



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102448398 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 09

(21) 申请号 201080023780. 1

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22) 申请日 2010. 05. 14

代理人 黄云铎 陈松涛

(30) 优先权数据

61/182, 767 2009. 06. 01 US

(51) Int. Cl.

A61B 19/00 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 11. 30

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2010/052150 2010. 05. 14

(87) PCT申请的公布数据

W02010/140074 EN 2010. 12. 09

(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

(72) 发明人 A·波波维奇

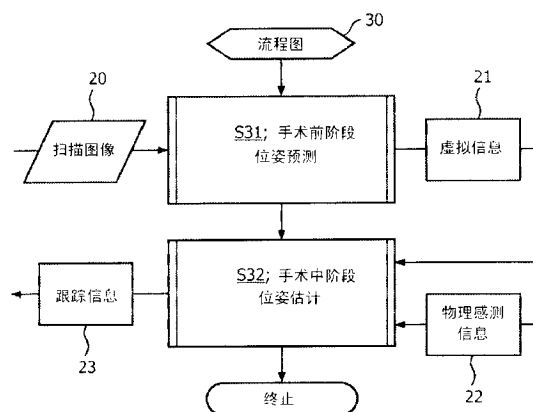
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 10 页

(54) 发明名称

基于距离的位置跟踪方法和系统

(57) 摘要

基于距离的位置跟踪方法 (30) 的手术前阶段涉及在手术工具 (51) 相对于图示身体解剖区域 (40) 的扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 的虚拟导航期间产生从扫描图像 (20) 导出的虚拟信息 (21)。虚拟信息 (21) 包括与手术工具 (51) 距扫描图像 (20) 之内的对象的虚拟距离测量相关联的、对手术工具 (51) 相对于扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 的虚拟位姿预测。该方法 (30) 的手术中阶段涉及在手术工具 (51) 相对于解剖区域 (40) 之内的手术路径 (52) 的物理导航期间产生从手术工具 (51) 与解剖区域 (40) 之内对象的物理距离测量导出的跟踪信息 (23)。跟踪信息 (23) 包括对应于手术工具 (51) 相对于扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 的虚拟位姿预测的、对手术工具 (51) 相对于解剖区域 (40) 之内的手术路径 (52) 的位姿估计。



1. 一种位置跟踪方法 (30), 包括:
产生图示身体的解剖区域 (40) 的扫描图像 (20);
根据手术工具 (51) 的运动学属性产生所述扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52);
相对于所述扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 执行手术工具 (51) 的虚拟导航; 以及
在所述手术工具 (51) 的虚拟导航期间产生所述手术工具 (51) 与所述扫描图像 (20) 之内的对象的虚拟距离的测量。
2. 根据权利要求 1 所述的位置跟踪方法 (30), 还包括:
相对于所述解剖区域 (40) 之内的手术路径 (52) 执行所述手术工具 (51) 的物理导航;
以及
在所述手术工具 (51) 的物理导航期间产生所述手术工具 (51) 与所述解剖区域 (40) 之内的所述对象的物理距离的测量。
3. 根据权利要求 2 所述的位置跟踪方法 (30), 其中, 至少一个距离传感器 (53) 在所述手术工具 (51) 在所述扫描图像 (20) 之内的虚拟导航期间, 虚拟耦合到所述手术工具 (51), 并且在所述手术工具 (51) 在所述解剖区域 (40) 之内的物理导航期间, 物理耦合到所述手术工具 (51)。
4. 根据权利要求 2 所述的位置跟踪方法 (30), 还包括:
将所述物理距离测量匹配到所述虚拟距离测量; 以及
根据所述物理距离测量到所述虚拟距离测量的匹配跟踪所述手术工具 (51) 在所述解剖区域 (40) 之内的位姿。
5. 根据权利要求 4 所述的位置跟踪方法 (30), 其中, 所述物理距离测量到所述虚拟距离测量的匹配包括:
将所述物理距离测量形状匹配到所述虚拟距离测量。
6. 根据权利要求 4 所述的位置跟踪方法 (30), 其中, 所述物理距离测量到所述虚拟距离测量的匹配包括:
将所述物理距离测量差异匹配到所述虚拟距离测量。
7. 根据权利要求 1 所述的位置跟踪方法 (30), 还包括:
将所述手术工具 (51) 相对于所述扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 的预测位姿关联到所述虚拟距离测量; 以及
产生包括虚拟位姿数据集 (21a) 的参数化数据库 (55), 所述虚拟位姿数据集 (21a) 表示所述手术工具 (51) 相对于所述扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 的预测位姿与所述虚拟距离测量的关联。
8. 根据权利要求 7 所述的位置跟踪方法 (30), 还包括:
相对于所述解剖区域 (40) 之内的手术路径 (52) 执行所述手术工具 (51) 的物理导航;
在所述手术工具 (51) 的物理导航期间产生所述手术工具 (51) 与所述解剖区域 (40) 之内的所述对象的物理距离的测量; 以及
根据所述物理距离测量到所述虚拟距离测量的匹配从所述参数化数据库 (55) 读取所述虚拟位姿数据集 (21a)。
9. 根据权利要求 8 所述的基于距离的位置跟踪方法 (30), 还包括:
对应于读取所述虚拟位姿数据集 (21a) 产生图示所述手术工具 (51) 在所述解剖区域

(40) 之内的估计位姿的跟踪位姿图像 (23a) ;以及
向显示器 (56) 提供所述跟踪位姿图像 (23a)。

10. 根据权利要求 8 所述的基于距离的位置跟踪方法 (30), 还包括 :

对应于读取所述虚拟位姿数据集 (21a) 产生表示所述手术工具 (51) 在所述解剖区域 (40) 之内的估计位姿的跟踪位姿数据集 (23b) ;以及
向所述手术工具 (51) 的手术工具控制机构 (180) 提供所述跟踪位姿数据 (23b)。

11. 一种基于距离的位置跟踪方法 (30), 包括 :

产生图示身体的解剖区域 (40) 的扫描图像 (20) ;以及

在相对于所述扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 执行手术工具 (51) 的虚拟导航期间产生虚拟信息 (21),

其中, 所述虚拟信息 (21) 包括与所述手术工具 (51) 距所述扫描图像 (20) 之内的对象的虚拟距离的测量相关联的、手术工具 (51) 相对于所述扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 的虚拟位姿的预测。

12. 根据权利要求 11 所述的基于距离的位置跟踪方法 (30), 还包括 :

在所述手术工具 (51) 相对于所述解剖区域 (40) 之内的手术路径 (52) 的物理导航期间产生所述手术工具 (51) 与所述解剖区域 (40) 之内的所述对象的物理距离的测量 ;以及
产生从所述物理距离测量到所述虚拟距离测量的匹配导出的跟踪信息 (23),

其中, 所述跟踪信息 (23) 包括对应于所述手术工具 (51) 相对于所述扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 的虚拟位姿的预测的、所述手术工具 (51) 相对于所述解剖区域 (40) 之内的手术路径 (52) 的位姿估计。

13. 一种基于距离的位置跟踪系统, 包括 :

手术前虚拟子系统 (171), 用于在手术工具 (51) 相对于图示身体的解剖区域 (40) 的扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 的虚拟导航期间, 产生从所述扫描图像 (20) 导出的虚拟信息 (21),

其中, 所述虚拟信息 (21) 包括与所述手术工具 (51) 距所述扫描图像 (20) 之内的对象的虚拟距离测量相关联的、所述手术工具 (51) 相对于所述扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 的虚拟位姿的预测 ;并且

手术中跟踪子系统 (172), 用于在所述手术工具 (51) 相对于所述解剖区域 (40) 之内的手术路径 (52) 的物理导航期间, 产生从所述手术工具 (51) 与所述解剖区域 (40) 之内的所述对象的物理距离测量导出的跟踪信息 (23),

其中, 所述跟踪信息 (23) 包括对应于所述手术工具 (51) 相对于所述扫描图像 (20) 之内的手术路径 (52) 的虚拟位姿的预测的、所述手术工具 (51) 相对于所述解剖区域 (40) 之内的手术路径 (52) 的位姿估计。

14. 根据权利要求 13 所述的基于距离的位置跟踪系统, 还包括 :

显示器 (160),

其中, 所述手术中跟踪子系统 (172) 还用于向所述显示器 (56) 提供跟踪位姿图像 (23a), 所述跟踪位姿图像 (23a) 图示所述手术工具 (51) 相对于所述解剖区域 (40) 之内的手术路径 (52) 的估计位姿。

15. 根据权利要求 13 所述的基于距离的位置跟踪系统, 还包括 :

手术控制机构 (180),

其中,所述手术中跟踪子系统 (172) 还用于向所述手术控制机构 (180) 提供跟踪位姿数据集 (23b),所述跟踪位姿数据集 (23b) 表示所述手术工具 (51) 相对于所述解剖区域 (40) 之内的手术路径 (52) 的估计位姿。

16. 根据权利要求 13 所述的基于距离的位置跟踪系统,其中,所述手术工具 (51) 是包括导管、内窥镜、针和嵌套插管的手术工具组中的一种。

基于距离的位置跟踪方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及对身体解剖区域之内的手术工具的基于距离的跟踪（例如导管、内窥镜或嵌套插管），以提供与身体解剖区域的手术前扫描图像相关的、关于手术工具在身体解剖区域之内的位姿（即位置和取向）的手术中信息。

背景技术

[0002] 用于对手术工具进行空间定位的一种已知方法是使用电磁（“EM”）跟踪。不过，这种解决方案涉及额外的装置，例如，外部场发生器和手术工具中的线圈。此外，精确度可能受到支气管镜的金属或手术区附近其他物体引入的场畸变的影响。此外，EM 跟踪中的配准流程涉及到外部坐标系（例如，EM 场发生器的坐标系或动态参照基础的坐标系）和计算断层摄影（“CT”）图像空间之间的关系设定。典型地，通过点到点匹配来执行配准，这导致了额外的延迟。即使有配准，患者的活动，例如呼吸，也可能意味着实际位置和计算位置之间的误差。

[0003] 用于手术工具的图像引导的已知方法涉及到利用光学位置跟踪系统来跟踪工具。为了在 CT 坐标系或磁共振成像（“MRI”）坐标系中定位工具末端，必须要为工具装配以具有红外（“IR”）反射球的受跟踪刚体。必须要插入工具之前执行配准和校准，以便能够跟踪工具的位置并将其关联到 CT 或 MRI 上的位置。

[0004] 如果将内窥镜用作手术工具，用于对内窥镜进行空间定位的另一种已知方法是将手术前三维（“3D”）数据集与来自支气管镜的二维（“2D”）内窥镜图像配准。具体而言，将来自视频流的图像与支气管树的 3D 模型和摄像机掠过的相关截面进行匹配，以找到视频帧在患者图像的坐标系中的相对位置。这种 2D/3D 配准的主要问题是复杂性。为了解决这个问题，通过 EM 跟踪支持 2D/3D 配准，以首先获得粗略配准，然后通过 2D/3D 配准对变换参数进行细调。

[0005] 本发明的前提是利用手术前计划以在由外部成像系统（例如，CT、MRI、超声波、X 射线和其他外部成像系统）拍摄的身体解剖区域的手术前扫描图像之内产生手术工具（例如，导管、内窥镜或嵌套插管）距对象距离的虚拟测量。例如，如这里将进一步解释的，根据本发明的虚拟导航是一种手术前内窥镜流程，其利用手术工具的运动学性质在受检者解剖区域（例如，支气管树）的扫描图像之内产生运动学上的正确的工具路径，并在扫描图像之内虚拟地模拟由工具执行手术前计划，其中，虚拟模拟包括虚拟耦合到手术工具的一个或多个距离传感器，其提供在解剖区域的扫描图像之内工具与对象（例如支气管壁）距离的虚拟测量。

[0006] 在手术工具为导管、内窥镜或针的情况下，可以使用 Trovato 等人的、2007 年 4 月 17 日公开的、题为“3D Tool Path Planning, Simulation and Control System”的国际申请 WO 2007/042986A2 教导的路径规划技术来在由受检者解剖区域的 3D 数据集表示的身体解剖区域之内产生导管、内窥镜或针的运动学正确路径。

[0007] 在手术工具为成像嵌套插管的情况下，可以使用 Trovato 等人的、2008 年 3 月 20

日公开的、题为“Active Cannula Configuration For Minimally Invasive Surgery”的国际申请 WO 2008/032230A1 教导的路径规划 / 嵌套插管配置技术,以在由受检者解剖区域的 3D 数据集表示的身体解剖区域之内产生用于嵌套插管的运动学正确路径。

[0008] 本发明的另一前提在于:利用信号匹配技术将在解剖区域的 3D 扫描图像之内手术工具与对象距离的手术前虚拟测量与通过物理耦合到手术工具的一个或多个距离传感器对在解剖区域之内手术工具与对象距离的手术中物理测量进行比较。现有技术中已知的信号匹配技术的范例包括,但不限于,(1)Yu.-Te. Wu, Li-Fen Chen, Po-Lei Lee, Tzu-Chen Yeh, Jen-Chuen Hsieh 的“Discrete signal matching using coarse-to-fine wavelet basis functions”,Pattern Recognition,第 36 卷,第 1 期,2003 年 1 月,171-192 页;(2)Dragotti, P. L. Vetterli, M. 的“Wavelet footprints:theory, algorithms, and applications”,Signal Processing,IEEE Transactions,第 51 卷,第 5 期,1306-1323 页;以及(3)Jong-Eun Byun,Ta-i Nagata,“Determining the 3-D pose of a flexible object by stereo matching of curvature representations”,Pattern Recognition,第 29 卷,第 8 期,1996 年 8 月,1297-1307 页。

发明内容

[0009] 本发明的一种形式是一种位置跟踪方法,其具有手术前阶段,手术前阶段包括产生图示身体解剖区域的扫描图像,以及在手术工具相对于扫描图像之内的手术路径的虚拟模拟期间产生虚拟信息。虚拟信息包括与扫描图像中手术工具距对象的虚拟距离测量相关联的手术工具在扫描图像之内的虚拟位姿的预测。

[0010] 在手术前阶段的示范性实施例中,使用扫描图像和手术工具的运动学属性产生扫描图像之内的手术路径。之后,在执行扫描图像之内的手术路径闪掠时,使用虚拟耦合到手术工具的一个或多个虚拟距离传感器的感测属性模拟表示在扫描图像之内手术工具与对象壁的距离测量的虚拟感测信号(一个或多个),并在数据库中存储距离传感器提供的虚拟感测信号的采样点。

[0011] 该位置跟踪方法还具有手术中阶段,包括在手术工具相对于在解剖区域之内的手术路径物理导航期间产生在解剖区域之内手术工具与对象壁的物理距离的测量,以及产生从物理距离测量到虚拟距离测量的匹配导出的跟踪信息。所述跟踪信息包括与所述手术工具相对于在所述扫描图像之内的手术路径的虚拟位姿的预测对应的、所述手术工具相对于在所述解剖区域之内的内窥镜路径的位姿估计。

[0012] 在手术中阶段的示范性实施例中,物理耦合到手术工具的距离传感器提供表示手术工具与在解剖区域之内的对象距离的物理测量的物理感测信号(一个或多个),将物理感测信号(一个或多个)与存储的虚拟感测信号(一个或多个)匹配以确定手术工具相对于在解剖区域之内的手术路径的物理导航期间手术工具在解剖区域之内的位姿(即位置和取向)。

[0013] 出于本发明的目的,这里使用的术语“产生”被宽泛地定义成包括本领域当前已知或接下来已知的任何技术,用于创建、供给、供应、获得、生产、形成、开发、演化、修改、变换、改变或以其他方式制造可用信息(例如,数据、文本、图像、语音和视频),以进行计算机处理和存储器存储/检索,尤其是图像数据集和视频帧。此外,这里使用的短语“从……导

出”被宽泛定义为包括本领域当前或接下来已知的用于从源信息集产生目标信息集的任何技术。

[0014] 此外,这里使用的术语“手术前”被宽泛定义成描述在内窥镜应用之前发生或与内窥镜应用之前的时期或准备相关的任何活动(例如,用于内窥镜的路径规划),这里使用的术语“手术中”被宽泛地定义成描述在内窥镜应用过程中发生、执行或遇到的任何活动(例如,根据规划的路径操作内窥镜)。内窥镜应用的范例包括,但不限于支气管镜检查、结肠镜检查、腹腔镜检查和大脑内窥镜检查。

[0015] 在大多数情况下,手术前活动和手术中活动将在明确分开的时间周期内发生。尽管如此,本发明包括涉及到手术前和手术中时间周期在任何程度的重叠的情况。

[0016] 此外,术语“内窥镜”在这里被宽泛定义为具有从身体内部成像的能力的任何装置,术语“距离传感器”在这里被宽泛地定义为具有在不与对象有任何物理接触的情况下感测与对象的距离的能力的任何装置。用于本发明目的的内窥镜范例包括,但不限于任何类型的柔性或刚性的观测器(例如关节内窥镜、支气管窥镜、胆道镜、结肠镜、膀胱镜、十二指肠镜、胃窥镜、宫腔镜、腹窥镜、喉镜、神经窥镜(neuroscope)、耳镜、推式肠镜、鼻喉镜、乙状结肠镜、弯曲窥镜、胸腔窥镜等)以及类似于装备有图像系统的观测器的任何装置(例如,能够成像的嵌套插管)。成像是局部的,可以利用光纤、透镜或小型化(例如基于 CCD 的)成像系统获得表面图像。用于本发明目的的距离传感器范例包括,但不限于结合了三角测量技术、飞行时间声学测量技术、飞行时间电磁波技术、光学干涉测量技术和/或振动光源技术的装置,所有这些技术都是现有技术中已知的。具体而言,根据微机电系统技术设计的距离传感器可以在毫米空间中提供精确的感测。

[0017] 结合附图阅读本发明各实施例的以下详细描述,本发明的前述形式和其他形式以及本发明的各种特征和优点将变得更加显而易见。详细描述和附图仅仅图示本发明而不是加以限制,本发明的范围由所附权利要求及其等同要件界定。

附图说明

[0018] 图 1 图示了表示本发明的基于距离的位置跟踪方法的一个实施例的流程图。

[0019] 图 2 图示了用于根据本发明的内窥镜的示范性距离传感器配置。

[0020] 图 3 图示了图 1 所示流程图的示范性手术应用。

[0021] 图 4 图示了表示本发明的位姿预测方法的一个实施例的流程图。

[0022] 图 5 图示了根据图 4 所示的流程图用于支气管窥镜的示范性手术路径产生。

[0023] 图 6 图示了根据图 4 所示的流程图用于嵌套插管的示范性手术路径产生。

[0024] 图 7 图示了根据图 4 所示的流程图的示范性虚拟测量。

[0025] 图 8 图示了根据图 4 所示的流程图的示范性虚拟信号产生。

[0026] 图 9 图示了根据图 4 所示的流程图的示范性虚拟信号产生。

[0027] 图 10 图示了表示本发明的位姿估计方法的一个实施例的流程图。

[0028] 图 11 图示了根据图 10 所示的流程图的示范性物理测量。

[0029] 图 12 图示了根据图 10 所示流程图的示范性信号匹配。

[0030] 图 13 图示了本发明的基于距离的位置跟踪系统的一个实施例。

具体实施方式

[0031] 图 1 中示出了表示本发明的基于距离的位置跟踪方法的流程图 30。参考图 1, 流程图 30 被分成手术前阶段 S31 和手术中阶段 S32。

[0032] 手术前阶段 S31 包括外部成像系统 (例如 CT、MRI、超声波、X 射线等) 扫描身体 (人或动物) 的解剖区域以获得受检者解剖区域的扫描图像 20。基于手术中阶段 S32 期间对诊断或治疗的可能需求, 根据手术前手术流程通过受检者解剖区域的手术工具执行虚拟导航。产生详细描述从虚拟导航预测的手术工具位姿的虚拟信息, 虚拟信息包括扫描图像之内手术工具与对象虚拟距离的关联测量, 以便估计手术中阶段 S32 期间解剖区域之内手术工具的位姿, 在这里接下来将对其描述。

[0033] 例如, 如图 3 的示范性手术前阶段 S31 所示, 可以使用 CT 扫描器 50 扫描患者的支气管树 40, 获得支气管树 40 的 3D 图像 20。之后, 基于在手术中阶段 S32 期间对支气管树 40 进行微创手术的需要, 可以执行支气管树 40 的虚拟手术流程。具体而言, 可以执行利用扫描图像 20 和手术工具 51 (例如内窥镜) 的运动学属性的规划路径技术以产生手术工具 51 通过支气管树 40 的手术路径 52, 并可以执行利用扫描图像 20 的图像处理技术, 以模拟手术工具 51 穿过支气管树 40 之内的手术路径 52。之后可以立即处理和 / 或在数据库 54 中存储详细描述从虚拟导航导出的手术工具 51 在扫描图像 20 之内的 N 个预测的虚拟位置 (x, y, z) 和取向 $(\alpha, \theta, \varphi)$ 的虚拟信息 21, 以进行手术。

[0034] 本发明提供了在虚拟导航期间 M 个物理耦合到手术工具 51 的物理距离传感器 53 的虚拟导航, 物理距离传感器 53 优选耦合到手术工具的顶端 51a 和在手术工具 51 与顶端 51a 相邻的周围, 如图 2 所示。在一个示范性实施例中, 由图 3 所示的环境感知软件元件 54 完成距离传感器 53 的虚拟导航, 环境感知软件元件 54 被配置成模拟由距离传感器 53 进行的物理测量。在实践中, 本发明未对虚拟距离传感器 54 的数目 M 和距离传感器 54 相对于手术工具 51 的特定配置提出任何约束或任何限制 (即 $M \geq 1$), 只是虚拟距离传感器 54 的数量和虚拟距离传感器 54 的配置应当与手术工具 51 上物理距离传感器 53 的数量和物理距离传感器 53 的实际配置相同。本领域的普通技术人员将认识到, 向手术工具每额外耦合一个距离传感器 53, 都提高了手术中阶段 S32 期间对手术工具 51 位置跟踪的精确度, 本文将进一步对此加以解释。此外, 本领域的普通技术人员将认识到, 均匀分布距离传感器 53, 特别是成对分布, 也会提高手术中阶段 S32 期间对手术工具 51 位置跟踪的精确度。

[0035] 再次参考图 3, 在手术工具 51 的虚拟导航期间, 针对手术工具 51 的每种预测位姿, 由距离传感器 54 测量手术工具 51 距支气管树 40 的支气管壁的虚拟距离。数据库 55 中存储的虚拟信息 21 包括手术工具 51 与支气管树 40 的支气管壁的虚拟距离测量细节。虚拟信息 21 存储手术工具的位姿的 N 个样本 $(x, y, z, \alpha, \theta, \varphi)_N$ 和来自全部 M 个虚拟传感器 $(vd1, \dots, vdM)_N$ 的 N 次测量。

[0036] 再次参考图 1, 手术中阶段 S32 包括处理物理感测信息 22, 物理感测信息 22 详细描述了在手术工具相对于解剖区域之内的手术路径进行物理导航期间对手术工具与解剖区域之内的对象的物理距离的测量。来自 M 个物理传感器的物理感测值为 $(pd10 \dots pdMN)$ 。为了估计手术工具在受检者解剖区域之内的位姿, 参照虚拟信息 21, 已将与扫描图像 20 之内手术工具的预测的虚拟位姿相关联的虚拟距离测量 $(vd10 \dots vdMN)$ 匹配到由物理感测信息 22 $(pd10 \dots pdMN)$ 提供的物理距离测量。这种距离测量匹配使得能够将虚拟导航期间

预测的手术工具的虚拟位姿用作手术工具的物理导航期间手术工具的估计位姿。产生详细描述位姿对应的结果的跟踪信息 23 以控制手术工具从而便于符合手术流程和 / 或显示解剖区域之内手术工具的估计位姿。

[0037] 例如,如图 3 的示范性手术中阶段 S32 中所示,在操作手术工具 51 以穿过手术路径 52 时,距离传感器 53 产生手术工具 53 与支气管树 40 的支气管壁的物理距离的测量值 22。为了估计在活动中手术工具 51 的位置 (x, y, z) 和取向 (α, θ, ϕ) , 匹配虚拟距离测量 21 和物理距离测量 22, 以便于从数据库 55 读取在支气管树 40 的扫描图像 20 之内手术工具 51 的预测的虚拟位姿作为支气管树 40 之内的手术工具 51 的估计位姿。生成采用详细描述手术工具 51 的估计位姿的跟踪位姿数据 23b 的形式的跟踪信息 23 以向手术工具 51 的手术工具控制机构 (未示出) 提供控制数据, 以便于遵循手术路径 52。此外,生成采用示出手术工具 51 的估计位姿的跟踪位姿图像 23a 的形式的跟踪信息 23 以在显示器 56 上显示在支气管树 40 之内的手术工具 51 的估计位姿。

[0038] 图 1-3 的先前描述教导了本发明的位置跟踪方法的总体发明原理。在实践中,本发明未给实施流程图 30 的方式或模式提出任何约束或任何限制。不过,图 4-12 的以下描述仍然教导了流程图 30 的示范性实施例,以便于进一步理解本发明的基于距离的位置跟踪方法。

[0039] 图 4 中示出了表示本发明的位姿预测方法的流程图 60。流程图 60 是图 1 的手术前阶段 S31 的示范性实施例。

[0040] 参考图 4,流程图 60 的阶段 S61 包括使用扫描图像 20 和手术工具的运动学属性执行规划的路径技术 (例如,快速匹配或 A* 搜索技术) 以便在扫描图像 20 之内为手术工具产生运动学上的定制路径。例如,在手术工具为导管、内窥镜或针的情况下,可以使用 Trovato 等人的、日期为 2007 年 4 月 17 日且题为“3D Tool Path Planning, Simulation and Control System”的国际申请 W0 2007/042986A2 中教导的已知路径规划技术,以生成在扫描图像 20 (例如,CT 扫描数据集) 之内的运动学定制路径,在此通过引用将该申请全文并入本文。图 5 示出了用于支气管树的扫描图像 70 之内支气管窥镜的示范性手术路径 71。手术路径 71 在进入位置 72 和目标位置 73 之间延伸。

[0041] 同样作为范例,在手术工具为成像嵌套插管的情况下,可以使用 Trovato 等人的、2008 年 3 月 20 日公开的、题为“Active Cannula Configuration For Minimally Invasive Surgery”的国际申请 W0 2008/032230A1 教导的路径规划 / 嵌套插管配置技术,以产生在受检者解剖区域 (例如 CT 扫描数据集) 之内用于成像套管的运动学定制路径,在此通过引用将该申请全文并入本文。图 6 示出了在支气管树的图像 74 之内用于成像嵌套插管的示范性路径 75。手术路径 75 在进入位置 76 和目标位置 77 之间延伸。

[0042] 在图 4 中继续,产生表示按照手术工具相对于手术路径的预测位姿 (即位置和取向) 的运动学定制路径的手术路径数据 23, 用于 (如接下来本文要解释的) 流程图 60 的阶段 S62, 并用于在手术中阶段 32 期间经由手术工具执行手术中流程 (图 1)。阶段 S61 的手术前路径生成方法涉及现有技术中已知的离散化配置空间, 根据适用邻域所贯穿的配置空间的坐标生成手术路径数据 23。优选地,阶段 S61 涉及根据本发明连续使用离散化配置空间,从而根据离散化配置空间上邻域的精确位置值产生手术路径数据 23。

[0043] 采用阶段 S61 的手术前路径生成方法作为路径发生器, 因为其在不精确的离散化

配置空间中提供了精确的运动学定制路径。此外,该方法能够在 3D 空间中计算和存储路径的 6 维规格。例如,配置空间可以基于 3D 障碍空间,例如通常由 CT 产生的各向异性(非立方体体素)图像。尽管体素是分立的和非立方的,但规划器仍能够产生连续的平滑路径,例如一系列相连的弧。这意味着需要少得多的存储并可以迅速计算路径。离散化的选择将会影响障碍区域,从而影响获得的可行路径。结果是在手术工具连续坐标系中平滑的、运动学可行的路径。在 Trovato 等人的,分别于 2008 年 6 月 26 日和 2008 年 9 月 23 日提交的题为“Method and System for Fast Precise Planning”的美国专利申请 No. 61/075886 和 61/099233 中更详细地描述了这种情况,在此通过引用将其全文并入。

[0044] 返回到图 4,流程图 60 的阶段 S62 包括对手术工具相对于手术路径的虚拟导航,其包括在扫描图像 20 中手术工具与对象虚拟距离的测量。具体而言,沿着手术路径逐点推进虚拟手术工具,并在手术路径的每个路径点测量手术工具与对象的虚拟距离。这种距离采样将等于或大于手术中阶段 S32 上的物理距离测量的分辨率(图 1)。在一个示范性实施例中,通过以下方程 [1] 计算采样点的数目 N:

$$[0045] \quad N > (F/V) * L \quad [1]$$

[0046] 其中 V 是手术中流程期间手术工具导航以毫米每秒为单位的最大预计速度, F 是距离传感器 53 以赫兹为单位的采样率, L 是手术路径以毫米为单位的长度。

[0047] 例如,参考图 7,示出了沿路径的给定点 X 的扫描图像 20 的 2D 帧 80,虚拟耦合到手术工具 51 的两个(2)虚拟距离传感器 54a 和 54b 分别测量对于该给定点 X 距支气管的支气管壁 41 的虚拟距离 vd1 和 vd2。具体而言,在帧 80 中通过它们在手术工具 51 上的相应位置描述距离传感器 54,距离度量是从传感器表面到支气管壁 41 的正交矢量。在实践中,将在 3D 的扫描图像中执行虚拟距离测量,每个采样点沿手术路径取在 3D 对象之内。

[0048] 在一个示范性实施例中,如图 8 所示,可以绘制相应距离传感器 54a 和 54b 进行的虚拟距离测量 vd1 和 vd2,使实测距离在 Y 轴上,并且 X 轴的已完成路径的百分比取决于手术工具 51 正被导航通过的支气管的扫描图像 20a。或者,如图 9 所示,可以绘制两个虚拟距离测量 vd1 和 vd2 的差别 vdd,差别 vdd 在 Y 轴上,虚拟导航的时间在 X 轴上。

[0049] 返回到图 4,阶段 S62 的结果是虚拟数据集 21a,其表示对于每个采样点,在与虚拟距离测量相关联的手术前扫描图像 20 的坐标空间中唯一的位置(x, y, z)和取向(α , θ , ϕ)。流程图 60 的阶段 S63 包括在具有适当参数字段(field)的数据库之内存储虚拟数据集 21a。下面的表 1 是在数据库之内存储虚拟数据集 21a 的范例。

[0050] 表 1

[0051]

采样点索引	手术工具位姿	虚拟距离测量
0	x0, y0, z0, α_0 , θ_0 , ϕ_0	vd10, vd20
1	x1, y1, z1, α_1 , θ_1 , ϕ_1	vd11, vd21
....
N	xN, yN, zN, α_N , θ_N , ϕ_N	vd1N, vd2N

[0052] 再次参考图 3, 完成流程图 60 获得了虚拟数据集 21a 的参数化存储, 其中将使用数据库针对每个采样点的找到手术中流程期间物理距离测量到虚拟距离测量的匹配并将每个采样点的唯一位置 (x, y, z) 和取向 $(\alpha, \theta, \varphi)$ 对应到解剖区域之内手术工具的估计位置 (x, y, z) 和取向 $(\alpha, \theta, \varphi)$ 。

[0053] 除此之外, 图 10 示出了表示本发明的位姿估计方法的流程图 110, 其作为手术中阶段 S32 的范例 (图 1)。流程图 110 的阶段 S111 包括手术工具相对于通过解剖区域的手术路径的物理导航和测量手术工具和解剖区域之内的对象之间的物理距离。

[0054] 例如, 参考图 11, 其示出了沿着手术路径在给定点 X 的支气管树截面图, 物理耦合到手术工具 51 的两个 (2) 物理距离传感器 53a 和 53b 分别针对给定点 X 测量距支气管的支气管壁 41 的物理距离 pd1 和 pd2。具体而言, 利用从传感器表面到支气管壁 41 的正交矢量为距离度量来描述距离传感器 53 在手术工具 51 上的相应位置。

[0055] 在一个示范性实施例中, 可以绘制相应距离传感器 53a 和 53b 进行的物理距离测量 pd1 和 pd2, 实测距离在 Y 轴上, 已完成的 X 轴路径百分比取决于相对于手术路径正被导航通过支气管的手术工具 51。或者, 如图 12 所示, 可以绘制两个物理距离测量 pd1 和 pd2 的差别 pdd, 差别 pdd 在 Y 轴上, 手术工具导航的时间在 X 轴上。

[0056] 流程图 110 的阶段 S112 包括在阶段 S111 中导航手术工具时物理距离测量与虚拟距离测量的测量匹配。在阶段 S111 期间, 考虑到测量精确度不同、解剖区域中的局部变化 (例如, 患者呼吸造成的) 和技术人员已知的其他因素, 物理距离测量将产生与虚拟距离测量类似但稍微不同的信号形状。不过, 尽管测量中有绝对值的差异, 但与物理距离测量的定时相关联地进行虚拟距离测量的均匀采样便于信号匹配, 以进行位置跟踪。

[0057] 在一个示范性实施例中, 可以利用公知的信号匹配技术, 例如小波或最小二乘法拟合, 匹配虚拟世界和物理世界中每个传感器的单个信号形状。

[0058] 在另一示范性实施例中, 可以利用公知的信号匹配技术, 例如小波或最小二乘法拟合, 匹配虚拟距离测量之间的差别 (例如, 图 9 中所示的差别 vdd) 和物理距离测量之间的差别 (例如, 图 12 中所示的差别 pdd)。具体而言, 对于在手术工具上彼此相对定位的传感器, 可以假设在患者呼吸循环的任何时相中距离差异都是相同的。

[0059] 流程图 110 的阶段 S112 还包括将手术工具在解剖区域之内的位置 (x, y, z) 和取向 $(\alpha, \theta, \varphi)$ 的对应与手术工具在扫描图像之内的位置 (x, y, z) 和取向 $(\alpha, \theta, \varphi)$ 的对应进行基于信号匹配, 由此估计手术工具在受检者解剖区域之内的位姿。更具体而言, 如图 10 所示, 在阶段 S112 中实现的信号匹配能够将受检者的解剖区域扫描图像 20 (图 1) 的每个虚拟采样点的位置 (x, y, z) 和取向 $(\alpha, \theta, \varphi)$ 对应到匹配的物理距离测量, 其充当对手术工具在受检者解剖区域之内位姿的估计。

[0060] 这种位姿对应便于产生跟踪位姿图像 23a, 跟踪位姿图像 23a 图示了在受检者解剖区域之内手术工具相对于手术路径的估计位姿。具体而言, 跟踪位姿图像 23a 是一种版本的扫描图像 20 (图 1), 其具有手术工具和从手术工具的估计位姿导出的手术路径的叠加。

[0061] 该位姿对应进一步便于产生跟踪位姿数据 23b, 其表示受检者解剖区域之内的手术工具的估计位姿。具体而言, 跟踪位姿数据 23b 可以具有任何形式 (例如, 命令形式或信号形式), 以用在手术工具的控制机构中, 确保符合规划的手术路径。

[0062] 此外,对于解剖区域之内可用空间的额外信息,可以使用表示在沿路径的每个测量点处相对的物理距离测量加上手术工具直径的孔口数据 23c 来增强手术工具在受检者解剖区域之内的导航。

[0063] 图 13 图示了用于实施本发明各种方法的示范性系统 170。参考图 13,在手术前阶段期间,使用患者 140 体外的成像系统扫描患者 140 的解剖区域(例如,支气管 141 的 CT 扫描),以提供图示解剖区域的扫描图像 20。系统 170 的手术前虚拟子系统 171 实施手术前阶段 S31(图 1),或者更具体而言,实施流程图 60(图 3),以通过显示器 160 显示相关手术前手术流程的视觉模拟 21b,并向参数化数据库 173 中存储虚拟数据集 21a。虚拟信息详细描述了如本文前面所述由耦合到手术工具 151 的虚拟距离传感器 154 进行的虚拟距离测量的采样。

[0064] 在手术中阶段期间,操作系统 180 的手术工具控制机构(未示出)以根据其中的规划手术路径控制解剖区域之内手术工具的插入。系统 180 向系统 170 的手术中跟踪子系统 172 提供由耦合到手术工具 151 的物理距离传感器 153 提供的物理感测信息 22a,系统 170 实施手术中阶段 S32(图 1),或更具体而言,实施流程图 110(图 9),以向显示器 160 显示跟踪图像 23a,和/或向系统 180 提供跟踪位姿数据 23b,用于进行控制反馈。跟踪图像 23a 和跟踪位姿数据 23b 共同表示物理手术工具通过解剖区域的手术路径(例如,手术工具 151 通过支气管树 141 的实时跟踪)的信息。在系统 172 未能实现距离测量之间的信号匹配的情况下,跟踪位姿数据 23b 将包含标志失败的错误消息。

[0065] 尽管已经图示和描述了本发明的各种实施例,本领域的技术人员将能够理解,这里所述的方法和系统是说明性的,可以做出各种变化和修改,并可以用等价要素替代其要素,而不脱离本发明的真实范围。此外,可以做出很多修改以针对实体路径规划调整本发明的教导而不脱离其中心范围。因此,本发明并非意在限于作为执行本发明而想到的最佳模式而公开的特定实施例,而是本发明包括落在所附权利要求范围之内的所有实施例。

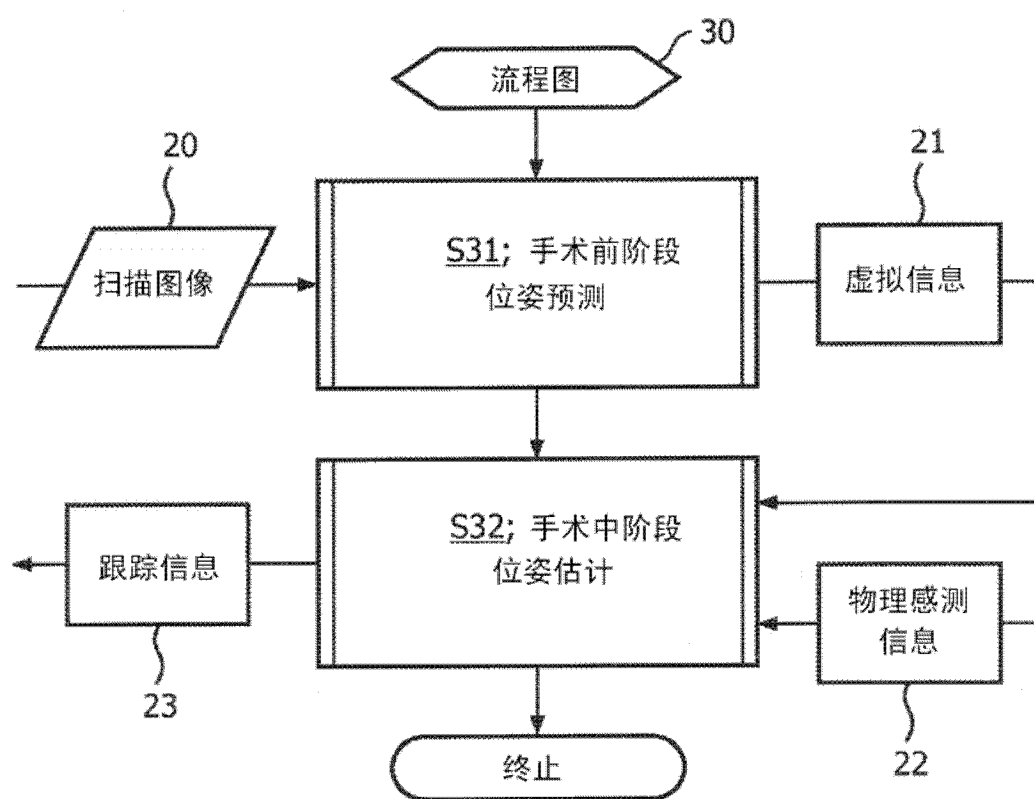


图 1

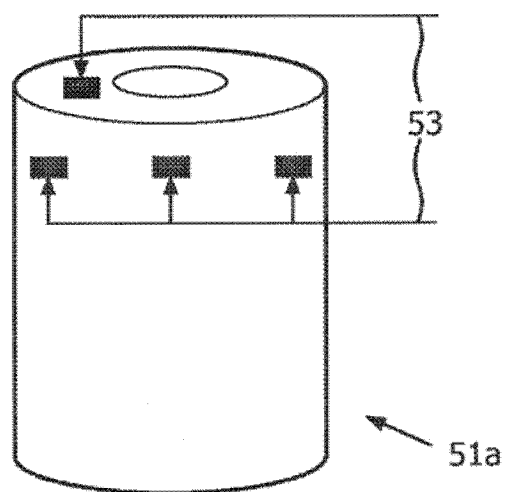


图 2

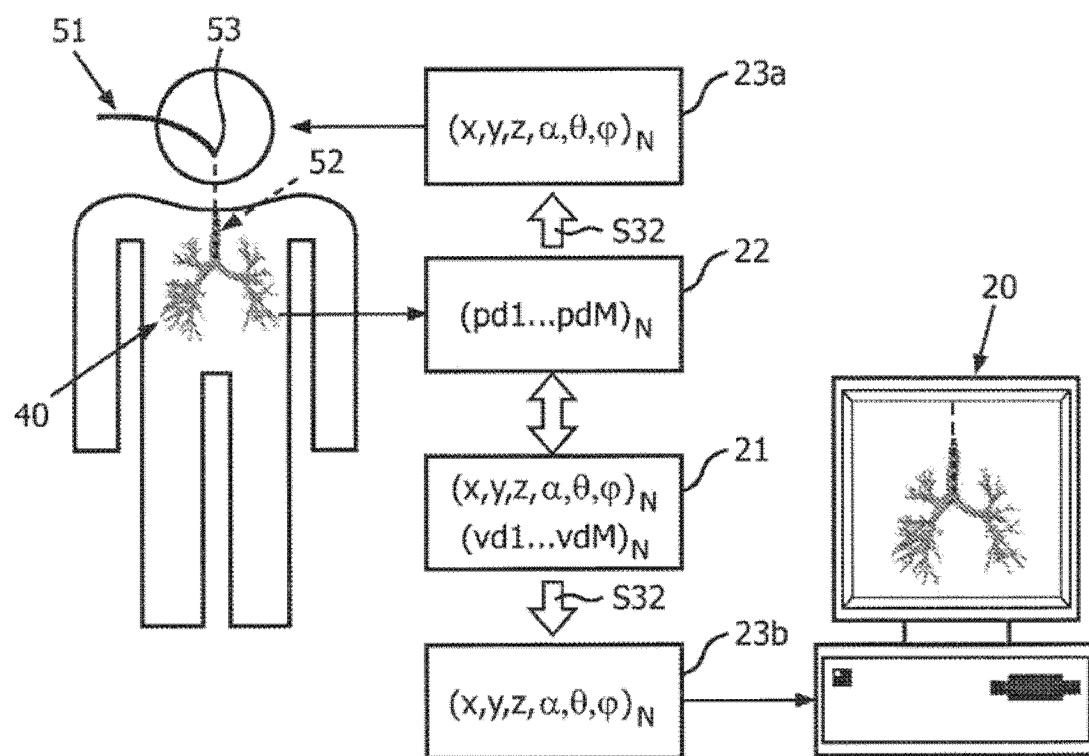
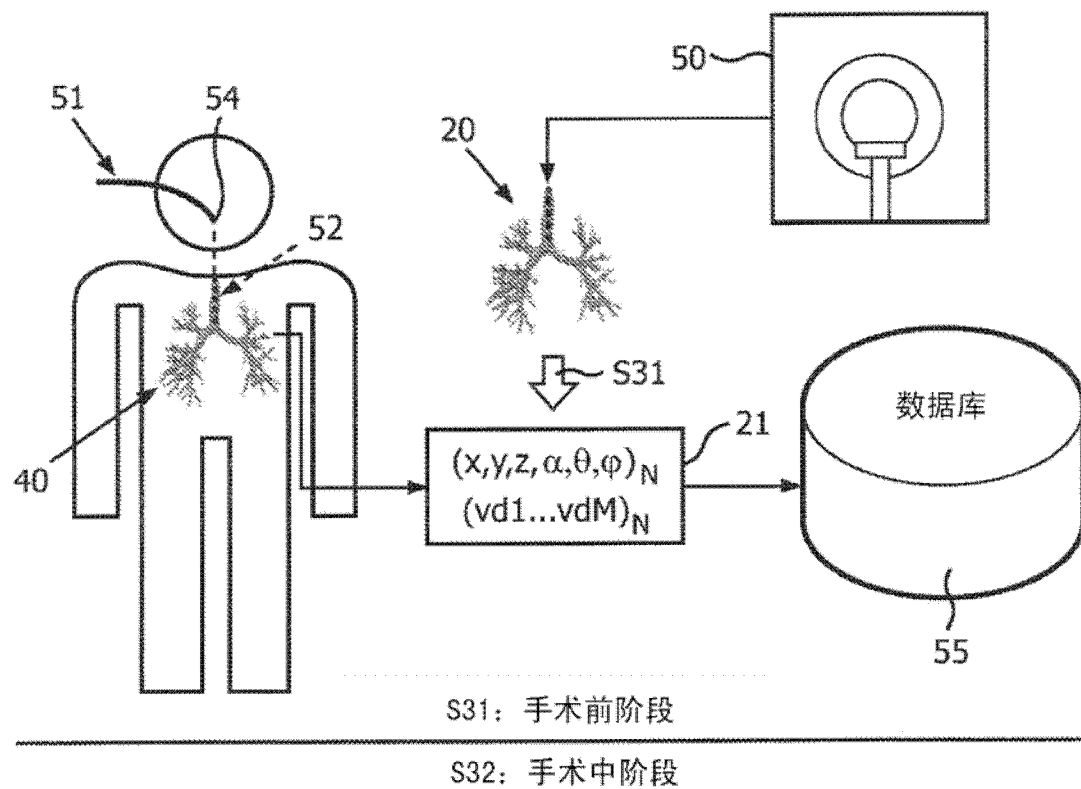


图 3

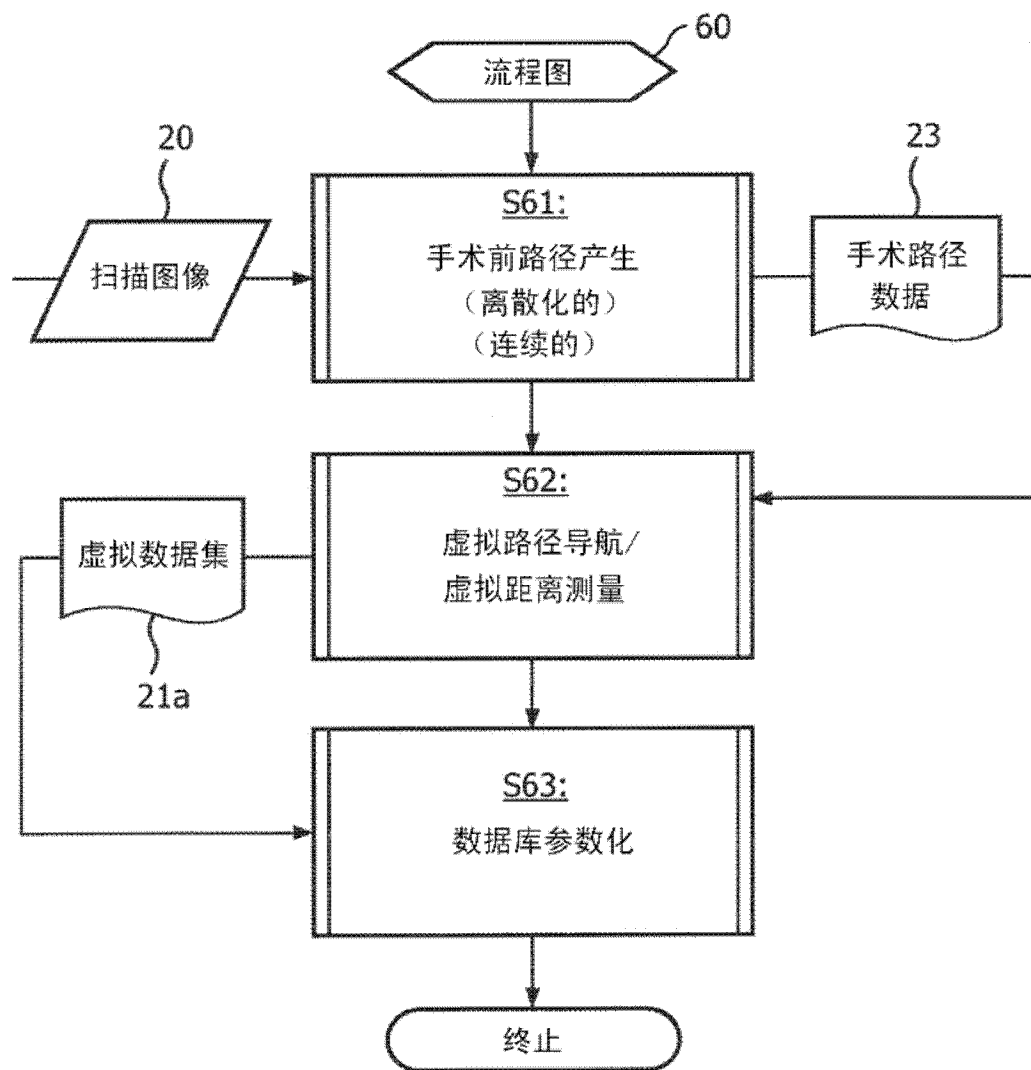


图 4

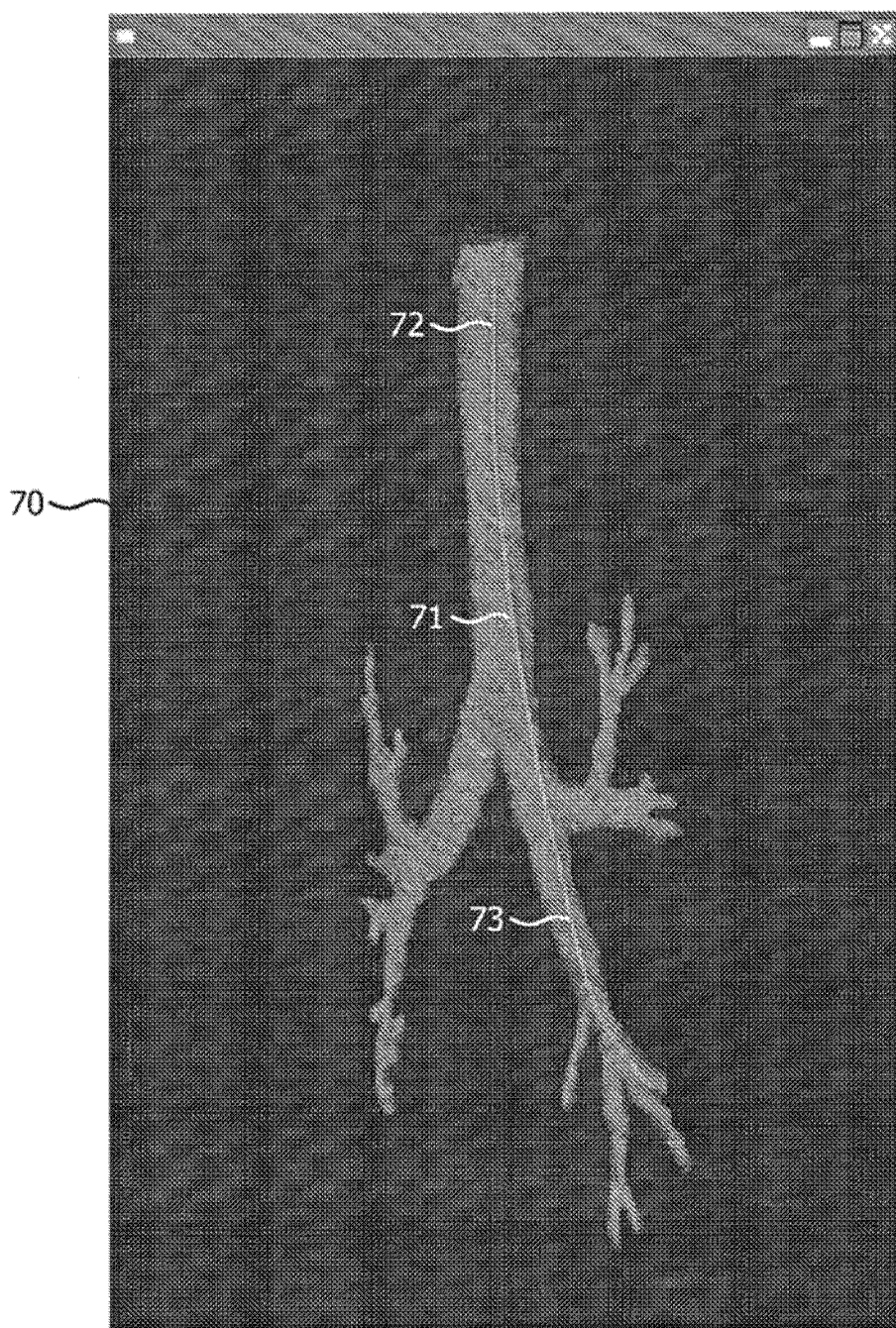


图 5

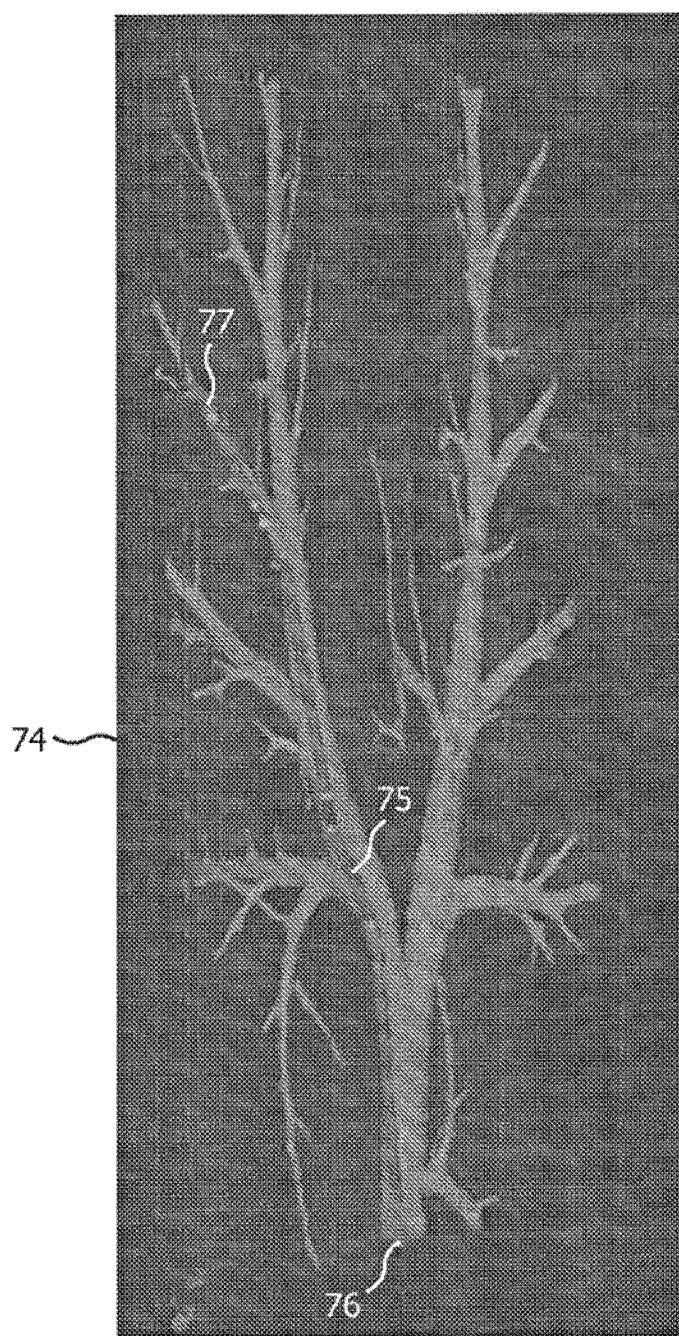


图 6

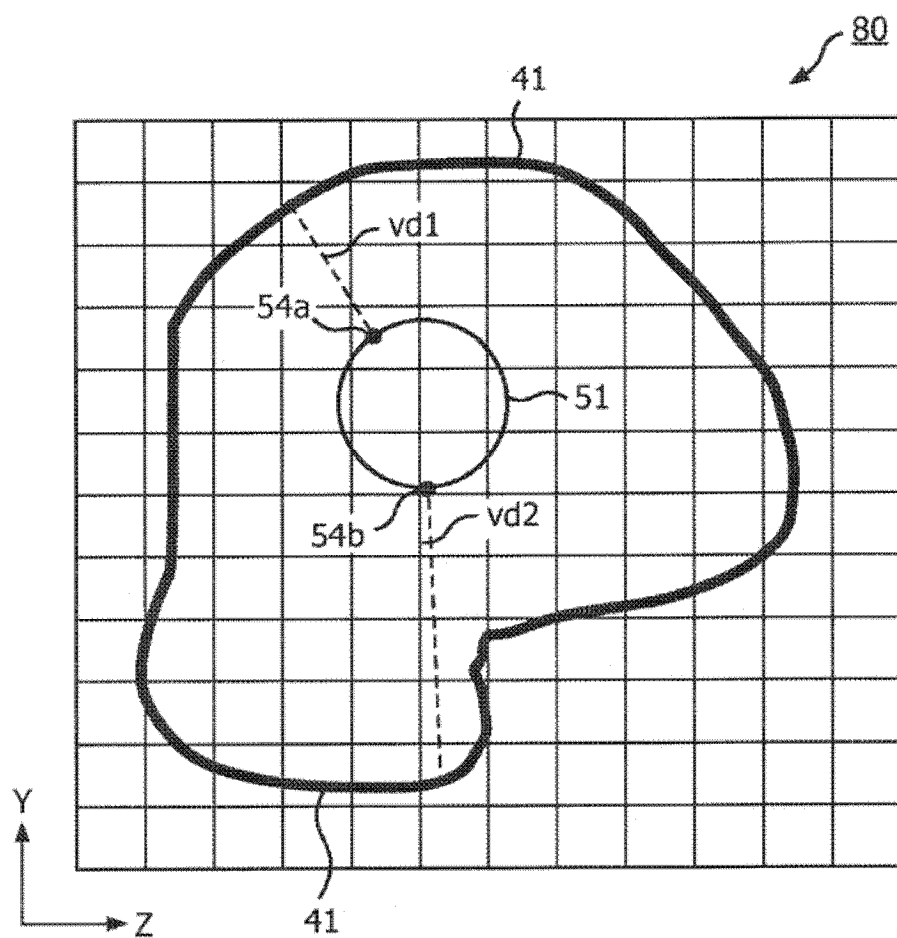


图 7

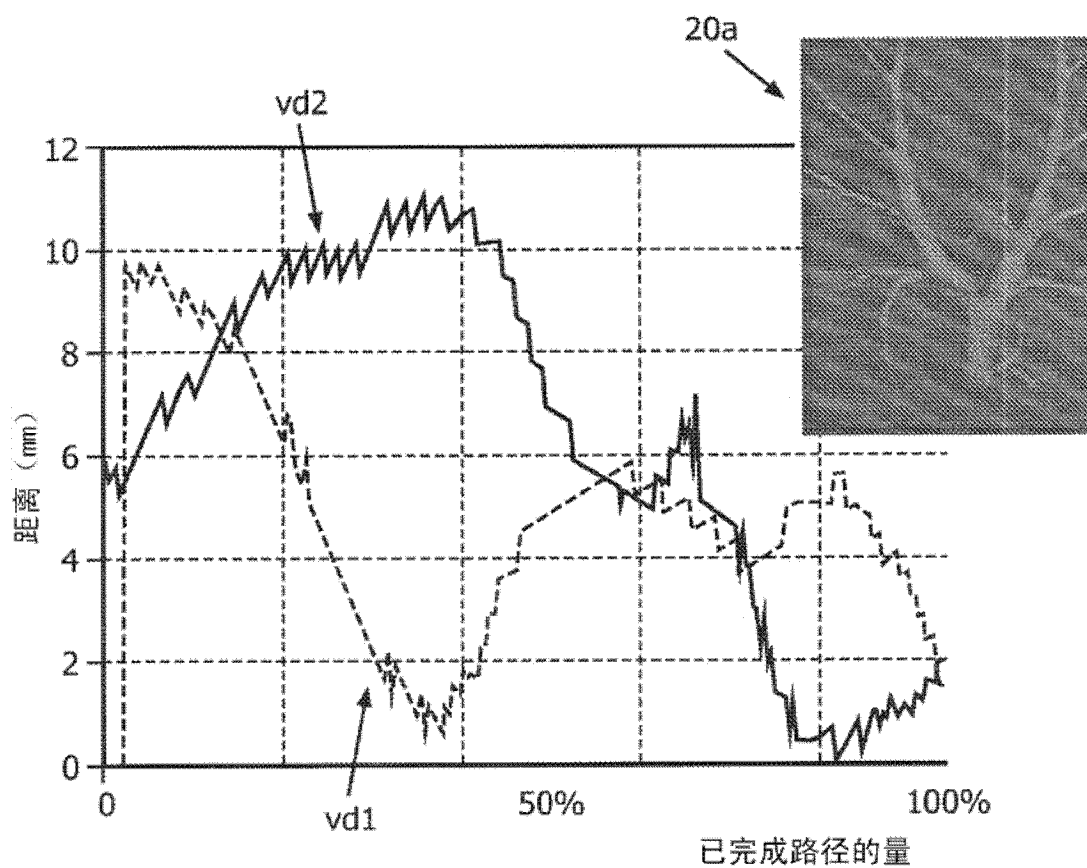


图 8

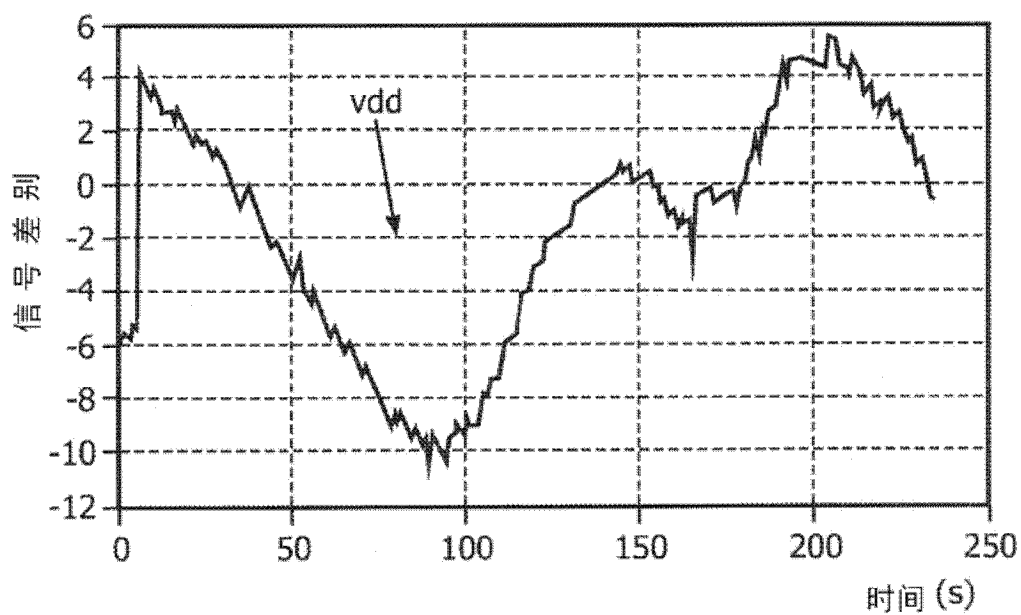


图 9

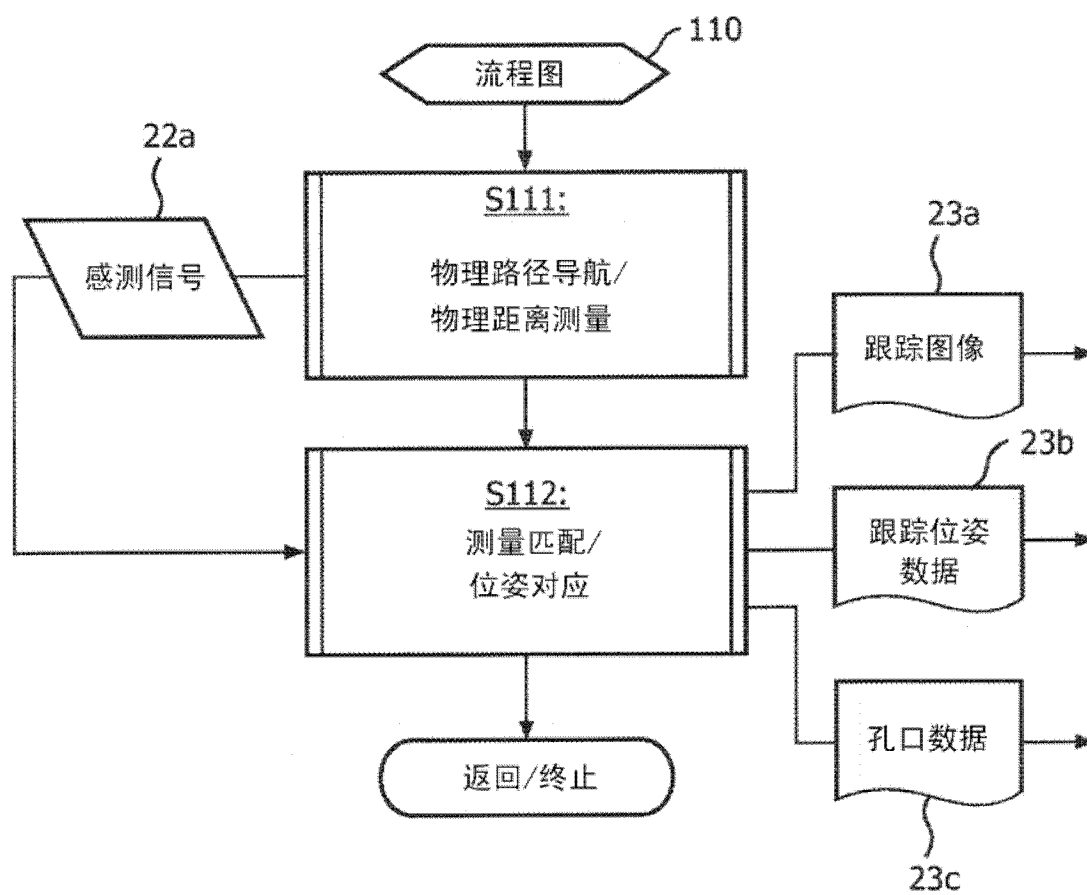


图 10

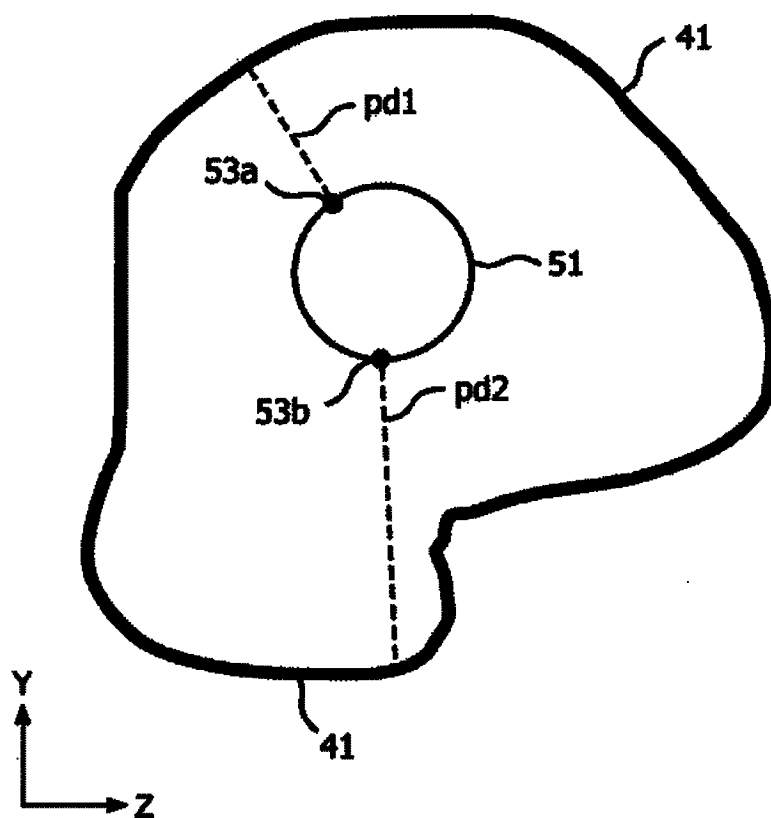


图 11

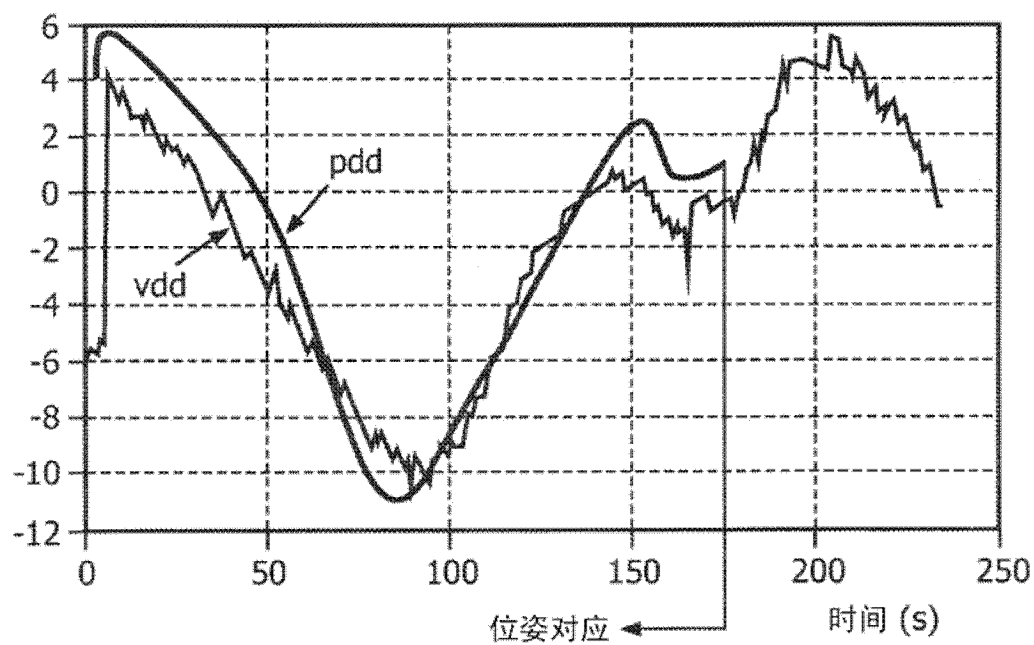


图 12

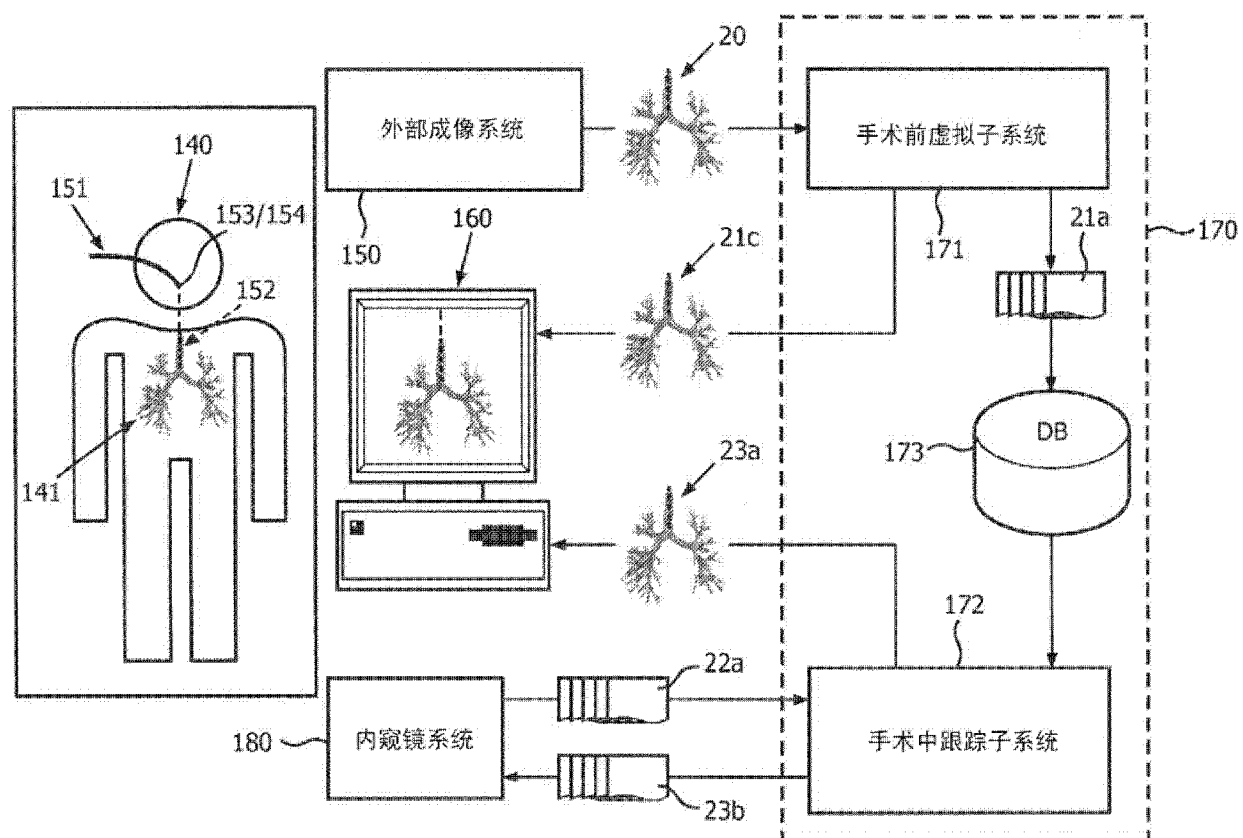


图 13

专利名称(译)	基于距离的位置跟踪方法和系统		
公开(公告)号	CN102448398A	公开(公告)日	2012-05-09
申请号	CN201080023780.1	申请日	2010-05-14
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
[标]发明人	A波波维奇		
发明人	A·波波维奇		
IPC分类号	A61B19/00		
CPC分类号	A61B2019/507 A61B19/5244 A61B2019/504 A61B34/20 A61B2034/104 A61B2034/107		
代理人(译)	陈松涛		
优先权	61/182767 2009-06-01 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

基于距离的位置跟踪方法(30)的手术前阶段涉及在手术工具(51)相对于图示身体解剖区域(40)的扫描图像(20)之内的手术路径(52)的虚拟导航期间产生从扫描图像(20)导出的虚拟信息(21)。虚拟信息(21)包括与手术工具(51)距扫描图像(20)之内的对象的虚拟距离测量相关联的、对手术工具(51)相对于扫描图像(20)之内的手术路径(52)的虚拟位姿预测。该方法(30)的手术中阶段涉及在手术工具(51)相对于解剖区域(40)之内的手术路径(52)的物理导航期间产生从手术工具(51)与解剖区域(40)之内的对象的物理距离测量导出的跟踪信息(23)。跟踪信息(23)包括对应于手术工具(51)相对于扫描图像(20)之内的手术路径(52)的虚拟位姿预测的、对手术工具(51)相对于解剖区域(40)之内的手术路径(52)的位姿估计。

