



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113905669 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 30

(21) 申请号 202080040285.5

(22) 申请日 2020.05.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113905669 A

(43) 申请公布日 2022.01.07

(30) 优先权数据
19189282.7 2019.07.31 EP
62/854,694 2019.05.30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.11.30

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2020/065009 2020.05.29

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/239991 EN 2020.12.03

(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 S·巴拉特 K·维迪雅
R·Q·埃尔坎普 A·K·贾殷

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

专利代理师 刘兆君

(51) Int.Cl.
A61B 8/00 (2006.01)
A61B 8/08 (2006.01)

(56) 对比文件
WO 2016009350 A1, 2016.01.21

审查员 张利

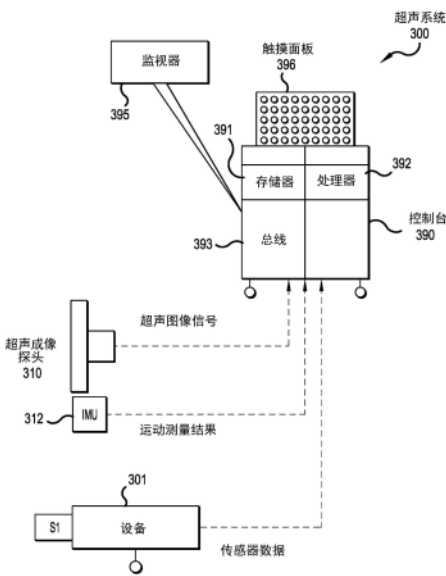
权利要求书4页 说明书19页 附图11页

(54) 发明名称

被动超声传感器的相对位置确定

(57) 摘要

一种用于识别被动超声传感器(S1)相对于来自超声成像探头的成像平面的平面外运动的控制器(250)包括存储指令的存储器(391)和运行指令的处理器(392)。当由所述处理器(392)运行时,所述指令使包括所述控制器(250)的系统实施过程,所述过程包括从被固定到所述超声成像探头(210)的位置和取向传感器(212)获得(S710)所述超声成像探头(210)在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量结果。由所述控制器(250)实施的过程还包括基于来自所述超声成像探头(210)的波束的发射来获得(S720)由所述被动超声传感器(S1)在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号强度,并且基于运动的测量结果和信号的强度,确定(S730)所述被动超声传感器(S1)的方向性和从所述被动超声传感器到所述成像平面的距离。



1. 一种用于识别被动超声传感器 (S1) 相对于来自超声成像探头 (210) 的成像平面的平面外运动的控制器 (250), 包括:

存储器 (391), 其存储指令, 以及

处理器 (392), 其运行所述指令, 其中, 所述指令当由所述处理器 (392) 运行时使包括所述控制器 (250) 的系统实施包括以下操作的过程:

从被固定到所述超声成像探头 (210) 的位置和取向传感器 (212) 获得 (S710) 所述超声成像探头 (210) 在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量结果;

基于来自所述超声成像探头 (210) 的波束的发射来获得 (S720) 由所述被动超声传感器 (S1) 在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号强度, 并且

基于运动的所述测量结果和信号的所述强度, 确定 (S730) 所述被动超声传感器 (S1) 的方向性和从所述被动超声传感器 (S1) 到所述成像平面的距离。

2. 根据权利要求1所述的控制器 (250), 其中, 所述确定还包括:

识别 (S810) 由所述被动超声传感器 (S1) 接收的信号强度在所述第一时间点与所述第二时间点之间的变化;

识别 (S820) 所述位置和取向传感器 (212) 相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转, 并且

基于信号的所述强度的变化和所述位置和取向传感器 (212) 的旋转来确定 (S830) 所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的第一侧上还是在所述成像平面的与所述第一侧相对的第二侧上。

3. 根据权利要求1所述的控制器 (250), 其中, 所述确定还包括:

识别 (S910) 所述位置和取向传感器 (212) 相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转;

识别 (S920) 所述被动超声传感器 (S1) 与所述超声成像探头 (210) 之间的距离; 并且

基于所述位置和取向传感器 (212) 相对于所述固定轴线的旋转以及所述被动超声传感器 (S1) 与所述超声成像探头 (210) 之间的所述距离来计算 (S930) 所述被动超声传感器 (S1) 距所述成像平面的距离的变化。

4. 根据权利要求3所述的控制器 (250), 其中, 所述被动超声传感器 (S1) 距所述成像平面的所述距离是在所述成像平面与所述被动超声传感器 (S1) 的所述固定轴线上沿着垂直于在所述第一时间点和所述第二时间点处的所述成像平面的线的固定点之间确定的。

5. 根据权利要求1所述的控制器 (250),

其中, 所述被动超声传感器 (S1) 被固定到介入医学设备 (205), 并且

由所述系统实施的所述过程还包括提供 (S760) 所述被动超声传感器 (S1) 的位置以便与所述介入医学设备 (205) 的目标一起显示。

6. 根据权利要求1所述的控制器 (250), 其中, 所述位置和取向传感器 (212) 包括测量所述超声成像探头 (210) 的三维平移的加速度计和测量所述超声成像探头 (210) 的三维旋转的陀螺仪。

7. 根据权利要求1所述的控制器 (250), 其中, 由所述系统实施的所述过程还包括:

基于信号的所述强度的变化和所述超声成像探头 (210) 的运动的所述测量结果来确定 (S830) 所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的第一侧上还是在所述成像平面的与

所述第一侧相对的第二侧上,并且

确定 (S840) 所述被动超声传感器 (S1) 何时从所述第一侧穿过所述成像平面到达所述第二侧。

8. 根据权利要求7所述的控制器 (250), 其中, 由所述控制器 (250) 实施的所述过程还包括:

控制 (S760) 所述被动超声传感器 (S1) 的显示的表示基于所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的所述第一侧上还是在所述成像平面的所述第二侧上而改变。

9. 根据权利要求1所述的控制器 (250), 其中, 由所述控制器 (250) 实施的所述过程还包括:

基于由所述超声成像探头 (210) 捕获的多个个体帧来重建 (S1040) 围绕所述被动超声传感器 (S1) 的三维体积; 并且

基于与所述多个个体帧中的每个帧相对应的信号的所述强度和运动的所述测量结果来验证 (S1050) 所述多个个体帧中的每个帧。

10. 一种存储计算机程序的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391), 所述计算机程序当由处理器 (392) 运行时使包括所述有形非瞬态计算机可读存储介质的系统执行用于识别被动超声传感器 (S1) 相对于来自超声成像探头 (310) 的成像平面的平面外运动的过程, 当所述处理器 (392) 运行来自所述有形非瞬态计算机可读存储介质的所述计算机程序时运行的所述过程包括:

从被固定到所述超声成像探头 (310) 的位置和取向传感器 (312) 获得 (S710) 所述超声成像探头 (310) 在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量结果;

基于来自所述超声成像探头 (310) 的波束的发射来获得 (S720) 由所述被动超声传感器 (S1) 在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号强度, 并且

基于运动的所述测量结果和信号的所述强度, 确定 (S730) 所述被动超声传感器 (S1) 的方向性和从所述被动超声传感器 (S1) 到所述成像平面的距离。

11. 根据权利要求10所述的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391), 其中, 所述确定还包括:

识别 (S810) 由所述被动超声传感器 (S1) 接收的信号强度在所述第一时间点与所述第二时间点之间的变化;

识别 (S820) 所述位置和取向传感器 (312) 相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转, 并且

基于信号的所述强度的变化以及所述位置和取向传感器 (312) 的旋转来确定 (S830) 所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的第一侧上还是在所述成像平面的与所述第一侧相对的第二侧上。

12. 根据权利要求10所述的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391), 其中, 所述确定还包括:

识别 (S910) 所述位置和取向传感器 (312) 相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转;

识别 (S920) 所述被动超声传感器 (S1) 与所述超声成像探头 (310) 之间的距离; 并且

基于所述位置和取向传感器 (312) 相对于所述固定轴线的旋转以及所述被动超声传感

器(S1)与所述超声成像探头(310)之间的距离来计算(S930)所述被动超声传感器(S1)距所述成像平面的距离的变化。

13.根据权利要求12所述的有形非瞬态计算机可读存储介质(391),其中,所述被动超声传感器(S1)距所述成像平面的所述距离是根据通过所述被动超声传感器(S1)的所述固定轴线上的固定点到所述成像平面与在所述第一时间点和所述第二时间点处从所述固定点垂直于所述固定轴线的线之间的交点来确定的。

14.根据权利要求10所述的有形非瞬态计算机可读存储介质(391),
其中,所述被动超声传感器(S1)被固定到介入医学设备(301),并且

由所述系统实施的所述过程还包括提供(S760)所述被动超声传感器(S1)的位置以便与所述介入医学设备(301)的目标一起显示。

15.根据权利要求10所述的有形非瞬态计算机可读存储介质(391),其中,所述位置和取向传感器(312)包括测量所述超声成像探头(310)的三维平移的加速度计和测量所述超声成像探头(310)的三维旋转的陀螺仪。

16.根据权利要求10所述的有形非瞬态计算机可读存储介质(391),其中,由所述系统实施的所述过程还包括:

基于信号的强度的变化和所述超声成像探头(310)的运动的测量来确定(S830)所述被动超声传感器(S1)是在所述成像平面的第一侧上还是在所述成像平面的与所述第一侧相对的第二侧上;并且

确定(S840)所述被动超声传感器(S1)何时从所述第一侧穿过所述成像平面到达所述第二侧。

17.根据权利要求16所述的有形非瞬态计算机可读存储介质(391),其中,由所述系统实施的过程还包括:

控制(S760)所述被动超声传感器(S1)的显示的表示基于所述被动超声传感器(S1)是在所述成像平面的所述第一侧上还是在所述成像平面的所述第二侧上而改变。

18.一种用于识别被动超声传感器(S1)相对于来自超声成像探头(310)的成像平面的平面外运动的系统(300),包括:

超声成像探头(310),所述超声成像探头(310)在医学介入期间发射波束;

位置和取向传感器(312),所述位置和取向传感器(312)被固定到所述超声成像探头(310);

被动超声传感器(S1),所述被动超声传感器(S1)在所述医学介入期间被固定到介入医学设备(301);以及

控制器(250),所述控制器(250)包括存储指令的存储器(391)和运行所述指令的处理器(392),其中,当由所述处理器(392)运行时,所述指令使所述系统(300)实施包括以下操作的过程:

从所述位置和取向传感器(312)获得(S710)所述超声成像探头(310)在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量;

基于来自所述超声成像探头(310)的波束的发射来获得(S720)由所述被动超声传感器(S1)在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号强度;

基于运动的所述测量结果和信号的所述强度,确定(S730)所述被动超声传感器(S1)的

方向性和从所述被动超声传感器(S1)到所述成像平面的距离。

19.根据权利要求18所述的系统,其中,所述确定还包括:

识别(S810)由所述被动超声传感器(S1)接收的信号在所述第一时间点与所述第二时间点之间的变化;

识别(S820)所述位置和取向传感器(312)相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转,并且

基于信号的所述强度的变化以及所述位置和取向传感器(312)的旋转来确定(S830)所述被动超声传感器(S1)是在所述成像平面的第一侧上还是在所述成像平面的与所述第一侧相对的第二侧上。

20.根据权利要求18所述的系统,其中,所述确定还包括:

识别(S910)所述位置和取向传感器(312)相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转;

识别(S920)所述被动超声传感器(S1)与所述超声成像探头(310)之间的距离;并且

基于所述位置和取向传感器(312)相对于所述固定轴线的旋转以及所述被动超声传感器(S1)与所述超声成像探头(310)之间的距离来计算(S930)所述被动超声传感器(S1)距所述成像平面的距离的变化。

21.一种用于识别被动超声传感器(S1)相对于来自超声成像探头(310)的成像平面的平面外运动的方法,所述方法包括:

从被固定到所述超声成像探头(310)的位置和取向传感器(312)获得(S710)所述超声成像探头(310)在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量结果;

基于来自所述超声成像探头(310)的波束的发射来获得(S720)由所述被动超声传感器(S1)在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号在所述强度,并且

基于运动的所述测量结果和信号的所述强度,确定(S730)所述被动超声传感器(S1)的方向性和从所述被动超声传感器(S1)到所述成像平面的距离。

22.一种计算机程序,其当由处理器(392)运行时使包括有形非瞬态计算机可读存储介质的控制器或系统运行用于识别被动超声传感器(S1)相对于来自超声成像探头(310)的成像平面的平面外运动的过程,当所述处理器(392)运行来自所述有形非瞬态计算机可读存储介质的所述计算机程序时执行的所述过程包括:

从被固定到所述超声成像探头(310)的位置和取向传感器(312)获得(S710)所述超声成像探头(310)在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量结果;

基于来自所述超声成像探头(310)的波束的发射来获得(S720)由所述被动超声传感器(S1)在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号在所述强度,并且

基于运动的所述测量结果和信号的所述强度,确定(S730)所述被动超声传感器(S1)的方向性和从所述被动超声传感器(S1)到所述成像平面的距离。

被动超声传感器的相对位置确定

背景技术

[0001] 超声跟踪技术通过分析当来自超声探头的成像波束扫过视场时由被动超声传感器接收到的信号来估计被动超声传感器(例如,PZT、PVDF、共聚物或其他压电材料)在诊断超声B模式图像的视场(FOV)中的位置。被动超声传感器是声压传感器,并且这些被动超声传感器被用于确定介入医学设备的位置。飞行时间测量结果提供了被动超声传感器与超声探头的成像阵列之间的轴向/径向距离,而幅值测量结果和对直接波束发射序列的了解提供了被动超声传感器的横向/角度位置。

[0002] 图1图示了用于使用被动超声传感器来跟踪介入医学设备的已知系统。图1中的已知系统可以称为“原位”,其表示使用超声的跟踪仪器的智能感测。在图1中,超声探头102发射扫过介入医学设备105的端部上的被动超声传感器104的成像波束103。组织107的图像由超声探头102反馈。在通过信号处理算法确定后,将被动超声传感器104在介入医学设备105的端部上的位置提供为端部位置108。端部位置108被叠加在组织107的图像上作为叠加图像109。组织107的图像、端部位置108和叠加图像109都被显示在显示器100上。

[0003] 目前,被动超声传感器104的响应是围绕超声(US)成像平面对称的,因此使得不可能确定介入医学设备105在成像平面的哪一侧上。也就是说,无论被动超声传感器104是在超声成像平面的第一侧还是在超声成像平面的与第一侧相对的第二侧,来自被动超声传感器104的电压读数都是相同的。孤立地,作为被动超声传感器104的响应的电压读数不提供足够的信息。此外,图1中的已知系统不提供从超声探头102的成像平面/从超声探头102到被动超声传感器104的平面外(OOP)距离的定量指示。平面外距离对于特定应用可能是重要的。

[0004] 图1中的已知系统也不能仅基于信号电压来将平移运动(空间中的两个点之间的移动)与旋转运动(围绕轴线的移动)区分开,这导致混淆。替代地,可以通过经由多个其他现有方法以相对(非绝对)方式的测量来估计平面外旋转和平移。例如,电磁或光学跟踪传感器可以被附接到超声探头并提供探头绝对平移和旋转的准确测量。类似地,惯性运动单元(IMU)传感器可以被集成到超声探头中以确定超声探头的姿态。与电磁或光学跟踪传感器不同,惯性运动单元传感器测量是相对的;也就是说,不是测量绝对探头姿态,而是惯性运动单元测量提供姿态的相对帧间变化,其然后用于间接估计绝对姿态。这种方法的缺点是,由于漂移和误差的增量积累,姿态估计可能是不准确的。这主要是由于需要加速度测量值的二重积分来导出位置,因为加速度的微小误差导致位置确定的误差随时间的累积。测量探头平移和旋转的另一种方法是利用超声图像本身中的特征。通常可以通过直接跟踪图像强度来以直接的方式从图像信息计算面内运动。通常通过观察图像帧之间的声学纹波特征的去相关来估计平面外运动,其中增加的去相关对应于增加的平面外运动。

[0005] 大量文献已经集中于组合基于传感器(电磁、光学和/或IMU)的跟踪和基于图像的方法来估计超声换能器姿态并且因此实现三维体积重建的方法。现有方法的根本技术挑战(特别是如果跟踪传感器提供相对估计而不是绝对测量(如在IMU跟踪的情况下))是在感兴趣的三维体积内缺乏可靠的参考标记。在没有这样的标记的情况下,基于传感器的相对估

计和基于图像的估计都是易出错且不确定的;因此,其组合的结果同样是不确定的且易出错的。

发明内容

[0006] 发明人已经认识到,超声体积内的参考标记可以用作对体积重建过程的约束并且改善体积重建的准确性。

[0007] 相反,当超声体积内的参考标记是相对的而不是绝对的时(如在图1中的已知系统的情况下),超声探头运动和超声体积重建的估计可以提供从超声探头102的成像平面/从超声探头102到被动超声传感器104的平面外(OOP)距离的定量指示。类似地,超声探头运动和体积重建可以用于确定介入医学设备105在成像平面的哪一侧上。

[0008] 根据本公开的一个方面,一种用于识别被动超声传感器相对于来自超声成像探头的成像平面的平面外运动的控制器包括存储器和处理器。所述存储器存储指令。所述处理器运行所述指令。当由所述处理器运行时,所述指令使包括所述控制器的系统实施过程,所述过程包括从被固定到所述超声成像探头的位置和取向传感器获得所述超声成像探头在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量结果。当所述处理器运行所述指令时实施的所述过程还包括基于来自所述超声成像探头的波束的发射来获得由所述被动超声传感器在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号强度。当所述处理器运行所述指令时实施的所述过程还包括基于运动的测量结果和信号的强度来确定所述被动超声传感器的方向性和从所述被动超声传感器到所述成像平面的距离。

[0009] 根据本公开的另一方面,一种有形非瞬态计算机可读存储介质存储有计算机程序。当由处理器运行时,所述计算机程序使包括所述有形非瞬态计算机可读存储介质的系统运行用于识别被动超声传感器相对于来自超声成像探头的成像平面的平面外运动的过程。当所述处理器运行来自所述有形非瞬态计算机可读存储介质的所述计算机程序时执行的所述过程包括从被固定到所述超声成像探头的位置和取向传感器获得所述超声成像探头在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量结果。当所述处理器运行来自所述有形非瞬态计算机可读存储介质的所述计算机程序时执行的所述过程还包括基于来自所述超声成像探头的波束的发射来获得由所述被动超声传感器在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号强度。当所述处理器运行来自所述有形非瞬态计算机可读存储介质的所述计算机程序时执行的所述过程还包括基于运动的测量结果和信号的强度,确定所述被动超声传感器的方向性和从所述被动超声传感器到所述成像平面的距离。

[0010] 根据本公开的另一方面,一种用于识别被动超声传感器相对于来自超声成像探头的成像平面的平面外运动的系统包括超声成像探头、位置和取向传感器、被动超声传感器、以及控制器。所述超声成像探头在医学介入期间发射波束。所述位置和取向传感器被固定到所述超声成像探头。所述被动超声传感器在所述医学介入期间被固定到介入医学设备。所述控制器包括存储指令的存储器和运行所述指令的处理器。当由所述处理器运行时,所述指令使所述系统实施过程,所述过程包括从所述位置和取向传感器获得所述超声成像探头在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量结果。当所述处理器运行所述指令时实施的所述过程还包括基于来自所述超声成像探头的波束的发射来获得由所述被动超声传感器在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号强度。当所述处理器运行所述

指令时实施的所述过程还包括基于运动的测量结果和信号的强度,确定所述被动超声传感器的方向性和从所述被动超声传感器到所述成像平面的距离。

[0011] 本文限定的权利要求可以提供具有以下优点的方法:在没有结合附加参考标记物的情况下,基于惯性测量单元(IMU)+图像的探头运动估计的准确性增加;与使用绝对跟踪传感器相比,成本降低,同时准确性不会损失(相当)或甚至增加。

附图说明

[0012] 当结合附图阅读时,根据以下详细描述将最好地理解示例实施例。需要强调的是,各个特征不一定是按比例绘制的。实际上,为了讨论清楚,可以任意增大或减小尺寸。在适用和现实的地方,相同的附图标记表示相同的元件。

[0013] 图1图示了用于使用被动超声传感器来跟踪介入医学设备的已知系统。

[0014] 图2A图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的系统。

[0015] 图2B图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的过程。

[0016] 图3图示了根据代表性实施例的根据代表性实施例的用于针对被动超声传感器的相对位置确定的另一系统。

[0017] 图4图示了根据代表性实施例的具有针对被动超声传感器的相对位置确定的不同结果的几何配置。

[0018] 图5图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一过程。

[0019] 图6A图示了根据代表性实施例的用于在针对被动超声传感器的相对位置确定中获得三维探头姿态的输入数据。

[0020] 图6B图示了根据代表性实施例的用于在被动超声传感器的相对位置确定中获得三维探头姿态的联合优化的输入和输出。

[0021] 图7图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一过程。

[0022] 图8图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一过程。

[0023] 图9图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一过程。

[0024] 图10图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一过程。

具体实施方式

[0025] 在以下详细描述中,出于解释而非限制的目的,阐述了公开具体细节的代表性实施例,以便提供对根据本教导的实施例的透彻理解。可以省去已知的系统、设备、材料、操作方法和制造方法的描述,以避免遮蔽对代表性实施例的描述。尽管如此,在本领域普通技术人员的能力范围内的系统、设备、材料和方法是在本教导的范围内的,并且可以根据代表性实施例来使用。应当理解,本文所使用的术语仅出于描述特定实施例的目的,而并非旨在进行限制。所定义的术语是在本教导的技术领域中通常理解和接受的定义术语的科学技术含

义之外的含义。

[0026] 应当理解,虽然在本文中可以使用术语第一、第二、第三等来描述各种元件或部件,但是这些元件或部件不应受到这些术语的限制。这些术语仅用于区分一个元件或部件与另一元件或部件。因此,在不脱离发明构思的教导的情况下,下面讨论的第一元件或部件也可以被称为第二元件或部件。

[0027] 本文所使用的术语仅出于描述特定实施例的目的,而并不旨在进行限制。如说明书和权利要求书中所使用的术语“一”、“一个”和“所述”的单数形式旨在包括单数形式和复数形式两者,除非上下文另有明确规定。另外,当在本说明书中使用时,术语“包括”和/或“包含”和/或类似术语指定存在所记载的特征、元件和/或部件,但并不排除存在或增加一个或更多其他特征、元件、部件和/或其组。如本文所使用的术语“和/或”包括相关联的所列项目中的一个或多个项目的任何组合和所有组合。

[0028] 除非另有说明,否则当说元件或部件被“连接到”、“耦合到”或“邻近”另一元件或部件时,将理解的是,该元件或部件能够被直接连接或耦合到另一元件或部件,或可以存在中间元件或部件。也就是说,这些术语和类似术语涵盖可以采用一个或多个中间元件或部件来连接两个元件或部件的情况。然而,当说元件或部件被“直接连接”到另一元件或部件时,这仅涵盖两个元件或部件彼此连接而没有任何中间或中介元件或部件的情况。

[0029] 鉴于前述内容,因此,本公开内容通过其各个方面、实施例和/或特定特征或子部件中的一个或多个,旨在带来如下具体指出的优点中的一个或多个优点。为了解释而非限制的目的,阐述了公开具体细节的示例实施例,以便提供对根据本教导的实施例的透彻理解。然而,与本文中公开的具体细节背离的与本公开内容一致的其他实施例仍在权利要求的范围内。此外,可以省去对众所周知的装置和方法的描述,以避免遮蔽对示例实施例的描述。这样的方法和装置在本公开内容的范围内。

[0030] 如本文描述的,将被动超声传感器的电压测量与基于传感器和/或图像的测量进行组合可以允许以可靠的方式定量测量平面外距离和方向性。对应于介入医学设备的位置的位置信息可以来自被动超声传感器的位置,或以备选方式(诸如通过电磁测量或图像分析)导出。该位置用作在假设位置保持静止的情况下约束围绕该位置的基于传感器和/或图像的测量的高准确性参考标记。在本文中的教导的扩展中,可以在该位置周围重建三维体积。

[0031] 图2A图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的系统。

[0032] 在图2A中,系统200包括介入医学设备205、超声成像探头210、惯性运动单元212(IMU传感器)、控制器250和被动超声传感器S1。虽然本文中的大多数实施例描述了以静止方式定位在超声成像探头210的视场内的被动超声传感器S1和固定到超声成像探头210的惯性运动单元212传感器的使用,但是其他类型的传感器或装备可以用于识别例如介入医学设备205的端部的位置或超声成像探头210的三维运动。例如,在不脱离本公开的范围和精力的情况下,电磁传感器或图像分析技术可以用于识别介入医学设备205的端部的位置。

[0033] 介入医学设备205可以是针,但是代表可以在医学介入期间插入到对象中的许多不同类型的介入医学设备。被动超声传感器S1被附接到介入医学设备205或被并入在介入医学设备205内。

[0034] 超声成像探头210可以包括用于经由换能器的成像阵列生成并发出超声波束的波

束形成器。替代地,超声成像探头210可以从例如控制台接收波束形成器数据,并且经由换能器的成像阵列使用波束形成器数据来生成并发出超声波束。从超声成像探头210发射的超声波束包括与或可以与超声成像探头210的主轴线对齐并且沿着超声成像探头210的主轴线居中的成像平面。在图2A中,超声成像探头210的主轴线并且因此成像平面被示出为标记Y的垂直方向。超声成像探头210接收或还可以接收从介入程序的对象反射的成像波束的反射。如已知的,所接收的成像波束的反射用于生成介入程序的对象超声图像。

[0035] 惯性运动单元212被附接到超声成像探头210或被并入在超声成像探头210内。惯性运动单元212可以包括陀螺仪和加速度计,并且被安装到或可以被安装到超声成像探头210以帮助估计超声成像探头210的姿态。加速度计测量超声成像探头210的三维平移。陀螺仪测量超声成像探头210的三维旋转。惯性运动单元212可以检测、确定、计算或以其他方式识别超声成像探头210在诸如水平、垂直和深度的三维平移坐标上的移动。惯性运动单元还可以检测、确定、计算或以其他方式识别超声成像探头210在三个旋转分量(欧拉角)上的移动。如本文中描述的,惯性运动单元212和惯性运动单元312都是可以用于识别介入医学设备205的位置和/或取向的位置和取向传感器的示例。这样的位置和取向传感器包括不一定附接到介入医学设备205或包含在介入医学设备205内的实例化,并且可以包括例如可以确定介入医学设备205的位置和/或取向的相机和图像处理设备。

[0036] 控制器250可以是具有存储指令的存储器和运行所述指令以实施本文描述的过程的一些或所有方面的处理器的电子设备。控制器250接收或可以接收来自被动超声传感器S1的测量结果(例如,电压读数)和来自惯性运动单元212的平移和旋转运动的运动读数。控制器250使用所接收的测量结果和运动读数来识别被动超声传感器S1相对于来自超声成像探头210的成像平面的平面外方向性和距离。下面详细解释平面外方向性和平面外距离的识别、以及基于所接收的测量结果和/或运动读数的三维体积重建和利用本文中的教导使得可能的其他实际应用。

[0037] 图2A图示了用于被动超声传感器的相对位置确定的系统,而图2B图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的过程。

[0038] 更具体地,图2B图示了示出来自被动超声传感器S1的(例如,电压的)测量结果和来自惯性运动单元212的运动读数如何用于确定被动超声传感器S1的平面外方向性和平面外距离的概述过程。可以使用诸如电磁跟踪、光学跟踪和图像或纹波分析的探头跟踪的其他方法来代替惯性运动单元212。其他方法可以部分地使用控制器250来实施,但是也可以涉及图2中未示出的附加设备。例如,图像分析可以由除了控制器250中的处理器之外的专用处理器运行,使得图像分析的结果被提供给控制器250作为通知跟踪超声成像探头210的平移和旋转移动两者的结果的信息。

[0039] 在图2B的过程中,该过程在S212处以超声成像探头210的轻微探头摆动或抖动开始。也就是说,用户在S212处有意地或无意地至少轻微地摆动或抖动超声成像探头210,并且惯性运动单元212(或其他探头跟踪传感器或图像/纹波分析机构)生成例如基于摆动或抖动而改变的加速度计和陀螺仪的读数。

[0040] 图2B的过程接下来移动到S214以利用惯性运动单元212获得探针摆动或抖动的方向性。也就是说,在S214处,在摆动的整个持续时间内获得惯性运动单元212的读数,包括对应于S212处的摆动的开始和结束的时间,并且惯性运动单元212的读数反映探针摆动或抖

动的方向性。在S214处获得的方向性可以通过惯性运动单元212的功能并且特别是通过用于获得在3个平移维度上的平移移动和在3个旋转维度上的旋转移动的功能来获得。替代地,在S214处获得的方向性可以由控制器250基于惯性运动单元212的平移移动和旋转移动的读数来获得。

[0041] 在S216处,图2B的过程获得被动超声传感器S1的电压。实际上,可以针对到达被动超声传感器S1的每个成像波束读取被动超声传感器S1的电压,但是为了针对图2B的描述的目的,获得个体电压读数。如下所述,将个体电压读数与先前的个体电压读数(诸如紧接先前的个体电压的读数)进行比较。被动超声传感器S1的位置可以根据在S216处获得的电压来确定,并且被用作用于在S214处基于惯性运动单元212的读数来估计超声成像探头210的姿态的准确参考标记物。也就是说,关于由被动超声传感器S1接收的电压是增加还是减小的确定可以用于确定被动超声传感器S1的平面外方向性,如下所述。

[0042] 接下来,在S218处,图2B的过程确定在S216处获得的电压与先前的电压读数相比是增加还是减小。S218处的确定可以由控制器250进行,并且可以涉及每个电压读数与先前电压读数的简单迭代比较。

[0043] 对于简单的平面外方向性估计,可以在S219处使用算法来将在S214处由惯性运动单元212估计的平面外运动与在S216处的被动超声传感器S1的响应的信号强度进行比较。对于从被动超声传感器S1相对于超声成像平面的平面外方向性,如果电压随着远离任意传感器轴线的旋转而增加,则被动超声传感器S1在与旋转相同的一侧上。如果电压随着远离任意传感器轴线的旋转而减小,则被动超声传感器S1在与旋转相对的一侧上。如果电压随着朝向任意传感器轴线的旋转而增加,则被动超声传感器S1在与旋转相同的一侧上。如果电压随着朝向任意传感器轴线的旋转而减小,则被动超声传感器S1在与旋转相对的一侧上。

[0044] 在S220处,图2B的过程包括完全探头摆动或抖动。在S220处的完全探头摆动或抖动用于获得与先前获得的平面外方向性分开的平面外距离。这里,可以指示用户摆动/旋转超声成像探头210,而不在皮肤上滑动/平移太多。

[0045] 在S221处确定平面外距离。在S221处用于获得完全平面外距离的过程类似于但不相同于计算三角形的侧边的长度。在S221处,可以通过假设平面外旋转的轴线与超声成像探头的头部对齐(即,换能器元件阵列与皮肤直接接触)来近似绝对平面外距离。基于惯性运动单元姿态输出的旋转分量来估计平面外距离。这里,由于经由用于被动超声传感器S1的定位系统来知晓超声图像中的被动超声传感器S1的深度,并且由于根据旋转角度来知晓旋转分量,因此可以相应地计算平面外距离。假设在摆动期间没有滑动/平移运动,平面外准确性可以在1毫米(mm)或更小内。在图4中示出并关于图4解释用于在S221处计算绝对平面外距离的几何形状的示例。

[0046] 在S221处的平面外距离确定可以是作为由控制器运行的过程的一部分的计算。该过程可以包括计算被动超声传感器S1距成像平面的距离的变化。可以基于位置和取向传感器(例如,IMU)相对于被动超声传感器S1的固定轴线的旋转以及被动超声传感器S1与超声成像探头210之间的距离来计算距离的变化。可以根据通过被动超声传感器S1的固定轴线上的固定点到成像平面与从固定点垂直于固定轴线的线之间的交点来确定被动超声传感器S1距成像平面的距离。

[0047] 在实施例中,基于在S212处的与用于在S219处确定平面外方向性的相同的摆动来运行在S221处的平面外距离的确定。换句话说,当根据在S212处的摆动确定或可确定足够的信息时,在S220处的完全摆动可能是不必要的。

[0048] 在图2B的过程中,在S222处获得反馈,并且然后该过程返回到具有另一轻微的探针摆动或抖动的S212。反馈可以包括在监测器上提供的可视化,包括基于本文描述的过程的结果而变化的差异化可视化。考虑到图2B中所示的迭代和循环过程,可以在介入程序期间重复地执行被动超声传感器S1的平面外方向性和平面外距离的计算。

[0049] 如上所述,对于图2B的过程,用户在S212处轻微地摆动探头,从而产生平面外运动。替代地,如果惯性运动单元212的灵敏度是足够的,则自然徒手运动/抖动也可以在S212处用作基础。在S214处捕获的惯性运动单元212的测量用于确定超声成像探头210的三个平移分量和三个旋转分量(欧拉角)。在S214处提取与超声成像探头210的运动相对应的平移分量和旋转分量以确定旋转角度。对于惯性运动单元212的每个测量,在S216处还记录被动超声传感器S1的对应电压。将在S214处获得的惯性运动单元212的平面外旋转角度的变化与来自S216的被动超声传感器的电压的对应变化进行比较,并且在S219和S221处使用来自S214和S218的相对信息来确定被动超声传感器S1的平面外方向性和距离。

[0050] 图2B的过程可以以全自动且连续的方式运行,而不需要来自用户的任何输入。作为在S219处的确定的结果,系统200可以生成要在电子显示器上示出的被动超声传感器S1的不同可视化。被动超声传感器S1的显示表示可以由控制器控制,以基于被动超声传感器S1在成像平面的哪一侧上而改变。例如,取决于被动超声传感器S1存在于成像平面的哪一侧上,可以向用户示出不同颜色的圆圈。甚至可以由控制器250通过跟踪被动超声传感器S1的电压读数在再次减小之前何时达到最大值来确定穿过成像平面。

[0051] 图3图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一系统。

[0052] 图3中的系统300包括超声成像探头310、惯性运动单元312、介入医学设备301、被动超声传感器S1、控制台390和监测器395。控制台390包括存储指令的存储器391、运行指令的处理器392、用于在控制台390内携带数据和指令的总线393、以及用于用户输入数据和指令并且用于控制台390输出数据和指令的触摸面板396。存储器391和处理器392的组合可以是控制器(诸如图2的实施例中的控制器250)的一部分。然而,控制器(诸如图2的实施例中的控制器250)不必实施在控制台390中,而是可以实施在单独的计算机(诸如PC或膝上型计算机)中或在另一类型的设备中。无论控制器250如何或在何处实施,控制器250都可以利用如本文描述的存储器391和处理器392的组合来实施。

[0053] 在图3的系统300中,被动超声传感器S1向控制台390提供传感器数据,并且具体地用于由处理器392根据存储器391中的指令进行分析。惯性运动单元312(或其他探头跟踪传感器或图像/纹波分析机构)向控制台390提供运动测量结果,并且具体地用于由处理器392根据存储器391中的指令进行分析。当然,当其他机构用于跟踪超声成像探头310时,所述其他机构可以包括在控制台390外部或至少与存储器391和处理器392分开的处理。例如,用于跟踪超声成像探头310的图像处理可以由专用图像分析处理器执行,所述专用图像分析处理器将超声成像探头310的旋转和平移移动提供给处理器392以用于根据本文中的描述进行处理。超声成像探头310根据超声成像探头的已知能力进行操作,以便将超声图像信号发

送到控制台390以向用户(诸如医学专业人员或介入程序的对象)显示超声图像。

[0054] 在图3的实施例中,波束形成可以由控制台390执行,并且波束形成指令(诸如用于一系列波束的序列和图案)可以从控制台390发送到超声成像探头310。额外地,可以将超声影像从超声成像探头310发送到控制台390。被动超声传感器S1可以向控制台390提供每个波束的电压读数。惯性运动单元312可以向控制台390提供运动读数。因此,控制台390中的控制器或以其他方式可以实施本文描述的过程的一部分或全部。例如,控制台390中的控制器可以在S219处确定平面外方向性,并且在S221处确定平面外距离,两者都如关于图2B所描述的。

[0055] 用于控制器的处理器392是有形且非瞬态的。本文中使用的术语“非瞬态”应被解读为不是永恒的状态特性,而应被解读为将持续一定时段的状态的特性。术语“非瞬态”特别否认短暂的特性,例如在任何时间任何地方仅短暂存在的载波或信号或其他形式的特性。处理器是制品和/或机器部件。用于控制器的处理器392被配置为运行软件指令以执行如本文的各个实施例中所述的功能。用于控制器的处理器392可以是通用处理器,也可以是专用集成电路(ASIC)的部分。用于控制器的处理器392还可以是微处理器、微型计算机、处理器芯片、控制器、微控制器、数字信号处理器(DSP)、状态机或可编程逻辑设备。用于控制器的处理器392还可以是逻辑电路(包括诸如现场可编程门阵列(FPGA)的可编程门阵列(PGA)),或是包括离散门和/或晶体管逻辑单元的另一种类型的电路。用于控制器的处理器392可以是中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)或者这两者。额外地,本文描述的任何处理器可以包括多个处理器、并行处理器或这两者。多个处理器可以被包括在单个设备或多个设备中,或被耦合到单个设备或多个设备。如本文使用的“处理器”涵盖能够运行程序或机器可执行指令的电子部件。对包括“处理器”的计算设备的引用应被解释为可能包含多于一个处理器或处理核。处理器可以例如是多核处理器。处理器还可以指单个计算机系统内或分布在多个计算机系统之间的处理器的集合。术语计算设备还应被解释为可能指代均包括一个处理器或多个处理器的计算设备的集合或网络。许多程序具有由可以在同一计算设备内、甚至可以跨多个计算设备分布的多个处理器运行的指令。

[0056] 本文描述的存储器是能够存储数据和可执行指令的有形存储介质,并且在将指令存储在存储器中的时间期间是非瞬态的。本文中使用的术语“非瞬态”不应被解读为永恒的状态特性,而应被解读为将持续一定时段的状态的特性。术语“非瞬态”特别否认短暂的特性,例如在任何时间任何地方仅短暂存在的载波或信号或其他形式的特性。本文描述的存储器是制品和/或机器部件。本文描述的存储器是计算机能够从中读取数据和可运行指令的计算机可读介质(计算机可读存储介质)。本文描述的存储器可以是随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、闪速存储器、电可编程只读存储器(EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、寄存器、硬盘、可移动磁盘、磁带、光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能磁盘(DVD)、软盘、蓝光碟或本领域已知的任何其他形式的存储介质。存储器可以是易失性的或非易失性的,安全的和/或加密的,不安全的和/或未加密的。“存储器”是计算机可读存储介质的范例。计算机存储器是可由处理器直接访问的任何存储器。计算机存储器的范例包括但不限于RAM存储器、寄存器和寄存器文件。对“计算机存储器”或“存储器”的引用应被解释为可能是多个存储器。存储器可以例如是同一计算机系统内的多个存储器。存储器还可以是分布在多个计算机系统或计算设备之间的多个存储器。

[0057] 图4图示了根据代表性实施例的具有针对被动超声传感器的相对位置确定的不同结果的几何配置。

[0058] 图4中的几何配置在八个单独的可视化A、B、C、D、E、F、G和H中被分解成四种可能的结果。在图4中的可视化A、B、C和D中示出了四种可能的结果,并且在可视化E、F、G和H中替代地详细描述了图4中的可视化A、B、C和D的结果。可能的结果基于来自被动超声传感器S1和惯性运动单元212的输出而改变,这进而反映了由来自被动超声传感器S1的数据(例如,电压读数)指示的平面外平移移动的方向性和来自惯性运动单元212的数据(例如,陀螺仪读数)的平面外旋转移动的方向性。在图4中的每个可视化A、B、C、D、E、F、G和H中,被动超声传感器S1被指示为圆形,细线反映被动超声传感器S1的任意固定轴线(例如,垂直轴线),并且超声成像探头210通过轮廓来指示。如先前所解释的,通过超声成像探头210的主轴线可以对应于来自超声成像探头210的成像平面。在第一结果中,如果由被动超声传感器S1检测到的电压随着由惯性运动单元212检测到的远离任意的固定传感器轴线的旋转而增加,则被动超声传感器S1在与旋转相同的一侧上。在第二结果中,如果电压随着远离任意的固定传感器轴线的旋转而减小,则被动超声传感器S1在与旋转相对的一侧上。在第三结果中,如果电压随着朝向任意的固定传感器轴线的旋转而增加,则被动超声传感器S1在与旋转相同的一侧上。在第四结果中,如果电压随着朝向任意的固定传感器轴线的旋转而减小,则被动超声传感器S1在与旋转相对的一侧上。

[0059] 在图4的可视化A、B、C和D中,超声成像探头210的旋转被示出为 $\Delta \Theta$ 。第一距离 d_0 是在第一时间从被动超声传感器S1上的固定点到来自超声成像探头210的第一成像平面的水平距离。第二距离 d_1 是在第二时间从被动超声传感器S1上的固定点到来自超声成像探头210的第二成像平面的水平距离。从第一距离 d_0 到第二距离 d_1 的变化确定超声成像探头210的旋转的方向性,包括超声成像探头210是朝向还是远离超声成像探头210以及从左还是从右旋转。电压读数来自被动超声传感器S1。因此,来自被动超声传感器S1的电压的变化以及反映旋转 $\Delta \Theta$ 的距离测量结果 d_0 和 d_1 的变化被解读为超声成像探头210的定位和方向性的简单反映,其继而反映被动超声传感器S1在成像平面的哪一侧上。

[0060] 图4中的可视化E、F、G和H是与图4中的可视化A、B、C和D可比的,并且示出了两个附加度量。第一度量是从超声成像探头210上的末端(成像平面从该末端发射)到垂直于成像平面的与被动超声传感器S1上的固定点相交的线的相对于成像平面的平行距离。平行距离是从固定点(诸如附接到超声成像探头210的惯性运动单元212的位置)到来自惯性运动单元212上的换能器的成像阵列的发射点的距离,因为假设是当超声成像探头210在皮肤上的点上滚动而没有显著的平移移动时发射点是固定的。第二度量是在垂直于成像平面的线上从成像平面到被动超声传感器S1上的固定点的垂直距离,并且该垂直距离可以是如本文描述的在S221处确定的平面外距离。也就是说,可视化E、F、G和H的细节可以应用于所有可视化A、B、C和D,因为在可视化E、F、G和H中详细描述的垂直距离可以是在S221处针对每个场景计算的平面外距离。也就是说,针对可视化A、B、C和D解释的水平距离可以用针对可视化E、F、G和H解释的垂直距离来代替。

[0061] 如上面关于图4所描述的,四个结果始终是可能的。如果电压随着远离任意的固定传感器轴线的旋转而增加,则第一结果发生,因为被动超声传感器S1在与旋转相同的一侧上。如果电压随着远离任意的固定传感器轴线的旋转而降低,则第二结果发生,因为被动超

声传感器S1在与旋转相对的一侧上。如果电压随着朝向任意的固定传感器轴线的旋转而增加,则发第三结果生,因为被动超声传感器S1在与旋转相同的一侧上。如果电压随着朝向任意的固定传感器轴线的旋转而降低,则第四结果发生,因为被动超声传感器S1在与旋转相对的一侧上。

[0062] 上面的实施例已经主要讨论了如何确定被动超声传感器S1的平面外方向性和平面外距离。然而,根据平面外方向性和平面外距离确定的被动超声传感器S1的位置也可以用作作用于三维体积重建的准确参考标记物。可以通过使用被动超声传感器S1的位置作为对从图2A中的惯性运动单元212和图3中的惯性运动单元312测量的平面外平移和旋转的约束来运行围绕被动超声传感器S1的位置的三维体积重建。

[0063] 图5图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一过程。

[0064] 图5的过程在S512处以获得探头运动开始。在S512处获得的探头运动可以是当用户移动惯性运动单元212所附接到的超声成像探头210时由惯性运动单元212实时捕获的原始数据。超声成像探头210的运动可以被动地测量,或利用由用户有意提供的探头摆动来测量,如先前在S214或S220处描述的。

[0065] 在S514处,图5的过程获得在三个维度(即,x、y和z)上的被动超声传感器位置。在S514处获得的数据可以基于被动超声传感器S1的电压读数,并且位置可以由确定被动超声传感器S1的位置的系统(例如,控制器250)确定。

[0066] 在S516处,图5的过程获得加速度计数据。加速度计数据是由惯性运动单元212或从惯性运动单元212获得的数据,并且反映超声成像探头210沿着定义三维空间的三个轴线的平移(位移)。

[0067] 在S518处,图5的过程获得陀螺仪数据。陀螺仪数据是由惯性运动单元212获得或从惯性运动单元212获得的数据,并且反映超声成像探头210围绕定义三维空间的三个轴线的旋转(欧拉角)。

[0068] 在S520处,图5的过程获得B模式数据。B模式代表“亮度模式”,并且是指使用超声成像探头210在成像平面中发射超声成像波束以获得二维超声图像。B模式数据可以包括超声成像波束的序列和/或图案、超声成像波束的发射定时以及由超声成像波束的发射产生的二维超声图像。可以处理B模式数据以获得在确定超声探头运动中有用的基于图像或基于纹波的特征。

[0069] 在S522处,图5的过程确定超声成像探头位置。超声成像探头210的位置可以在S522处由惯性运动单元212确定或使用来自惯性运动单元212的数据来确定。例如,超声成像探头210的位置可以使用来自S516的加速度计数据和/或来自S518的陀螺仪数据来确定。额外地或替代地,来自S520的B模式数据可以用于确定超声成像探头210的位置。

[0070] 在S524处,图5的过程在感兴趣区域中生成三维体积。如本文描述的,三维体积可以是围绕被动超声传感器S1的位置的三维体积重建,并且被动超声传感器S1的位置与超声成像探头210的成像平面/距超声成像探头210的成像平面之间的平面外距离可以用作对从惯性运动单元212测量的平面外平移和旋转的约束。

[0071] 在S526处,图5的过程可以用于生成三维体积的可视化、三维体积中的介入医学设备的轨迹以及三维体积中的当前切片。可以扩展如上所述的确定平面外方向性和平面外距

离的过程,以提供围绕被动超声传感器S1的位置的局部三维体积重建。这里,超声成像平面与被动超声传感器S1的位置之间的平面外距离是或者可以用作对由惯性运动单元212提供的姿态变换的平面外平移分量的约束。工作流程可以以用户提供生成或以其他方式获得三维体积的请求或指令开始。然后,用户创建从被动超声传感器S1的一侧开始并在另一侧结束的体积扫描。理想地,扫描是围绕被动超声传感器S1的位置大致对称的。接下来,如上所述,在每个时间点使用惯性运动单元212和/或控制器250来估计超声成像探头210的移动的平移分量和旋转分量。然后在S526处重建个体帧以形成三维体积。由于惯性运动单元212的读数的不精确性以及位置漂移,预期体积估计的误差。

[0072] 基于步骤S514、S516和S518处的过程,平面外方向性和距离然后被用作或可以被用作应用于确认重建的三维体积或在S525处检测并修正三维重建的误差的约束和一致性检查。检查包括通过应用本文描述的规则来检测三维体积中的个体帧之间的平面外距离/方向的不一致性。因此,然后可以从三维重建中去除不一致的帧。替代地或额外地,可以通过根据用于被动超声传感器S1的定位系统的读数使帧更接近“预期”姿态来调整帧的姿态。可以通过确保根据三维重建被认为在平面内的帧对应于具有来自被动超声传感器S1的最大电压的帧来执行另一检查。也就是说,可以基于用于被动超声传感器S1的定位系统来确定如本文描述的平面交叉,并且这些交叉将在基于从惯性运动单元212导出的姿态估计而估计的三维重建中被反映。进一步的检查基于假设被动超声传感器S1的平面外轮廓是关于最大电压对称的。因此,三维体积的平面外帧间间距也可以是相对于被动超声传感器S1的电压对称的。也就是说,1毫米的帧间距离应当对应于在平面内轴线的一侧上的与在另一侧上相同幅度的电压降。以滚动和偏航为特征的平面外旋转应当类似地与被动超声传感器S1的响应的变化一致。

[0073] 由于用于被动超声传感器S1的定位系统不能区分两种类型的运动,因此旋转运动可能难以与平移运动分开。这里,如果多于一个被动超声传感器S1在超声视场内,则与仅存在单个被动超声传感器S1相比,可以进一步改善准确性。手动校准可以用作对准确性的进一步检查。例如,可以使得用户能够或甚至提示用户以患者特异性方式将被动超声传感器电压S1的电压测量校准为惯性运动单元212的测量和/或基于图像的测量。因为惯性运动单元212的准确性与帧间加速度/减速度成比例,所以可以提示用户执行涉及高速旋转或平移的校准步骤。然后,惯性运动单元212的更准确的测量可以与被动超声传感器S1的电压降相关,从而创建用于介入程序期间的运动的校准曲线。

[0074] 在S526处,重建的三维体积的可视化可以包括三维体积、三维体积中的介入医学设备205的轨迹以及三维体积中的当前切片。例如,介入医学设备205可以是针,因此轨迹可以是感兴趣区域的三维体积中的针轨迹。可以通过选择性地调整当前切片的亮度或颜色或通过三维体积的背景下添加或更新当前切片的边界来在三维体积中突出显示当前切片。

[0075] 在S528处,图5的过程获得GUI反馈,并且然后返回到S512处的开始以获得探头运动。GUI反馈可以是经由图形用户接口来自用户的输入。来自用户的输入可以是对在S526处生成的可视化的确认、或重试或更新图5的过程的请求。

[0076] 如上面在图5的背景下所描述的,可以使用诸如被动超声传感器S1的位置的约束来重建三维体积。还可以基于包括基于纹波的去相关的各种类型中的任一种的准确性检查来确认或更新位置确定本身。根据代表性实施例,可以使用与本公开一致的用于被动超声

传感器的相对位置确定的纹波去相关的过程。为了估计平面外运动,测量超声图像中的纹波特征的去相关可以用作平面外平移移动的近似。成像波束宽度在平面外移动期间的交叠导致相邻帧之间的纹波的相关性。可以通过分析每个帧中的图像块来量化的相关量可以用于预测帧间距离。这些方法的限制通常是在存在未知旋转的情况下难以计算准确的平移帧距离。然而,由于如本文描述的那样使用惯性运动单元212或另一机构来确定旋转,因此可以使用纹波去相关方法并使其有用,因为这种纹波去相关的准确性显著改善。纹波去相关技术因此可以用于估计平面外平移运动。基于图像的跟踪技术(包括基于强度的跟踪和基于纹波的跟踪)的额外使用被用于或可以用于进一步改进超声成像探头的姿态的估计,诸如在图5中的S525中。具体地,可以在第一时间识别波束宽度在平面外平移期间的交叠。该交叠可用于生成(例如,识别、计算、确定)在第二时间的相邻帧 $f_t \dots f_{t+1}$ 之间的相关性。相关性 p 用于预测在第三时间的帧之间的平面外距离 d 。

[0077] 并入用于估计平面外运动的基于图像的纹波去相关跟踪可以是使用基于图像的信息的改进的形式。改进进一步确认或修正超声成像探头210的平面外姿态估计以及三维体积重建。例如,超声图像中的纹波特征的去相关可以提供平面外平移的近似。这里,成像波束宽度在平面外移动期间的交叠导致相邻帧之间的纹波的相关性。可以通过分析每个帧中的图像块来量化的相关量可以用于预测帧间距离。

[0078] 纹波去相关技术可以被并入到先前描述的使用被动超声传感器S1的估计工作流程以及基于惯性运动单元212的读数的姿态估计和重建中。具体地,由于惯性运动单元212的陀螺仪能够准确地测量旋转,并且被动超声传感器S1提供额外的约束,所以运动的平移分量是更可分开的。然后可以基于纹波去相关来估计平移的幅度。利用在三维体积扫描期间采集的超声图像的视场中的被动超声传感器S1的响应,被动超声传感器S1的响应的平面外纹波去相关也可以被测量并且与平面外距离相关。最后,虽然纹波去相关估计平面外平移,但是基于强度的图像跟踪方法可以用于估计平面内平移。这些技术可以类似地与在本文描述的过程一起被包括以改善准确性。

[0079] 图6A图示了根据代表性实施例的用于在针对被动超声传感器的相对位置确定中获得三维探头姿态的输入数据。

[0080] 在图6A和图6B中,提供了被动超声传感器跟踪、惯性运动单元跟踪和基于纹波的跟踪以用于改善三维平面外估计和重建。在图6A中,获得三个测量,以便识别或以其他方式获得介入医学设备205的准确三维姿态。三个测量是超声成像探头210的旋转(即,来自惯性运动单元跟踪)、超声成像探头210的平面内位置和超声成像探头210的平面外位置。三个测量中的每个可以从不同的信息源获得。

[0081] 图6B图示了根据代表性实施例的用于在被动超声传感器的相对位置确定中获得三维探头姿态的联合优化的输入和输出。

[0082] 在图6B中,可以通过组合不同的信息源(例如使用如本文描述的联合优化)来更准确地确定超声成像探头210的平面外距离和姿态。来自超声成像帧姿态的个体图像信息然后可以被重建,以形成与仅依赖于一种类型的信息源的方法相比更准确的三维体积。具体地,被动超声传感器S1的位置用于用作限制优化产生不正确的解决方案的高准确性参考点。在上面示出并解释了使用被动超声传感器跟踪来约束惯性运动单元姿态的估计以用于重建围绕设备端部的三维体积。

[0083] 在图6B中,通过使用优化方案在单个框架内应用约或者可以在单个框架内应用约束。这里,可以为每个违反的约束提供惩罚。用作/用于优化方案的优化算法试图确定违反最少约束的换能器姿态参数的完整集合,同时保持与惯性运动单元212的原始测量紧密一致。在实施例中,来自惯性运动单元212和来自被动超声传感器S1的测量的相对重要性可以是用户定义的加权因子,并且这些可以用于管理如何进行校正。也就是说,用于传感器测量的用户定义的加权因子可以用于管理个体帧是否被校正以更接近地匹配被动超声传感器S1的结果或惯性运动单元212的结果。可以在优化中引入加权因子作为应用于每个约束的恒定参数,从而在违反该约束的情况下指示惩罚的大小。在另一实施例中,可以在制造期间的校准步骤中学习相对权重,例如通过附接诸如电磁或光学传感器的高准确性“真实情况”外部跟踪传感器,使得被动超声传感器S1和/或惯性运动单元212的结果总是可以与真实情况进行比较以基于相对准确性进行加权。

[0084] 图7图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一过程。

[0085] 图7中的过程在S710处以从固定到超声成像探头的惯性运动单元获得超声成像探头在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量开始。在S710处获得的测量可以由控制器250从固定到超声成像探头210的惯性运动单元212获得。

[0086] 在S720处,图7的过程通过基于来自超声成像探头的波束的发射来获得由被动超声传感器在第一时间点和在第二时间点接收的信号强度而继续进行。在S720处获得的强度可以由控制器250从被动超声传感器S1获得。

[0087] 在S730处,图7的过程接下来包括基于运动的测量结果和信号的强度来确定被动超声传感器的方向性和从被动超声传感器到成像平面的距离。如本文单独描述的,平面外方向性和平面外距离均可以由控制器250确定。

[0088] 在S740处,图7的过程包括确定被动超声传感器是否穿过成像平面。S750处的确定可以由控制器250执行,并且可以涉及确定在介入程序期间涉及超声成像的操作期间何时发生峰值电压读数。

[0089] 在S750处,图7的过程包括确定被动超声传感器的位置并提供所确定的位置以供显示。在S750处确定被动超声传感器S1的位置可以部分地基于在S730处的方向性和平面外距离确定。

[0090] 在S760处,图7的过程包括显示被动超声传感器的位置以及介入医学设备的目标,其基于被动超声传感器在成像平面的哪一侧上而改变。在S760处的改变可以是颜色、亮度、图标等。

[0091] 图8图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一过程。

[0092] 图8的过程在S810处以识别由被动超声传感器在第一时间和第二时间之间的接收的信号强度变化开始。

[0093] 接下来,图8的处理通过识别惯性运动单元相对于通过被动超声传感器的固定轴线的旋转而进行到S820。

[0094] 在S830处,图8的过程包括基于信号强度的变化和惯性运动单元的旋转来确定被动超声传感器是在成像平面的第一侧上还是在成像平面的与第一侧相对的第二侧上。

[0095] 在S840处,图8的过程以确定被动超声传感器是否穿过成像平面结束。

[0096] 图9图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一过程。

[0097] 图9的过程在S910处以识别惯性运动单元相对于通过被动超声传感器的固定轴线的旋转开始。

[0098] 在S920处,图9的过程包括识别被动超声传感器与超声成像探头之间的距离。

[0099] 在S930处,图9的过程以基于惯性运动单元相对于固定轴线的旋转以及被动超声传感器与超声成像探头之间的距离来计算被动超声传感器距成像平面的距离的变化结束。

[0100] 图10图示了根据代表性实施例的用于被动超声传感器的相对位置确定的另一过程。

[0101] 图10的过程在S1010处以捕获超声成像探头周围的多个个体帧开始。

[0102] 接下来,在S1020处,图10的过程包括从固定到超声成像探头的惯性运动单元获得与每个个体帧相对应的超声成像探头的运动的测量结果。

[0103] 在S1030处,图10的过程包括基于来自超声成像探头的波束的发射来获得由被动超声传感器在与每个个体帧相对应的时间处接收的信号强度。

[0104] 在S1040处,图10的过程接下来包括基于由超声成像探头捕获的多个个体帧来重建围绕被动超声传感器的三维体积。

[0105] 在S1050处,图10的过程以基于与每个个体帧相对应的信号的强度和运动的测量来验证每个个体帧结束。

[0106] 因此,只要被动超声传感器S1保持静止,被动超声传感器的相对位置确定就使得能够显著减少通常利用惯性感测方法例如由于位置漂移而随时间积累的误差。可以利用本文描述的基于图像的信息被并入在其中(作为IMU跟踪的备选方案或除了IMU之外)的额外方法来改善准确性。尽管已经参考若干示例性实施例描述了被动超声传感器的相对位置确定,但是应当理解,已经使用的词语是描述和图示的词语,而不是限制的词语。在不脱离被动超声传感器的相对位置确定的范围和精度的情况下,可以在所附权利要求的范围内进行改变,如当前所陈述和所修改的。尽管已经参考特定装置、材料和实施例描述了被动超声传感器的相对位置确定,但是被动超声传感器的相对位置确定不旨在限于所公开的细节;更确切地说,被动超声传感器的相对位置确定扩展到诸如在所附权利要求的范围内所有功能等同的结构、方法和用途。

[0107] 例如,被动超声传感器的相对位置确定可以应用于许多并且可能所有跟踪的介入程序。识别(例如,计算、确定、估计)设备端部与组织目标之间的平面外距离在许多不同类型的介入程序中可能是重要的,并且被动超声传感器的相对位置确定可以在相对低的开发开销的情况下允许这样的功能。距离识别还可以用于帮助为新用户提供更好的三维背景和学习,这进而可以在程序期间增加客户信心,并且为装备有跟踪的系统和设备(诸如被动超声传感器)增加价值。

[0108] 在知道介入医学设备105的端部与血管目标之间的平面外距离对插入准确性来说可能是重要的范围内,被动超声传感器的相对位置确定的教导可以用于改善例如血管进入。类似地,被动超声传感器的相对位置确定的教导可以用于确定作为介入医学设备105的插入导丝何时穿过血管内病变的中心(管腔内穿过)或导丝何时已经朝向血管壁重定向(内

膜下穿过),以便帮助避免血管壁穿孔。

[0109] 提供了以下示例:

[0110] 示例1、一种用于识别被动超声传感器 (S1) 相对于来自超声成像探头 (210) 的成像平面的平面外运动的控制器 (250), 包括:

[0111] 存储器 (391), 其存储指令, 以及

[0112] 处理器 (392), 其运行所述指令, 其中, 所述指令当由所述处理器 (392) 运行时使包括所述控制器 (250) 的系统实施包括以下操作的过程:

[0113] 从被固定到所述超声成像探头 (210) 的位置和取向传感器 (212) 获得 (S710) 所述超声成像探头 (210) 在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量结果;

[0114] 基于来自所述超声成像探头 (210) 的波束的发射来获得 (S720) 由所述被动超声传感器 (S1) 在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号强度, 并且

[0115] 基于运动的所述测量结果和信号的所述强度, 确定 (S730) 所述被动超声传感器 (S1) 的方向性和从所述被动超声传感器 (S1) 到所述成像平面的距离。

[0116] 示例2、根据示例1所述的控制器 (250), 其中, 所述确定还包括: 识别 (S810) 由所述被动超声传感器 (S1) 接收的信号强度在所述第一时间点与第二时间点之间的变化;

[0117] 识别 (S820) 所述位置和取向传感器 (212) 相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转, 并且

[0118] 基于信号的所述强度的变化以及所述位置和取向传感器 (212) 的旋转来确定 (S830) 所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的第一侧上还是在所述成像平面的与所述第一侧相对的第二侧上。

[0119] 示例3、根据示例1所述的控制器 (250), 其中, 所述确定还包括:

[0120] 识别 (S910) 所述位置和取向传感器 (212) 相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转;

[0121] 识别 (S920) 所述被动超声传感器 (S1) 与所述超声成像探头 (210) 之间的距离; 并且

[0122] 基于所述位置和取向传感器 (212) 相对于所述固定轴线的旋转以及所述被动超声传感器 (S1) 与所述超声成像探头 (210) 之间的距离来计算 (S930) 所述被动超声传感器 (S1) 距所述成像平面的距离的变化。

[0123] 示例4、根据示例3所述的控制器 (250), 其中, 所述被动超声传感器 (S1) 距所述成像平面的所述距离是在所述成像平面与所述被动超声传感器 (S1) 的所述固定轴线上沿着垂直于在所述第一时间点和所述第二时间点处的所述成像平面的线的固定点之间确定的。

[0124] 示例5、根据示例1所述的控制器 (250),

[0125] 其中, 所述被动超声传感器 (S1) 被固定到介入医学设备 (205), 并且

[0126] 由所述系统实施的所述过程还包括提供 (S760) 所述被动超声传感器 (S1) 的位置以便与所述介入医学设备 (205) 的目标一起显示。

[0127] 示例6、根据示例1所述的控制器 (250), 其中, 所述位置和取向传感器 (212) 包括测量所述超声成像探头 (210) 的三维平移的加速度计和测量所述超声成像探头 (210) 的三维旋转的陀螺仪。

[0128] 示例7、根据示例1所述的控制器 (250), 其中, 由所述系统实施的过程还包括:

[0129] 基于信号的所述强度的变化和所述超声成像探头 (210) 的运动的所述测量结果来确定 (S830) 所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的第一侧上还是在所述成像平面的与所述第一侧相对的第二侧上, 并且

[0130] 确定 (S840) 所述被动超声传感器 (S1) 何时从所述第一侧穿过所述成像平面到达所述第二侧。

[0131] 示例8、根据示例7所述的控制器 (250), 其中, 由所述控制器 (250) 实施的所述过程还包括:

[0132] 控制 (S760) 所述被动超声传感器 (S1) 的显示的表示基于所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的所述第一侧上还是在所述成像平面的所述第二侧上而改变。

[0133] 示例9、根据示例1所述的控制器 (250), 其中, 由所述控制器 (250) 实施的所述过程还包括:

[0134] 基于由所述超声成像探头 (210) 捕获的多个个体帧来重建 (S1040) 围绕所述被动超声传感器 (S1) 的三维体积; 并且

[0135] 基于与所述多个个体帧中的每个帧相对应的信号的所述强度和运动的所述测量结果来验证 (S1050) 所述多个个体帧中的每个帧。

[0136] 示例10、一种存储计算机程序的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391), 所述计算机程序在由处理器 (392) 运行时使包括所述有形非瞬态计算机可读存储介质的系统运行用于识别被动超声传感器 (S1) 相对于来自超声成像探头 (310) 的成像平面的平面外运动的过程, 当所述处理器 (392) 运行来自所述有形非瞬态计算机可读存储介质的所述计算机程序时运行的所述过程包括:

[0137] 从被固定到所述超声成像探头 (310) 的位置和取向传感器 (312) 获得 (S710) 所述超声成像探头 (310) 在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量结果;

[0138] 基于来自所述超声成像探头 (310) 的波束的发射来获得 (S720) 由所述被动超声传感器 (S1) 在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号强度, 并且

[0139] 基于运动的所述测量结果和信号的所述强度, 确定 (S730) 所述被动超声传感器 (S1) 的方向性和从所述被动超声传感器 (S1) 到所述成像平面的距离。

[0140] 示例11、根据示例10所述的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391), 其中, 所述确定还包括:

[0141] 识别 (S810) 由所述被动超声传感器 (S1) 接收的信号强度在所述第一时间点与所述第二时间点之间的变化;

[0142] 识别 (S820) 所述位置和取向传感器 (312) 相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转, 并且

[0143] 基于信号的所述强度的变化以及所述位置和取向传感器 (312) 的旋转来确定 (S830) 所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的第一侧上还是在所述成像平面的与所述第一侧相对的第二侧上。

[0144] 示例12、根据示例10所述的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391), 其中, 所述确定还包括:

[0145] 识别 (S910) 所述位置和取向传感器 (312) 相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转;

[0146] 识别 (S920) 所述被动超声传感器 (S1) 与所述超声成像探头 (310) 之间的距离;并且

[0147] 基于所述位置和取向传感器 (312) 相对于所述固定轴线的旋转以及所述被动超声传感器 (S1) 与所述超声成像探头 (310) 之间的距离来计算 (S930) 所述被动超声传感器 (S1) 距所述成像平面的距离的变化。

[0148] 示例13、根据示例12所述的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391), 其中, 所述被动超声传感器 (S1) 距所述成像平面的所述距离是根据通过所述被动超声传感器 (S1) 的所述固定轴线上的固定点到所述成像平面与在所述第一时间点和所述第二时间点处从所述固定点垂直于所述固定轴线的线之间的交点来确定的。

[0149] 示例14、根据示例10所述的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391),

[0150] 其中, 所述被动超声传感器 (S1) 被固定到介入医学设备 (301), 并且

[0151] 由所述系统实施的所述过程还包括提供 (S760) 所述被动超声传感器 (S1) 的位置以便与所述介入医学设备 (301) 的目标一起显示。

[0152] 示例15、根据示例10所述的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391), 其中, 所述位置和取向传感器 (312) 包括测量所述超声成像探头 (310) 的三维平移的加速度计和测量所述超声成像探头 (310) 的三维旋转的陀螺仪。

[0153] 示例16、根据示例10所述的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391), 其中, 由所述系统实施的过程还包括:

[0154] 基于信号的强度的变化和所述超声成像探头 (310) 的运动的测量来确定 (S830) 所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的第一侧上还是在所述成像平面的与所述第一侧相对的第二侧上; 并且

[0155] 确定 (S840) 所述被动超声传感器 (S1) 何时从所述第一侧穿过所述成像平面到达所述第二侧。

[0156] 示例17、根据示例16所述的有形非瞬态计算机可读存储介质 (391), 其中, 由所述系统实施的过程还包括:

[0157] 控制 (S760) 所述被动超声传感器 (S1) 的显示表示基于所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的所述第一侧上还是在所述成像平面的所述第二侧上而改变。

[0158] 示例18、一种用于识别被动超声传感器 (S1) 相对于来自超声成像探头 (310) 的成像平面的平面外运动的系统 (300), 包括:

[0159] 超声成像探头 (310), 所述超声成像探头 (310) 在医学介入期间发射波束;

[0160] 位置和取向传感器 (312), 所述位置和取向传感器 (312) 被固定到所述超声成像探头 (310);

[0161] 被动超声传感器 (S1), 所述被动超声传感器 (S1) 在所述医学介入期间被固定到介入医学设备 (301); 并且

[0162] 控制器 (250), 所述控制器 (250) 包括存储指令的存储器 (391) 和运行所述指令的处理器 (392), 其中, 当由所述处理器 (392) 运行时, 所述指令使所述系统 (300) 实施过程, 所述过程包括:

[0163] 从所述位置和取向传感器 (312) 获得 (S710) 所述超声成像探头 (310) 在第一时间点与第二时间点之间的运动的测量;

[0164] 基于来自所述超声成像探头 (310) 的波束的发射来获得 (S720) 由所述被动超声传感器 (S1) 在所述第一时间点处和在所述第二时间点处接收的信号强度;

[0165] 基于运动的所述测量结果和信号的所述强度, 确定 (S730) 所述被动超声传感器 (S1) 的方向性和从所述被动超声传感器 (S1) 到所述成像平面的距离。

[0166] 示例19、根据示例18所述的系统, 其中, 所述确定还包括:

[0167] 识别 (S810) 由所述被动超声传感器 (S1) 接收的信号强度在所述第一时间点与第二时间点之间的变化;

[0168] 识别 (S820) 所述位置和取向传感器 (312) 相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转, 并且

[0169] 基于信号的所述强度的变化以及所述位置和取向传感器 (312) 的旋转来确定 (S830) 所述被动超声传感器 (S1) 是在所述成像平面的第一侧上还是在所述成像平面的与第一侧相对的第二侧上。

[0170] 示例20、根据示例18所述的系统, 其中, 所述确定还包括:

[0171] 识别 (S910) 所述位置和取向传感器 (312) 相对于通过所述被动超声传感器的固定轴线的旋转;

[0172] 识别 (S920) 所述被动超声传感器 (S1) 与所述超声成像探头 (310) 之间的距离; 并且

[0173] 基于所述位置和取向传感器 (312) 相对于所述固定轴线的旋转以及所述被动超声传感器 (S1) 与所述超声成像探头 (310) 之间的距离来计算 (S930) 所述被动超声传感器 (S1) 距所述成像平面的距离的变化。

[0174] 本文描述的实施例的图示旨在提供对各种实施例的结构的一般理解。这些图示并不旨在用作对本文描述的本公开内容的所有元件和特征的完整描述。在回顾了本公开内容之后, 许多其他实施例对于本领域技术人员而言会是显而易见的。可以利用其他实施例并从本公开内容中导出其他实施例, 使得可以在不脱离本公开内容的范围的情况下做出结构和逻辑上的替换和改变。另外, 这些图示仅是代表性的, 并且可能并没有按比例绘制。图示中的某些比例可能被放大, 而其他比例可能被最小化。因此, 本公开内容和附图应被认为是说明性的而不是限制性的。

[0175] 可以仅出于方便的目的而将本文公开的一个或多个实施例独立地和/或共同地称为术语“发明”, 但这并不意味着将本申请的范围限制为任何特定的发明或发明构思。此外, 虽然在本文中已经图示和描述了特定实施例, 但是应当理解, 被设计为实现相同或相似目的的任何后续布置都可以代替所示的特定实施例。本公开内容旨在覆盖各种实施例的任何和所有随后的修改或变化。通过回顾说明书, 以上实施例的组合以及本文中未具体描述的其他实施例对于本领域技术人员而言将是显而易见的。

[0176] 所提供的本公开内容的摘要符合37C.F.R. §1.72 (b), 并且在提交摘要时应当理解, 摘要并不用于解读或限制权利要求的范围或含义。另外, 在前面的详细描述中, 为了简化本公开内容, 各种特征可以被组合在一起或被描述在单个实施例中。本公开内容不应被解读为反映了以下意图: 要求保护的实施例需要比每个权利要求中明确记载的特征更多的特征。相反, 如以下权利要求所反映的, 发明主题可以指向少于所公开的实施例中的任一个实施例的所有特征。因此, 以下权利要求被并入详细描述中, 其中, 每个权利要求独立定义

要求保护的主体。

[0177] 提供对所公开的实施例的前述描述以使得任何本领域技术人员能够实践本公开内容中描述的构思。正因如此,以上公开的主题应被认为是说明性的,而不是限制性的,并且权利要求旨在覆盖落入本公开内容的真实精神和范围内的所有这样的修改、增强和其他实施例。因此,在法律允许的最大范围内,本公开内容的范围将由以下权利要求及其等价方案的最广泛的允许解读来确定,并且不应局限于或限制于前述详细描述。

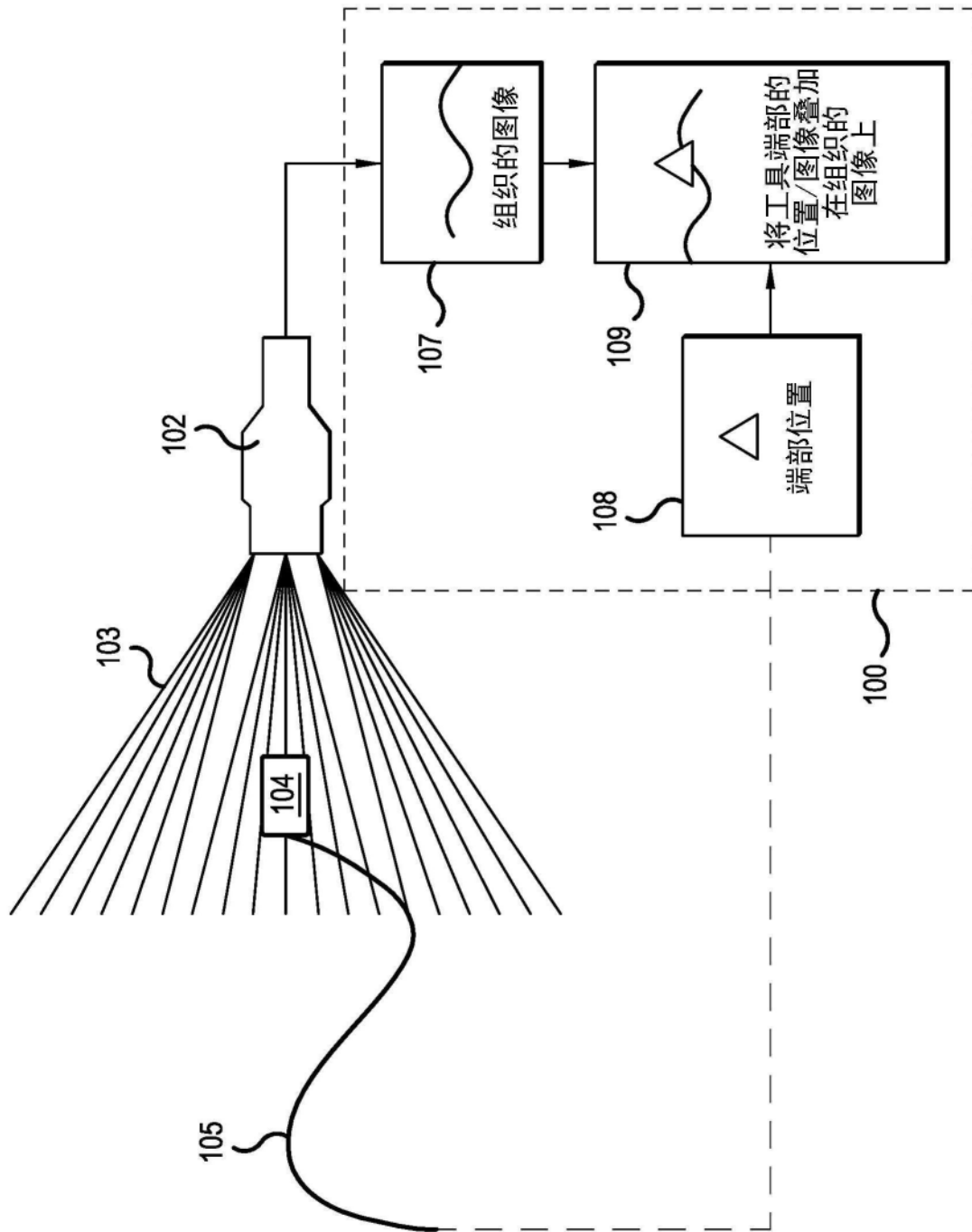


图1现有技术

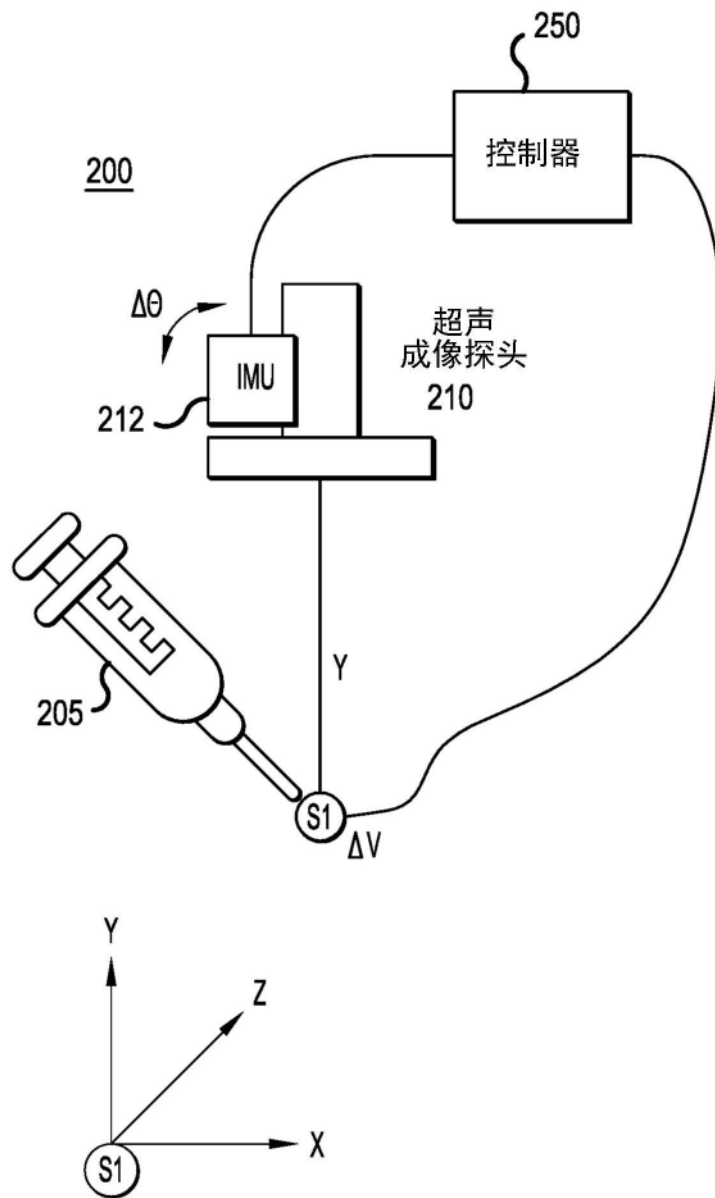


图2A

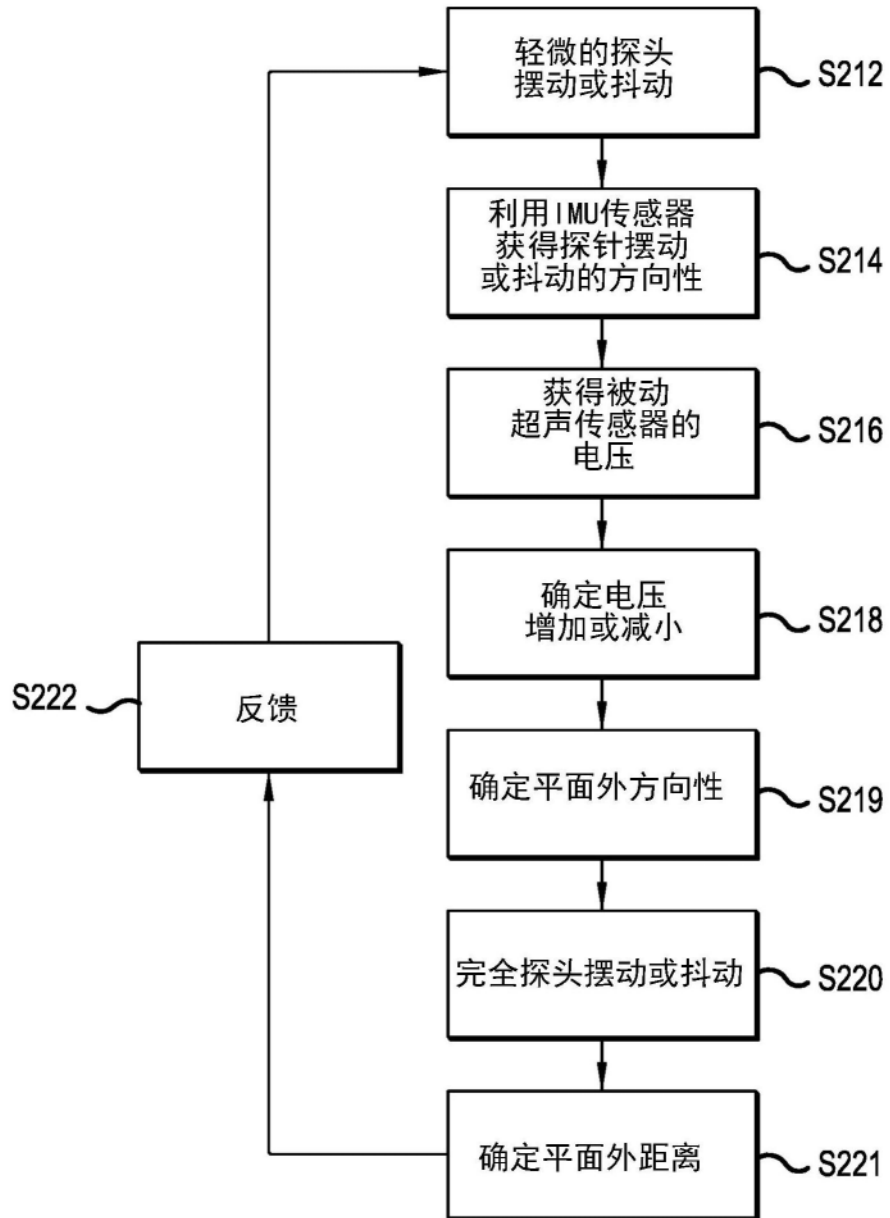


图2B

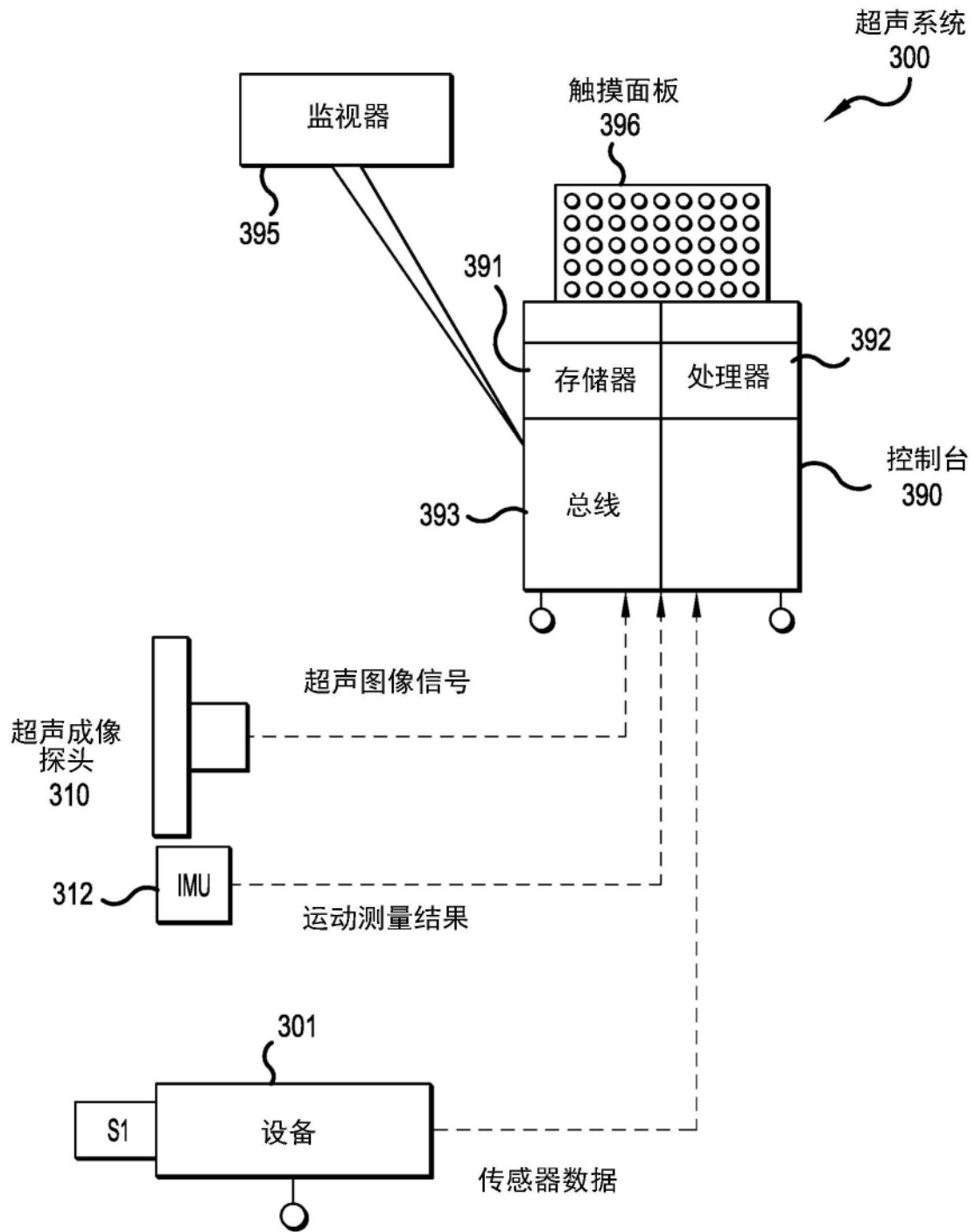


图3

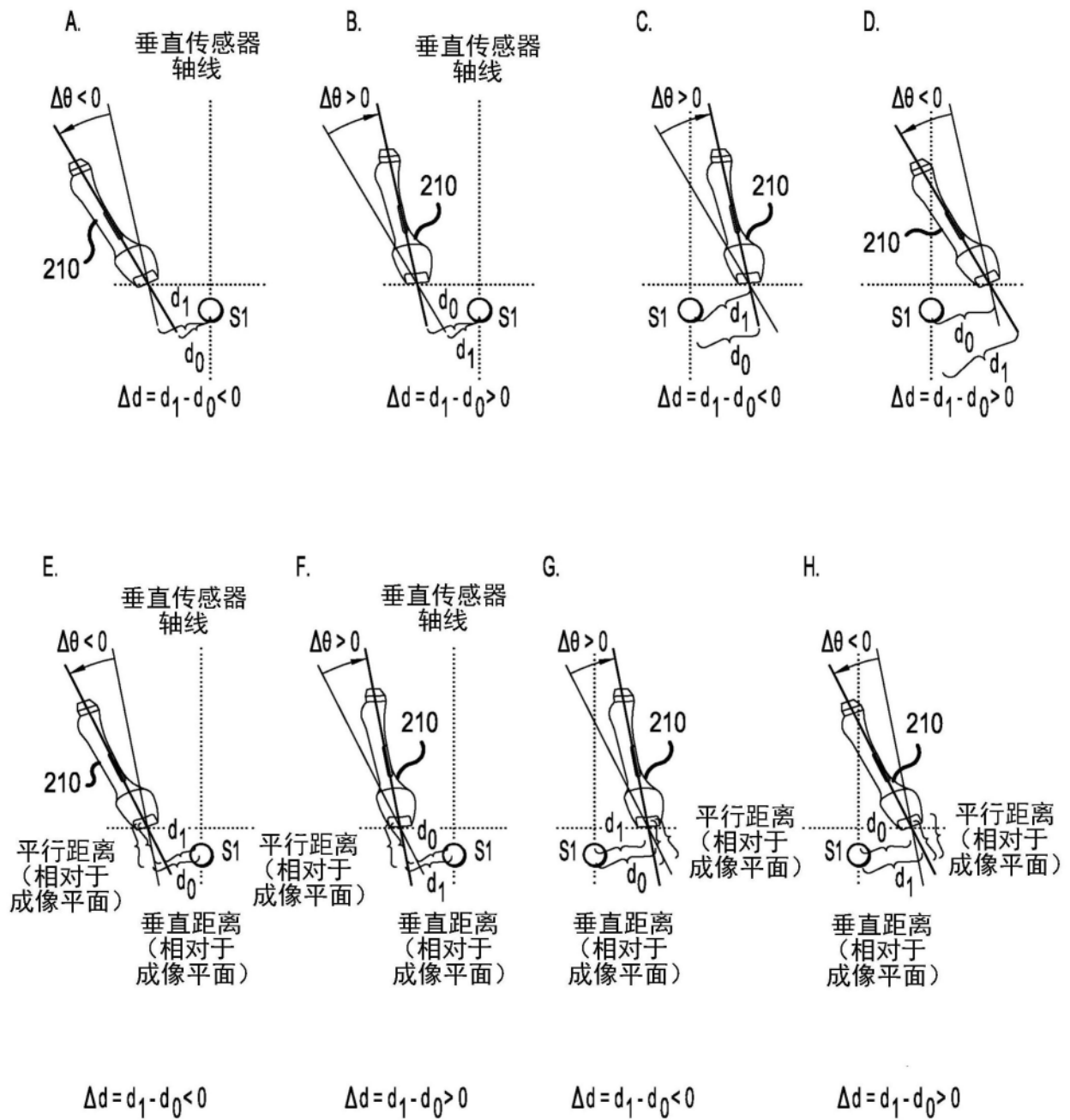


图4

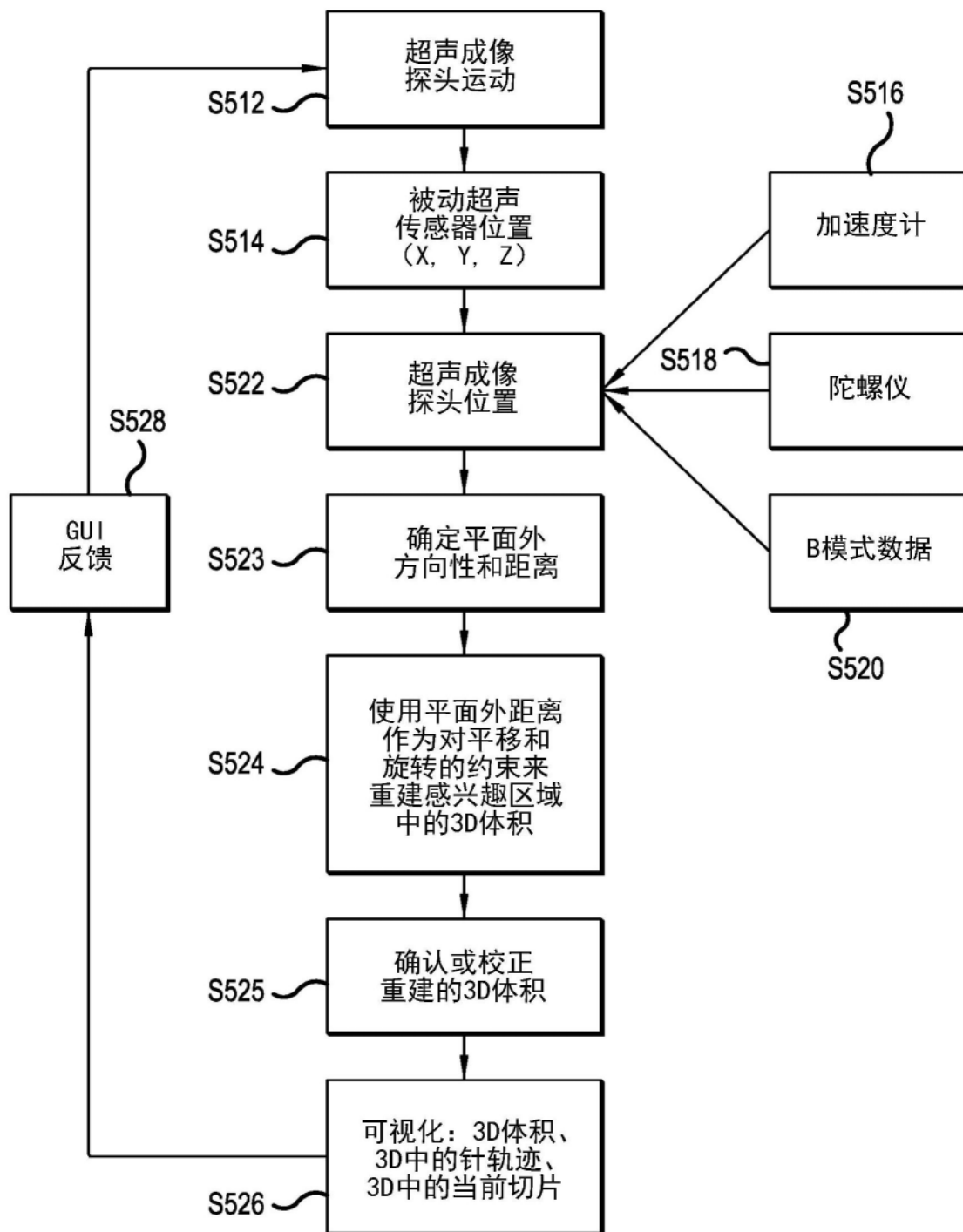


图5

IMU或其他跟踪传感器 被动超声传感器 图像或纹波分析	相对探头旋转	平面内位置	平面外位置
	+++	+	+
	+	++	+
	-	-	++

图6A



图6B

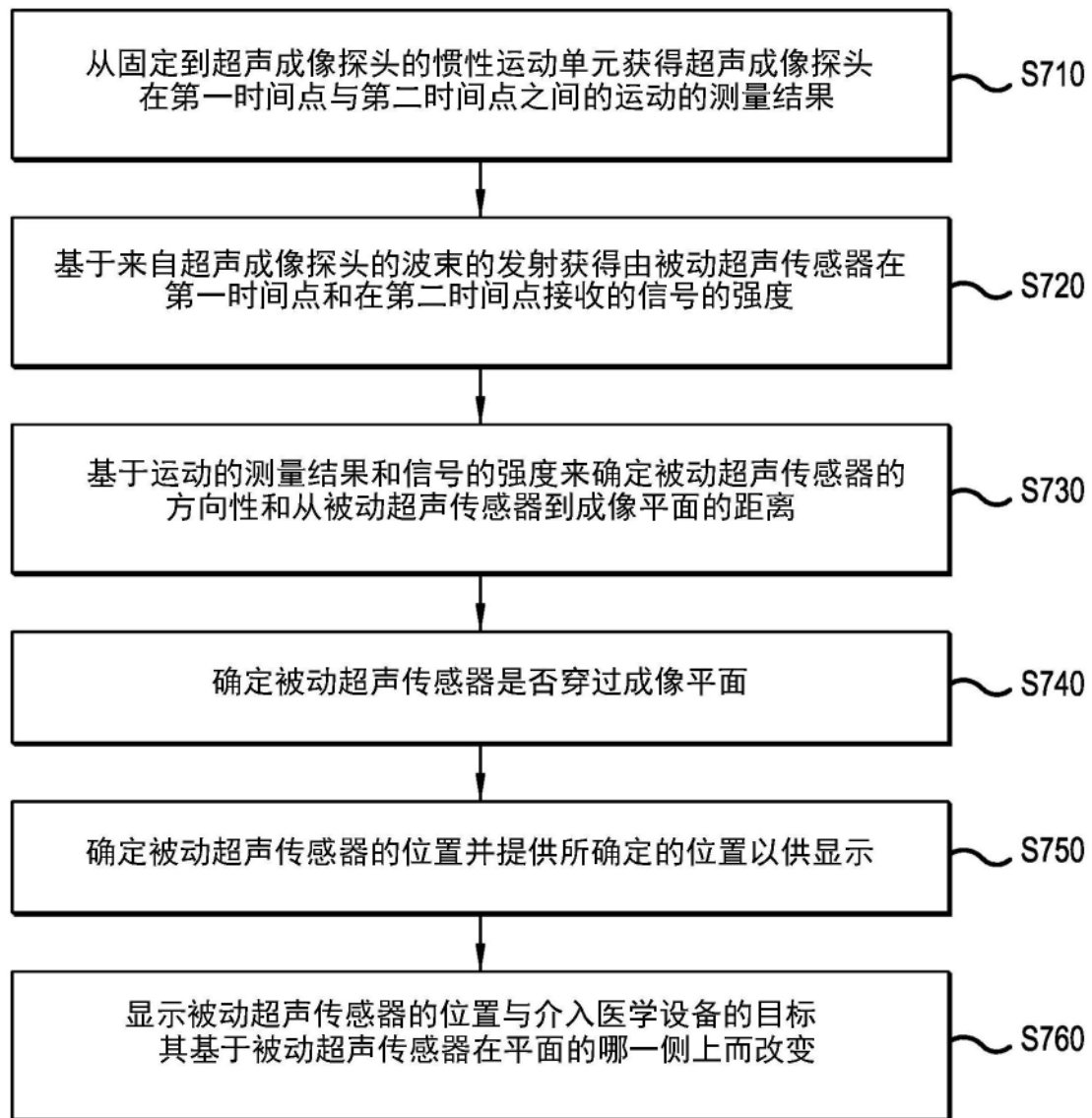


图7

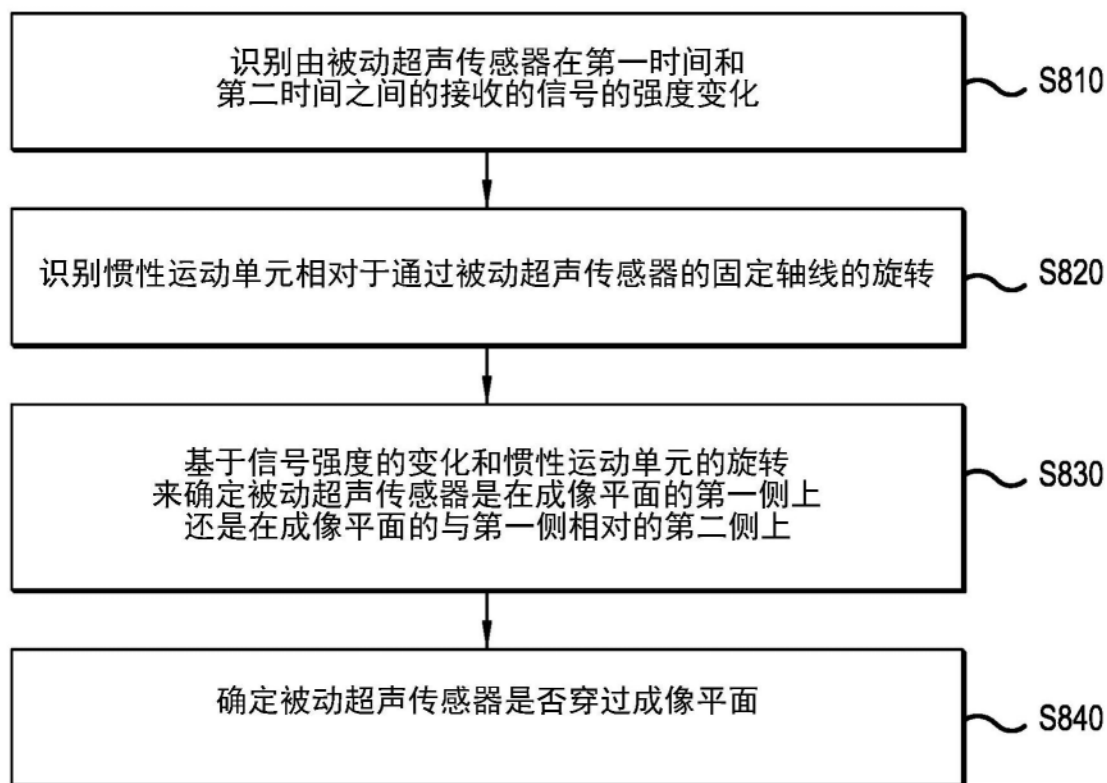


图8

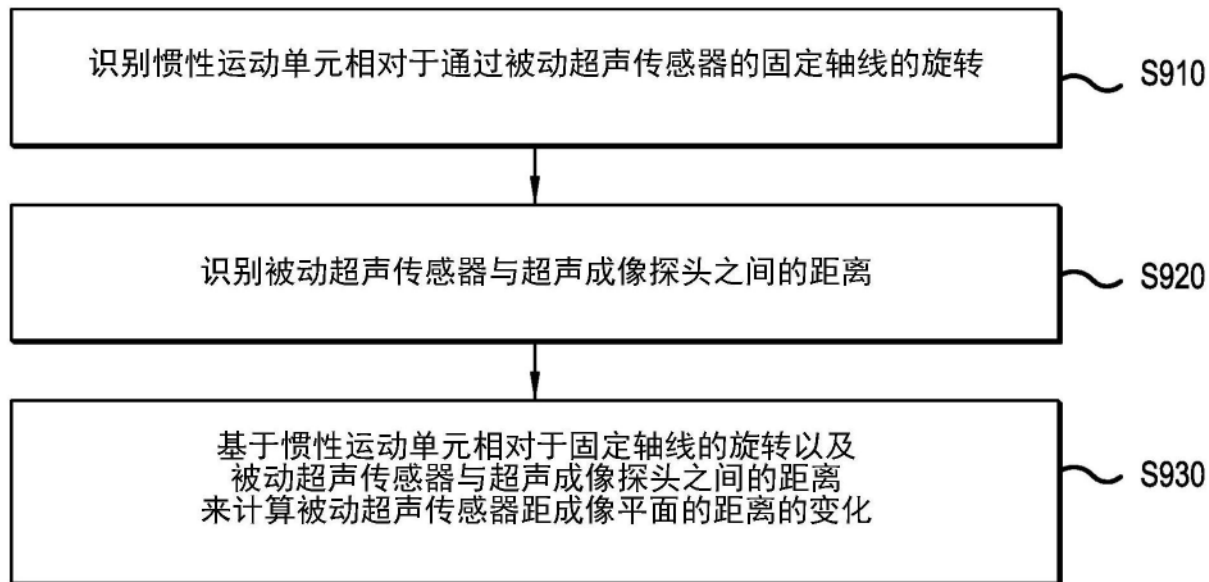


图9

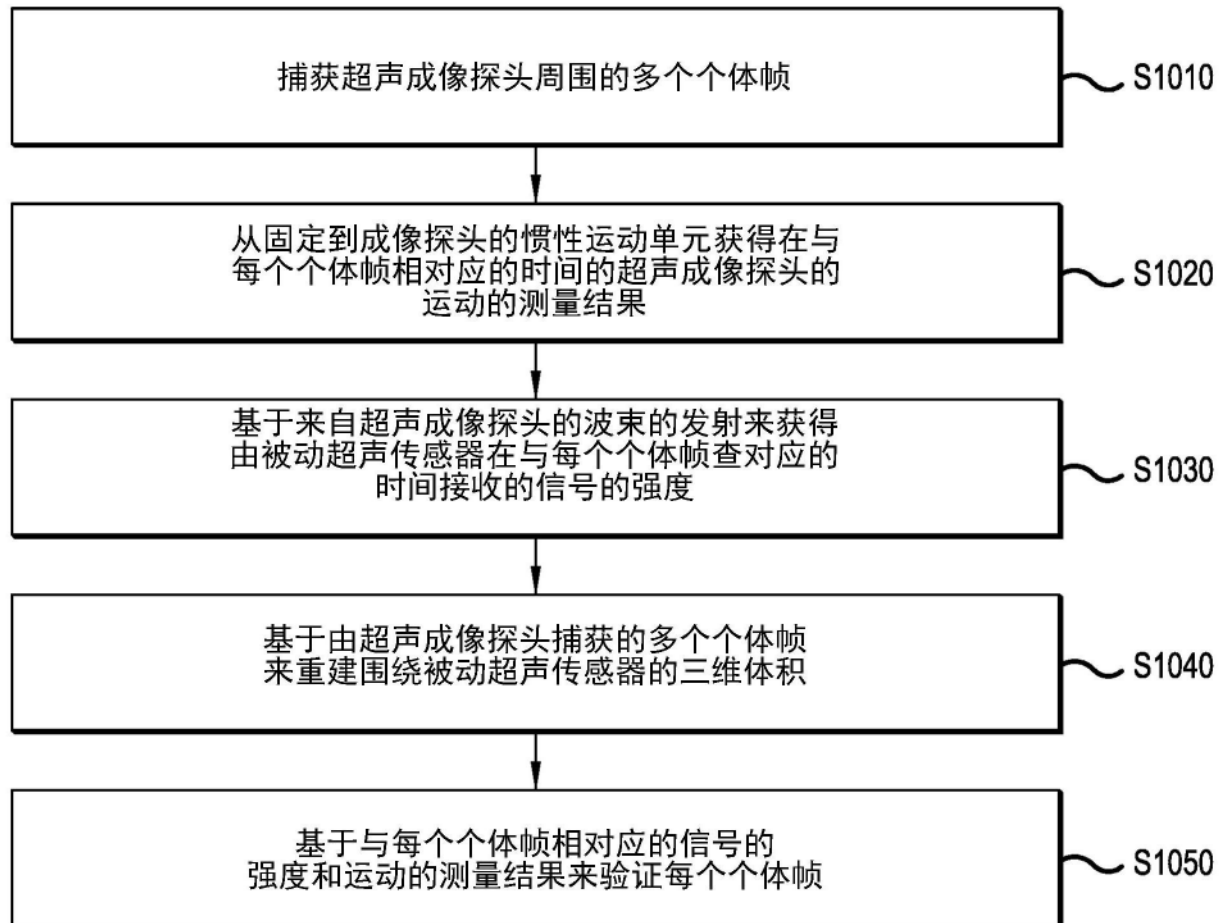


图10