



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115136254 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 30

(21) 申请号 202180015292.4

李思博 G·A·托波雷克

(22) 申请日 2021.02.12

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

(30) 优先权数据

专利代理师 孟杰雄

20290015.5 2020.02.18 EP

63/085,162 2020.09.30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int.Cl.

G16H 30/00 (2006.01)

2022.08.18

A61B 34/10 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/053459 2021.02.12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/165152 EN 2021.08.26

(71) 申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 V·S·帕伊赖卡尔 M·弗拉德金

B·J-D·B·M·莫里 K·维迪雅

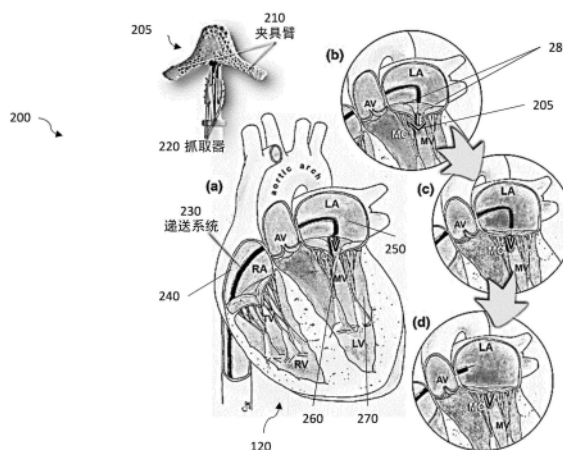
权利要求书2页 说明书13页 附图12页

(54) 发明名称

用于对体内治疗设备的部署状态进行可视化的医学成像系统、设备和方法

(57) 摘要

在微创手术 (MIS) 应用中使用的末端执行器状态估计系统执行感测和预测算法,以确定和可视化可植入治疗设备在部署期间的状态。所述末端执行器状态估计系统包括柔性细长构件、耦合到所述柔性细长构件的远侧部分的治疗设备、测量与所述治疗设备的部署状态有关的至少一个参数的传感器和处理器。所述处理器接收表示位于患者的体腔内的治疗设备的来自成像系统的图像数据和来自所述传感器的至少一个参数,基于所述图像数据和所述至少一个参数来确定所述治疗设备的部署状态,输出所述治疗设备的部署状态的图形表示。



1. 一种用于确定治疗设备 (205) 的部署状态的系统, 所述治疗设备被耦合到位于患者的体腔内的柔性细长构件 (430) 的远侧部分, 所述系统包括:

至少一个传感器 (130), 其被配置为测量与所述治疗设备 (205) 的所述部署状态有关的至少一个参数;

处理器 (160、1250), 其被配置为:

接收:

由成像系统 (140、150) 获得的图像数据, 其中, 所述图像数据表示位于所述患者的所述体腔内的所述治疗设备 (205); 以及

所述至少一个参数;

基于所述图像数据和所述至少一个参数来确定所述治疗设备 (205) 的所述部署状态; 并且

向与所述处理器 (160、1250) 通信的显示器 (180、1270) 输出所述治疗设备 (205) 的所述部署状态的图形表示。

2. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述处理器被配置为向所述显示器输出屏幕显示, 所述屏幕显示包括:

基于所述图像数据生成的所述患者的所述体腔的图像; 以及

被叠加在所述体腔的所述图像上的所述治疗设备的所述部署状态的所述图形表示。

3. 根据权利要求2所述的系统, 其中, 所述治疗设备的所述部署状态的所述图形表示包括对所述治疗设备的三维模型的可视化。

4. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述至少一个参数包括所述治疗设备的控件的位置或角度中的至少一项。

5. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述系统包括经导管递送设备, 所述经导管递送设备包括所述柔性细长构件, 并且其中, 所述至少一个参数包括所述经导管递送设备的位置或角度中的至少一项。

6. 根据权利要求5所述的系统, 其中, 所述至少一个传感器包括被耦合到所述经导管递送设备的机械控件的编码器。

7. 根据权利要求5所述的系统, 其中, 所述至少一个传感器包括磁传感器, 所述磁传感器被配置为通过获得位于所述治疗设备上的磁性种子的位置测量结果来测量所述至少一个参数。

8. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述成像系统包括超声成像系统。

9. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述成像系统包括X射线成像系统。

10. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述处理器被配置为通过使用图像识别以将基于所述图像数据生成的图像与所述治疗设备的模型进行匹配来确定所述治疗设备的所述部署状态。

11. 根据权利要求10所述的系统, 其中, 所述至少一个参数包括部署测量结果, 并且其中, 所述处理器被配置为:

确定匹配模型的置信度水平; 并且

当所述置信度水平低于阈值时基于所述部署测量结果来确定所述部署状态。

12. 一种用于确定治疗设备 (205) 的部署状态的方法, 所述治疗设备被耦合到位于患者

的体腔内的柔性细长构件(430)的远侧部分,所述方法包括:

利用处理器(130)来测量与所述治疗设备(205)的所述部署状态有关的至少一个参数;

利用成像系统(140、150)来获得包括所述治疗设备(205)的图像;

利用处理器(160、1250)来执行以下操作:

基于所述图像和所述至少一个参数来确定所述治疗设备(205)的所述部署状态;并且

向与所述处理器(160、1250)通信的显示器(180、1270)输出所述治疗设备的所述部署状态的图形表示。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述方法包括向所述显示器输出屏幕显示,所述屏幕显示包括:

所述图像中的至少一幅图像;以及

被叠加在所述至少一幅图像上的所述治疗设备的所述部署状态的所述图形表示。

14. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述至少一个参数包括所述柔性细长构件的控件的位置或角度。

15. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述至少一个参数包括所述治疗设备的位置或角度。

16. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述成像系统包括超声成像系统。

17. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述成像系统包括X射线成像系统。

18. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述传感器包括磁传感器,并且其中,测量所述至少一个参数包括获得位于所述治疗设备上的磁性种子的位置测量结果。

19. 根据权利要求12所述的方法,其中,组合来自所述传感器和所述成像系统的信息以确定所述治疗设备的所述部署状态包括使用图像识别以将来自所述成像系统的图像与所述治疗设备的模型进行匹配。

20. 一种用于确定治疗设备(230)的部署状态的系统,包括:

二尖瓣夹具放置设备(110、230),其包括:

导管(430);以及

二尖瓣夹具(205),其被耦合到所述导管(430)的远侧部分;

超声成像设备(140),其被配置为获得位于患者的体腔内的所述二尖瓣夹具(205)的超声图像;

X射线成像设备(150),其被配置为获得位于所述患者的所述体腔内的所述二尖瓣夹具(205)的X射线图像;

传感器(130),其被耦合到所述二尖瓣夹具放置设备(110、230)并且被配置为提供指示与所述二尖瓣夹具(205)的所述部署状态有关的参数的传感器信号;以及

处理器(160、1250),其被配置为:

基于所述参数和所述X射线图像来确定所述二尖瓣夹具(205)的部署状态;并且

向与所述处理器(160、1250)通信的显示器(180、1270)输出:

所述超声图像中的至少一幅;以及

所述治疗设备(205)的所述部署状态的图形表示。

用于对体内治疗设备的部署状态进行可视化的医学成像系统、设备和方法

技术领域

[0001] 本文所描述的主题涉及用于对体内治疗设备的部署状态进行估计和可视化的医学成像系统、设备和方法。使用医学成像来对治疗设备的部署状态进行估计和可视化对于心内经导管二尖瓣修复流程具有特殊但非专有的效用。

背景技术

[0002] 二尖瓣 (MV) 疾病是人类心脏最常见的瓣膜病理之一,仅次于主动脉瓣狭窄。MV是心脏左侧的双叶瓣,并且负责维持血液从左心房 (LA) 到左心室 (LV) 的单向流动。关于瓣膜组织的功能磨损或诸如钙化的病理能够导致瓣膜小叶的退化,从而导致小叶的不正确接合。作为结果,在LV压缩期间,存在从LV返回到LA中的反流血流。这被称为二尖瓣反流 (MR),并且可能导致心脏泵血机制的减少输出,如果保持未处置,其能够导致严重的并发症,包括心力衰竭。对MR患者的处置的基本目标是将MR降低到恢复心脏功能和改进患者整体生活质量的水平。

[0003] 随着微创治疗 (例如,微创手术或MIS) 取代开放手术的进步,经导管二尖瓣修复 (TMVR) 已成为开放手术高风险患者的一种强有力的备选治疗。存在许多用于处置结构性心脏病 (SHD) 的设备。一个范例TMVR设备是二尖瓣夹具 (MC) 设备。临床研究已经表明,MC通过将MR降低到可接受的水平在改进患者结果方面具有很高的功效。此外,由于经导管方法,与开放手术相比较,相关联的住院时间减少。这继而可能驱动术后并发症的减少,从而改进患者结果以及减少医院系统的负担。

[0004] 预期诸如MC植入的流程的使用将在未来十年内增加。然而,目前,由于MC设备及其递送系统的复杂性,所述流程要求高技能的从业者,这既针对操作该设备,又针对解释对导航和部署任务很重要的X射线和超声图像。该流程要求经验丰富的超声心动图医师,其可以操纵超声探头和成像系统,以获得设备相对于周围解剖结构的高质量图像和视图,以快速识别设备和流程状态。该流程还要求团队成员之间进行清晰的沟通,特别是对于经验不足的操作者。这要求设备的末端执行器 (例如,夹具) 的准确表示,其对于设备位置、取向、打开/闭合状态和其他因子的许多组合可能难以实现。

[0005] 因此应当意识到,这样的常用的TMVR流程具有许多缺点,包括图像捕获、图像解释、难以理解设备的末端执行器的姿势和状态等。因此,存在对解决上述和其他问题的改进的TMVR系统和流程的长期需要。

[0006] 说明书的该背景技术部分中包括的信息,包括本文中记载的任何参考文献和其任何描述或讨论,仅被包括用于技术参考目的而不应被认为是本公开的范围要被限制的主题。

发明内容

[0007] 公开了一种在经导管微创手术 (MIS) 应用中使用的末端执行器状态估计系统,其

包括：感测和预测算法，以基于控制输入和/或成像数据来确定与部署相关联的操纵期间可植入治疗设备的状态；以及医学图像的注释，以包括所述治疗设备的图形表示。将理解，出于本公开的目的，可部署的治疗设备或用于部署治疗设备的部署部件可以被称为末端执行器。

[0008] 使用经导管技术执行的结构性心脏流程是高度成像密集的流程。当实时3D成像可用时，导航、目标选择和部署更容易执行。然而，末端执行器的确切状态可能难以确定。末端执行器状态估计系统将使得流程能够以更大的置信度在3D中完成，并且减少临床医师从3D数据找到最佳2D切片的认知负担。

[0009] 高质量超声图像取决于对感兴趣对象的最佳超声处理，但可能遭受干扰组织和设备的可视化的图像伪影。末端执行器状态估计系统可以帮助以准确的设备状态补充常规成像，因此改进流程的置信度，并且因此潜在地改进结果并缩短学习曲线。本文所公开的末端执行器状态估计系统具有用于心内经导管二尖瓣修复流程的特定但非专有的效用。

[0010] 根据本公开的实施例，提供了一种用于确定治疗设备的部署状态的系统，所述治疗设备被耦合到位于患者的体腔内的柔性细长构件的远侧部分。所述系统包括：被配置为测量与所述治疗设备的部署状态有关的至少一个参数的至少一个传感器；处理器，其被配置为：接收：由成像系统获得的图像数据，其中，所述图像数据表示位于所述患者的体腔内的治疗设备；以及所述至少一个参数；基于所述图像数据和所述至少一个参数来确定所述治疗设备的部署状态；并且向与所述处理器通信的显示器输出所述治疗设备的部署状态的图形表示。

[0011] 在一些实施例中，所述处理器被配置为向所述显示器输出屏幕显示，所述屏幕显示包括：基于所述图像数据生成的患者的体腔的图像；以及被叠加在所述体腔的图像上的治疗设备的部署状态的图形表示。在一些实施例中，所述治疗设备的部署状态的图形表示包括所述治疗设备的三维模型的可视化。在一些实施例中，所述至少一个参数包括所述治疗设备的控件的位置或角度中的至少一项。在一些实施例中，所述系统包括经导管递送设备，所述经导管递送设备包括所述柔性细长构件，并且其中，所述至少一个参数包括所述经导管递送设备的位置或角度中的至少一项。在一些实施例中，所述至少一个传感器包括耦合到经导管递送设备的机械控件的编码器。在一些实施例中，所述至少一个传感器包括磁传感器，其被配置为通过获得位于所述治疗设备上的磁性种子的位置测量结果来测量所述至少一个参数。

[0012] 在一些实施例中，所述成像系统包括超声成像系统。在一些实施例中，所述成像系统包括X射线成像系统。在一些实施例中，所述处理器被配置为通过使用图像识别以将基于所述图像数据生成的图像与所述治疗设备的模型进行匹配来确定所述治疗设备的部署状态。在一些实施例中，所述至少一个参数包括部署测量结果，并且其中，所述处理器被配置为：确定匹配模型的置信度水平；并且当所述置信度水平低于阈值时基于所述部署测量结果来确定所述部署状态。

[0013] 根据本公开的另一实施例，一种用于确定治疗设备的部署状态的方法，包括：利用处理器来测量与所述治疗设备的部署状态有关的至少一个参数，其中，传感器耦合到柔性细长构件的远侧部分；利用成像系统获得包括所述治疗设备的图像；利用处理器来执行以下操作：基于所述图像和所述至少一个参数来确定所述治疗设备的部署状态；并且向与所

述处理器通信的显示器输出所述治疗设备的部署状态的图形表示。

[0014] 在一些实施例中,所述方法包括:向所述显示器输出屏幕显示,所述屏幕显示包括:所述图像中的至少一幅图像;以及被叠加在所述至少一幅图像上的治疗设备的部署状态的图形表示。在一些实施例中,所述至少一个参数包括所述柔性细长构件的控件的位置或角度。在一些实施例中,所述至少一个参数包括所述治疗设备的位置或角度。在一些实施例中,所述成像系统包括超声成像系统。在一些实施例中,所述成像系统包括X射线成像系统。在一些实施例中,所述传感器包括磁传感器,并且其中,测量所述至少一个参数包括获得位于所述治疗设备上的磁性种子的位置测量结果。在一些实施例中,组合来自所述传感器和所述成像系统的信息以确定所述治疗设备的部署状态包括使用图像识别以将来自所述成像系统的图像与所述治疗设备的模型进行匹配。

[0015] 根据本公开的另一实施例,一种用于确定治疗设备的部署状态的系统,包括:二尖瓣夹具放置设备,包括:导管;以及二尖瓣夹具,其被耦合到所述导管的远侧部分;超声成像设备,其被配置为获得位于患者的体腔内的二尖瓣夹具的超声图像;X射线成像设备,其被配置为获得位于所述患者的体腔内的二尖瓣夹具的X射线图像;传感器,其被耦合到所述二尖瓣夹具放置设备并且被配置为提供指示与所述二尖瓣夹具的部署状态有关的参数的传感器信号;以及处理器,其被配置为:基于所述参数和所述X射线图像来确定所述二尖瓣夹具的部署状态;并且向与所述处理器通信的显示器输出:所述超声图像中的至少一幅;以及所述治疗设备的部署状态的图形表示。

[0016] 本概述被提供以以下面在详细描述中进一步描述的简化形式引入概念的选择。本概述并非旨在识别所要求保护的主题的关键特征或实质特征,也不旨在限制所要求保护的主题的范围。如在权利要求中所定义的末端执行器状态估计系统的特征、细节、效用和优点的更广泛呈现在本公开的各种实施例的以下书面描述中提供并且在附图中图示。

附图说明

[0017] 将参考附图描述本公开的说明性实施例,其中:

[0018] 图1是根据本公开的至少一个实施例的范例末端执行器状态估计系统的图解表示。

[0019] 图2是根据本公开的至少一个实施例的范例经导管二尖瓣修复流程的图解表示。

[0020] 图3是根据本公开的至少一个实施例的范例经导管二尖瓣修复流程的超声图像。

[0021] 图4是根据本公开的至少一个实施例的范例经导管夹具递送系统的示意性视图。

[0022] 图5是根据本公开的至少一个实施例的范例末端执行器状态估计系统100的示意性视图。

[0023] 图6是根据本公开的至少一个实施例的范例经导管夹具递送系统110的至少部分的透视图。

[0024] 图7是根据本公开的至少一个实施例的来自范例经导管二尖瓣修复流程的术中X射线图像。

[0025] 图8是根据本公开的至少一个实施例的诸如二尖瓣夹具的末端执行器的3D模型的透视图。

[0026] 图9是示出根据本公开的至少一个实施例的处于六种不同打开/闭合状态的末端

执行器(例如,二尖瓣夹具)的详细模型的透视图。

[0027] 图10是根据本公开的至少一个实施例的用于将超声图像与末端执行器模型匹配的算法的输入和输出的图解表示。

[0028] 图11是根据本公开的至少一个实施例的用于确定经导管设备末端执行器的状态和姿势的范例卷积神经网络的图解表示。

[0029] 图12是根据本公开的实施例的处理器电路的示意图。

具体实施方式

[0030] 公开了一种在经导管微创手术(MIS)应用中使用的末端执行器状态估计系统。公开了利用与基于机器学习的预测组合的设备操纵器中的感测(例如,手动控制)以在与部署相关联的操纵期间准确地获取可植入治疗设备的状态的系统和方法。还公开了使用基于图像的信息及其组合来导出设备状态的系统和方法。在各种实施例中,治疗设备可以是或可以包括末端执行器。本公开的方面可以应用于末端执行器和/或治疗设备,其是/包括末端执行器,包括任何适合的末端执行器和/或治疗设备,其在远端、近端或在近端与远端之间的任何一个或多个点处扩张、收缩、弯曲、屈曲、铰接或以其他方式改变形状。

[0031] 使用经导管技术执行的结构性心脏流程是高度成像密集的流程。特别地,二尖瓣小叶修复技术是由对高质量动态(例如,实时)成像的需要驱动的。X射线图像可以清楚地对设备进行可视化,但非清楚地对感兴趣组织进行可视化,而超声图像可以示出组织,但具有清楚地对设备进行可视化的困难时间。在流程期间可以使用2D超声和X射线成像引导,但这本质上涉及尝试在二维中解决3D问题。越来越多的证据表明,当实时3D成像可用时,导航、目标选择和部署更容易执行。然而,即使利用3D成像,相对于所关注的组织,末端执行器的确切取向和打开/闭合状态也可能难以确定。本公开的末端执行器状态估计系统将使得流程能够以更大的置信度在3D中完成,并且还可以允许使用通过对3D信息的分析改进的2D图像。末端执行器状态估计系统还可以减少超声操作者的认知负担,以找到用于描绘经导管设备的末端执行器的3D状态的最佳的2D切片。

[0032] 高质量超声图像取决于对感兴趣对象(例如,二尖瓣小叶和夹具或用于经导管设备其他末端执行器)的最佳超声处理。超声成像能够遭受诸如声学丢失、阴影、归因于不当增益的晕状伪影的伪影,其能够使相同图像中的组织和设备的清晰、可视化复杂。即使当这样的伪影干扰了图像时,末端执行器状态估计系统也可以帮助利用准确的设备状态补充常规成像。

[0033] 使用夹具式设备进行小叶修复的重要任务是在夹具的抓取机构内适当抓住个体小叶。通常,增加增益以帮助对二尖瓣小叶的超声成像,所述二尖瓣小叶然后能够干扰对夹具的细长抓取臂的可视化。然而,对夹具的打开/闭合状态的适当理解对于执行该流程很重要。末端执行器状态估计系统可以提供该信息,因此改进流程中的置信度,并且潜在地改进结果并减少流程时间。

[0034] 如上文所描述的,MIS流程(诸如经导管心内处置)由成像质量并且由执行该流程的临床医师团队之间的有效沟通驱动。这伴随着相关联的学习曲线,使得在达到高熟练度之前,许多流程可能需要由团队成员执行。末端执行器状态估计系统能够向团队提供反馈,包括设备状态和姿势,从而潜在地改进学习曲线并增加流程期间的置信度。

[0035] 本公开通过改进设备末端执行器的可视化来基本上帮助执行微创手术(MIS)。在与经导管设备控制系统和一个或多个外部成像系统通信的处理器上实施,本文所公开的末端执行器状态估计系统在MIS流程期间提供实况超声图像的实际增强或注释。该增强的可视化允许使用其他提供不同程度的清晰度和精确度的成像模态,并且使得技能较低的操作者能够执行经导管治疗流程。该非常规方法通过使系统更易于操作复杂的任务(诸如心内修复流程)来改进经导管设备控制系统的功能。

[0036] 末端执行器状态估计系统可以生成在显示器上可观察的实时图像增强或注释,并且可以由在接受来自键盘、鼠标或触摸屏接口的用户输入并且可以与一个或多个医学仪器通信的处理器上执行的控制过程来操作。在该方面中,控制过程响应于在不同时间处做出的不同输入或选择并且响应于不同刺激而执行某些特定操作。处理器、显示器、传感器和用户输入系统的某些结构、功能和操作在本领域中是已知的,而其他在本文中记载以实现具有特殊性的本公开的新颖特征或方面。

[0037] 这些描述仅被提供用于示范性目的,并且不应当被认为是限制末端执行器状态估计系统的范围。在不脱离要求保护的的主题的精神的情况下,可以添加、移除或修改某些特征。

[0038] 出于促进对本公开的原理的理解的目的,现在将参考附图中所图示的实施例,并且特定的语言将被用于对其进行描述。然而,应理解,并不旨在限制本公开的范围。所描述的设备、系统和方法的任何变型和另外的修改和本公开的原理的任何另外的应用被完全预期并且被包括在本公开内,如本公开涉及的领域的技术人员将通常想到的。具体而言,应完全预期,关于一个实施例所描述的特征、部件和/或步骤可以与关于本公开的其他实施例所描述的特征、部件和/或步骤组合。然而,出于简洁的缘故,这些组合的许多迭代将不单独描述。

[0039] 图1是根据本公开的至少一个实施例的范例治疗设备状态估计系统100(其也可以被称为末端执行器状态估计系统)的图解表示。范例末端执行器状态估计系统100可以被配置为辅助临床医师操作经导管夹具递送系统110(例如,来自Abbott的MitraClip或TriClip,或来自Edwards Life Sciences的Pascal系统),其被配置为操纵夹具或心脏120内的其他相关末端执行器设备。末端执行器状态估计系统100从基于外部基准的位置传感器125(例如,磁性位置传感器、光学位置传感器)、位置或角度编码器130或相关传感器、超声成像系统140和/或X射线成像系统150接收数据。

[0040] 末端执行器状态估计系统100还包括处理电路160。在图1所示的范例中,处理电路160能够与控制单元接口连接和/或充当控制单元,所述控制单元用于从位于机械操纵器上的传感器130或从空间定位系统读取编码器信息。(一个或多个)传感器130可以测量与使用经导管夹具递送系统110递送的治疗夹具设备的部署状态有关的一个或多个参数。处理电路160还能够对来自超声成像系统140和/或X射线成像系统150的图像数据运行常规数据(图像、信号)处理算法和/或机器学习和深度学习算法。处理电路160额外地能够生成复杂的、被注释的2D或3D绘制170,并且在显示器180上示出它们,例如,具有多通道绘制支持。在一些实施例中,处理电路包括被设置在壳体内部的单个处理部件。在其他实施例中,处理部件包括多个硬件部件和/或硬件部件,诸如中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)或位于单个壳体内或分布在多个壳体中间的任何其他适合的部件。

[0041] 将理解到,上文所描述的范例被提供用于说明的目的,而不旨在是限制性的。可以利用其他设备和/或设备配置来执行本文所描述的操作。

[0042] 图2是根据本公开的至少一个实施例的范例经导管二尖瓣修复 (TMVR) 流程200的图解表示。流程200采用包括两个臂210和两个抓取器220的夹具设备205 (例如, Abbott MitraClip)。该流程还包括使用基于导管的递送系统230, 该递送系统230使用柔性细长构件通过右心房240进入心脏120, 然后刺穿右心房240进入左心房250, 并且通过二尖瓣260前进进入左心室270 (步骤“a”)。夹具205然后打开 (步骤“b”), 并且随后闭合, 使得其抓取二尖瓣260的两个小叶280 (步骤“c”)。然后将夹具205从递送系统230分离 (步骤“d”), 并且将递送系统230从心脏120撤回。夹具设备205可以被称为治疗设备和/或递送系统230的末端执行器。本领域普通技术人员将意识到, 可以采用其他设备和流程来修复心脏120内的结构, 例如用于瓣膜置换、组织消融、安装或移除起搏器部件等, 并且可以连同末端执行器状态估计系统一起使用, 只要该设备包括足够大和声反射以通过超声图像可视化的末端执行器。

[0043] 在二尖瓣中定位和部署治疗设备 (诸如二尖瓣夹具) 是具有挑战性的流程。在该方面中, 二尖瓣通常在执行该流程时仍然操作。尽管X射线成像数据可以提供二尖瓣夹具和递送系统的清晰图像, 但是该设备相对于二尖瓣的位置在X射线图像中可能不可见。尽管超声可以提供更多的解剖信息和细节, 诸如二尖瓣, 但是二尖瓣夹具和递送系统的回声性可以使得难以提供具有适当增益、对比度和其他图像设置的图像, 从而以足够的精确度清楚地可视化二尖瓣夹具的位置和部署状态以执行该流程。此外, 如果使用二维超声成像, 则可能难以确定二尖瓣夹具相对于超声探头的视场的取向, 而无论图像设置如何。

[0044] 在该方面中, 图3是根据本公开的至少一个实施例的范例经导管二尖瓣修复 (TMVR) 流程的超声图像300。例如, 可以使用经食道超声心动图 (TEE) 探头来捕获这样的图像。可以采用阈值和/或边缘梯度滤波来拒绝图像中的噪声并增强处置设备的组织、血液和固体组分之间的对比度。

[0045] 在图像300中可见的是二尖瓣夹具205、左心房250、左心室270、二尖瓣小叶280、以及二尖瓣夹具205的臂210和抓取器220。在TMVR流程期间, 能够期望例如将夹具205定位为使得臂210位于左心室270中, 抓取器220位于左心房250中, 并且小叶280各自落在臂210与抓取器220之间。在该配置中, 夹具205可以闭合, 使得其将小叶280永久地保持在一起。这可以限制二尖瓣反流 (MR), 因此改进MR患者的健康。

[0046] 对于许多临床医师而言, 捕获包括两个小叶280、两个臂210和两个抓取器220的实时超声图像可能是相当具有挑战性的, 如图3的范例图像300中所见。为了捕获跳动心脏的这样的图像, 涉及超声探头的适当位置和取向、示出小叶280的适当增益设置, 以及不存在噪声、阴影和晕状伪影以示出夹具205的结构。成像临床医师还必须实时选择这些特征被定位的3D体积数据的2D切片。本公开的特征是通过允许在不需要实时手动优化的超声图像的情况下确定和视觉报告夹具 (或其他末端执行器) 的位置、取向和打开/闭合状态来减少成像临床医师的负担。

[0047] 图4是根据本公开的至少一个实施例的范例经导管夹具递送系统110的示意新视图。可见的是夹具205, 包括臂210和抓取器220。臂210由致动器410操作, 而抓取器220由腱420操作。腱420和致动器410两者穿过导管或柔性细长构件430。夹具205可以耦合到柔性细长构件430的远侧部分431并且可以被认为是末端执行器。图4A示出了处于部分打开配置的

夹具205。图4B示出了处于闭合配置的夹具205。在一些方面中,夹具205可以在闭合配置中被推进通过二尖瓣,并且然后如图4A所示打开以接合二尖瓣的小叶。然后,抓取器220可以打开并更靠近臂210以夹钳到臂210与抓取器220之间的二尖瓣的相对小叶上。图4C示出了由织物覆盖物440覆盖的夹具205,一旦夹具205被植入到患者的二尖瓣中,这可以促使组织在夹具205上的生长。图4D示出了范例递送系统110的夹具控件450和递送系统控件480。夹具控件450包括臂关节连接旋钮460和一对个体抓取器联接器470。臂210和抓取器220的开合状态可以被称为与夹具设备205的部署状态有关的参数。

[0048] 图5是根据本公开的至少一个实施例的范例末端执行器状态估计系统100的示意性视图。夹具递送系统110上的机械操纵器450被用于控制瓣膜修复设备的关节连接(例如,夹具205,其是可拆卸末端执行器405的部分,例如如图4所示)。为了基于夹具递送系统的手柄上的机械操纵来感测或编码关节连接,传感器510和/或520可以用于检测诸如臂关节连接旋钮460和抓取器联接器470的控制的状态。传感器510或520可以产生数字化的机器可读信号,并且可以包括但不限于电编码器(例如,旋转编码器)、光学编码器、用于嵌入式感测的电位计、磁性空间定位系统(例如,以跟踪具有一个或多个磁性种子的控制表面、致动器或腱),基于IR的主动或被动光学空间定位系统(例如,以跟踪一个或多个IR反射或IR发射基准标记的位置),基于视觉(例如RGB、单色等)的光学跟踪系统,以定位一个或多个可见基准特征的位置。

[0049] 在对应于处理电路160(图1)的计算单元的操纵感测单元530中接收数字化信号(例如,信号515或525)。计算单元160还包括从成像系统140或150接收成像数据550的图像处理(例如,机器学习算法)单元540。计算单元160具有接口(例如,软件和/或硬件)以处理相关信息以馈送到一个或多个算法中。例如,可以为控制“夹具”设备的臂的旋钮位置分配变量 α ,并且为控制抓取器的操纵器位置分配变量 β 。一种或多种算法被设计为使用两个输入源产生最接近表示身体内部的设备的物理关节连接的信息:(1)描述设备手柄上的操纵的当前状态的信号(α, β),以及(2)来自两个实时介入成像模态的术中超声X射线或融合的成像信息:

[0050] $I_{us}, I_{x-ray}, I_{us+x-ray}$ 。

[0051] 算法可以包括但不限于以下类型的基本模块。在一些实施例中,信号由与处理器160通信的接口设备或控制单元接收、数字化和/或处理,并且接口设备基于接收到的信号向处理器160提供位置信息。

[0052] 对于诸如二尖瓣夹具的治疗设备,从完全闭合改变到完全打开的物理设备状态可以由螺钉和腱驱动的系统控制。尽管对这样的设备的控制可能仅针对一个自由度(DOF)(例如,操纵器状态 α 映射到夹具打开状态,并且类似地, β 用于抓取器状态),但是打开和闭合的响应可能不可预测或可重复地映射到一个DOF关节连接。因此,将特定控制表面设置与特定设备状态相关的查找表在所有情况下可能不是设备状态的可靠预测器。对关系进行数学建模的该挑战是由设备递送系统的物理性质及其操作环境对这些物理性质具有的影响引起的。例如,该系统的滞后可以以数据驱动的方式建模。2019年3月29日递交的美国临时申请US 62/825914、2019年3月29日递交的美国临时申请US 62/825905和2019年2月28日递交的美国临时申请US 62/811705(通过引用将其整体并入本文)描述了用于估计机电设备的运动学的方法。这些技术可以应用于在部署之前导出可植入末端执行器的状态。

[0053] 一种考虑控制状态信息(例如编码器反馈)与治疗设备的实际位置或部署状态之间的差异的方法是利用神经网络回归设备臂相对于旋钮旋转 α 的状态 θ (例如,以度为单位的角)。为此的数据收集可以通过针对以下各项在臂上放置磁跟踪种子(例如,五个DOF, $\sim 5\text{mm}$)并收集数据来完成:(a.)来自旋钮操纵的数字信号,其被量化到对应用足够敏感的期望范围;以及(b.)臂定位位置,其被转换为角度值。然后将这作为回归问题解决。数据采集也可以以受控的机器人方式实现(例如,以不同的组合来回移动旋钮或其他控制表面并记录对设备状态的效应)。以上技术也适用于其他关节连接(例如,抓取器关节连接),例如如图4中所示。

[0054] 图6是根据本公开的至少一个实施例的范例经导管夹具递送系统110的至少部分的透视图。经导管夹具递送系统110包括夹具控件450和递送系统控件480,其被容纳在引导手柄610、可转向套筒手柄620和夹具递送手柄630中。如上文所解释的,一个或多个传感器或编码器可以并入到任何或所有控件中,诸如夹具控件450和/或递送系统控件480,以提供关于末端执行器的位置和/或部署状态信息。

[0055] 图7是根据本公开的至少一个实施例的来自范例经导管二尖瓣修复(TMVR)流程的术中X射线图像700。X射线图像在MIS流程期间能够是有利的,因为从某些角度它们可以清楚地示出经导管递送系统110的末端执行器405(例如,夹具205)的位置、取向和打开/闭合状态。例如,这可以被表示为角度 θ ,其是基于X射线图像700要么由临床医师手动地要么由图像识别算法自动地测量或估计的。例如,可以通过分割、力测量、形状感测或通过用户在触摸屏上绘制角度来确定角度。然而,X射线图像可能不示出诸如二尖瓣小叶的软组织,其可能限制术中X射线成像对于相对于感兴趣组织操纵和部署末端执行器设备405的有用性。尽管如此,从术中X射线图像700获得的设备状态(例如角度 α)可以用于替换、补充、确认或调节通过感测递送系统110中的控制表面获得的设备状态。然后可以采用设备状态(例如,角度 α)来帮助对末端执行器405的3D位置、3D取向和打开/闭合状态的图像识别,如下文所描述的。在一些实施例中,可以针对不同的部件(诸如夹具设备205的臂和抓取器)获得单独的角度测量结果。

[0056] 图8是根据本公开的至少一个实施例的诸如二尖瓣夹具的末端执行器405的3D模型800的透视图。该模型包括可以例如类似于X射线图像中的末端执行器的外观的详细版本810、可以例如类似于超声图像中的末端执行器的外观的简化版本830和可以用作用于根据详细模型810导出简化模型830的计算中间步骤的中间版本820。

[0057] 小叶修复植入物的部署可以在实况(例如,实时术中)X射线和超声引导下执行。这些设备当最佳可见时,在每种成像模态中呈现清晰的轮廓和可预测的模式。这些成像特征可以用于驱动基于图像的算法(常规确定性图像处理、机器学习和/或其组合)来捕获设备状态以及预测设备行为。由于设备的物理和几何关系及其关节连接是先验已知的,因此可以将该信息并入到模型拟合算法中。在这种情况下,该算法利用诸如但不限于水平集、主动轮廓、主动统计形状和外观模型等的常规方法来拟合处于离散状态的设备的刚性模型。这些设备模型可以要么来自离散化状态的模型族,要么来自具有单个自由度(1DOF)或多个自由度(例如,2DOF、3DOF等)的连续参数模型。下面描述了该算法的版本。

[0058] 末端执行器状态估计系统100可以被配置为将介入设备(例如,二尖瓣夹具205)的模型拟合到超声(US)图像。该拟合可以涉及将3D模型800与超声图像中描绘的设备对齐,在

下文中被称为“目标”。模型800可以例如表示为三角形网格,或者由二进制掩模、点云等表示,其可以通过本领域已知的方法变换到三角形网格中。由于设备末端执行器405的模型800通常非常详细,而其在超声图像中的表示不是,因此模型表示可以使用本领域已知的网格简化方法来简化。图8示出了模型生成和简化的范例。

[0059] 在模型是刚性的范例中,可能期望找到允许模型与目标的最佳对齐的刚性变换,诸如迭代最近点(ICP)算法。为了定义每个网格(M)点与图像(I)之间的对应关系,目标(T)点由图像阈值化定义。阈值(th)可以是固定的或自适应的。然后,对于每个网格点,算法可以例如确定沿其表面法线(N)的对应目标:

$$[0060] \quad T(p) = M(p) + \vec{N}(p) * d$$

[0061] 其中,T(p)是目标点,M(p)是网格点,并且N(p)是点p处的表面法线向量。然后,该算法可以将位移d的有符号幅度定义如下:

$$[0062] \quad d = \begin{cases} (\max(I) - I(p)) / \max(I), & \text{如果 } I(p) > th \\ \frac{I - \max(I)}{\max(I)}, & \text{否则} \end{cases}$$

[0063] 一旦已经确定了网格与目标点之间的对应关系,该算法就可以例如使用单值分解(SVD)找到刚性变换。然后,可以迭代地重复以上步骤,直到过程收敛(即网格与目标点之间的平均距离变得可以忽略)。以这种方式,末端执行器405(例如,二尖瓣夹具)可以实时或近实时地定位在图像(例如,X射线或超声图像)中,并确定其取向。本领域普通技术人员将意识到,尽管该过程是针对单个模型描述的,但是算法还可以通过将末端执行器405与多个模型进行匹配来确定末端执行器405的状态,每个模型表示不同的打开/闭合状态,如下文所描述的。

[0064] 图9是示出根据本公开的至少一个实施例的处于六个不同打开/闭合状态的末端执行器405(例如,二尖瓣夹具)的模型的透视图。在二尖瓣夹具和许多其他设备的情况下,它们的形状可以在它们的部署过程中改变。例如,二尖瓣夹具具有可以打开和闭合到不同取向的臂210,如图9所示。此处表示的模型包括臂210,但不包括抓取器220(例如在图2、3和4中所示的)。本领域的技术人员或普通技术人员将意识到,不同的模型可以包括臂和抓取器位置的各种排列,或不同末端执行器405的其他特征。在图9所示的范例中,模型8a表示具有完全闭合臂210的末端执行器405,而模型810f表示具有完全打开臂210的末端执行器405,并且模型810b、810c、810d和810e表示这两个极端之间的不同中间状态。

[0065] 图10是根据本公开的至少一个实施例的用于将超声图像与末端执行器模型匹配的算法的输入和输出的图解表示。这些设备模型可以要么来自离散化状态的模型族,要么来自具有单个自由度(1DOF)或多个自由度(例如,2DOF、3DOF等)的连续参数模型。在图10所示的范例中,模型810a至810f表示用于末端执行器的不同打开/闭合状态。对于给定超声图像(例如,感兴趣体积的瞬时3D快照),每个模型与图像数据匹配,并且计算置信度评分,反映给定模型准确表示图像中所示的设备状态的概率。一组有序模型可以被称为模型族(MF)。由于可能不知道在第一个图像帧中将遇到设备打开的哪个阶段,一种可能的方法包括使用上文所解释的算法拟合MF的所有模型,并且然后选择最适合的模型。通常,具有最高置信度评分的模型可以被选择为末端执行器的“真实”或最可能的当前状态。该置信度评分可以以若干方式导出,主要基于图像特征。

[0066] 可以通过定义拟合置信度量度 (CM) 来做出该选择。该CM可以定义为两个准则的加权和：切块系数和边缘梯度量度。切块系数 (Dice) 基于模型和目标体积。目标体积是通过对紧密围绕拟合模型的感兴趣区域 (ROI) 中的图像进行阈值化来定义的。当网格最大程度地与目标叠加时，该量度最大化。边缘梯度量度涉及计算拟合网格的所有点处的图像梯度的归一化总和。当网格边界与图像对象边界最佳对齐时，该量度最大化。备选地或额外地，可以基于控制输入位置和/或X射线图像选择适当的模型，如上文所描述的，或者用户可以手动选择模型和设备位置/取向，要么作为起点要么在流程期间的间隔处。

[0067] 一旦机制被定义为将MF拟合到一帧，图像数据也可以被用于模型跟踪。由于对象移动在实时超声图像序列的帧之间是连续的，因此从先前帧的模型变换可以用作下一帧的初始模型姿势。该算法还可以包含模型打开/闭合在帧之间也连续的知识，因此不需要测试整个MF，而仅需测试先前帧中找到的最佳模型和MF序列中的“相邻”模型。该方法可以减少计算负担，使算法实时运行更可行。

[0068] 在图10所示的范例中，超声图像1010a对应于模型810a，并且因此模型810a的轮廓作为图形指示符1012a叠加到超声图像上。图像1010c对应于表示模型810c的图形指示符1012c并且已经与其叠加，而图像1010d和1010e已经与它们的分别表示模型810d和810e的对应图形指示符1012d、1012e叠加。由于超声图像可以是粒状的、嘈杂的、低分辨率的，并且倾向于出现成像伪影，因此这些叠加模型允许临床医师或其他用户跨广泛的图像质量范围一目了然地解释超声图像中的末端执行器的位置、取向和打开/闭合状态。在一些实施例中，超声图像1010及其对应的图形指示符1012可以作为图形用户接口或屏幕显示输出并且实时更新以显示出治疗设备的部署状态。在一些实施例中，屏幕显示中可以包括其他类型的图形指示符或图示以指示部署状态，诸如线框图示、二维图示、数值指示符、文本指示符和/或任何其他适合类型的图形指示符。在一些实施例中，部署的量或百分比（例如，角度、最大关节连接的百分比）被显示在屏幕显示器上。在一些实施例中，屏幕显示包括位置测量结果的置信度的表示，诸如数值指示符，或与图形1020相似或相同的图形表示。在一些实施例中，治疗设备的图形指示符和/或屏幕显示上的不同指示符可以指示治疗设备相对于正在使用的图像的视场的取向。

[0069] 如果末端执行器的打开/闭合状态在特定程度的置信度内已知，则可以极大地帮助选择和叠加最适当的模型并且对应地减少计算负担，这是由于控制表面的测量（参见图5）或X射线图像（参见图7）。

[0070] 图11是根据本公开的至少一个实施例的用于确定经导管设备末端执行器的状态和姿势的范例卷积神经网络 (CNN) 1140的图解表示。在一些实施例中，可以基于卷积神经网络对在自然和医学图像中观察到的复杂模式进行建模的能力来导出设备状态。该数据驱动的方法可以被用于直接根据3D图像数据1130导出设备状态，和/或通过将图像特征提取为一组前体参数作为到常规图像处理方法（类似上文所描述的方法）的输入。范例方法是利用监督式学习范式，其中，网络1140在大数量的标记图像数据1110上进行训练以产生用于回归末端执行器的状态和姿势的网络层1120。标签可以是刚性先验，其描述 (a.) 末端执行器的状态、(b.) 末端执行器的姿势，以及 (c.) 设备在3D体积数据1130的超声坐标系内的位置。该方法可以被用于直接拟合模型并确定可以包括例如末端执行器的姿势、状态和位置的输出向量1150。取决于可用的计算能力，该方法可以以“按需”方式运行，作为对诸如上文所描

述的算法的更常规算法的补充。神经网络1140可以采取本领域已知的架构意义上的各种形式(例如循环网络)以及范式(例如无监督学习、强化学习等)。

[0071] 在一些实施例中,深度学习(DL)算法可以从3D网格开始,以提出粗略估计设备可能在3D体积1130中何处。包括X射线图像作为DL输入可能增加鲁棒性。在其他实施例中,2D超声探头扫过感兴趣体积以生成3D图像体积1130。

[0072] 如上文所描述的,在用户反馈系统中提供冗余有益于:(a.)可重复地理解设备状态-特别地当与组织交互时,(b.)降低进入障碍并减少针对该流程的学习曲线,以及(c.)改进经导管MIS流程的置信度和结果。

[0073] 在一些实施例中,末端执行器状态估计系统100能够基于机械操纵和图像导出状态交叉参考设备状态,以在任一输入下降到其特定置信度量以下的情况下提供高程度冗余。实际情况场景能够涉及由于用于可视化组织的阴影、丢失或过度增益,以及X射线图像中的潜在阴影或缩短,在超声图像中末端执行器的不良图像外观,以及确定末端执行器姿势和状态的对应困难。特别地,在小叶插入和抓取步骤期间,抓取器的可视化是有益的。这常常是一个挑战,并且末端执行器状态估计系统100可以基于例如控制表面的测量状态来提供该缺失信息。末端执行器状态估计系统100还可以改进基于图像的方法的性能,因为其在不良图像特征的情况下减少优化搜索空间。

[0074] 末端执行器状态估计系统100可以被实施为使用常规技术的物理模块和基于图像的模块的输出的加权和,或者实施为机器学习(ML)回归问题。可视化和反馈可以经由当前存在的显示模块呈现给用户,如例如在2018年1月15日递交的美国公开US 2019/0371012和2020年6月23日递交的美国临时申请US 63/042801中所描述的,通过引用将其两者整体并入本文。在一些实施例中,末端执行器状态估计系统100可以向用户发布关于适当控制表面移动的建议(例如,文本或图形指令),以在流程期间的不同时间处实现针对末端执行器的期望状态。

[0075] 图12是根据本公开的实施例的处理器电路1250的示意图。处理器电路1250可以被实施在超声成像系统140或其他设备或工作站(例如,第三方工作站、网络路由器等)中、或在云处理器或其他远程处理单元上,如实施方法所需要的。如所示,处理器电路1250可以包括处理器1260、存储器1264和通信模块1268。这些元件可以彼此直接或者间接通信,例如,经由一个或多个总线。

[0076] 处理器1260可以包括中央处理单元(CPU)、数字信号处理器(DSP)、ASIC、控制器、或通用计算设备、精简指令集计算(RISC)设备、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、或其他相关逻辑器件的任何组合,包括机械和量子计算机。处理器1260还可以包括被配置为执行本文所描述的操作的另一硬件设备、固件设备或其任何组合。处理器1260还可以被实施为计算设备的组合(例如,DSP和微处理器的组合、多个微处理器、结合DSP核心的一个或多个微处理器或者任何其他这样的配置)。

[0077] 存储器1264可以包括高速缓存存储器(例如,处理器1260的高速缓存存储器)、随机存取存储器(RAM)、磁阻RAM(MRAM)、只读存储器(ROM)、可编程只读存储器(PROM)、可擦可编程只读存储器(EPROM)、电可擦可编程只读存储器(EEPROM)、闪速存储器、固态存储器设备、硬盘驱动器、其他形式的易失性和非易失性存储器、或不同类型的存储器的组合。在实施例中,存储器1264包括非瞬态计算机可读介质。存储器1264可以存储指令1266。指令1266

可以包括当由处理器1260运行时使处理器1260执行本文所描述的操作的指令。指令1266还可以被称为代码。术语“指令”和“代码”应当广泛地被解释为包括任何类型的(一个或多个)计算机可读叙述。例如,术语“指令”和“代码”可以是指一个或多个程序、例程、子例程、函数、流程等。“指令”和“代码”可以包括单个计算机可读叙述或许多计算机可读叙述。在一些实例中,处理器电路1250的输出可能在显示器1270上可见。

[0078] 通信模块1268可以包括促进处理器电路1250与其他处理器或设备之间的数据的直接或间接通信的任何电子电路和/或逻辑电路。在该方面中,通信模块1268可以是输入/输出(I/O)设备。在一些实例中,通信模块1268促进处理器电路1250的各种元件和/或超声成像系统140之间的直接或间接通信。通信模块1268可以通过许多方法或协议在处理器电路1250内通信。串行通信协议可以包括但不限于US SPI、I²C、RS-232、RS-485、CAN、以太网、ARINC 429、MODBUS、MIL-STD-1553或任何其他适合的方法或协议。并行协议包括但不限于ISA、ATA、SCSI、PCI、IEEE-488、IEEE-1284和其他适合的协议。在适当的情况下,串行和并行通信可以由UART、USART或任何其他适当的子系统桥接。

[0079] 外部通信(包括但不限于软件更新、固件更新、处理器与中央服务器之间的预设共享或来自超声设备的读数)可以使用任何适合的无线或有线通信技术实现,诸如线缆接口(诸如USB、micro USB、Lightning或火线接口)、蓝牙、Wi-Fi、ZigBee、Li-Fi或蜂窝数据连接(诸如2G/GSM、3G/UMTS、4G/LTE/WiMax或5G)。例如,蓝牙低能量(BLE)无线电能够用于与云服务建立连接以进行数据传输并且接收软件补丁。控制器可以被配置为与远程服务器或本地设备(诸如膝上型计算机、平板电脑或手持式设备)通信,或者可以包括能够示出状态变量和其他信息的显示器。信息还可以在物理介质上(诸如USB闪存驱动器或存储器棒)传递。

[0080] 如本领域普通技术人员在熟悉本文的教导之后将容易意识到的,末端执行器状态估计系统可以包含来自手术设备控制表面、超声成像体积和2D X射线图像的信息,并且可以生成提供关于经导管手术设备末端执行器的位置、姿势和状态的清晰、实时的指导的图像增强或注释。因此,可以看出,末端执行器状态估计系统通过减少解释用于执行图像密集型、经导管、微创手术流程的图像所要求的技能和训练量来满足本领域的长期需要。在MIS流程(诸如二尖瓣小叶修复)期间,输出可以采取引导叠加的形式以及超声和X射线图像上的相关联的可视化。在一些实施例,系统可以包括设备的物理修改,其中,机电传感器馈送到控制单元中,和/或空间跟踪系统和机械操纵器上的对应基准的存在。该系统可以用于可靠且可重复地导出如上文所描述的可植入设备或末端执行器的准确状态。

[0081] 多个变型在上文所描述的范例和实施例上是可能的。例如,系统可以采用基于屏幕绘制的高级可视化,经由增强现实(AR)和虚拟现实(VR)技术绘制3D虚拟空间。该系统可以用于基于末端执行器状态检测和/或触发用于超声或X射线成像系统的必要的组织特异性成像预设。该系统还可用于在超声和X射线成像平台上创建新的设备特异性成像呈现,这改进导航体验。末端执行器状态估计系统可以基于2D超声图像而不是3D超声体积,或者基于3D而不是2D X射线图像数据来执行计算。可以使用其他成像模态来代替或补充上文列出的那些,包括但不限于心内超声心动图(ICE)、经胸超声、血管内超声(IVUS)等。

[0082] 因此,组成本文所描述的技术的实施例的逻辑操作不同地被称为操作、步骤、对象、元件、部件或模块。此外,应当理解,除非另外明确要求保护,否则这些可以以任何次序发生或者布置或者执行或特定次序由权利要求语言固有地需要。

[0083] 还应该理解,所描述的技术可以用于其他类型的医学流程,包括兽医流程,并且还可以用于其中采用经导管末端执行器并且其中末端执行器状态的详细实时知识对于流程的执行必要的非医学流程。

[0084] 所有方向参考,例如,上、下、内、外、向上、向下、左、右、横向、前、后、顶部、底部、上面、下面、垂直、水平、顺时针、逆时针、近侧和远侧仅被用于识别目的以帮助读者理解要求保护的主体,并且未产生特别地关于末端执行器状态估计系统的位置、取向或用途的限制。连接参考,例如附接、耦合、连接和结合要广泛地解释并且可以包括元件的集合之间的中间构件和元件之间的相对移动,除非另外指示。这样一来,连接参考不一定隐含两个元件彼此直接地并且以固定关系连接。术语“或者”应当被解释为意指“和/或”而不是“异或”。词语“包括”不排除其他元件或者步骤,并且词语“一”或“一个”不排除多个。除非在权利要求中另外说明,否则陈述值不应当仅被解释为说明性的并且不应当被理解为限制性的。

[0085] 以上说明书、范例和数据提供了对如权利要求中定义的末端执行器状态估计系统的示范性实施例的结构和用途的完整描述。尽管以上已经以某种程度的特殊性或参考一个或多个个体实施例描述要求保护的的主题的各种实施例,但是在不脱离要求保护的的主题的精神或范围的情况下,本领域的技术人员可以对所公开的实施例做出许多变更。

[0086] 仍然预期了其他实施例。应预期,以上描述中包含和附图中所示的所有主题应当被解释为仅对特定实施例是说明性而非限制性的。在不脱离如权利要求书中限定的主题的基本元素的情况下,可以做出细节或结构的改变。

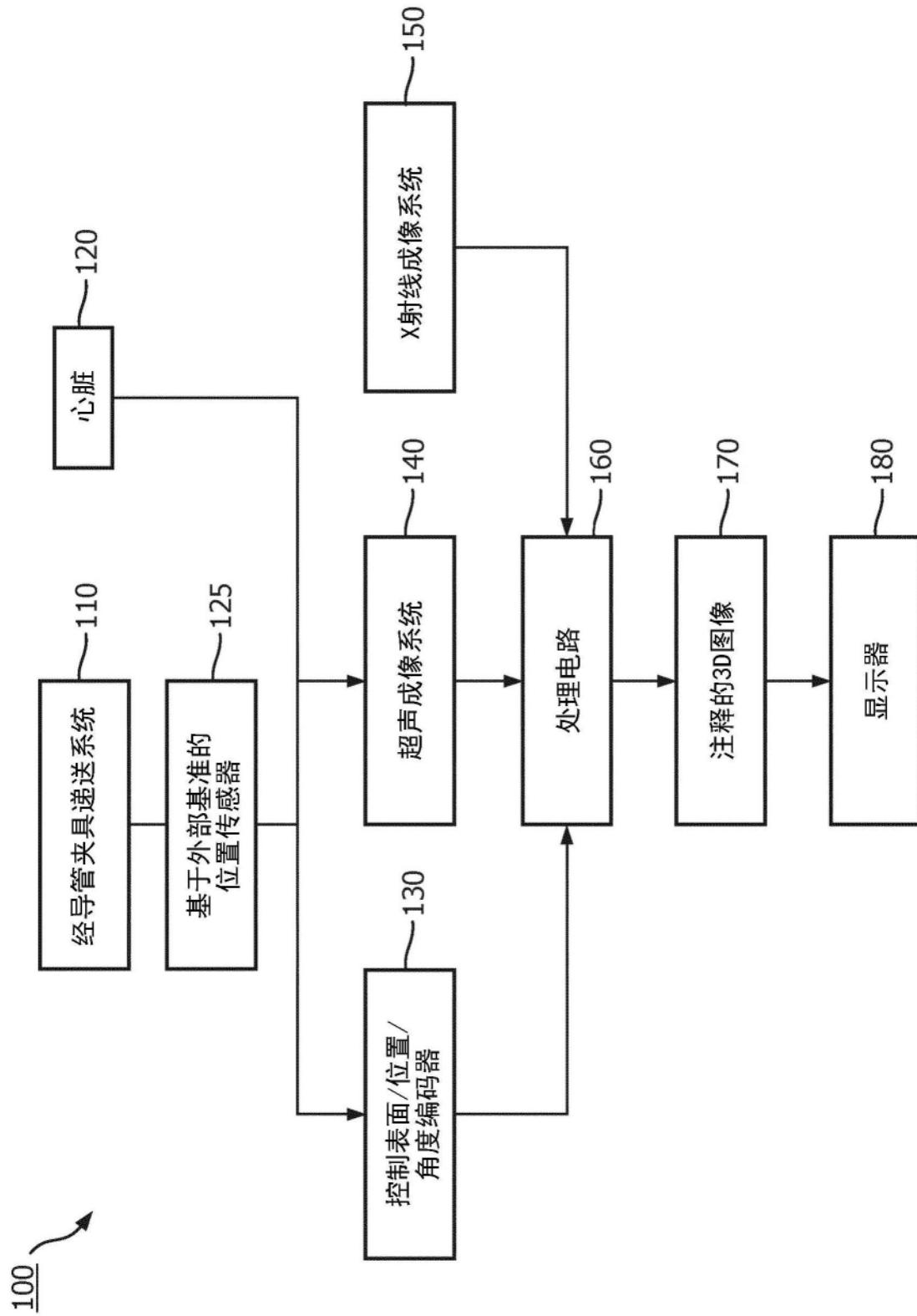


图1

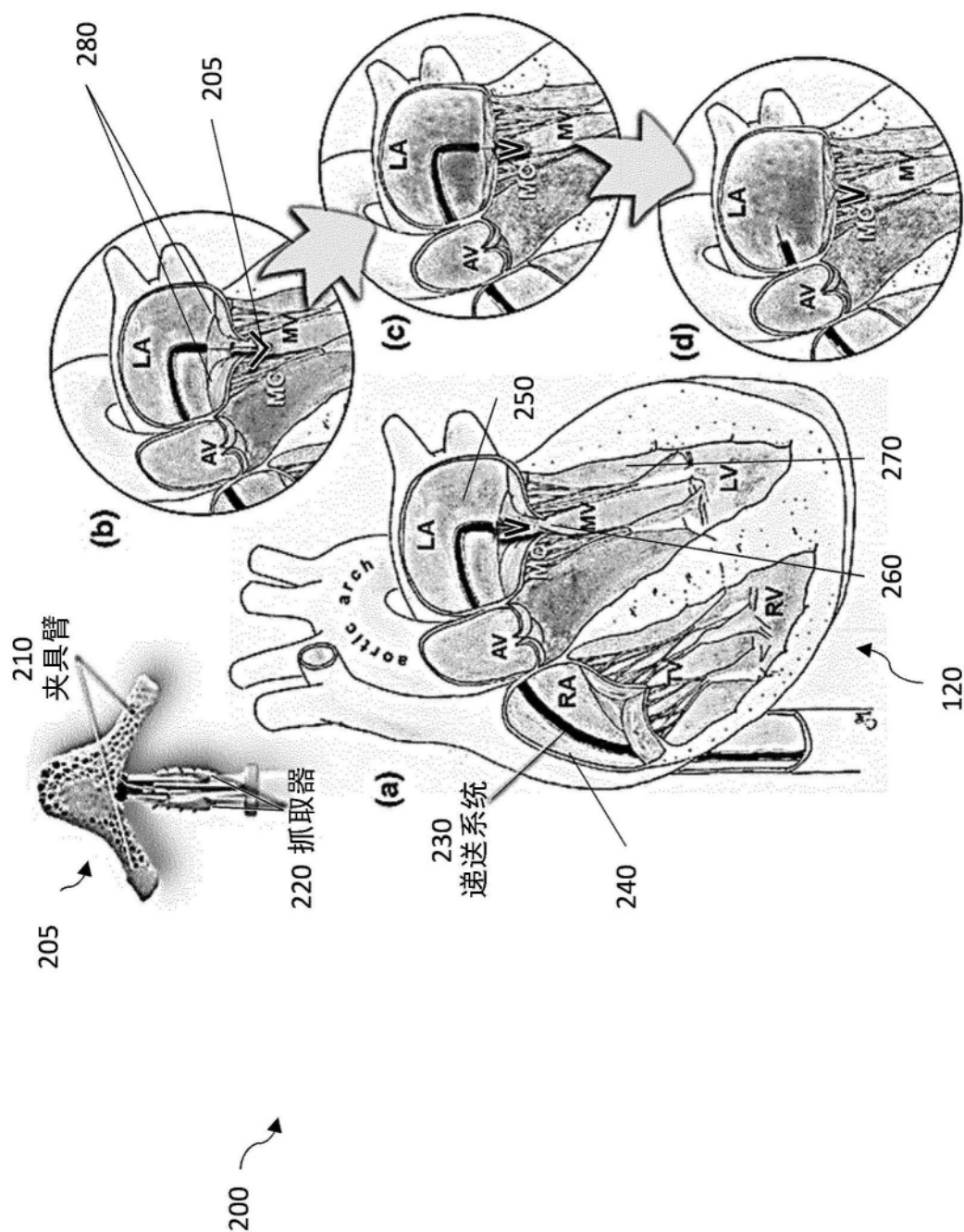


图2

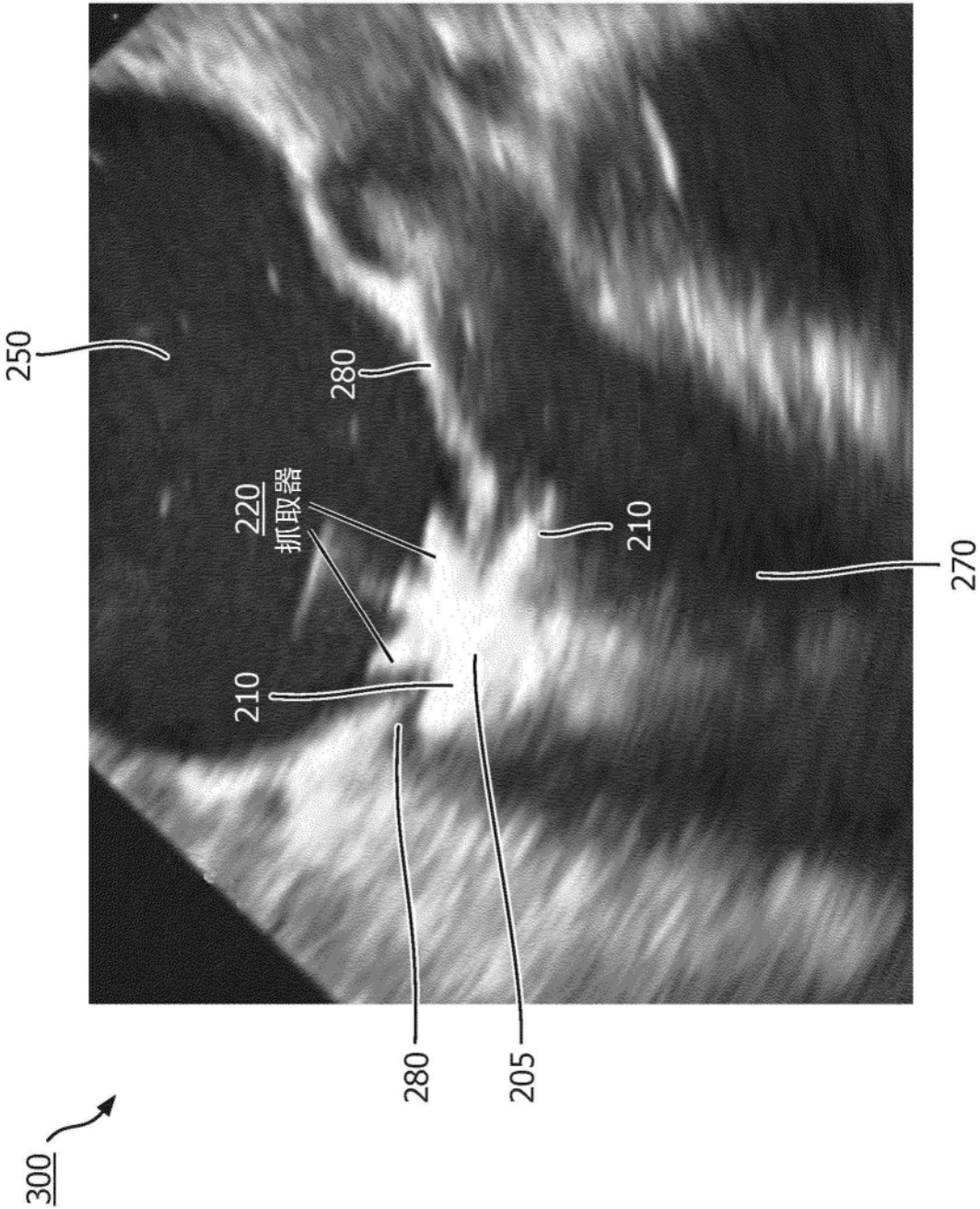


图3

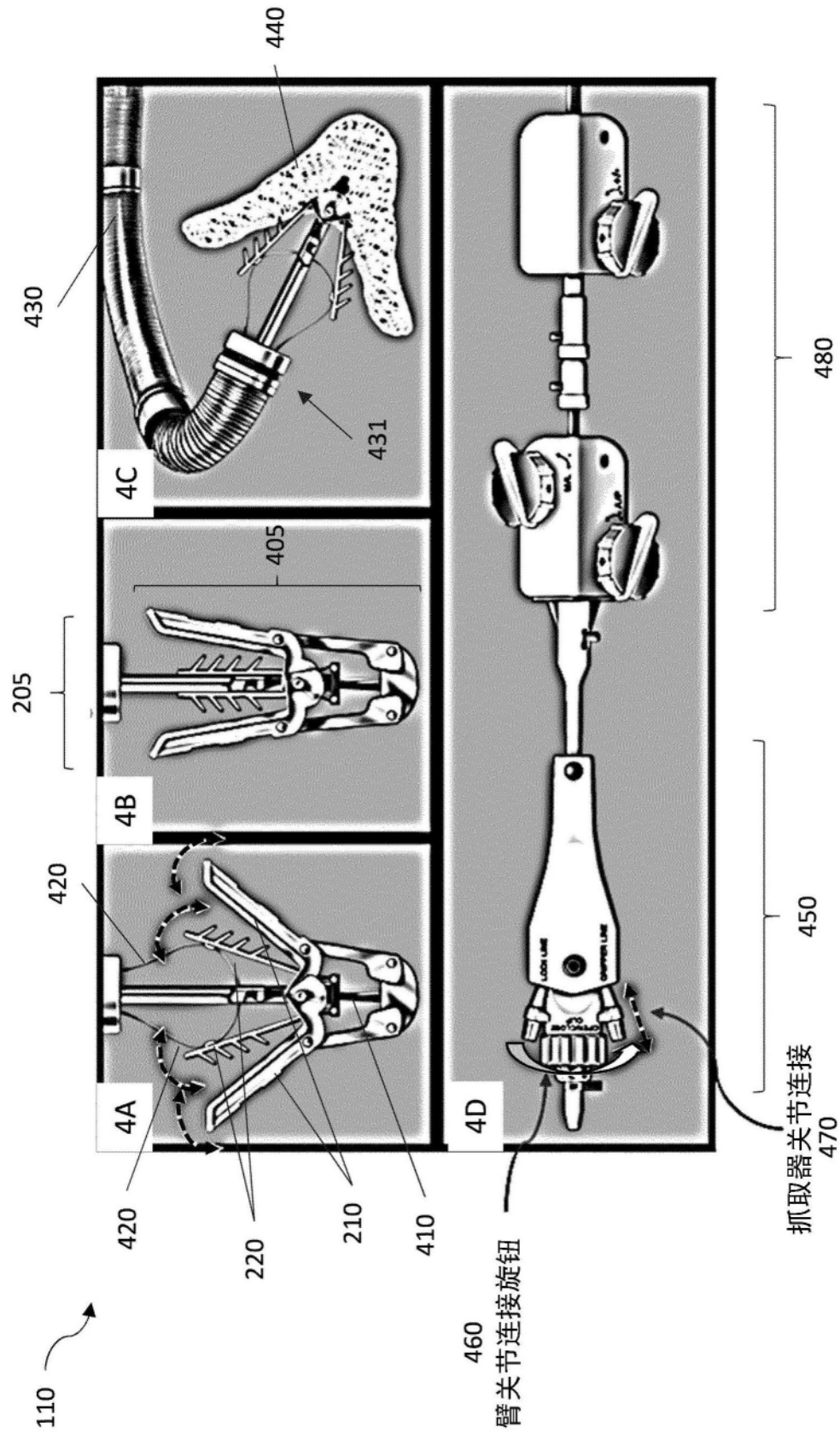


图4

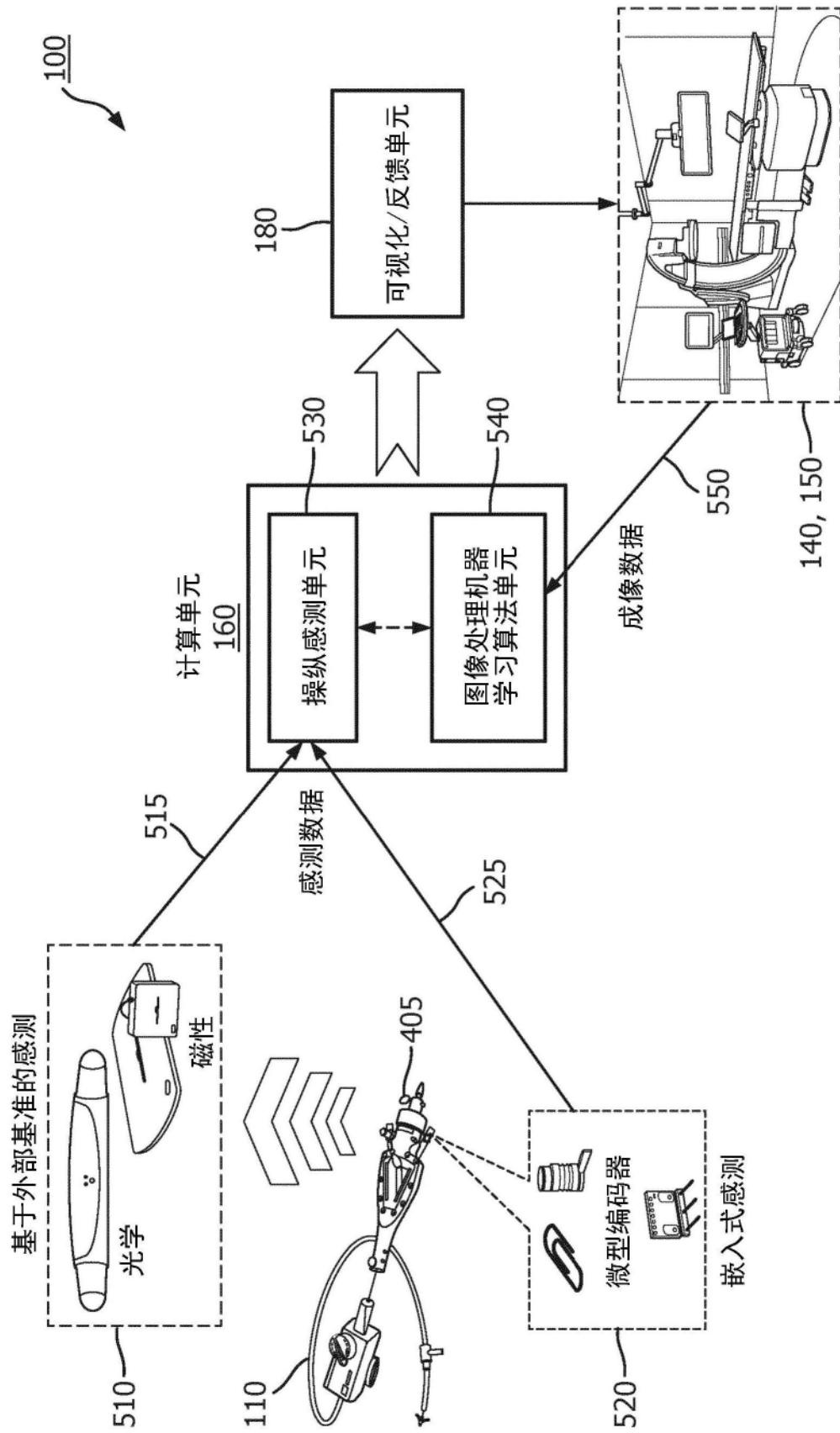


图5

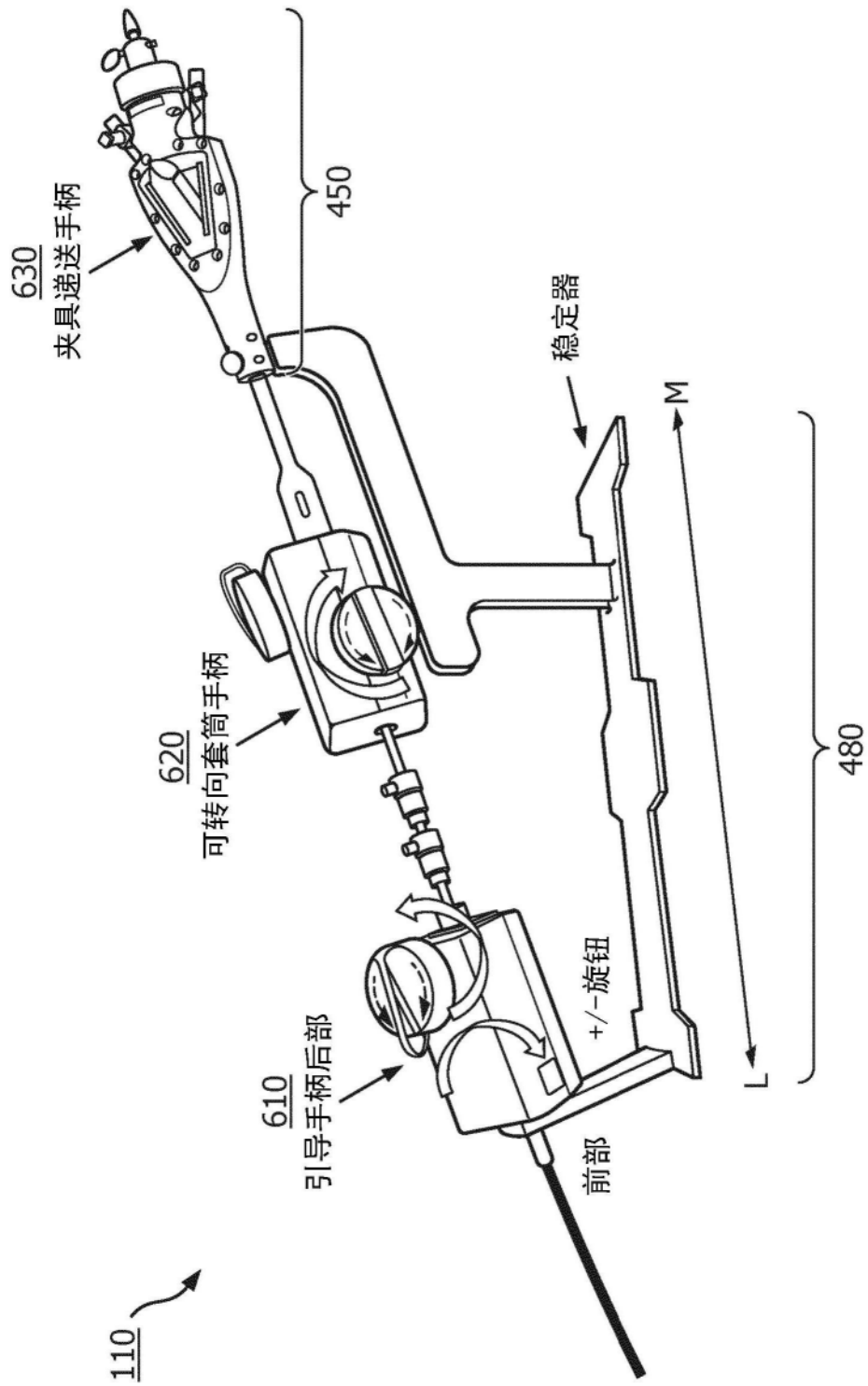


图6



图7

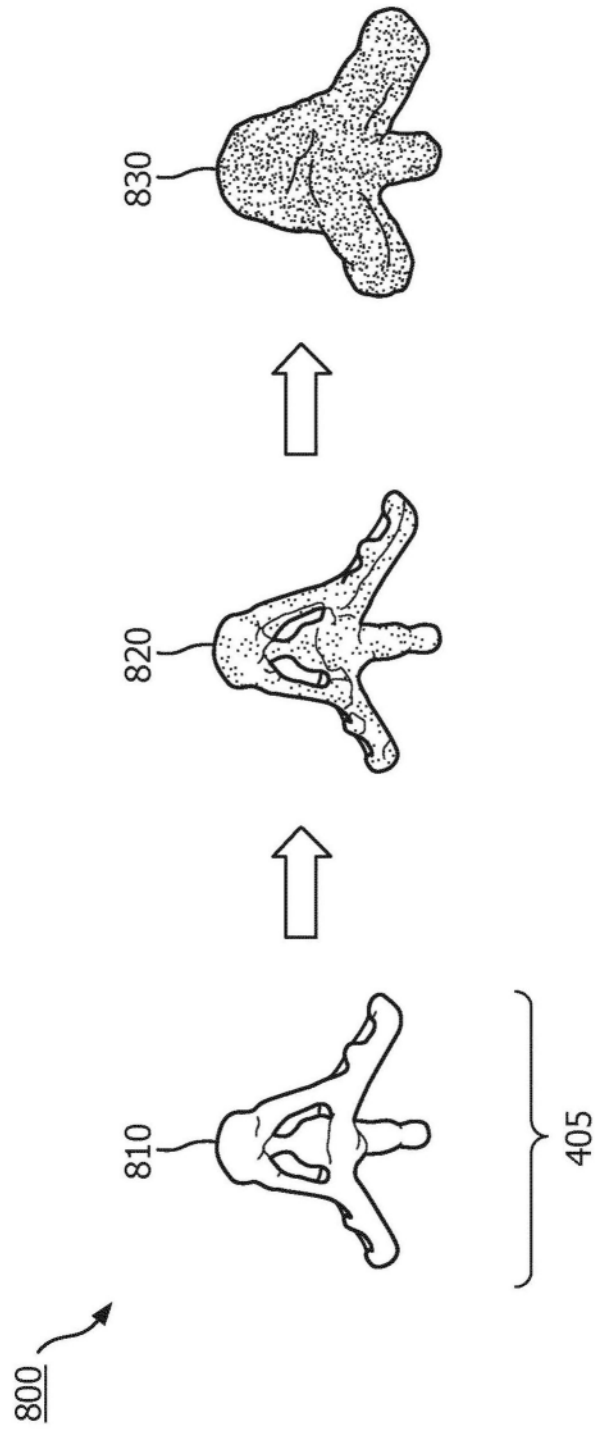


图8

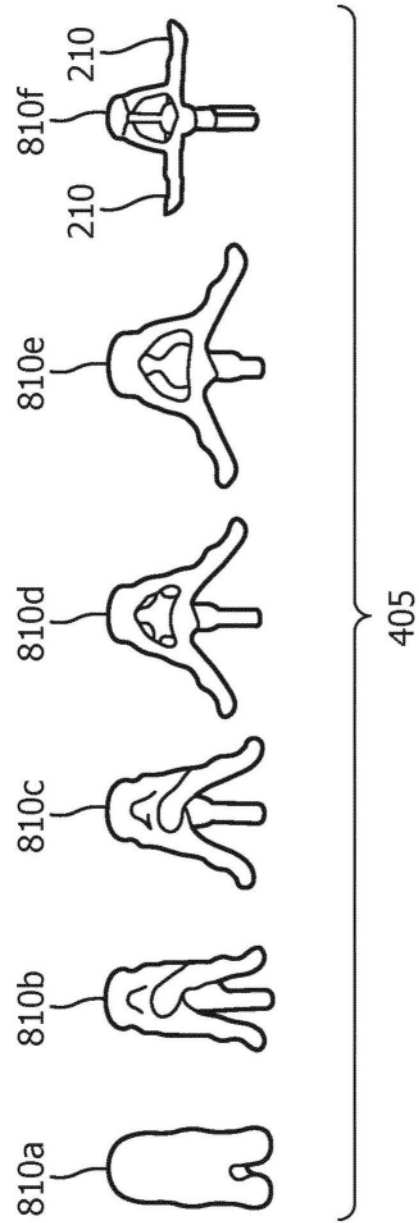


图9

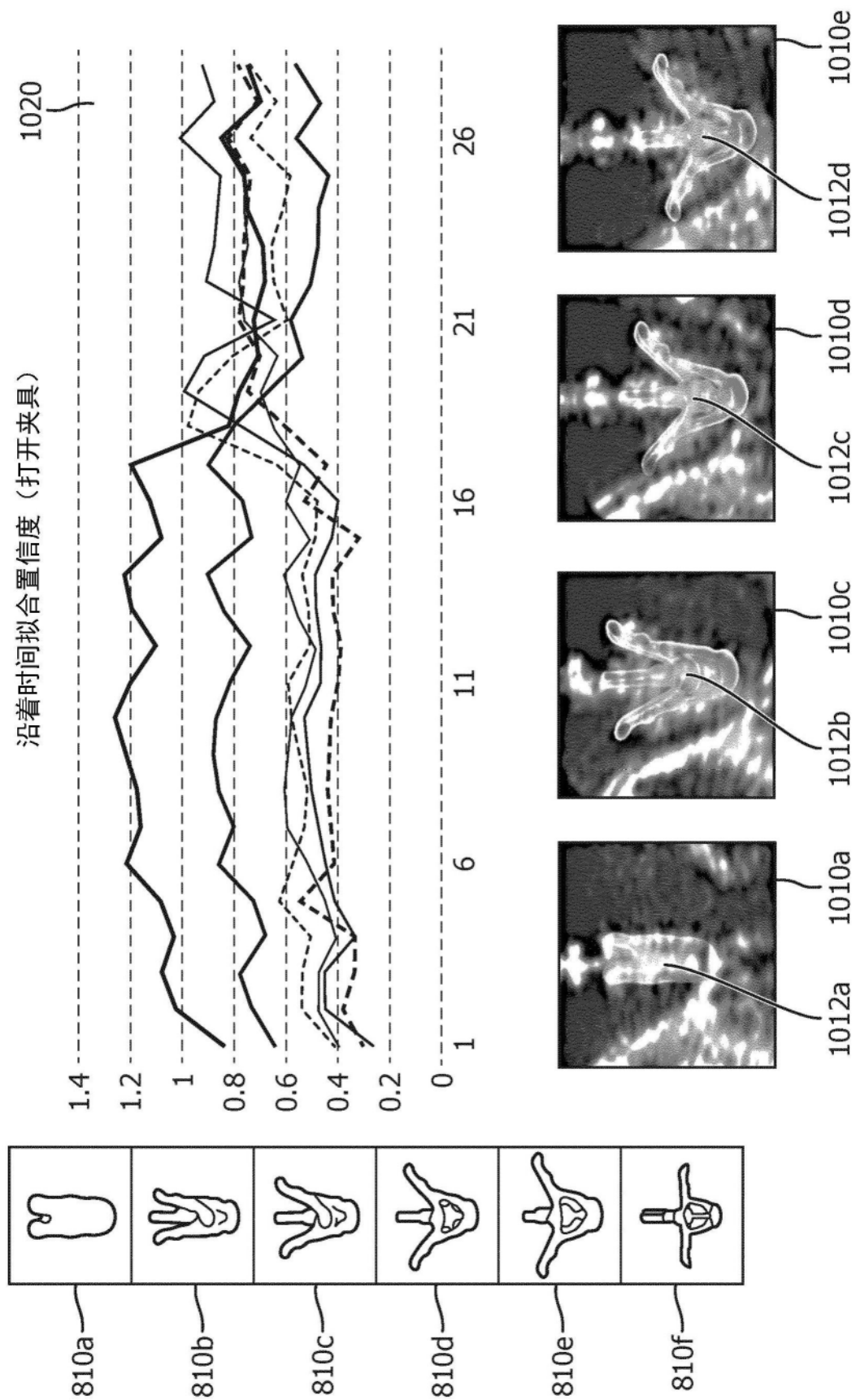


图10

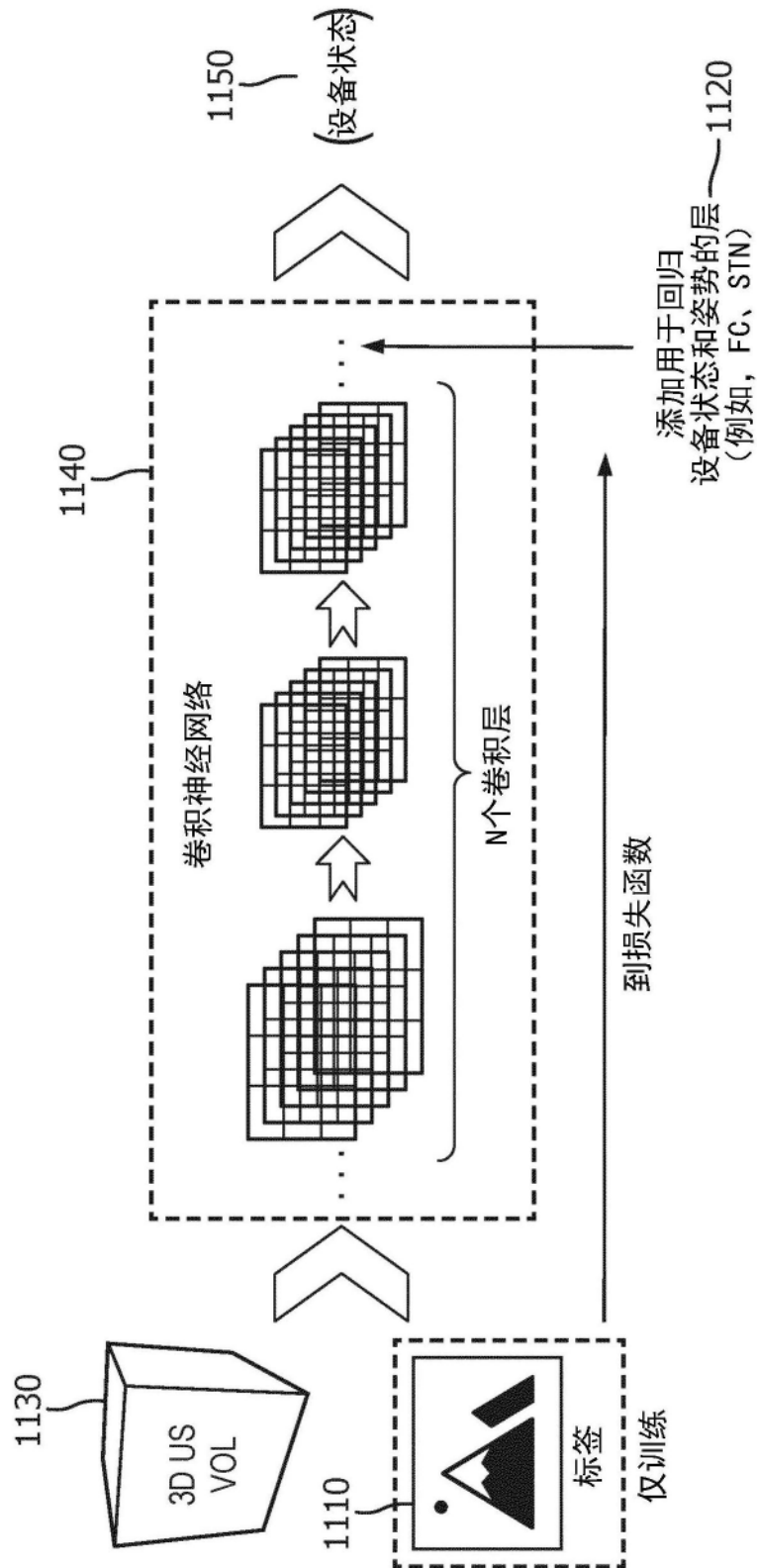


图11

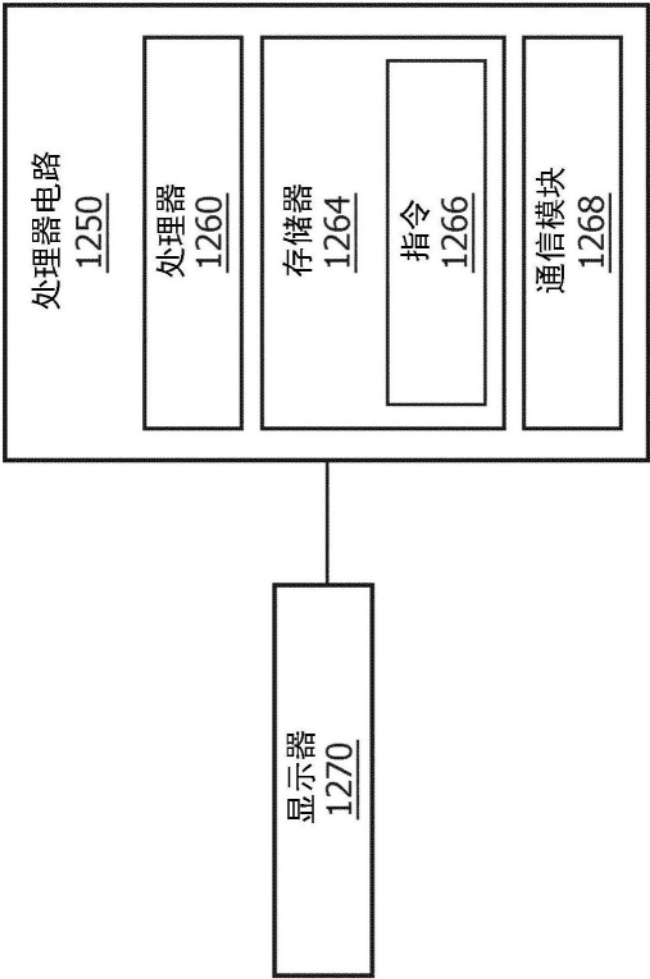


图12