



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118475314 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 09

(21) 申请号 202280086806.X

(22) 申请日 2022.12.20

(30) 优先权数据

63/295,512 2021.12.30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.06.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2022/062530 2022.12.20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/126769 EN 2023.07.06

(71) 申请人 奥瑞斯健康公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 叶梦龙 E·艾瓦利 A·J·申

B·赵 D·P·努南

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 陈开泰 陈岚

(51) Int.Cl.

A61B 34/30 (2006.01)

A61B 34/20 (2006.01)

A61B 17/00 (2006.01)

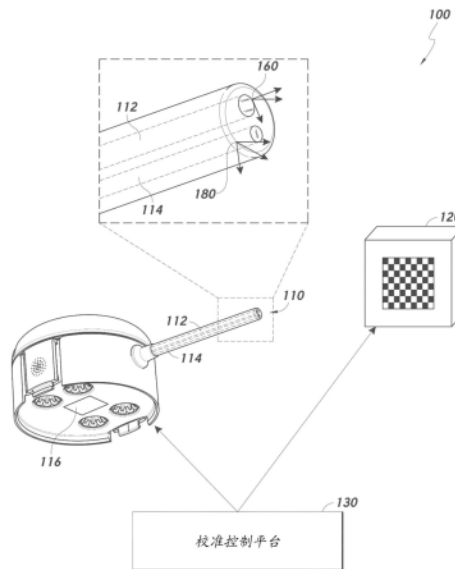
权利要求书4页 说明书14页 附图10页

(54) 发明名称

相机和位置传感器的校准

(57) 摘要

本公开涉及用于利用位置传感器到相机变换来校准内窥镜的系统、装置和方法。



1. 一种自动地校准机器人医疗系统的内窥镜的方法,所述方法包括:
 - 以机器人方式命令所述内窥镜与校准图案之间的第一移动以实现机器人坐标系中的一个或多个机器人姿态;
 - 在来自所述一个或多个机器人姿态的每个机器人姿态处,记录机器人姿态数据和对应的第一相机姿态数据;
 - 基于在所述每个机器人姿态处记录的所述机器人姿态数据和所述对应的第一相机姿态数据来计算相机到机器人基部变换;
 - 使用所述相机到机器人基部变换以机器人方式命令所述内窥镜与所述校准图案之间的第二移动以实现相机坐标系中的一个或多个相机姿态;
 - 在来自所述一个或多个相机姿态的每个相机姿态处,记录第二相机姿态数据和对应的位置传感器姿态数据;
 - 基于在所述每个相机姿态处记录的所述第二相机姿态数据和所述对应的位置传感器姿态数据来计算位置传感器到相机变换;以及
 - 将指示所述位置传感器到相机变换的数据存储在被配置为耦合到所述内窥镜的计算机可读介质中。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中以机器人方式命令所述内窥镜与所述校准图案之间的所述第一移动包括命令所述校准图案的机器人移动。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中以机器人方式命令所述内窥镜与所述校准图案之间的所述第一移动包括命令所述内窥镜的机器人移动。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述内窥镜包括位置传感器,所述位置传感器包括以下中的至少一者:电磁传感器、形状感测纤维、加速度计、陀螺仪和磁力计。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述计算机可读介质包括射频识别(RFID)标签,所述射频识别标签被配置为将所述位置传感器到相机变换传输到设置在所述机器人医疗系统上的RFID读取器。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述一个或多个相机姿态各自包括对应于所述校准图案的期望特征位置。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述一个或多个相机姿态各自包括能够从图像中的物点位置和相机固有参数确定的位置和取向。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中以机器人方式命令所述内窥镜与所述校准图案之间的所述第二移动以实现所述相机坐标系中的所述一个或多个相机姿态包括:
 - 估计所述内窥镜在所述相机坐标系中的当前相机姿态;
 - 确定第一运动以将所述内窥镜从所述当前相机姿态朝向第一相机姿态移动,所述第一运动是在所述相机坐标系中;
 - 使用所述相机到机器人基部变换来确定对应于所述第一运动的第二运动,所述第二运动是在所述机器人坐标系中;以及
 - 基于所述第二运动以机器人方式命令所述内窥镜到所述一个或多个相机姿态。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中以机器人方式命令所述内窥镜与所述校准图案之间的所述第二移动以实现所述相机坐标系中的所述一个或多个相机姿态包括:
 - 估计所述内窥镜在所述相机坐标系中的当前相机姿态;

确定第一运动以将所述校准图案从所述当前相机姿态朝向第一相机姿态移动,所述第一运动是在所述相机坐标系中;

使用所述相机到机器人基部变换来确定对应于所述第一运动的第二运动,所述第二运动是在所述机器人坐标系中;以及

基于所述第二运动以机器人方式命令所述校准图案到所述一个或多个相机姿态。

10. 一种自动地校准内窥镜的系统,所述系统包括:

机器人臂,所述机器人臂被配置为有利于所述内窥镜与校准图案之间的移动;

控制电路;和

存储器,所述存储器存储计算机可执行指令,所述计算机可执行指令在被执行时致使所述控制电路:

以机器人方式命令所述机器人臂有利于所述内窥镜与所述校准图案之间的第一移动以实现机器人坐标系中的一个或多个机器人姿态;

在来自所述一个或多个机器人姿态的每个机器人姿态处,记录机器人姿态数据和对应的第一相机姿态数据;

基于在所述每个机器人姿态处记录的所述机器人姿态数据和所述对应的第一相机姿态数据来计算相机到机器人基部变换;

使用所述相机到机器人基部变换以机器人方式命令所述机器人臂有利于所述内窥镜与所述校准图案之间的第二移动以实现相机坐标系中的一个或多个相机姿态;

在来自所述一个或多个相机姿态的每个相机姿态处,记录第二相机姿态数据和对应的位置传感器姿态数据;

基于在所述每个相机姿态处记录的所述第二相机姿态数据和所述对应的位置传感器姿态数据来计算位置传感器到相机变换;以及

将指示所述位置传感器到相机变换的数据存储在被配置为耦合到所述内窥镜的计算机可读介质中。

11. 一种用于校准被配置为耦合到机器人医疗系统的内窥镜的方法,所述方法包括:

调节所述内窥镜与校准图案之间的相对位置,使得所述内窥镜和所述校准图案根据第一可确定配置来布置;

当处于所述第一可确定配置时:

记录来自耦合到所述内窥镜的位置传感器的第一位置数据,以及

记录来自耦合到所述内窥镜的相机的第一相机数据;

调节所述内窥镜与所述校准图案之间的所述相对位置,使得所述内窥镜和所述校准图案根据不同于所述第一可确定配置的第二可确定配置来布置;

当处于所述第二可确定配置时:

记录来自耦合到所述内窥镜的所述位置传感器的第二位置数据,以及

记录来自耦合到所述内窥镜的所述相机的第二相机数据;

基于所述第一位置数据、所述第一相机数据、所述第二位置数据和所述第二相机数据来生成位置传感器到相机变换;以及将指示所述位置传感器到相机变换的数据存储在被配置为耦合到所述内窥镜的计算机可读介质上。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中调节所述内窥镜与所述校准图案之间的所述相

对位置使得所述内窥镜和所述校准图案根据所述第一可确定配置来布置包括：

使所述校准图案相对于所述内窥镜移动。

13. 根据权利要求12所述的方法，其中使所述校准图案相对于所述内窥镜移动包括：对所述校准图案的定位进行手动调节。

14. 根据权利要求12所述的方法，其中使所述校准图案相对于所述内窥镜移动包括：对所述校准图案的定位进行机器人调节。

15. 根据权利要求11所述的方法，其中调节所述内窥镜与所述校准图案之间的所述相对位置使得所述内窥镜和所述校准图案根据所述第一可确定配置来布置包括：

使所述内窥镜相对于所述校准图案移动。

16. 根据权利要求15所述的方法，其中使所述内窥镜相对于所述校准图案移动包括：对所述内窥镜的定位进行手动调节。

17. 根据权利要求15所述的方法，其中使所述内窥镜相对于所述校准图案移动包括：对所述内窥镜的定位进行机器人调节。

18. 根据权利要求11所述的方法，其中所述位置传感器包括以下中的至少一者：电磁传感器、形状感测纤维、加速度计、陀螺仪和磁力计。

19. 根据权利要求11所述的方法，其中所述计算机可读介质包括射频识别 (RFID) 标签，所述射频识别标签被配置为将所述位置传感器到相机变换传输到设置在所述机器人医疗系统上的RFID读取器。

20. 根据权利要求11所述的方法，其中所述位置传感器包括电磁传感器，所述电磁传感器被配置为基于相对于电磁场发生器的定位来生成所述第一位置数据，并且所述校准图案位于所述电磁场发生器上。

21. 根据权利要求20所述的方法，其中所述场发生器的移动引起以下项的变化：(a) 所述位置传感器与所述电磁场发生器之间的相对放置，以及 (b) 所述相机与所述校准图案之间的相对放置。

22. 一种自动地校准机器人医疗系统的内窥镜的方法，所述方法包括：

以机器人方式命令所述内窥镜与校准图案之间的第一移动以实现机器人坐标系中的一个或多个机器人姿态；

在来自所述一个或多个机器人姿态的每个机器人姿态处，记录机器人姿态数据和对应的第一位置传感器姿态数据；

基于在所述每个机器人姿态处记录的所述机器人姿态数据和所述对应的第一位置传感器姿态数据来计算位置传感器到机器人基部变换；

使用所述位置传感器到机器人基部变换以机器人方式命令所述内窥镜与所述校准图案之间的第二移动以实现位置传感器坐标系中的一个或多个位置传感器姿态；

在来自所述一个或多个位置传感器姿态的每个位置传感器姿态处，记录第二位置传感器姿态数据和对应的相机姿态数据；

基于在所述每个位置传感器姿态处记录的所述第二位置传感器姿态数据和所述对应的相机姿态数据来计算位置传感器到相机变换；以及

将指示所述位置传感器到相机变换的数据存储在被配置为耦合到所述内窥镜的计算机可读介质中。

23. 一种自动地校准内窥镜的系统,所述系统包括:

机器人臂,所述机器人臂被配置为移动以有利于所述内窥镜与校准图案之间的移动;
控制电路;和

存储器,所述存储器存储计算机可执行指令,所述计算机可执行指令在被执行时致使所述控制电路:

以机器人方式命令所述机器人臂有利于所述内窥镜与所述校准图案之间的第一移动以实现机器人坐标系中的一个或多个机器人姿态;

在来自所述一个或多个机器人姿态的每个机器人姿态处,记录机器人姿态数据和对应的第一位置传感器姿态数据;

基于在所述每个机器人姿态处记录的所述机器人姿态数据和所述对应的第一位置传感器姿态数据来计算位置传感器到机器人基部变换;

使用所述位置传感器到机器人基部变换以机器人方式命令所述机器人臂有利于所述内窥镜与所述校准图案之间的第二移动以实现位置传感器坐标系中的一个或多个位置传感器姿态;

在来自所述一个或多个位置传感器姿态的每个位置传感器姿态处,记录第二位置传感器姿态数据和对应的相机姿态数据;

基于在所述每个位置传感器姿态处记录的所述第二位置传感器姿态数据和所述对应的相机姿态数据来计算位置传感器到相机变换;以及

将指示所述位置传感器到相机变换的数据存储在配置为耦合到所述内窥镜的计算机可读介质中。

相机和位置传感器的校准

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求2021年12月30日提交的名称为“CALIBRATION OF CAMERA AND LOCATION SENSOR”的美国临时申请第63/295,512号的优先权,该美国临时申请的公开内容据此全文以引用方式并入本文。

背景技术

[0003] 各种医疗规程涉及使用被配置为穿透人体解剖结构以到达治疗部位的一个或多个装置。某些操作过程可涉及在患者体内定位医疗器械并且使患者体内的感兴趣区域可视化。为此,许多医疗器械可包括传感器以跟踪器械的位置,并且可包括视觉能力,诸如嵌入式相机或与视觉探头兼容使用。

附图说明

[0004] 出于说明的目的,在附图中描绘了各种实施方案,并且决不应将其解释为限制本公开的范围。另外,可组合不同的所公开的实施方案的各种特征以形成作为本公开的部分的附加实施方案。在整个附图中,可重复使用附图标记以指示参考元件之间的对应关系。

[0005] 图1是示出根据示例性实施方案的自动校准系统的示图。

[0006] 图2A、图2B和图2C是示出在校准程序期间提供机器人控制和/或手动控制的校准控制平台的不同示例性实施方案的示图。

[0007] 图3是示出根据一个或多个实施方案的用于自动地校准内窥镜的方法的框图,使得例如确定用于位置传感器和相机的坐标系之间的变换。

[0008] 图4是示出实施图3的方法的自动校准系统的示例性实施方案的框图。

[0009] 图5是示出根据示例性实施方案的基于图像的视觉伺服校准的框图。

[0010] 图6是示出根据示例性实施方案的基于姿态的视觉伺服校准方法的框图。

[0011] 图7是示出根据一个或多个实施方案的用于自动地校准内窥镜的方法的框图,使得例如确定用于位置传感器和相机的坐标系之间的变换。

[0012] 图8是示出实施用于基于位置传感器伺服的校准的方法的自动校准系统的示例性实施方案的框图。

具体实施方式

[0013] 本文提供的标题仅为方便起见,并且不一定影响公开内容的范围或含义。尽管下文公开了某些示例性实施方案,但主题超出具体公开的实施方案延伸到其他替代实施方案和/或用途以及其修改和等同物。因此,本文可能出现的权利要求的范围不受下文描述的特定实施方案中的任一特定实施方案限制。例如,在本文公开的任何方法或过程中,方法或过程的动作或操作可以任何合适的序列执行,并且不一定限于任何特定公开的序列。继而可通过可能有助于理解特定实施方案的方式将各种操作描述为多个分立的操作;然而,描述的顺序不应被解释为暗示这些操作依赖于顺序。另外,本文描述的结构、系统和/或装置可

体现为集成部件或单独部件。出于比较各种实施方案的目的,描述了这些实施方案的特定方面和优点。不一定通过任何特定实施方案实现所有此类方面或优点。因此,例如,可通过实现或优化本文教导的一个优点或一组优点而不一定实现本文也可能教导或提出的其他方面或优点的方式来执行各种实施方案。

[0014] 概述

[0015] 本公开涉及用于校准内窥镜的系统、装置和方法。例如,内窥镜可被制造成具有多个传感器,包括机器人编码器、位置传感器和相机传感器。由于来自不同传感器的读数将在其相应的坐标系中表示,因此本公开设想了用于生成这些传感器中的两个或更多个传感器(诸如位置传感器和相机传感器)的坐标系之间的一个或多个变换的校准。如本文所用,变换(本文中可互换地称为“变换(transformation)”)可以是提供跨越多个坐标系的位置之间的映射的数据。在一些情况下,本文中所讨论的变换可以说单向的,使得变换仅提供从一个坐标系中的位置到另一坐标系中的位置的映射,但反之则不然。在其他情况下,本文中所讨论的变换可以是双向的,使得变换允许从来自第一坐标系的位置到第二坐标系中的位置的映射,并且反之亦然(例如,从来自第二坐标系的位置到第一坐标系中的位置)。将位置传感器坐标系中的位置映射到相机坐标系中的位置(并且可能反之亦然)的变换被称为“位置传感器到相机”变换。位置传感器到相机变换可用于允许来自一个传感器(例如,位置传感器或相机传感器)的读数(例如,位置和旋转)被映射到另一坐标系中的读数。此外,生成位置传感器到相机变换的该校准可用于允许来自传感器中的任一传感器或两个传感器的读数用于统一坐标系(例如,机器人坐标系)中。此外,一些实施方案使校准内窥镜的至少一些方面自动化,这可用于在工业环境中校准机器人内窥镜。

[0016] 自动内窥镜校准

[0017] 图1是示出根据示例性实施方案的自动校准系统100的示图。自动校准系统100可包括内窥镜110、校准图案装置120和校准控制平台130。内窥镜110可以是能够耦合到医疗机器人系统的任何合适的医疗器械,该医疗机器人系统具有提供位置数据和视觉数据的能力。因此,如本文所用,术语“内窥镜”可指具有图像生成、观察和/或捕获功能的任何类型的细长医疗器械,其被仪表化为还包括可用于确定内窥镜的位置或形状的传感器。内窥镜还被配置为被引入身体的任何类型的器官、腔、管腔、腔室和/或空间中。例如,本文提及的窥视镜或内窥镜可指输尿管镜(例如,用于进入尿路)、腹腔镜、肾镜(例如,用于进入肾)、支气管镜(例如,用于进入气道,诸如支气管)、结肠镜(例如,用于进入结肠)、关节镜(例如,用于进入关节)、膀胱镜(例如,用于进入膀胱)、管道镜等。

[0018] 如图1所示,内窥镜110可包括相机112、位置传感器114和校准数据存储库116。相机112可以是能够向内窥镜提供视觉能力的任何合适的装置,诸如,作为示例而非限制,相机、荧光镜等。相机可被集成在器械本身中,或者可被提供作为穿过内窥镜的工作通道的可移除探头。

[0019] 位置传感器114可以是能够提供关于内窥镜的位置或运动数据的任何合适的传感器(或多个传感器)。位置传感器的示例包括但不限于:电磁(EM)传感器、形状感测光纤、陀螺仪、加速度计、磁力计等。与相机112一样,位置传感器114可被直接集成在内窥镜中,或者可被提供作为穿过内窥镜的工作通道的可移除探头。

[0020] 如图1中的插图所示,相机112和位置传感器114各自具有其自身相应的坐标系。例

如,相机112具有相机坐标系160,并且位置传感器114具有位置传感器坐标系180。尽管坐标系160、180中的每一者可大致与内窥镜110的末端轴向对准,但是应当理解,例如,由于制造差异,可能存在与坐标系160、180中的每一者的轻微不对准。本文中所描述的实施方案试图通过以下方式来解决这些差异:生成位置传感器到相机变换以允许将一个坐标系中的位置和取向映射到另一坐标系或者在一些情况下映射到通用坐标系(诸如机器人坐标系)。

[0021] 校准数据存储库116可以是计算机可读介质,该计算机可读介质被配置为尤其存储指示位置传感器到相机变换的数据。此外,在一些实施方案中,校准数据存储库116可被配置为与医疗机器人系统交互,以将位置传感器到相机变换传送到医疗机器人系统。校准数据存储库116与医疗机器人系统之间的通信可以是无线通信或有线通信。校准数据存储库116的示例包括射频识别(RFID)、USB、火线、以太网、ATA/IDE、SCSI、PCI以及任何其他合适的通信协议。如图1所示,校准数据存储库116可耦合到内窥镜的器械柄部。如本文所用,“器械柄部”可指内窥镜的被配置为可移除地耦合到机器人医疗系统的基部部分。器械柄部可包括输入元件,该输入元件用于操纵和致动由机器人医疗系统的输出元件驱动的器械。

[0022] 校准图案装置120可以是具有已知或可确定的视觉图案的装置。应当理解,尽管图1将校准图案装置120示出为具有棋盘图案,但是本公开不限于此。其他实施方案可包括其他类型的视觉指示器。例如,校准图案装置120可包括具有能够经由视觉处理算法容易地辨别的特征的任何类型的视觉指示器。在一些实施方案中,校准图案装置120还可包括EM场发生器。这在位置传感器114是EM传感器的情况下可能是有用的,因为在同一装置中具有图案和EM场发生器会将相机112和位置传感器114两者的位置线与校准图案装置120对准,这在下面更详细描述校准步骤中可能是有用的。

[0023] 校准控制平台130可以是有利于校准内窥镜(即,生成位置传感器到相机变换并且使得该位置传感器到相机变换被传送并且以其他方式被存储在内窥镜中)的过程的平台。如将更详细地讨论的,校准控制平台130可提供机械特征和控制电路,以用于将内窥镜110(并且进而将相机112和位置传感器114)和校准图案装置120相对于彼此放置在可确定的位置中。校准控制平台130还可包括用于记录位置传感器姿态数据和相机姿态数据并且然后由此计算位置传感器到相机变换的控制电路。如本文所用,“位置传感器姿态”可指位置传感器的坐标系中的姿态的某一元素(例如,位置和/或取向)。位置传感器的坐标系可由内窥镜110的位置传感器114所利用的跟踪模态来规定。例如,对于EM传感器,坐标系可由来自EM场内的传感器的6自由度(DOF)读数来指示,该EM场由体现在校准图案装置120中或独立装置中的EM场发生器生成。作为另一示例,对于形状感测纤维,坐标系可由来自形状感测纤维的形状数据相对于已知位置(诸如形状感测纤维的基部,如可位于内窥镜的柄部中或别处)来指示。

[0024] 相比之下,“相机姿态”可指相机的坐标系中的姿态的某一元素(例如,位置和/或取向)。相机的坐标系可基于对由相机获得的图像进行操作的视觉算法。此外,相机坐标系还可受相机校准的影响,该相机校准测量相机的性质,诸如主点和焦距以及失真系数。

[0025] 尽管未示出,但是校准控制平台130还可包括用于将指示位置传感器到相机变换的数据传输到内窥镜110的校准数据存储库116的控制电路。

[0026] 图2A和图2B是示出在校准程序期间提供机器人控制的校准控制平台130的两个不同的示例性实施方案的示图。例如,图2A示出了其中校准控制平台130包括机器人臂220a的

实施方案,该机器人臂能够以多个可确定的姿态(例如,210a、212a、214a)相对于校准图案装置120以机器人方式定位内窥镜110。校准控制平台130可包括控制电路,该控制电路被配置为记录这些位置中的每个位置处的位置传感器姿态数据和相机姿态数据,以形成包括成对的传感器姿态数据和相机姿态数据的数据集,每一对传感器姿态数据和相机姿态数据对应于不同姿态(例如,210a、212a、214a)。根据该数据集,校准控制平台130的控制电路可计算位置传感器到相机变换并且使得指示该位置传感器到相机变换的数据被存储在计算机可读介质,该计算机可读介被配置为耦合到内窥镜上。

[0027] 相反,图2B示出了其中校准控制平台130包括机器人臂220b的实施方案,该机器人臂以多个可确定的姿态(例如,210b、212b、214b)相对于内窥镜110以机器人方式定位校准图案装置120。校准控制平台然后与图2A的校准控制平台类似地操作。也就是说,校准控制平台130的控制电路可被配置为记录这些位置中的每个位置处的位置传感器姿态数据和相机姿态数据以形成包括成对的传感器姿态数据和相机姿态数据的数据集,每一对传感器姿态数据和相机姿态数据对应于不同姿态(例如,210b、212b、214b)。根据该数据集,校准控制平台130的控制电路可计算位置传感器到相机变换并且使得指示该位置传感器到相机变换的数据被存储在计算机可读介质,该计算机可读介被配置为耦合到内窥镜上。

[0028] 图2C是示出具有手动调节的校准控制平台130c的示例性实施方案的示图。例如,校准控制平台130c包括具有多个定位槽280、282、284、286的夹具260、校准图案装置120c和校准控制电路290。校准控制电路290被配置为:生成并存储来自内窥镜110c的相机姿态数据和位置传感器姿态数据;从所存储的相机姿态数据和位置传感器姿态数据生成相机到位置传感器变换;以及将指示相机到位置传感器变换的数据传输到校准数据存储库(例如,图1中所示的校准数据存储库115)。

[0029] 为了生成相机到位置传感器变换,操作者使用夹具260的定位槽280、282、284、286来执行将内窥镜110c迭代地定位在多个不同位置中的方法。定位槽280、282、284、286中的每个定位槽使内窥镜相对于校准控制平台130c以不同的配置稳定。在将内窥镜110c定位在不同定位槽中的每次迭代处,校准控制电路290捕获并存储该特定定位槽处的相机姿态数据和位置传感器姿态数据。

[0030] 在一些实施方案中,针对内窥镜的一个或多个侧面来执行将内窥镜110c定位在槽280、282、284、286中的每个槽中的迭代。例如,在内窥镜处于给定取向的情况下,内窥镜被放置在槽280、282、284、286中的每个槽中,并且在内窥镜处于不同取向的情况下,内窥镜再次被放置在槽280、282、284、286中的每个槽中,并且针对任何数量的取向以此类推地进行。

[0031] 当完成将内窥镜110c定位在不同槽280、282、284、286中的迭代(可能针对内窥镜110c的多个取向)时,校准控制平台130c然后生成相机到位置传感器变换。下文更详细地讨论用于生成相机到位置传感器变换的技术。

[0032] 应当理解,本公开设想了校准控制平台的其他实施方案。例如,与本公开一致的示例性实施方案包括以机器人方式控制内窥镜和校准图案装置两者以达到可确定的姿态的校准控制平台。

[0033] 校准方法和操作

[0034] 现在讨论示例性自动校准系统的操作的细节。相对于图1中所示的自动校准系统100来描述本文所公开的方法和操作。然而,应当理解,方法和操作可由本文所讨论的部件

中的任一者单独地或组合地执行。此外,在两阶段方法的上下文中讨论自动校准系统的操作。然而,应当理解,本公开设想了可使用本文所公开的附加阶段或任何子操作或子阶段的其他实施方案,并且因此,本公开不限于两阶段方法。

[0035] 自动校准系统可执行用于自动地校准内窥镜的两阶段方法。一般而言,两阶段方法可包括第一阶段和第二阶段,该第一阶段生成初始变换(例如,相机到机器人基部变换或位置传感器到机器人基部变换),该第二阶段使用该初始变换来将内窥镜伺服到可确定姿态以进一步生成最终位置传感器到相机变换。现在更详细地讨论该过程的示例性实施方案。

[0036] i. 基于相机的伺服方法

[0037] 图3是示出用于自动地校准内窥镜的方法300的框图,使得例如确定用于位置传感器和相机的坐标系之间的变换。如图3所示,方法300可包括第一阶段302。在第一阶段302期间,自动校准系统可生成相机到机器人基部变换。第一阶段302可涉及多个子框,该多个子框共同表示多阶段方法的第一阶段302。例如,第一阶段302可包括子框302a、302b和302c。在子框302a处,自动校准系统能够以机器人方式命令内窥镜与校准图案装置之间的第一移动以实现机器人坐标系中的一个或多个机器人姿态。如本文所用,可使用机器人坐标系的坐标来命令和表达一个或多个机器人姿态的集合。例如,机器人控制器可向机器人臂发出将内窥镜移动到机器人坐标系中的给定位置的命令(例如,移动到机器人坐标系的给定x、y、z位置和/或偏航、俯仰、滚动取向的命令)。同样地,机器人控制器可向机器人臂发出将校准图案装置移动到机器人坐标系中的给定位置的命令(例如,移动到机器人坐标系的给定x、y、z位置和/或偏航、俯仰、滚动取向的命令)。在一些实施方案中,机器人姿态可被选择为使得由相机在机器人姿态中的每个机器人姿态处捕获的图像捕获由校准装置显示的整个图案。

[0038] 在子框302b处,自动校准系统可记录在子框302a处实现的一个或多个机器人姿态中的每个机器人姿态处的机器人姿态数据和对应的第一相机姿态数据。如上文所讨论的,相机姿态数据可以是可操作以识别相机在相机坐标系中的姿态(或其至少某一方面)的数据。例如,在一些实施方案中,自动校准系统可从在框302a的机器人姿态中的一个机器人姿态处获得的图像数据导出相机姿态数据并且从其提取位置信息。在一个示例性实施方案中,自动校准系统可识别在机器人姿态中的一个机器人姿态处捕获的图像中表示的校准图案的特定特征的位置,并且基于特征位置来确定相机在相机坐标系中的姿态。在另一示例性实施方案中,为了获得对象图案在相机坐标系中的当前相机姿态,可以使用透视n点算法。透视n点算法的输入可以是在图案上定义的物点位置和在图像上检测到的其对应位置,以及相机固有参数(在相机校准中获得)。

[0039] 因此,自动校准系统可存储n对机器人姿态数据和相机姿态数据,其中n是在子框302a处实现的机器人姿态的数目。存储在子框302b处的机器人姿态数据可以是发送到机器人控制器的命令的机器人姿态。在其他实施方案中,可存在估计机器人系统的姿态的一些传感器反馈,诸如外部相机、嵌入在机器人中的EM传感器等。

[0040] 在子框302c处,自动校准系统使用如在子框302b处记录的成对的机器人姿态数据(或其变换)和对应的第一相机姿态数据(或其变换)来计算相机到机器人基部变换。尽管在本公开的其他地方有更详细的讨论,但生成相机到机器人基部变换可涉及收集机器人变换

的成对测量值以及成对图案到相机变换并且求解：

$$[0041] \quad RX_R = X_R B$$

[0042] 在该计算中，R表示第一阶段302中机器人姿态(例如， R_1 、 R_2)之间的相对变换并且可被定义为 $R=R_2_inv * R_1$ 。机器人姿态可被表示为从机器人基部到端部执行器的变换(如可使用机器人的正向运动学来确定的)。B表示第一阶段302中相机姿态(例如， B_1 、 B_2)之间的相对变换并且可被定义为 $B=B_2_inv * B_1$ 。相机姿态可以是相机到视觉图案的变换。因此， R_1 可以是针对第一姿态从机器人基部到端部执行器的变换， B_1 可以是针对第一姿态从相机到视觉图案的变换， R_2 可以是针对第二姿态从机器人基部到端部执行器的变换， B_2 可以是针对第二姿态从相机到第二姿态图案的变换。 (R_1, B_1) 和 (R_2, B_2) 成对意指同步。还存在使用一批数据的概率方法，其中R、B对不必同步。 X_R 表示相机到机器人基部变换。

[0043] 在第二阶段304期间，自动校准系统可生成位置传感器到相机变换。框304可涉及多个子框，诸如，例如，子框304a、304b和304c。在子框304a处，自动校准系统可使用在第一阶段302期间生成的相机到机器人基部变换来以机器人方式命令内窥镜与校准图案装置之间的第二移动以实现相机坐标系中的一个或多个相机姿态。如先前所提及的，可使用相机坐标系的坐标来表达相机姿态。例如，框304a的一个或多个相机姿态的集合可被表达为校准图案装置上的视觉图案的特征位置，或者被表达为在图案上定义的物点位置以及在图像上检测到的它们的对应位置，以及相机固有参数(在相机校准中获得)。

[0044] 应当理解，子框304a可通过命令校准图案装置与内窥镜之间的机器人运动来操作，使得实现相机坐标系中的可确定的相机姿态。然而，相机坐标系是与机器人坐标系不同的坐标系。为了说明该差异，假定自动校准系统确定相机需要在相机坐标系中向左移动 50° 来实现期望相机姿态。如果自动校准系统命令机器人控制器向左移动 50° ，则该移动将在机器人坐标系中发生并且该移动可导致在相机坐标系中以某一其他角度向左移动相机。因此，在正常操作中，将当前相机姿态移动到期望相机姿态所需的移动不一定会转变为机器人坐标系中的相同移动。由于自动校准系统可将相机坐标系中的移动映射到机器人坐标系中的移动，因此相机到机器人基部变换有利于该操作。这种方法被称为视觉伺服方法并且在下面更详细地描述。

[0045] 在子框304b处，自动校准系统可记录一个或多个相机姿态中的每个相机姿态处的第二相机姿态数据和对应的位置传感器姿态数据。如上文所讨论的，位置传感器姿态数据可以是可操作以识别位置传感器在位置传感器坐标系中的姿态(或其至少某一方面)的数据。因此，自动校准系统可存储n对相机姿态数据和位置传感器姿态数据，其中n是在子框304a处实现的相机姿态的数目。

[0046] 在子框304c处，自动校准系统使用如在子框304b处记录的成对的相机姿态数据(或其变换)和对应的位置传感器姿态数据(或其变换)来计算相机到位置传感器变换。生成相机到位置传感器变换可涉及收集场发生器到EM变换的成对测量值以及成对的图案到相机变换并且求解：

$$[0047] \quad AX_{C2LS} = X_{C2LS} B$$

[0048] 其中A表示第二阶段304的位置传感器姿态之间的相对变换(例如，位置传感器到场发生器变换，其中位置传感器是EM传感器)，B表示第二阶段304的图案姿态之间的相对变换，并且 X_{C2LS} 表示相机到位置传感器变换。

[0049] 在框306处,自动校准系统将指示相机到位置传感器变换的数据存储在窥视镜的计算机可读介质(诸如图1的校准数据存储库116)中。如以上关于图1所讨论的,校准数据存储库可以是RFID标签,但是也可以是能够存储指示相机到位置传感器变换的数据并且然后当窥视镜耦合到机器人系统时将相机到位置传感器变换传送到机器人系统的任何合适的装置。

[0050] 图4是示出实施图3的方法300的自动校准系统400的示例性实施方案的框图。如图4所示,类似于图3的方法300,自动校准系统400操作以执行多个阶段——第一阶段402和第二阶段404,其中第一阶段402操作以生成相机到机器人基部变换406,并且第二阶段404操作以生成位置传感器到相机变换408。在第一阶段402中,为了获得相机到机器人基部变换406,机器人坐标系中的机器人姿态集合412可根据经验预先确定。值得注意的是,在一些实施方案中,对于每个机器人姿态,图案应当在捕获的图像中完全可见。例如,机器人控制器414可向机器人416发出将窥视镜移动到机器人坐标系中的给定位置的命令(例如,移动到机器人坐标系的给定x、y、z位置和/或偏航、俯仰、滚动取向的命令)。

[0051] 在执行每个机器人姿态412之后,记录对应的机器人姿态和相机姿态数据。例如,在达到机器人姿态之后,将与机器人姿态相关联的机器人姿态数据(例如,机器人命令的x、y、z和偏航、俯仰、滚动坐标)与基于对由窥视镜的相机418采集的图像数据中表示的配置图案的分析而获得的相机姿态数据一起存储。利用所获得的数据对的集合,计算相机到机器人基部变换406。

[0052] 在第二阶段404中,基于相机伺服的校准控制器422使用相机到机器人基部变换406来执行基于相机伺服的校准。在基于相机伺服的校准中,自动校准系统可命令机器人移动以执行窥视镜或校准图案装置的6-DOF运动以达到相机姿态集合(例如,相机姿态420),使得当达到相机姿态时,可记录对应的位置传感器姿态。作为示例而非限制,本公开讨论了自动校准系统可确保达到相机姿态的不同方式。第一种方法被称为基于图像的伺服方法,其中利用了校准图案装置的视觉图案的特征的位置。第二种方法是基于姿态的伺服方法,其中将根据例如图像和相机固有参数的视觉处理来估计当前相机姿态。

[0053] 基于图像的伺服方法和基于姿态的伺服方法两者都旨在通过提供反馈回路来减少预期状态(位置或姿态)与当前状态之间的误差,在该反馈回路中系统可将与窥视镜的当前相机姿态相关联的一些属性与期望的相机姿态进行比较。此外,基于相机伺服的校准控制器使用相机到机器人基部变换406来将实现相机坐标系中的相机姿态所需的运动转换为机器人坐标系中的运动。以此方式,实施基于相机伺服的校准控制器的控制律的控制电路(本文中称为控制律模块)能够向一个或多个机器人臂的机器人控制器生成命令,例如,以便实现使相机坐标系中的当前相机姿态和期望相机姿态的差异最小化的机器人坐标系中的移动。

[0054] 每当达到期望相机姿态时,就记录对应的相机姿态数据(例如,经由相机418)和位置传感器姿态数据(例如,经由位置传感器424)。由此,最终位置传感器到相机变换408由基于相机伺服的校准控制器计算。

[0055] 作为示例而非限制,现在讨论多种不同的基于相机伺服的校准方法。如上文简要描述的,在基于相机伺服的校准方法中,自动校准系统可命令窥视镜或校准图案装置的6-DOF运动达到相机姿态集合(表示为 $\{B_i\}_{i=1}^n$),使得当达到相机姿态(例如, B_1)时,可记录对

应的位置传感器姿态(例如, A_t)。作为示例而非限制,本公开讨论了自动校准系统可确保达到相机姿态 B_t 的两种方式。第一种方法是基于图像的伺服方法,在该方法中利用了棋盘图案上的特征。第二种方法是基于姿态的伺服方法,在该方法中将估计当前姿态。基于图像的伺服方法和基于姿态的伺服方法两者都旨在通过提供反馈回路来减少期望姿态与当前姿态之间的误差,在该反馈回路中系统可将与当前相机姿态相关联的一些属性与期望相机姿态进行比较。系统的控制律模块然后使用相机到机器人基部变换来确定机器人坐标系中的运动,该运动将实现减少相机坐标系中的误差的移动。

[0056] 图5是示出根据示例性实施方案的基于图像的视觉伺服校准的框图。

[0057] 在框502处,自动校准系统从相机姿态集合($\{B_i\}_{i=1}^n$)中选择目标相机姿态。为了简化讨论,目标相机姿态被称为 B_t 。在基于图像的视觉伺服校准方法中,目标相机姿态可依据由校准图案装置显示的视觉图案中的特征的目标位置来表达。

[0058] 控制律模块506接收目标相机姿态 B_t (例如,特征的目标位置)和当前相机姿态 B_c ,并且计算机器人命令以实现机器人移动以减小目标相机姿态 B_t 与当前相机姿态 B_c 之间的差异。如图5所示,当前特征位置(例如,当前相机姿态 B_c)被提供作为反馈路径的一部分,其中相机传感器512捕获校准图案装置的图像,从该图像提取特征(参见例如框514),并且确定从当前图像提取的特征的位置(参见例如框516)。从所提取的特征导出的位置信息可被称为当前相机姿态。

[0059] 应当理解,控制律模块506可将相机坐标系中的期望移动转换为机器人坐标系中的期望移动。此类转换可使用相机到机器人基部变换来获得,如可在初始校准设置步骤(例如,两阶段校准方法中的第一阶段)期间已确定。机器人控制器508将机器人坐标系中的期望移动转换为机器人系统中的关节移动。然后,机器人510接收命令并且根据由控制律模块506确定的机器人命令来实现机器人系统的移动。

[0060] 将元件506、508、510、512、514、516的反馈回路进行重复,直到自动校准系统确定当前相机姿态和目标相机姿态足够类似(例如,目标特征位置匹配当前特征位置)为止,如可例如通过针对目标相机姿态 B_t 和阈值量两者的图像特征的位置的差异之间的比较来确定。一旦自动校准系统确定已达到目标姿态,自动校准系统于是就可记录当处于目标相机姿态 B_t 时来自位置传感器513的对应的位置传感器数据(例如, A_t)。在一些实施方案中,自动校准系统可将目标相机姿态 B_t 记录在与用于表达目标特征位置的数据表示不同的数据表示中。例如,在一些实施方案中,相机在相机坐标系中的6DOF位置是当已经达到 B_t 时根据图像数据确定的。因此,对于该相机姿态集合,系统将针对那些相机姿态记录对应的位置传感器数据(来自位置传感器513)。

[0061] 图6是示出根据示例性实施方案的基于姿态的视觉伺服校准方法的框图。

[0062] 在框602处,基于视觉伺服的校准模块从相机姿态集合(例如, $\{B_i\}_{i=1}^n$)中选择目标相机姿态。为了简化讨论,目标相机姿态被称为 B_t 并且可被表达为相机在相机坐标系中的6DOF定位。

[0063] 控制律模块606接收目标相机姿态 B_t (例如,相机坐标系中的6DOF坐标中的目标姿态)和当前相机姿态 B_c ,并且计算机器人命令以实现机器人移动以减小目标相机姿态 B_t 与当前相机姿态 B_c 之间的差异。如图6所示,当前相机姿态 B_c 被提供作为反馈路径的一部分,其中

相机传感器612捕获校准图案装置的图像,根据该图像估计当前相机姿态 B_c (例如,616)(参见例如框614)并且将其发送到控制律模块606。在一些实施方案中,框614基于例如透视 n 点算法来估计相机姿态。透视 n 点算法的输入可以是在图案上定义的物点位置和和在图像上检测到的它们的对应位置,以及相机固有参数(从相机校准步骤(未示出)获得)。

[0064] 应当理解,控制律模块606可将相机坐标系中的期望移动转换为机器人坐标系中的期望移动。此类转换可使用相机到机器人基部变换来获得,如可在初始校准设置步骤(例如,两阶段校准方法中的第一阶段)期间已确定。机器人控制器608将机器人坐标系中的期望移动转换为机器人系统中的关节移动。然后,机器人610接收命令并且根据由控制律模块606确定的机器人命令来实现机器人系统的移动。

[0065] 将元件606、608、610、612、614、616的反馈回路进行重复,直到自动校准系统确定当前相机姿态和目标相机姿态足够类似(例如,目标特征位置匹配当前特征位置)为止,如可例如通过针对目标相机姿态 B_t 和阈值量两者的图像特征的位置的差异之间的比较来确定。一旦自动校准系统确定已达到目标姿态,自动校准系统于是就可记录目标相机姿态 B_t 处的对应的位置传感器数据(例如, A_i)。在一些实施方案中,自动校准系统可将目标相机姿态 B_t 记录在与用于表达目标特征位置的数据表示不同的数据表示中。例如,在一些实施方案中,相机在相机坐标系中的6DOF位置是当已经达到 B_t 时根据图像数据确定的。因此,对于该相机姿态集合,系统将针对那些姿态记录对应的位置传感器数据(来自位置传感器613)。

[0066] ii. 基于位置传感器的伺服方法

[0067] 在基于位置传感器伺服的校准中,自动校准系统可命令机器人移动来执行6-DOF运动以达到位置传感器姿态集合(表示为 $\{A_i\}_{i=1}^n$),使得当达到位置传感器姿态(例如, A_i)时,可记录对应的相机姿态(例如, B_i)。类似于本文先前讨论的基于视觉伺服的校准方法,基于位置传感器伺服的校准旨在通过提供反馈回路来减少期望状态(位置或姿态)与当前状态之间的误差,在该反馈回路中系统可将与位置传感器的当前姿态相关联的一些属性与期望位置传感器姿态进行比较。

[0068] 图7是示出用于自动地校准内窥镜的方法700的框图,使得例如确定用于位置传感器和相机的坐标系之间的变换。如图7所示,方法700可包括第一阶段702。在第一阶段702期间,自动校准系统可生成位置传感器到机器人基部变换。在位置传感器是EM传感器的实施方案中,位置传感器到机器人基部变换可以是场发生器到机器人基部变换。第一阶段702可涉及多个子框,该多个子框共同表示多阶段方法的第一阶段702。例如,第一阶段702可包括子框702a、702b和702c。在子框702a处,自动校准系统能够以机器人方式命令内窥镜与校准图案装置之间的第一移动以实现机器人坐标系中的一个或多个机器人姿态。如本文所用,可使用机器人坐标系的坐标来命令和表达一个或多个机器人姿态的集合。例如,机器人控制器可向机器人臂发出将内窥镜移动到机器人坐标系中的给定位置的命令(例如,移动到机器人坐标系的给定 x 、 y 、 z 位置和/或偏航、俯仰、滚动取向的命令)。同样地,机器人控制器可向机器人臂发出将校准图案装置移动到机器人坐标系中的给定位置的命令(例如,移动到机器人坐标系的给定 x 、 y 、 z 位置和/或偏航、俯仰、滚动取向的命令)。在一些实施方案中,机器人姿态可被选择为使得内窥镜的位置传感器完全处于由EM场发生器生成的EM场的操作部分内(如上所述,可以是图1的校准图案装置120的一部分)。

[0069] 在子框702b处,自动校准系统可记录在子框702a处实现的一个或多个机器人姿态

中的每个机器人姿态处的机器人姿态数据和对应的第一位置传感器姿态数据。如上文所讨论的,位置传感器姿态数据可以是可操作以识别位置传感器在位置传感器坐标系中的姿态(或其至少某一方面)的数据。例如,在一些实施方案中,自动校准系统可从在框702a的机器人姿态中的一个机器人姿态处获得的位置传感器的读数导出位置传感器姿态数据。

[0070] 因此,自动校准系统可存储n对机器人姿态数据和位置传感器姿态数据,其中n是在子框702a处实现的机器人姿态的数目。存储在子框702b处的机器人姿态数据可以是发送到机器人控制器的命令的机器人姿态。在其他实施方案中,可存在估计机器人系统的姿态的一些传感器反馈,诸如外部相机、嵌入在机器人中的EM传感器等。

[0071] 在子框702c处,自动校准系统使用如在子框702b处记录的成对的机器人姿态数据(或其变换)和对应的位置传感器姿态数据(或其变换)(例如,第一位置传感器姿态数据)来计算位置传感器到机器人基部变换。生成位置传感器到机器人基部变换可涉及收集场发生器到EM变换的成对测量值以及成对机器人变换并且求解:

$$[0072] \quad R X_{RL} = X_{RL} A$$

[0073] 在该计算中,R表示两个机器人姿态(例如, R_1 、 R_2)之间的相对变换并且可被定义为 $R=R_2_{inv} * R_1$ 。A表示两个位置传感器姿态(A_1 、 A_2)的相对变换并且可被定义为 $A=A_2_{inv} * A_1$ 。如上所述,机器人姿态可被表示为从机器人基部到端部执行器的变换(如可使用机器人的正向运动学来确定的)。位置传感器姿态是从测量位置的变换(例如,位置传感器到场发生器)。因此, R_1 可以是针对第一姿态从机器人基部到端部执行器的变换, A_1 可以是针对第一姿态从位置传感器的变换, R_2 可以是针对第二姿态从机器人基部到端部执行器的变换, A_2 可以是针对第二姿态从位置传感器到第二姿态图案的变换。 (R_1, A_1) 和 (R_2, A_2) 成对意指同步。还存在使用一批数据的概率方法,其中R、A对不必同步。

[0074] 在第二阶段704期间,自动校准系统可生成位置传感器到相机变换。框704可涉及多个子框,诸如例如,子框704a、704b和704c。在子框704a处,自动校准系统可使用在第一阶段702期间生成的位置传感器到机器人基部变换来以机器人方式命令内窥镜与校准图案装置之间的第二移动以实现位置传感器坐标系中的一个或多个位置传感器姿态。如先前所提及的,可使用位置传感器坐标系的坐标来表达位置传感器姿态。例如,框704a的一个或多个位置传感器姿态的集合可被表达为来自位置传感器的读数。

[0075] 应当理解,子框704a可通过命令校准图案装置与内窥镜之间的机器人运动来操作,使得实现位置传感器坐标系中的可确定的位置传感器姿态。然而,位置传感器坐标系是与机器人坐标系不同的坐标系。为了说明该差异,假定自动校准系统确定位置传感器需要在位置传感器坐标系中向左移动 50° 来实现期望的位置传感器姿态。如果自动校准系统命令机器人控制器向左移动 50° ,则该移动将在机器人坐标系中发生并且该移动可导致在位置传感器坐标系中以某一其他角度向左移动位置传感器。因此,在正常操作中,将当前位置传感器姿态移动到期望位置传感器姿态所需的移动不一定会转变为机器人坐标系中的相同移动。由于自动校准系统可将位置传感器坐标系中的移动映射到机器人坐标系中的移动,因此位置传感器到机器人基部变换有利于该操作。这种方法被称为位置传感器伺服方法并且在下面更详细地描述。

[0076] 在子框704b处,自动校准系统可记录一个或多个位置传感器姿态中的每个位置传感器姿态处的第二位置传感器姿态数据和对应的相机姿态数据。如上文所讨论的,相机姿

态数据可以是可操作以识别相机在相机坐标系中的姿态(或其至少某一方面)的数据。因此,自动校准系统可存储n对相机姿态数据和位置传感器姿态数据,其中n是在子框704a处实现的位置传感器姿态的数目。

[0077] 在子框704c处,自动校准系统使用如在子框704b处记录的成对的相机姿态数据(或其变换)和对应的位置传感器姿态数据(或其变换)来计算相机到位置传感器变换。生成相机到位置传感器变换可涉及收集场发生器到EM变换的成对测量值以及成对的图案到相机变换并且求解:

$$[0078] \quad AX_{C2LS} = X_{C2LS}B$$

[0079] 其中A表示第二阶段704的位置传感器姿态之间的相对变换(例如,位置传感器到场发生器变换,其中位置传感器是EM传感器),B表示第二阶段704的图案姿态之间的相对变换,并且 X_{C2LS} 表示相机到位置传感器变换。

[0080] 在框706处,自动校准系统将指示相机到位置传感器变换的数据存储在窥视镜的计算机可读介质(诸如图1的校准数据存储库116)中。如以上关于图1所讨论的,校准数据存储库可以是RFID标签,但是也可以是能够存储指示相机到位置传感器变换的数据并且然后当窥视镜耦合到机器人系统时将相机到位置传感器变换传送到机器人系统的任何合适的装置。

[0081] 图8是示出实施用于基于位置传感器伺服的校准的方法的自动校准系统800的示例性实施方案的框图。如图8所示,自动校准系统800操作以执行多个阶段——第一阶段802和第二阶段804,其中第一阶段802操作以生成位置传感器到机器人基部变换846,并且第二阶段804操作以生成位置传感器到相机变换848。在第一阶段802中,为了获得位置传感器到机器人基部变换846,机器人坐标系中的机器人姿态集合812可根据经验预先确定。值得注意的是,取决于自动校准系统所利用的位置传感器的类型,可能是有益的是选择允许位置传感器生成指示传感器的姿态的姿态数据的机器人姿态。例如,在利用EM传感器的实施方案中,机器人姿态应当导致EM传感器位于场发生器的可检测区域内。机器人控制器814向机器人816发出将窥视镜移动到机器人坐标系中的给定位置的命令(例如,移动到机器人坐标系的给定x、y、z位置和/或偏航、俯仰、滚动取向的命令)。

[0082] 在执行每个机器人姿态812之后,记录对应的机器人姿态和位置传感器姿态数据。例如,在达到机器人姿态之后,与机器人姿态相关联的机器人姿态数据(例如,6DOF中的位置和/或取向)与在机器人姿态处获得的位置传感器姿态数据一起存储。利用所获得的成对的机器人姿态数据和位置传感器数据,计算位置传感器到机器人基部变换846。

[0083] 在第二阶段804中,自动校准系统使用在第一阶段802中生成的位置传感器到机器人基部变换846来执行基于位置传感器伺服的校准以生成位置传感器到相机变换848。在基于相机伺服的校准中,自动校准系统可命令机器人移动以相对于位置传感器执行6-DOF运动,使得自动校准系统可记录成对的位置传感器姿态数据和相机姿态数据。例如,在框820处,自动校准系统从位置传感器姿态集合(例如, $\{A_i\}_{i=1}^n$)中选择目标位置传感器姿态。为了简化讨论,目标位置传感器姿态被称为 A_t 。目标位置传感器姿态 A_t 然后作为输入被发送到控制律模块822。

[0084] 控制律模块822还从反馈路径接收当前位置传感器姿态828(为了简化讨论,被称为 A_c),其中当前位置传感器姿态是从位置传感器818确定的(例如,在框826处)。

[0085] 应当理解,将元件822、814、816、818、826、828的反馈回路进行重复,直到自动校准系统确定当前姿态 A_c 和目标姿态 A_t 足够类似(例如,已达到目标姿态)为止,如可例如通过当前姿态与目标姿态之间的差异在阈值量内来确定。

[0086] 一旦自动校准系统确定已达到目标位置传感器姿态,自动校准系统于是就可记录图像姿态数据(例如, B_i)。选择下一目标姿态,并且重复该过程以记录对应的图像姿态数据,直到已达到足够数目的目标位置传感器姿态并且记录了对应的相机姿态数据为止。

[0087] 因此,对于该位置传感器姿态集合,系统将记录对应的图像传感器姿态。然后使用类似于上文参考图7所描述的那些方法的方法来生成位置传感器到相机变换。

[0088] 实施系统和术语

[0089] 本文所公开的具体实施提供了用于校准以机器人方式控制的或用户控制的医疗器械的系统、方法和设备。本文所述的各种具体实施提供了嵌入于医疗器械内或以其他方式被配置为与医疗器械耦合的位置传感器和相机之间的改进校准。

[0090] 自动校准系统100可包括多种其他部件。例如,自动校准系统100可包括一个或多个控制电子器件/电路、电源、气动装置、光源、致动器(例如,用于移动机器人臂的马达)、存储器和/或通信接口(例如,用于与另一装置通信)。在一些实施方案中,存储器可存储计算机可执行指令,当由控制电路执行时,这些指令致使控制电路执行本文讨论的任何操作。例如,存储器可存储计算机可执行指令,当由控制电路执行时,这些计算机可执行指令致使控制电路接收关于机器人臂的操纵的输入和/或控制信号,并且作为响应,控制机器人臂以特定布置定位。

[0091] 自动校准系统100的各种部件可使用某些连接电路/装置/特征电耦合和/或通信地耦合,这些连接电路/装置/特征可为或可不为控制电路的一部分。例如,连接特征可包括一个或多个印刷电路板,该一个或多个印刷电路板被配置为有利于自动校准系统100的各种部件/电路中的至少一些部件/电路的安装和/或互连。在一些实施方案中,控制电路、数据存储装置/存储器、通信接口、供电单元和/或输入/输出(I/O)部件中的两者或更多者可彼此电耦合和/或通信地耦合。

[0092] 术语“控制电路”在本文根据其广泛且普通的含义使用,并且可指一个或多个处理器、处理电路、处理模块/单元、芯片、管芯(例如,半导体管芯,其包括一个或多个有源装置和/或无源装置和/或连接电路)、微处理器、微控制器、数字信号处理器、微型计算机、中央处理单元、图形处理单元、现场可编程门阵列、可编程逻辑装置、状态机(例如,硬件状态机)、逻辑电路、模拟电路、数字电路和/或基于电路和/或操作指令的硬编码来操纵信号(模拟和/或数字)的任何装置。控制电路还可包括一个或多个存储装置,该一个或多个存储装置可体现在单个存储器装置、多个存储器装置和/或装置的嵌入式电路中。此类数据存储装置可包括只读存储器、随机存取存储器、易失性存储器、非易失性存储器、静态存储器、动态存储器、闪存存储器、高速缓存存储器、数据存储寄存器和/或存储数字信息的任何装置。应当指出的是,在控制电路包括硬件状态机(和/或实现软件状态机)、模拟电路、数字电路和/或逻辑电路的实施方案中,存储任何相关联操作指令的数据存储装置/寄存器可嵌入到包括状态机、模拟电路、数字电路和/或逻辑电路的电路内或电路外。

[0093] 术语“存储器”在本文根据其广泛且普通的含义使用,并且可指任何合适或期望类型的计算机可读介质。例如,计算机可读介质可包括一个或多个易失性数据存储装置、非易

失性数据存储装置、可移动数据存储装置和/或不可移动数据存储装置,它们使用任何技术、布局和/或数据结构/协议实现,包括任何合适或期望的计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他类型的数据。

[0094] 可根据本公开的实施方案实现的计算机可读介质包括但不限于相变存储器、静态随机存取存储器 (SRAM)、动态随机存取存储器 (DRAM)、其他类型的随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、电可擦可编程只读存储器 (EEPROM)、闪存存储器或其他存储器技术、光盘只读存储器 (CD-ROM)、数字多功能盘 (DVD) 或其他光学存储装置、盒式磁带、磁带、磁盘存储装置或其他磁存储装置,或可用于存储信息以供计算装置访问的任何其他非暂态介质。如在本文的某些背景下所使用的,计算机可读介质一般可不包括通信介质,诸如调制数据信号和载波。因此,计算机可读介质一般应被理解为指非暂态介质。

[0095] 附加实施方案

[0096] 依据实施方案,可按照不同的顺序执行、可添加、合并或完全忽视本文描述的过程或算法中的任一者的特定动作、事件或功能。因此,在特定实施方案中,不是所有描述的动作或事件对于过程的实践都是必要的。

[0097] 除非另外特别说明或在所使用的上下文内以其他方式理解,否则本文所用的条件语言,诸如“可”、“能够”、“可能”、“可以”、“例如”等,是指其普通意义,并且一般旨在传达特定实施方案包括而其他实施方案不包括特定特征、元件和/或步骤。因此,此类条件语言一般不旨在暗示一个或多个实施方案无论如何都需要特征、元件和/或步骤,或者一个或多个实施方案一定包括用于在有或没有作者输入或提示的情况下决定这些特征、元件和/或步骤是否包括在任何特定实施方案中或者是否将在任何特定实施方案中执行的逻辑。术语“包括”、“包含”、“具有”等是同义的,并且在它们的普通意义上使用,并且以开放式方式包含性地使用,并且不排除附加的元件、特征、动作、操作等。而且,术语“或”在其包含性意义上(而不是在其排他性意义上)使用,使得当用于例如连接一系列元件时,术语“或”是指该系列的元件中的一个、一些或全部。除非另外特别说明,否则诸如短语“X、Y和Z中的至少一者”的连接词用语在一般使用的背景下被理解为传达项目、术语、元素等可为X、Y或Z。因此,这种连接词用语一般不旨在暗示某些实施方案要求X中的至少一者、Y中的至少一者和Z中的至少一者各自存在。

[0098] 应当理解,在以上对实施方案的描述中,为了简化本公开并辅助理解各种发明方面中的一个或多个发明方面,有时将各种特征在单个实施方案、图或其描述中分组在一起。然而,本公开的此方法不应理解为反映了以下意图:任何权利要求要求比那项权利要求中所明确叙述的特征更多的特征。此外,本文的特定实施方案中说明和/或描述的任何部件、特征或步骤可应用于任何其他实施方案或与任何其他实施方案一起使用。此外,对于每个实施方案,没有部件、特征、步骤或部件、特征或步骤的组是必需的或不可缺少的。因此,本公开的范围不应受上述特定实施方案的限制,而应仅通过公平阅读下面的权利要求来确定。

[0099] 应当理解,为了便于参考,可提供特定序数术语(例如,“第一”或“第二”),并且不一定暗示物理特性或排序。因此,如本文所用,用于修改诸如结构、部件、操作等元件的序数术语(例如,“第一”、“第二”、“第三”等)不一定指示该元件相对于任何其他元件的优先级或顺序,而是可大体上将该元件与具有类似或相同名称(但是用于使用序数术语)的另一元件

区分开来。另外,如本文所用,不定冠词(“一个”)可指示“一个或多个”而不是“一个”。此外,“基于”某一条件或事件而执行的操作还可基于未明确叙述的一个或多个其他条件或事件来执行。

[0100] 除非另有定义,否则本文所用的所有术语(包括技术和科技术语)具有与示例性实施方案所属领域的普通技术人员通常理解的不同含义。将进一步理解,术语,诸如在常用字典中定义的术语,应当被解释为具有与它们在相关领域的背景下的含义一致的含义,并且不以理想化或过于正式的意义进行解释,除非本文明确如此定义。

[0101] 为了便于描述,在本文中可使用空间相对术语“外部”、“内部”、“上部”、“下部”、“下方”、“上方”、“竖直”、“水平”和类似术语来描述在附图中绘示的一个元件或部件与另一元件或部件之间的关系。应当理解,空间相对术语旨在涵盖装置在使用中或操作中的除附图中描绘的取向之外的不同取向。例如,在附图中示出的装置被翻转的情况下,位于另一装置“下方”或“之下”的装置可放置在另一装置“上方”。因此,说明性术语“下方”可包括下部位置和上部位置两者。装置还可在另一方向上定向,并且因此空间相对术语可根据取向进行不同解释。

[0102] 除非另有明确说明,否则比较和/或定量术语,诸如“更少”、“更多”、“更大”等,旨在涵盖等式概念。例如,“更少”可不仅是指在最严格的数学意义上的“较少”,而且可指“小于或等于”。

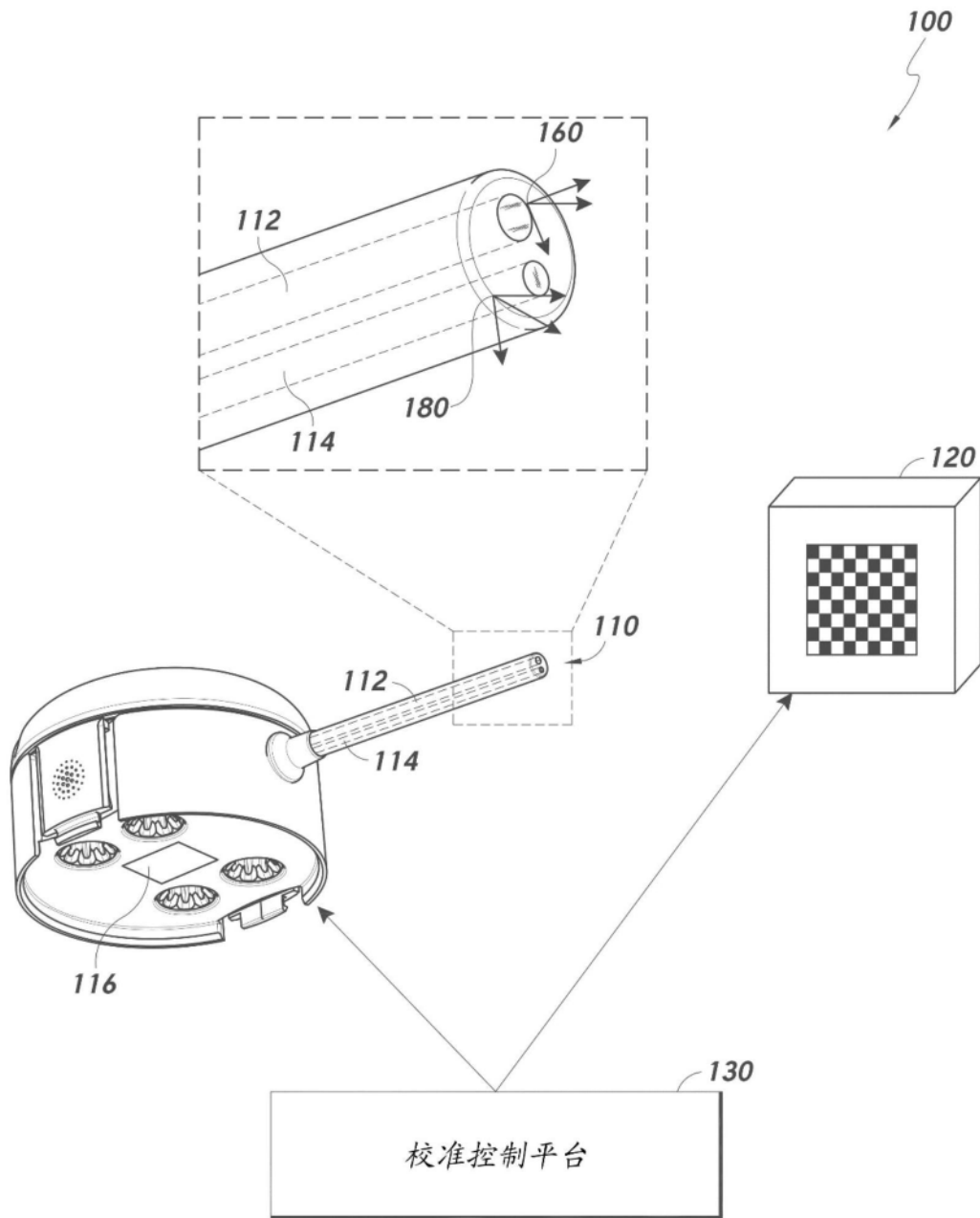


图1

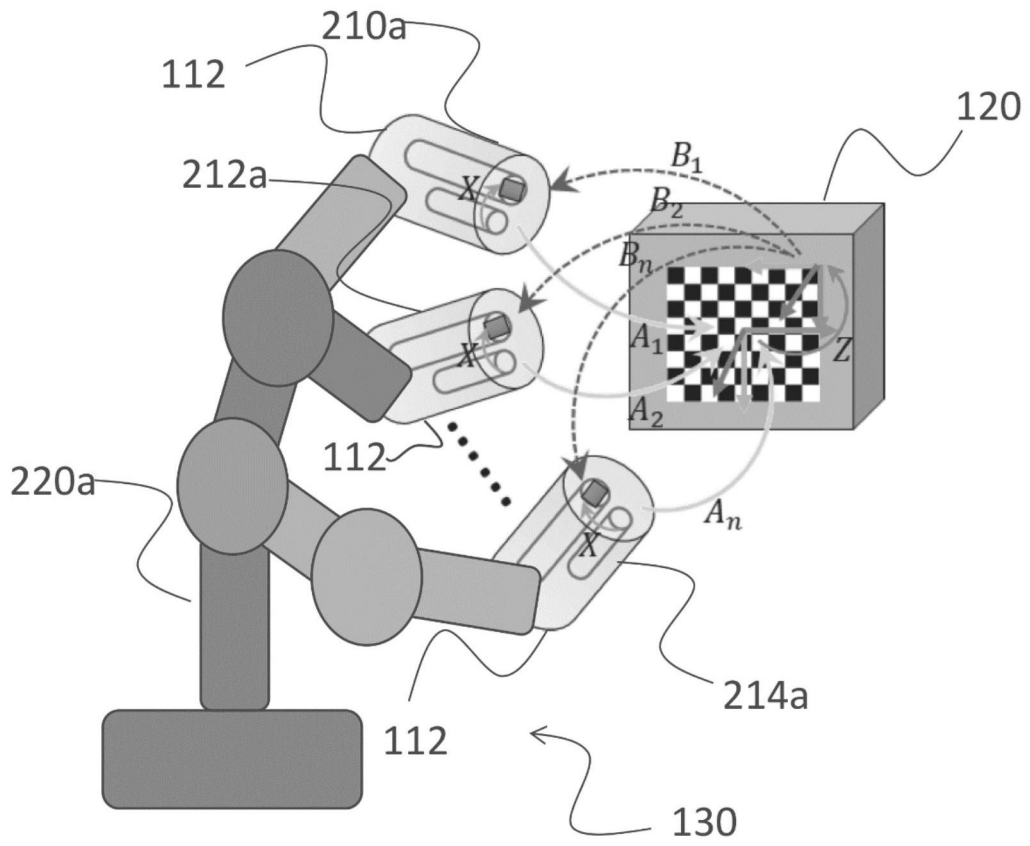


图2A

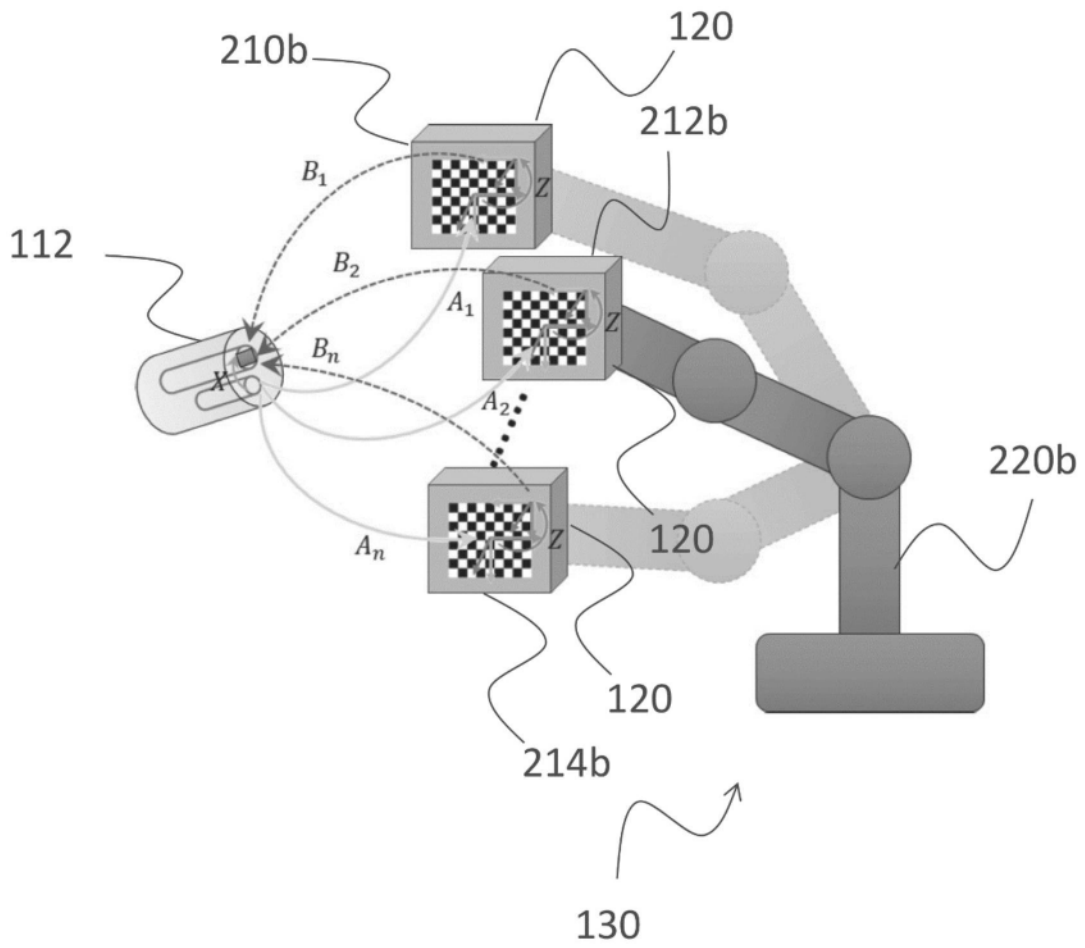


图2B

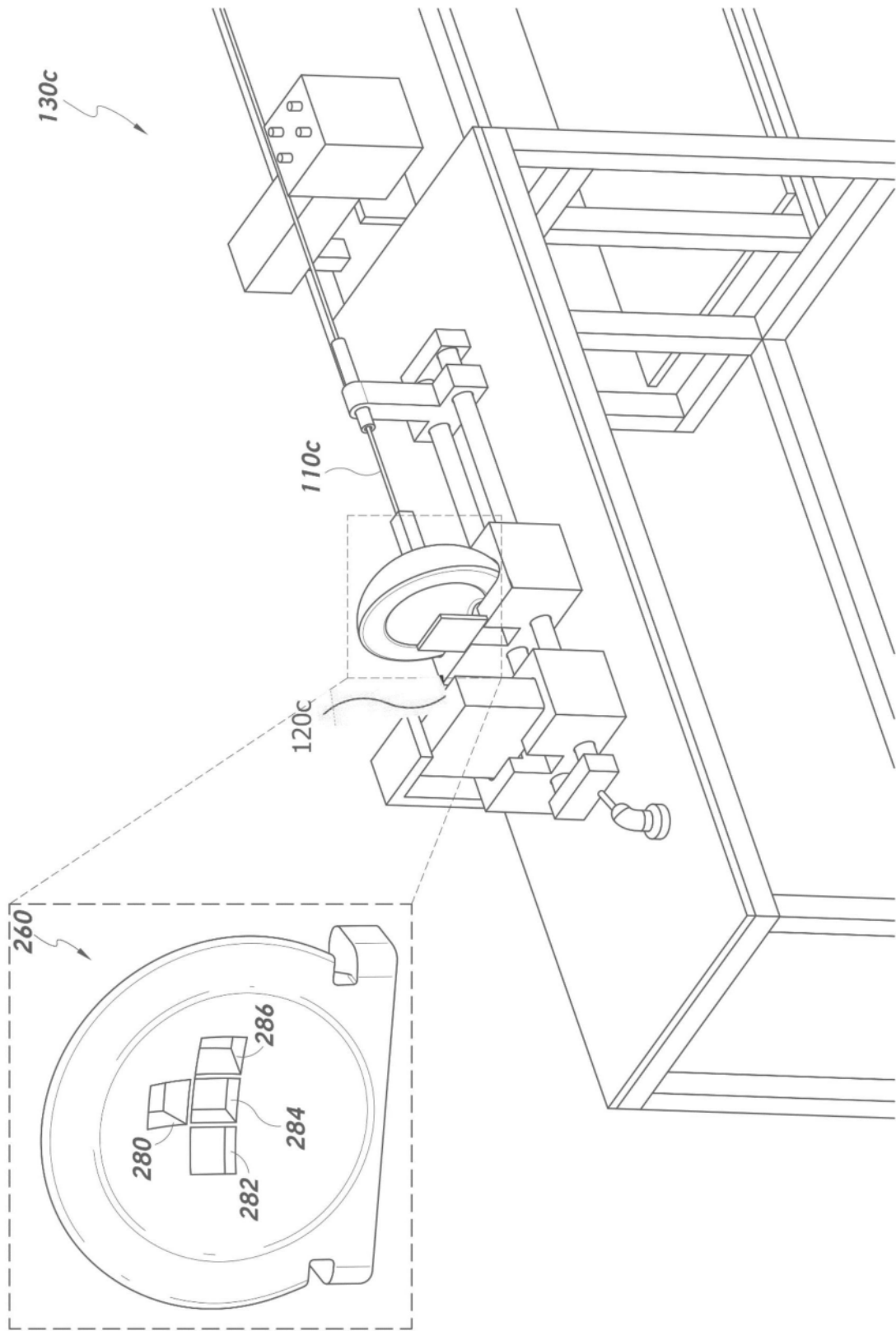


图2C

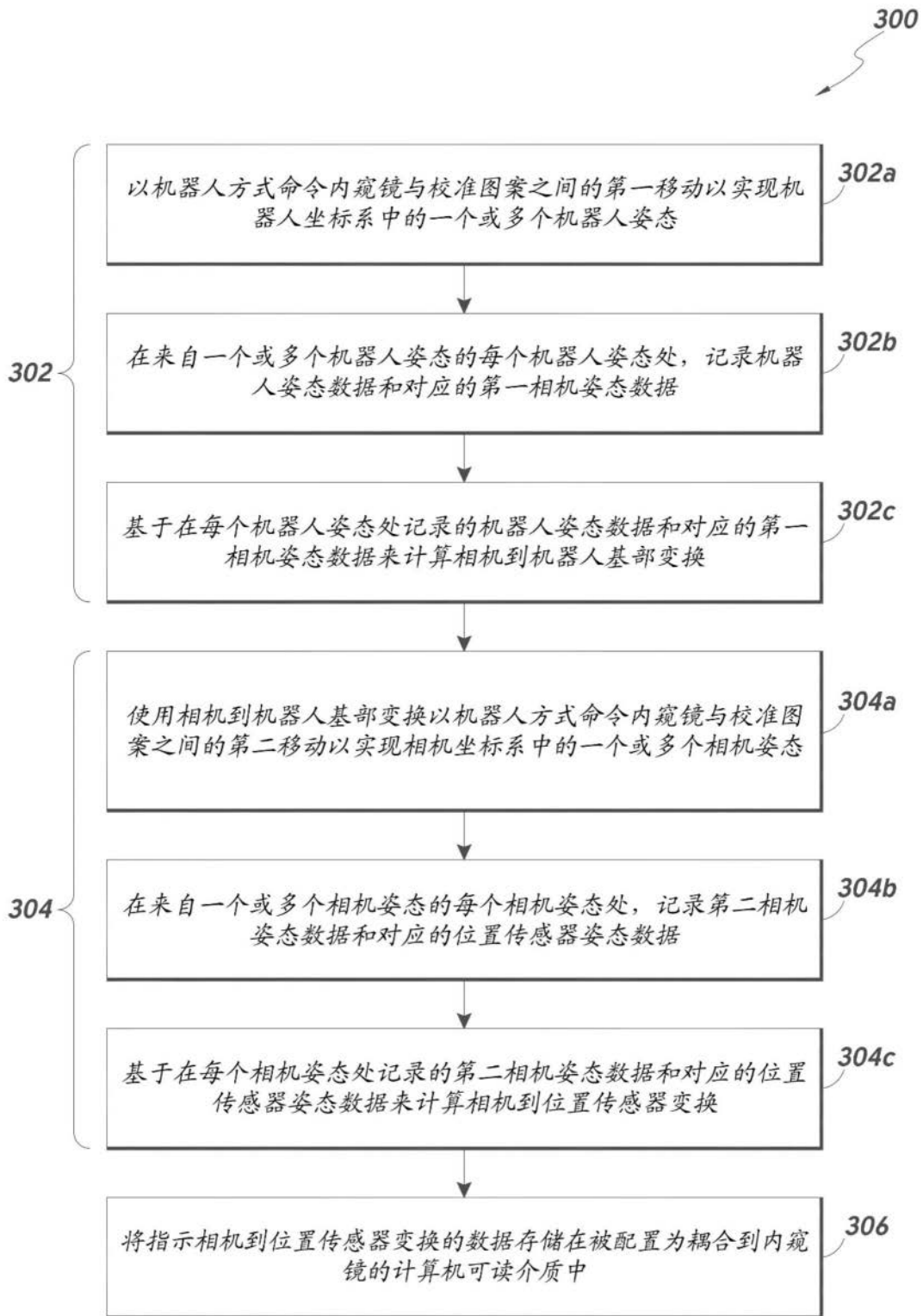


图3

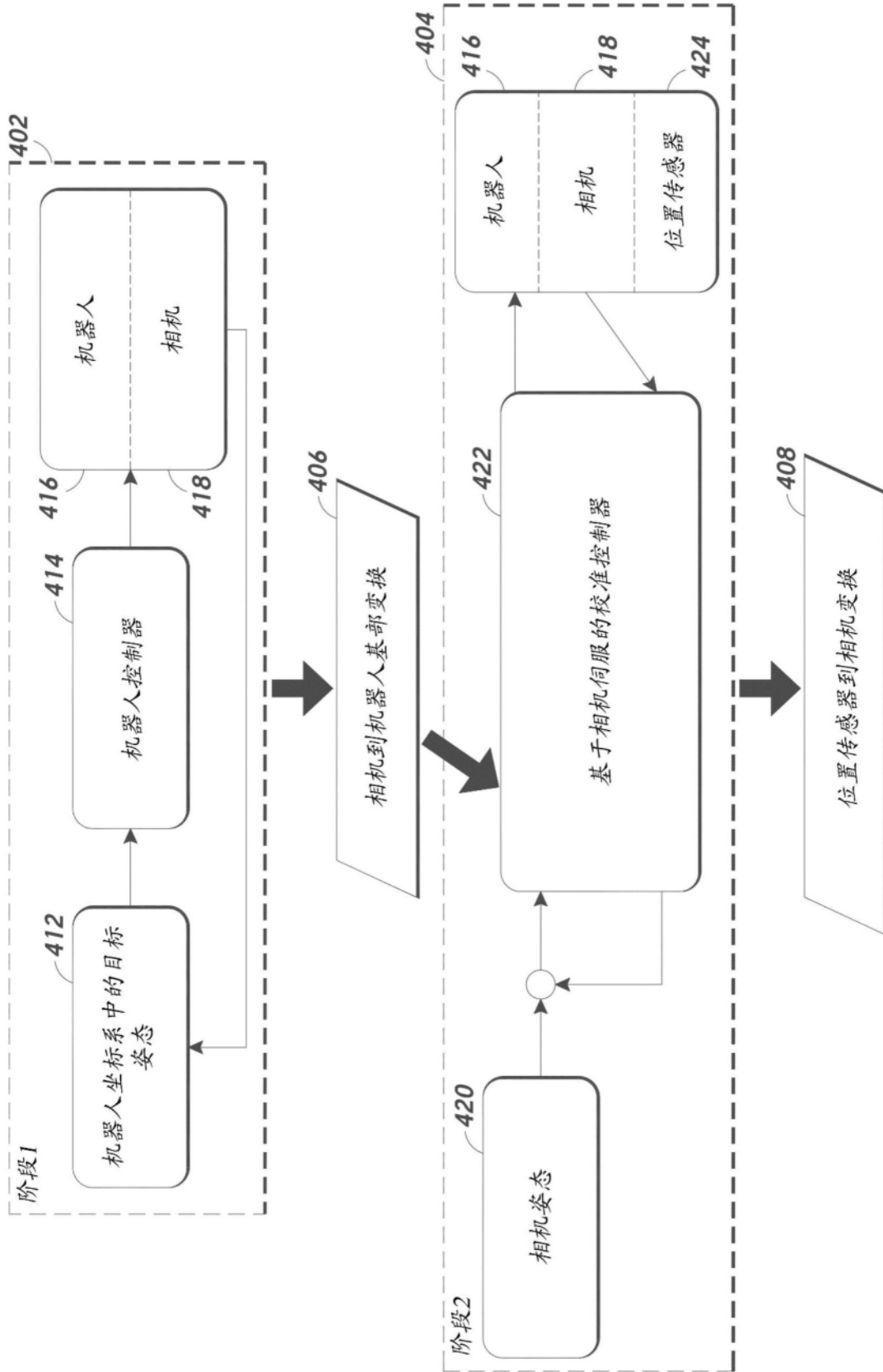


图4

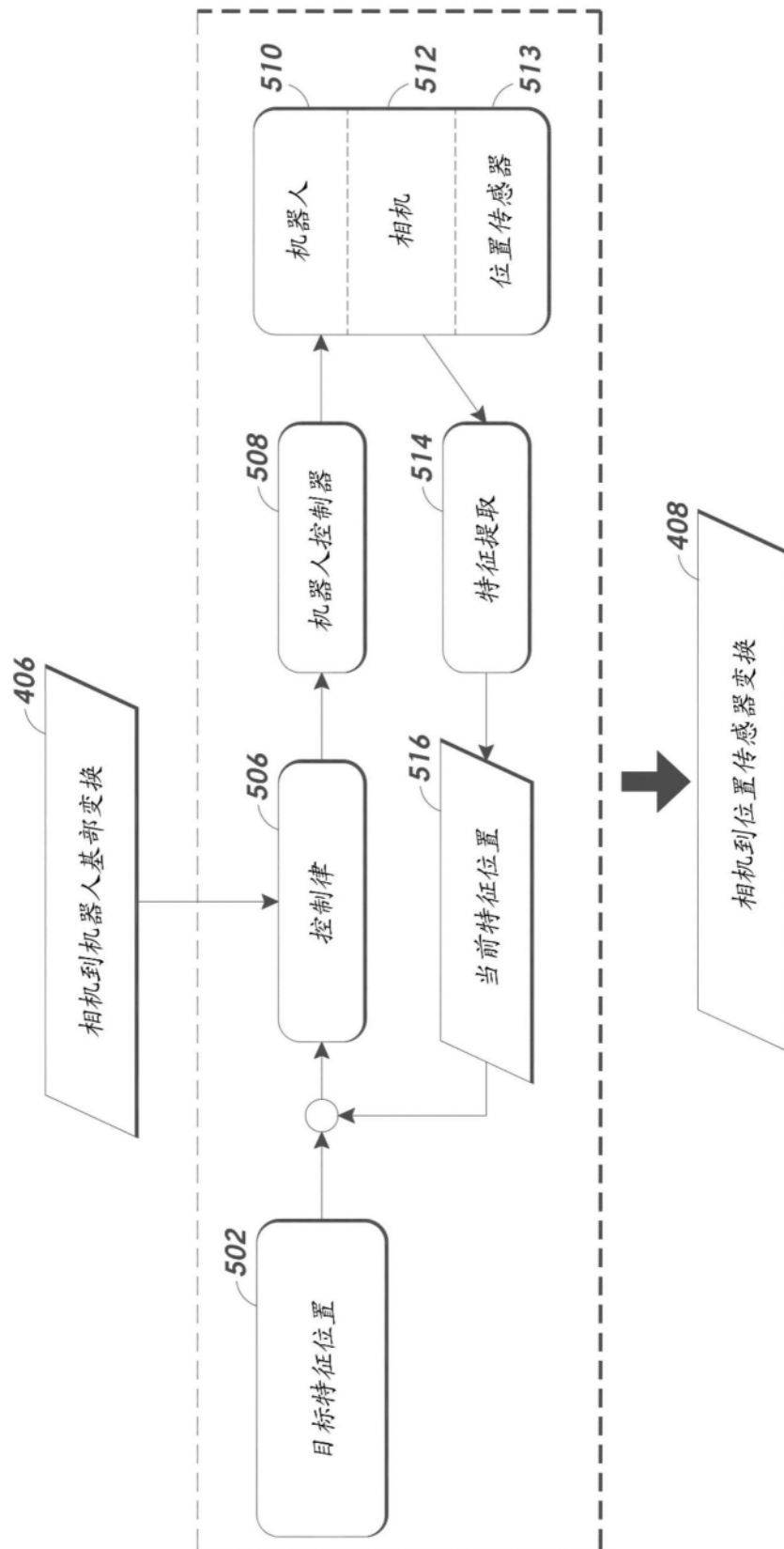


图5

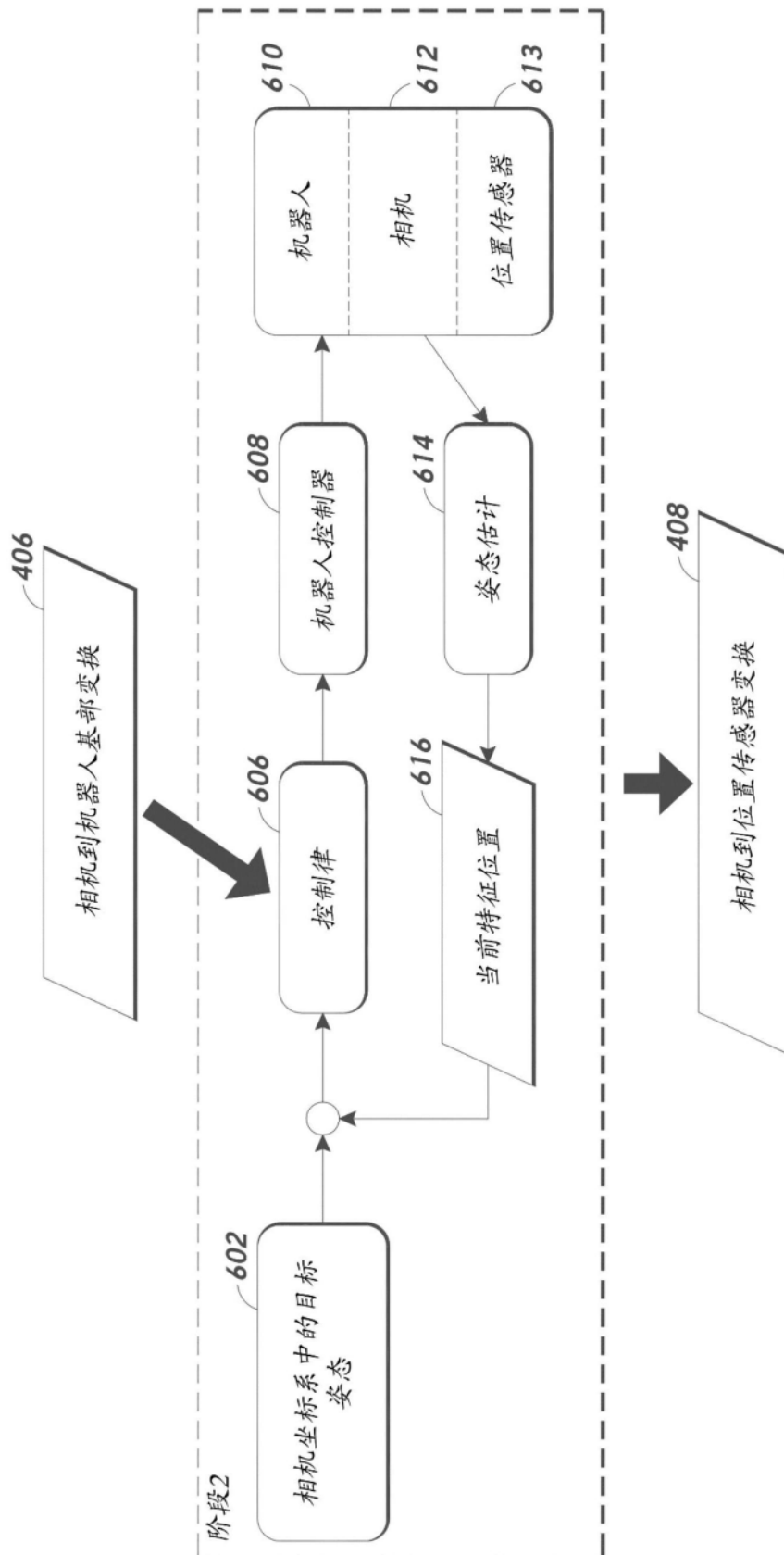


图6

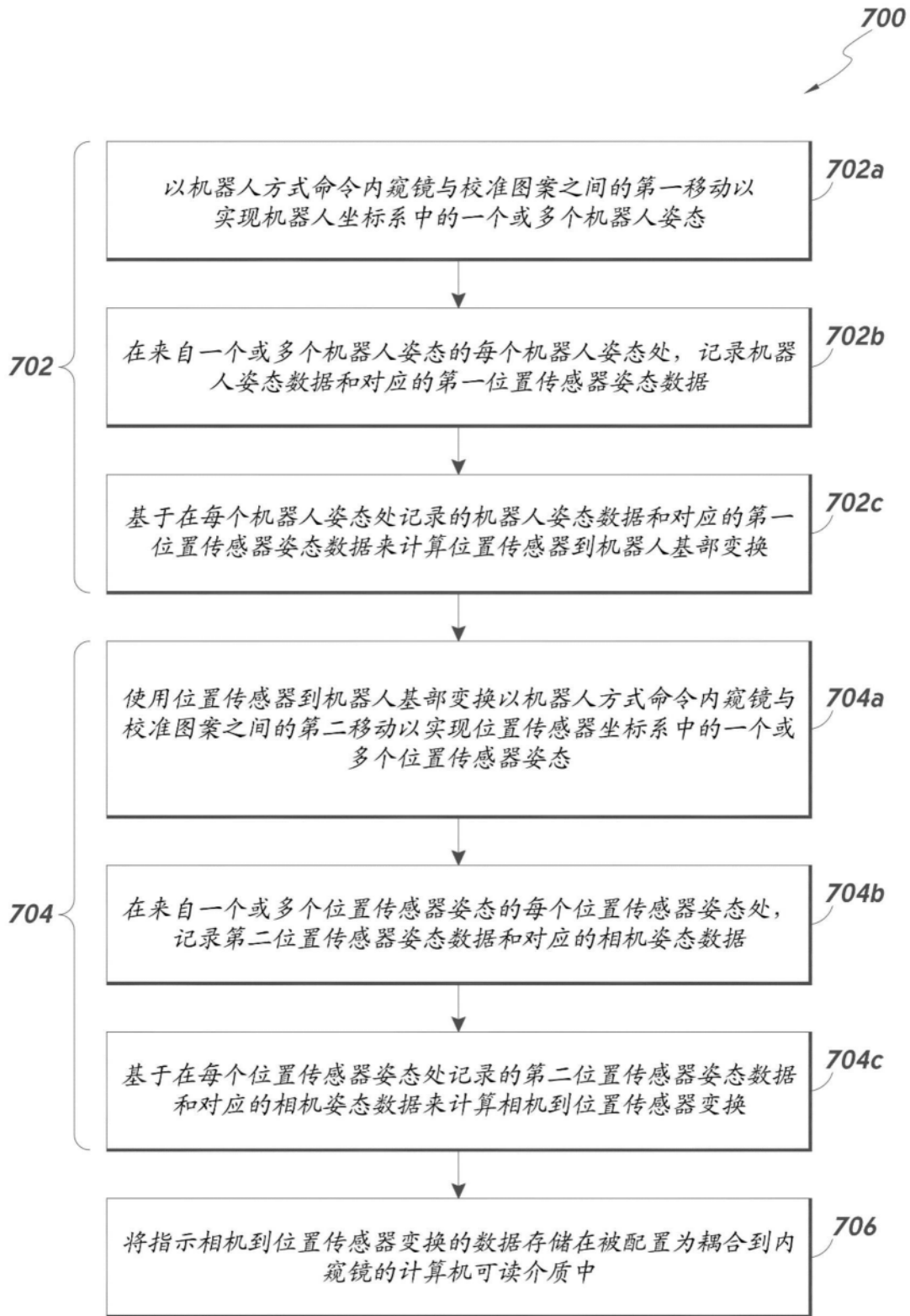


图7

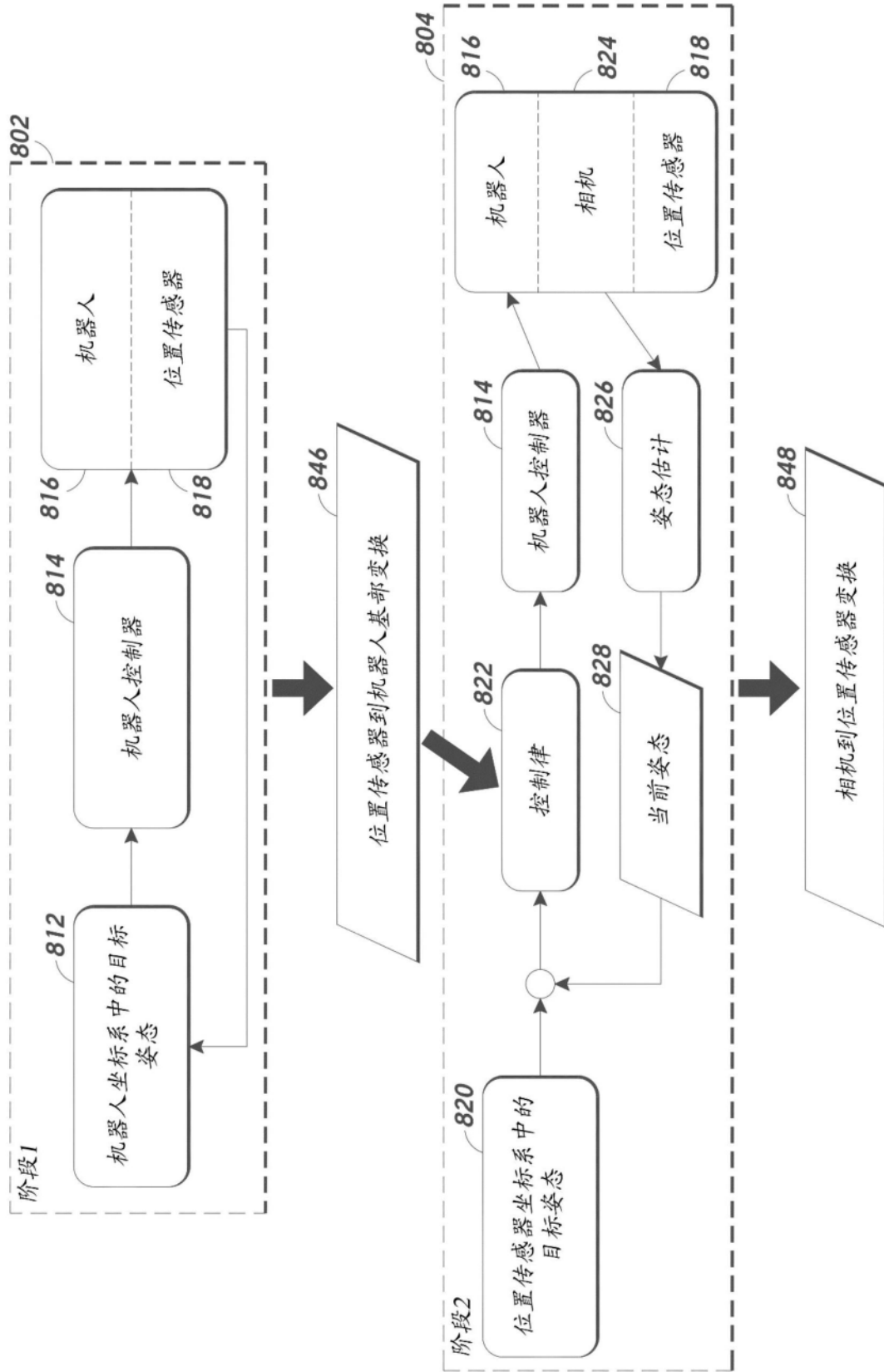


图8