



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110809453 A

(43)申请公布日 2020.02.18

(21)申请号 201880044407.0

(22)申请日 2018.12.14

(30)优先权数据

62/607,246 2017.12.18 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.12.31

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/065837 2018.12.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02019/125964 EN 2019.06.27

(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 赫德耶·拉菲-塔里

普拉桑特·吉万

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 唐京桥 杨林森

(51)Int.Cl.

A61B 34/20(2006.01)

A61B 5/06(2006.01)

A61B 1/04(2006.01)

G06T 7/32(2006.01)

G06T 7/246(2006.01)

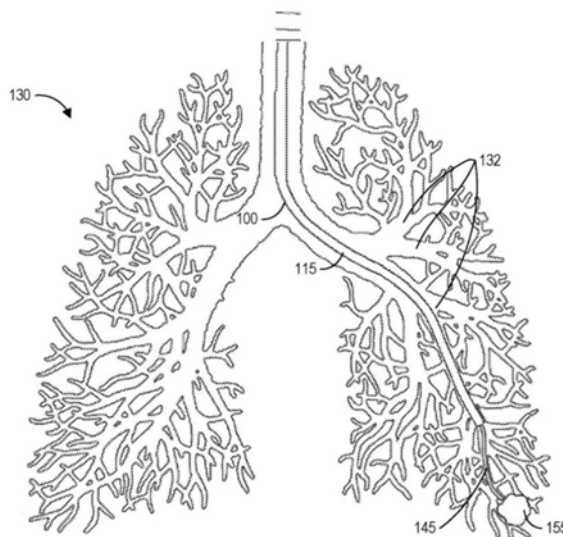
权利要求书6页 说明书27页 附图27页

### (54)发明名称

用于腔网络内的器械跟踪和导航的方法和系统

### (57)摘要

描述了用于器械跟踪和导航的方法和系统。在一个实施方式中,该系统可以被配置成从跟踪定位在腔网络内的器械的至少一个位置传感器接收位置传感器数据并且确定根据传感器数据得出的基于位置传感器的估计状态。系统可以被配置成基于位置传感器数据和至少一种其他类型的位置数据确定器械的组合估计状态。该系统可以被配置成基于组合估计状态和基于位置传感器的估计状态确定定位变换并且基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出器械的估计状态。



1. 一种在其上存储有指令的非暂态计算机可读存储介质,所述指令在被执行时使装置的处理器至少进行以下操作:

从跟踪定位在腔网络内的器械的至少一个位置传感器接收位置传感器数据;

确定根据所述传感器数据得出的基于位置传感器的估计状态;

基于所述位置传感器数据和至少一种其他类型的位置数据确定所述器械的组合估计状态;

基于所述组合估计状态和所述基于位置传感器的估计状态确定定位变换;以及

基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

2. 根据权利要求1所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述指令在被执行时使所述处理器进行以下操作:

在所述腔网络的第一部分与所述腔网络的第二部分之间的转变点处确定所述定位变换;以及

当所述器械定位在所述腔网络的第二部分内时,基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

3. 根据权利要求1所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述指令在被执行时使所述处理器进行以下操作:

对于所述腔网络的第一部分与所述腔网络的第二部分之间的转变点之前的一系列位置确定所述定位变换;以及

当所述器械定位在所述腔网络的第二部分内时,基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

4. 根据权利要求2所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述指令在被执行时使所述处理器进行以下操作:当所述器械定位在所述腔网络的第一部分内时,输出所述组合估计状态。

5. 根据权利要求2所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述指令在被执行时使所述处理器进行以下操作:

获得与所述腔网络的映射部分相对应的术前模型数据;以及

基于所述术前模型数据确定所述转变点。

6. 根据权利要求5所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述转变点被确定为在所述术前模型的最后一段的阈值长度处。

7. 根据权利要求5所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述转变点被确定为在所述术前模型的最后一段的远端处。

8. 根据权利要求1所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述定位变换包括偏移。

9. 根据权利要求8所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述偏移包括矢量。

10. 根据权利要求9所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述矢量指示在转变点处所述组合估计状态与所述基于传感器的估计状态之间的距离。

11. 根据权利要求1所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述定位变换包括函数。

12. 根据权利要求1所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述组合估计状态包括以下中的一个或多个:

段的标识符、所述段内的深度和所述器械的滚转信息;

三自由度位置;以及  
六自由度位置。

13. 根据权利要求1所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述基于位置传感器的估计状态包括以下中的一个或多个:

三自由度位置;以及  
六自由度位置。

14. 根据权利要求2所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述指令在被执行时使所述处理器进行以下操作:基于调整后的基于位置传感器的估计状态确定所述器械的估计状态与目标结节之间的距离。

15. 根据权利要求1所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述指令在被执行时使所述处理器进行以下操作:在显示器上显示调整后的基于位置传感器的估计状态的视觉标记。

16. 根据权利要求1所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述指令在被执行时使所述处理器进行以下操作:

基于调整后的基于位置传感器的估计状态确定所述器械的指向方向;以及  
在显示器上显示所述指向方向。

17. 根据权利要求1所述的非暂态计算机可读存储介质,其中,所述指令在被执行时使所述处理器进行以下操作:在所述器械定位在所述第二部分内时,固定所确定的定位变换。

18. 一种机器人系统,包括:

器械,所述器械具有细长主体和设置在所述细长主体上的至少一个位置传感器;  
器械定位装置,所述器械定位装置附接至所述器械并且被配置成移动所述器械;  
其上存储有可执行指令的至少一个计算机可读存储器;以及

一个或多个处理器,所述一个或多个处理器与所述至少一个计算机可读存储器进行通信并且被配置成执行所述指令以使所述系统至少进行以下操作:

从所述至少一个位置传感器接收位置传感器数据;

确定根据所述位置传感器数据得出的基于位置传感器的估计状态;

基于所述位置传感器数据和至少一种其他类型的位置数据确定所述器械的组合估计状态;

基于所述组合估计状态和所述基于位置传感器的估计状态确定定位变换;以及

基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

根据权利要求18所述的系统,其中,所述器械包括内窥镜。

根据权利要求18所述的系统,其中,所述器械定位装置包括机器人臂。

19. 根据权利要求18所述的系统,其中,所述至少一个位置传感器包括EM传感器。

20. 根据权利要求18所述的系统,其中,所述至少一个位置传感器包括形状感测光纤、加速度计、陀螺仪或超声传感器。

21. 根据权利要求18所述的系统,其中,所述指令在被执行时使所述一个或多个处理器进行以下操作:

在腔网络的第一部分与所述腔网络的第二部分之间的转变点处确定所述定位变换;以及

当所述器械定位在所述腔网络的第二部分内时,基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

22.根据权利要求18所述的系统,其中,所述指令在被执行时使所述一个或更多个处理器进行以下操作:

对于腔网络的第一部分与所述腔网络的第二部分之间的转变点之前的一系列位置确定所述定位变换;以及

当所述器械定位在所述腔网络的第二部分内时,基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

23.根据权利要求22所述的系统,其中,所述指令在被执行时使所述一个或更多个处理器进行以下操作:当所述器械定位在所述腔网络的第一部分内时,输出所述组合估计状态。

24.根据权利要求22所述的系统,其中,所述指令在被执行时使所述一个或更多个处理器进行以下操作:

获得与所述腔网络的映射部分相对应的术前模型数据;

基于所述术前模型数据确定所述转变点。

25.根据权利要求24所述的系统,其中,所述转变点被确定为在所述术前模型的最后一段的阈值长度处。

26.根据权利要求24所述的系统,其中,所述转变点被确定为在所述术前模型的最后一段的远端处。

27.根据权利要求18所述的系统,其中,所述定位变换包括偏移。

28.根据权利要求27所述的系统,其中,所述偏移包括矢量。

29.根据权利要求28所述的系统,其中,所述矢量指示在转变点处所述组合估计状态与所述基于位置传感器的估计状态之间的距离。

30.根据权利要求18所述的系统,其中,所述定位变换包括函数。

31.根据权利要求18所述的系统,其中,所述组合估计状态包括以下中的一个或更多个:

段的标识符、所述段内的深度和所述器械的滚转信息;

三自由度位置;以及

六自由度位置。

32.根据权利要求18所述的系统,其中,所述基于位置传感器的估计状态包括以下中的一个或更多个:

三自由度位置;以及

六自由度位置。

33.根据权利要求18所述的系统,其中,所述指令在被执行时使所述一个或更多个处理器进行以下操作:基于调整后的基于位置传感器的估计状态确定所述器械的估计状态与目标结节之间的距离。

34.根据权利要求18所述的系统,还包括显示器,并且其中,所述指令在被执行时使所述一个或更多个处理器进行以下操作:在显示器上显示调整后的基于位置传感器的估计状态的视觉标记。

35.根据权利要求18所述的系统,其中,所述指令在被执行时使所述一个或更多个处理

器进行以下操作：

基于调整后的基于位置传感器的估计状态确定所述器械的指向方向；以及  
在显示器上显示所述指向方向。

36. 根据权利要求18所述的系统，其中，所述指令在被执行时使所述一个或更多个处理器进行以下操作：在所述器械定位在所述第二部分内时，固定所确定的定位变换。

37. 一种用于在人体的腔网络内导航器械的方法，所述方法包括：

从跟踪定位在所述腔网络内的所述器械的至少一个位置传感器接收位置传感器数据；  
确定根据所述位置传感器数据得出的基于传感器的估计状态；

基于所述位置传感器数据和至少一种其他类型的另外的位置数据确定所述器械的组合估计状态；

基于所述组合估计状态和所述基于位置传感器的估计状态确定定位变换；以及  
基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

38. 根据权利要求37所述的方法，还包括：

在所述腔网络的第一部分与所述腔网络的第二部分之间的转变点处确定所述定位变换；以及

当所述器械定位在所述腔网络的第二部分内时，基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

39. 根据权利要求37所述的方法，还包括：

对于所述腔网络的第一部分与所述腔网络的第二部分之间的转变点之前的一系列位置确定所述定位变换；以及

当所述器械定位在所述腔网络的第二部分内时，基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

40. 根据权利要求38所述的方法，还包括：当所述器械定位在所述腔网络的第一部分内时，输出所述组合估计状态。

41. 根据权利要求38所述的方法，还包括：

获得与所述腔网络的映射部分相对应的术前模型数据表示；以及  
基于所述术前模型数据确定所述转变点。

42. 根据权利要求41所述的方法，其中，所述转变点被确定为在所述术前模型的最后一段的阈值长度处。

43. 根据权利要求41所述的方法，其中，所述转变点被确定为在所述术前模型的最后一段的远端处。

44. 根据权利要求37所述的方法，其中，所述定位变换包括偏移。

45. 根据权利要求44所述的方法，其中，所述偏移包括矢量。

46. 根据权利要求45所述的方法，其中，所述矢量指示在转变点处所述组合估计状态与所述基于位置传感器的估计状态之间的距离。

47. 根据权利要求37所述的方法，其中，所述定位变换包括函数。

48. 根据权利要求37所述的方法，其中，所述组合估计状态包括以下中的一个或更多个：

段的标识符、所述段内的深度和所述器械的滚转信息；

三自由度位置;以及  
六自由度位置。

49. 根据权利要求37所述的方法, 其中, 所述基于位置传感器的估计状态包括以下中的一个或多个:

三自由度位置;以及  
六自由度位置。

50. 根据权利要求37所述的方法, 还包括: 基于调整后的基于位置传感器的估计状态确定所述器械的估计状态与目标结节之间的距离。

51. 根据权利要求37所述的方法, 还包括: 在显示器上显示调整后的基于位置传感器的估计状态的视觉标记。

52. 根据权利要求37所述的方法, 还包括:

基于调整后的基于位置传感器的估计状态确定所述器械的指向方向; 以及  
在显示器上显示所述指向方向。

53. 根据权利要求38所述的方法, 还包括: 在所述器械定位在所述第二部分内时, 固定所确定的定位变换。

54. 一种用于在人体的腔网络内导航器械的方法, 所述方法包括:

从跟踪定位在所述腔网络内的所述器械的至少一个位置传感器接收位置传感器数据;  
确定根据所述位置传感器数据得出的基于位置传感器的估计状态;  
基于至少一种其他类型的另外的位置数据确定所述器械的另外的估计状态;  
基于所述另外的估计状态和所述基于位置传感器的估计状态确定定位变换; 以及  
基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

55. 根据权利要求54所述的方法, 还包括:

在所述腔网络的第一部分与所述腔网络的第二部分之间的转变点处确定所述定位变换; 以及

当所述器械定位在所述腔网络的第二部分内时, 基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

56. 根据权利要求54所述的方法, 还包括:

对于所述腔网络的第一部分与所述腔网络的第二部分之间的转变点之前的一系列位置确定所述定位变换; 以及

当所述器械定位在所述腔网络的第二部分内时, 基于通过所述定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出所述器械的估计状态。

57. 根据权利要求55所述的方法, 还包括: 当所述器械定位在所述腔网络的第一部分内时, 输出所述另外的估计状态。

58. 根据权利要求55所述的方法, 还包括:

获得与所述腔网络的映射部分相对应的表示术前模型的术前模型数据; 以及  
基于所述术前模型数据确定所述转变点。

59. 根据权利要求58所述的方法, 其中, 所述转变点被确定为在所述术前模型的最后一段的阈值长度处。

60. 根据权利要求58所述的方法, 其中, 所述转变点被确定为在所述术前模型的最后一

段的远端处。

61. 根据权利要求55所述的方法, 其中, 所述定位变换包括偏移。

62. 根据权利要求61所述的方法, 其中, 所述偏移包括矢量。

63. 根据权利要求62所述的方法, 其中, 所述矢量指示在所述转变点处所述另外的估计状态与所述基于传感器的估计状态之间的距离。

64. 根据权利要求55所述的方法, 其中, 所述定位变换包括函数。

## 用于腔网络内的器械跟踪和导航的方法和系统

### 技术领域

[0001] 本公开内容一般地涉及用于器械跟踪和导航的方法和系统,并且更具体地涉及用于在腔网络内跟踪和导航机器人使能的医疗器械的方法和系统。

### 背景技术

[0002] 医疗过程诸如内窥镜检查(例如,支气管镜检查)可以涉及出于诊断和/或治疗目的而进入患者的腔网络(例如,气道)的内部并使其可视化。

[0003] 支气管镜检查是允许医师检查患者的肺中的气道例如支气管和细支气管的医疗过程。在该过程期间,被称为支气管镜的细柔性管状工具或器械可以被插入到患者的口腔中,并且朝向被识别用于后续诊断和/或治疗的组织部位通过患者的喉部向下延伸进入到他或她的肺气道中。

[0004] 在某些过程中,机器人使能的医疗系统可以用于控制器械的插入和/或操纵。机器人使能的医疗系统可以包括机器人臂或其他器械定位装置,其具有用于在过程期间控制器械的定位的操纵器组件。

### 发明内容

[0005] 机器人使能的医疗系统可以被配置成用于在医疗或外科过程期间跟踪和导航器械。该系统可以用于执行各种过程,包括微创过程(例如,腹腔镜检查)和无创过程(例如,内窥镜检查)二者。在内窥镜检查过程中,该系统可以用于执行支气管镜检查、输尿管镜检查、肠胃病学等。在这样的过程期间,医师可以引导器械通过患者的腔网络。腔网络可以包括多个分支腔(诸如在支气管或肾网络中)或单个腔(诸如胃肠道)。

[0006] 机器人使能的医疗系统可以包括用于在腔网络内定位和/或引导医疗器械的定位系统(也被称为导航系统)。在一些实施方式中,定位系统可以确定或估计器械的位置。定位系统可以接收和处理各种类型的定位或位置数据,以确定器械的位置。例如,定位系统可以处理位置传感器数据、机器人插入数据和/或视觉数据以确定器械的位置。定位系统可以根据这些数据输入中的一个或组合得出或估计器械的位置。

[0007] 在一些情况下,定位系统可能在器械移动通过腔网络时更改用于确定器械的位置的数据输入的组合。例如,定位系统可以从使用数据输入中的一个或组合变为使用数据输入中的不同的一个、组合的子集或数据输入的不同组合来确定位置。当发生这种情况时,器械的确定的位置可能由于定位系统所使用的数据输入更改而改变。如果确定的位置正被显示给医师,则当定位系统更改用于确定位置的数据输入时,医师可能会感觉到位置的突然改变或跳跃。这会是不期望的,因为这可能会使医师烦躁或迷惑。

[0008] 定位系统可以更改用于确定器械的位置的数据输入的一个示例情况可以是当器械从腔网络的由术前模型表示的一部分移动到腔网络的未被术前模型表示的另一部分时。在一些情况下,定位系统可以至少部分地基于腔网络的术前模型来确定器械的位置。在一些情况下,当器械在腔网络的由术前模型表示的一部分内时,某些数据输入用于确定器械



的位置。当器械定位在腔网络的未被术前模型表示的一部分中时,可以使用数据输入的子集或不同的数据输入来确定器械的位置。用于确定器械位置的数据输入的差异可能导致确定的位置的突然改变或跳跃。再者,如果将确定的位置显示给医师,则医师可能会将突然的改变或跳跃感觉为烦躁或迷惑。

[0009] 本文中描述的跟踪和导航方法和系统可以例如用于减少或消除这种突然的改变或跳跃。例如,这可以通过在定位系统在其处更改用于确定位置的数据输入的转变点处确定定位变换来完成。定位变换可以用于调整未来确定的位置,以减少或消除位置的任何突然改变或跳跃。通过定位变换调整的确定的位置可以被显示给用户。这可以为医师提供改进的体验,从而实现对机器人使能的医疗系统的改进的控制。以下总结了跟踪和导航方法和系统的某些方面和特征;然而,本公开内容的系统、方法和装置各自具有若干创新方面,其中的单个不全权负责本文中公开的期望属性。

[0010] 在第一方面中,描述了其上存储有指令的非暂态计算机可读存储介质。该指令在被执行时使装置的处理器的至少进行以下操作:从跟踪定位在腔网络内的器械的至少一个位置传感器接收位置传感器数据;确定根据传感器数据得出的基于位置传感器的估计状态;基于位置传感器数据和至少一种其他类型的位置数据确定器械的组合估计状态;基于组合估计状态和基于位置传感器的估计状态来确定定位变换;以及基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态。

[0011] 非暂态计算机可读存储介质可以以任意组合包括以下特征中的一个或多个特征:(a) 其中,所述指令在被执行时使处理器进行以下操作:在腔网络的第一部分与腔网络的第二部分之间的转变点处确定定位变换,并且当器械定位在腔网络的第二部分内时,基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态;(b) 其中,所述指令在被执行时使处理器进行以下操作:对于腔网络的第一部分与腔网络的第二部分之间的转变点之前的一系列位置确定定位变换,并且当器械定位在腔网络的第二部分内时,基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态;(c) 其中,所述指令在被执行时使处理器进行以下操作:当器械定位在腔网络的第一部分内时,输出组合估计状态;(d) 其中,所述指令在被执行时使处理器进行以下操作:获得与腔网络的映射部分相对应的术前模型数据,基于术前模型数据确定转变点;(e) 其中,转变点被确定为在术前模型的最后一段的阈值长度处;(f) 其中,转变点被确定为在术前模型的最后一段的远端处;(g) 其中,定位变换包括偏移;(h) 其中,偏移包括矢量;(i) 其中,矢量指示在转变点处组合估计状态与基于传感器的估计状态之间的距离;(j) 其中,定位变换包括函数;(k) 其中,组合估计状态包括以下中的一个或多个:段的标识符、段内的深度和器械的滚转信息、三自由度位置和六自由度位置;(l) 其中,基于位置传感器的估计状态包括以下中的一个或多个:三自由度位置和六自由度位置;(m) 其中,所述指令在被执行时使处理器进行以下操作:基于调整后的基于位置传感器的估计状态来确定器械的估计状态与目标结节之间的距离;(n) 其中,所述指令在被执行时使处理器进行以下操作:在显示器上显示调整后的基于位置传感器的估计状态的视觉标记;(o) 其中,所述指令在被执行时使处理器进行以下操作:基于调整后的基于位置传感器的估计状态确定器械的指向方向,并且在显示器上显示该指向方向;以及/或者(p),其中,所述指令在被执行时使处理器进行以下操作:在器械定位在第二部分内时固定所确定的定位变换。

[0012] 在另一方面中,描述了机器人系统。该机器人系统可以包括:器械,所述器械具有细长主体和设置在细长主体上的至少一个位置传感器;器械定位装置,所述器械定位装置附接至器械并且被配置成移动器械;其上存储有可执行指令的至少一个计算机可读存储器;以及一个或多个处理器,所述一个或多个处理器与至少一个计算机可读存储器进行通信并且被配置成执行所述指令。所述指令在被执行时可以使系统至少进行以下操作:从至少一个位置传感器接收位置传感器数据;确定根据位置传感器数据得出的基于位置传感器的估计状态;基于位置传感器数据和至少一种其他类型的位置数据确定器械的组合估计状态;基于组合估计状态和基于位置传感器的估计状态来确定定位变换;以及基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态。

[0013] 该系统可以以任意组合包括以下特征中的一个或多个:(a) 其中,器械定位装置包括机器人臂;(b) 其中,至少一个位置传感器包括EM传感器;(c) 其中,至少一个位置传感器包括形状感测光纤、加速度计、陀螺仪或超声传感器;(d) 其中,所述指令在被执行时使一个或多个处理器进行以下操作:在腔网络的第一部分与腔网络的第二部分之间的转变点处确定定位变换,并且当器械定位在腔网络的第二部分内时,基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态;(e) 其中,所述指令在被执行时使一个或多个处理器进行以下操作:对于腔网络的第一部分与腔网络的第二部分之间的转变点之前的一系列位置确定定位变换,并且当器械定位在腔网络的第二部分内时,基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态;(f) 其中,所述指令在被执行时使一个或多个处理器进行以下操作:当器械定位在腔网络的第一部分内时,输出组合估计状态;(g) 其中,所述指令在被执行时使一个或多个处理器进行以下操作:获得与腔网络的映射部分相对应的术前模型数据,基于术前模型数据确定转变点;(h) 其中,转变点被确定为在术前模型的最后一段的阈值长度处;(i) 其中,转变点被确定为在术前模型的最后一段的远端处;(j) 其中,定位变换包括偏移;(k) 其中,偏移包括矢量;(l) 其中,矢量指示在转变点处组合估计状态与基于位置传感器的估计状态之间的距离;(m) 其中,定位变换包括函数;(n) 其中,组合估计状态包括以下中的一个或多个:段的标识符、段内的深度和器械的滚转信息、三自由度位置和六自由度位置;(o) 其中,基于位置传感器的估计状态包括以下中的一个或多个:三自由度位置和六自由度位置;(p) 其中,所述指令在被执行时使一个或多个处理器进行以下操作:基于调整后的基于位置传感器的估计状态来确定器械的估计状态与目标结节之间的距离;(q) 显示器,并且其中,所述指令在被执行时使一个或多个处理器进行以下操作:在显示器上显示调整后的基于位置传感器的估计状态的视觉标记;(r) 其中,所述指令在被执行时使一个或多个处理器进行以下操作:基于调整后的基于位置传感器的估计状态确定器械的指向方向,并且在显示器上显示该指向方向;以及/或者(s),其中,所述指令在被执行时使一个或多个处理器进行以下操作:在器械定位在第二部分内时固定所确定的定位变换。

[0014] 在另一方面中,描述了一种用于在人体的腔网络内导航器械的方法。该方法可以包括:从跟踪定位在腔网络内的器械的至少一个位置传感器接收位置传感器数据;确定根据位置传感器数据得出的基于传感器的估计状态;基于位置传感器数据和至少一种其他类型的另外的位置数据确定器械的组合估计状态;基于组合估计状态和基于位置传感器的估计状态来确定定位变换;以及基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出

器械的估计状态。

[0015] 该方法可以以任意组合包括以下特征中的一个或多个：(a) 在腔网络的第一部分与腔网络的第二部分之间的转变点处确定定位变换，并且当器械定位在腔网络的第二部分内时，基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态；(b) 对于腔网络的第一部分与腔网络的第二部分之间的转变点之前的一系列位置确定定位变换，并且当器械定位在腔网络的第二部分内时，基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态；(c) 当器械定位在腔网络的第一部分内时，输出组合估计状态；(d) 获得与腔网络的映射部分相对应的术前模型数据表示，并且基于术前模型数据确定转变点；(e) 其中，转变点被确定为在术前模型的最后一段的阈值长度处；(f) 其中，转变点被确定为在术前模型的最后一段的远端处；(g) 其中，定位变换包括偏移；(h) 其中，偏移包括矢量；(i) 其中，矢量指示在转变点处组合估计状态与基于位置传感器的估计状态之间的距离；(j) 其中，定位变换包括函数；(k) 其中，组合估计状态包括以下中的一个或多个：段的标识符、段内的深度和器械的滚转信息、三自由度位置和六自由度位置；(l) 其中，基于位置传感器的估计状态包括以下中的至少一种：三自由度位置和六自由度位置；(m) 基于调整后的基于位置传感器的估计状态来确定器械的估计状态与目标结节之间的距离；(n) 在显示器上显示调整后的基于位置传感器的估计状态的视觉标记；(o) 基于调整后的基于位置传感器的估计状态确定器械的指向方向，并且在显示器上显示该指向方向；以及/或者 (p) 包括：在器械定位在第二部分内时固定所确定的定位变换。

[0016] 在另一方面中，描述了一种用于在人体的腔网络内导航器械的方法。该方法可以包括：从跟踪定位在腔网络内的器械的至少一个位置传感器接收位置传感器数据；确定根据位置传感器数据得出的基于位置传感器的估计状态；基于至少一种其他类型的另外的位置数据确定器械的另外的估计状态；基于另外的估计状态和基于位置传感器的估计状态来确定定位变换；以及基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态。

[0017] 该方法可以以任意组合包括以下特征中的一个或多个：(a) 在腔网络的第一部分与腔网络的第二部分之间的转变点处确定定位变换，并且当器械定位在腔网络的第二部分内时，基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态；(b) 对于腔网络的第一部分与腔网络的第二部分之间的转变点之前的一系列位置确定定位变换，并且当器械定位在腔网络的第二部分内时，基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态；(c) 当器械定位在腔网络的第一部分内时，输出另外的估计状态；(d) 获得与腔网络的映射部分相对应的表示术前模型的术前模型数据，并且基于术前模型数据确定转变点；(e) 其中，转变点被确定为在术前模型的最后一段的阈值长度处；(f) 其中，转变点被确定为在术前模型的最后一段的远端处；(g) 其中，定位变换包括偏移；(h) 其中，偏移包括矢量；(i) 矢量指示在转变点处另外的估计状态与基于传感器的估计状态之间的距离；以及/或者 (j) 其中，定位变换包括函数。

## 附图说明

[0018] 在下文中将结合附图来描述所公开的方面，提供这些附图是为了说明而不是限制所公开的方面，其中，相同的标记表示相同的元件。

- [0019] 图1示出了被布置成用于诊断性和/或治疗性支气管镜检查过程的基于推车的机器人系统的实施方式。
- [0020] 图2描绘了图1的机器人系统的另外的方面。
- [0021] 图3示出了被布置成用于输尿管镜检查的图1的机器人系统的实施方式。
- [0022] 图4示出了被布置成用于血管过程的图1的机器人系统的实施方式。
- [0023] 图5示出了被布置成用于支气管镜检查过程的基于台的机器人系统的实施方式。
- [0024] 图6提供了图5的机器人系统的替选视图。
- [0025] 图7示出了被配置成收起机器人臂的示例系统。
- [0026] 图8示出了被配置成用于输尿管镜检查过程的基于台的机器人系统的实施方式。
- [0027] 图9示出了被配置成用于腹腔镜检查过程的基于台的机器人系统的实施方式。
- [0028] 图10示出了具有俯仰或倾斜调整的图5至图9的基于台的机器人系统的实施方式。
- [0029] 图11提供了图5至图10的基于台的机器人系统的台与柱之间的接口的详细图示。
- [0030] 图12示出了示例性器械驱动器。
- [0031] 图13示出了具有成对的器械驱动器的示例性医疗器械。
- [0032] 图14示出了其中驱动单元的轴线与器械的细长轴的轴线平行的器械和器械驱动器的替选设计。
- [0033] 图15描绘了示出根据示例实施方式的定位系统的框图,该定位系统估计图1至图10的机器人系统的一个或多个元件的位置,例如图13和图14的器械的位置。
- [0034] 图16提供了腔网络内的医疗器械导航的示例。
- [0035] 图17示出了示例医疗器械的远端的细节视图。
- [0036] 图18示出了根据一个实施方式的示例命令控制台,其包括用于示例医疗机器人系统的显示器。
- [0037] 图19A示出了可以由机器人控制的医疗器械导航的示例腔网络。
- [0038] 图19B示出了图19A的腔网络的示例术前模型。
- [0039] 图19C是图19B的术前模型覆盖在图19A的腔网络上的视图并且示出了术前模型对应于腔网络的映射部分。
- [0040] 图20A至图20F示出了使用定位变换的导航和跟踪的示例。
- [0041] 图20A示出了腔网络的由术前模型表示的一部分内的组合位置估计状态。
- [0042] 图20B示出了转变点处的示例定位变换的确定。
- [0043] 图20C示出了已经通过定位变换调整的估计状态。
- [0044] 图20D示出了后续的估计状态可以通过定位变换调整。
- [0045] 图20E示出了调整后的估计状态可以用于提供除由术前模型表示的部分以外的腔网络的表示。
- [0046] 图20F示出了调整后的估计状态可以包括与医疗器械的取向或方向有关的信息。
- [0047] 图21是示出可以在某些机器人系统中实现的示例导航和跟踪方法的流程图。
- [0048] 图22是示出可以在某些机器人系统中实现的另一示例导航和跟踪方法的流程图。
- [0049] 图23是示出可以在某些机器人系统中实现的另一示例导航和跟踪方法的流程图。
- [0050] 图24是示出被配置成实现本文中描述的导航和跟踪方法的示例机器人系统的框图。

## 具体实施方式

### [0051] 1. 概述。

[0052] 本公开内容的各方面可以被集成到能够执行各种医疗过程的机器人使能的医疗系统中,所述医疗过程包括诸如腹腔镜检查的微创过程以及诸如内窥镜检查的无创过程二者。在内窥镜检查过程中,该系统能够执行支气管镜检查、输尿管镜检查、胃镜检查等。

[0053] 除了执行广泛的过程之外,该系统可以提供另外的益处,例如增强的成像和指导以帮助医师。另外,该系统可以为医师提供如下能力,在不需要笨拙的臂运动和定位的情况下根据人体工程学位置执行过程。更进一步地,该系统可以为医师提供如下能力,以改进的易用性执行过程,使得系统的器械中的一个或更多个器械可以由单个用户控制。

[0054] 出于说明的目的,下面将结合附图描述各种实施方式。应当理解,所公开的概念的许多其他实现是可能的,并且可以利用所公开的实现来实现各种优点。本文中包括标题以供参考,并且标题有助于定位各个部分。这些标题不旨在限制关于其所描述的概念的范围。这样的概念可以在整个说明书具有适用性。

### [0055] A. 机器人系统-推车。

[0056] 取决于具体过程,可以以各种方式配置机器人使能的医疗系统。图1示出了被布置成用于诊断和/或治疗支气管镜检查过程的基于推车的机器人使能系统10的实施方式。在支气管镜检查期间,系统10可以包括推车11,推车11具有一个或更多个机器人臂12,以将医疗器械(例如可操纵的内窥镜13,其可以是用于支气管镜检查的过程专用支气管镜)递送至自然孔口进入点(即,在本示例中为定位在台上的患者的口腔),以递送诊断和/或治疗工具。如图所示,推车11可以被定位在患者的上躯干附近,以便提供至进入点的入径。类似地,机器人臂12可以被致动以相对于进入点定位支气管镜。当利用胃镜(一种用于胃肠(GI)过程的专用内窥镜)执行GI过程时,也可以利用图1中的布置。图2更详细地描述了推车的示例性实施方式。

[0057] 继续参照图1,一旦推车11被正确定位,机器人臂12就可以自动地、手动地或以其组合的方式将可操纵的内窥镜13插入到患者体内。如图所示,可操纵的内窥镜13可以包括至少两个伸缩部分,例如内引导件部分和外护套部分,每个部分耦接至来自该组器械驱动器28的单独的器械驱动器,每个器械驱动器耦接至单独的机器人臂的远端。便于将引导件部分与护套部分同轴对准的器械驱动器28的这种线性布置产生“虚拟轨道”29,“虚拟轨道”29可以通过将一个或更多个机器人臂12操纵到不同角度和/或位置而在空间中重新定位。在图中使用虚线描绘了本文描述的虚拟轨道,并且因此虚线不描绘系统的任何物理结构。器械驱动器28沿着虚拟轨道29的平移使内引导件部分相对于外护套部分伸缩,或者使内窥镜13相对于患者前进或缩回。虚拟轨道29的角度可以基于临床应用或医生偏好来调整、平移和枢转。例如,在支气管镜检查中,所示的虚拟轨道29的角度和位置代表了在使医生接近内窥镜13与使由于内窥镜13弯曲到患者的口腔中而产生的摩擦最小化之间的折衷。

[0058] 可以使用来自机器人系统的精确命令在插入之后沿着患者的气管和肺引导内窥镜13,直到到达目标目的地或手术部位。为了增强通过患者的肺网络的导航和/或到达期望的目标,内窥镜13可以被操纵成从外护套部分伸缩地延伸内引导件部分,以获得增强的接合和更大的弯曲半径。使用单独的器械驱动器28还允许引导件部分和护套部分彼此独立地被驱动。

[0059] 例如,内窥镜13可以被引导以将活检针递送至目标,例如,患者肺内的病变或结节。可以沿着工作通道部署沿着内窥镜的长度延伸的针,以获得要由病理学家分析的组织样本。根据病理学结果,可以沿着内窥镜的工作通道部署附加工具以用于附加活检。在识别出结节是恶性的之后,内窥镜13可以通过内窥镜递送工具以切除潜在的癌组织。在一些情况下,诊断和治疗处理可能需要在单独的过程中递送。在那些情况下,内窥镜13也可以用于递送基准物以“标记”目标结节的位置。在其他情况下,诊断和治疗处理可以在相同的过程期间被递送。

[0060] 系统10还可以包括可移动塔30,该可移动塔30可以经由支持线缆连接至推车11以向推车11提供控制、电子、流控学、光学、传感器和/或电力的支持。将这样的功能放置在塔30中允许可以由操作医师和他/她的工作人员更容易地调整和/或重新定位的更小形状因子的推车11。此外,推车/台与支持塔30之间的功能的分配减轻了手术室的混乱并且有利于改进临床工作流程。虽然推车11可以定位成靠近患者,但是塔30可以在远程位置中被收起以在过程期间不挡道。

[0061] 在上述机器人系统的支持中,塔30可以包括基于计算机的控制系统的(一个或多个)部件,基于计算机的控制系统例如在诸如永久性磁存储驱动器、固态驱动器等的非暂态计算机可读存储介质内存储计算机程序指令。这些指令的执行——无论该执行在塔30中还是在推车11中发生——都可以控制整个系统或其(一个或多个)子系统。例如,当由计算机系统的处理器执行时,指令可以使机器人系统的部件致动相关的托架和臂安装件,致动机器人臂,并且控制医疗器械。例如,响应于接收到控制信号,机器人臂的关节中的马达可以将臂定位成特定姿势。

[0062] 塔30还可以包括泵、流量计、阀控制器和/或流体入口,以便向可以通过内窥镜13部署的系统提供受控的冲洗和抽吸能力。这些部件也可以使用塔30的计算机系统来控制。在一些实施方式中,冲洗和抽吸能力可以通过(一个或更多个)单独的线缆直接递送至内窥镜13。

[0063] 塔30可以包括电压和浪涌保护器,其被设计成向推车11提供经滤波和保护的电力,从而避免在推车11中放置电力变压器和其他辅助电力部件,从而得到更小、更加可移动的推车11。

[0064] 塔30还可以包括用于遍及机器人系统10部署的传感器的支持设备。例如,塔30可以包括用于检测、接收和处理从遍及机器人系统10的光学传感器或摄像装置接收到的数据的光电子设备。与控制系统结合,这样的光电子设备可以用于生成实时图像以显示在遍及系统部署的任何数量的(包括在塔30中的)控制台中。类似地,塔30还可以包括用于接收和处理从部署的电磁(EM)传感器接收到的信号的电子子系统。塔30还可以用于容纳和定位EM场生成器,以用于医疗器械中或医疗器械上的EM传感器的检测。

[0065] 除了在系统的其余部分中可用的其他控制台(例如,安装在推车顶部的控制台)之外,塔30还可以包括控制台31。控制台31可以包括用于医师操作员的用户接口和显示屏,例如触摸屏。系统10中的控制台通常被设计成提供机器人控制以及过程的术前信息和实时信息,例如,内窥镜13的导航和定位信息。当控制台31不是医师可用的唯一控制台时,控制台31可以由诸如护士的第二操作者使用,以监测患者的健康或生命体征以及系统的操作,以及提供过程专用数据,例如,导航和定位信息。

[0066] 塔30可以通过一个或更多个线缆或连接(未示出)耦接至推车11和内窥镜13。在一些实施方式中,来自塔30的支持功能可以通过单个线缆被提供至推车11,从而简化手术室并且使手术室不杂乱。在其他实施方式中,特定功能可以耦接在单独的线缆和连接中。例如,尽管可以通过单个电力线缆向推车提供电力,但也可以通过单独的线缆提供对控制、光学、流控和/或导航的支持。

[0067] 图2提供了图1所示的基于推车的机器人使能系统的推车的实施方式的详细图示。推车11通常包括细长的支承结构14(通常称为“柱”)、推车基部15和在柱14的顶部的控制台16。柱14可以包括用于支承一个或更多个机器人臂12(图2中示出三个)的部署的一个或更多个托架,例如托架17(替代地“臂支架”)。托架17可以包括可单独配置的臂安装件,该臂安装件沿着竖直轴旋转以调整机器人臂12的基部,以相对于患者更好地定位。托架17还包括托架接口19,其允许托架17沿着柱14竖直平移。

[0068] 托架接口19通过诸如槽20的槽连接至柱14,所述槽被定位在柱14的相对侧以引导托架17的竖直平移。槽20包含用于将托架定位和保持在相对于推车基部15的各种竖直高度处的竖直平移接口。托架17的竖直平移允许推车11调整机器人臂12的可达范围以满足各种台高度、患者尺寸和医师偏好。类似地,托架17上的可单独配置的臂安装件允许机器人臂12的机器人臂基部21以各种配置成角度。

[0069] 在一些实施方式中,槽20可以补充有槽盖,槽盖与槽表面齐平且平行,以防止在托架17竖直平移时灰尘和流体进入柱14的内部腔室和竖直平移接口。可以通过位于槽20的竖直顶部和底部附近的成对弹簧卷轴来部署槽盖。盖盘绕在卷轴内直到被部署成随着托架17竖直地上下平移而从盖的盘绕状态延伸和缩回。当托架17向卷轴平移时,卷轴的弹簧加载提供了将盖缩回到卷轴中的力,同时当托架17平移远离卷轴时也保持紧密密封。盖可以使用例如托架接口19中的托架连接至托架17,以确保盖在托架17平移时适当地延伸和缩回。

[0070] 柱14可以在内部包括诸如齿轮和马达的机构,其被设计成使用竖直对准的导螺杆,以响应于响应用户输入(例如,来自控制台16的输入)而生成控制信号而以机械化方式平移托架17。

[0071] 机器人臂12通常可以包括由一系列连杆23分开的机器人臂基部21和端部效应器22,上述一系列连杆23由一系列关节24连接,每个关节包括独立的致动器,每个致动器包括独立可控马达。每个独立可控的关节表示机器人臂可用的独立自由度。臂12中的每一个具有七个关节,因此提供七个自由度。多个关节引起多个自由度,从而允许“冗余”自由度。冗余自由度允许机器人臂12使用不同的连杆位置和关节角度将它们各自的端部效应器22定位在空间中的特定位置、取向和轨迹处。这允许系统从空间中的期望点定位和引导医疗器械,同时允许医师将臂关节移动到远离患者的临床有利位置,以产生更好的接近,同时避免臂碰撞。

[0072] 推车基部15在地板上平衡柱14、托架17和臂12的重量。因此,推车基部15容纳较重的部件,例如电子器件、马达、电源以及使得推车能够移动和/或固定的部件。例如,推车基部15包括允许推车在过程之前容易地在手术室中移动的可滚动的轮形脚轮25。在到达适当位置之后,脚轮25可以使用轮锁固定,以在过程期间将推车11保持在适当位置。

[0073] 定位在柱14的竖直端部的控制台16允许用于接收用户输入的用户接口和显示屏(或两用装置,例如触摸屏26)两者向医师用户提供术前和手术中数据两者。触摸屏26上的



潜在术前数据可以包括从术前计算机化断层扫描成像(CT)扫描得出的术前计划、导航和映射数据和/或来自术前患者面谈的注释。显示器上的手术中数据可以包括从工具、传感器提供的光学信息和来自传感器的坐标信息以及重要的患者统计,例如呼吸、心率和/或脉搏。控制台16可以被定位和倾斜,以允许医师从柱14的与托架17相对的侧面接近控制台。从该位置,医师可以在从推车11后面操作控制台16的同时观察控制台16、机器人臂12和患者。如所示出的,控制台16还包括用于帮助操纵和稳定推车11的手柄27。

[0074] 图3示出了被布置成用于输尿管镜检查的机器人使能系统10的实施方式。在输尿管镜检查过程中,推车11可以被定位成将输尿管镜32——即,被设计成横穿患者的尿道和输尿管的过程专用内窥镜——递送至患者的下腹部区域。在输尿管镜检查中,可以期望输尿管镜32直接与患者的尿道对准以减少该区域中的敏感解剖结构上的摩擦和力。如所示出的,推车11可以在台的脚部处对准,以允许机器人臂12定位输尿管镜32,以用于直接线性进入患者的尿道。从台的脚部,机器人臂12可以沿着虚拟轨道33将输尿管镜32通过尿道直接插入患者的下腹部。

[0075] 在插入尿道中之后,使用与支气管镜检查中类似的控制技术,输尿管镜32可以被导航到膀胱、输尿管和/或肾中以用于诊断和/或治疗应用。例如,可以使用沿着输尿管镜32的工作通道部署的激光或超声碎石装置将输尿管镜32引导到输尿管和肾中以打碎积聚的肾结石。在碎石完成之后,可以使用沿着输尿管镜32部署的网篮移除所得到的结石碎片。

[0076] 图4示出了类似地被布置成用于血管过程的机器人使能系统的实施方式。在血管过程中,系统10可以被配置成使得推车11可以将诸如可操纵的导管的医疗器械34递送至患者腿部的股动脉中的进入点。股动脉呈现用于导航的较大直径以及到患者心脏的相对较少迂回和曲折路径两者,这简化了导航。如在输尿管镜检查过程中,推车11可以被定位成朝向患者的腿和下腹部,以允许机器人臂12提供直接线性进入患者的大腿/髋部区域中的股动脉进入点的虚拟轨道35。在插入动脉后,可以通过平移器械驱动器28来引导和插入医疗器械34。替选地,推车可以被定位在患者的上腹部周围,以到达替选的血管进入点,例如,肩部和腕部附近的颈动脉和臂动脉。

#### [0077] B. 机器人系统-台。

[0078] 机器人使能医疗系统的实施方式还可以结合患者的台。通过移除推车,台的结合减少了手术室内的主要设备的量,这允许对患者的更好的进入。图5示出了被布置成用于支气管镜检查过程的这样的机器人使能系统的实施方式。系统36包括用于在地板上支承平台38(示出为“台”或“床”)的支承结构或柱37。与基于推车的系统非常相似,系统36的机器人臂39的端部效应器包括器械驱动器42,其被设计成通过或沿着由器械驱动器42的线性对准形成的虚拟轨道41来操纵细长医疗器械,例如图5中的支气管镜40。在实践中,可以通过将发射器和检测器放置在台38周围来在患者的上腹部区域上方放置用于提供荧光透视成像的C形臂。

[0079] 图6提供了出于讨论的目的而没有患者和医疗器械的系统36的替选视图。如所示出的,柱37可以包括在系统36中示出为环形形状的一个或更多个托架43,一个或更多个机器人臂39可以基于一个或更多个托架43。托架43可以沿着在柱37的长度上延伸的竖直柱接口44平移以提供不同的有利点,机器人臂39可以从这些有利点被定位成到达患者。(一个或多个)托架43可以使用定位在柱37内的机械马达绕柱37旋转,以允许机器人臂39接近台38



的多个侧面,诸如例如患者的两侧。在具有多个托架的实施方式中,托架可以单独地定位在柱上,并且可以独立于其他托架而平移和/或旋转。虽然托架43不需要围绕柱37或者甚至无需是圆形的,但所示的环形形状有利于托架43绕柱37的旋转,同时保持结构平衡。托架43的旋转和平移允许系统将诸如内窥镜和腹腔镜的医疗器械对准到患者上的不同进入点中。

[0080] 臂39可以通过包括一系列关节的一组臂安装件45安装在托架上,所述一系列关节可以单独地旋转和/或可伸缩地延伸,以向机器人臂39提供附加的可配置性。另外,臂安装件45可以被定位在托架43上,使得当托架43适当地旋转时,臂安装件45可以被定位在台38的相同侧上(如图6中所示),定位在台38的相对侧上(如图9中所示),或者定位在台38的相邻侧上(未示出)。

[0081] 柱37在结构上为台38提供支承并且为托架的竖直平移提供路径。在内部,柱37可以配备有用于引导托架的竖直平移的导引螺杆以及基于导引螺杆使所述托架的平移机械化的马达。柱37还可以将电力和控制信号传送至托架43和安装在托架43上的机器人臂39。

[0082] 台基部46起到与图2中示出的推车11中的推车基部15类似的作用,容纳较重的部件以平衡台/床38、柱37、托架43和机器人臂39。台基部46还可以并入刚性脚轮以用于在过程期间提供稳定性。从台基部46的底部部署的脚轮可以在基部46的两侧上沿相对方向延伸,并且当系统36需要被移动时缩回。

[0083] 继续图6,系统36还可以包括塔(未示出),该塔在台与塔之间分配系统36的功能以减小台的形状因子和体积。如在较早公开的实施方式中,塔可以向台提供各种支持功能,例如处理、计算和控制能力、电力、流控和/或光学以及传感器处理。塔还可以是可移动的,以被定位成远离患者,以改进医师的接近并且使手术室不杂乱。另外,将部件放置在塔中能够实现台基部中有更多的储存空间,以用于机器人臂的潜在收起。塔还可以包括控制台,该控制台提供用于用户输入的诸如键盘和/或悬架式操纵台的用户接口以及用于术前和手术中信息诸如实时成像、导航和跟踪信息的显示屏(或触摸屏)二者。

[0084] 在一些实施方式中,台基部可以在不使用机器人臂时收起并存放机器人臂。图7示出了基于台的系统的实施方式中的收起机器人臂的系统47。在系统47中,托架48可以竖直平移到基部49中以将机器人臂50、臂安装件51和托架48收在基部49内。基部盖52可以被平移和缩回地打开以绕柱53展开托架48、臂安装件51和臂50,以及被关闭以收起托架48、臂安装件51和臂50,以在不使用它们时保护它们。基部盖52可以用膜54沿着所述基部盖52的开口的边缘密封,以防止在关闭时灰尘和流体进入。

[0085] 图8示出了被配置成用于输尿管镜检查过程的机器人使能的基于台的系统的实施方式。在输尿管镜检查中,台38可以包括用于将患者定位成与柱37和台基部46成偏角的转动部分55。转动部分55可以绕枢转点(例如,位于患者头部下方)旋转或枢转,以便将转动部分55的底部部分定位成远离柱37。例如,转动部分55的枢转使C形臂(未示出)能够定位在患者的下腹部上方,而不与台38下方的柱(未示出)竞争空间。通过绕柱37旋转托架35(未示出),机器人臂39可以沿着虚拟轨道57将输尿管镜56直接插入到患者的腹股沟区域中以到达尿道。在输尿管镜检查中,镜58也可以固定至台38的转动部分55,以在过程期间支承患者的腿的位置并且实现对患者的腹股沟区域的畅通的进入。

[0086] 在腹腔镜检查过程中,通过患者的腹壁中的一个或多个小切口,微创器械(形状细长以适应一个或更多个切口的尺寸)可以插入到患者的解剖结构中。在患者的腹腔膨胀

之后,通常称为腹腔镜的器械可以被引导以执行外科或医疗任务,例如抓握、切割、切除、缝合等。图9示出了被配置成用于腹腔镜检查过程的机器人使能的基于台的系统的实施方式。如图9中所示,系统36的托架43可以被旋转并且竖直调整成将成对的机器人臂39定位在台38的相对侧上,使得可以使用臂安装件45将腹腔镜59定位成穿过患者的两侧上的最小切口以到达他/她的腹腔。

[0087] 为了适应腹腔镜检查过程,机器人使能的台系统还可以将平台倾斜成期望的角度。图10示出了具有俯仰或倾斜调整的机器人使能的医疗系统的实施方式。如图10中所示,系统36可以适应台38的倾斜,以将台的一部分定位在比另一部分距地面更远的距离处。另外,臂安装件45可以旋转以匹配倾斜,使得臂39与台38保持相同的平面关系。为了适应更陡的角度,柱37还可以包括伸缩部分60,该伸缩部分60允许柱37的竖直延伸以防止台38接触地板或与基部46碰撞。

[0088] 图11提供了台38与柱37之间的接口的详细图示。俯仰旋转机构61可以被配置成以多个自由度改变台38相对于柱37的俯仰角。俯仰旋转机构61可以通过将正交轴线1、2定位在柱台接口处来实现,每个轴线由单独的马达3、4响应于电俯仰角命令而致动。沿一个螺杆5的旋转将实现在一个轴线1上的倾斜调整,而沿另一个螺杆6的旋转将实现沿另一个轴线2的倾斜调整。

[0089] 例如,当试图将台定位成头低脚高(Trendelenburg)位置,即,将患者的下腹部定位在比患者的下腹部距地板更高的位置处以用于下腹部手术时,俯仰调整特别有用。头低脚高位置使患者的内部器官通过重力滑向他/她的上腹部,从而清理腹腔以使微创工具进入并执行下腹部外科或医疗过程,例如腹腔镜前列腺切除术。

[0090] C. 器械驱动器和接口。

[0091] 系统的机器人臂的端部效应器包括:(i)器械驱动器(可替代地被称为“器械驱动机构”或“器械装置操纵器”),其结合了用于致动医疗器械的机电装置;以及(ii)可移除或可拆卸的医疗器械,其可以没有诸如马达的任何机电部件。该二分法可能由如下因素驱使:对医疗过程中使用的医疗器械进行消毒的需要;以及由于昂贵的资本设备的复杂机械组件和敏感电子器件而无法对昂贵的资本设备进行充分消毒。因此,医疗器械可以被设计成从器械驱动器(以及因此从系统)拆卸、移除和互换,以用于由医师或医师的工作人员进行单独的消毒或处置。相比之下,器械驱动器不需要被改变或消毒,并且可以被覆盖(drape)以进行保护。

[0092] 图12示出了示例器械驱动器。定位在机器人臂的远端处的器械驱动器62包括一个或更多个驱动单元63,一个或更多个驱动单元63被布置有平行轴线以经由驱动轴64向医疗器械提供受控的扭矩。每个驱动单元63包括:用于与器械相互作用的单独的驱动轴64;用于将马达轴旋转转换成期望扭矩的齿轮头65;用于生成驱动扭矩的马达66;用于测量马达轴的速度并且向控制电路系统提供反馈的编码器67;以及用于接收控制信号并致动驱动单元的控制电路68。每个驱动单元63被独立地控制和自动化,器械驱动器62可以向医疗器械提供多个(如图12中所示为四个)独立的驱动输出。在操作中,控制电路68将接收控制信号,将马达信号发送至马达66,将如由编码器67测量的得到的马达速度与期望速度进行比较,并且调制马达信号以生成期望的扭矩。

[0093] 对于需要无菌环境的过程,机器人系统可以结合位于器械驱动器与医疗器械之间

的驱动接口,例如连接至无菌披盖(drape)的无菌适配器。无菌适配器的主要目的是将来自器械驱动器的驱动轴的角运动传递至器械的驱动输入,同时保持驱动轴与驱动输入之间的物理分离并且因此保持无菌性。因此,示例无菌适配器可以包括旨在与器械驱动器的驱动轴和器械上的驱动输入配合的一系列旋转输入和输出。连接至无菌适配器的包括薄的柔性材料例如透明或半透明塑料的无菌披盖被设计成覆盖资本设备,例如器械驱动器、机器人臂和推车(在基于推车的系统中)或台(在基于台的系统中)。该披盖的使用将允许资本设备被定位在患者附近,同时仍然位于不需要消毒的区域(即,非无菌区)中。在无菌披盖的另一侧,医疗器械可以与在需要消毒的区域(即无菌区)中的患者对接。

#### [0094] D. 医疗器械。

[0095] 图13示出了具有成对的器械驱动器的示例医疗器械。与被设计成用于与机器人系统一起使用的其他器械一样,医疗器械70包括细长轴71(或细长主体)和器械基部72。由于其用于由医师进行的手动交互的预期设计而也被称为“器械手柄”的器械基部72通常可以包括诸如插座、滑轮或卷轴的可旋转的驱动输入73,其被设计成与驱动输出74配合,该驱动输出74延伸穿过机器人臂76的远端处的器械驱动器75上的驱动接口。当物理连接、闩锁和/或耦接时,器械基部72的配合的驱动输入73可以与器械驱动器75中的驱动输出74共享旋转的轴线,以允许扭矩从驱动输出74传递至驱动输入73。在一些实施方式中,驱动输出74可以包括花键,所述花键被设计成与驱动输入73上的插座配合。

[0096] 细长轴71被设计成通过例如如在内窥镜检查中的解剖结构开口或腔或者通过例如如在腹腔镜检查中的微创切口来递送。细长轴66可以是柔性的(例如,具有类似于内窥镜的特性)或刚性的(例如,具有类似于腹腔镜的特性),或者包含柔性部分和刚性部分两者的定制组合。当被设计成用于腹腔镜检查时,刚性细长轴的远端可以被连接至端部效应器和诸如抓握器或剪刀的手术工具或医疗器械,上述端部效应器包括由具有旋转轴的U形夹形成的有关节的腕部,当驱动输入响应于从器械驱动器75的驱动输出74接收到的扭矩而旋转时,上述手术工具或医疗器械可以基于来自腱部的力来致动。当被设计成用于内窥镜检查时,柔性细长轴的远端可以包括可操纵的或可控制的弯曲段,该弯曲段可以基于从器械驱动器75的驱动输出74接收到的扭矩而被接合和弯曲。

[0097] 使用轴71内的腱部沿着细长轴71传送来自器械驱动器75的扭矩。这些单独的腱部例如牵引线可以单独地锚定至器械手柄72内的单独的驱动输入73。从手柄72,腱部沿着细长轴71顺着一个或更多个牵引腔引导并且锚定在细长轴71的远端部分处。在腹腔镜检查中,这些腱部可以被耦接至远端安装的端部效应器例如腕部、抓握器或剪刀。在这样的布置下,施加在驱动输入73上的扭矩将张力传递至腱部,从而使端部效应器以某种方式致动。在腹腔镜检查中,腱部可以使关节围绕轴线旋转,从而使端部效应器在一个方向或另一个方向上移动。可替代地,腱部可以连接至细长轴71的远端处的抓握器的一个或更多个钳口,其中来自腱部的张力使抓握器闭合。

[0098] 在内窥镜检查中,腱部可以经由粘合剂、控制环或其他机械固定件耦接至沿细长轴71(例如,在远端处)定位的弯曲或接合段。当固定地附接至弯曲段的远端时,将沿着腱部传送施加在驱动输入73上的扭矩,从而使较软的弯曲段(有时被称为可接合段或区域)弯曲或接合。沿非弯曲段,可以有利的是,使各个牵引腔盘旋或螺旋,所述牵引腔沿内窥镜轴的壁(或在内窥镜轴的壁内部)引导各个腱部,以平衡由牵引线中的张力产生的径向力。为了

特定目的,可以改变或设计盘旋的角度和/或其间的间隔,其中,更紧的盘旋在负载力下呈现更小的轴压缩,而更小的盘旋量在负载力下得到更大的轴压缩,而且呈现有限弯曲。在范围(spectrum)的另一端,牵引腔可以平行于细长轴71的纵向轴线被引导以允许在期望的弯曲或可接合段中进行受控接合。

[0099] 在内窥镜检查中,细长轴71包含多个部件以辅助机器人过程。轴可以包括用于将手术工具(医疗器械)、冲洗和/或抽吸部署至轴71的远端处的手术区域的工作通道。轴71还可以容纳电线和/或光纤以向远侧尖端处的光学组件/从远侧尖端处的光学组件传递信号,该光学组件可以包括光学摄像机。轴71还可以容纳光纤,以将来自位于近端的光源例如发光二极管的光传播至轴的远端。

[0100] 在器械70的远端处,远侧尖端还可以包括用于将用于诊断和/或治疗、冲洗和抽吸的工具递送至手术部位的工作通道的开口。远侧尖端还可以包括用于捕获内部解剖空间的图像的摄像机例如纤维镜或数码摄像机的端口。相关地,远侧尖端还可以包括用于在使用摄像机时照亮解剖空间的光源的端口。

[0101] 在图13的示例中,驱动轴轴线以及因此驱动输入轴线与细长轴的轴线正交。然而,该布置使细长轴71的滚转操作性复杂化。当腱部从驱动输入73延伸出并且进入细长轴71内的牵引腔时,在保持驱动输入73静止的同时沿细长轴71的轴线滚动细长轴71会导致腱部的不期望的缠结。所得到的这样的腱部的缠结可能扰乱旨在在内窥镜检查过程期间预测柔性细长轴的运动的控制算法。

[0102] 图14示出了器械驱动器和器械的备选设计,其中驱动单元的轴线平行于器械的细长轴的轴线。如所示地,圆形器械驱动器80包括四个驱动单元,所述四个驱动单元中的驱动输出81在机器人臂82的端部处平行对准。驱动单元及其各自的驱动输出81被包含在器械驱动器80的旋转组件83中,该旋转组件83由组件83内的驱动单元之一驱动。响应于由旋转的驱动单元提供的扭矩,旋转组件83沿圆形轴承旋转,该圆形轴承将旋转组件83连接至器械驱动器的非旋转部分84。可以通过电接触将电力和控制信号从器械驱动器80的非旋转部分84传达至旋转组件83,所述电接触可以通过由电刷滑环连接(未示出)的旋转来保持。在其他实施方式中,旋转组件83可以响应于单独的驱动单元,该单独的驱动单元集成至不可旋转部分84中并且因此不平行于其他驱动单元。旋转机构83允许器械驱动器80使驱动单元及其各自的驱动输出81作为单个单元围绕器械驱动器轴线85旋转。

[0103] 与较早公开的实施方式一样,器械86可以包括细长轴部分88和器械基部87(出于讨论的目的,被示出为具有透明的外壳),该器械基部87包括被配置成接收器械驱动器80中的驱动输出81的多个驱动输入89(例如,插座、滑轮和卷轴)。与先前公开的实施方式不同,器械轴88从器械基部87的中心延伸,其中器械轴88的轴线基本上平行于驱动输入89的轴线,而不是如图13的设计中那样正交。

[0104] 当耦接至器械驱动器80的旋转组件83时,包括器械基部87和器械轴88的医疗器械86与旋转组件83结合围绕器械驱动器轴线85旋转。由于器械轴88被定位在器械基部87的中心处,因此当附接时器械轴88与器械驱动器轴线85同轴。因此,旋转组件83的旋转使器械轴88围绕其自身的纵向轴线旋转。此外,当器械基部87与器械轴88一起旋转时,连接至器械基部87中的驱动输入89的任何腱部在旋转期间都不会缠结。因此,驱动输出81、驱动输入89和器械轴88的轴线的平行结构在不会使任何控制腱部缠结的情况下允许轴旋转。

[0105] E. 导航和控制。

[0106] 传统的内窥镜检查可以涉及使用荧光检查(例如,如可以通过C形臂递送的)以及其他形式的基于辐射的成像模式,以向操作医师提供腔内指导。相比之下,由本公开内容设想的机器人系统可以提供基于非辐射的导航和定位装置,以减少医师暴露于辐射并且减少手术室内的设备的量。如本文所使用的,术语“定位”可以指确定和/或监测对象在参考坐标系中的位置。可以单独地或组合地使用诸如术前映射、计算机视觉、实时EM跟踪和机器人命令数据的技术以实现无辐射操作环境。在其他情况下,在仍使用基于辐射的成像模式的其他情况下,可以单独地或组合地使用术前映射、计算机视觉、实时EM跟踪和机器人命令数据,以对仅通过基于辐射的成像模式获得的信息进行改进。

[0107] 图15是示出了根据示例实施方式的估计机器人系统的一个或多个元件的位置例如器械的位置的定位系统90的框图。定位系统90可以是被配置成执行一个或多个指令的一个或多个计算机装置的组。计算机装置可以由以上讨论的一个或多个部件中的处理器(或多个处理器)和计算机可读存储器来体现。通过示例的方式而非限制,计算机装置可以在图1中所示的塔30、图1至图4中所示的推车、图5至图10中所示的床等中。

[0108] 如图15中所示,定位系统90可以包括定位模块95,该定位模块95处理输入数据91至94以生成医疗器械的远侧尖端的位置数据96。位置数据96可以是表示器械的远端相对于参考系的位置和/或取向的数据或逻辑。参考系可以是相对于患者的解剖结构或相对于已知的对象例如EM场生成器(参见以下关于EM场生成器的讨论)的参考系。

[0109] 现在更详细地描述各个输入数据91至94。可以通过使用一组低剂量CT扫描来完成术前映射。术前CT扫描被重建为三维图像,这些三维图像例如,作为患者的内部解剖结构的剖面图的“切片”被视觉化。当整个分析时,可以生成用于患者的解剖结构例如患者肺网络的解剖腔、空间和结构的基于图像的模型。可以从CT图像确定和近似诸如中心线几何形状的技术,以显影患者的解剖结构的三维体积,该三维体积被称为模型数据91(当仅使用术前CT扫描生成时也被称为“术前模型数据”)。中心线几何形状的使用在美国专利申请第14/523,760号中讨论,其全部内容并入本文中。网络拓扑模型也可以从CT图像中得到,并且特别适合于支气管镜检查。

[0110] 在一些实施方式中,器械可以配备有摄像机以提供视觉数据92。定位模块95可以处理视觉数据以实现一个或多个基于视觉的位置跟踪。例如,术前模型数据可以与视觉数据92结合使用,以实现医疗器械(例如,内窥镜或通过内窥镜的工作通道的器械前进)的基于计算机视觉的跟踪。例如,使用术前模型数据91,机器人系统可以基于内窥镜的行进的期望路径从模型来生成期望的内窥镜图像的库,每个图像链接至模型内的位置。在手术中,该库可以由机器人系统参考,以将在摄像机(例如,在内窥镜的远端处的摄像机)处捕获的实时图像与图像库中的图像进行比较,以辅助定位。

[0111] 其他基于计算机视觉的跟踪技术使用特征跟踪来确定摄像机的运动,并且因此确定内窥镜的运动。定位模块95的一些特征可以识别术前模型数据91中的与解剖腔对应的圆形几何结构并且跟踪那些几何结构的改变以确定哪个解剖腔被选择,以及跟踪摄像机的相对旋转和/或平移运动。拓扑图的使用可以进一步增强基于视觉的算法或技术。

[0112] 光流(另一种基于计算机视觉的技术)可以分析视觉数据92中的视频序列中的图像像素的位移和平移以推断摄像机移动。光流技术的示例可以包括运动检测、对象分割计

算、亮度、运动补偿编码、立体视差测量等。通过在多次迭代中比较多个帧,可以确定摄像机(以及因此内窥镜)的移动和位置。

[0113] 定位模块95可以使用实时EM跟踪来生成内窥镜在全局坐标系中的实时位置,该实时位置可以与由术前模型表示的患者的解剖结构配准。在EM跟踪中,包括嵌入在医疗器械(例如,内窥镜工具)中的一个或多个位置和取向中的一个或多个传感器线圈的EM传感器(或跟踪器)测量由定位在已知位置处的一个或多个静态EM场生成器创建的EM场的变化。由EM传感器检测到的位置信息被存储为EM数据93。EM场生成器(或发送器)可以靠近患者放置,以创建嵌入式传感器可以检测到的低强度磁场。磁场在EM传感器的传感器线圈中感应出小电流,可以对该小电流进行分析以确定EM传感器与EM场生成器之间的距离和角度。这些距离和取向可以在手术中与患者解剖结构(例如,术前模型)“配准”,以确定将坐标系中的单个位置与患者的解剖结构的术前模型中的位置对准的几何变换。一旦被配准,医疗器械的一个或多个位置(例如,内窥镜的远侧尖端)中的嵌入式EM跟踪器可以提供医疗器械通过患者的解剖结构的进展的实时指示。

[0114] 机器人命令和运动学数据94也可以由定位模块95使用以为机器人系统提供定位数据96。可以在术前校准期间确定由接合命令产生的装置俯仰和偏航。在手术中,这些校准测量可以与已知的插入深度信息结合使用,以估计器械的位置。可替代地,这些计算可以结合EM、视觉和/或拓扑建模进行分析,以估计医疗器械在网络内的位置。

[0115] 如图15所示,多个其他输入数据可以由定位模块95使用。例如,尽管在图15中未示出,但是利用形状感测光纤的器械可以提供形状数据,定位模块95可以使用该形状数据来确定器械的位置和形状。

[0116] 定位模块95可以以(一个或多个)组合来使用输入数据91至94。在一些情况下,这样的组合可以使用概率方法,其中定位模块95向根据输入数据91至94中的每个确定的位置分配置信度权重。因此,在EM数据可能不可靠的情况下(如可能是存在EM干扰的情况),由EM数据93确定的位置的置信度可能降低,并且定位模块95可能更侧重地依赖于视觉数据92和/或机器人命令和运动学数据94。

[0117] 如以上所讨论的,本文讨论的机器人系统可以被设计成结合以上技术中的一个或多个的组合。基于塔、床和/或推车的机器人系统的基于计算机的控制系统可以将计算机程序指令存储例如在诸如永久性磁存储驱动器、固态驱动器等的非暂时计算机可读存储介质内,所述计算机程序指令在执行时使系统接收并分析传感器数据和用户命令,生成整个系统的控制信号并且显示导航和定位数据,例如器械在全局坐标系、解剖图等内的位置。

[0118] 2. 器械跟踪和导航。

[0119] 机器人使能的医疗系统诸如上面参照图1至图15描述的机器人使能的医疗系统可以被配置成用于在医疗或外科过程期间对器械进行跟踪和导航。该过程可以是例如内窥镜检查或腹腔镜检查过程。在该过程期间,医师可以引导或指导器械通过患者的腔网络。为了帮助医师,可以确定器械例如相对于患者的解剖结构的位置,并将其显示给用户。

[0120] 机器人使能的医疗系统可以包括图15的定位系统90。定位系统90可以接收和处理各种类型的输入数据,以确定器械的位置。例如,定位系统90可以处理位置传感器数据(例如,EM数据93)、机器人插入数据(例如,机器人命令和运动学数据94)、视觉数据(例如,视觉数据92)和/或术前模型数据91以确定器械的位置。定位系统90可以输出定位数据96。

[0121] 定位数据96可以包括器械的“状态”。如本文中所使用的,器械的“状态”可以包括(除其他事物外)关于器械的位置和/或取向的各种类型的信息。例如,器械的状态可以包括相对于参考系的x,y,z位置。作为另一示例,器械的状态可以包括指示器械相对于术前模型的位置的信息——例如,指示器械所定位的当前段以及器械在该段内的深度的信息。作为另一示例,器械的状态可以包括关于器械的取向的信息,诸如关于器械的俯仰、偏航和滚转的信息。

[0122] 在本公开内容中,器械的状态有时被描述为“估计”状态。这样做是因为定位系统90至少部分地基于一种或更多种类型的输入数据(例如,输入数据91至94)估计器械的位置或状态。如由定位系统90输出的器械的估计状态可能与器械的实际位置不同;然而,本文中描述的许多跟踪和导航方法和系统的目标可以是使器械的估计状态与实际位置之间的差异最小化或消除器械的估计状态与实际位置之间的差异。

[0123] 如下面将更详细地描述的,在一些情况下,当器械在过程期间移动通过腔网络时,定位系统90可以改变用于确定器械的估计状态的输入数据的组合。例如,定位系统90可以从使用输入数据91至94中的一个或组合变为使用输入数据91至94中的不同的一个、组合的子集或输入数据91至94的不同的组合,以确定器械的估计状态。当这种情况发生时,器械的估计状态可能由于定位系统90用于得出估计状态的输入数据的改变而变化。例如,由输入数据91至94的一个组合确定的器械状态可能与由输入数据91至94的另一组合确定的器械状态略有不同。如果估计状态正被显示给医师,则医师可能会感觉到所显示的器械的位置的突然改变或跳跃。这会是不期望的,因为这可能使医师烦恼或迷惑。

[0124] 定位系统90可以改变用于确定器械的估计状态的输入数据的组合的一个示例情况可以是当器械从腔网络的由术前模型表示的一部分移动到腔网络的未被术前模型表示的另一部分时。

[0125] 如下面将更详细地描述的,当器械在腔网络的由术前模型表示的部分内时,定位系统90可以使用某些类型的输入数据或输入数据的组合,而当器械定位在腔网络的未被术前模型表示的部分中时,定位系统90可以使用输入数据的组合的子集或不同类型的输入数据。在一些示例中,当器械在腔网络的由术前模型表示的部分内时,定位系统90使用输入数据91至94的组合来得出估计状态,而当器械定位在腔网络的未被术前模型表示的部分中时,定位系统90仅使用EM数据93来确定估计状态。由于定位系统90所使用的输入数据的这种改变,器械的估计状态可能经历突然的改变或跳跃。另外,如果将确定的位置显示给医师,则医师可能会将突然的改变或跳跃感觉为烦恼或迷惑。

[0126] 本文中描述的导航和跟踪方法和系统可以用于减少或消除这种突然的改变或跳跃。这可以通过在导航系统改变用于确定估计状态的数据输入的转变点处确定定位变换来完成。定位变换可以用于调整未来的估计状态,以减少或消除突然的改变或跳跃。通过定位变换调整的估计状态可以显示给用户。这可以为医师提供改进的跟踪和导航体验,从而允许改进的控制。将在下面参照图16至图24更详细地描述跟踪和导航系统和方法的这些及其他特征和优点,图16至图24提供了若干非限制性示例。

[0127] A. 使用医疗器械的腔网络的示例导航。

[0128] 图16提供了医疗器械100(例如,内窥镜)在腔网络130的示例内导航的示例。在示出的实施方式中,腔网络130是患者的肺内的气道的支气管网络。如所示出的,腔网络130包



括按照分支结构布置的多个腔132。在其他示例中，腔网络130可以仅包括单个腔132(即，非分支结构)。为了便于说明，图16将腔网络130表示为二维结构；然而，这不应被解释为将本公开内容限制于二维腔网络。通常，腔网络130可以包括三维结构。

[0129] 尽管图16中示出的腔网络130是肺，但是本文中描述的器械跟踪和导航方法和系统也可以在其他类型的腔网络中实现。这样的腔网络130可以包括例如支气管网络、肾网络、心血管网络(例如，动脉和静脉)、胃肠道、泌尿道等。

[0130] 在示出的示例中，医疗器械100包括护套115和导杆145。护套115包括工作通道，并且导杆145插入穿过护套115的工作通道。如上所述，器械100(护套115和/或导杆145)可以是可操纵的。如所示出的，器械100可以朝向用于诊断和/或治疗的感兴趣区域(例如，结节155)被导航(例如，定向、引导、移动等)通过腔网络130。在该示例中，结节155位于腔网络130的外围。

[0131] 在一些实施方式中，器械100的护套115可以具有太大以致于不能完全前进到结节155的第一直径。例如，护套115的远端可能不适合穿过结节155周围的较小直径的气道。在这种情况下，可以具有小于护套115的第一直径的第二直径的导杆145可以从护套115的工作通道延伸到结节155的剩余距离。

[0132] 导杆145可以具有工作通道，诸如活检针、细胞刷、组织取样钳等的器械可以通过该工作通道被传递至结节155的目标组织部位。

[0133] 图17示出了医疗器械100的实施方式的远端的详细视图。图17的器械100可以表示图16的护套115或导杆145，或者贯穿公开内容描述的其他医疗器械中的任一种，诸如图1的内窥镜13、图3的输尿管镜32、图9的腹腔镜59等。如图17中所示，器械100的远端可以包括成像装置102、一个或更多个位置传感器(被示出为形成EM位置传感器的EM传感器线圈104)以及至工作通道106的开口，诸如活检针、细胞刷、镊子、导管、导杆等的手术(医疗)器械可以通过该开口被插入以允许进入器械的远端附近的区域。

[0134] EM线圈104(也称为EM传感器104或位置传感器)可以与EM跟踪系统一起使用，以检测器械100的位置和取向。在一些实施方式中，EM线圈104可以沿不同的轴线成角度以提供对EM场的灵敏度，赋予所公开的导航系统测量如下完整的6个自由度(DoF)的能力：三个位置DoF(例如，x，y和z位置)和三个角度DoF(例如，俯仰、滚转和偏航)。在其他实施方式中，单个EM线圈104可以设置在远端上或远端内，并且其轴线可以沿着器械轴取向。由于这样的系统的旋转对称性，其可能对绕其轴线滚转不敏感，使得在这样的实现中仅可以检测到5个自由度。EM线圈104可以被配置成提供EM数据93(参见图15)，定位系统90可以根据EM数据93确定器械100的估计状态。在一些实施方式中，EM线圈104可以用其他类型的位置传感器(诸如例如，形状感测光纤、加速度计、陀螺仪、超声传感器等)替换或除了其他类型的位置传感器外还可以使用EM线圈104，以向定位系统90提供输入数据以及/或者检测位置或确定器械100的估计状态。

[0135] EM跟踪系统可以包括EM场生成器。EM跟踪系统可以确定EM场内的嵌入或设置有EM传感器线圈例如EM线圈104的对象的位置。EM场可以相对于EM场生成器的坐标系来定义。术前模型(例如，下面描述的图19B的术前模型150)的坐标系可以被映射(或配准)到EM场的坐标系。因此，可以在术前模型的坐标系内确定由EM传感器104在EM场内的位置所确定的器械100的位置。



[0136] 器械100可以包括照明源103(例如,发光二极管(LED)),所述照明源103提供光以对解剖空间的一部分进行照明。器械100的成像装置102可以包括被配置成将表示所接收到的光的能量转换成电信号的任何光敏基板或结构,例如电荷耦合器件(CCD)或互补金属氧化物半导体(CMOS)图像传感器。在一些示例中,成像装置102可以包括一根或更多根光纤。例如,成像装置102可以是光纤束,其被配置成将表示图像的光从器械100的远端传输至目镜和/或图像传感器或传输至系统,以在监视器(诸如图18的显示器202)上显示给用户。然后,可以将由成像装置102捕获的图像作为单独的帧或一系列连续的帧(例如,视频)被传输至计算机系统以进行存储或显示。由成像装置102捕获的图像可以被定位系统90用作视觉数据92,以确定器械估计状态。

[0137] 图18示出了可以与本文中描述的机器人系统的一些实现一起使用的示例命令控制台200。如所示出的,命令控制台200可以包括显示器202(例如,监视器)和一个或多个控制模块或输入203(例如,控制器、键盘、操纵杆等)。用户201(例如,医师)可以使用命令控制台200远程地控制机器人使能的医疗系统。例如,用户201可以使用命令控制台200来在如图16中示出的腔网络130内导航器械100。在该过程期间,命令控制台200还可以向用户201显示各种类型的信息。

[0138] 显示器202可以包括电子监视器(例如,液晶显示器(LCD)显示器、LED显示器、触敏显示器)、虚拟现实观察装置(例如,护目镜或眼镜)和/或其他显示装置。在一些实施方式中,显示器202中的一个或多个可以显示腔网络130的术前模型。器械100在腔网络130内的位置或估计状态也可以显示给用户201。显示器202还可以显示从成像装置102(图17)接收的图像信息。在一些实施方式中,器械100的模型或表示也被呈现在显示器202上。

[0139] B. 示例腔网络和术前模型。

[0140] 如以上所提到的,腔网络130(或其一部分)可以由术前模型表示,术前模型可以在腔网络130的导航期间由医师和/或定位系统90使用。

[0141] 图19A示出了示例腔网络130的一部分。如先前描述的,腔网络130包括多个腔132。图19B示出了图16的腔网络130的示例术前模型150。术前模型150可以在腔网络130的导航之前使用如上所述的各种术前成像和映射技术中的一种或更多种来生成。作为一个示例,术前映射可以通过使用低剂量CT扫描的集合来完成。

[0142] 在示出的实施方式中,术前模型150包括多个分支152。分支152对应于腔网络130的腔132的至少一部分。因此,如果腔网络130包括分支布置的腔132,则术前模型150可以包括相应的分支布置的分支152。如果腔网络130包括单个腔132,则术前模型150可以包括相应的单个分支152。通常,术前模型150包括与腔网络130的至少一部分相对应的三维形状。为了便于说明,图19B将术前模型150示出为二维形状。在一些情况下,三维术前模型150的截面可以显示在二维显示器(例如,显示器202)上。

[0143] 如图19B中所示,术前模型150可以包括骨架153或可以用于得到骨架153,骨架153包括一个或多个段154。在附图中,骨架153和段154用虚线表示。段154中的每个可以与分支152之一的中心线相对应并且表示分支152之一的中心线。每个段152可以具有识别段的相关联的段ID以及相关联的长度和/或方向。段152可以一起形成骨架154,其可以将腔网络130的一部分表示为线结构(例如,三维线结构)。

[0144] 比较图19A的腔网络130和图19B的术前模型150,可以看出,在一些情况下,术前模

型150可以仅表示或对应于腔网络130的一部分。这在图19C中进一步示出,图19C是术前模型150覆盖在腔网络130上的视图。在一些情况下,用于生成术前模型150的术前成像和映射技术的限制可能阻止生成与整个腔网络130相对应的模型。例如,腔网络130的某些腔132可能足够小,以致于不能用普通的术前成像和映射技术清楚地描绘和分析它们。因此,术前模型150可能无法提供腔网络130的完整表示。如所示出的,腔网络130的多个部分可以未被术前模型150映射和/或表示。因此,术前模型150可以对应于腔网络130的映射部分153。腔网络130的未被术前模型150表示的未映射部分133可以延伸超出映射部分153。

[0145] 在一些情况下,医师可能期望将器械100导航到腔网络130的一个或更多个未映射部分133中。例如,在图16中示出的示例中,结节155位于腔网络130的外围。结节155可以在腔网络130的未映射部分133中。如下所述,本文中描述的导航和跟踪方法和系统可以在器械100从映射部分153导航至未映射部分133时实现、便于或改进器械100的跟踪。

[0146] C. 器械的估计状态的确定。

[0147] 如以上所讨论的,定位系统90(图15)可以处理一个或更多个输入数据91至94以提供定位数据96作为输出。定位数据96可以包括器械的估计状态。

[0148] 当器械100在腔网络130的映射部分153内时,定位系统90可以使用某些类型的输入数据91至94或输入数据91至94的组合。例如,当器械100在腔网络130的映射部分153内时,定位系统90可以根据术前模型数据91、视觉数据92、EM数据93和机器人命令和运动学数据94得出器械的估计状态。在一些实施方式中,当器械100在腔网络130的映射部分153内时,仅这些输入数据的子集用于确定器械100的估计状态。在一些实施方式中,可以使用另外的或其他类型的输入数据。

[0149] 在一些实施方式中,输入数据91至94中的某些输入数据可以仅在器械100定位在腔网络的映射部分153内时可用。例如,术前模型数据91仅在器械100定位在映射部分153内时可用为用于确定估计状态的输入。

[0150] 作为另一示例,在一些实施方式中,仅当器械100定位在映射部分153内时,视觉数据92才可以用作用于确定器械100的估计状态的输入。这可能是因为:在一些实施方式中,基于视觉数据92确定估计状态可能部分取决于术前模型数据91。作为一个示例,视觉数据92可以与术前模型数据91进行比较以确定位置的估计。

[0151] 相比之下,在一些实施方式中,数据输入中的某些数据输入可以可用于确定器械100的估计状态,而不管器械100是定位在腔网络130的映射部分153还是未映射部分133中。例如,EM数据93可以用作用于确定器械100的估计状态的输入,而不管器械100是定位在映射部分153还是未映射部分133中。这可能是因为,除了被配准到术前模型150的坐标系之外,还可以使基于EM数据93的位置确定独立于任何其他类型的输入数据。也就是说,可能没有必要将EM数据93与任何其他类型的输入数据进行组合以得出器械100的估计状态。因为EM数据93可以在不依赖术前模型数据91的情况下产生器械100的估计状态,所以无论器械100是定位在映射部分153还是未映射部分133中,EM数据93都可以用作定位系统90中的输入。也可以使用其他基于位置传感器的类型的输入数据(例如,来自形状感测光纤、加速度计、陀螺仪、超声传感器等),而不管器械100是定位在映射部分153还是未映射部分133中。

[0152] 在一些实施方式中,可能可以使用视觉数据92和机器人以及机器人命令和运动学数据94作为用于确定器械100的估计状态的输入,而与器械100是定位在映射部分153还是

未映射部分133中无关。例如,视觉算法或模块可以分析从器械100上的成像装置102接收的图像,以检测至腔的开口。机器人命令和运动学算法或模块可以分析器械100通过腔的移动以估计器械的行进长度。因此,可以将这些模态进行组合,以得出器械100的估计状态,其不基于术前模型150。

[0153] 根据数据输入的组合得出的估计状态可以被称为组合估计状态。作为一个示例,组合估计状态可以根据EM数据93和至少一个另外的数据输入(例如,术前模型数据91、视觉数据92、机器人命令和运动学数据94等)得出。作为另一示例,组合估计状态可以根据术前模型数据91和至少一个另外的数据输入(例如,视觉数据92、EM数据93、机器人命令和运动学数据94等)得出。

[0154] 在一些实施方式中,当器械100被定位在腔网络130的映射部分153内时,定位系统90输出组合估计状态。这可能是因为,例如,当器械100在映射部分153内时,术前模型数据91可以与另一种类型的输入数据进行组合以确定估计状态。

[0155] 根据单独输入的位置传感器数据得出的估计状态可以被称为基于位置传感器的估计状态。在一些实施方式中,当器械100被定位在腔网络130的未映射部分133中时,定位系统90输出基于位置传感器的估计状态。这可能是因为,例如,如上所述,当器械100在未映射部分133中时,仅EM数据93(或其他位置传感器数据)可用。

[0156] 当定位系统90的输出从组合估计状态变为基于位置传感器的估计状态时(例如,当器械100从腔网络103的映射部分153移动至未映射部分133时,可能会发生这种情况),估计状态可能会突然改变或跳跃。这可能是因为组合估计状态和基于位置传感器的估计状态可能略有不同。如先前所述,如果估计状态被显示,则医师可能会感觉到跳跃或突然的改变,这可能阻碍在腔网络100内跟踪或导航器械100。

[0157] D. 使用定位变换的导航和跟踪的概述和示例。

[0158] 如将在下面更详细地描述的,定位变换可以用于实现、便于或改进医疗器械的跟踪和导航。定位变换可以用于减少或消除由定位系统用于输出估计状态的输入数据的数量或类型的改变引起的器械100的估计状态的突然改变。例如,定位变换可以用于使由当器械100从腔网络130的映射部分153移动至未映射部分133时从组合估计状态到基于位置传感器的估计状态的改变引起的估计状态的突然改变最小化或者消除由当器械100从腔网络130的映射部分153移动至未映射部分133时从组合估计状态到基于位置传感器的估计状态的改变引起的估计状态的突然改变。

[0159] 图20A至图20F示出了使用定位变换来导航和跟踪器械100的示例。图20A示出了腔网络130(图19A)的术前模型150(图19B)的一部分。如所示出的,术前模型150包括三个分支152a、152b、152c。术前模型150还包括骨架153,骨架153包括三个段154a、154b、154c。三个段154a、154b、154c中的每个可以表示相应的分支152a、152b、152c的中心线。识别段的段ID以及长度可以与段154a、154b、154c中的每个相关联。

[0160] 在示出的示例中,表示器械100的估计位置的组合估计状态192被示出为灰色圆圈。如上所述,组合估计状态192可以由定位系统90基于例如输入数据91至94的组合来确定。组合估计状态192指示器械在腔网络130的由腔网络的分支152a表示的腔132中。如所示出的,组合估计状态192被示出为定位在沿着段154a的长度的大约一半的位置。

[0161] 图20A还示出了转变点180。转变点180在附图中被示出为X。如以下将描述的,转变

点180可以表示在其处可以确定定位变换的点。在示出的示例中,在段154b的端附近示出了转变点180。转变点180的所示位置仅通过说明性示例的方式提供,并且如以下将描述的,转变点180可以被确定为在术前模型150内的各种位置处。此外,虽然在图20A中仅示出了单个转变点180,但是在一些实施方式中,可以包括多个转变点180。例如,转变点180可以包括在术前模型150的每个末端段中。

[0162] 在一些实施方式中,图20A的某些特征可以显示给医师(例如在图18的显示器202上),以便于器械100的跟踪和导航。例如,可以显示术前模型150和/或骨架154以及组合估计状态192。在一些实施方式中,也可以显示器械100的表示(图20A中未示出)。在一些实施方式中,不显示转变点180。

[0163] 在图20B中,器械100已经导航到分支152b中。如所示出的,组合估计状态192指示器械100定位在转变点180处。图20B还示出了基于位置传感器的估计状态194(示出为黑色圆圈)。如上所述,基于位置传感器的估计状态194可以例如根据EM数据93(或来自一个或更多个其他位置传感器的数据)来确定。如所示出的,基于位置传感器的估计状态194不同于组合估计状态192。也就是说,基于位置传感器的估计状态194和组合估计状态192指示器械100的不同位置。

[0164] 如图20B中所示,器械100接近术前模型150的末端。腔网络130的未映射部分133可以延伸超出腔网络的映射部分153,并且医师可能期望导航到未映射部分133中。如以上所讨论的,当器械100被导航到术前模型150的外部时,到定位系统90的某些数据输入可能变得不可用。在一些情况下,这可能意味着组合估计状态192(其可以基于可能变得不可用的数据输入中的一个或更多个数据输入来确定)也可能很快变得不可用。除术前模型150之外,器械100的位置可以通过基于位置传感器的估计状态194而非组合估计状态192来确定。这可能导致先前描述的并且在视觉上由图20B中的基于位置传感器的估计状态194与组合估计状态192之间的差异表示的突然改变或跳跃。

[0165] 为了减少或消除这种突然改变(如将在下面更详细地描述的),当器械100定位在转变点180处时,可以确定定位变换195(被表示为虚线)。定位变换195可以表示基于位置传感器的估计状态194与组合估计状态192之间的差异。该差异可以表示基于位置传感器的估计状态194与组合估计状态192之间的差异。将在下面更详细地描述定位变换195的若干示例。

[0166] 在图20B中,在一些实施方式中,基于位置传感器的估计状态194和定位变换195不显示给医师。在图20B中,仅示出了这些特征以帮助理解概念。

[0167] 图20C示出了:在转变点180处,并且在已经确定了定位变换195之后,估计状态196(被示出为白色圆圈)可以被显示。在一些实施方式中,显示估计状态196的视觉标记。估计状态196可以包括通过定位变换195调整的基于位置传感器的估计状态194。如所示出的,在一些实施方式中,当基于位置传感器的估计状态194通过定位变换195被调整时,其产生指示与组合估计状态192大致或完全相同的位置的估计状态196。然而,应当理解,估计状态196是以与组合估计状态192不同的方式来确定(即使两者在转变点180处指示基本上相同的位置)。例如,如上所述,可以根据输入数据91至94的组合来确定组合估计状态192。相比之下,可以通过由定位变换195调整基于位置传感器的估计状态194来确定估计状态196。

[0168] 图20D示出了当器械100被移动超出转变点180时,可以确定和显示另外的估计状

态196。在一些实施方式中,可以绘制估计状态196,以对器械100行进的路径进行可视化。如图20D中所示,通过由在转变点180处确定的定位变换195调整基于位置传感器的估计状态194来确定每个后续的估计状态196。

[0169] 图20D示出了在一些实施方式中,估计状态196可以形成相对于术前模型150基本上平滑的路径。相比之下,基于位置传感器的估计状态194可能不会形成相对于术前模型150基本上平滑的路径。如所示出的,由基于位置传感器的估计状态194形成的路径在转变点180之后突然跳跃到术前模型上方。如果基于位置传感器的估计状态194被显示,则医师可能会感觉到突然的改变。这可能阻碍器械100的跟踪和导航。通过显示估计状态196(通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态194),可以减少或消除突然的改变或跳跃,从而便于跟踪和导航。

[0170] 在一些实施方式中,可以不显示基于位置传感器的估计状态194和定位变换195。在图20D中已经示出了基于位置传感器的估计状态194和定位变换195,以帮助说明本文中描述的概念。

[0171] 图20E示出了估计状态196可以被绘制和显示。在示出的示例中,可以对估计状态196进行分组以扩展术前模型150。例如,系统可以将估计状态196的串识别为与腔相对应,并且将管状结构198装配到估计状态196的串以扩展术前模型150。管状结构198的直径可以使用腔内部的视觉数据或其他方法来确定。因此,管状结构198可以将术前模型150扩展到腔网络130的先前未被术前模型150映射的部分中。扩展的术前模型可以保存在例如计算机可读存储器中,以在当前过程或将来的过程期间使用。

[0172] 图20F示出了估计状态196可以包括器械100的取向信息。基于通过定位变换195调整的基于位置传感器的估计194来确定估计状态196。基于位置传感器的估计194可以包括取向信息(例如,俯仰、滚转、偏航等),并且该取向信息可以应用于估计状态196。在示出的示例中,取向信息用于确定器械100的指向方向199。指向方向199可以显示给用户。

[0173] E. 导航和跟踪方法和系统的示例。

[0174] 图21至图23是分别示出示例导航和跟踪方法400、420、440的流程图。方法400、420、440可以在某些机器人系统诸如图1至图15中示出的机器人系统等中实现。方法400、420、440可以在图15的定位系统90中或由定位系统90实现。在一些实施方式中,一个或更多个计算机装置可以被配置成执行方法400、420、440。计算机装置可以由以上讨论的部件中的一个或更多个部件中的处理器(或多个处理器)和计算机可读存储器来实施。计算机可读存储器可以存储可以由(一个或多个)处理器执行以执行方法400、420、440的指令。指令可以包括一个或更多个软件模块。通过示例而非限制的方式,计算机装置可以在图1中示出的塔30、图1至图4中示出的推车、图5至图10中示出的床、图18中示出的命令控制台200等中。

[0175] 方法400、420、440可以例如在将医疗器械100导航通过例如如图16中示出的腔网络130时被执行。在一些实施方式中,方法400、420、440可以在医疗器械100被引入到腔网络130中时被触发。在一些实施方式中,方法400、420、440可以被自动触发。在一些实施方式中,方法400、420、440可以例如在接收到用户输入或命令时被手动触发。如以上所提到的,方法400、420、440可以被实现为在各种腔网络中导航和跟踪器械100,所述腔网络包括分支的腔网络(诸如支气管网络、肾网络、心血管网络(例如,动脉和静脉)等)和非分支的(例如,单个腔)腔网络(诸如胃肠道、泌尿道等)。

[0176] 图21是示出可以在某些机器人系统中实现的示例导航和跟踪方法400的流程图。方法400在框401处开始。在框401处,接收位置传感器数据。可以从至少一个位置传感器接收位置传感器数据(例如,EM数据93)。位置传感器可以是EM位置传感器。在一些实施方式中,可以使用其他类型的位置传感器,诸如形状感测光纤、加速度计、陀螺仪、超声传感器等。位置传感器中的一个或多个位置传感器可以定位在器械上。位置传感器中的一个或多个位置传感器可以定位在器械的远端上。在一些实施方式中,位置传感器未定位在器械的远端上,诸如在器械的近端上或在机器人臂的马达组上的扭矩传感器。位置传感器的其他示例可以包括由医疗机器人命令的移动数据,该移动数据可以用于对医疗器械的估计姿势进行建模。

[0177] 在框403处,方法400涉及确定根据位置传感器数据得出的基于位置传感器的估计状态。位置传感器可以用于跟踪器械。器械可以定位在腔网络内。位置传感器数据可以提供或被处理以提供(例如,通过定位系统90)基于位置传感器的估计状态。基于位置传感器的估计状态可以包括位置的指示。可以相对于参考系提供位置的指示。如上所述,参考系可以被配准到术前模型的坐标系,使得基于位置传感器的估计状态在术前模型的坐标系内提供位置的指示。例如,基于位置传感器的估计状态可以包括 $x$ ,  $y$ 和 $z$ 坐标。在一些实施方式中,可以使用其他坐标系。基于位置传感器的估计状态还可以提供与传感器的取向有关的信息。例如,取向信息可以包括俯仰、滚转和偏航信息。在一些实施方式中,基于位置传感器的估计状态是三自由度位置或六自由度位置。

[0178] 在框405处,方法400涉及基于位置传感器数据(在框401处接收的)和至少一种其他类型的位置数据来确定组合估计状态。至少一种其他类型的位置数据可以包括例如上述术前模型数据91、视觉数据92和/或机器人命令和运动学数据94。因此,在一些示例中,组合估计状态基于术前模型数据91、视觉数据92、机器人命令和运动学数据94中的一个或多个和位置传感器数据(例如,EM数据93),基于另一类型的位置数据来确定。

[0179] 在一些实施方式中,当器械定位在腔网络的由术前模型表示的一部分(例如,腔网络的映射部分)内时,发生框405。这可能是因为,如上所述,当器械定位在腔网络的映射部分外部时,至少一种其他类型的位置数据中的一个或多个可能不可用。

[0180] 组合估计状态可以是定位系统90的输出。组合估计状态可以提供位置的指示。在一些实施方式中,相对于术前模型(例如,相对于术前模型的骨架)提供位置的指示。组合估计状态可以包括 $x$ ,  $y$ 和 $z$ 坐标。在一些实施方式中,可以使用其他坐标系。组合估计状态还可以提供与传感器的取向有关的信息。例如,取向信息可以包括俯仰、滚转和偏航信息。在一些示例中,组合估计状态可以包括以下之一:段的标识符、段内的深度和器械的滚转信息;三自由度位置;或六自由度位置。

[0181] 在一些实施方式中,框401、403和405的顺序可以改变。在一些实施方式中,框401、403和405中的两个或多个可以基本上同时发生。

[0182] 在框407处,方法400涉及确定定位变换。定位变换可以基于组合估计状态(框405)和基于位置传感器的估计状态(框403)来确定。在一些实现中,在转变点处确定定位变换。例如,转变点可以定位在沿着术前模型的一个或多个末端(例如,最后一个)段的长度的开始、结束处或一定位置处;定位在沿着术前模型的一个或多个倒数第二段的长度的开始、结束处或一定位置处;定位在沿着术前模型的一个或多个倒数第三段的长度的开始、

结束处或一定位置处;定位在沿着术前模型的一个或更多个倒数第四段的长度的开始、结束处或一定位置处等。沿着长度的位置可以例如在从段的端测量的阈值诸如段的长度的百分比(例如,大约5%、大约10%、大约25%、大约33%、大约50%)处,或在距段的末端的指定距离(例如,大约1mm、大约2.5mm、大约5mm、大约10mm、大约25mm等)处。在其他示例中,位置可以相对于段的开始来确定。在一些实施方式中,转变点定位在腔网络130的映射部分与未映射部分之间的边界处。在一些实施方式中,基于器械在腔网络130内的路径(例如,预先规划的路径)来确定转变点。例如,转变点可以定位在总路径的阈值处或基于路径内的给定段。在一些实施方式中,可以基于预先规划的路径(例如,穿过腔网络到达目标结节的预先规划的路径)来确定转变点。在这样的情况下,转变点可以定位在沿着路径上的最后一段或路径上的倒数第二段的长度的开始、结束处或一定点处(类似于上述示例)。

[0183] 转变点可以是术前模型内的位置。转变点可以将腔网络划分为第一部分和第二部分。在一些实施方式中,第一部分可以大体上对应于腔网络的映射部分(即,由术前模型表示的部分),而第二部分可以大体上对应于腔网络的未映射部分。更一般地,第一部分可以表示腔网络的其中器械的位置由组合估计状态确定的一部分,而第二部分可以表示腔网络的其中器械的位置不是由组合估计状态确定的一部分。

[0184] 如以上所提到的,基于位置传感器的估计状态和组合估计状态可能由于用于确定它们的不同的输入数据以及用于解释这样的数据的算法而不同。定位变换可以是(或表示)基于位置传感器的估计状态与组合估计状态之间的差异。

[0185] 在一些实施方式中,定位变换可以是(或表示)转变点处的基于位置传感器的估计状态与组合估计状态之间的差异。例如,可以基于转变点处的基于位置传感器的估计状态和组合估计状态来确定定位变换。在另一示例中,可以对于转变点之前的一系列基于传感器的估计状态和组合估计状态确定定位变换。当在一定范围内确定时,可以基于差异的特性(例如,作为基于位置传感器的估计状态与组合估计状态之间的差异的中值、平均值或加权平均值)来确定定位变换。

[0186] 作为一个示例,定位变换可以是偏移。例如,定位变换可以是表示基于位置传感器的估计状态与组合估计状态之间的差异的单个值。

[0187] 作为另一示例,定位变换可以是多维值(诸如三维值)或矢量。例如,矢量可以表示基于位置传感器的估计状态与组合估计状态之间的距离和方向。

[0188] 作为另一示例,定位变换可以是函数。例如,可以基于跟踪组合估计状态和基于位置传感器的估计状态随时间的偏差来构建函数或对函数进行建模。使用跟踪的偏差,系统可以将偏差拟合到函数,该函数将可用于预测在医疗器械退出基于骨架的位置导航时组合估计状态与基于位置传感器的估计状态之间的偏差。在组合估计状态与基于位置传感器的估计状态之间的差异根据距离或时间的函数漂移的情况下,这样的方法可能是有用的,并且这样的函数可以根据距离或时间或任何其他合适的参数的函数对这些漂移进行建模。尽管已经在基于位置传感器的估计状态与组合估计状态之间的历史差异方面描述了函数,但是应理解,一些实施方式可以利用其他类型的函数。这可能是先验已知不同位置状态之间的差异的模型的情况。

[0189] 作为另一示例,定位变换可以是变换矩阵。例如,可以基于在器械的最后几个段或行进上累积的基于位置传感器的估计状态的历史矩阵和累积的组合估计状态的历史矩阵



来计算变换矩阵。可以在这两个历史矩阵之间计算变换矩阵。在一些实现中,与可以返回三自由度值(即,位置)的上述偏移相比,变换矩阵可以返回六自由度值(即,位置和取向)。

[0190] 在一些实现中,当器械移过经过转变点时,定位变换被固定或设置。也就是说,可以在转变点处确定定位变换,并且在器械被导航超出转变点时将定位变换连续应用于每个接连确定的基于位置传感器的估计状态。在一些实现中,每当器械移动经过或通过转变点时,都再次确定定位变换。

[0191] 在框409处,方法400涉及基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出器械的估计状态。在一些实现中,输出估计状态包括显示估计状态或存储估计状态。在一些实现中,可以向医师显示估计状态的视觉标记。估计状态可以通过定位变换(例如,如以上参照图20A至图20F描述的)调整的基于位置传感器的估计状态。这可以包括利用定位变换修改基于位置传感器的估计状态。例如,如果定位变换是矢量,则可以向基于位置传感器的估计状态添加矢量或从基于位置传感器的估计状态减去矢量。

[0192] 通过定位变换调整基于位置传感器的估计状态可以产生与组合估计状态基本上或完全对准的估计状态。这可以减少或消除显示给用户用于跟踪或导航器械的估计状态的突然改变。

[0193] 在一些实施方式中,当器械被定位成超出转变点时,框409发生。例如,当器械被定位在腔网络的第二部分或腔网络的未映射部分中时,框409可以发生。方法400还可以包括当器械定位在腔网络的第一部分内时输出(例如,显示或存储)组合估计状态。

[0194] 方法400还可以包括基于调整后的基于位置传感器的估计状态来确定器械的估计状态(在框409处输出)与目标结节之间的距离。方法400还可以包括基于调整后的基于位置传感器的估计状态来确定器械的指向方向(图20F)。指向方向可以显示给用户。

[0195] 图22是示出可以在某些机器人系统中实现的另一示例导航和跟踪方法420的流程图。方法420在框421处开始。在框421处,方法420确定在腔网络的第一部分与腔网络的第二部分之间的转变点。如上所述,转变点的位置可以被确定为在各种位置中。

[0196] 在框423处,方法420包括对定位在腔网络内的器械进行导航。在框425处,当器械在转变点处时,方法425确定定位变换。如上所述,定位变换可以表示组合估计状态与基于位置传感器的估计状态之间的差异。在确定了定位变换的情况下,方法420移动到框427,在框427中,器械再次在腔网络内移动。

[0197] 方法420继续前进至判定框429,在判定框429处,确定器械是定位在腔网络的第一部分内还是第二部分内。如果确定器械在腔网络的第一部分内,则方法420继续前进至框431。框431涉及输出组合估计状态。如果确定器械在腔网络的第二部分内,则方法420继续前进至框433。框433涉及输出通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态。

[0198] 方法420可以通过通过定位变换调整基于位置传感器的估计状态来减少输出估计状态的突然改变,以使组合估计状态与基于位置传感器的估计状态之间的差异最小化或消除组合估计状态与基于位置传感器的估计状态之间的差异。这可以提供估计状态的视觉标记提供平滑且连续的跟踪和导航。

[0199] 图23是示出可以在某些机器人系统中实现的另一示例导航和跟踪方法440的流程图。在一些方面中,方法440类似于先前描述的方法400,并且为了简洁起见,不再次描述方法440的与方法400的特征相似的特征。与基于基于位置传感器的估计状态和组合估计状态



(其本身部分地基于基于位置传感器的估计状态)确定定位变换的方法400相比,方法440基于基于位置传感器的估计状态和另外的估计状态(如下所述,其可以独立于基于位置传感器的估计状态)来确定定位变换。

[0200] 方法440在框441处开始,在框441处,接收位置传感器数据。在框443处,方法440涉及例如根据位置传感器数据确定基于位置传感器的估计状态。

[0201] 在框445处,方法440涉及基于至少另一种类型的位置数据来确定另外的估计状态。除了另外的估计状态不是基于位置传感器数据来确定以外,该框与方法400的框405类似。在方法440中,在根本不使用位置传感器数据的情况下确定另外的估计状态。例如,框445可以涉及基于从定位在器械上的成像装置接收的视觉数据、与器械的物理移动和操纵有关的机器人命令和运动学数据、术前模型数据或这些的任意组合来确定另外的估计状态。在一些实现中,用于确定估计状态的这些另外的模态中的任何模态可以独立于在框443处使用的基于位置传感器的模态。

[0202] 在框447处,方法440涉及基于另外的估计状态和基于位置传感器的估计状态来确定定位变换。类似于方法400的框407,定位变换可以表示两个估计状态之间的差异。最终,在框449处,方法440基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态来输出估计状态。

[0203] 图24是示出被配置成实现本文中描述的导航和跟踪方法的示例机器人系统500的框图。系统500包括处理器510和存储器512。存储器512可以存储配置或指示处理器510执行例如上述方法400、420和/或440的指令。

[0204] 系统500还包括器械502。器械502可以被配置成用于导航腔网络。除其他事物外,器械502可以包括位置传感器504和成像装置506。器械502可以附接至器械定位装置508,该器械定位装置508被配置成操纵和移动器械502。在一些实施方式中,器械定位装置508可以由处理器510控制。

[0205] 如所示出的,数据存储装置514可以存储位置传感器数据516、视觉数据518、机器人命令和运动学数据520以及术前模型数据522。可以从位置传感器504接收位置传感器数据516。可以从成像装置506接收视觉数据518。可以从器械定位装置508接收机器人命令和运动学数据520。

[0206] 位置传感器数据516、视觉数据518、机器人命令和运动学数据520和/或术前模型数据522可以作为数据输入被提供给处理器510。处理器510可以执行本文中描述的方法以确定和输出关于器械502的估计状态526的信息。在示出的实施方式中,关于估计状态526的信息被输出至显示器524。在一些实施方式中,估计状态526可以被存储。

[0207] 3. 实现系统和术语。

[0208] 本文中公开的实现提供用于导航和跟踪医疗器械的系统、方法和装置。本文中描述的各种实现提供腔网络内的改进的导航和跟踪。

[0209] 应当注意,如本文中使用的术语“耦接(couple)”、“耦接(coupling)”、“被耦接(coupled)”或词“耦接”的其他变型可以指示间接连接或直接连接。例如,如果第一部件“耦接”至第二部件,则第一部件可以经由另一部件间接连接至第二部件或直接连接至第二部件。

[0210] 本文中描述的位置估计和机器人运动致动功能可以作为一个或多个指令被存

储在处理器可读或计算机可读介质上。术语“计算机可读介质”是指可以由计算机或处理器访问的任何可用介质。通过示例而非限制的方式,这样的介质可以包括随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、闪存存储器、致密盘只读存储器(CD-ROM)或其他光盘存储装置、磁盘存储装置或其他磁存储装置,或可以用于以指令或数据结构的形式存储期望的程序代码并且可以由计算机访问的任何其他介质。应当注意,计算机可读介质可以是暂态的和非暂态的。如本文中所使用的,术语“代码”可以指能够由计算装置或处理器执行的软件、指令、代码或数据。

[0211] 本文中公开的方法包括用于实现所描述的方法的一个或更多个步骤或动作。在不脱离权利要求的范围的情况下,方法步骤和/或动作可以彼此互换。换言之,除非正在描述的方法的正确操作需要步骤或动作的特定顺序,否则可以在不脱离权利要求的范围的情况下修改特定步骤和/或动作的顺序和/或使用。

[0212] 如本文中所使用的,术语“多个”表示两个或更多个。例如,多个部件表示两个或更多个部件。术语“确定”包含各种各样的动作,因此,“确定”可以包括计算(calculating)、计算(computing)、处理、推导、调查、查找(例如,在表格、数据库或其他数据结构中查找)、查明等。此外,“确定”可以包括接收(例如,接收信息)、访问(例如,访问存储器中的数据)等。此外,“确定”可以包括解析、选择、挑选、建立等。

[0213] 除非另有明确说明,否则短语“基于”并不意味着“仅基于”。换言之,短语“基于”描述了“仅基于”和“至少基于”两者。

[0214] 如本文所使用的,术语“大约”是指长度、厚度、数量、时间段或其他可测量值的测量范围。这样的测量范围包含指定值的和相对于指定值的 $\pm 10\%$ 或更小、优选地 $\pm 5\%$ 或更小、更优选地 $\pm 1\%$ 或更小以及进一步更优选地 $\pm 0.1\%$ 或更小的变化,只要这样的变化是适当的,以便在所公开的装置、系统和技术中起作用。

[0215] 提供了所公开的实现的先前描述,以使得本领域技术人员能够实现或使用本发明。对于本领域技术人员而言,对这些实现的各种修改将是显而易见的,并且在不脱离本发明的范围的情况下,本文中定义的一般原理可以应用于其他实现。例如,将理解,本领域普通技术人员将能够采用多个相应的替代和等同的结构细节,如紧固、安装、耦接或接合工具部件的等效方式,用于产生特定的致动运动的等效机制以及用于递送电能的等效机制。因此,本发明不旨在限于本文中所示的实现,而是与符合本文中公开的原理和新颖特征的最宽范围一致。

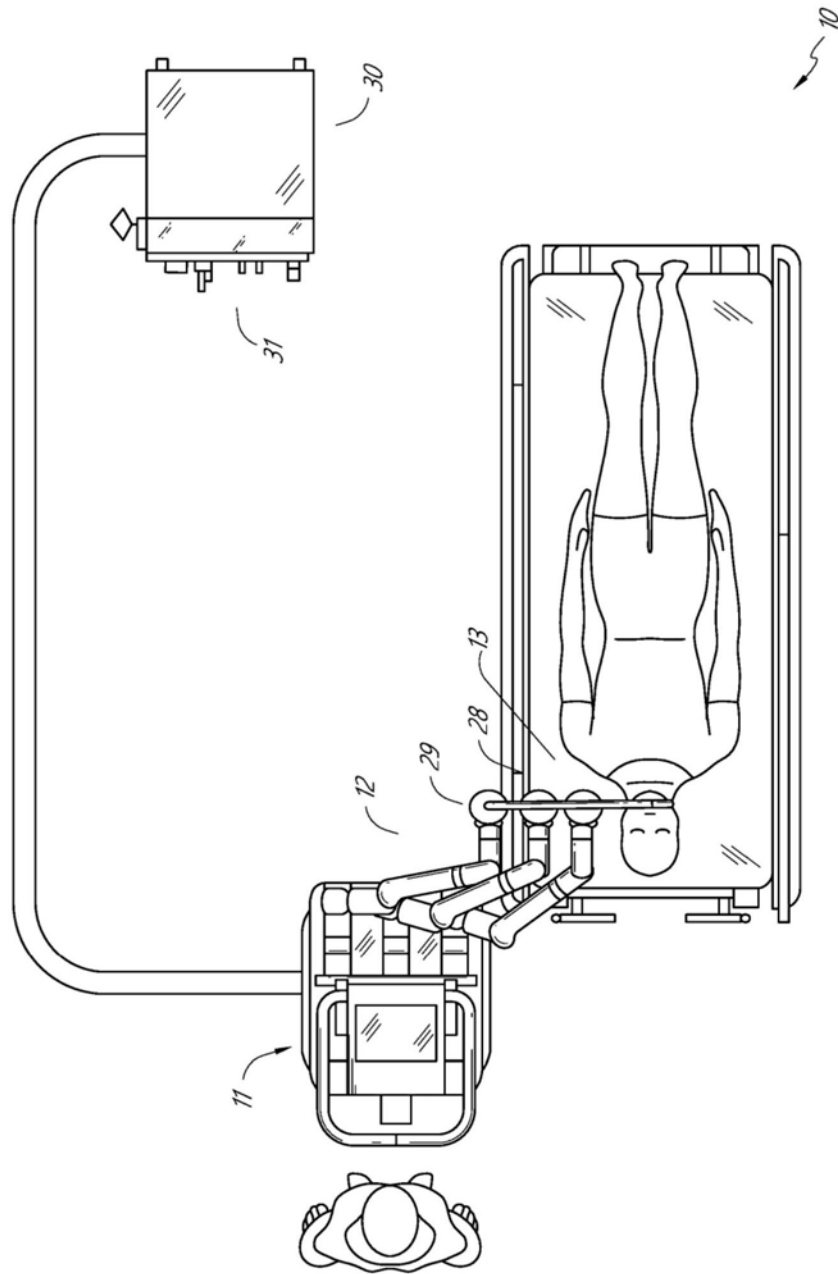


图1

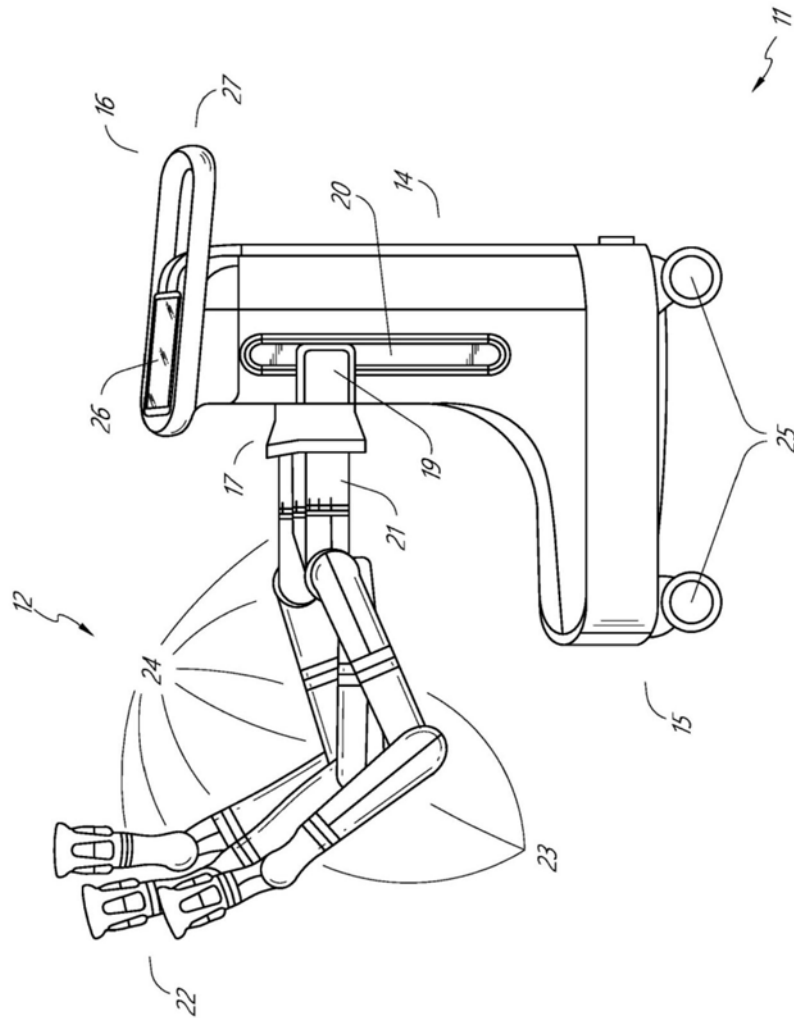


图2

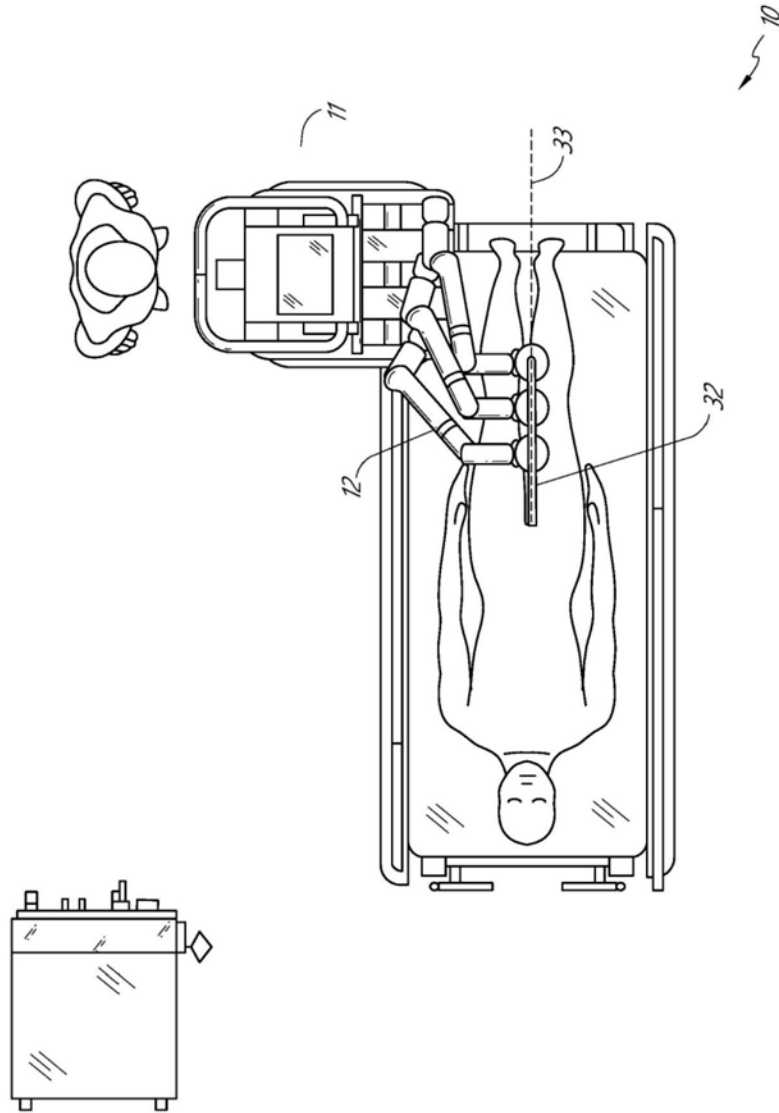


图3

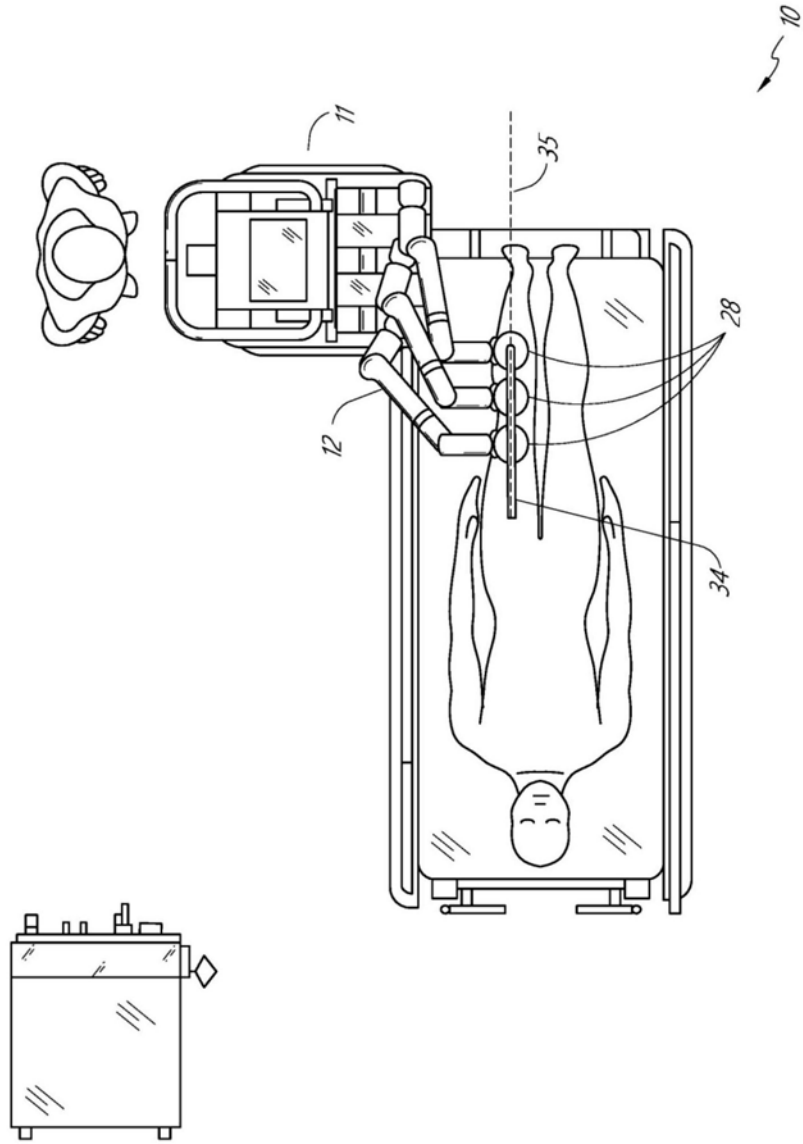


图4

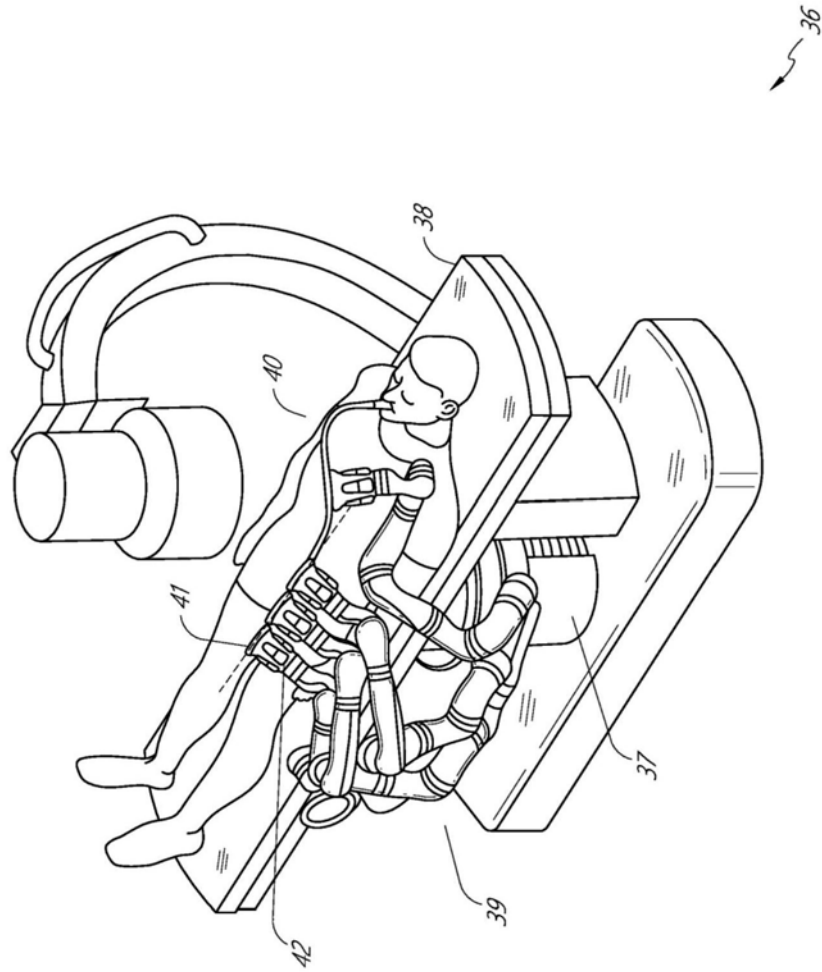


图5

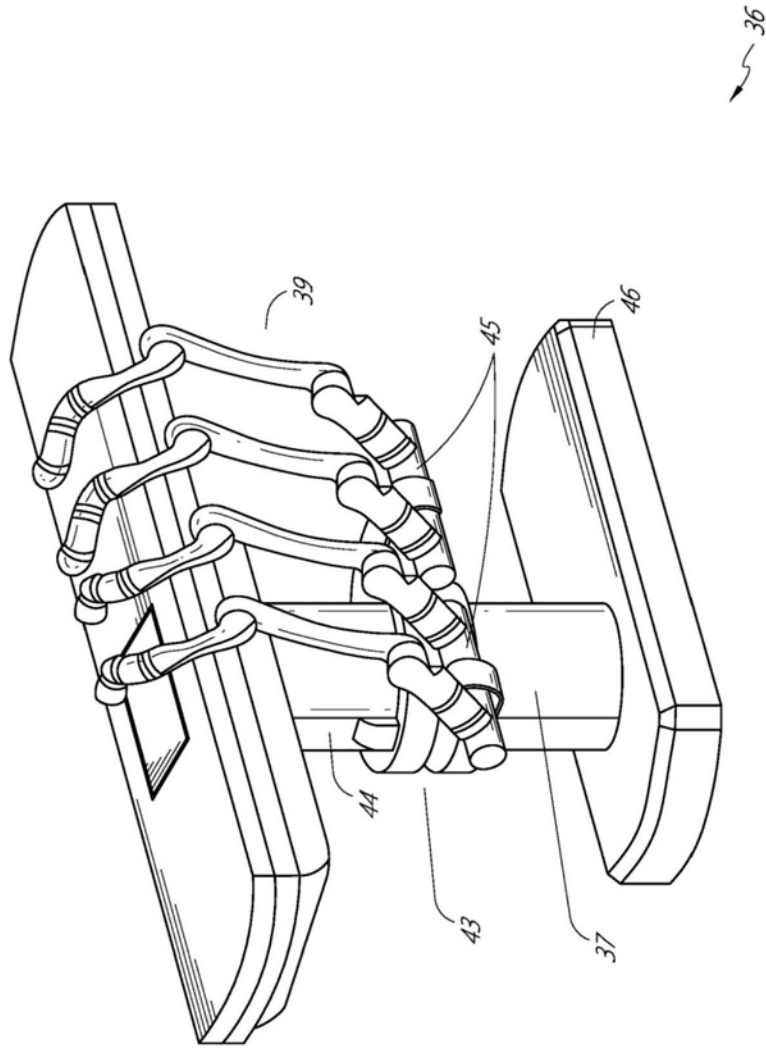


图6



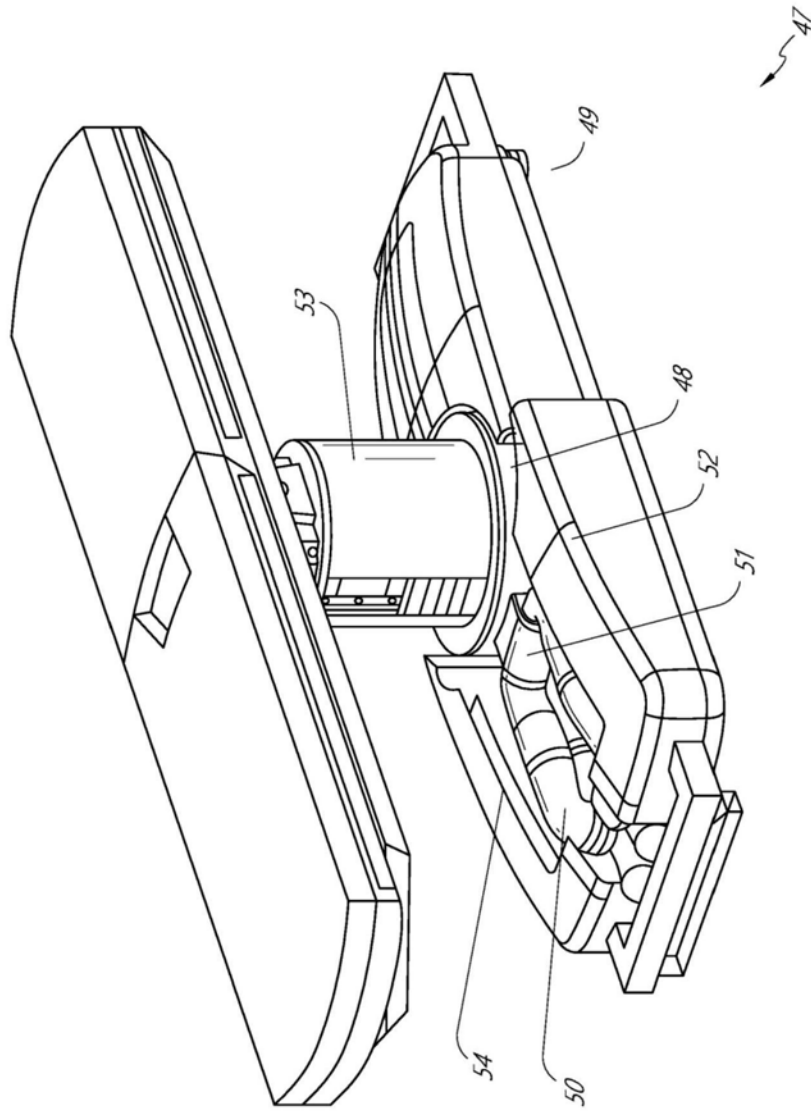


图7

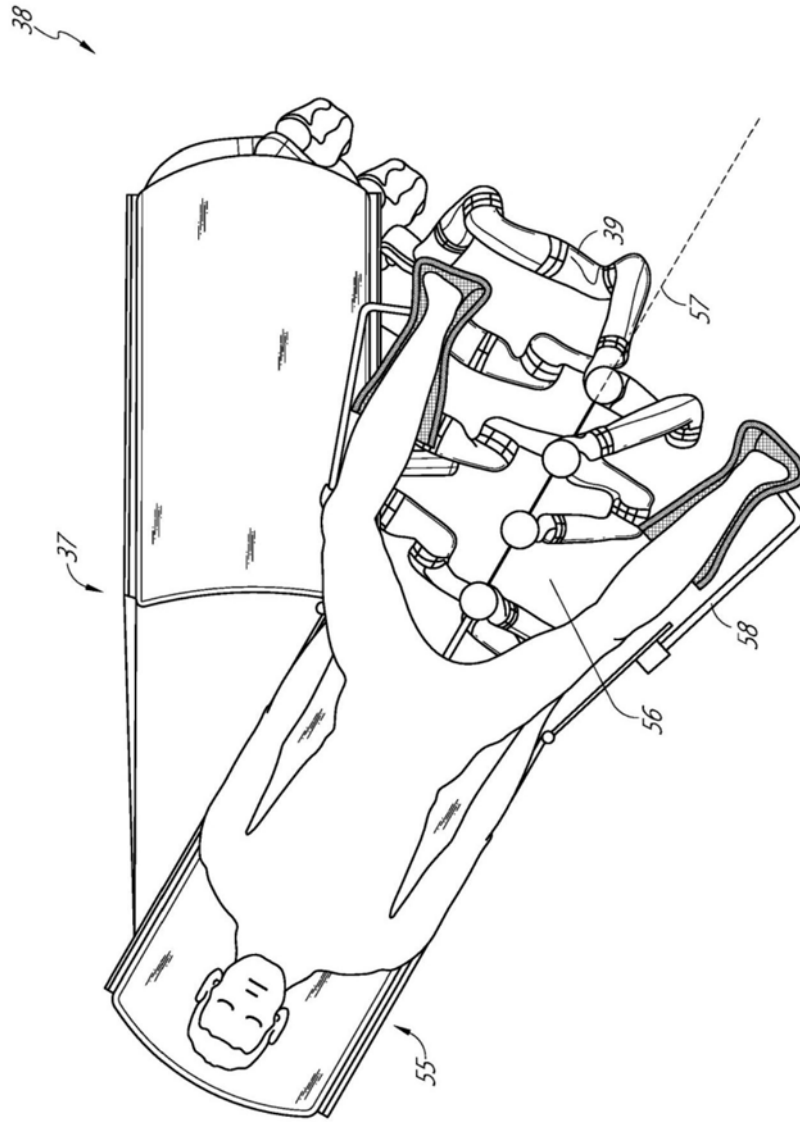


图8

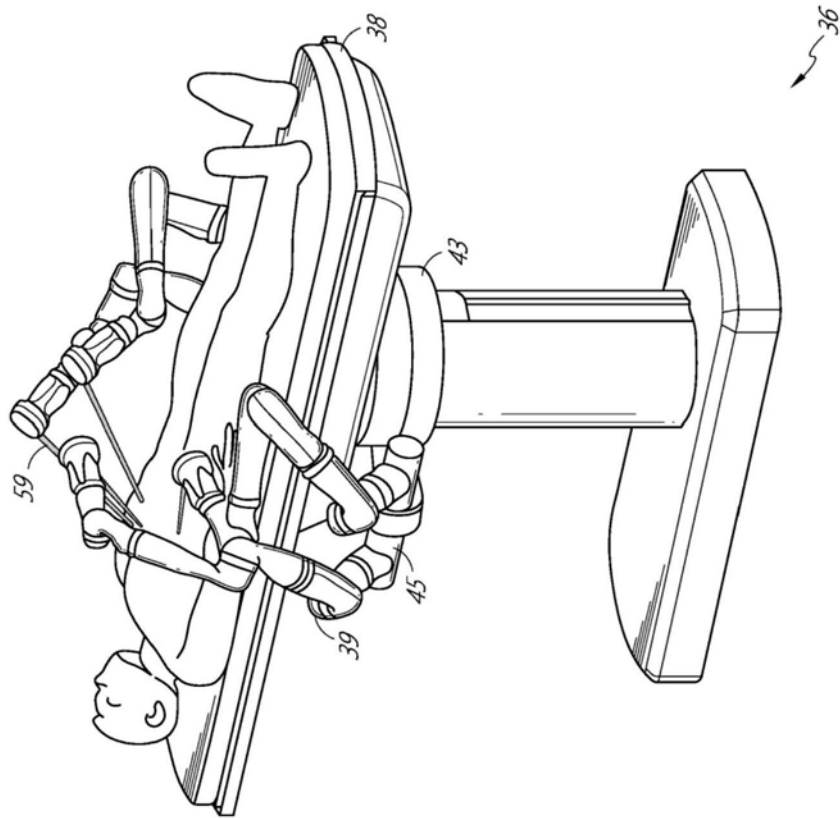


图9

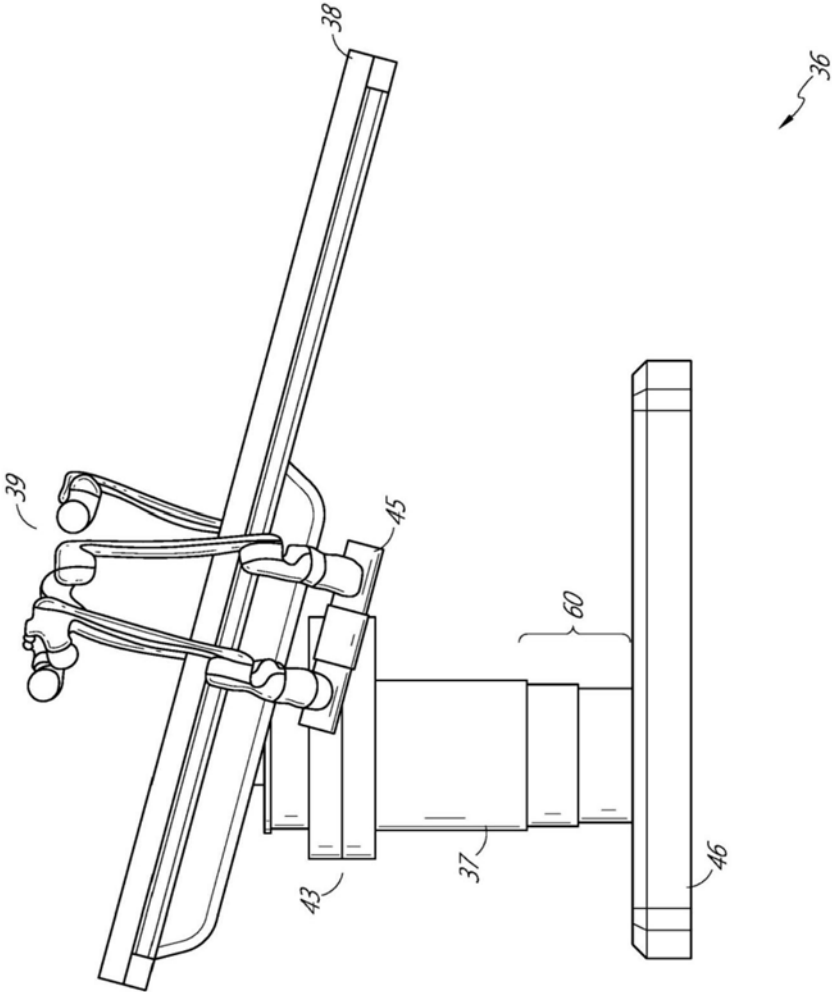


图10

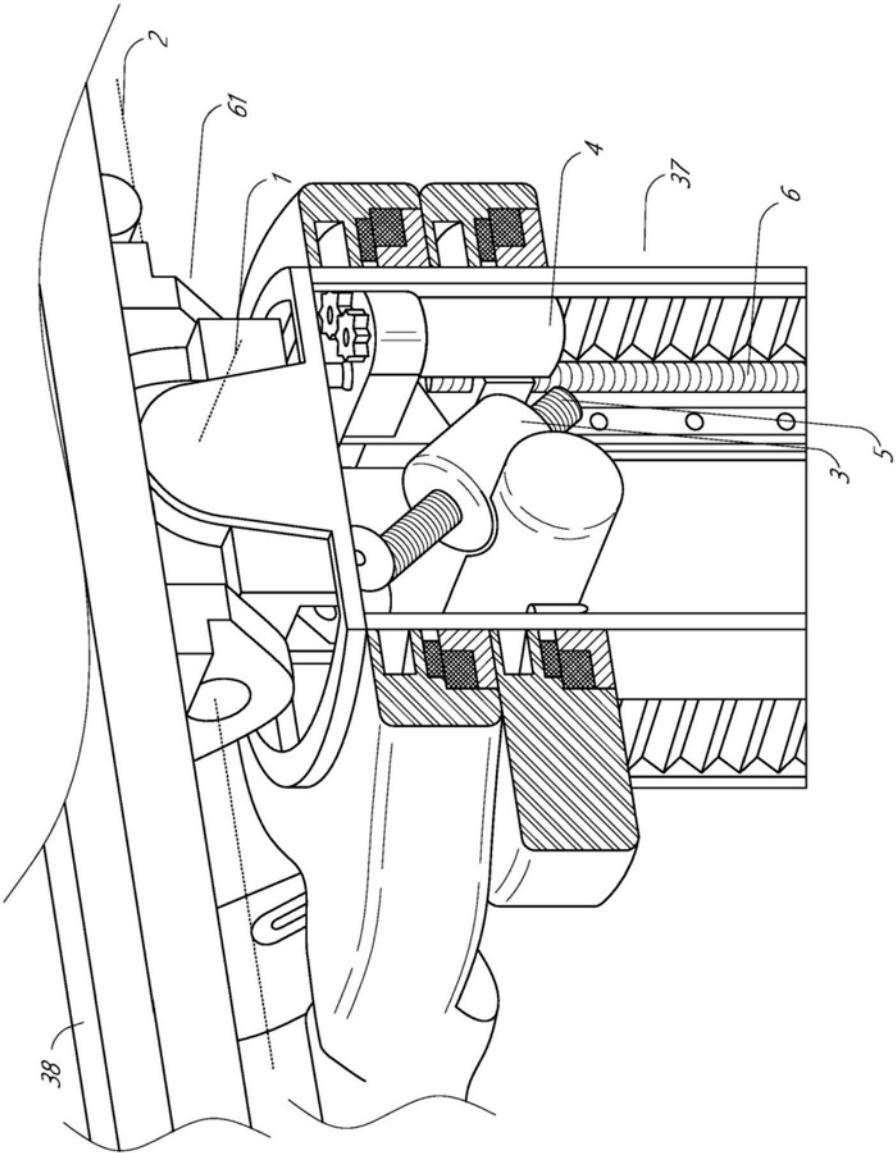


图11

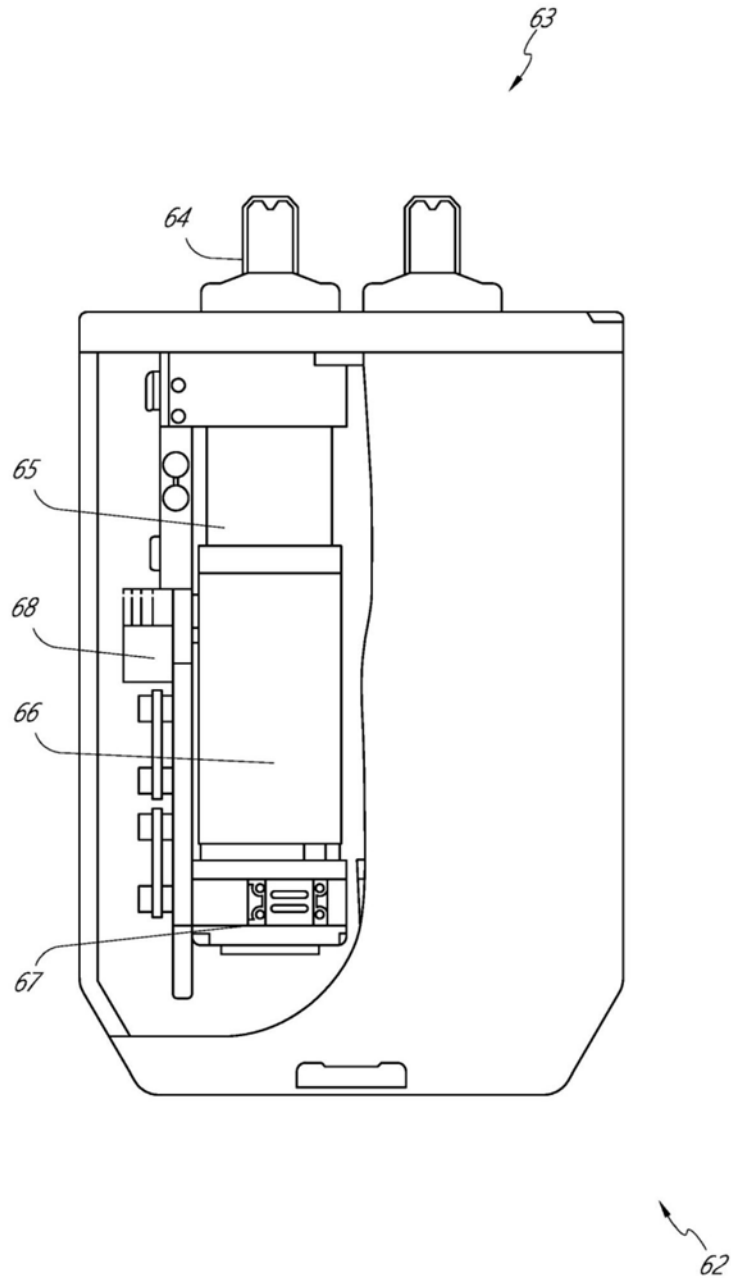


图12

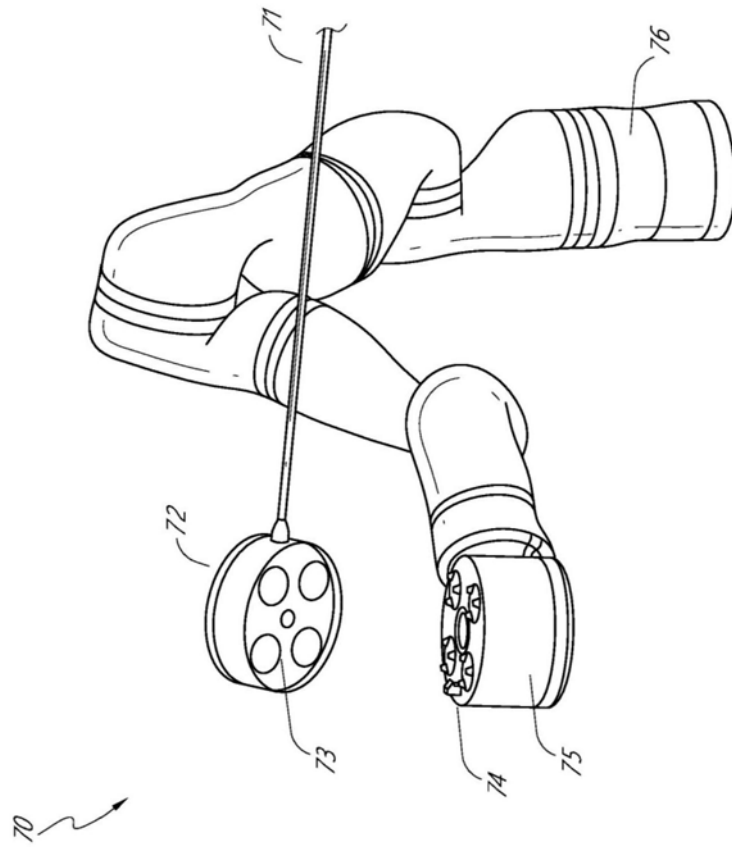


图13

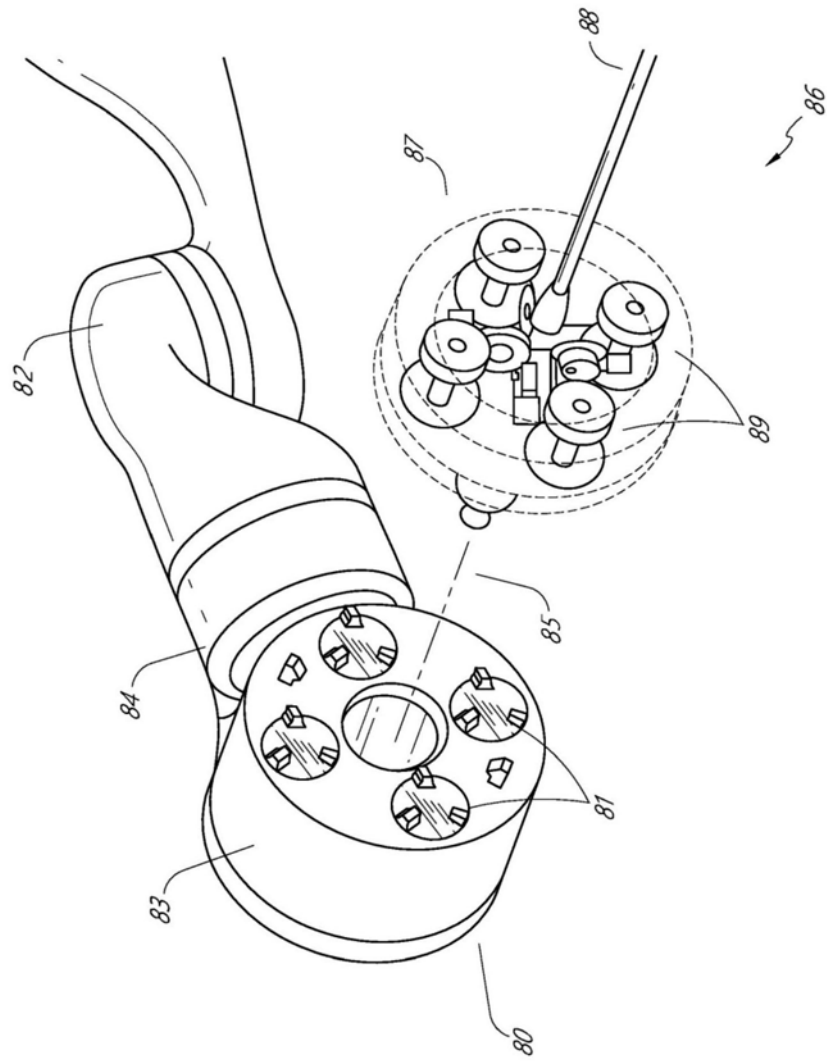


图14



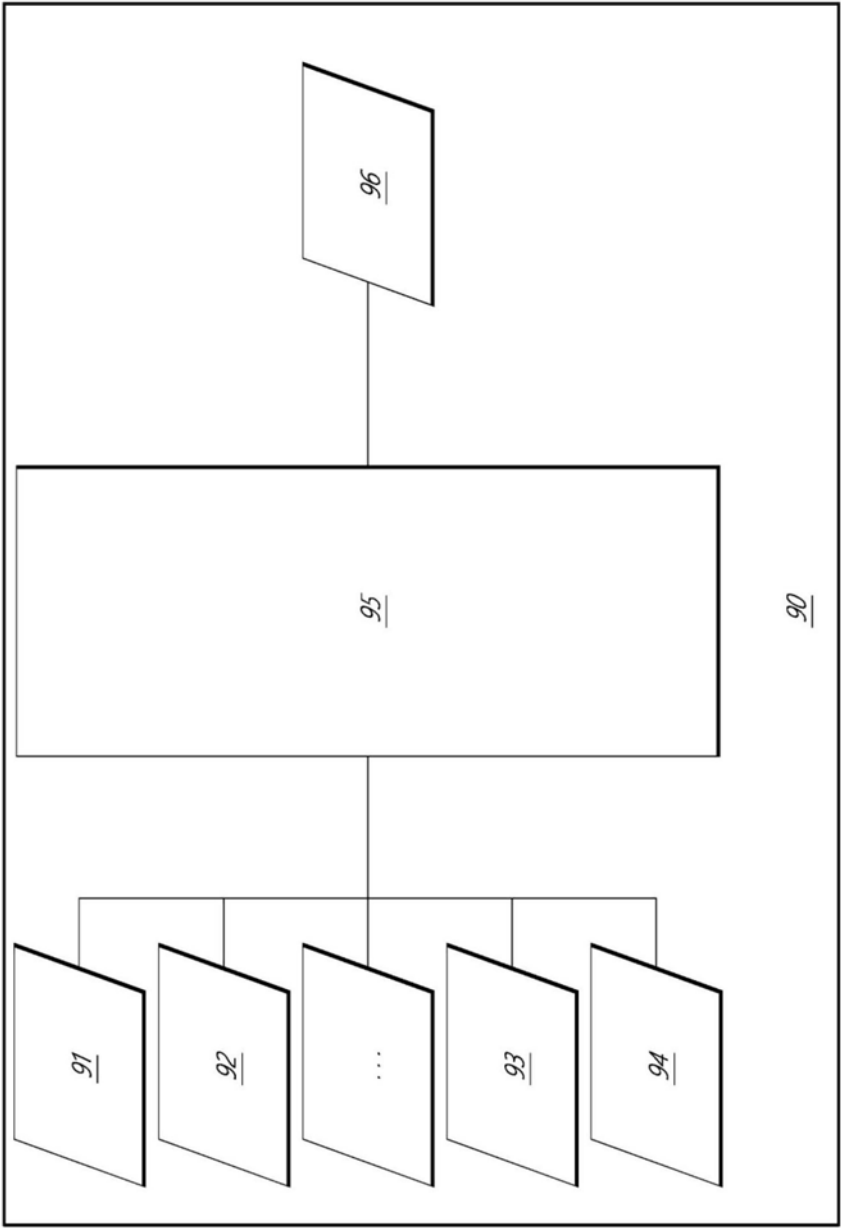


图15

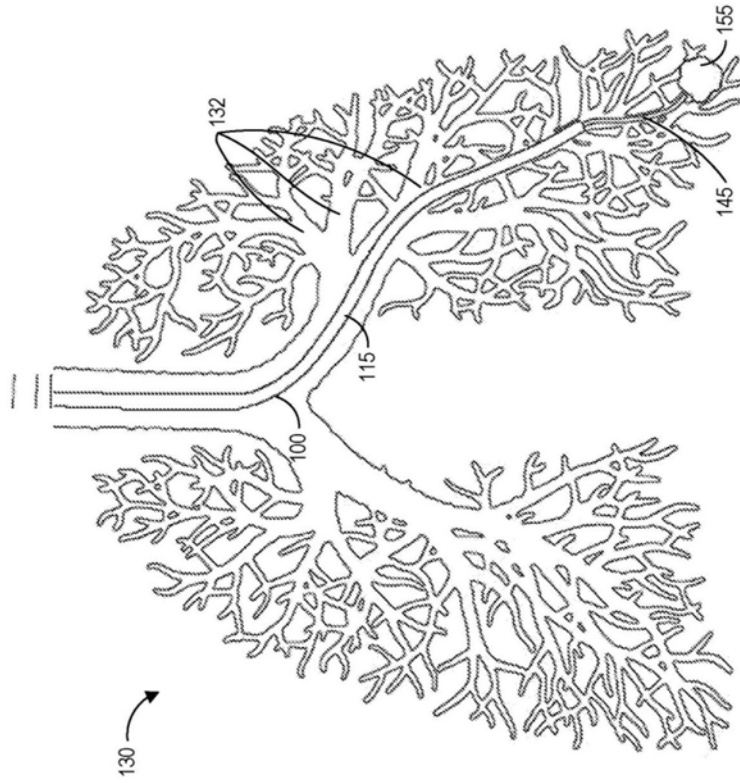


图16

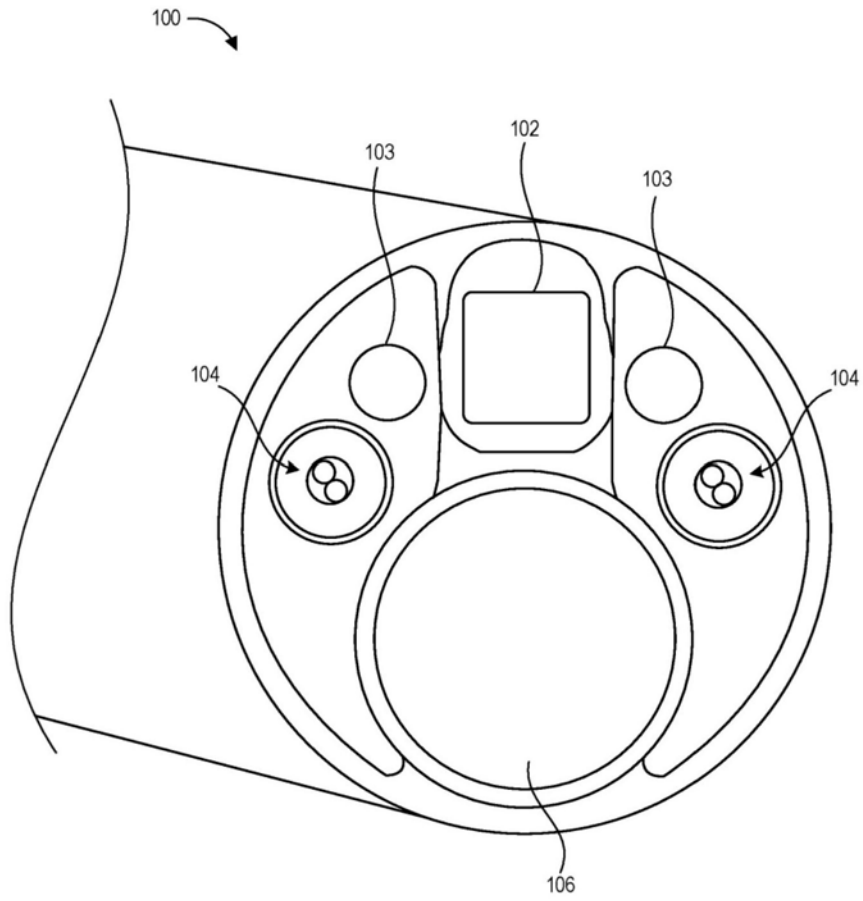


图17

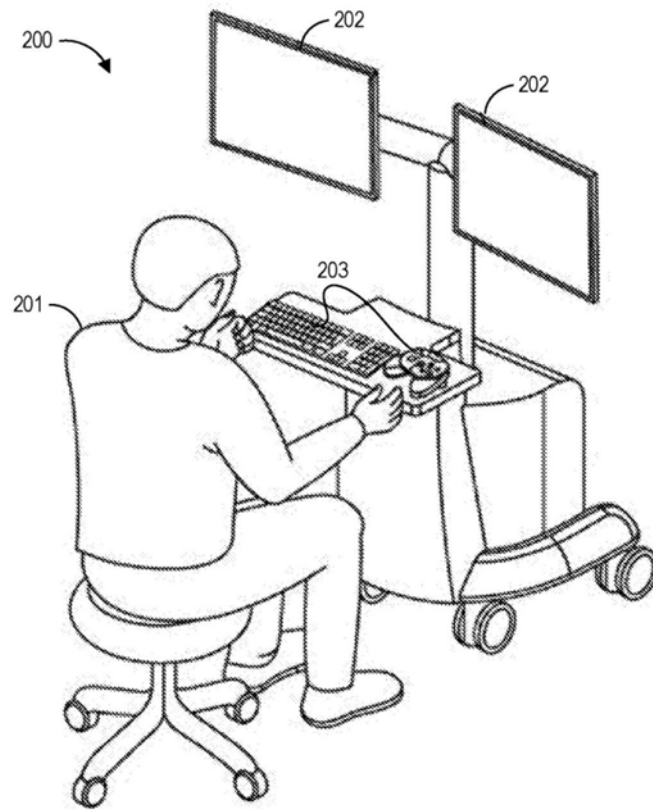


图18

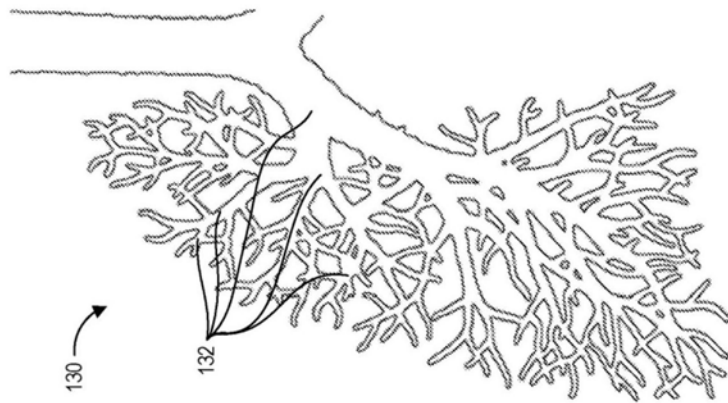


图19A

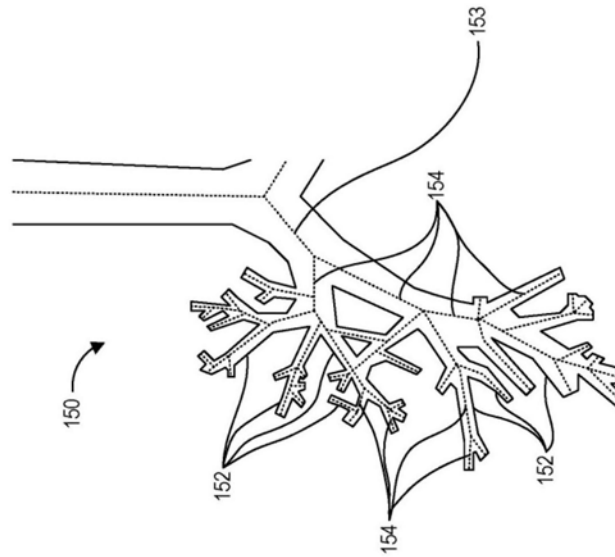


图19B

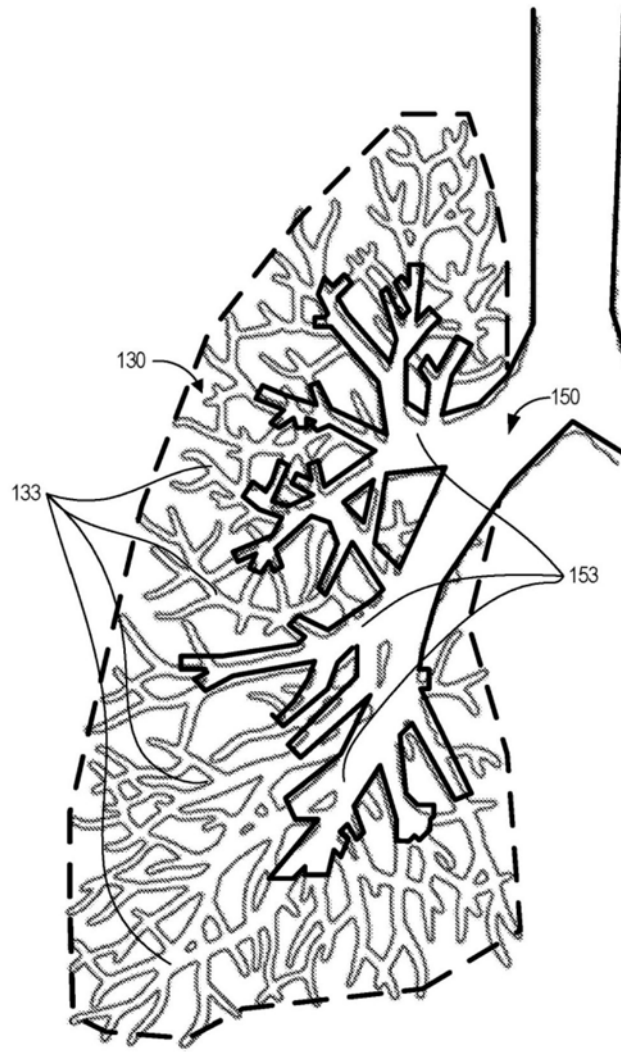


图19C

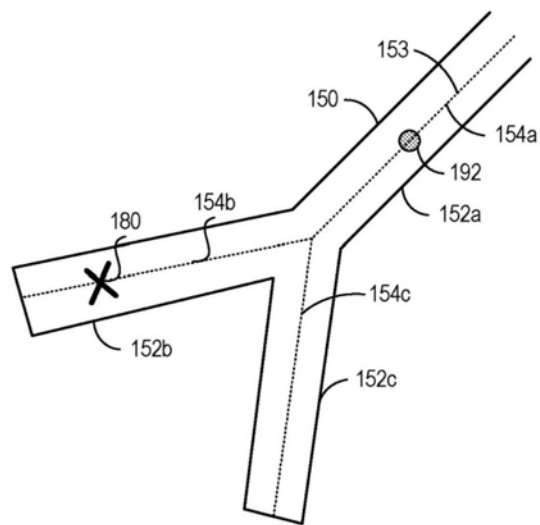


图20A

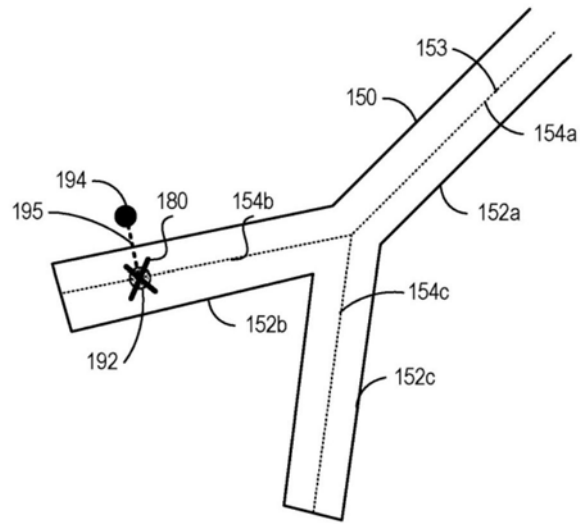


图20B

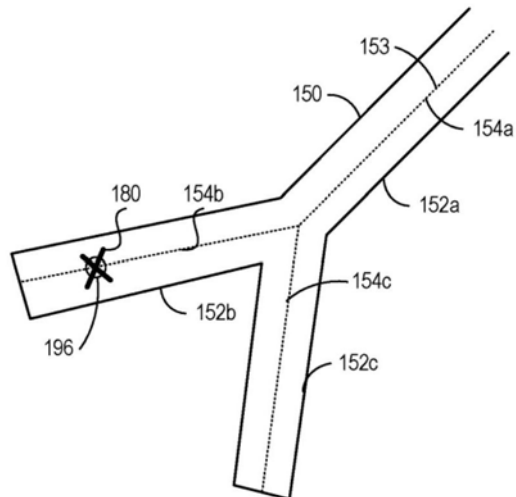


图20C

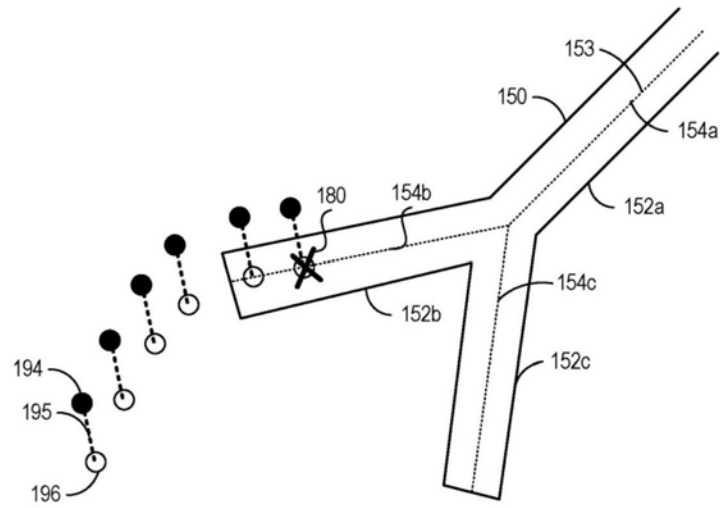


图20D

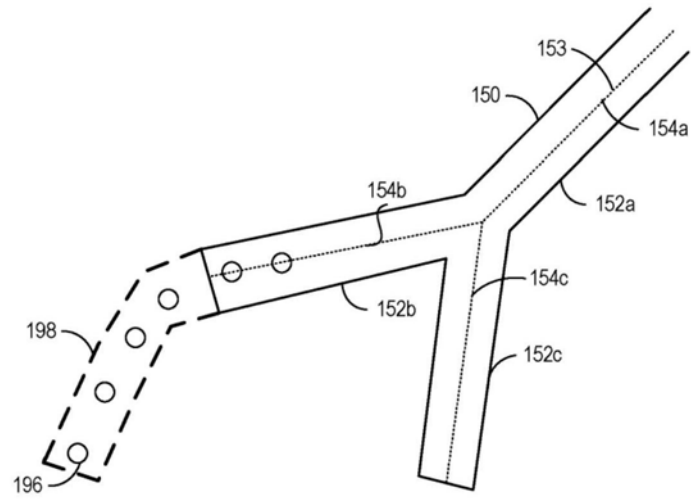


图20E



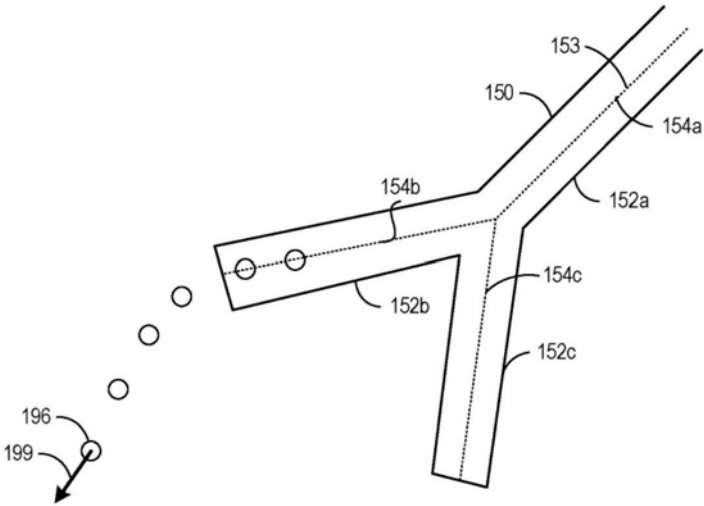


图20F

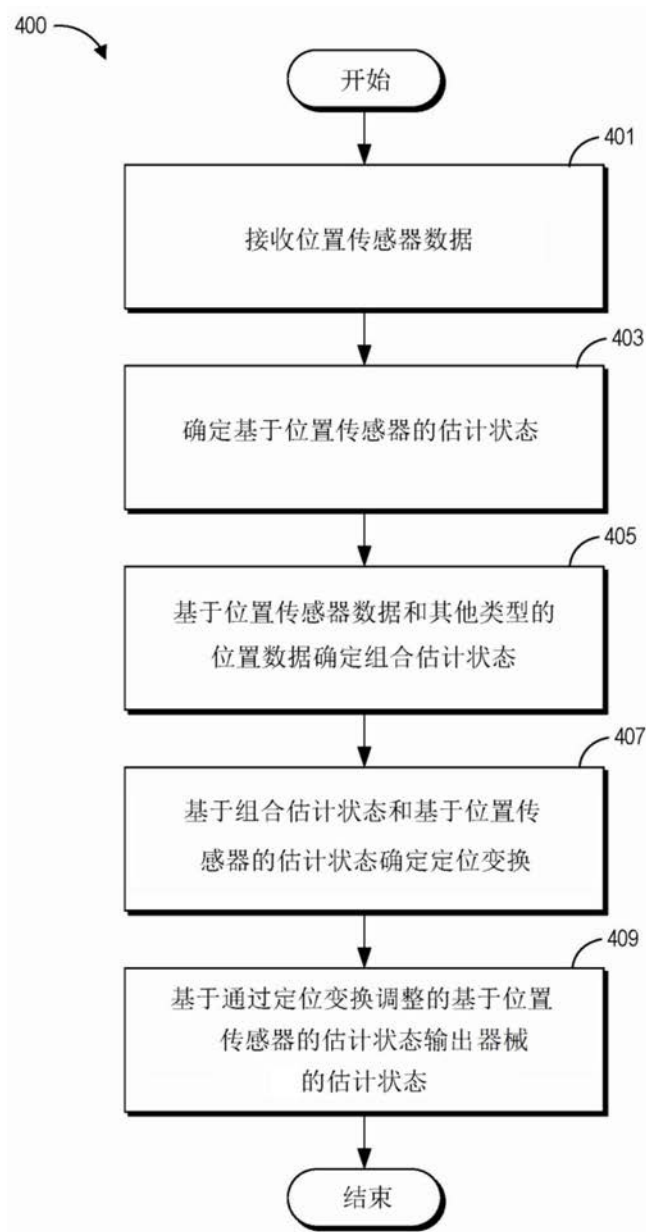


图21

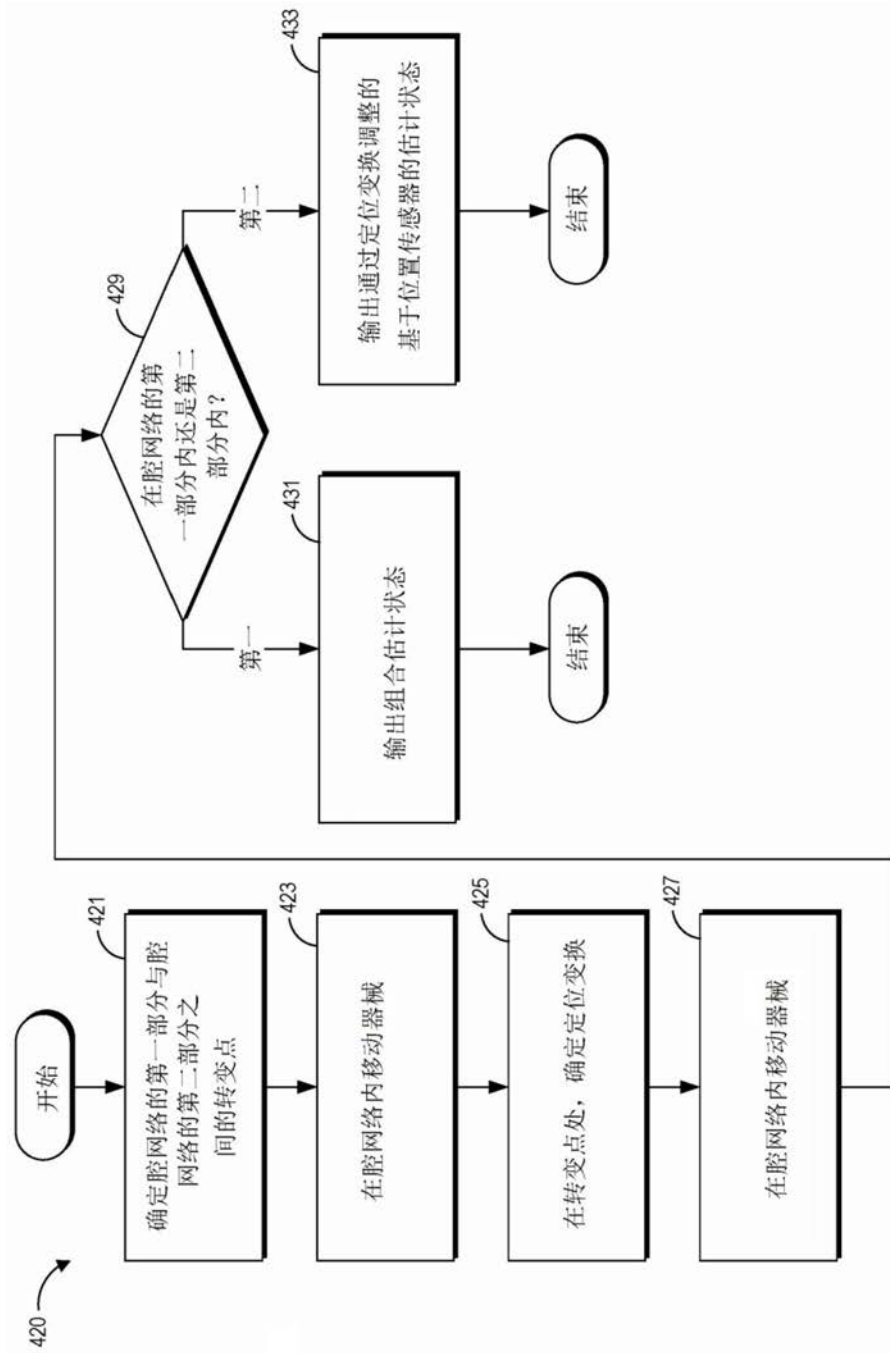


图22

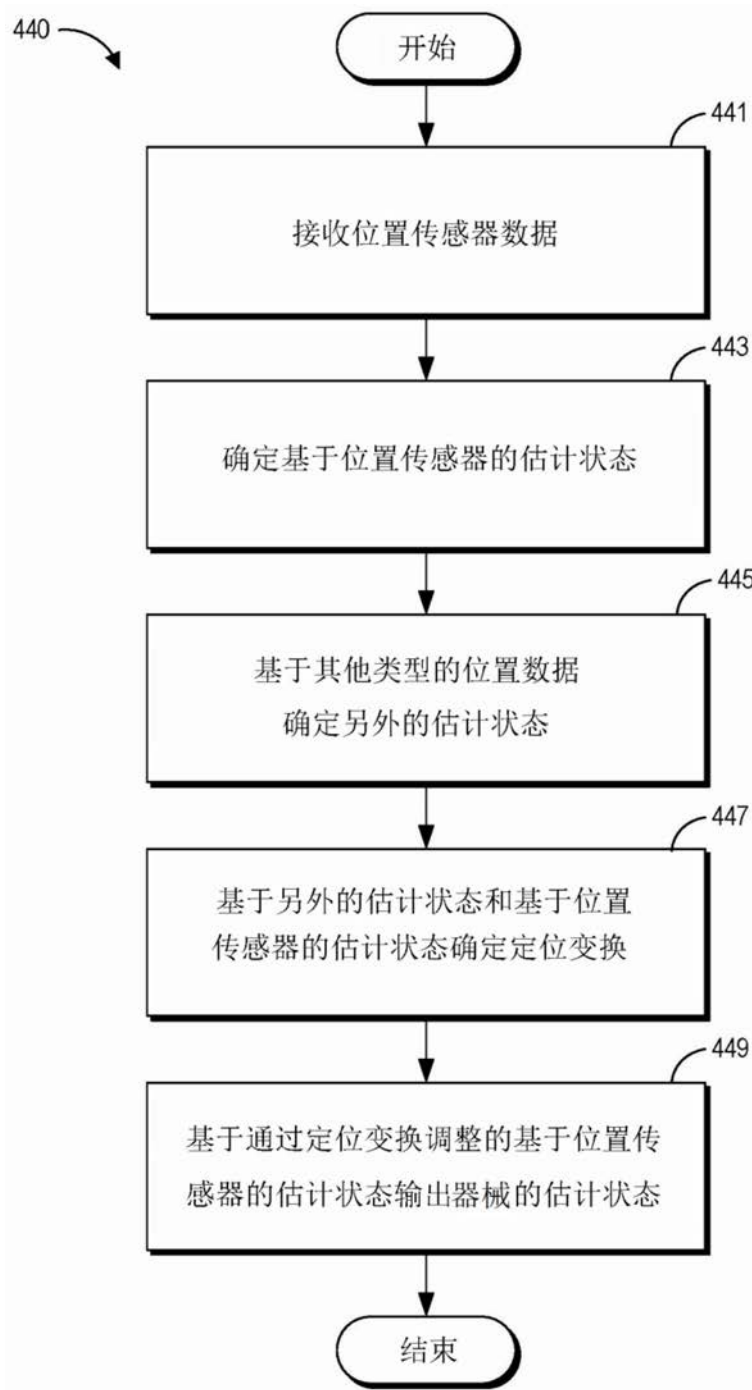


图23

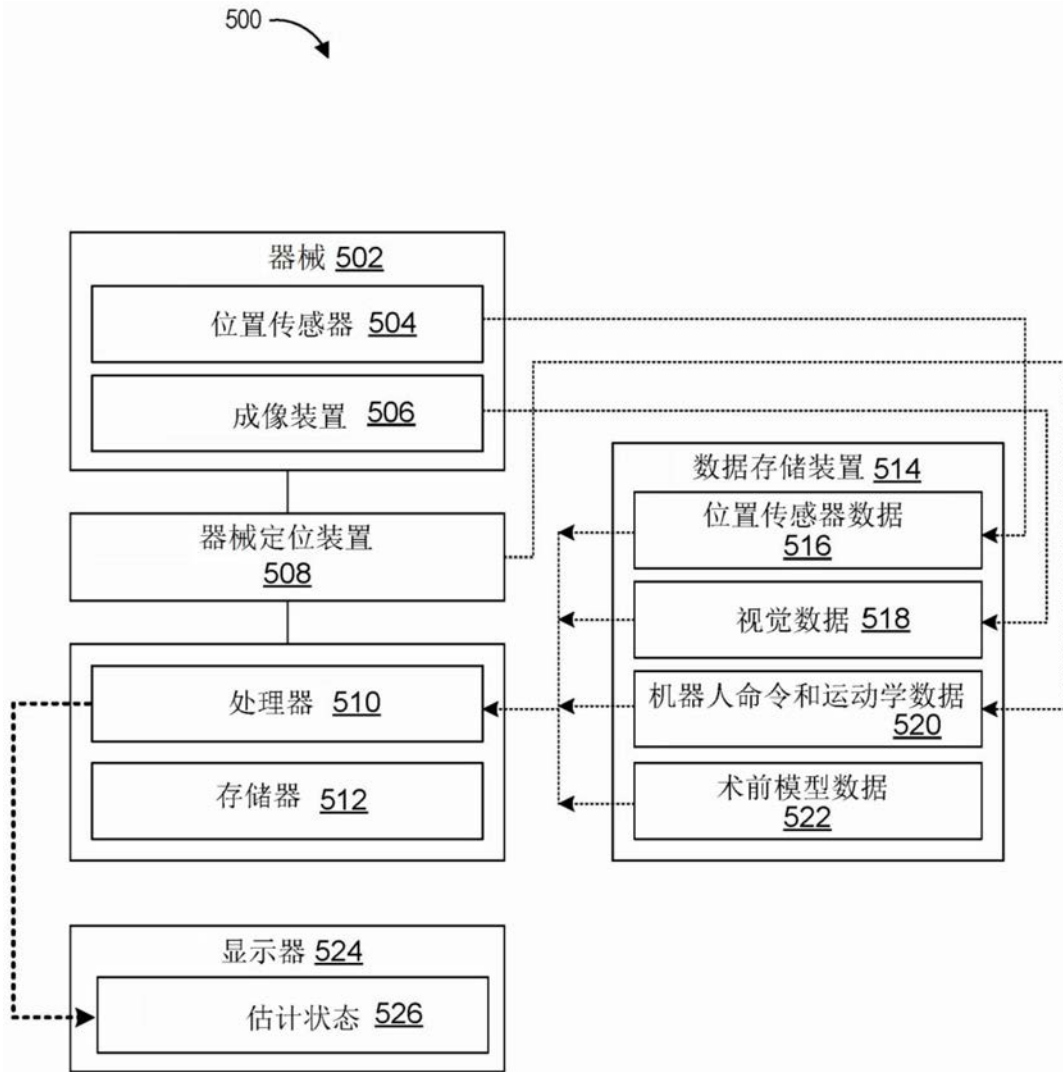


图24

专利名称(译)	用于腔网络内的器械跟踪和导航的方法和系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN110809453A</a>	公开(公告)日	2020-02-18
申请号	CN201880044407.0	申请日	2018-12-14
[标]发明人	赫德耶拉菲塔里		
发明人	赫德耶·拉菲-塔里 普拉桑特·吉万		
IPC分类号	A61B34/20 A61B5/06 A61B1/04 G06T7/32 G06T7/246		
CPC分类号	A61B34/20 A61B34/30 A61B2017/00477 A61B2017/00809 A61B2034/105 A61B2034/2048 A61B2034/2051 A61B2034/2059 A61B2034/2061 A61B2034/2072 A61B2034/301 A61B2090/306 A61B2090/309 A61B2090/3614 A61B34/10 A61B2034/2063 A61B2034/303		
代理人(译)	杨林森		
优先权	62/607246 2017-12-18 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

描述了用于器械跟踪和导航的方法和系统。在一个实施方式中，该系统可以被配置成从跟踪定位在腔网络内的器械的至少一个位置传感器接收位置传感器数据并且确定根据传感器数据得出的基于位置传感器的估计状态。系统可以被配置成基于位置传感器数据和至少一种其他类型的位置数据确定器械的组合估计状态。该系统可以被配置成基于组合估计状态和基于位置传感器的估计状态确定定位变换并且基于通过定位变换调整的基于位置传感器的估计状态输出器械的估计状态。

