



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109475386 B

(45) 授权公告日 2021. 10. 26

(21) 申请号 201780040640.7

(22) 申请日 2017.06.27

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109475386 A

(43) 申请公布日 2019.03.15

(30) 优先权数据  
62/356,622 2016.06.30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.12.28

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2017/065780 2017.06.27

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/002004 EN 2018.01.04

(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 J·克吕克尔 F·C·梅拉尔

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

代理人 王英 刘炳胜

(51) Int.Cl.

A61B 34/20 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

A61B 90/00 (2006.01)

审查员 林慧蓉

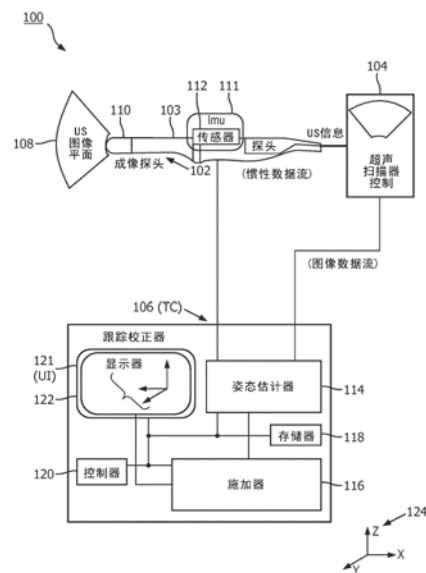
权利要求书2页 说明书14页 附图6页

(54) 发明名称

内部设备跟踪系统以及操作其的方法

(57) 摘要

一种用于超声成像的跟踪系统包括:成像探头,其获取包括多个超声图像帧的超声图像信息;惯性测量单元,其被耦合到所述成像探头并且同步地获取包括指示所述成像探头的运动的多个跟踪帧的跟踪信息;以及控制器。所述控制器被配置为从多个超声成像帧获得多个超声图像帧中的至少两个超声图像帧的超声图像信息,并基于至少对所述两个超声图像帧的比较来确定相似度值。所述控制器被配置为计算所述相似度值(C<sub>帧</sub>)是否小于相似度阈值(C<sub>阈值</sub>),并且基于对所述相似度值(C<sub>帧</sub>)是否小于所述相似度阈值(C<sub>阈值</sub>)的计算的结果来选择第一姿态估计方法或第二姿态估计方法,每个方法彼此不同。



1. 一种用于超声成像的跟踪系统(100、500),包括:  
成像探头(102),其获取包括多个超声图像帧的超声图像信息;  
惯性测量单元IMU(111、540),其被耦合到所述成像探头并且同步地获取包括多个跟踪帧的跟踪信息,所述跟踪信息指示所述成像探头的运动;以及  
控制器(120、510),其被配置为:  
获得来自多个超声成像帧的所述多个超声图像帧中的至少两个超声图像帧的超声图像信息,  
基于对所述至少两个超声图像帧的比较来确定相似度值,  
计算所述相似度值( $C_{帧}$ )是否小于相似度阈值( $C_{阈值}$ ),  
基于对所述相似度值( $C_{帧}$ )是否小于所述相似度阈值( $C_{阈值}$ )的计算结果来选择彼此不同的第一姿态估计方法或第二姿态估计方法,  
其中,当确定所述相似度值( $C_{帧}$ )小于所述相似度阈值( $C_{阈值}$ )时,所述控制器选择所述第一姿态估计方法,并且  
其中,所述第一姿态估计方法通过对来自所述IMU的所述跟踪信息进行积分来确定姿态,并且将结果存储在所述系统的存储器中。
2. 根据权利要求1所述的跟踪系统,其中,当确定所述相似度值( $C_{帧}$ )不小于所述相似度阈值( $C_{阈值}$ )时,所述控制器选择所述第二姿态估计方法。
3. 根据权利要求2所述的跟踪系统,其中,所述第二姿态估计方法基于对经积分的跟踪信息的基于图像的偏差校正来确定姿态。
4. 根据权利要求3所述的跟踪系统,其中,所述第二姿态估计是采用从超声信息获得的图像帧的基于图像的处理方法。
5. 根据权利要求1所述的跟踪系统,还包括呈现设备(121、530),其中,所述控制器根据所选择的姿态估计方法来确定姿态,并且在所述呈现设备(121、530)上呈现所确定的姿态。
6. 根据权利要求1所述的跟踪系统,其中,所述相似度值是相似性度量的值,所述相似性度量包括以下中的至少一个:相关度、相关度系数、互信息、归一化互信息、相关度比率、以及平方差之和。
7. 一种用于跟踪超声探头(102)的方法,所述方法由至少一个控制器(120、510)执行并且包括以下动作:  
从所述超声探头(102)获取包括多个超声图像帧的超声图像信息;  
同步地从耦合到所述超声探头的惯性测量单元IMU(111、540)获取包括多个跟踪帧的跟踪信息,所述跟踪信息指示所述超声探头的运动;  
基于对所述多个超声图像帧中的至少两个超声图像帧的比较来确定相似度值;  
计算所述相似度值( $C_{帧}$ )是否小于相似度阈值( $C_{阈值}$ );  
当确定所述相似度值( $C_{帧}$ )小于所述相似度阈值( $C_{阈值}$ )时确定第一姿态,通过第一姿态估计方法对来自所述IMU的所述跟踪信息进行积分,并且之后将结果存储在系统的存储器中,并且  
基于对所述相似度值( $C_{帧}$ )是否小于所述相似度阈值( $C_{阈值}$ )的计算结果来选择不同于所述第一姿态估计方法的第二姿态估计方法。
8. 根据权利要求7所述的方法,还包括以下动作:当确定所述相似度值( $C_{帧}$ )不小于所述

相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 时,选择所述第二姿态估计方法。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述第二姿态估计方法还包括基于对经积分的跟踪信息的基于图像的偏差校正来确定姿态的动作。

10. 根据权利要求7所述的方法,还包括根据所选择的姿态估计方法来确定姿态并且在呈现设备 (121、530) 上呈现所确定的姿态的动作。

11. 一种包括计算机指令的非瞬态计算机可读介质 (118、520), 所述计算机指令在由处理器 (120、510) 运行时,将所述处理器配置为执行以下动作:

从超声探头 (102) 获取包括多个超声图像帧的超声图像信息;

同步地从耦合到所述超声探头的惯性测量单元IMU (111、540) 获取包括多个跟踪帧的跟踪信息,所述跟踪信息指示所述超声探头的运动;

基于对所述多个超声图像帧中的至少两个超声图像帧的比较来确定相似度值;

计算所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 是否小于相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ );

当确定所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 小于所述相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 时选择第一姿态估计方法,所述第一姿态估计方法通过对来自所述IMU的所述跟踪信息进行积分来确定姿态,并且之后将结果存储在系统的存储器中,并且

基于对所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 是否小于所述相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 的计算结果来选择不同于所述第一姿态估计方法的第二姿态估计方法。

12. 根据权利要求11所述的非瞬态计算机可读介质,所述计算机指令在由处理器 (120、510) 运行时,将所述处理器配置为执行以下动作:当确定所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 不小于所述相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 时,选择所述第二姿态估计方法。

13. 根据权利要求12所述的非瞬态计算机可读介质,所述计算机指令在由处理器 (120、510) 运行时,将所述处理器配置为执行以下动作:使用所述第二姿态估计方法来基于对经积分的跟踪信息的基于图像的偏差校正来确定姿态。

14. 根据权利要求11所述的非瞬态计算机可读介质,所述计算机指令在由处理器 (120、510) 运行时,将所述处理器配置为执行以下动作:根据所选择的姿态估计方法来确定姿态并且在呈现设备 (121、530) 上呈现所确定的姿态。

## 内部设备跟踪系统以及操作其的方法

### 技术领域

[0001] 本系统涉及一种导航系统,其采用基于惯性的定位方法来确定医学成像设备的速度和姿态,更具体地,涉及采用基于惯性的跟踪方法并选择性地采用基于图像的跟踪方法来跟踪医学成像设备的医学导航系统,以及操作其的方法。

### 背景技术

[0002] 在医学流程(下文中为了清楚起见称为流程)中,经常需要关于医学设备的空间位置和取向(即,“姿态”)的实时信息。通常,使用光学、电磁、机械或基于超声的跟踪系统来获得这样的信息。这样的系统是昂贵的并且可能需要大量的设置时间和努力。通常,基于运动的惯性跟踪设备经历偏差,这可能导致跟踪不准确。例如,当使用基于运动的惯性跟踪系统时,加速度和旋转速度估计的偏差可能导致不准确的速度、位置和旋转位置估计。

[0003] 当使用基于运动的惯性跟踪系统进行医学设备跟踪时,可能无法在延长的时间段内准确地跟踪医学设备的姿态。对准确性的要求可能因流程和/或医学设备而异。例如,取决于流程,当要跟踪的设备是成像设备(例如,超声探头)时,对设备位置跟踪的准确性的要求可能不那么严格。在这种情况下,可能希望提供位置跟踪,同时实现不太复杂的位置跟踪系统,这可以节省系统资源并降低成本。

[0004] 2003年6月12日公布的题为“Ultrasonic Image Stabilization System and Method”的W0 03/047433 A2公开了一种超声诊断成像系统,其中,解剖图像在探针运动、解剖学运动或两者的存在下被稳定。决策处理器分析运动效果并确定是禁止还是允许图像稳定。在探针运动感测、图像分析或两者的基础上,图像在解剖学上被对齐。可以手动或者自动且自适应地激活稳定系统。

[0005] 因此,本系统的实施例可以克服传统跟踪系统和方法的这些和其他缺点。

### 发明内容

[0006] 本文中描述的(一个或多个)系统、(一个或多个)设备、(一个或多个)方法、(一个或多个)布置、(一个或多个)用户接口、(一个或多个)计算机程序、过程等(下文中其中的每个将被称为系统,除非上下文中另行指出)解决现有技术系统中的问题。本系统的实施例可以提供用于获取基于图像的信息并使用该基于图像的信息来校正成像设备的基于惯性的传感器中的偏移误差以用于位置跟踪的系统和方法。本系统的实施例可以理想地适用于诸如超声成像系统的成像系统。

[0007] 根据本系统的实施例,公开了一种用于超声成像的跟踪系统,包括:成像探头,所述成像探头获取包括多个超声图像帧的超声图像信息;惯性测量单元,其被耦合到所述成像探头并且同步地获取包括指示所述成像探头的运动的多个跟踪帧的跟踪信息;以及控制器。所述控制器被配置为从所述多个超声成像帧获得针对所述多个超声图像帧中的至少两个超声图像帧的超声图像信息,并且基于所述至少两个超声图像帧的比较来确定相似度值,其中,所述相似度值可以是相似性度量的值,所述相似性度量包括相关性、互信息和平

方差之和中的至少一个。

[0008] 所述控制器被配置为计算所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 是否小于相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ), 并且基于对所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 是否小于所述相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 的计算的结果来选择第一姿态估计方法或第二姿态估计方法, 每个方法彼此不同。

[0009] 所述控制器还可以被配置为当确定相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 小于相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 时选择第一姿态估计方法, 其中, 所述第一姿态估计方法通过对来自 IMU 的跟踪信息进行并入来确定姿态并将结果存储在系统的存储器中。此外, 所述控制器还被配置为在确定相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 不小于相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 时选择第二姿态估计方法, 其中, 所述第二姿态估计方法采用根据超声信息获得的图像帧并基于对并入的跟踪信息的基于图像的偏差校正来确定姿态。所述跟踪系统还包括呈现设备, 其中, 所述控制器根据所选择的姿态估计方法来确定姿态并在呈现设备上呈现所确定的姿态。

[0010] 在另一实施例中, 一种用于跟踪超声探头的方法由至少一个控制器执行, 并且包括以下动作:

[0011] 从所述超声探头获取包括多个超声图像帧的超声图像信息;

[0012] 同步地从耦合到所述超声探头的惯性测量单元获取包括多个跟踪帧的跟踪信息, 所述跟踪信息指示所述超声探头的运动;

[0013] 基于所述多个超声图像帧中的至少两个超声图像帧的比较来确定相似度值;

[0014] 计算所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 是否小于相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ); 并且

[0015] 基于对所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 是否小于相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 的计算结果来选择彼此不同的第一姿态估计方法或第二姿态估计方法。

[0016] 所述的方法还包括以下动作: 当确定相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 小于相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 时选择第一姿态估计方法, 其中, 所述第一姿态估计方法通过并入来自 IMU 的跟踪信息来确定姿态并且随后将结果存储在系统的存储器中。另外, 所述方法还包括当确定所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 不小于所述相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 时选择第二姿态估计方法的动作, 其中, 所述第二姿态估计方法还包括: 基于对积分的跟踪信息的基于图像的偏差校正来确定姿态的动作。另外, 所述方法还包括根据所选择的姿态估计方法来确定姿态并在呈现设备上呈现所确定的姿态的动作。

[0017] 在另一实施例中, 一种非瞬态计算机可读介质包括计算机指令, 所述计算机指令在由处理器执行时, 将所述处理器配置为执行以下动作:

[0018] 从所述超声探头获取包括多个超声图像帧的超声图像信息;

[0019] 同步地从耦合到所述超声探头的惯性测量单元获取包括多个跟踪帧的跟踪信息, 所述跟踪信息指示所述超声探头的运动;

[0020] 基于所述多个超声图像帧中的至少两个超声图像帧的比较来确定相似度值;

[0021] 计算所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 是否小于相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ); 并且

[0022] 基于对所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 是否小于相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 的计算结果来选择彼此不同的第一姿态估计方法或第二姿态估计方法。

[0023] 额外的计算机指令, 当由处理器执行时, 将所述处理器配置为: 在确定所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 小于所述相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 时, 执行选择所述第一姿态估计方法的动作; 当确定所述相似度值 ( $C_{\text{帧}}$ ) 不小于所述相似度阈值 ( $C_{\text{阈值}}$ ) 时, 选择所述第二姿态估计方法; 并且根据所选择的姿态估计方法来确定姿态, 并且在呈现设备上呈现所确定的姿态。

[0024] 所述第一姿态估计方法通过将来自IMU的跟踪信息进行积分来确定姿态,并且然后将结果存储在系统的存储器中。此外,所述第二姿态估计方法还包括基于对积分的跟踪信息的基于图像的偏差校正来确定姿态的动作。

### 附图说明

[0025] 在以下示范性实施例中并且参考附较长本发明得以更加详细地解释,其中,相同或相似的元件部分地由相同或相似的附图标记指示,并且各示范性实施例的特征是可组合的。在附图中:

[0026] 图1示出了根据本系统的实施例操作的跟踪系统的一部分(为了清楚起见下文中称为系统)的示意性框图;

[0027] 图2示出了由根据本系统的实施例的过程执行的功能流程图;

[0028] 图3示出了由根据本系统的实施例的过程执行的功能流程图;

[0029] 图4A示出了根据本系统的实施例的、在1维轨迹上的加速度计测量的加速度( $acc1$ )对探头(例如,超声探头)的时间数据的曲线图,其中,通过由圆圈(o)标记指示的图像相关性检测到的静止探头时刻;

[0030] 图4B示出了根据本系统的实施例确定的加速度计导出的未校正(403)和基于图像的校正(401)的速度( $Ve1$ )对时间数据的曲线图,以及指示通过图像相关性检测到的静止探头时刻的圆圈(o)标记;

[0031] 图4C示出了根据本系统的实施例确定的没有(405)和具有(407)基于图像的校正的加速度计导出的探头位移估计的曲线图;并且

[0032] 图5示出了根据本发明的系统的实施例的系统的部分。

### 具体实施方式

[0033] 以下是对说明性实施例的说明,其在结合以下附图一起时将展示以上指出的特征和优势,以及其他特征和优势。在以下说明中,出于解释而非限制的目的,阐述了说明性细节,例如构架、接口、元件附件等。然而,对本领域普通技术人员显而易见的是,偏离这些细节的其他实施例将仍被理解为在所附权利要求的范围之内。此外,出于清楚的目的,省略了对公知的设备、电路、工具、技术和方法的详细描述从而不使对本发明的系统的描述模糊。应该明确理解,附图出于说明性目的而被包括并且不表示本发明的系统的完整范围。在随附的附图中,不同附图中相似的附图标记可以指代相似的元件。术语和/或其构词要素应该被理解为意指可能仅需要所记载的元件中的一个或多个以合适地出现在根据权利要求记载和根据本发明的系统的一个或多个实施例中(例如,仅存在所记载的元件中的一个,可以存在所记载的元件中的两个等等,直至可以存在所记载的元件中的所有)。

[0034] 图1示出了根据本系统的实施例操作的跟踪系统100(为了清楚起见下文中称为系统100)的一部分的示意性框图。系统100可以包括所述任何合适的有线和/或无线方法彼此通信地耦合的以下中的一个或多个:医学成像设备(MID)(例如超声探头102(为了清楚起见下文中称为探头,除非上下文另有说明)),超声扫描器控制104,惯性测量单元(IMU)111,以及跟踪校正器106。此外,可以设想成像探头102、超声扫描器控制104和跟踪校正器106中的一个或多个可以与成像探头102、超声扫描器控制104和跟踪校正器106中的另一个一体地

形成,如可能所需要地。

[0035] IMU 111可以被耦合到诸如探头102的MID,并且可以包括传感器112。例如,可以将IMU 111可释放地或固定地耦合到探头102,如可能所需要地。IMU可以包括耦合器或可以被成形为耦合到探头102。

[0036] 传感器112可以包括一个或多个惯性测量传感器,例如加速计和/或陀螺仪,以分别确定所述探头102的线性加速度或旋转速度,以形成相应的传感器信息,并提供该传感器信息作为惯性数据流(InDS)以跟踪校正器106以进行进一步处理。可以设想,传感器112可以包括任何合适的传感器,例如微机电(MEMS)惯性跟踪传感器,和/或类似物。对于线性加速度,传感器112可具有毫g量级(即 $10\text{mm/s}^2$ )的精度水平,并且对于旋转,传感器112可具有每小时几度的偏置稳定性,并且可以是低成本传感器。用于使用低成本传感器结合基于图像的位置估计以及确定的可靠性值的工作流程和算法在2017年6月22日发表的题为“System and Method for Medical Device Tracking”的W02017102761中描述,其全部内容通过引用并入本文。

[0037] 传感器信息可以包括分别由加速度计和陀螺仪产生的线性加速度和旋转速度信息中的一个或多个,并且可以及时形成相应的跟踪帧。更具体地,加速度计可以沿着一个或多个轴(例如,如箭头124所示的x、y和z轴)感测线性加速度并且生成对应的线性加速度信息,并且陀螺仪可以感测关于一个或多个轴的旋转(例如,x、y和z轴)并且生成相应的旋转速度信息。传感器信息可以包括在InDS内,并且InDS可以被提供给跟踪校正器106的姿态估计器114以进行进一步处理。时间信息(例如,获取时间)可以包括在传感器信息内,或者可以与传感器信息分开并包括在InDS内。因此,InDS可以包括指示获取时间的时间信息,所述时间信息可以用于与从图像数据流获得的超声信息同步,其可能期望的。

[0038] 传感器112可以位于单个位置,或者可以根据需要遍布整个IMU 111分布。例如,传感器112可以彼此一体地定位,或者可以彼此分开地定位。此外,传感器112可以与例如位于探头102内部集成,和/或可以在外部,例如,附接到探头102。在一个实施例中,传感器112被定位成尽可能靠近图像平面(即,尽可能靠近探头102的尖端),以便最小化通过将运动/旋转(在传感器位置)外推到图像平面位置而引入的误差。因此,根据一个实施例,传感器112可以被定位于探头102内,在换能器阵列110的20mm内。

[0039] 探头102可包括一个或多个换能器阵列110和主体103。换能器阵列110可包括以期望顺序配置的一个或多个超声换能器,以便发射超声并获取至少一个超声图像平面(例如超声图像平面108)的超声信息。尽管示出了MID包括探头102,但是可以设想,可以根据需要使用其他类型的MID来获取医学成像数据。例如,其他类型的MID可以包括X射线成像设备或核成像设备,例如伽马相机。

[0040] 超声信息可以包括任何合适的格式,例如模拟和/或数字格式,并且可以被发送到超声扫描器控制104以进行进一步处理。根据本系统的实施例,超声信息可以包括指示可以根据需要用于同步的获取时间的对应时间信息。

[0041] 探头102可以包括用于正在执行的过程的任何合适的超声探头。例如,在本实施例中,可以假设探头102包括腔内探头、支气管内探头、心脏探头、腹腔镜超声探头、腹部探头、小部件或一般成像探头等等中的至少一个,包括可以获得用于构建感兴趣区域(ROI)的图像的超声图像信息多通道超声探头,所述感兴趣区域可以包括一个或多个超声图像平面,

例如超声图像平面108。探头可以能够进行一维(1D),2D和/或3D成像。

[0042] 超声扫描器控制104可以接收超声信息并处理该信息以形成相应的超声图像信息,其可以包括用于多个图像帧的超声图像帧信息(UIFI)。然后将该超声图像信息在图像数据流内提供给姿态估计器单元114以进行进一步处理。超声图像信息可以包括指示可能期望的获取时间的信息。

[0043] 跟踪校正器(TC)106可以包括控制器120、姿态估计单元114、应用单元116、存储器118、用户可与之交互的用户接口(UI)121和显示器222中的一个或多个,其中的一个或多个可以彼此一体地形成或彼此分开地形成。

[0044] 控制器120可以控制系统100的整体操作,并且可以使用任何合适的有线或无线通信方法与探头102、IMU 111、超声扫描器控制104、姿态估计器114、应用单元116、存储器118、UI 121、和/或显示器122中的一个或多个通信。如可能需要的,姿态估计器114和施加器116中的一个或多个的功能可以集成在控制器120内。此外,控制器120可以控制超声扫描器控制104和/或探头102的操作。

[0045] 存储器118可以包括任何合适的非易失性存储器,其中可以存储诸如操作指令、由系统生成的信息、用户输入和/或设置、历史信息、操作设置和/或参数、标识信息、用户信息、患者信息等的信息。

[0046] UI 121可以包括任何合适的用户接口,其可以允许输入(例如,用户输入)和输出,例如为了方便用户而呈现信息,例如显示器122,其可以显示由系统生成的图形用户接口(GUI)和/或其他图像信息。因此,UI可以包括扬声器(SPK)、显示器122(例如、触摸屏显示器等)、触觉设备(例如、振动器等),其用于为了方便用户而呈现信息。

[0047] 姿态估计器114可以从IMU 111获得惯性数据流(InDS)和来自超声扫描器104的图像数据流,并且根据本系统的实施例处理这些流内的信息以确定可能的姿态估计,其可以被提供给施加器116以进行进一步处理。

[0048] 通常,姿态估计可以通过对来自传感器112的加速度信息进行积分(例如,从惯性数据流获得)来获得速度并且再次积分以获得空间位置来确定;来自陀螺仪的另外的角速度数据被积分一次以获得航向(旋转位置)。然而,加速度和角速度的任何小的误差,偏差或漂移可能随时间累积,因此在姿态估计中,导致随时间的姿态估计恶化。因此,姿态估计器114可以确定位移的类型(例如,大的、小的、没有,等),然后根据位移类型的设置来确定姿态估计。

[0049] 可以在以下参考图2描述了根据本系统的实施例的在跟踪校正器106的控制器120的控制下由姿态估计器114和施加器116执行的分析惯性数据流和图像数据流的方法。然而,简言之,姿态估计器114可以接收图像数据流和惯性数据流中的一个或多个,并确定与所确定的探头102的姿态有关的信息。

[0050] 返回参考图1,施加器116可以从姿态估计器114接收所确定的姿态信息,并根据系统设置和输出结果来处理该位置信息。系统设置可以由系统和/或用户设置和/或重置,并且可以存储在系统的存储器中供以后使用。例如,系统设置可以被设置为使得施加器116可以生成包括MID的图形描绘的图形用户接口(GUI),例如超声探头102,并且将该内容提供给UI 121,然后UI 121可以在系统的合适的呈现设备上呈现该信息,例如在系统100的显示器122上,以方便用户。类似地,所述内容可以包括其他信息,例如可听信息,其可以在系统的



合适的呈现设备上呈现,例如在系统的扬声器上。同样,可以使用系统的振动器来呈现触觉信息。因此,例如,系统可以确定探头102的当前姿态是否指示探头102处于期望位置,并且在确定探头102的当前姿态指示探头102处于期望位置时,控制器120可输出信号以驱动系统的触觉设备以通知用户(例如,通过振动反馈)探头102处于期望位置。控制器120可以进一步确定引导信息以将探头102放置在期望位置并且将该信息呈现在诸如显示器122的系统的呈现设备上。因此,施加器116可获得姿态信息并生成相应的引导信息,以例如控制超声探头102的位置和/或通知用户超声探头102的实际和/或期望位置,使得用户可以将超声移动到期望的位置。例如,引导信息可以包括颜色编码的条,其指示从当前图像平面到所需的图像平面的距离(条的长度)和平面外方向(朝向当前图像平面的前/后,由具有不同颜色的条指示,例如绿色/蓝色)。还设想,施加器116可以使用任何合适的方法(例如,由UroNav™(Philips Invivo,Gainesville,FL)融合活检系统等提供的融合方法)获得姿态信息并将从超声探头102获得的超声图像信息与先前获得的超声图像信息融合。

[0051] 图2示出了由根据本系统的实施例的过程200执行的功能流程图。过程200可以使用一个或多个处理器、计算机、控制器等来执行,所述一个或多个计算机可以在网络上通信并且可以从一个或多个存储器获得信息和/或将信息存储到一个或多个存储器,所述一个或多个存储器可以是本地的或者彼此远离。过程200可以包括以下动作中的一个或多个。根据本系统的实施例,可以使用根据本系统的实施例操作的一个或多个合适的坐标配准系统来执行过程200的动作。例如,这些动作中的一个或多个可以组合和/或分离为子动作,如果期望的话。此外,取决于设置,可以跳过这些动作中的一个或多个。为了清楚起见,可以参考诸如超声探头的单个探头来描述该过程。然而,在没有限制的情况下,应该理解的是,所述过程可以采用多个探头,每个探头可以包括单独的工作流程。同样为了清楚起见,在图2中所示的说明性实施例中,过程200,至少两个帧之间的相关性( $C_{\text{帧}}$ )被用作相似性度量,然而,在没有限制的情况下,应当理解,可以使用其他相似性度量来代替相关性,或者除了相关性之外,例如互信息、归一化互信息、平方差之和、相关度比率、相关度系数和/或其他相似度量。类似地,代替针对至少最后两帧( $C_{\text{帧}}$ )计算的相关性,或除了针对至少最后两帧( $C_{\text{帧}}$ )计算的相关性,可以计算针对所述至少最后两帧( $C_{\text{帧}}$ )的其他相似性度量,并与相似性度量阈值( $C_{\text{阈值}}$ )进行比较。

[0052] 在操作中,过程200可以在动作201期间开始并且然后进行到动作202。在动作202期间,系统可以实时获得由探头获取的超声图像信息。超声信息可以包括由探头获取的多个图像帧,并且可以包括在图像数据流内。因此,可以通过分析图像数据流来获得这些图像帧。在超声图像获取的同时,系统可以获取惯性信息,所述惯性信息可以包括来自系统的IMU的加速度信息(例如,线性和旋转),所述IMU可以耦合到探头或者作为探头的其他部分。在完成动作202之后,过程可以进行到动作203。

[0053] 在动作203期间,系统可以确定帧到帧相似性度量,例如,针对超声图像信息的两个或更多个相邻图像帧的帧到帧相关性( $C_{\text{帧}}$ )。这些帧可以在时间上彼此相邻,或者可以位于特定时间间隔(例如,活动时间窗)上。在完成动作203之后,过程可以进行到动作205。

[0054] 在动作205期间,所述过程可以确定 $C_{\text{帧}}$ 是否小于相关度阈值 $C_{\text{阈值}}$ (即,是否 $C_{\text{帧}} < C_{\text{阈值}}$ )。因此,所述过程可以将 $C_{\text{帧}}$ 与 $C_{\text{阈值}}$ 进行比较,并且如果确定 $C_{\text{帧}}$ 小于 $C_{\text{阈值}}$ (例如,指示探头的大的位移),则该过程可以进行到动作207。然而,如果确定 $C_{\text{帧}}$ 不小于 $C_{\text{阈值}}$ (例如, $C_{\text{帧}}$ 大于或等于

$C_{\text{阈值}}$ , 其指示小的位移), 则该过程可以进行到动作211。关于 $C_{\text{阈值}}$ , 在本实施例中, 所述值可以设置为任何合适的值, 例如0.9。但是, 也可以设想其他值或值的范围。

[0055] 在动作207期间, 系统可以至少基于从IMU获得的跟踪信息的经积分的IMU数据(例如, 跟踪数据)来确定姿态估计。因此, 系统可以执行IMU数据积分过程以对IMU数据进行积分(在先前和当前偏差校正时间点之间)并且至少基于该积分的IMU数据和之前的姿态确定姿态估计(其可以被定义为当前姿态或姿态估计)。在完成动作207之后, 过程可以进行到动作215。

[0056] 在动作211期间, 所述过程可以至少基于基于图像的处理方法来确定姿态估计, 如可以应用于由超声探头获取的超声图像信息。在该动作期间, 系统可以采用基于图像的处理(诸如帧到帧相关和平面外相关)来估计超声探头的当前速度。然后, 系统可以在该当前速度估计(通过基于图像的处理获得)中将自上次偏差校正以来(例如, 在先前和当前偏差校正时间点之间)的变化与由积分IMU数据提供的在先前和当前偏差校正时间点之间速度估计的变化进行比较, 并使用该差来估计由跟踪数据指示的IMU的加速度偏差。然后, 系统可以追溯地将偏差校正应用于自上次偏差校正以来的所有时间点(例如, 从 $m$ 到 $(m-1)$ )并相应地更新当前姿态估计。然后可以将当前姿态估计作为当前姿态提供给应用单元。

[0057] 当探头静止时, 可能会出现小位移的特殊子集。如果是这种情况, 则帧至帧相关性最高(在相同图像之间, 除了微米级组织移动和超声扫描器系统噪声之外), 并且得到的速度估计(例如, 通过图像分析确定)基本上为零。在完成动作211之后, 过程可以进行到动作215。

[0058] 在动作215期间, 所述过程可以将姿态估计发送给施加器(例如, 施加器116)以进行进一步处理, 如本申请中其他地方可描述的, 并且此后可以继续行动217, 在其处其可以结束。

[0059] 关于偏差校正, 可以触发偏差正以在确定超声探头停止或减慢(例如, 低于特定速度阈值)时自动发生, 或者可以手动触发(例如, 由用户将触发, 如下文中所讨论, 等等)。例如, 当超声探头静止时和/或紧接在需要高跟踪精度的超声探头运动序列之前, 用户可以手动触发偏差校正。另外, 施加器可以监视自从应用了最后的运动校正(例如, 偏差校正)以来的时间段, 并且当确定自上次运动校正以来的时间段大于运动校正时间阈值时( $T_{\text{阈值}}$ ), 施加器可以生成并呈现请求用户减慢或停止运动的消息, 以便可以应用运动校正。换句话说, 当确定自前一运动校正已经过去的预定时间段(例如, 运动校正尚未应用预定时间段(例如, 20秒等))时, 系统可以通知用户(例如, 通过呈现请求用户减慢或停止运动的消息以便可以应用运动校正)来减慢探头运动, 并且此后一旦帧到帧相关度 $C_{\text{帧}}$ 增加而达到和/或变得大于相关度阈值 $C_{\text{帧阈值}}$ 到就执行运动校正。当用户遵循请求减慢或停止并且确实减慢或停止超声探头运动时, 则帧到帧相关度 $C_{\text{帧}}$ 增加以达到和/或变得大于 $C_{\text{帧阈值}}$ 。应当注意, 再次执行动作205, 其中, 检查 $C_{\text{帧}}$ 增加以达到和/或超过 $C_{\text{帧阈值}}$ , 并且执行动作211以基于遵循对用户的请求和用户减慢或停止超声探头运动的动作之后的实际获取的成像数据来确定姿态估计。

[0060] 现在将参考图3讨论用于在姿态估计单元中执行基于图像的偏差校正的方法, 图3示出了由根据本系统的实施例的过程300执行的功能流程图。过程300可以使用一个或多个处理器、计算机、控制器等来执行, 所述一个或多个计算机可以在网络上通信并且可以从一个或多个存储器获得信息和/或将信息存储到一个或多个存储器, 所述一个或多个存储器

可以是本地的或者彼此远离。过程300可以包括以下动作中的一个或多个。根据本系统的实施例,可以使用根据本系统的实施例操作的一个或多个合适的坐标配准系统来执行过程300的动作。例如,这些动作中的一个或多个可以组合和/或分离为子动作,如果期望的话。此外,取决于设置,可以跳过这些动作中的一个或多个。为了清楚起见,可以参考诸如超声探头的单个探头来描述该过程。然而,在没有限制的情况下,应该理解的是,所述过程可以采用多个探头,每个探头可以包括单独的工作流程,例如子工作流程。在操作中,过程可以在动作301期间开始并且然后进行到动作303。此外,由系统确定的信息可以存储在系统的存储器中以供以后使用。

[0061] 在动作303期间,系统可以执行基线获取以同时从IMU和探头(例如,超声探头)中的每个获取基线跟踪和图像帧。例如,系统可以在子动作303F期间从IMU获取基线跟踪帧( $F_n, n=0, m=0$ )并且可以同时从探头(例如,直接地或经由超声扫描器)捕获基线图像帧( $I_n, n=0, m=0$ ),其中, $F_n$ 表示跟踪帧(例如,来自IMU数据), $I_n$ 表示图像帧(例如,来自超声探头102的超声图像帧),其中, $n$ 表示指标(对于初始帧可以从0开始),并且 $m$ 表示偏差校正迭代,并且可以初始设置为 $n$ 的值,其在当前动作期间为0。因此,基线跟踪帧可以被称为 $F_0$ ,并且基线图像帧(例如,超声图像帧)可以被称为 $I_0$ 。假设绝对基线探头速度为0(探头静止),并且假设基线处的探头姿态位于坐标系的原点(即,在1维示例中位置 $x=0$ ,或者在三维坐标系中 $x=(0,0,0)$ )。所有后续位置和速度估计是相对于该基线的位置/速度变化的估计,或相对于如下详述的最后偏差校正点的估计。在基线获取之后,系统可以将指标 $n$ 的计数前进,使得 $n=n+1$ 。

[0062] 当探头静止时,可以以已知的初始姿态(例如,在所选坐标系的原点)从施加单元启动跟踪帧和成像帧的同时获取。因此,系统可以呈现信息以通知用户将超声探头放置在期望的位置(例如,在支架中)以进行初始化。然而,还设想系统可以检测探头何时被放置在期望位置(例如,使用基座中的传感器等),其可以提供信息以指示探头正确地定位在基座内并且初始化过程可以开始。进一步设想,当探头放置在所需姿态时,例如当它放置在支架中时,或者当探头在期望的扫描序列开始时手动保持在静止位置时,用户可以手动启动初始化过程。在完成动作303之后,过程可以进行到动作305。

[0063] 在动作305期间,系统可以执行获取以同时从IMU和超声探头中的每一个获取当前(例如,新)帧。例如,系统可以在子动作305F期间从IMU获取当前基线跟踪帧( $F_n$ ),并且可以在子动作305I期间从超声扫描器同时捕获当前图像帧( $I_n$ )。在完成动作305之后,过程可以进行到动作307。

[0064] 在动作307期间,系统可以将动作303和305期间获取的帧保存在系统的存储器中,以供以后使用。例如,系统可以在子动作307F期间将所获取的跟踪帧( $F_n$ )保存在跟踪帧存储器中,并且可以在子动作307I期间保存所获取的成像帧( $I_n$ )。该系统还可以与相应的跟踪和成像帧一起存储元信息,例如获取时间、探头和/或获取参数等。在完成动作307之后,系统可以进行到动作309。

[0065] 在动作309期间,系统可以估计探头的当前基于跟踪的速度。因此,系统可以针对 $m$ 个帧上的每个跟踪帧 $F_n$ 确定基于惯性跟踪的速度 $v_{跟踪}(F_n, F_{n-1}, \dots, F_m)$ 。因此,系统可以从跟踪帧存储器获得所获取的跟踪帧( $F_n$ )并且通过对惯性加速度数据自上次校正以来的所有帧随时间积分来处理该信息,得到自上次校正以来基于跟踪的速度变化,以确定探头的当

前速度(例如,基于跟踪的速度)。通过将最后校正时的速度与速度变化估计相加来获得绝对速度估计。因此,如果 $n=1$ ,并且 $m=0$ ,则系统可以确定 $v_{跟踪}(F_1, F_0)$ 。在完成动作309之后,系统可以进行到动作311。

[0066] 在动作311期间,系统可以计算所获取的成像帧( $I_n$ )的帧到帧相关度( $C_{帧}$ )。因此,系统可确定相邻成像帧之间的相关度,例如当前第 $n$ 成像帧( $I_n$ )与先前成像帧( $I_{n-1}$ )之间的相关性,其与用于在动作309期间确定当前基于跟踪的速度的图像帧的指标(例如, $n$ )相对应。说明性地,高达 $k=10$ 帧被相关以增加基于图像的速度估计的鲁棒性。此外,用于相关的帧可以在时间上相邻。在一个实施例中,可以采用图像质量度量来选择哪些帧具有足够的图像信息以允许基于图像的速度估计。例如,超声阴影可能会遮挡图像的某些部分。如果太多图像是“暗”(即阴影),则不应使用该图像来尝试计算探头速度。因此,图像质量度量可以测量平均图像亮度,并且仅使用表现足够亮度的帧,例如高于预选/预定亮度阈值的亮度。在完成动作311之后,过程可以进行到动作313。

[0067] 在动作313期间,所述过程可以确定 $C_{帧}$ 是否小于相关度阈值( $C_{帧阈值}$ )。因此,如果确定 $C_{帧}$ 小于 $C_{帧阈值}$ ,则该过程可以继续动作315并基于IMU信息积分方法来确定当前基于跟踪的姿态,如下面将讨论的。然而,如果确定 $C_{帧}$ 不小于 $C_{帧阈值}$ (例如, $C_{帧}$ 等于或大于 $C_{帧阈值}$ ),则处理可以继续动作317并基于对来自成像探头102对应于来自IMU的跟踪帧( $F_n$ )和/或与其实时同时获得的帧( $I_n$ )的基于图像的图像处理方法来确定当前姿态,如下面将讨论的。该基于图像的处理方法可以采用偏置校正模式,如可以在别处讨论的那样。

[0068] 可以设想, $C_{帧阈值}$ 可以由系统和/或用户设置,并且可以存储在系统的存储器中和/或在需要时获得。根据本系统的实施例, $C_{帧阈值}$ 可以被设置为等于0.90。然而,也设想其他值。此外,还设想多个相关度阈值( $C_{帧阈值(x)}$ ),其中, $x$ 是整数。例如,可以将第一相关度阈值( $C_{帧阈值(1)}$ )设置为等于 $C_{帧阈值} = .90$ ,并且可以将第二相关度阈值( $C_{帧阈值(2)}$ )设置为等于0.93。然后将这两个值用于比较目的,如可以在别处描述的那样。

[0069] 在动作315期间,所述过程可以基于在动作309期间确定的估计的基于惯性跟踪的速度 $v_{跟踪}(F_n, F_{n-1}, \dots, F_m)$ 的积分来确定针对探头的基于跟踪的姿态 $T_{跟踪}(F_n, F_{n-1}, \dots, F_m)$ 。更具体地,所述过程可以基于IMU数据积分方法来确定探头的基于跟踪的姿态,所述IMU数据积分方法可以在估计的基于惯性跟踪的速度 $v_{跟踪}(F_n, F_{n-1}, \dots, F_m)$ 上积分以确定基于跟踪的姿态 $T_{跟踪}(F_n, F_{n-1}, \dots, F_m)$ 。在该方法中,可能不应用偏差校正,因为低相关度( $C_{帧} < C_{帧阈值}$ )暗示任何基于图像的校正尝试将不如直接从惯性数据估计速度和姿态那么准确。(自上次校正时间以来的)姿态变化估计是通过对所有速度估计 $v_{跟踪}(F_n, F_{n-1}, \dots, F_m)$ 进行积分(相加)来获得自上次校正时间以来的姿态变化,并加上上次校正时间的姿态以获得绝对姿态(即,自基线以来的姿态变化)。

[0070] 因此,可以对跟踪数据进行积分以估计探头速度、位置和方向,其中 $v_{跟踪}$ 和 $T_{跟踪}$ 分别是自上一次偏差校正(例如,可以是先前的校正时刻)以来的基于(惯性)跟踪的速度和姿态变化,其可以由下标 $m$ 表示,如将在别处讨论的。在完成动作315之后,系统可以进行到动作327。如结合动作303和309所描述的,所有估计是相对于最后校正点的姿态/速度变化的估计。通过在最后校正点处添加姿态/速度,获得自基线以来的总体速度/姿态变化,这是绝对姿态/速度估计,因为根据定义在基线处姿态/速度均为零,例如,在坐标系的原点处。

[0071] 在动作317到325期间,系统可以采用偏差校正来校正跟踪姿态以确定经校正的跟

踪姿态,然后可以将其设置为当前姿态。

[0072] 更具体地,在动作317期间,系统可以使用多达 $k$ 个(其中,例如, $k$ 是 $\leq 10$ 的整数)回顾性成像帧( $I_n, I_{n-1}, \dots, I_{n-k}$ )来确定(估计的)基于图像的速度 $v_{\text{成像}}(I_n, I_{n-1}, \dots, I_{n-k})$ 。特别地,系统可以仅使用2个最近的图像帧( $I_n$ 和 $I_{n-1}$ )来确定当前速度。该动作可以使用任何合适的基于成像的处理方法来执行,例如,数字信号处理(DSP)方法等。在该动作期间,系统可以基于相邻(在时间上)图像帧的差异来确定速度。例如,系统可以进一步识别图像帧内的标志,并且此后可以测量这些标志的移位以确定速度(如果有的话)。在完成动作317之后,系统可以进行到动作319。

[0073] 在动作319期间,系统可以计算测量偏差(B)。因此,所述过程可以确定自上次校正以来估计的基于跟踪的速度变化与自上次校正以来的基于图像的速度变化(在帧 $m$ 处)之间的变化。例如,在基于成像的速度的变化可以被表示为 $\Delta v_{\text{成像}}$ ,其中, $\Delta v_{\text{成像}} = v_{\text{成像},n} - v_{\text{成像},m}$ ,基于跟踪的速度的变化可以被表示为 $\Delta v_{\text{跟踪}} = v_{\text{跟踪},n} - v_{\text{跟踪},m}$ 。然后,所述过程可以基于 $\Delta v_{\text{成像}}$ 与 $\Delta v_{\text{跟踪}}$ 之间的差异来确定偏差(B)。因此,偏差(B)可以是以基于图像的速度变化与基于跟踪的速度变化的差异为基础的。如果考虑 $d$ 维中的探头运动( $d=1, 2$ 或 $3$ ),则可以将偏差描述为 $d$ 维向量。在完成动作319之后,过程可以进行到动作321。

[0074] 在动作321期间,所述过程可以确定自上次校正以来针对探头的针对所有估计的经校正的基于跟踪的速度 $v_{\text{跟踪,校正}}$ 。因此,所述过程可以通过将测量偏差(B)或其一部分应用于可能先前已存储在存储器中的先前确定的基于跟踪的速度 $v_{\text{跟踪}}(F_n, F_{n-1}, \dots, F_m)$ 信息来确定基于跟踪的速度 $v_{\text{跟踪,校正}}$ 。例如,所述过程可以使用线性内插来将偏差的一部分应用于自上次校正以来的每个先前存储的速度估计,使得在上一个校正点(在帧 $m$ 处)处对速度估计应用(加上)零偏差,将全部偏差 $B$ 应用于当前速度估计(在帧 $n$ 处),并且将偏差 $(j-m)/(n-m)*B$ 的一部分应用于所有先前存储的针对帧 $F_j$ (其中, $j=m..n$ )的速度估计,即针对上一个校正点与当前帧之间的所有帧。针对该探头的所确定的经校正基于跟踪的速度 $v_{\text{跟踪,校正}}$ 可以被称为估计的经校正的基于跟踪的速度。在完成动作321之后,过程可以进行到动作323。

[0075] 在动作323期间,所述过程可以确定所述探头的经校正的基于跟踪的姿态 $T_{\text{跟踪,校正}}$ 。该过程可以基于对在动作321期间确定的针对所述探头的所确定的经校正的基于跟踪的速度 $v_{\text{跟踪}}$ 的积分来确定经校正的基于跟踪的探头 $T_{\text{跟踪,校正}}$ 。更具体地,所述过程可以基于IMU数据积分方法来确定经校正的基于跟踪的姿态 $T_{\text{跟踪,校正}}$ ,所述IMU数据积分方法可以对经校正的基于跟踪的速度 $v_{\text{跟踪,校正}}$ 进行积分以确定经校正的基于跟踪的姿态 $T_{\text{跟踪,校正}}$ 。该积分可以类似于在上面的动作315期间执行的积分。然后将针对探头经校正的基于跟踪的姿态 $T_{\text{跟踪,校正}}$ 设置为基于跟踪的姿态 $T_{\text{跟踪}}$ 。在完成动作323之后,过程可以进行到动作325。因此,在动作317-323期间,系统可以基于对积分跟踪信息的基于图像的偏差校正来确定姿态。

[0076] 在动作325期间,所述过程可以设置 $m=n$ ,从而将当前帧 $n$ 识别为具有最后偏差校正的帧。在完成动作325之后,过程可以进行到动作327。

[0077] 在动作327期间,系统可以将 $n$ 的值递增(例如, $n=n+1$ )并且可以前进到动作329。

[0078] 在动作329期间,系统可以将经更新的姿态信息发送到施加单元以用于进一步处理和呈现,例如帮助用户确定探头的位置和/或取向,用于手术引导(例如,将探头向左、向右移动等),和/或将来自超声探头的信息与其他医学成像信息(例如,磁共振成像(MRI)扫描信息,X射线计算机断层摄影(CT)扫描信息等)融合,和/或呈现该融合信息,如所希望的

和/或通过相应的使用和/或设置确定的。在完成动作329之后,系统可以重复动作305。此外,可以设想,当需要时,例如当用户或系统分别请求结束或暂停该过程时,所述过程可以结束或者暂停。

[0079] 在过程300期间,设想一旦应用校正,就可以删除存储在存储器中的数据以清除针对进入帧的空间。然而,可以设想,所述数据可以在多个校正周期中或更长地存储在存储器中,以便可以根据需要对偏置(线性,更高阶的多项式等)进行更复杂的估计。因此,校正周期可以根据需要采用来自多个校正周期(例如,动作317至325)的数据。

[0080] 现在将关于一维(1D)平移情况(例如,仅在横向方向上平移的超声探头,具有测量横向加速度的IMU跟踪传感器)更详细地讨论如关于动作319所示的确定偏差(B)的方法,现在将更详细地讨论。可以执行帧到帧图像相关以检测超声探头可以静止的情况,这可以导致非常高的相关性(例如,大于0.98)。基于图像的速度估计 $v_{\text{成像}} = 0\text{m/s}$ 可以假设这些静止的时刻。

[0081] 从一个静止的瞬间到下一个静止的瞬间,探头的线性速度的变化可以写作:

$$[0082] \quad v_{\text{成像}}(t_2) - v_{\text{成像}}(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} a_{x,\text{实际}} dt = 0 \quad \text{公式 (1),}$$

[0083] 其中, $t_1$ 和 $t_2$ 是具有基于图像的零速度估计的两个时间点,并且 $a_{x,\text{实际}}$ 是探头的加速度。在没有IMU跟踪测量偏差的情况下,对于测量的跟踪数据,上述表达式是相同且相等的

$$[0084] \quad v_{\text{跟踪}}(t_2) - v_{\text{跟踪}}(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} a_{x,\text{测量}} dt = 0 \quad \text{公式 (2)}$$

[0085] 如果将测量偏差写为 $a_{x,\text{测量}} = a_{x,\text{实际}} + a_{x,\text{偏差}}$ ,则在公式(2)中的表达式可以变为

$$[0086] \quad \int_{t_1}^{t_2} (a_{x,\text{实际}} + a_{x,\text{偏差}}) dt = v_{\text{跟踪}}(t_2) - v_{\text{跟踪}}(t_1) = v_{\text{成像}}(t_2) - v_{\text{成像}}(t_1) + v_{\text{偏差}} \quad \text{公式 (3)}$$

[0087] 因此可以得到,当IMU加速度数据从 $t_1$ 到 $t_2$ 被积分以获得基于跟踪的速度估计时,任何非零速度估计可能归因于跟踪测量偏差。

[0088] 有可能估计 $a_{\text{偏差}}$ ,假设它在 $t_1$ 与 $t_2$ 之间是恒定的,并且在回顾性测量中对其进行校正,使得基于跟踪器的速度变化等于 $t_1$ 与 $t_2$ 之间的速度变化的基于图像的估计。因此,

$$[0089] \quad a_{\text{偏差估计}} = \frac{[v_{\text{跟踪}}(t_2) - v_{\text{跟踪}}(t_1)] - [v_{\text{成像}}(t_2) - v_{\text{成像}}(t_1)]}{t_2 - t_1} \quad \text{公式 (4)}$$

#### [0090] 测试结果

[0091] 现在将参考图4A至4C描述根据本系统的实施例执行的具有和不具有偏差校正的IMU加速度测量和成像探头的1D演示情况,其中,

[0092] 图4A示出了根据本系统的实施例的、在1维轨迹上的加速度计测量的加速度( $\text{acc1}$ )对探头(例如,超声探头)的时间数据(亦即,以秒为单位的时间, $t$ (秒))的曲线图400A,其中,由圆圈(o)标记指示通过图像相关性检测到的静止探头时刻;

[0093] 图4B示出了根据本系统的实施例确定的加速度计导出的未校正(403)和基于图像的校正(401)的速度( $v_{\text{el}}$ )对时间数据 $t$ (秒)的曲线图400B,以及指示通过图像相关性检测到的静止探头时刻的圆圈(o)标记;

[0094] 图4C示出了根据本系统的实施例确定的没有(405)和具有(407)基于图像的校正的加速度计导出的探头位移估计(Disp)对时间数据t(秒)的曲线图400C。

[0095] 参考图400B,偏差对未校正速度估计的影响被视为相对于预期速度的漂移(线403)。然而,如线401所示,可以使用偏差校正来消除该漂移。参考图表400C,在没有校正的情况下,位移估计快速移动到不切实际的大值(线405),这对于医学成像和图像引导中的应用通常是不可接受的。然而,通过校正,这些位移估计(线407)可以保持在预期值附近。

[0096] 尽管针对1D和零速度示出了上述方法,但是上述方法可以推广到三维(3D)和/或非零速度估计,即  $\Delta v_{\text{成像}} = v_{\text{成像}}(t_2) - v_{\text{成像}}(t_1)$ , 其与  $\Delta v_{\text{跟踪}} = v_{\text{跟踪}}(t_2) - v_{\text{跟踪}}(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} a_{x,\text{测量}} dt$  相比。另外,恒定偏差假设可以用任何其他(例如,线性,抛物线等)时变偏置特性替换,并且可以在基于多幅图像的速度估计点的过程中应用类似的校正。

[0097] 在初始设置期间和/或在期望时,系统可以在一些扫描时间之后没有检测到这样的慢/无运动(例如,20秒,然而,也设想其他时间段)的情况下呈现信息以提示用户缓慢扫描和/或保持探头静止时间。这可以在需要时提供校准。进一步设想当探头运动的运动为静止和/或低于速度阈值一段时间(例如5秒,然而也设想其他时间段)时,可以使用基于图像的速度估计来计算并更新姿态。

[0098] 还步设想基于图像的速度估计可以基于存储在系统的存储器中的多个最近帧。

[0099] 图5示出了根据本发明的系统500的实施例的系统的部分。例如,本系统的一部分可以包括可操作地耦合到存储器520的处理器510(例如,控制器),包括诸如显示器530的呈现设的用户接口(UI)备、传感器540和用户输入设备570。存储器520可以是用于存储应用数据以及与所描述的操作有关的任何其他数据的任何类型的设备。应用数据和其他数据由处理器510接收用于配置为(例如,编程)处理器510以执行根据本发明的系统的操作动作。这样配置的处理器510变为特别适于执行根据本发明的系统的实施例的专用机器。

[0100] 操作动作可以包括通过例如根据系统设置的惯性跟踪系统来配置系统。

[0101] 处理器510可以确定从医学成像探头(例如包括耦合到其的IMU的超声探头)接收的速度和/或姿态(例如,位置和/或取向)信息。处理器510还可以基于差异信息来确定引导信息,所述差异信息基于期望位置和/或姿态与超声探头的实际位置和/或姿态的差异。处理器510可处理所接收的信号(例如传感器信息),变换这些信号以确定速度、位置和/或取向信息(例如,与探头相关的),并且可生成可包括图像信息的内容(例如,静止或者视频图像(例如,视频超声信息)),数据,和/或图形,其可以在例如系统的UI(诸如在显示器530,扬声器等)上呈现。该内容可以包括图像信息,其可以由本系统的医学成像系统生成和/或可以包括指导信息(例如,向右、向左、向右移动等)以在流程期间引导用户。另外,所述内容可以然后被存储在所述系统的存储器(例如,存储器520)中以供以后使用。处理器510可以还记录探头的位置和/或将从探头获得的内容(例如,超声信息)与从诸如MRI和/或计算机辅助断层摄影(CAT)、X射线等系统的其他医学成像系统获得的信息融合。因此,操作动作可以包括请求、提供和/或呈现内容。处理器510可以在诸如所述系统的显示器的所述系统的UI上绘制诸如视频信息的内容。

[0102] 用户输入570可以包括键盘,鼠标,轨迹球或其他设备,例如触敏显示器,其可以是独立的或系统的一部分,例如个人计算机的一部分,个人数字助理(PDA),移动电话(例如,智能电话),监视器,智能或哑终端或用于经由诸如有线和/或无线通信链路的任何可操作

链路处理器510通信的其他设备。用户输入设备570可以能操作用于与处理器510交互,包括使得能够在如本文中所述的UI中交互。显然,处理器510、存储器520、显示器530、和/或用户输入设备570可以全部或部分地是计算系统或其他设备(例如,客户端和/或服务器)的部分。

[0103] 本发明的系统的方法特别适合于由计算机程序来执行,例如包括对应于所描述的和/或由本发明的系统预想的个体动作中的一个或多个的模块的程序。这样的程序可以当然现在在非瞬态计算机可读介质中,例如,集成芯片、外围设备或存储器,例如存储器520或耦合到处理器510的其他存储器。

[0104] 包含在存储器520中的程序和/或程序部分可以对处理器510进行配置以实施本文中所公开的方法、操作动作、以及功能。存储器可以例如在客户端和/或服务器之间或本地分布,并且处理器510(在其处可以提供额外处理器)也可以是分布式的或可以是单个的。存储器可以实现为电、磁或光存储器,或这些或其他类型的存储设备的任何组合。此外,术语“存储器”应该被广义地解释为包含能够从处理器510可访问的可寻址空间中的地址读取或写入的任何信息。利用该定义,例如,通过网络可访问的信息仍然在存储器的范围内,因为处理器510可以从网络检索信息以便根据本系统进行操作。

[0105] 处理器510能操作用于响应于来自用户输入设备570的输入信号以及响应于网络来提供控制信号和/或执行操作以及执行存储在存储器520中的指令。处理器510可以包括微处理器、(一个或多个)专用或通用集成电路、逻辑设备等中的一个或多个。此外,处理器510可以是用于根据本系统执行的专用处理器或者可以是通用处理器,其中,许多功能中的仅一个用于根据本系统执行。处理器510可以使用程序部分、多个程序段来操作,或者可以是使用专用的或多用集成电路的硬件设备。本发明的系统的实施例可以提供成像方法以获取和/或重建图像。合适的应用可包括诸如超声的成像系统。然而,应当理解,本系统的实施例可以还包括诸如MRI、计算机辅助断层摄影(CAT)、光学、X射线和/或其组合的成像系统。此外,本系统的实施例可以理想地适合于外科介入技术,其可以生成和呈现来自具有统一的坐标系统实时具有不同坐标系的一个或多个成像系统(例如,超声,CAT扫描,MRI,X射线等)的图像和/或传感器信息。系统可以确定探头的姿态并且可以将探头和/或从探头获得的图像信息与这些其他系统配准。因此,系统可以确定探头的速度和/或姿态以便与这些其他系统配准。

[0106] 因此,本系统的实施例可以处理基于图像的信息以校正惯性传感器中的偏差误差,所述惯性传感器可以附接到成像设备以进行位置跟踪。这可以减少对高度复杂和昂贵的惯性或非惯性传感器(例如电磁跟踪传感器)的需求,并且可以允许实现简单,低成本的惯性传感器。可以设想,本系统的实施例对于各种基于图像的惯性制导系统可能是理想的。例如但不限于,设想本系统的实施例可以与超声图像引导系统一起用于前列腺活组织检查等。

[0107] 不进行限制,设想本系统的实施例可以用于跟踪各种医学探头的姿态,例如用于跟踪成像探头的三维(3D)姿态。特别地,本系统的实施例可以用于在可能需要将超声图像数据与预先获取的数据融合的过程期间跟踪超声成像探头的3D姿态。此类系统可包括US/MRI融合引导的前列腺活检系统(例如,参见Philips Invivo,Gainesville,FL的UroNav™系统)。还设想本系统的实施例可用于US与先前3D成像(CT,MR,锥形束CT等)的一般融合,或其



中扩展视野 (FOV) 要被覆盖或重建的诊断检查。

[0108] 本领域普通技术人员将容易进行本发明的系统的进一步的变型并且由所附权利要求所涵盖。

[0109] 最终,以上旨在仅仅是对本发明的系统的说明并且不应理解为将所附权利要求限制到任何特定的实施例或任何一组实施例。因此,尽管已参考示范性实施例描述了本发明的系统,但是应该理解,本领域普通技术人员可以设计出大量修改和替代性实施例,而不偏离在随后的权利要求中所阐述的本发明的系统的理宽泛的和旨在的精神和范围。另外,本文包括的任何章节标题旨在便于查阅,但不旨在限制本系统的范围。因此,说明书和附图应被视为是以说明性的方式并且不旨在限制随附权利要求的范围。

[0110] 在解释随附的权利要求时,应当理解:

[0111] a) “包括”一词不排除在给定权利要求中所列举的其他元件或动作之外的元件或动作的存在;

[0112] b) 在元件之前的词语“一”或“一个”不排除多个这样的元件的存在;

[0113] c) 在权利要求中的任何附图标记不限制其范围;

[0114] d) 若干“单元”可以由相同的项或硬件或软件实施的结构或动能来表示;

[0115] e) 所公开的元件中的任一项可以包括硬件部分(例如,包括分立的和集成的电子电路)、软件部分(例如,计算机程序)、以及它们的任何组合;

[0116] f) 硬件部分可以包括逻辑和数字部分中的一个或两者。

[0117] g) 所公开的设备或其部分中的任一项可以被组合到一起或者分割成进一步的部分,除非专门另行指出;

[0118] h) 并不旨在需要动作或步骤的特定顺序,除非明确指出;

[0119] i) 术语“多个”元件包括要求保护的元件中的两个或更多个,并且并不暗示元件的特定数量范围;亦即,多个元件可以少至两个元件,并且可以包括不可测量的数目的元件;并且

[0120] j) 术语和/或其形成的词应当被理解为意味着在根据权利要求叙述并且根据本系统的一个或多个实施例中,可能需要在系统中仅适当地存在所列出的元件中的一个或多个。

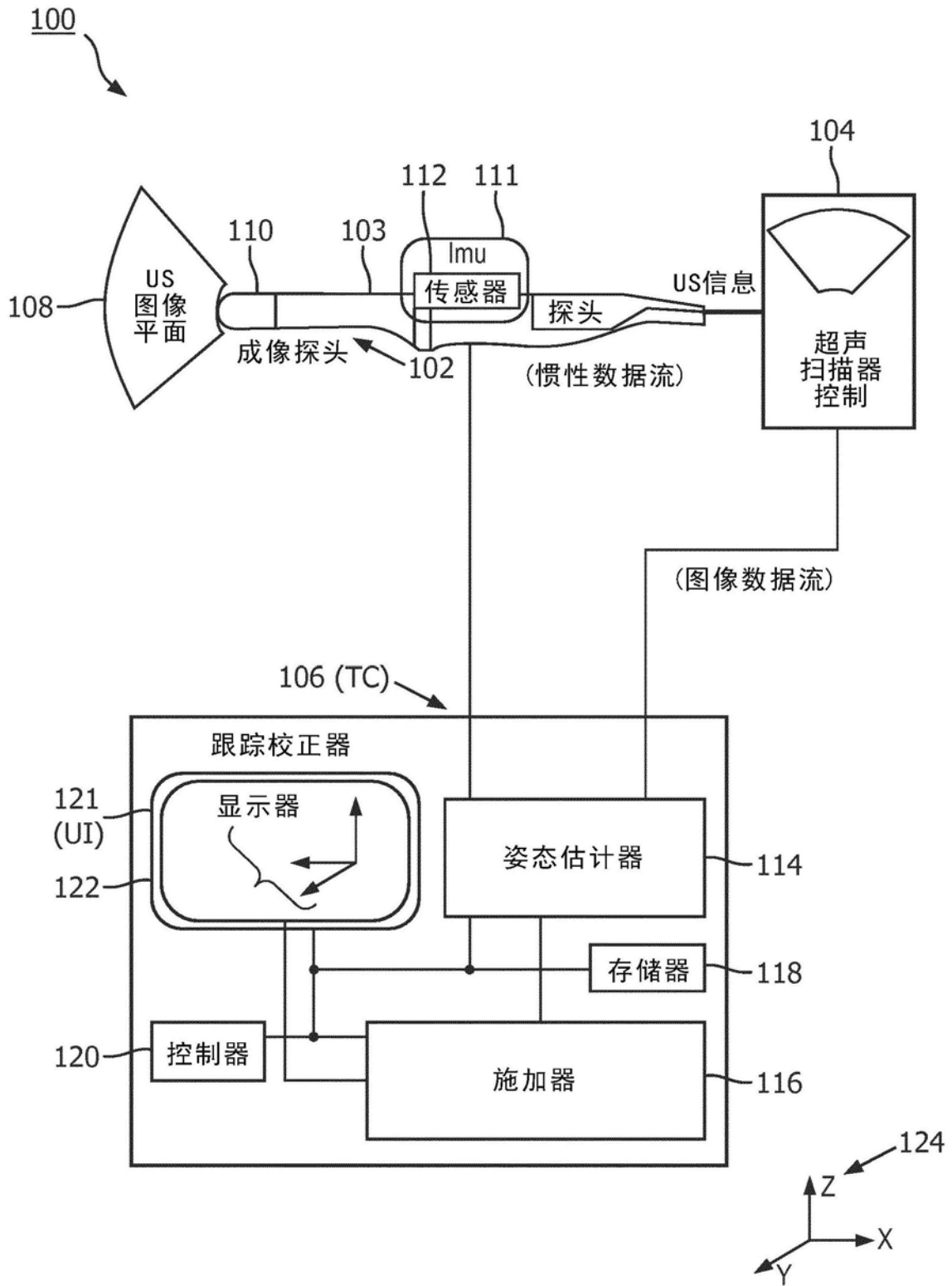


图1

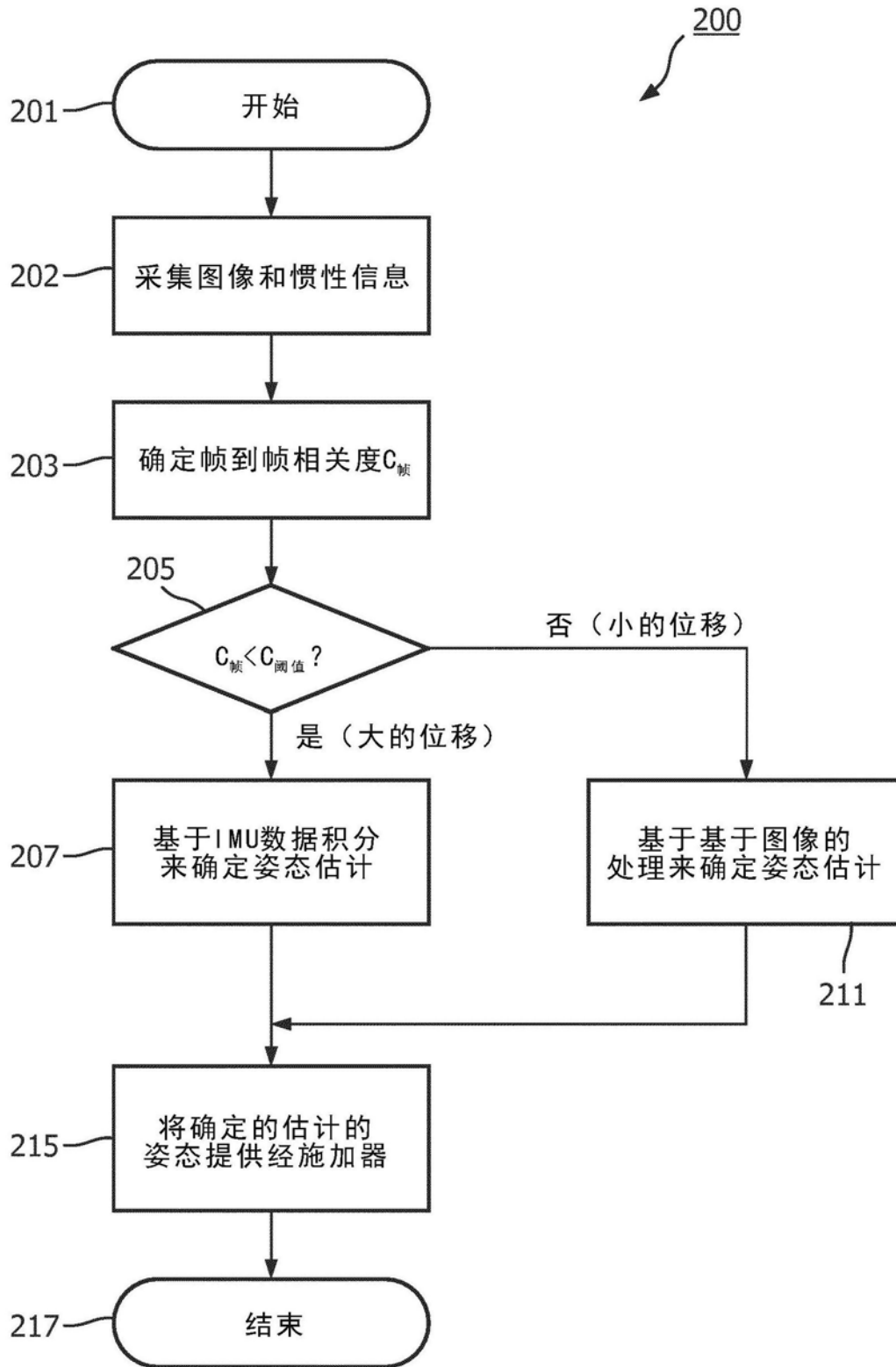


图2

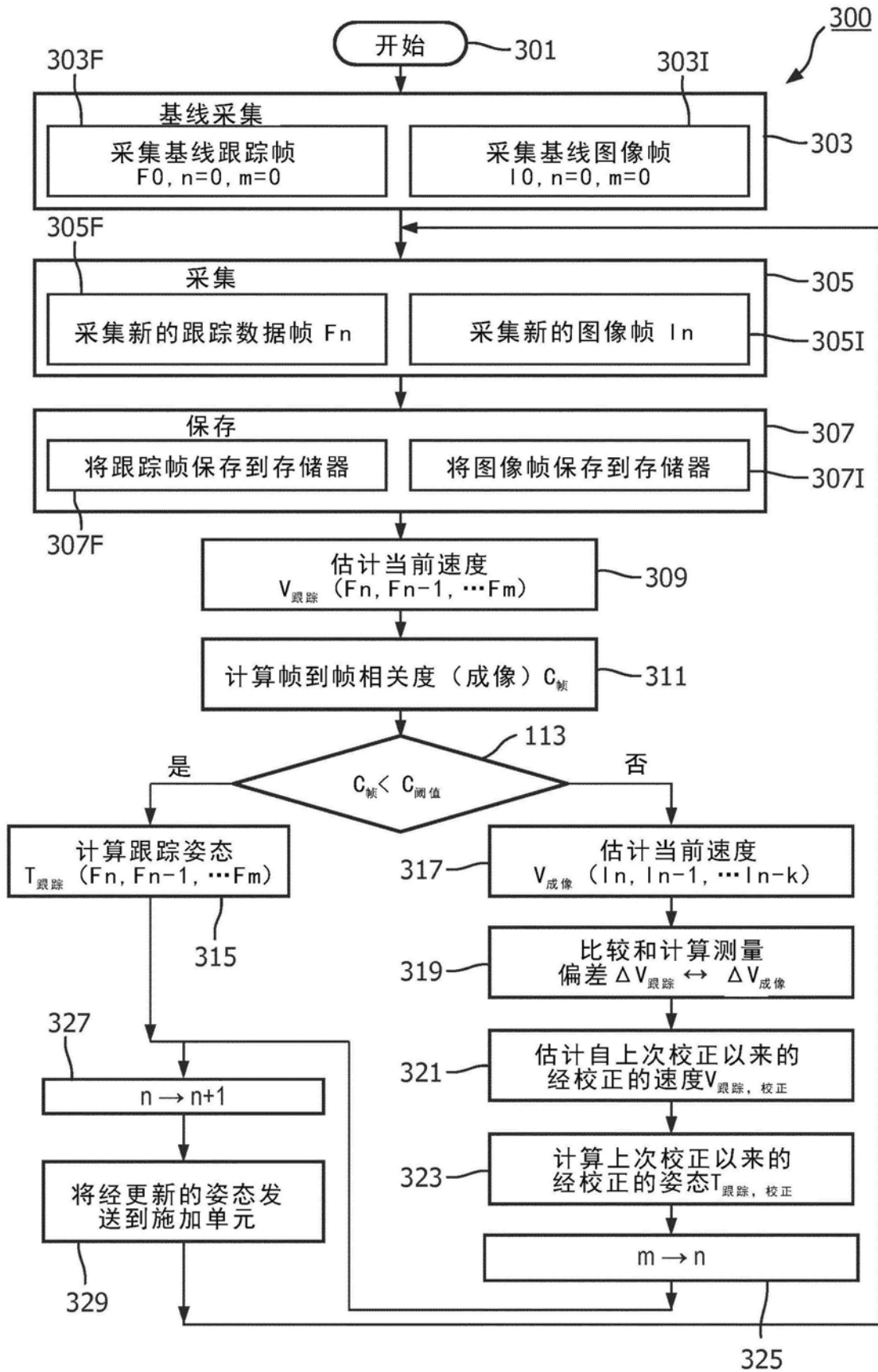


图3

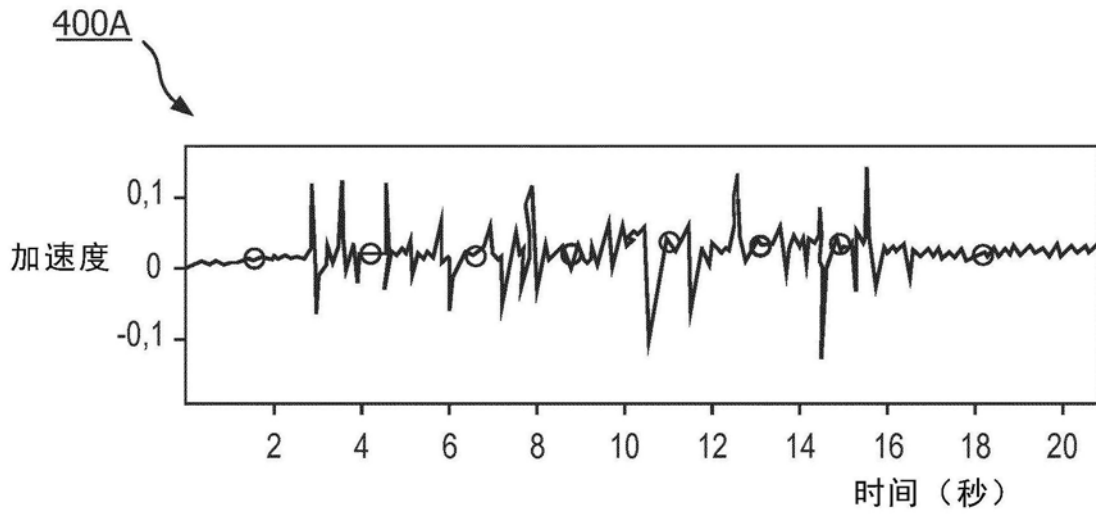


图4A

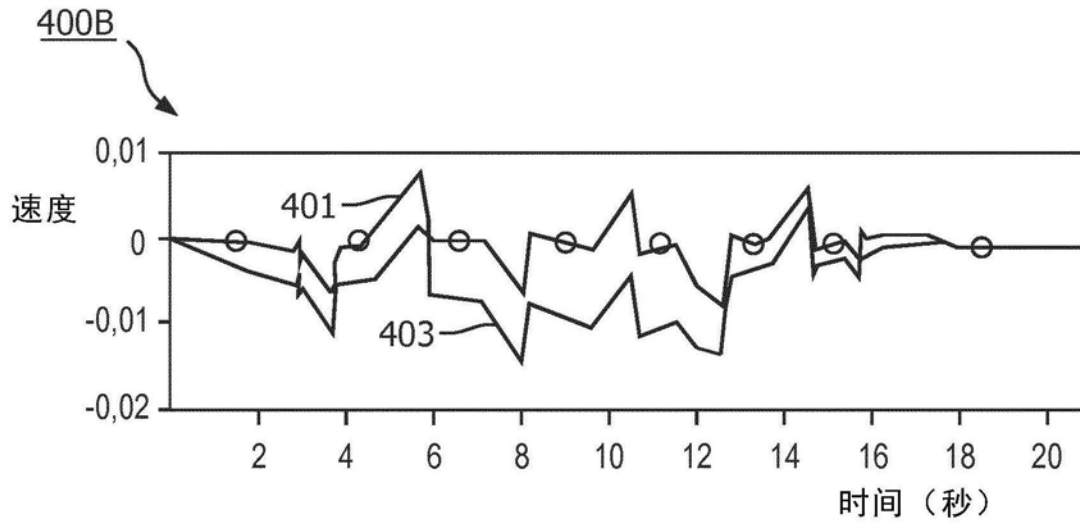


图4B

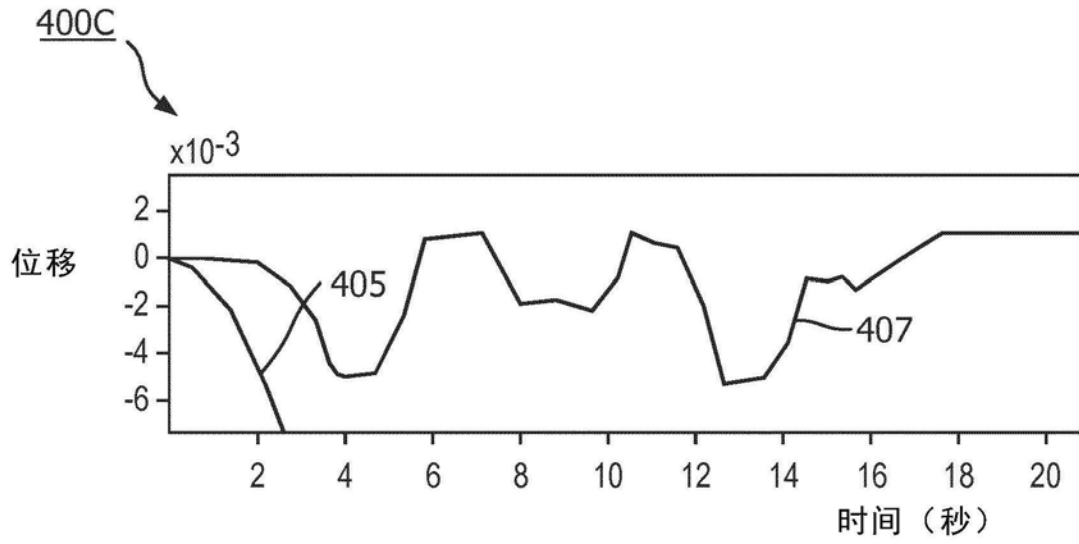


图4C

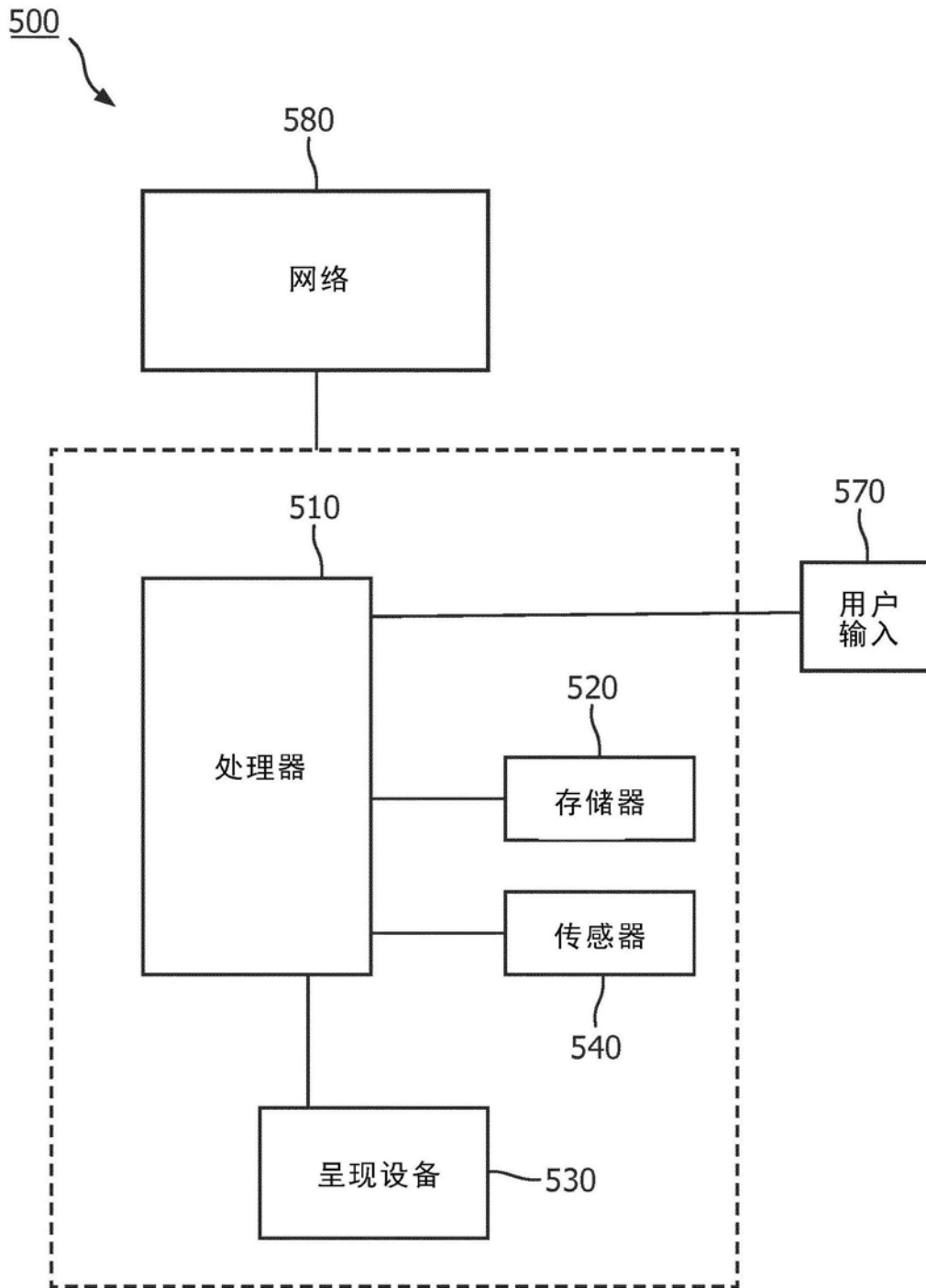


图5