(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111491583 B
(45)授权公告日 2024.10.18

(21)申请号 201880081680.0
(22)申请日 2018.11.06
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111491583 A
(43)申请公布日 2020.08.04
(30)优先权数据
62/585254 2017.11.13 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.06.17
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2018/080297 2018.11.06
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2019/091962 EN 2019.05.16
(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 A·帕特里丘 A·波波维奇
(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 34/00(2006.01)
A61B 34/30(2006.01)
A61B 90/00(2006.01)
A61B 34/20(2006.01)
(56)对比文件
WO 2017006377 A1,2017.01.12
US 2009123111 A1,2009.05.14
审查员 梁艳

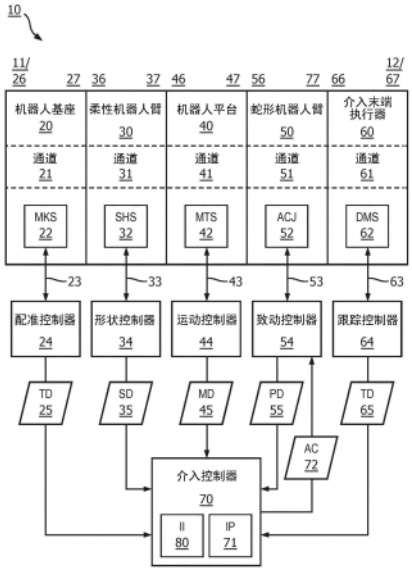
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54)发明名称

用于解剖结构介入的多级机器人

(57)摘要

一种多级机器人(10)采用柔性机器人臂(30)、机器人平台(40)、蛇形机器人臂(50)和末端执行器(60)的顺序串联布置。在操作中,所述多级机器人(10)通过进入包围解剖结构的解剖区域的切口或解剖开口被引入,并且所述蛇形机器人臂(50)和所述末端执行器(60)还通过进入所述解剖结构的切口或解剖开口被引入。所述机器人平台(40)此后被附接到所述解剖结构的所述切口或所述解剖开口,以促进对所述蛇形机器人臂(50)相对于所述机器人平台(40)的致动,以由此将所述末端执行器(60)目标定位在所述解剖结构内。所述多级机器人(10)可以还包括在所述多级机器人(10)的近端处并且能附接到进入所述解剖区域的所述切口或所述解剖开口的机器人基座。



CN 111491583 B

1.一种用于介入工具在解剖结构内的递送的多级机器人(10),所述多级机器人(10)包括:

柔性机器人臂(30)、机器人平台(40)、蛇形机器人臂(50)和末端执行器(60)的顺序串联布置,其中,所述机器人平台(40)的近端毗邻所述柔性机器人臂(30)的远端;并且所述机器人平台(40)的远端毗邻所述蛇形机器人臂(50)的近端,

其中,所述柔性机器人臂(30)、所述机器人平台(40)、所述蛇形机器人臂(50)和所述末端执行器(60)被构建为通过进入包围所述解剖结构的解剖区域的切口或解剖开口被引入,

其中,所述蛇形机器人臂(50)和所述末端执行器(60)还被构建为通过进入所述解剖结构的切口或解剖开口被引入,

其中,所述机器人平台(40)被构建为能附接到进入所述解剖结构的所述切口或所述解剖开口,并且

其中,所述蛇形机器人臂(50)能相对于所述机器人平台(40)致动以将所述末端执行器(60)目标定位在所述解剖结构内。

2.根据权利要求1所述的多级机器人(10),

其中,所述柔性机器人臂(30)、所述机器人平台(40)、所述蛇形机器人臂(50)和所述末端执行器(60)的所述顺序串联布置限定从所述柔性机器人臂(30)延伸通过所述机器人平台(40)到达所述蛇形机器人臂(50)的通道。

3.根据权利要求1所述的多级机器人(10),

其中,所述柔性机器人臂(30)、所述机器人平台(40)、所述蛇形机器人臂(50)和所述末端执行器(60)的所述顺序串联布置限定从所述柔性机器人臂(30)延伸通过所述机器人平台(40)和所述蛇形机器人臂(50)到达所述末端执行器(60)的通道。

4.根据权利要求1所述的多级机器人(10),

其中,所述柔性机器人臂(30)包括能操作用于感测所述柔性机器人臂(30)的形状的至少一个形状传感器。

5.根据权利要求1所述的多级机器人(10),

其中,所述机器人平台(40)包括能操作用于感测所述机器人平台(40)的运动的至少一个运动跟踪传感器。

6.根据权利要求1所述的多级机器人(10),

其中,所述末端执行器(60)包括能操作用于对所述解剖结构的内部进行成像的至少一个超声成像设备。

7.根据权利要求1所述的多级机器人(10),

其中,所述顺序串联布置包括机器人基座(20)、所述柔性机器人臂(30)、所述机器人平台(40)、所述蛇形机器人臂(50)和所述末端执行器(60)。

8.根据权利要求7所述的多级机器人(10),

其中,所述机器人基座(20)被构建为能附接到进入所述解剖区域的所述切口或所述解剖开口。

9.根据权利要求7所述的多级机器人(10),

其中,所述机器人基座(20)包括能操作用于识别所述机器人基座(20)在介入空间内的位置的至少一个标记。

10.根据权利要求7所述的多级机器人(10),

其中,所述机器人基座(20)、所述柔性机器人臂(30)、所述机器人平台(40)、所述蛇形机器人臂(50)和所述末端执行器(60)的所述顺序串联布置限定从所述机器人基座(20)延伸通过所述柔性机器人臂(30)和所述机器人平台(40)到达所述蛇形机器人臂(50)的通道。

11.根据权利要求7所述的多级机器人(10),

其中,所述柔性机器人臂(30)、所述机器人平台(40)、所述蛇形机器人臂(50)和所述末端执行器(60)的所述顺序串联布置限定从所述机器人基座(20)延伸通过所述柔性机器人臂(30)、所述机器人平台(40)和所述蛇形机器人臂(50)到达所述末端执行器(60)的通道。

用于解剖结构介入的多级机器人

技术领域

[0001] 本公开大体涉及用于执行各种介入流程(例如,主动脉瓣膜置换和二尖瓣瓣膜修复)的机器人。本公开具体涉及能附接到解剖结构(例如,心脏、胃、肠和膀胱)的壁以促进对末端执行器在解剖结构内的目标定位的多级机器人。

背景技术

[0002] 在微创结构性心脏疾病介入中,外科医生使用X射线和/或超声引导来部署纠正心脏病变的瓣膜或其他设备。到部署部位的进入是经导管或经心尖的,并且部署准确性对于流程的成功是非常重要的。例如,如果主动脉瓣膜被放置得太“高”,那么主动脉瓣膜可能阻塞冠状动脉。通过另外的范例,当用来纠正二尖瓣瓣膜返流的二尖瓣夹子被部署时,外科医生必须确保夹子适当地捕捉二尖瓣瓣膜小叶以便其是有效的。这些流程的挑战是获得解剖结构的完整影像和/或采集解剖结构的完整三维(“3D”)信息和生理运动(解剖结构随着心跳和呼吸周期而移动)。

[0003] 处置结构性心脏疾病的当前微创方法依赖于使用荧光透视和超声反馈的手动引导。然而,这样的成像模态中的解剖结构的描绘难以识别,并且经受解剖结构的生理运动。另外,治疗递送设备相对于解剖结构的位置必须由外科医生从可获得的图像实时推测,并且不存在治疗设备到解剖结构或成像数据集的自动配准。此外,治疗设备的定位可能是有挑战的,因为常规方法是在经导管方法中使用导管或在经心尖方法中使用笔直鞘管。

[0004] 更具体地,在使用经心尖方法的主动脉瓣膜置换中,外科医生使用笔直鞘管用于瓣膜递送。在介入期间,外科医生必须将胸部切口与心脏的心尖对准并且与主动脉瓣膜对准。这可能是有挑战的,并且如果需要重新定位,那么这可能将应力施加于心脏的心尖上。

[0005] 已经证明使用在末端执行器处具有感测的细小机器人提供了在这样的流程中所需的定位准确性和反馈。末端执行器上的传感器将允许机器人相对于从机器人的术前或术中成像分割出的解剖结构的自动配准。另外,机器人将允许相对于感兴趣解剖结构的设备位置的自动调整。这两个特征允许更准确的处置递送和更快的流程。

发明内容

[0006] 作为对用于解剖结构(例如,心脏、胃、肠和膀胱)上的介入流程的机器人的改进,本公开描述了一种多级机器人,其包括不可致动定位级和可致动定位级,由此这两个(2)级的接合点能附接到进入解剖结构的切口以促进对末端执行器在解剖结构内的目标定位。

[0007] 本公开的一个实施例是一种用于将介入工具在解剖结构(例如,心脏)内的递送的多级机器人。所述多级机器人包括柔性机器人臂、机器人平台、蛇形机器人臂和末端执行器的顺序串联布置。在操作中,所述柔性机器人臂、所述机器人平台、所述蛇形机器人臂和所述末端执行器通过进入包围解剖结构的解剖区域的切口或解剖开口(例如,进入包围心脏的胸部围心腔的切口)被引入,并且所述蛇形机器人臂和所述末端执行器还通过进入所述解剖结构的切口(例如,进入所述心脏的切口)被引入。所述机器人平台此后被附接到所述

解剖结构的所述切口或所述解剖开口,以促进对所述蛇形机器人臂相对于所述机器人平台的致动,以由此将所述末端执行器目标定位在所述解剖结构内。

[0008] 本公开的第二实施例是还包括在所述多级机器人的近端处并且能附接到进入所述解剖区域的所述切口或所述解剖开口的机器人基座的所述多级机器人。

[0009] 出于描述并请求保护本公开的发明的目的:

[0010] (1)本公开的领域的术语要如本公开的领域中已知和本公开中示范性地描述和/或进一步定义的那样进行解读。本公开的术语的范例包括但不限于介入流程、介入工具、解剖区域、解剖结构、解剖开口、切口、标记、形状传感器、运动传感器、距离传感器和末端执行器;

[0011] (2)术语“介入流程”宽泛地涵盖如本公开的领域中已知或下文中构想的用于患者解剖结构的成像、诊断和/或处置的所有介入流程;

[0012] (3)术语“介入空间”宽泛地涵盖如本公开中示范性描述的包围介入流程的坐标空间;

[0013] (4)术语“介入工具”宽泛地涵盖如在本公开的领域中理解和下文中构想的用于进行患者解剖结构的成像、诊断和/或处置的工具、仪器、设备等。介入工具的范例包括但不限于手术刀、烧灼器、消融设备、球囊、支架、腔内移植物、斑块切除设备、夹子、针、镊子和内窥镜;

[0014] (5)术语“顺序串联布置”宽泛地涵盖如本文中示范性描述的从多级机器人的近端串联地延伸到多级机器人的远端的部件的顺序布置。本公开的顺序串联布置的范例包括(近端)柔性机器人臂-机器人平台-蛇形机器人臂-末端执行器(远端)和(近端)机器人基座-柔性机器人臂-机器人平台-蛇形机器人臂-末端执行器(远端);

[0015] (6)术语“机器人基座”宽泛地涵盖如本公开的领域中已知和下文中构想的被构建用于建立用于多级机器人的近侧原点的所有介入附件或介入设备。机器人基座的范例包括但不限于通用定位机器人、被动定位臂和固定装置;

[0016] (7)术语“柔性机器人臂”宽泛地涵盖如本公开的领域中已知和下文中构想的在介入流程利用的所有柔性圆柱形医学设备。柔性机器人臂的范例包括但不限于导管和被动蛇形机器人;

[0017] (8)术语“机器人平台”宽泛地涵盖如本公开的领域中已知和下文中构想的被构建用于附接到进入解剖结构的切口的所有介入附件或介入设备。机器人基座的范例包括但不限于柔性机器人臂的袖套和被安装在柔性机器人上的夹子;

[0018] (9)术语“蛇形机器人臂”宽泛地涵盖如本公开的领域中已知和下文中构想的被构建用于致动末端执行器相对于机器人平台的平移、旋转和/或枢转的所有机器人臂。蛇形机器人臂的范例包括但不限于与被da Vinci®机器人系统、Medrobotics Flex®机器人系统、MagellanTM机器人系统和CorePath®机器人系统采用的串联铰接机器人臂结构类似的串联铰接机器人臂结构;

[0019] (10)术语“末端执行器”宽泛地涵盖如本公开的领域中已知的和在下文中构想的用于附接到蛇形机器人臂以促进由支持解剖结构内的介入流程的多级机器人执行任务的所有附属设备;

[0020] (11)术语“目标位置”宽泛地涵盖促进由末端执行器在解剖结构内递送介入工具

的末端执行器在解剖结构内的位置。

[0021] (12)术语“目标定位”宽泛地涵盖如本公开的领域中已知和下文中构想的用于致动蛇形机器人臂以将末端执行器定位在解剖结构内的目标位置处的所有技术。这样的技术的范例包括但不限于蛇形机器人臂的基于图像的引导、基于图像的反馈定位控制和基于图像的实时目标跟踪;

[0022] (13)术语“毗邻”和其任何时态宽泛地涵盖部件的可拆卸或永久的耦接、连接、附加、夹持、安装等;

[0023] (14)术语“控制器”宽泛地涵盖如在本公开的领域中理解和如在本公开中示范性描述的用于控制如随后在本公开中描述的本公开的各种原理的应用的专用主板或专用集成电路的所有结构配置。所述控制器的结构配置可以包括但不限于:(一个或多个)处理器、(一个或多个)计算机可用/计算机可读存储介质、操作系统、(一个或多个)应用模块、(一个或多个)外围设备控制器、(一个或多个)槽和(一个或多个)端口。控制器可以被容纳在工作站内或被链接到工作站。“工作站”的范例包括但不限于:以独立计算系统、服务器系统的客户端计算机、台式电脑或平板电脑形式的一个或多个计算设备、显示器/监视器和一个或多个输入设备(例如,键盘、控制杆和鼠标)的组件;

[0024] (15)本文中用于术语“控制器”的描述性标签促进如本文中描述和要求保护的控制器之间的区分,而不指定或暗示对术语“控制器”的任何额外限制;

[0025] (16)术语“应用模块”宽泛地涵盖被包含在包括用于执行特定应用的电子电路和/或可执行程序(例如,被存储在(一个或多个)非瞬态计算机可读介质和/或固件上的可执行软件)的控制器内或可由其访问的应用;

[0026] (17)术语“信号”、“数据”和“命令”宽泛地涵盖如在本公开的领域中理解和如在本公开中示范性描述的用于发送支持应用如随后在本公开中描述的本公开的各种原理的信息和/或指令的所有形式的可检测物理量或脉冲(例如,电压、电流或磁场强度)。本公开的同轴机器人系统的部件之间的信号/数据/命令通信可以涉及如在本公开的领域中已知的任何通信方法,包括但不限于通过任何类型的有线或无线数据链路的信号/数据/命令发送/接收和被上传到计算机可用/计算机可读存储介质的信号/数据/命令的读取;以及

[0027] (18)本文中用于术语“信号”、“数据”和“命令”的描述性标签促进如本文中描述和要求保护的信号/数据/命令之间的区分,而不指定或暗示对术语“信号”、“数据”和“命令”的任何额外限制。

[0028] 通过结合附图阅读本公开的各种实施例的以下详细描述,本公开的前述实施例和其他实施例以及本公开的各种特征和优点将变得进一步显而易见。详细描述和附图仅仅是对本公开的说明而非限制,本公开的范围由随附权利要求及其等价方案限定。

附图说明

[0029] 图1图示了根据本公开的原理的多级机器人和控制网络的示范性实施例。

[0030] 图2图示了根据本公开的原理的图1的多级机器人的示范性实施例。

[0031] 图3图示了采用根据本公开的原理的图2的多级机器人的介入系统的示范性实施例。

[0032] 图4图示了表示根据本公开的原理的可由图1的控制网络执行的介入方法的示范

性实施例的流程图。

具体实施方式

[0033] 为了促进对本公开的理解,图1和图2的以下描述教导了本公开的多级机器人和控制网络的示范性实施例的基本原理。根据该描述,本领域普通技术人员将意识到如何应用本公开的原理来利用本公开的多级机器人和控制网络的许多变化的实施例。

[0034] 参考图1,本公开的多级机器人10采用机器人基座20、柔性机器人臂30、机器人平台40、蛇形机器人臂50和末端执行器60用于经由对末端执行器60在解剖结构内的目标定位来执行涉及对解剖结构(例如,心脏、肺、胃、肠和膀胱)的成像、诊断和/或处置的介入流程。

[0035] 机器人基座20实施机器人10的机器人定位跟踪级,其涉及机器人基座20充当用于对机器人10相对于成像模态的位置跟踪的原点,以由此促进由成像模态生成的解剖结构的介入图像内的末端执行器60的可视化,和/或促进通过介入控制器70对末端执行器60在解剖结构内的目标定位的自主控制。

[0036] 在实践中,机器人基座20可以在介入流程的介入空间内具有固定位置或可变位置。

[0037] 在一个实施例中,机器人基座20相对于成像模态被附接到介入空间或被固定地定位在介入空间内,如将在本公开中进一步示范性描述的。

[0038] 在第二实施例中,机器人基座20被构建为能附接到进入包围解剖结构的解剖区域(即,胸部区域、颅骨区域、腹部区域等)的切口或解剖开口,如将在本公开中进一步示范性描述的。例如,机器人基座20可以被附接到进入包围心脏的胸部围心腔的切口、进入包围肺的胸部胸膜腔的切口、进入包围胃的腹盆腹腔的切口、或进入包围膀胱的腹盆盆腔的切口。

[0039] 另外在实践中,机器人基座20可以具有用于将介入工具递送到末端执行器60的通道21,如将在本公开中进一步示范性描述的。

[0040] 另外在实践中,机器人基座20可以包括一个或多个标记22以促进对机器人基座20在介入空间内的固定位置或可变位置的识别。例如,机器人基座20可以包括在介入空间内可通过如本公开的领域中已知的光学跟踪器识别的光学标记形式的标记22。通过另外的范例,机器人基座20可以包括在介入空间内可通过如本公开的领域中已知的荧光透视成像模态识别的荧光透视标记形式的标记22。

[0041] 另外在实践中,机器人基座20可以从机器人10省略,由此介入空间内的任何参考可以充当用于定位跟踪机器人10的原点。

[0042] 仍然参考图1,机器人平台40实施机器人10的末端执行器目标定位级,其涉及机器人平台40充当用于末端执行器60在解剖结构内的目标定位的原点以由此进一步促进由成像模态生成的解剖结构的介入图像内的末端执行器60的可视化和/或促进通过介入控制器70对末端执行器60在解剖结构内的目标定位的自主控制。

[0043] 在实践中,机器人平台40表示柔性机器人臂30与蛇形机器人臂50之间的接合点并且被构建为能附接到进入解剖结构的切口或解剖开口,由此柔性机器人臂30被定位在解剖结构外部的解剖区域内而蛇形机器人臂50被定位在解剖结构内,如将在本公开中进一步示范性描述的。

[0044] 另外在实践中,机器人平台40可以具有用于将介入工具递送到末端执行器60的通

道41,如将在本公开中进一步示范性描述的。

[0045] 另外在实践中,机器人平台40可以包括一个或多个运动传感器42以促进对解剖结构的任何生理运动的检测。例如,机器人平台40可以包括如本公开的领域中已知的用于检测解剖结构的任何生理运动的加速度计形式的运动传感器42。

[0046] 仍然参考图1,柔性机器人臂30实施机器人10的不可致动定位级,其涉及柔性机器人臂30的在解剖区域内的一部分或全部从进入解剖区域的切口或解剖开口延伸到进入解剖结构的切口。

[0047] 在实践中,柔性机器人臂30被构建用于促进将机器人平台40附接到进入解剖结构的切口,并且具有用于跟随解剖结构的任何生理运动的材料组成,如将在本公开中进一步示范性描述的。

[0048] 另外在实践中,柔性机器人臂30可以具有用于将介入工具递送到末端执行器60的通道31,如将在本公开中进一步示范性描述的。

[0049] 另外在实践中,柔性机器人臂30包括用于特别地鉴于解剖结构的任何生理运动而跟踪表示机器人基座20与机器人平台40之间的距离的柔性机器人臂30的形状的一个或多个形状传感器32。例如,柔性机器人臂30包括如本公开的领域中已知的用于跟踪柔性机器人臂30的形状的(一个或多个)光学形状传感器形式的一个或多个形状传感器32。

[0050] 在一个实施例中,柔性机器人臂30是光学形状感测导管,如将在本公开中进一步示范性描述的。

[0051] 仍然参考图1,蛇形机器人臂50实施机器人10的可致动定位级,其涉及致动蛇形机器人臂50用于将末端执行器60目标定位在解剖结构内以便将介入工具递送在解剖结构内。

[0052] 在实践中,蛇形机器人臂50可以是如本公开的领域中已知的任何类型的蛇形机器人臂。

[0053] 在一个实施例中,蛇形机器人臂50包括近侧连杆、远侧连杆,并且可选地包括一个或多个中间连杆。蛇形机器人臂50还包括以串联方式将连杆相互连接的(一个或多个)致动器接头52。致动器接头的范例包括但不限于平移致动器接头、球窝致动器接头、铰链致动器接头、髁状致动器接头、鞍形致动器接头和旋转致动器接头。

[0054] 另外在实践中,蛇形机器人臂50可以具有用于将介入工具递送到末端执行器60的通道51,如将在本公开中进一步示范性描述的。

[0055] 另外在实践中,蛇形机器人臂50的致动器接头52可以是可通过本公开的领域中已知的任何技术致动的。

[0056] 在一个实施例中,每个致动器接头52可由致动控制器54经由用于控制每个连杆相对于机器人平台40的位置和取向的致动信号来致动,并且每个致动器接头52包括用于生成指示每个连杆相对于机器人平台40的位置和取向的姿态信号的任何类型的姿态传感器(例如,编码器)。

[0057] 在第二实施例中,每个致动器接头52由机器人10的操作者肌腱驱动以便控制每个连杆的致动,并且每个致动器接头52再次包括用于生成指示每个连杆相对于机器人平台40的位置和取向的姿态信号的任何类型的姿态传感器(例如,编码器)。

[0058] 仍然参考图1,末端执行器60实施机器人10的工具递送级,其涉及从末端执行器在解剖结构内的目标位置递送介入工具以根据如本公开的领域中已知的介入流程进行解剖

结构的成像、诊断和/或处置。

[0059] 在实践中,末端执行器60具有适合于将一个或多个特定介入工具递送到解剖结构内的目标位置的结构形式。

[0060] 在一个实施例中,末端执行器60可以具有如本公开的领域中已知的用于将介入工具引导在解剖结构内的通道61。对于该实施例,末端执行器60可以是可致动的以如本公开的领域中已知的相对于蛇形机器人臂50的远端平移、旋转和/或枢转通道61。

[0061] 在第二实施例中,末端执行器60可以具有由末端执行器60可拆卸地支撑的介入工具。对于该实施例,末端执行器60再次可以是可致动的以如本公开的领域中已知的相对于蛇形机器人臂50的远端平移、旋转和/或枢转通道61。

[0062] 另外在实践中,末端执行器60可以包括一个或多个距离传感器62用于测量末端执行器60相距解剖结构的一个或多个壁的(一个或多个)距离,以由此进一步促进对末端执行器60在解剖结构内的目标定位。

[0063] 在一个实施例中,末端执行器60包括如本公开的领域中已知的用于生成解剖结构的内部的“前视”超声图像的环形超声阵列形式的距离传感器62,由此由环形超声阵列生成的超声图像促进对末端执行器60在解剖结构内的目标定位,并且还可以与从如本公开的领域中已知的术前和/或术中介入图像分割出的解剖结构的图像融合。

[0064] 在第二实施例中,末端执行器60包括用于生成从末端执行器60发出的图像线的一组一维前视超声探头形式的距离传感器62,由此由超声探头生成的图像线也促进对末端执行器60在解剖结构内的目标定位,并且另外,还可以与从如本公开的领域中已知的术前和/或术中介入图像分割出的解剖结构的图像融合。更具体地,解剖结构的内部的密集超声图像可以由当末端执行器60在解剖结构内被移动时生成的多条图像线形成。

[0065] 仍然参考图1,多级机器人10具有部件20、30、40、50和60的顺序串联布置,其中(1)机器人基座20毗邻柔性机器人臂30的近端,(2)末端执行器60毗邻蛇形机器人臂50的远端,并且(3)机器人平台40毗邻柔性机器人臂30的远端和/或蛇形机器人臂50的近端。利用部件20、30、40、50和60的这种串联布置,在适用的情况下,通道21、31、41和51被轴向地对准,优选地被同轴对准,以形成从机器人10的近端11朝向机器人10的远端12延伸的机器人通道,由此介入工具可以被延伸通过机器人通道到达末端执行器60。

[0066] 在实践中,机器人10的部件20、30、40、50和60可以以适合于将机器人10引入到解剖结构中并且适合于实施如之前在本公开中描述的机器人10的每个级的任何方式毗邻。

[0067] 在一个实施例中,机器人基座20的远端27被可拆卸地耦接或被永久地附接到柔性机器人臂30的近端36。

[0068] 在第二实施例中,柔性机器人臂30的近端36延伸进入或通过机器人基座20的通道21,该机器人基座被夹持到柔性机器人臂30或与其集成。

[0069] 在第三实施例中,机器人平台40的近端被可拆卸地连接或被永久地附接到柔性机器人臂30的远端37,并且机器人平台40的远端47被可拆卸地连接或被永久地附接到蛇形机器人臂50的近端56,以由此将柔性机器人臂30的近端37耦接到蛇形机器人臂50的远端56。

[0070] 在第四实施例中,柔性机器人臂30的远端37延伸进入或通过机器人平台40的通道41,该机器人平台被夹持到柔性机器人臂30或与其集成,并且柔性机器人臂30的远端37还被可拆卸地连接或被永久地附接到蛇形机器人50的近端56。

[0071] 在第五实施例中,蛇形机器人臂50的近端56延伸进入或通过机器人平台40的通道41,该机器人平台被夹持到蛇形机器人臂50或与其集成,并且柔性机器人臂30的远端37还被可拆卸地连接或被永久地附接到蛇形机器人50的近端56。

[0072] 在第六实施例中,柔性机器人臂30的远端37还被可拆卸地连接或被永久地附接到机器人平台40的通道41内的蛇形机器人50的近端56,该机器人平台被夹持到柔性机器人臂30和蛇形机器人臂50。

[0073] 末端执行器60以适合于递送如本公开的领域中已知的介入工具的方式毗邻蛇形机器人臂50。

[0074] 仍然参考图1,用于机器人10的控制网络包括形状控制器34、致动控制器54和介入控制器70,并且可以还包括配准控制器24(如果机器人基座20包含(一个或多个)标记22,则适用)、运动控制器44(如果机器人平台40包含(一个或多个)运动传感器42,则适用)和跟踪控制器64(如果末端执行器60包含(一个或多个)距离传感器62,则适用)。

[0075] 如果适用,则(一个或多个)标记22与配准控制器24之间的相互作用23经由跟踪机器(例如,光学跟踪器或电磁跟踪器)来建立,由此配准控制器24控制用于实施如本公开的领域中已知的一种或多种配准技术的跟踪机器的操作,其涉及对介入空间内的(一个或多个)标记22的识别以及由配准控制器24对指示机器人基座20相对于成像模态(例如,X射线机器)的定位的配准数据25的生成。

[0076] 例如,如之前描述的,光学标记可以被附接到机器人基座20和成像模态,由此配准控制器24控制具有被安装在其中或被链接到其的配准控制器24的光学跟踪器的操作,以由此识别介入空间内的光学标记并且生成配准数据25。

[0077] (一个或多个)形状传感器32与形状控制器34之间的相互作用33经由形状感测机器(即,用于(一个或多个)光学形状传感器的光学积分器)来建立,并且形状控制器34控制如被安装在其中或被链接到其的用于实施如本公开的领域中已知的一种或多种形状感测技术的形状感测机器的操作,所述操作涉及对柔性机器人臂30的形状的确定。

[0078] 例如,对于具有(一个或多个)光学形状传感器(例如,包括光纤布拉格光栅或瑞利散射的(一个或多个)光纤)形式的(一个或多个)形状传感器32的实施例,形状控制器34控制向光学形状传感器供应光的光学积分器,以由此经由指示透射通过光学形状传感器或从光学形状传感器反射回来的光的形状感测数据35来确定柔性机器人臂30的形状。对于该范例,光学形状传感器如本领域中已知的被集成到柔性机器人臂30中,并且延伸通过或沿着机器人基座20到达光学积分器,所述光学积分器被连接到具有被安装在其中的介入控制器70的工作站。

[0079] 如果适用,则在(一个或多个)运动传感器42与运动控制器44之间建立有线连接43,由此运动控制器44接收来自(一个或多个)运动传感器42的指示进入解剖结构的切口的任何生理运动的信号45。对于该实施例,有线连接43从机器人平台40顺序地延伸通过或沿着柔性机器人臂30和机器人基座20到达具有被安装在其中的运动控制器44的工作站。

[0080] 在被致动接头52与致动控制器54之间建立有线连接53,由此致动控制器54如本公开的领域中已知的接收指示蛇形机器人臂50的每个连杆相对于机器人平台40的姿态(即,取向和/或位置)的姿态信号,并且根据姿态信号来生成姿态数据55。另外,致动控制器54可以经由有线连接53来控制被致动接头52的操作。对于该实施例,有线连接53从蛇形机器人

臂50顺序地延伸通过或沿着机器人平台40、柔性机器人臂30和机器人基座20到达具有被安装在其中的致动控制器54的工作站。

[0081] 如果适用,则距离设备62与跟踪控制器64之间的接口63经由超声机器来建立,由此跟踪控制器64经由超声机器来控制距离传感器62的操作,以由此生成指示末端执行器60在解剖结构的内部内的位置的跟踪数据65。例如,如之前讨论的,(一个或多个)距离传感器62可以呈以环形超声阵列或一组1D超声探头的形式,由此跟踪控制器64经由超声机器来激励超声元件,以由此生成超声图像形式的跟踪数据65。对于该实施例,有线连接63从末端执行器60顺序地延伸通过或沿着蛇形机器人臂50、机器人平台40、柔性机器人臂30和机器人基座20到达具有被安装在其中的跟踪控制器64的工作站。

[0082] 介入控制器70通过如本公开的领域中已知的根据用于末端执行器60在解剖结构内的目标定位71的术前计划来控制解剖结构的术前和/或术中介入图像80(例如,X射线、CT、MRI等)的显示而实施介入流程,所述显示可以包括解剖结构的内部的任何所生成的超声图像的融合。

[0083] 在一个实施例中,介入控制器70显示如根据所有数据和信号指示的末端执行器60在解剖结构的介入图像80内的位置。

[0084] 在第二实施例中,介入控制器生成如根据所有数据指示的末端执行器60(和蛇形机器人臂50的一部分或全部)到介入图像80上的叠加。

[0085] 介入控制器70还可以如本公开的领域中已知的经由从如通过所有数据指示的根据末端执行器60在解剖结构内的目标定位的术前计划的一致性或任何偏差导出的致动命令72来控制对蛇形机器人臂50的致动。

[0086] 在实践中,图1的所有控制器可以被安装在同一工作站上,或以任何方式被分布在多个工作站之中。

[0087] 另外在实践中,图1的所有控制器可以如图所示的那样被分开,或控制器中的两(2)个或更多个可以被完全地或部分地集成。

[0088] 为了进一步理解多级机器人10,图2图示了如被引入到心脏的左心室腔室LV中以执行主动脉瓣膜AV的主动脉瓣膜置换的机器人10的实施例110。

[0089] 参考图2,机器人110包括机器人基座120、光学形状感测导管形式的柔性机器人臂130、机器人平台140、蛇形机器人臂150和末端执行器160。

[0090] 机器人基座120是柔性机器人臂130的近侧袖套,并且经由缝合被附接到胸部围心腔TPC的胸壁CW的切口。备选地,机器人基座120可以是用于光学形状感测导管的发动(launch)设备,所述光学形状感测导管在胸部围心腔TPC外部被附接到介入空间中的参考点,由此柔性机器人臂延伸到胸部围心腔TPC的胸壁CW的入口中。

[0091] 机器人平台140是柔性机器人臂130的远侧袖套,并且经由缝合被附接到进入心脏的左心室腔室LV的切口。

[0092] 柔性机器人臂130在机器人基座120与机器人平台140之间的胸部围心腔内柔性地延伸。

[0093] 蛇形机器人臂150毗邻机器人平台140,并且延伸到心脏的左心室腔室LV中。

[0094] 末端执行器160毗邻蛇形机器人臂150,并且可致动为经由蛇形机器人臂150相对于机器人平台140被平移和/或枢转。

[0095] 末端执行器160在心脏的左心室腔室LV内的位置从以下项导出:(1)机器人基座120到对应成像模态的配准,(2)柔性机器人臂130的感测到的形状,(3)经由机器人平台140的左心室腔室LV的感测到的生理运动(如果适用),(4)蛇形机器人臂150的每个连杆相对于机器人平台140的姿态,以及(5)左心室腔室LV的内部的超声成像(如果适用)。

[0096] 因此,蛇形机器人臂150可以根据对于经由术前计划对末端执行器160相对于主动脉瓣膜AV的目标定位的需要而手动地或经由介入控制器70(图1)被致动,以由此经由如本公开的领域中已知的球囊来递送瓣膜置换。

[0097] 在实践中,机器人基座120可以被省略,由此柔性机器人臂130被缝合到进入胸部围心腔的胸壁CW的切口,并且近侧地延伸到介入空间内的参考。

[0098] 为了促进对本公开的进一步理解,图3和图4的以下描述教导了包含本公开的多级机器人和控制网络的介入系统和介入方法的示范性实施例的基本原理。根据该描述,本领域普通技术人员将意识到如何应用本公开的原理来利用包含本公开的多级机器人和控制网络的介入系统和介入方法的许多变化的实施例。

[0099] 参考图3,介入系统15被提供为对躺在操作台200上的患者201的心脏202执行介入流程。为此目的,介入系统15包含如之前在图2的描述中呈现的多级机器人110。介入系统15还包含控制网络310,该控制网络包括如之前在图1的描述中呈现的配准控制器24、形状控制器34、运动控制器44、致动控制器54、跟踪控制器64和介入控制器74。

[0100] 在实践中,控制网络310可以被分布在介入系统15各处。

[0101] 在一个实施例中,控制网络310通过工作站300来操作,该工作站包括如本公开的领域中已知的监视器301、键盘302和计算机303的布置。

[0102] 当被安装在计算机303上时,控制网络310包括经由一个或多个系统总线相互连接的(一个或多个)处理器、存储器、用户接口、网络接口和存储设备。

[0103] 每个处理器可以是如本公开的领域中已知或下文中构想的能够运行被存储在存储器或存储设备中的指令或否则处理数据的任何硬件设备。在非限制性范例中,处理器可以包括微处理器、现场可编程门阵列(FPGA)、专用电路(ASIC)或其他类似的设备。

[0104] 存储器可以包括如本公开的领域中已知或下文中构想的各种存储器,包括但不限于L1、L2或L3高速缓冲存储器或系统存储器。在非限制性范例中,存储器可以包括静态随机存取存储器(SRAM)、动态RAM(DRAM)、闪速存储器、只读存储器(ROM)或其他类似的存储器设备。

[0105] 用户接口可以包括如本公开的领域中已知或下文中构想的用于实现与诸如管理员的用户的通信的一个或多个设备。在非限制性范例中,用户接口可以包括可以经由网络接口被呈现给远程终端的命令行接口或图形用户接口。

[0106] 网络接口可以包括如本公开的领域中已知或下文中构想的用于实现与其他硬件设备的通信的一个或多个设备。在非限制性范例中,网络接口可以包括被配置为根据以太网协议进行通信的网络接口卡(NIC)。此外,网络接口可以实施用于根据TCP/IP协议进行通信的TCP/IP堆栈。用于网络接口的各种备选的或额外的硬件或配置将是显而易见的。

[0107] 存储设备可以包括如本公开的领域中已知或下文中构想的一个或多个机器可读存储介质,包括但不限于只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、磁盘存储介质、光学存储介质、闪速存储器设备或类似的存储介质。在各种非限制性实施例中,存储设备可以存储

用于由处理器运行的指令或处理器可以对其进行操作的数据。例如,存储设备可以存储用于控制硬件的各种基本操作的基本操作系统。存储设备以可执行软件/固件的形式存储一个或多个应用模块以用于实施如之前在图1的描述中呈现的控制网络310的各种功能。

[0108] 在实践中,控制网络310的控制器可以被部分地或完全地集成在计算机303内。

[0109] 仍然参考图3,在第二实施例中,控制网络310的控制器可以被安装在介入系统15的不同工作站/机器上。

[0110] 例如,介入系统15可以包括用于生成心脏202的术前和/或术中介入图像的成像模态400,并且在实施本公开的机器人位置跟踪级中,介入控制器70可以被部分地或完全地安装在用于控制成像模态400的操作的成像模态400的工作站内。成像模态400的范例包括但不限于独立的X射线成像系统、移动式X射线成像系统、超声成像系统(例如,TEE、TTE、IVUS、ICE)、计算机断层摄影("CT")成像系统、正电子发射断层摄影("PET")成像系统和磁共振成像("MRI")系统。

[0111] 通过进一步的范例,介入系统15可以包括用于识别机器人110的机器人基座120和成像模态400的标记的位置跟踪器410,并且在实施本公开的机器人位置跟踪级中,配准控制器24可以被部分地或完全地安装在用于控制位置跟踪器410的操作的位置跟踪器410的工作站内。

[0112] 通过进一步的范例,介入系统15可以包括用于感测机器人110的柔性机器人臂130的形状的光学积分器430,并且在实施本公开的机器人位置跟踪级中,形状控制器34可以被部分地或完全地安装在用于控制光学积分器430的操作的光学积分器430的工作站内。

[0113] 通过进一步的范例,介入系统15可以包括用于激励机器人110的末端执行器的任何超声传感器的超声装置440,并且跟踪控制器64可以被部分地或完全地安装在用于控制超声装置440的操作的超声装置440的工作站内。

[0114] 仍然参考图3,经由到机器人110的机器人基座的连接,线缆连接器320可以根据需要被用来将机器人110的传感器、致动器和/或编码器连接到计算机303、成像模态400、位置跟踪器410、光学积分器430和超声装置440。

[0115] 图4图示了表示由用于实施介入流程的控制网络310(图)执行的介入方法的流程图500。

[0116] 参考图3和图4,流程图500的阶段S502涉及由控制网络310实施介入流程所需的准备动作。

[0117] 在S502的一个实施例中,如通过介入控制器70或经由位置跟踪器410的操作者命令的配准控制器24控制对成像模态400与多级机器人110的机器人基座120的配准的执行。例如,配准控制器24操作位置跟踪器410来识别被附接到成像模态400和机器人110的机器人基座120的(一个或多个)标记的位置,由此配准控制器24或介入控制器70执行如本公开的领域中已知的配准技术。

[0118] 另外,如果机器人110的末端执行器160包括超声能力,则如通过介入控制器70或经由超声机器440的操作者命令的跟踪控制器74控制对心脏202的左心室腔室的超声成像的执行。例如,跟踪控制器74操作超声机器440来激励机器人110的末端执行器160的超声换能器,由此跟踪控制器64或介入控制器70如本公开的领域中已知的执行对心脏202的左心室腔室的超声图像的生成,并且进一步执行对由成像模态400生成的心脏202的左心室腔室

的介入图像与由末端执行器160的超声换能器生成的心脏202的左心室腔室的超声图像的基于图像的配准。

[0119] 仍然参考图3和图4,流程图500的阶段S504涉及由控制网络310实施介入流程所需的术前动作。

[0120] 在阶段S504的一个实施例中,介入控制器70处理从机器人110的所有传感器和编码器接收到的数据,以确定机器人110的末端执行器160在心脏202的左心室腔室LV内的初始位置。更具体地,末端执行器160在心脏202的左心室腔室LV内的位置可以从以下项导出:(1)机器人基座120到对应成像模态的配准,(2)柔性机器人臂130的感测到的形状,(3)左心室腔室LV的感测到的生理运动(如果适用),(4)蛇形机器人臂150的每个连杆相对于机器人平台140的姿态,以及(5)左心室腔室LV的内部的超声成像(如果适用)。

[0121] 根据机器人110的末端执行器160的初始位置确定,介入控制器70控制对心脏202的左心室腔室LV的介入图像304的显示。在实践中,介入图像304可以是术前或术中图像,由此机器人110的叠加可以基于通过介入控制器70确定的机器人110的末端执行器160在心脏202的左心室腔室LV内的位置而被提供在图像304上。备选地,介入图像304可以是术中图像,由此介入控制器70提供通过介入控制器70确定的机器人110的末端执行器160在心脏202的左心室腔室LV内的位置的指示。同时,从末端执行器160的任何超声换能器生成的超声图像可以与心脏202的左心室腔室的介入图像304融合。

[0122] 在这一点上,存在蛇形机器人臂致动的两(2)种一般模式。

[0123] 第一种模式涉及介入控制器70控制对机器人110的蛇形机器人臂150的致动,以根据如本公开的领域中已知的术前计划将末端执行器160定位在介入工具在心脏202的左心室腔室LV内的目标位置处或相对于该目标位置定位。

[0124] 第二种模式涉及工作站300的操作者手动地致动机器人110的蛇形机器人臂150,以根据如本公开的领域中已知的术前计划将末端执行器160定位在用于介入工具在心脏202的左心室腔室LV内的目标位置处或相对于该目标位置定位。

[0125] 对于任一种模式,介入控制器70促进根据对于末端执行器160处于或相对于介入工具在心脏202的左心室腔室LV内的原始目标位置或新目标位置的需要而经由介入控制器70或操作者对术前计划的任何调整。

[0126] 在末端执行器160到达目标位置之后,主动脉瓣膜置换被递送用于如本公开的领域中已知的主动脉瓣膜的处置。

[0127] 虽然图3和图4在通过机器人110(图2)的主动脉瓣膜置换方面进行描述,但是本领域普通技术人员将意识到如何将本公开的原理应用于机器人110和本公开的多级机器人的额外的实施例以用于实施主动脉瓣膜置换或用于解剖结构的任何其他类型的介入流程。

[0128] 参考图1-4,本公开的领域的普通技术人员将意识到本公开的许多益处,包括但不限于促进对末端执行器在解剖结构内的准确配准的多级机器人,该准确配准改善介入工具到解剖结构的成像、诊断和/或处置递送的效率。

[0129] 此外,如本领域普通技术人员鉴于本文中提供的教导将认识到的,在本公开/说明书中描述的和/或在附图中描绘的特征、元件、部件等等均可以被实施为电子部件/电路、硬件、可执行软件与可执行固件的各种组合,并提供可以被组合在单个元件或多个元件中的功能。例如,可以通过使用专用硬件以及能够运行与合适的软件相关联的软件的硬件,提供

在附图中示出/图示/描绘的各个特征、元件、部件等等的功能。当由处理器提供时,所述功能可以由单个专用处理器、由单个共享处理器或由多个单独的处理器(它们中的一些可以是共享和/或复用的)提供。此外,对术语“处理器”或“控制器”的明确使用不应被解释为专指能够运行软件的硬件,并且能够暗含地包括但不限于,数字信号处理器(“DSP”)硬件、存储器(例如用于存储软件的只读存储器(“ROM”)、随机存取存储器(“RAM”)、非易失性存储设备,等等),以及能够(和/或可配置为)执行和/或控制过程的几乎任何单元和/或机器(包括硬件、软件、固件、电路、其组合,等等)。

[0130] 此外,本文中详述本发明的原理、方面及实施例以及其具体范例的所有陈述均旨在涵盖其结构和功能等价物。额外地,旨在将这样的等价物包括当前已知的等价物以及未来发展的等价物两者(例如所开发的能够执行相同或基本相似的功能的任何元件,而不管结构如何)。因此,例如,鉴于本文提供的教导,本领域普通技术人员将认识到,本文中呈现的任何框图均可以表示体现本发明的原理的示范性系统部件和/或电路的概念性视图。类似地,鉴于本文提供的教导,本领域普通技术人员应认识到,任何流程图、流程图示等等均能够表示各种过程,所述过程基本上能够被表示在计算机可读储存介质中,并且因此由具有处理能力的计算机、处理器或其他设备运行,而无论是否明确示出这样的计算机或处理器。

[0131] 此外,本公开的示范性实施例可以采取可从计算机可用和/或计算机可读存储介质访问的计算机程序产品或应用模块的形式,所述存储介质提供用于由例如计算机或任何指令执行系统使用或与所述计算机或任何指令执行系统连接的程序代码和/或指令。根据本公开,计算机可用或计算机可读存储介质可以为任何这样的装置,所述装置能够例如包括、存储、传送、传播或输送用于由指令执行系统、装置或设备使用或与所述指令执行系统、装置或设备连接的程序。这样的示范性介质可以为,例如电子、磁性、光学、电磁、红外或半导体系统(或装置或设备)或传播介质。计算机可读介质的范例包括,例如半导体或固态存储器、磁带、可移除计算机磁盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、闪存(驱动器)、刚性磁盘和光盘。光盘的当前范例包括压缩盘-只读存储器(CD-ROM)、压缩盘-读/写(CD-R/W)和DVD。另外,应理解,以后可以开发出的任何新的计算机可读介质也均应被视为根据本公开和公开内容的示范性实施例可以使用或引用的计算机可读介质。

[0132] 已经描述了新颖性且创造性多级机器人的优选的且示范性的实施例(这些实施例旨在为说明性而非限制性的),值得注意的是,本领域普通技术人员在本文(包括附图)提供的教导的启示下,可以进行修改和变型。因此应理解,可以对公开的优选的且示范性的实施例进行改变,所述改变在本文中公开的实施例的范围内。

[0133] 此外,应预见到,包含和/或实施根据本公开的设备或诸如可以在根据本公开的设备中使用/实施的对应的和/或相关的系统也被预见和认为是在本公开的范围内。此外,用于制造和/或使用根据本公开的设备和/或系统的对应的和/或相关的方法也被预见和认为是在本公开的范围内。

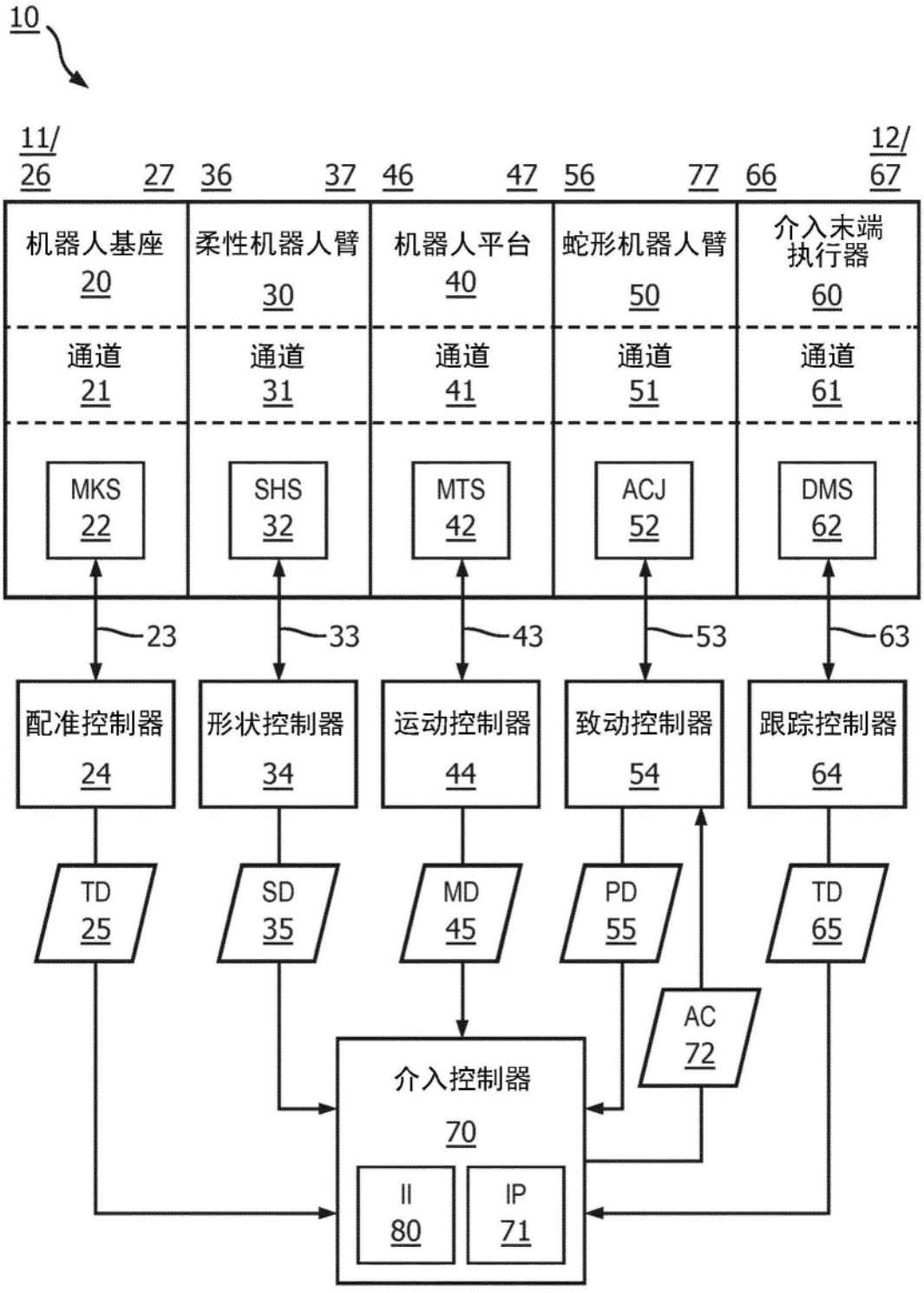

10
11/
26
27
36
37
46
47
56
77
66
12/
67
机器人基座
20
柔性机器人臂
30
机器人平台
40
蛇形机器人臂
50
介入末端
执行器
60
通道
21
通道
31
通道
41
通道
51
通道
61
MKS
22
SHS
32
MTS
42
ACJ
52
DMS
62
23
33
43
53
63
配准控制器
24
形状控制器
34
运动控制器
44
致动控制器
54
跟踪控制器
64
TD
25
SD
35
MD
45
PD
55
TD
65
AC
72
介入控制器
70
II
80
IP
71

图1

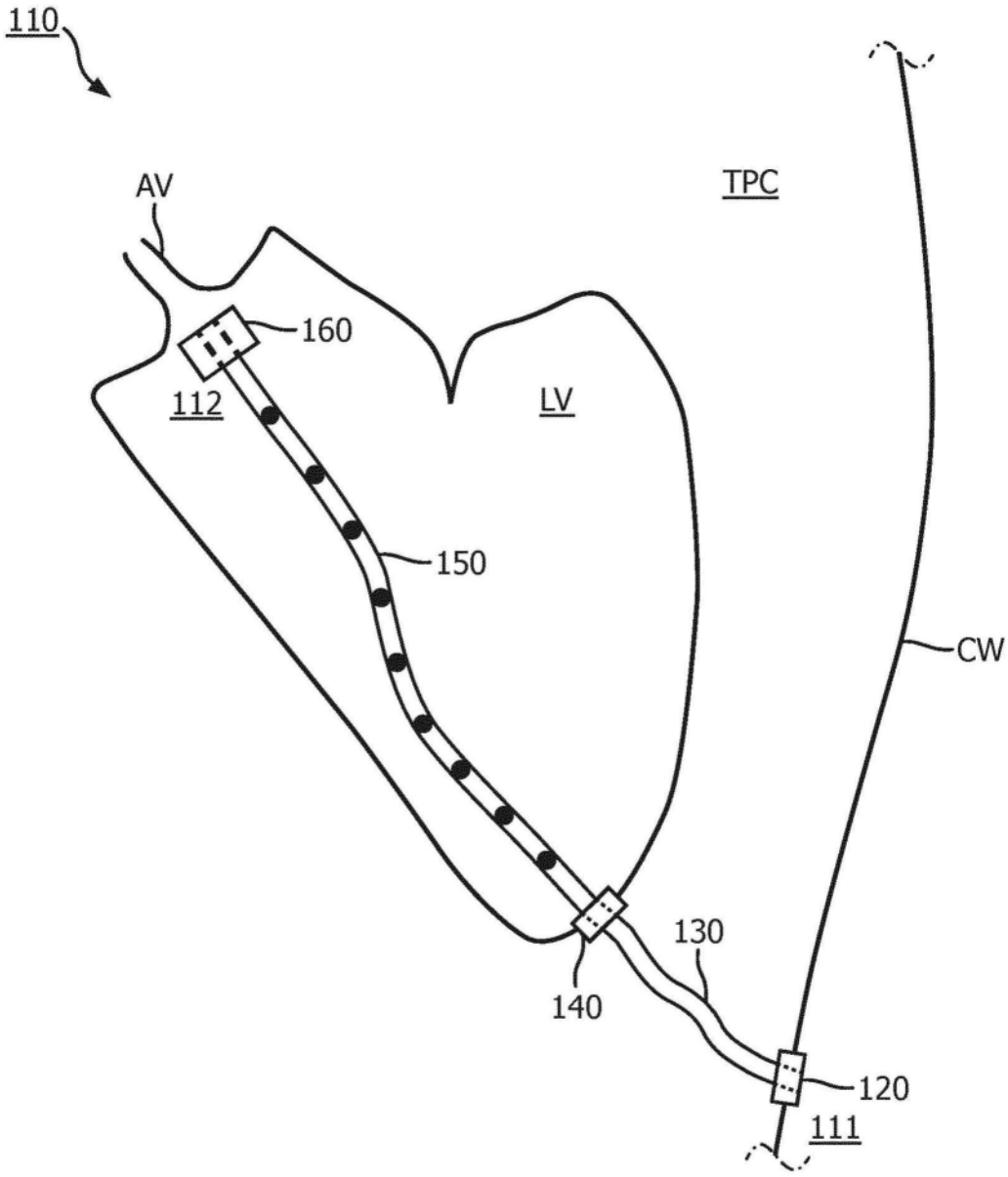


图2

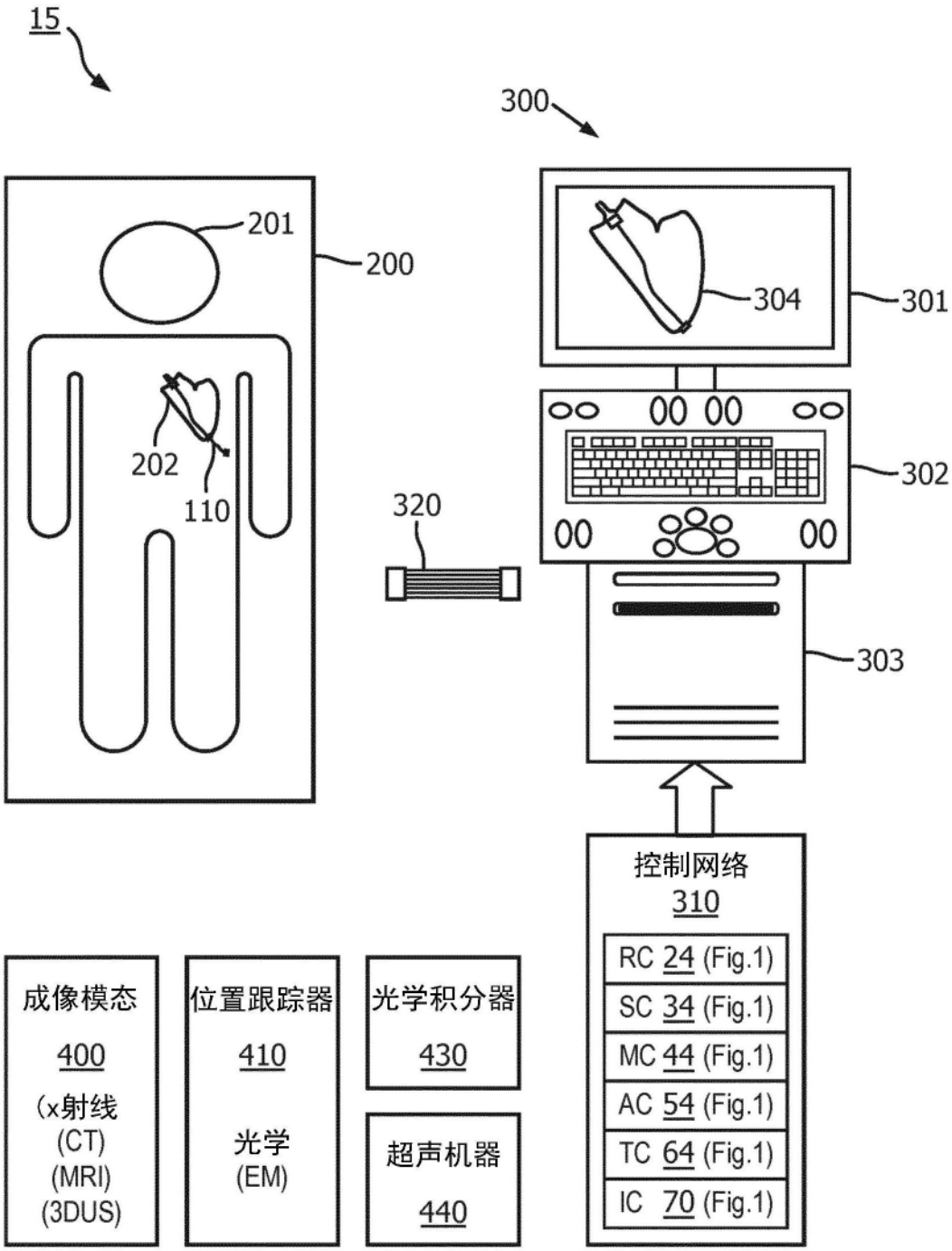

15
300
201
200
304
301
202
110
320
302
303
控制网络
310
RC 24 (Fig.1)
SC 34 (Fig.1)
MC 44 (Fig.1)
AC 54 (Fig.1)
TC 64 (Fig.1)
IC 70 (Fig.1)
成像模态
400
(x射线
(CT)
(MRI)
(3DUS)
位置跟踪器
410
光学
(EM)
光学积分器
430
超声机器
440

图3

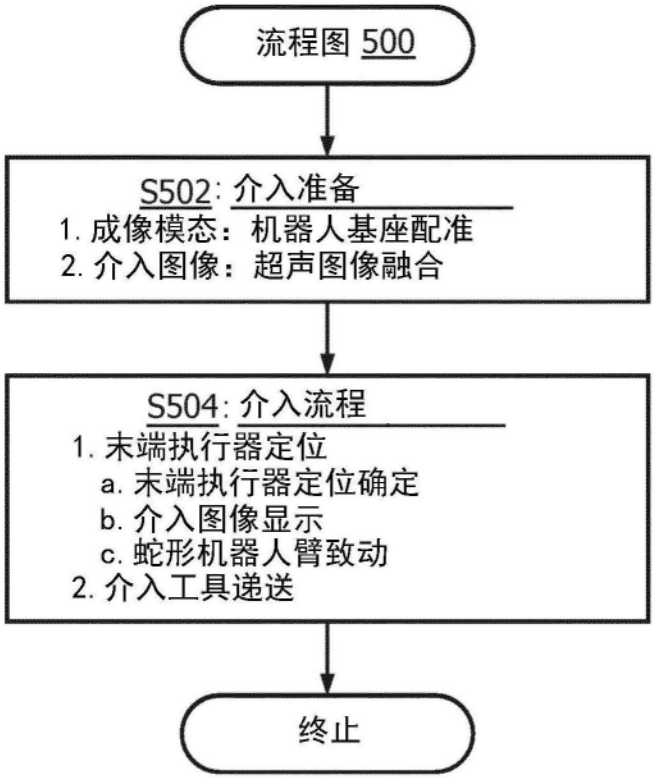

流程图 500
S502: 介入准备
1. 成像模态：机器人基座配准
2. 介入图像：超声图像融合
S504: 介入流程
1. 末端执行器定位
a. 末端执行器定位确定
b. 介入图像显示
c. 蛇形机器人臂致动
2. 介入工具递送
终止

图4