别全局参考对比度水平。该方法包括对于表示血管系统内的位置的每个图像位置,通过将该位置的原始对比度水平与全局参考对比度水平除以局部参考对比度水平的比率相乘来确定经校正的对比度水平。



1. 一种用于校正由对血管系统的CT扫描所产生的图像的对比度水平的系统,所述系统包括:

一个或多个处理设备和存储指令的一个或多个硬件存储设备,所述指令当由所述一个或多个处理设备执行时,能够操作以使所述一个或多个处理设备执行以下操作:

识别所述图像内的参考对比度水平;

从所述图像中的感兴趣的至少一部分生成图结构,其中所述图像中的感兴趣的至少一部分的像素被表示为所述图结构的节点;

计算多个局部参考对比度水平;

通过用于以下操作的指令,为所述节点中的至少一些节点迭代地确定经校正的对比度水平:

将所述至少一些节点中的给定节点的原始对比度水平与所述参考对比度水平除以作为该给定节点的最近局部参考对比度水平的局部参考对比度水平的比率相乘;以及

从所述图中的包括所述至少一些节点的节点,产生经校正的图像。

2. 如权利要求1所述的系统,其中,所述参考对比度水平是从表示主动脉口内的位置的参考位置确定的。

3. 如权利要求1所述的系统,其中,所述指令还包括用于以下操作的指令:
在监视器上显示所述经校正的图像。

4. 如权利要求3所述的系统,其中,所述指令还包括用于以下操作的指令:
基于所述血管系统的所述经校正的图像来生成流体流动模拟。

5. 如权利要求3所述的系统,其中,所述指令还包括用于以下操作的指令:
基于所述血管系统的所述表示来生成身体模型。

6. 如权利要求1所述的系统,其中,所述指令还包括用于以下操作的指令:
在所述图中识别与所述血管系统的远末端对应的节点;以及
在所述图中为表示对应的远末端的每个节点设置标记。

7. 如权利要求6所述的系统,还包括用于以下操作的指令:
将作为所述血管系统的起始区域的节点识别为对比度水平的参考点;
识别所述血管系统内的路径集合,所述路径集合中的每个路径将所述起始区域中的该节点连接到与远末端对应的识别出的节点之一;

识别每个路径的中心线以提供计算出的所述多个局部参考对比度水平。

8. 一种用于校正由对血管系统的CT扫描所产生的图像的对比度水平的计算机实现的方法,所述方法包括:

识别所述图像内的参考对比度水平;

从所述图像中的感兴趣的至少一部分生成图结构,其中所述图像中的感兴趣的所述至少一部分中的像素被表示为所述图结构的节点;

计算多个局部参考对比度水平;

通过将所述节点中的至少一些节点中的给定节点的原始对比度水平与所述参考对比度水平除以作为该给定节点的最近局部参考对比度水平的局部参考对比度水平的比率相乘,为所述至少一些节点迭代地确定经校正的对比度水平;以及

从所述图中的包括所述至少一些节点的节点,产生经校正的图像。

9. 如权利要求8所述的计算机实现的方法,其中,所述参考对比度水平是从表示主动脉口内的位置的参考位置确定的。

10. 如权利要求8所述的计算机实现的方法,还包括在监视器上生成显示所述经校正的图像。

11. 如权利要求10所述的计算机实现的方法,还包括基于所述经校正的图像来生成流体流动模拟。

12. 如权利要求10所述的计算机实现的方法,还包括基于所述血管系统的所述表示来生成身体模型。

13. 如权利要求8所述的计算机实现的方法,还包括:
在所述图中识别与所述血管系统的远末端对应的节点;以及
在所述图中为表示对应的远末端的每个节点设置标记。

14. 如权利要求13所述的计算机实现的方法,还包括:
将作为所述血管系统的起始区域的节点识别为用于所述对比度水平的参考点;
识别所述血管系统内的路径集合,所述路径集合中的每个路径将所述起始区域中的该节点连接到与远末端对应的识别出的节点之一;
识别每个路径的中心线以提供计算出的所述多个局部参考对比度水平。

15. 一种包括指令的计算机可读介质,所述指令用于校正由对血管系统的CT扫描所产生的图像的对比度水平,所述指令在由计算机系统执行时使得计算机系统执行以下操作:

识别作为所述图像内的参考对比度水平的节点;

从所述图像中的感兴趣的至少一部分生成图结构,其中所述图像中的感兴趣的所述至少一部分中的像素被表示为所述图结构的节点;

计算多个局部参考对比度水平;以及

通过用于以下操作的指令,为所述节点中的至少一些节点迭代地确定经校正的对比度水平:

将所述至少一些节点中的给定节点的原始对比度水平与所述参考对比度水平除以作为该给定节点的最近局部参考对比度水平的局部参考对比度水平的比率相乘;以及

从所述图中的包括所述至少一些节点的节点,产生经校正的图像。

16. 如权利要求15所述的计算机可读介质,还包括用于以下操作的指令:

将作为所述血管系统的起始区域的节点识别为所述对比度水平的参考点;

识别与所述血管系统的远末端对应的节点;

识别所述血管系统内的路径,所述路径将所述起始区域中的识别出的节点连接到与远末端对应的识别出的节点;

识别所述路径的中心线以提供计算出的所述多个局部参考对比度水平。

改善CT扫描结果

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2017年5月18日提交的美国申请第15/598,476号的权益。在先申请的公开被认为是本申请的公开的一部分,并且通过引用被结合在本申请的公开中。

背景技术

[0003] 计算机断层扫描(CT)扫描利用从不同角度拍摄的X射线图像的组合来生成被扫描对象的具体区域的截面图像。

[0004] CT扫描用于各种不同的医学应用中,包括对头部、肺脏、肺系统、心脏和腹部区域的分析。CT扫描可被用于检测血管系统中的狭窄(stenosis)。

发明内容

[0005] 本说明书描述了与医学图像处理有关的技术。

[0006] 本文描述了一种用于校正血管系统的医学图像的对比度水平的方法、计算机程序产品和系统。

[0007] 一般地,本说明书中描述的主题的一个方面可以以包括识别全局参考对比度水平的动作的方法来实现。该方法包括针对表示血管系统内的位置的每个图像位置,通过将该位置的原始对比度水平与全局参考对比度水平除以局部参考对比度水平的比率相乘来确定经校正的对比度水平的动作。该方法还包括产生医学图像的动作,在该医学图像中使用经校正的对比度来调整每个图像位置处的对比度。

[0008] 该方面的其他实施例包括被记录在一个或多个计算机存储设备上的对应的计算机系统、装置和计算机程序,每一者被配置为执行所述方法的动作。一个或多个计算机的系统可以被配置为借助于在系统上安装软件、固件、硬件或它们的组合来执行特定的操作或动作,该软件、固件、硬件或它们的组合在操作中导致系统执行这些动作。一个或多个计算机程序可以被配置为借助于包括指令来执行特定的操作或动作,该指令当由数据处理装置执行时导致该装置执行这些动作。

[0009] 前述和其他实施例可以各自可选地单独或组合地包括以下特征中的一个或多个。可以从表示主动脉口(aorta ostium)内的位置的参考位置确定全局参考对比度水平。该方法可以包括基于具有经校正的对比度水平的图像位置生成血管系统的表示的动作。该方法可以包括基于血管系统的表示来生成流体流动模拟的动作。该方法可以包括基于血管系统的表示来生成身体模型的动作。该方法可以包括将血管系统的表示呈现给医生的动作。该方法可以包括以下动作:将血管系统的起始区域识别为全局对比度水平的参考点,识别血管系统的远末端,识别血管系统内的路径集合,该路径集合中的每个路径将起始区域连接到远末端中的一个,识别每个路径的中心线,并且对于表示血管系统内的位置的每个图像位置,使用最近的中心线位置的对比度水平作为局部参考对比度水平。

[0010] 本说明书中描述的主题的一个或多个实施例的细节在附图和以下描述中阐述。通过说明书、附图和权利要求书,本主题的其他特征、方面和优点将变得清楚。

附图说明

- [0011] 图1是示出了使用CT扫描的感兴趣区域的三维图像的图。
- [0012] 图2示出了冠状动脉系统的一部分的校正前的表示。
- [0013] 图3是用于校正TAG对CT扫描的影响的过程的示例的流程图。
- [0014] 图4示出了应用于冠状动脉系统的一部分的表示的图3中描述的过程的示例。
- [0015] 在各个附图中,相同的参考数字和标示表示相同的元素。

具体实施方式

[0016] 图1是示出了使用CT扫描的感兴趣区域的三维图像的图。计算机断层扫描(CT)是一种计算机化的成像程序,在该成像程序中,X射线的窄束对准患者并快速围绕身体旋转,从而产生由机器的计算机处理以生成截面图像的信号。CT扫描仪102使用绕患者104旋转的电动化的X射线源。每次X射线源完成一个完整的旋转,CT计算机就构造患者的2D图像切片106。该系统可以拍摄患者的多个图像切片106。

[0017] 图像切片可以被用于生成患者104的感兴趣区域的3D图像。在该示例中,感兴趣区域是冠状动脉系统的一部分。然而,使用2D图像切片生成的3D图像并不完美。与CT扫描中使用的X射线技术相耦合的医学过程引入扭曲3D图像的伪影。这些伪影导致冠状动脉系统的表示中的不准确性。

[0018] 计算机系统114可以调整3D图像以去除和/或补偿这些不准确性,并且从而产生冠状动脉的更准确的3D表示112。

[0019] 图2示出了冠状动脉系统200的一部分的校正前的表示。通常通过注射碘化造影液(iodinated contrast liquid)来相对于背景增强血管信号从而获取冠状动脉的CT图像。造影剂以瞬时方式注入,并且因此不能均匀地填充冠状动脉树,具体地,造影剂通常在主动脉区域(口202)中较高且在外围区域较低。此外,该现象在狭窄(身体通路的异常变窄)附近呈现非线性和强烈的调制。这些观察结果被广泛地称为经腔衰减梯度(Transluminal Attenuation Gradient, TAG)。这些非线性和调制使得更难以识别狭窄,因为很难辨别对比度的差异是由造影液的不均匀性导致的还是由于狭窄。

[0020] 在该示例中,冠状动脉系统200示出了TAG的示例,不同区域(例如,区域204、206、208和210)具有不同的对比度基础水平。不同的对比度水平可能导致狭窄比实际情况更严重,或者可能引入其他不准确性。尽管图示显示的区域在特定区域内具有均匀的对比度,但是这样的一致性不是必需的,且在此仅被用于图示的目的。相反,对比度水平可能会在整个3D图像中连续地变化。

[0021] TAG取决于无法提前预测的多个生理和解剖因素。放射科医生在解释血管形态时考虑TAG带来的可能且频繁的偏差,但只能经由视觉的、基于经验的方法。此经验是个体的放射科医生独有的,并且以前在使用软件或程序化算法技术中不是可复制的。

[0022] 因此,对于冠状动脉疾病的定量评价、诊断评估两者和/或对于模拟冠状血管重建体中的血流,存在对于比视觉检查更准确的、允许正确解释冠状动脉内腔形态的需求。

[0023] TAG导致的一个问题是TAG引起逐渐变窄的效应,这导致内腔在远端区域显得更小。当将基于阈值的分割被应用于具有TAG的血管时,所得到的血管的截面面积小于患者的血管的实际截面面积。该效应与位置距主动脉的距离有关,并且将伪影引入血管形状。期望

校正TAG,以使得对血管内腔的视觉评估由于伪影的减少而更加准确、对血管内腔的定量评价接近现实、并且基于单个通用阈值数值的分割方法可以被可靠地用于分割整个冠状动脉树。

[0024] 计算机系统可以导航穿过冠状动脉树、探查局部对比度水平、校正局部衰减和/或调制、并基于通常在主动脉中获取的参考水平来恢复对比度水平。所得到的经校正的图像展示出造影剂更理想地填充整个冠状动脉的特征。这进而允许基于阈值的图像分割过程生成感兴趣区域的精确重建的几何形状。

[0025] 下述系统的另一个优点是该过程快速且经济。这样,它不会过多地对计算机系统的计算资源造成负担,并且可以近实时地被执行。

[0026] 图3是用于校正TAG对CT扫描的影响的过程300的示例的流程图。该过程可以由分析CT扫描的计算机系统执行。将参考图4来描述过程300。图4示出了应用于冠状动脉系统400的一部分的表示的过程300的示例。

[0027] 过程300在步骤301中确定主动脉口中的参考点(例如,图4的参考点402)。在一些实现方案中,可以通过将标记放置在3D图像上来手动确定参考点。在一些实现方案中,可以通过识别主动脉来自动确定参考点。例如,可以使用滤波器来识别主动脉,该滤波器跟踪并识别主动脉的规则的圆形截面。

[0028] 过程300在步骤302中识别感兴趣区域(在该示例中,感兴趣区域是冠状系统的区域),该感兴趣区域包含主动脉和相关联的血管结构(例如,图4的感兴趣区域400)。可以通过造型(sculpt)、半自动或自动的传统方法来执行对感兴趣区域的识别。在一些实现方案中,可以将感兴趣区域作为部分初始设置提供给系统。

[0029] 过程300在步骤304中将感兴趣区域重写为连接图。该图可以基于CT图像切片或初始3D图像来生成,其中,每个像素是图中的节点并且相邻像素通过叶连接。

[0030] 过程300在步骤306中分析该图,找到远末端。该过程可以为每个识别出的远末端设置标记。

[0031] 过程300在步骤308中确定从口到标记的中心线。例如,该过程可以执行从口到每个标记的最佳路径算法(例如,使用Dijkstra方法)。最佳路径可以被认为是该路径的中心线(例如,图4的中心线404)。

[0032] 过程300在步骤310中识别中心线上的每个节点/像素的对比度水平。

[0033] 过程300在步骤312中过滤掉对比度水平的高频值。例如,该过程可以使用线性卷积(计算被作为输入给出的线性空间不变量和相应响应的输出的运算)或低通滤波器(使频率低于某个截止频率的信号通过并使频率高于该截止频率的信号衰减的滤波器)。在一些实现方案中,该过程可以使用其他滤波和/或空间平滑技术来过滤高频值。

[0034] 对于3D图像中的所有像素,过程300在步骤314中在所有可能的中心线中确定中心线上到相应像素的最近点。例如,参考图4,对于像素/节点406,该过程可以将中心线404上的点408识别为最近点。

[0035] 过程300通过将每个像素的原始对比度与口对比度水平除以最近的中心线点的对比度的比率相乘来在步骤316中校正每个像素的对比度水平。例如,参考图4,为了校正像素/节点406的对比度水平,系统可以将像素/节点406处的对比度乘以参考点402处的对比度与中心线404上的最近点408处的对比度的比率。

[0036] 造影剂不均匀性自发地发生在冠状动脉CT中,并且在存在狭窄的情况下尤其强烈。上述局部调整使得能够使用单个通用阈值来确定血管树,而无需对血管壁或局部形态的先验知识。

[0037] 该方法进一步颠覆了传统的观念,即应该使用局部阈值进行血管分割,或者应使用其他但更复杂的方法(分水岭、区域生长、梯度检测等)来确定内腔。

[0038] 系统对内腔的细节、动脉分支的程度、多个严重程度不同的多发性钙化和非平凡性钙化或狭窄的存在不敏感,这使得它是普遍适用的方法。

[0039] 该系统也可以被应用于其他类型的基于CT或MRI的成像模态,只要利用了造影液,或者通过使用遵循相同类型原理的造影剂(在瞬时期间并且在造影剂均匀填充整个区域之前局部注入和图像采集)。

[0040] 该过程重新校准原始3D图像。新的或经更新的3D图像形成感兴趣区域的3D表示。该过程的应用包括狭窄或其他心血管问题的诊断、冠状动脉系统的几何重建和/或通过模拟再现血液流动模式。

[0041] 本说明书中描述的主题和操作的实施例可以在数字电子电路中或在计算机软件、固件或硬件中实现,包括本说明书中公开的结构及其结构等效物,或者以它们其中的一个或多个的组合来实现。本说明书中描述的主题的实施例可以被实现为一个或多个计算机程序(即,计算机程序指令的一个或多个模块,该指令被编码在计算机存储介质上以由数据处理装置执行或控制数据处理装置的操作)。计算机存储介质可以是或被包括在计算机可读存储设备、计算机可读存储基板、随机或串行访问存储器阵列或设备、或它们其中的一个或多个的组合中。计算机存储介质也可以是或被包括在一个或多个单独的物理部件或介质(例如,多个CD、盘或其他存储设备)中。该计算机存储介质可以是非暂时性的。

[0042] 本说明书中描述的操作可以被实现为由数据处理装置对存储在一个或多个计算机可读存储设备上或从其他源接收到的数据执行的操作。

[0043] 术语“数据处理装置”涵盖用于处理数据的所有种类的装置、设备和机器,包括例如可编程处理器、计算机、片上系统或前述各项当中的多个或组合。该装置可以包括专用逻辑电路(例如FPGA(现场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路))。除了硬件之外,该装置还可以包括为所讨论的计算机程序创建执行环境的代码(例如,构成处理器固件、协议栈、数据库管理系统、操作系统、跨平台运行时环境、虚拟机或它们其中的一个或多个的组合的代码)。装置和执行环境可以实现各种不同的计算模型基础设施,例如web服务、分布式计算和网格计算基础设施。

[0044] 计算机程序(也被称为程序、软件、软件应用、脚本或代码)可以以任何形式的编程语言编写,包括编译语言或解释语言、声明性语言或过程性语言或面向对象的语言或功能性语言,并且可以以任何形式进行部署,包括作为独立程序或作为适合在计算环境中使用的模块、部件、子例程、服务、对象或其他单元。计算机程序可以但不必对应于文件系统中的文件。程序可以被存储在保存其他程序或数据的文件的一部分(例如,被存储在标记语言文档中的一个或多个脚本)中,在专用于所讨论的程序的单个文件中、或在多个经协调的文件(例如,存储一个或多个模块、子程序或代码部分的文件)中。可以部署计算机程序以在一个计算机上执行或在位于一个站点上或跨多个站点分布并通过通信网络互连的多个计算机上执行。

[0045] 本说明书中描述的过程和逻辑流程可以由一个或多个可编程处理器执行,该可编程处理器执行一个或多个计算机程序以通过操作输入数据并生成输出来执行动作。过程和逻辑流程也可以由专用逻辑电路(例如,FPGA(现场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路))执行,并且装置也可以实现为专用逻辑电路(例如,FPGA(现场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路))。

[0046] 例如,适合于执行计算机程序的处理器包括通用和专用微处理器两者,以及任何种类的数字、模拟或量子计算机的任何一个或多个处理器。通常,处理器将从只读存储器或随机存取存储器或两者接收指令和数据。计算机的基本元件是用于根据指令执行动作的处理器和用于存储指令和数据的一个或多个存储设备。通常,计算机还将包括或被操作地耦合以从用于存储数据的一个或多个大容量存储设备(例如,电子盘、磁盘、磁光盘或光盘)接收数据或将数据传输到该大容量存储设备或两者,然而,计算机不必具有这样的设备。此外,计算机可以被嵌入到另一个设备(例如,移动电话、个人数字助理(PDA)、移动音频或视频播放器、游戏机控制台、GPS接收器或便携式存储设备(例如,通用串行总线(USB)闪存驱动器)),这里仅仅列举了一些。适合于存储计算机程序指令和数据的设备包括所有形式的非易失性存储器、介质和存储设备,包括例如半导体存储设备(例如EPROM、EEPROM和闪存设备)、磁盘(例如内部硬盘或可移动盘)、磁光盘以及CD ROM和DVD-ROM盘。处理器和存储器可以由专用逻辑电路补充或被并入专用逻辑电路中。

[0047] 为了提供与用户的交互,可以在具有用于向用户显示信息的显示设备(例如,CRT(阴极射线管)或LCD(液晶显示器)监视器)以及用户可通过其向计算机提供输入的键盘和指点设备(例如鼠标或轨迹球)的计算机上实现本说明书中描述的主题的实施例。其他种类的设备也可以用于提供与用户的交互;例如,提供给用户的反馈可以是任何形式的感觉反馈(例如,视觉反馈、听觉反馈或触觉反馈),并且来自用户的输入可以任何形式来接收,包括声音、语音或触觉输入。另外,计算机可以通过向用户使用的设备发送文档和从用户使用的设备接收文档来与用户进行交互(例如,通过响应于从用户的用户设备上的web浏览器收到的请求将web页面发送到该web浏览器)。

[0048] 本说明书中描述的主题的实施例可以在包括后端部件(例如,作为数据服务器)、中间件部件(例如,应用服务器)或前端部件(例如,具有图形用户接口或Web浏览器的客户端计算机,通过其用户可与本说明书中描述的主题的实现方案进行交互),或一个或多个这样的后端、中间件或前端部件的任意组合的计算系统中实现。系统的部件可以通过数字或光数据通信的任何形式或介质(例如,通信网络)互连。通信网络的示例包括局域网(“LAN”)和广域网(“WAN”)、互联网络(例如Internet)和对等网络(例如ad hoc对等网络)。

[0049] 该计算系统可以包括用户和服务器。用户和服务器通常彼此远离,并且通常通过通信网络进行交互。用户和服务器的关系是由于在相应的计算机上运行且彼此之间具有用户-服务器关系的计算机程序而产生。在一些实施例中,服务器将数据(例如,HTML页面)发送到用户设备(例如,出于向与用户设备交互的用户显示数据和从与用户设备交互的用户接收用户输入的目的)。可以在服务器处从用户设备接收在用户设备处生成的数据(例如,用户交互的结果)。

[0050] 尽管本说明书包含许多特定的实现细节,但是这些细节不应被解释为对任何发明或可被要求保护的范围的限制,而是作为专用于特定发明的特定实施例的特征的描述。在

单独的实施例的上下文中在本说明书中描述的某些特征也可以在单个实施例中组合实现。相反,在单个实施例的上下文中描述的各种特征也可以分别在多个实施例中或以任何合适的子组合来实现。而且,尽管以上可以将特征描述为以某些组合起作用并且甚至最初如此要求保护,但是在一些情况下,可以从要求保护的组合中切除来自该组合中的一个或多个特征,并且所要求保护的组合可以针对子组合或子组合的变体。

[0051] 类似地,尽管在附图中以特定顺序描绘了操作,但是这不应被理解为要求以所示的特定顺序或以连续的顺序执行这样的操作,或者执行所有示出的操作以实现期望的结果。在某些情况下,多任务和并行处理可能是有利的。此外,上述实施例中的各种系统部件的分离不应被理解为在所有实施例中都要求这样的分离,并且应当理解,所描述的程序部件和系统通常可以被集成在单个软件产品中或被打包进多个软件产品。

[0052] 因此,已经描述了本主题的特定实施例。其他实施例在所附权利要求的范围内。在一些情况下,可以以不同的顺序执行权利要求中列举的动作,并且仍然实现期望的结果。另外,附图中描绘的过程不一定要求所示的特定顺序或连续顺序来实现期望的结果。在某些实现方案中,多任务和并行处理可能是有利的。

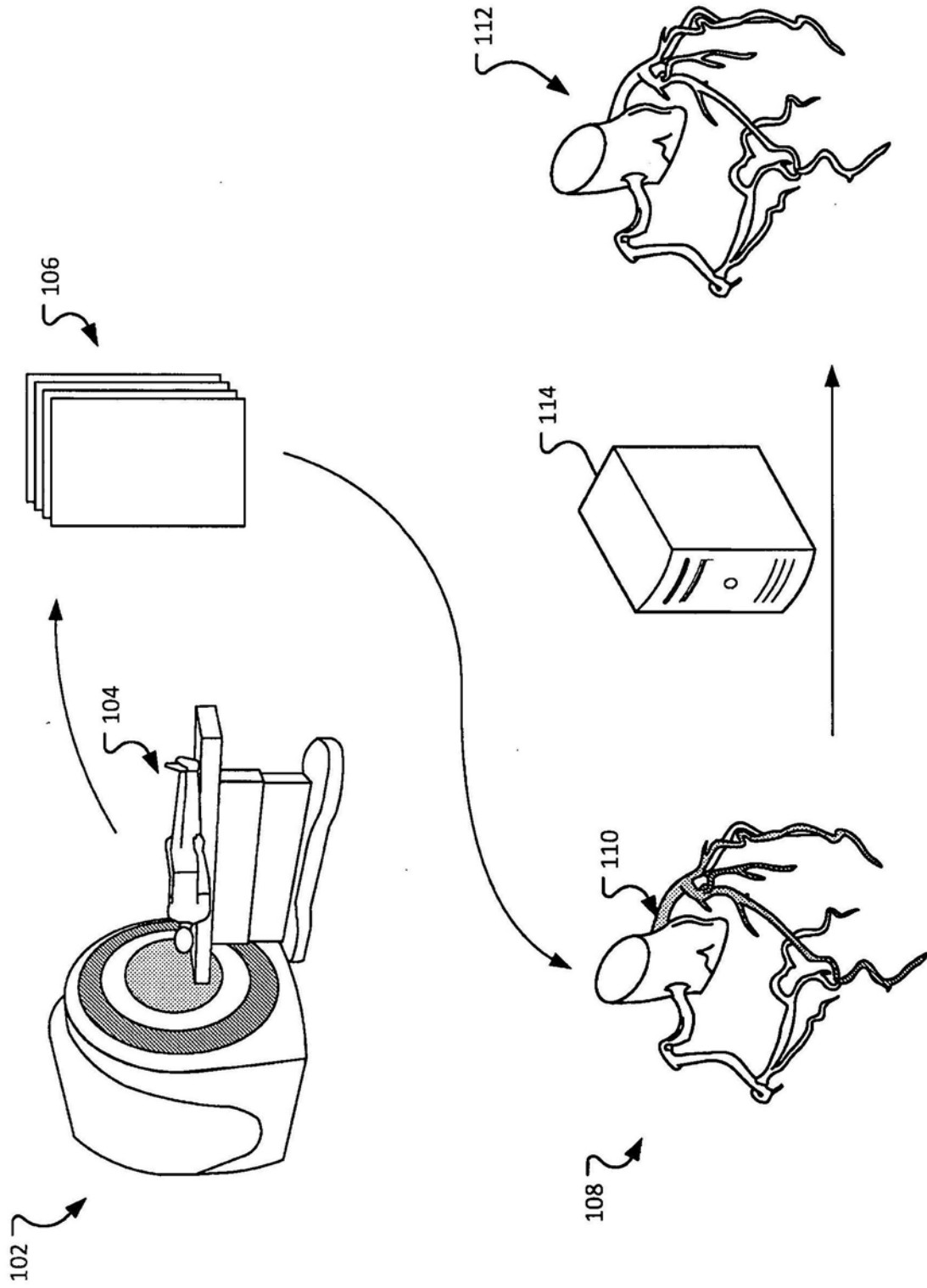


图1

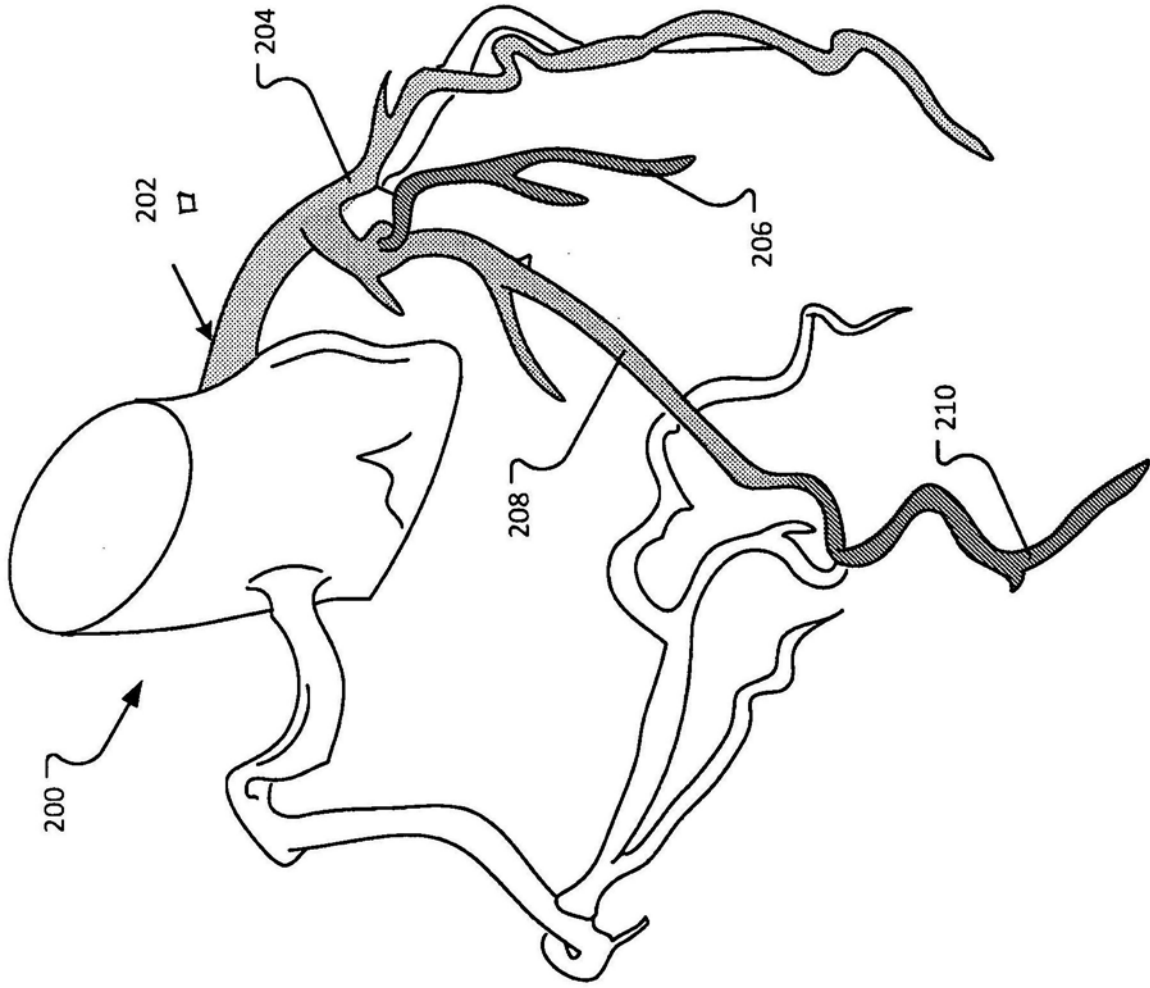


图2

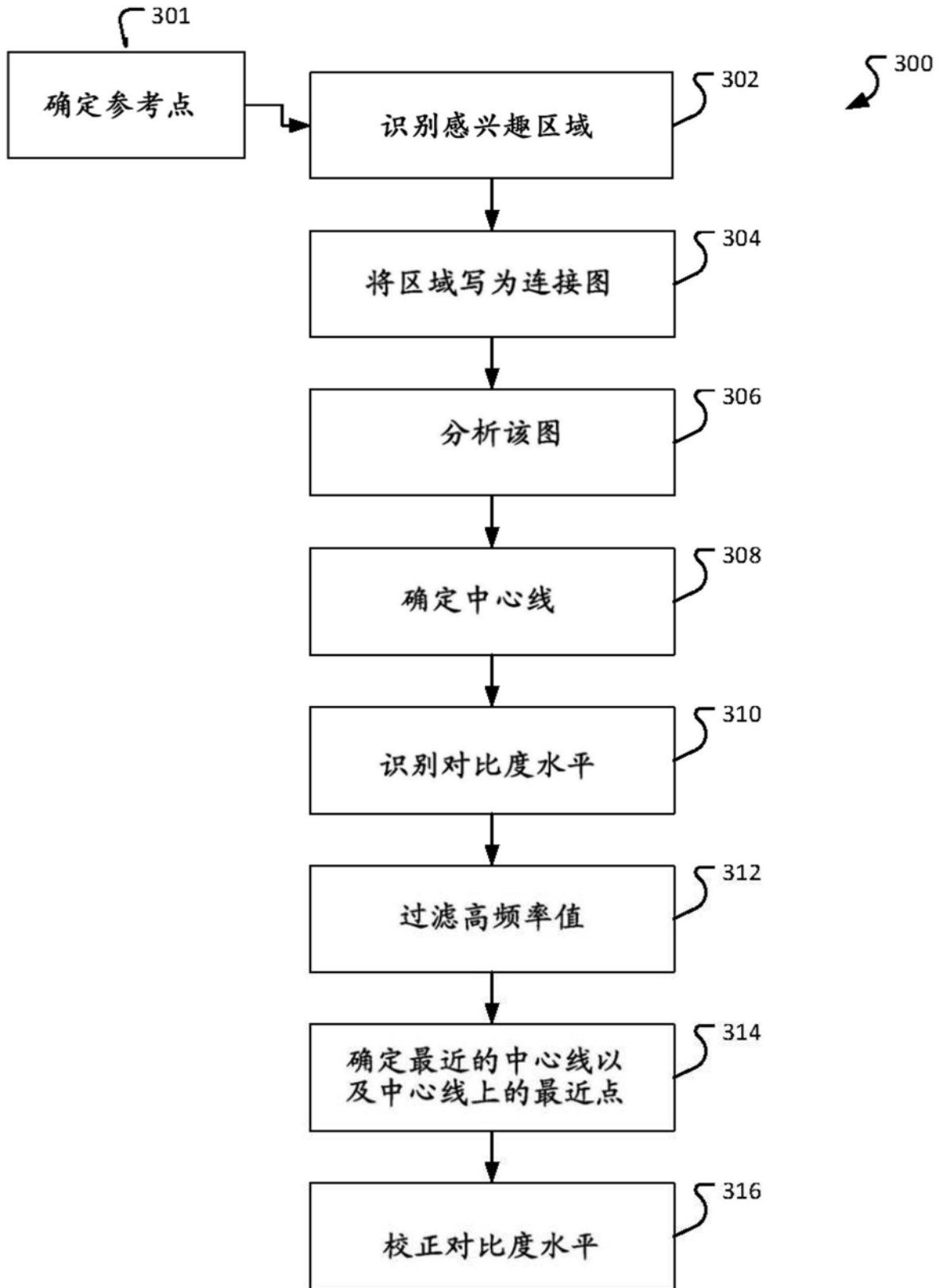


图3



图4