



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105232155 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201510567702. 2

(22) 申请日 2015. 09. 08

(71) 申请人 微创(上海)医疗机器人有限公司

地址 201203 上海市浦东新区张江高科技园
区牛顿路 501 号

(72) 发明人 何超 王家寅 师云雷 朱祥
徐丹红

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务
所(普通合伙) 31237

代理人 周耀君

(51) Int. Cl.

A61B 34/35(2016. 01)

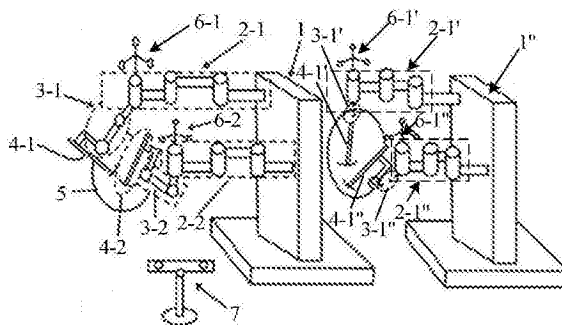
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

手术机器人调整系统

(57) 摘要

本发明提供了一种手术机器人调整系统,通过在每个机械臂上均设置光学靶镜,利用光学跟踪仪测量光学靶镜的位置和欧拉角,计算模块根据上述测量值,计算获得光学靶镜之间的姿态映射关系,根据上述光学靶镜之间的姿态映射关系,以及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,计算出手术器械臂之间的姿态映射关系。手术机器人根据手术器械臂之间的姿态映射关系,对相应的手术器械臂进行位姿控制,提高了手术机器人的运动控制精度。



1. 一种手术机器人调整系统,包括底座及固定在所述底座上的至少一个机械臂,每个所述机械臂包括依次连接的调整臂、主动臂及手术器械臂,所述调整臂与所述底座相连,其特征在于,还包括:

光学跟踪系统,所述光学跟踪系统包括光学靶镜及光学跟踪仪,每个机械臂上均设置有光学靶镜,所述光学跟踪仪测量光学靶镜的位置和欧拉角;

计算模块,根据上述测量值,计算获得光学靶镜之间的姿态映射关系,并根据所述光学靶镜之间的姿态映射关系,及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,计算出手术器械臂之间的姿态映射关系。

2. 如权利要求 1 所述的手术机器人调整系统,其特征在于,所述光学靶镜设置于所述主动臂或所述调整臂上。

3. 如权利要求 1 所述的手术机器人调整系统,其特征在于,所述计算模块采用运动学方程计算每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系。

4. 如权利要求 3 所述的手术机器人调整系统,其特征在于,所述机械臂各个组成部分通过关节连接,所述运动学方程如下:

$${}^nR_x = R_z({}^n\theta_1) * R_z({}^n\theta_2) * R_z({}^n\theta_3) * \dots * R_z({}^n\theta_m)$$

式中, n 代表机械臂的序号, m 代表机械臂的关节序号, nR_x 代表 n 号机械臂的手术器械臂的坐标系在 n 号机械臂上的光学靶镜坐标系的姿态映射关系, $R_z({}^n\theta_m)$ 代表 n 号机械臂的第 m 个关节的旋转算子,其中, $n \geq 1, m \geq 1$ 。

5. 如权利要求 4 所述的手术机器人调整系统,其特征在于,所述手术器械臂之间的姿态映射关系采用如下式子获得:

$${}^mR_n = {}^mR_{km} * ({}^cR_{km})^{-1} * {}^cR_{kn} * ({}^nR_{kn})^{-1}$$

式中, ${}^mR_{km}$ 代表采用运动学方程获得第 m 个机械臂上的光学靶镜坐标系在第 m 个机械臂上的手术器械臂坐标系下的描述; ${}^cR_{km}$ 代表第 m 个机械臂上的光学靶镜坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^cR_{kn}$ 代表第 n 个机械臂上的光学靶镜的坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^nR_{kn}$ 代表采用运动学方程获得的第 n 个机械臂上的光学靶镜的坐标系在第 n 个机械臂上的手术器械臂的坐标系下的描述。

6. 如权利要求 4 所述的手术机器人调整系统,其特征在于,一个机械臂的所述手术器械臂为内窥镜臂,其余机械臂的所述手术器械臂为工具臂。

7. 如权利要求 6 所述的手术机器人调整系统,其特征在于,所述工具臂相对于内窥镜臂的姿态映射关系通过如下步骤获得:

将内窥镜臂所在的机械臂上的光学靶镜设定为基点光学靶镜,其余机械臂上的光学靶镜为其余光学靶镜;

利用光学跟踪仪测量光学靶镜的位置和欧拉角;

所述计算模块根据上述测量值,计算获得其余光学靶镜与所述基点光学靶镜之间的姿态映射关系,并根据上述其余光学靶镜与所述基点光学靶镜之间的姿态映射关系,以及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,计算获得工具臂的坐标系在内窥镜臂坐标系下的姿态映射关系。

8. 如权利要求 7 所述的手术机器人调整系统,其特征在于,所述工具臂的坐标系在内窥镜臂坐标系下的姿态映射关系采用如下式子获得:

$${}^E R_T = {}^E R_M * ({}^C R_M)^{-1} * {}^C R_K * ({}^T R_K)^{-1},$$

式中, ${}^T R_K$ 代表手术器械臂为工具臂时,采用运动学方程获得该工具臂所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系在该工具臂坐标系下的描述; ${}^C R_K$ 代表该工具臂所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^C R_M$ 代表手术器械臂为内窥镜臂时,该内窥镜所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^E R_M$ 代表采用运动学方程获得的内窥镜臂所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系在所述内窥镜臂的坐标系下的描述。

9. 如权利要求 1 所述的手术机器人调整系统,其特征在于,所述底座的数量为至少一个。

10. 如权利要求 1 所述的手术机器人调整系统,其特征在于,所述调整臂的自由度大于 2,所述主动臂的自由度大于 1。

手术机器人调整系统

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗器械技术领域,特别涉及一种手术机器人调整系统。

背景技术

[0002] 在二十世纪初产生了以腹腔镜为代表的微创伤外科手术,即医生通过细长的手术工具通过人体表面的微小切口深入到人体内部进行手术操作,但该种腹腔镜手术技术存在着工具自由度缺少、反向操作协调性差、缺乏立体视觉的缺陷。

[0003] 基于上述腹腔镜手术技术存在的缺陷,计算机辅助手术系统受到了国内外医生的青睐,其中尤其以微创伤外科手术机器人系统最为突出。

[0004] 在微创伤手术过程中,针对不同的手术部位和不同的手术操作,需要手术开始阶段通过调整手术机器人的操作位置,以使得医生能更加方便、顺利地完成任务操作。专利 CN102579133A 中描述的 da Vinci 手术系统,请参考图 1,如图 1 所示,手术机器人调整系统总共有四条机械臂(图中标号分别为①、②、③、④),每条机械臂均包括调整臂 2'(图中四条机械臂的调整臂标号为:2'-1、2'-2、2'-3、2'-4)与所述调整臂 2'连接的主动臂 3'(图中四条机械臂的主动臂标号为:3'-1、3'-2、3'-3、3'-4)、及与所述主动臂 3'连接的手术器械臂 4'(图中四条机械臂的手术器械臂标号为 4'-1、4'-2、4'-3、4'-4),调整臂 2'固定于底座,上用于在术前调整机械臂的整体位置,主动臂用于进一步调整与之相连的手术器械臂的整体位置,手术器械臂用于对患者 5'进行微创伤手术,调整臂 2',主动臂 3',手术器械臂 4'之间及其内部各构件之间通过关节连接。而微创伤外科手术机器人系统中各个关节的精度影响和决定着整个机器人系统的运动精度和工作性能。其中,手术机器人调整系统的精度又对整个系统的控制精度影响很大。在微创伤手术过程中,任何关节的不精确测量都会造成手术过程中病变组织切除乃至打结缝合等复杂操作的不准确性,影响整个手术的成功甚至是对病人造成额外的伤害。同时在微创伤手术中,手术器械都是通过一个较小的口子进入人体内部需要治疗的部位,因此手术部位空间狭小,需要精确控制手术器械之间位置,防止发生碰撞。

[0005] 目前在国际上,美国、法国、德国、日本等都相继开展了微创伤外科手术机器人的研究,并产生一系列样机。但这些样机结构相似或者相同,手术机器人调整系统通常采用关节传感器对机械臂的各个关节进行单独测量以实现对机械臂的定位,例如电位器、编码器等。该种测量方式虽然简单方便,但存在着以下缺点:1) 由于机械臂的关节过多,每个关节均需要应用关节传感器,因此应用关节传感器数量较多,增加了成本;2) 电位器、编码器的精度不高,多关节的串联计算会降低整条机械臂的定位精度,从而影响整个机器人的控制精度;3) 电位器容易受外力的影响,导致测量精度不准确。因此,发明一种新的手术机器人调整系统,对于提高手术机器人的控制精度有着非常重要的实际意义。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种手术机器人调整系统,以解决使用现有技术中机械臂

的每个关节均采用关节传感器实现对手术机器人机械臂的定位过程中,存在误差累计,导致整条机械臂的定位精度降低,从而影响整个机器人的控制精度的问题。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明提供一种手术机器人调整系统包括:

[0008] 底座及固定在所述底座上的至少一个机械臂,每个所述机械臂包括依次连接的调整臂、主动臂及手术器械臂,所述调整臂与所述底座相连,

[0009] 光学跟踪系统,所述光学跟踪系统包括光学靶镜及光学跟踪仪,每个机械臂上均设置有所述光学靶镜,所述光学跟踪仪测量光学靶镜的位置和欧拉角;

[0010] 计算模块,根据上述测量值,计算获得光学靶镜之间的姿态映射关系,并根据所述光学靶镜之间的姿态映射关系,及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,计算出手术器械臂之间的姿态映射关系。

[0011] 可选的,在所述的手术机器人调整系统中,所述光学靶镜设置于所述主动臂或所述调整臂上。

[0012] 可选的,在所述的手术机器人调整系统中,所述计算模块采用运动学方程计算每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系。

[0013] 可选的,在所述的手术机器人调整系统中,所述机械臂各个组成部分通过关节连接,所述运动学方程如下:

[0014] ${}^nR_x = R_z({}^n\theta_1) * R_z({}^n\theta_2) * R_z({}^n\theta_3) * \dots * R_z({}^n\theta_m)$

[0015] 式中, n 代表机械臂的序号, m 代表机械臂的关节序号, nR_x 代表 n 号机械臂的手术器械臂的坐标系在 n 号机械臂上的光学靶镜坐标系的姿态映射关系, $R_z({}^n\theta_m)$ 代表 n 号机械臂的第 m 个关节的旋转算子,其中, $n \geq 1, m \geq 1$ 。

[0016] 可选的,在所述的手术机器人调整系统中,所述手术器械臂之间的姿态映射关系采用如下式子获得:

[0017] ${}^mR_n = {}^mR_{km} * ({}^cR_{km})^{-1} * {}^cR_{kn} * ({}^nR_{kn})^{-1}$

[0018] 式中, ${}^mR_{km}$ 代表采用运动学方程获得第 m 个机械臂上的光学靶镜坐标系在第 m 个机械臂上的手术器械臂坐标系下的描述; ${}^cR_{km}$ 代表第 m 个机械臂上的光学靶镜坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^cR_{kn}$ 代表第 n 个机械臂上的光学靶镜的坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^nR_{kn}$ 代表采用运动学方程获得的第 n 个机械臂上的光学靶镜的坐标系在第 n 个机械臂上的手术器械臂的坐标系下的描述。

[0019] 可选的,在所述的手术机器人调整系统中,一个机械臂的所述手术器械臂为内窥镜臂,其余机械臂的所述手术器械臂为工具臂。

[0020] 可选的,在所述的手术机器人调整系统中,所述工具臂相对于内窥镜臂的姿态映射关系通过如下步骤获得:

[0021] 将内窥镜臂所在的机械臂上的光学靶镜设定为基点光学靶镜,其余机械臂上的光学靶镜为其余光学靶镜;

[0022] 利用光学跟踪仪测量光学靶镜的位置和欧拉角;

[0023] 所述计算模块根据上述测量值,计算获得其余光学靶镜与所述基点光学靶镜之间的姿态映射关系,并根据上述其余光学靶镜与所述基点光学靶镜之间的姿态映射关系,以及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,计算获得工具臂的坐标系在内窥镜臂坐标系下的姿态映射关系。

[0024] 可选的,在所述的手术机器人调整系统中,所述工具臂的坐标系在内窥镜臂坐标系下的姿态映射关系采用如下式子获得:

$$[0025] \quad {}^E R_T = {}^E R_M * ({}^C R_M)^{-1} * {}^C R_K * ({}^T R_K)^{-1},$$

[0026] 式中, ${}^T R_K$ 代表手术器械臂为工具臂时,采用运动学方程获得该工具臂所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系在该工具臂坐标系下的描述; ${}^C R_K$ 代表该工具臂所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^C R_M$ 代表手术器械臂为内窥镜臂时,该内窥镜所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^E R_M$ 代表采用运动学方程获得的内窥镜臂所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系在所述内窥镜臂的坐标系下的描述。

[0027] 可选的,在所述的手术机器人调整系统中,所述底座的数量为至少一个。

[0028] 可选的,在所述的手术机器人调整系统中,所述调整臂的自由度大于 2,所述主动臂的自由度大于 1。

[0029] 在本发明所提供的手术机器人调整系统中,光学跟踪系统包括光学靶镜及光学跟踪仪,每个机械臂上均设置有光学靶镜,光学跟踪仪测量光学靶镜的位置和欧拉角,计算模块根据上述光学跟踪仪测量得到的测量值,计算获得光学靶镜之间的姿态映射关系,并根据上述计算得到的光学靶镜之间的姿态映射关系,及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,计算出手术器械臂之间的姿态映射关系。手术机器人根据手术器械臂之间的姿态映射关系,实现对相应的手术器械臂进行位姿控制,提高了手术机器人的运动控制精度及手术成功率,防止在手术过程中手术器械臂在视野之外处发生碰撞。与此同时,利用光学跟踪系统得到手术机器人任意两条机械臂之间的位姿关系,无需在光学靶镜与底座之间的机械臂的关节上设置关节传感器,即可达到实时跟踪两个调整臂之间的相对位置和姿态的目的,避免多个关节的串联计算对整条机械臂的定位精度造成的影响,使得微创外科手术机器人任意两个机械臂或者多台病人端手术机器人之间能够实现精确地位姿控制。

附图说明

[0030] 图 1 是现有的手术机器人调整系统的结构示意图;

[0031] 图 2 是本发明实施例一中光学靶镜设置于调整臂末端时,手术机器人调整系统的结构示意图;

[0032] 图 2a 是图 2 中标有笛卡尔坐标系的示意图;

[0033] 图 3 是本发明实施例二中光学靶镜设置于主动臂上时,手术机器人调整系统的结构示意图;

[0034] 图 3a 是图 3 中标有笛卡尔坐标系的示意图;

[0035] 图 4 是本发明实施例三中光学靶镜设置于主动臂和调整臂末端上时,手术机器人调整系统的结构示意图。

[0036] 图中,底座 1', 1, 1'', 1'''; 调整臂 2' -1, 2' -2, 2' -3, 2' -4, 2-1, 2-1', 2-1'', 2-2; 主动臂 3' -1, 3' -2, 3' -3, 3' -4, 3-1, 3-1', 3-1'', 3-2; 手术器械臂 4' -1, 4' -2, 4' -3, 4' -4, 4-1, 4-1', 4-1'', 4-2; 光学靶镜 6-1, 6-1', 6-1'', 6-2; 光学跟踪仪 7。

具体实施方式

[0037] 以下结合附图和具体实施例对本发明提出的手术机器人调整系统作进一步详细说明。根据下面说明和权利要求书,本发明的优点和特征将更清楚。需说明的是,附图均采用非常简化的形式且均使用非精准的比例,仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

[0038] 实施例一

[0039] 请参考图 2,图 2 为本发明实施例一中光学靶镜设置于调整臂末端时,手术机器人调整系统的结构示意图。如图 2 所示,所述的手术机器人调整系统包括:底座 1 及固定在所述底座 1 上的至少一个机械臂,每个所述机械臂包括依次连接的调整臂(图中标号为 2-1、2-2)、主动臂(图中标号为 3-1、3-2)及手术器械臂(图中标号为 4-1、4-2),所述调整臂与所述底座 1 相连,相比现有技术的手术机器人调整系统,本发明的手术机器人调整系统还包括计算模块、光学跟踪系统,所述光学跟踪系统包括光学靶镜(图中标号为 6-1、6-2)及光学跟踪仪 7,每个机械臂上设置均有所述光学靶镜,所述光学跟踪仪 7 测量光学靶镜的位置和欧拉角,计算模块根据光学跟踪仪 7 测得的测量值,计算获得光学靶镜之间的姿态映射关系,并根据上述计算得到的光学靶镜之间的姿态映射关系,及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,进而计算出手术器械臂之间的姿态映射关系。手术机器人根据手术器械臂之间的姿态映射关系,实现对相应的手术器械臂进行位姿控制。

[0040] 本实施例中,所述光学靶镜设置于所述调整臂上,优选的,光学靶镜设置于所述调整臂的末端。由于光学靶镜的设置,使得光学靶镜与底座 1 之间的机械臂的关节上无需采用关节传感器测量,即可达到实时跟踪两个调整臂之间的相对位置和姿态的目的,避免多个关节的串联计算误差的累积对整条机械臂的定位精度造成的影响,使得微创外科手术机器人任意两个机械臂或者多台病人端手术机器人之间能够实现精确地位姿控制。

[0041] 进一步地,所述机械臂各个组成部分(即调整臂、主动臂及手术器械臂)通过关节连接,所述计算模块采用运动学方程计算每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系。其中,所述运动学方程如下:

$$[0042] \quad {}^nR_x = R_z({}^n\theta_1) * R_z({}^n\theta_2) * R_z({}^n\theta_3) \dots R_z({}^n\theta_m)$$

[0043] 式中, n 代表机械臂的序号, m 代表机械臂的关节序号, C 代表当前机械臂上光学靶镜的坐标系, X 代表当前机械臂上的手术器械臂的坐标系, nR_x 代表 n 号机械臂的手术器械臂的坐标系在 n 号机械臂上的光学靶镜坐标系的姿态映射关系, $R_z({}^n\theta_m)$ 代表 n 号机械臂的第 m 个关节的旋转算子,通过光学靶镜与手术器械臂之间机械臂上的关节传感器获得,其中, $n \geq 1, m \geq 1$ 。

[0044] 其中,所述手术器械臂之间的姿态映射关系采用如下式子获得:

$$[0045] \quad {}^mR_n = {}^mR_m * ({}^C R_m)^{-1} * {}^C R_n * ({}^n R_n)^{-1}$$

[0046] 式中, mR_m 代表采用运动学方程获得第 m 个机械臂上的光学靶镜坐标系在第 m 个机械臂上的手术器械臂坐标系下的描述; ${}^C R_m$ 代表第 m 个机械臂上的光学靶镜坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^C R_n$ 代表第 n 个机械臂上的光学靶镜的坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^n R_n$ 代表采用运动学方程获得的第 n 个机械臂上的光学靶镜的坐标系在第 n 个机械臂上的手术器械臂的坐标系下的描述。

[0047] 本实施例中,所述手术机器人调整系统的一个机械臂的所述手术器械臂为内窥镜臂,其余机械臂的所述手术器械臂为工具臂,例如手术刀,剪刀,烧灼器(单极或双极电烙器械)等。手术器械臂之间的姿态映射关系通过如下步骤获得:

[0048] 将手术器械臂为内窥镜臂的机械臂上的光学靶镜设定为基点光学靶镜,其余机械臂上的光学靶镜为其余光学靶镜;

[0049] 利用光学跟踪仪测量光学靶镜的位置和欧拉角;

[0050] 计算模块根据光学跟踪仪测量得到的测量值,计算获得光学靶镜之间的姿态映射关系,并根据上述光学靶镜之间的姿态映射关系,及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,计算获得工具臂的坐标系在内窥镜臂坐标系下的映射关系。

[0051] 进一步地,所述工具臂的坐标系在内窥镜臂坐标系下的映射关系采用如下式子获得:

$${}^E R_T = {}^E R_M * ({}^C R_M)^{-1} * {}^C R_K * ({}^T R_K)^{-1},$$

[0053] 式中, ${}^T R_K$ 代表手术器械臂为工具臂时,采用运动学方程获得该工具臂所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系在该工具臂坐标系下的描述; ${}^C R_K$ 代表调整该工具臂所在的机械臂上调整臂姿态变化时,根据光学跟踪仪测量原理求出的该工具臂所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^C R_M$ 代表手术器械臂为内窥镜臂时,根据光学跟踪仪测量原理求出的该内窥镜所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系相对于光学跟踪仪坐标系的变化关系; ${}^E R_M$ 代表采用运动学方程获得的内窥镜臂所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系在所述内窥镜臂的坐标系下的描述;其中, {K} 为工具臂所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系, {T} 为工具臂坐标系, {C} 为光学跟踪仪坐标系, {M} 为内窥镜所在的机械臂上的光学靶镜的坐标系, {E} 为内窥镜臂的坐标系。

[0054] 为了较好的理解本发明的手术机器人调整系统的具体结构,下面将请结合图2所示的内容进行详细的阐述,本实施例中的手术机器人的调整系统包括两个底座1,四条机械臂,计算模块,光学跟踪系统,其中,每两条机械臂设置于一个底座1上,调整臂的自由度大于2,大于3,大于4,等于3,等于4,等于5;所述主动臂的自由度大于1,大于2,大于3,大于4,等于2,等于3,等于4,等于5。由于两个底座上的结构相同,下面以左侧底座1上的结构为例,进行具体说明,本实施例中每条机械臂包括三自由度的调整臂(图中标号为2-1、2-2),两自由度的主动臂(图中标号为3-1、3-2),手术器械臂及光学跟踪系统,具体的,调整臂2-1、2-2的近端与一个底座1相连,另外两个调整臂2-1'、2-1''的近端与另一个底座1''相连,调整臂2-1的远端与主动臂3-1近端相连,调整臂2-2远端与主动臂3-2近端相连;所述光学跟踪系统,包括置于调整臂2-1和调整臂2-2远端方向的光学测量仪7,以及四个光学靶镜,四个光学靶镜中设定设置于手术器械臂类型为内窥镜臂所指的机械臂上的光学靶镜为基点光学靶镜(即图中标号为6-2的光学靶镜),除光学靶镜6-2之外的其余光学靶镜(图中标号为6-1、6-1'、6-1'')置于调整臂(图中标号为2-1、2-1'、2-1'')与主动臂(图中标号为3-1、3-1'、3-1'')的连接处(即调整臂2-1、2-1'、2-1''的末端),基点光学靶镜置于调整臂2-2与主动臂3-2的连接处;通过计算模块(图中未标出)根据计算得到的光学靶镜之间的姿态映射关系及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,计算出所有手术器械臂之间的姿态映射关系。具体的,光学跟踪仪7测

量所有光学靶镜的位置和欧拉角,即获得以光学跟踪仪 7 为坐标原点的坐标系中所有光学靶镜 6-1、6-1'、6-1"、6-2 的坐标值,计算模块根据上述坐标值,计算光学靶镜 6-2(即基点光学靶镜)与其他光学靶镜 6-1、6-1'、6-1"之间的姿态映射关系。根据机械臂上靶镜所处的位置与机械臂远端的手术器械臂之间的连接方式,(本实施例中为光学靶镜 6-1、6-1'、6-1"所处的主动臂 3-1、3-1'、3-1",主动臂 3-2 末端与手术器械臂 4-1、4-1'、4-1"和手术器械臂 4-2 的连接关系),以及运动学方程,计算模块计算得到手术器械臂与对应的机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,例如手术器械臂 4-1 对应光学靶镜 6-1,手术器械臂 4-2 对应光学靶镜 6-2 之间的姿态映射关系。进一步,计算模块根据上述的姿态映射关系,经过计算得到光学靶镜 6-2 对应的手术器械臂 4-2 与其他手术器械臂(例如手术器械臂 4-1、4-1'、4-1")的姿态映射关系。

[0055] 为了较好的理解如何基于本发明的手术机器人调整系统获得手术器械臂之间的姿态映射关系的。具体请参考图 2a,为图 2 所示调整系统的标有笛卡尔坐标系的示意图;基于图 2a 所示的笛卡尔坐标系最终可以获得手术器械臂 4-1 远端坐标系 {T} 在手术器械臂 4-2 远端坐标系 {E} 下的姿态映射关系,这里记为 ${}^E R_T$ 。

[0056] 具体分析及计算获得 ${}^E R_T$ 的过程如下,图 2a 中展示了手术机器人任意两条机械臂坐标系之间的转换关系。其中,连接在底座 1 上的两条调整臂(图中标号为 2-1、2-2)的底座坐标系分别设定为 {H} 和 {B},一光学测量仪设置在调整臂 2-1 和调整臂 2-2 的远端,三自由度调整臂 2-1 末端坐标系设定为 {K},三自由度调整臂 2-2 末端坐标系设定为 {M},手术器械臂 4-1(本实施例中标号为 4-1、4-1'、4-1"的手术器械臂的类型为工具臂)远端坐标系设定为 {T},手术器械臂 4-2(本实施例中标号为 4-2 的手术器械臂的类型为内窥镜臂)远端坐标系设定为 {E} 以及光学跟踪仪主机端坐标系设定为 {C}。

[0057] 基于上述已经建立的笛卡尔坐标系,本发明所述的调整系统如下具体操作:

[0058] 一、根据手术情况调整好机器人调整臂和光学跟踪仪的位置。

[0059] 二、使用光学跟踪仪测量出手术器械臂 4-1 所在机械臂上安装的光学靶镜 6-1 相对于光学测量仪坐标系 {C} 的姿态,以及手术器械臂 4-2 所在机械臂上安装的光学靶镜 6-1 相对与光学测量仪坐标系 {C} 的姿态,并得到光学靶镜 6-1 坐标系 {K} 和光学靶镜 6-2 坐标系 {M} 的姿态映射变换关系。

[0060] 三、在手术过程中为医生远程操作手术器械,因此医生需要了解手术器械臂 4-1 远端坐标系在手术器械臂 4-2 远端坐标系下的映射。其求解关系由光学靶镜 6-1 和光学靶镜 6-2 之间坐标系转换和运动学关系求解而得的坐标系转换关系组成。具体而言,由运动学方程求解出手术器械臂 4-1 远端坐标系 {T} 在光学靶镜 6-1 坐标系 {K} 下的映射、光学靶镜 6-1 坐标系 {K} 在光学靶镜 6-2 坐标系 {M} 下的映射和光学靶镜 6-2(即基点光学靶镜)坐标系 {M} 在手术器械臂 4-2(本实施例中标号为 4-2 的手术器械臂的类型为内窥镜臂)远端坐标系 {E} 下的映射之间的转换关系就能得到手术器械臂 4-1 远端坐标系在手术器械臂 4-2 坐标系下的映射。

[0061] 具体映射转换关系求解如下:

[0062] 1) 由运动学方程可以得出调整臂 2-1 末端坐标系 {K}(相当于该机械臂上的光学靶镜 6-1 的坐标系)在工具臂 4-1 远端坐标系 {T} 下的描述,记为 ${}^T R_K$;

[0063] 2) 在调整调整臂 2-1 位姿变化时,调整臂 2-1 末端坐标系 {K} 相对于光学跟踪仪

坐标系 {C} 的变化关系可以根据光学跟踪仪测量原理求出, 记为 ${}^C R_K$;

[0064] 3) 在调整调整臂 2-2 位姿变化时, 调整臂 2-2 末端坐标系 {M} (相当于该机械臂上的光学靶镜 6-2 的坐标系) 相对于光学跟踪仪坐标系 {C} 的变化关系可以根据光学跟踪仪测量原理求出, 记为 ${}^C R_M$;

[0065] 4) 由运动学方程可以得出调整臂 2-2 末端坐标系 {M} 在内窥镜臂 4-2 远端坐标系 {E} 下的描述, 记为 ${}^E R_M$ 。

[0066] 最后通过坐标系转换关系可得, 所求得的手术器械臂 4-1 远端坐标系 {T} 在内窥镜臂 4-2 远端坐标系 {E} 的旋转变换 ${}^E R_T$ 为:

$$[0067] \quad {}^E R_T = {}^E R_M * ({}^C R_M)^{-1} * {}^C R_K * ({}^T R_K)^{-1}$$

[0068] 在一些实施例中, 所述的运动学方程表达式如下:

$$[0069] \quad {}^n R_X = R_z({}^n \theta_1) * R_z({}^n \theta_2) * R_z({}^n \theta_3) \dots R_z({}^n \theta_m)$$

[0070] 式中, n 代表机械臂的序号, m 代表机械臂的关节序号, C 代表当前机械臂上光学靶镜的坐标系, X 代表当前机械臂上的手术器械臂的坐标系, ${}^n R_X$ 代表 n 号机械臂的手术器械臂的坐标系在 n 号机械臂上的光学靶镜坐标系的姿态映射关系, $R_z({}^n \theta_m)$ 代表 n 号机械臂的第 m 个关节的旋转算子, 其中, $n \geq 1, m \geq 1$ 。

[0071] 传统的调整方法为通过机械臂上的关节传感器得到手术器械臂 4-1 远端坐标系 {T} 在机械臂坐标系 {H} 下的映射, 内窥镜臂 4-2 远端坐标系 {E} 在机械臂坐标系 {B} 下的映射, 并根据已知的机械臂坐标系 {H} 与机械臂坐标系 {B} 的映射, 最终得到手术器械臂 4-1 远端坐标系 {T} 在内窥镜臂 4-2 远端坐标系 {E} 的映射。显然, 结合图 2a 的手术机器人调整臂坐标系之间的映射关系, 本发明明显减少了三个坐标系的映射转换, 即调整臂 2-1 远端坐标系 {K} 在其基座坐标系 {H} 下的映射、调整臂 2-1 基座坐标系 {H} 在调整臂 2-2 基座坐标系 {B} 下的映射、以及调整臂 2-2 基座坐标系 {B} 在调整臂 2-2 远端坐标系 {M} 下的映射, 在一定程度上减少了计算量, 从而提高了手术机器人的响应频率; 此外, 由于光学靶镜与底座 1 之间的机械臂的关节上无需设置关节传感器, 也就是光学靶镜相当于替换了光学靶镜与底座 1 之间的机械臂的关节上的关节传感器, 完成实时跟踪两个调整臂之间的相对位置和姿态的目的, 降低了计算时由于多个关节的串联计算, 关节传感器存在的测量误差的累积对整条机械臂的定位精度的造成的影响, 特别对于自由度较大的串联机械臂, 从而能够使微创外科手术机器人任意两个机械臂或者多台病人端手术机器人之间能够实现精确地位姿控制。

[0072] 实施例二

[0073] 请参考图 3, 其为本发明实施例二中光学靶镜设置于主动臂上时, 手术机器人调整系统的结构示意图。结合图 3 和图 2 对比分析可知, 图 3 与图 2 的区别在于四个光学靶镜在机械臂上设置的具体位置, 图 2 中四个光学靶镜均设置于调整臂的末端, 而图 3 中四个光学靶镜均设置于主动臂上, 因此采用图 3 所示的手术机器人调整系统时所需的传感器的数量会有所减少, 降低了物力的消耗, 降低了成本, 并提高了机械臂的定位精度。具体的, 如图 3 所示, 光学靶镜 6-2 设置在主动臂 3-2 第一节点与第二节点之间的臂上, 光学靶镜 6-1 设置在主动臂 3-1 的第一节点与第二节点之间的臂上, 对于光学靶镜具体设置在主动臂上的哪个位置上, 这里不做限定, 只要四个光学靶镜均设置于主动臂上即可。由于光学靶镜的设置于主动臂上, 使得光学靶镜与底座 1 之间的机械臂的关节上无需采用关节传感器测量, 即

可达到实时跟踪两个调整臂之间的相对位置和姿态的目的,避免了采用现有方式时,在光学靶镜与底座 1 之间的机械臂的每个关节上均需要设置关节传感器测量定位是,多个关节的串联计算会导致误差的累积会,最终对整条机械臂的定位精度造成的影响,使得微创外科手术机器人任意两个机械臂或者多台病人端手术机器人之间能够实现精确地位姿控制。

[0074] 为了较好的理解如何基于本发明的手术机器人调整系统计算获得手术器械臂之间的姿态映射关系的。具体请参考图 3a,其是图 3 所示的调整系统的标有笛卡尔坐标系的示意图;基于图 3a 所示的笛卡尔坐标系最终可以获得手术器械臂 4-1 远端坐标系 {T} 在手术器械臂 4-2 远端坐标系 {E} 下的姿态映射关系,这里记为 ${}^E R_T$ 。根据图 2a 中的笛卡尔坐标系建立的原则,将光学跟踪仪的光学靶镜 6-1、光学靶镜 6-2 分别设置在主动调整臂 3-1、主动调整臂 3-2 上,其坐标系表示分别表示为坐标系 {K} 和坐标系 {M};其余坐标系表示形式和图 2a 中表述一致,具体分析及计算获得 ${}^E R_T$ 的过程请参考实施例一中相应的内容,由于原理相同,这里就不再做过多的赘述。

[0075] 实施例三

[0076] 请参考图 4,其为本发明实施例三中光学靶镜设置于主动臂和调整臂末端上时,手术机器人调整系统的结构示意图。相比实施例一及实施例二所阐述的结构的区别在于,光学靶镜 6-1 至于主动臂 3-1 的第一节点与第二节点之间的臂上,而光学靶镜 6-2 至于主动臂 3-2 和调整臂 2-2 的连接处,另一光学靶镜至于主动臂和调整臂的连接处。相当于将图 2 及图 3 中光学靶镜在机械臂上的位置的融合,即光学靶镜既有设置于调整臂上的,又有设置于主动臂上的。另外,手术机器人调整系统的底座的数量及每个底座上设置的机械臂的数量与实施例一与二有所不同,图 4 所示的结构图中,手术机器人调整系统的底座(图中标号为 1,1'',1''') 为 3 个,每个底座上设置有一条机械臂。由此可见,本发明的手术机器人调整系统的底座的数量为至少一个,每个底座上设置的机械臂条数可以为一条或多条,这里不对底座的数量及机械臂的条数做过多的限定,只要满足医生手术的需求,相应的设计底座及机械臂的数量即可。

[0077] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0078] 本发明对光学跟踪仪的选择没有特别的限制,可以为现有技术中任一种。一般而言,光学跟踪仪都可以测量光学靶镜的位置和欧拉角。在一些实施例中,计算模块,根据光学跟踪仪测得的测量值,欧拉角坐标系的定义(具体由光学跟踪仪厂家提供),求出光学靶镜与光学跟踪仪之间的姿态映射关系,进一步求出光学靶镜之间的姿态映射关系。

[0079] 综上,在本发明所提供的手术机器人调整系统中,包括计算模块及光学跟踪系统,光学跟踪系统包括光学靶镜及光学跟踪仪,每个机械臂上均设置有光学靶镜,光学跟踪仪测量光学靶镜的位置和欧拉角,,计算模块根据上述测量值,计算获得光学靶镜之间的姿态映射关系,并根据计算得到的光学靶镜之间的姿态映射关系,以及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系,计算出手术器械臂之间的姿态映射关系。手术机器人根据手术器械臂之间的姿态映射关系,实现对相应的手术器械臂进行位姿控制,提高了手术机器人的运动控制精度及手术成功率,防止在手术过程中手术器械臂在视野之外发生碰撞。与此同时,利用光学跟踪系统得到手术机器人任意两条机械臂之间的位姿关系,无需在光学靶镜与底座之间的机械臂的关节上设置关节传感器,即可达到实时

跟踪两个调整臂之间的相对位置和姿态的目的,避免多个关节的串联计算会对整条机械臂的定位精度造成的影响,使得微创外科手术机器人任意两个机械臂或者多台病人端手术机器人之间能够实现精确地位姿控制。

[0080] 上述描述仅是对本发明较佳实施例的描述,并非对本发明范围的任何限定,本发明领域的普通技术人员根据上述揭示内容做的任何变更、修饰,均属于权利要求书的保护范围。

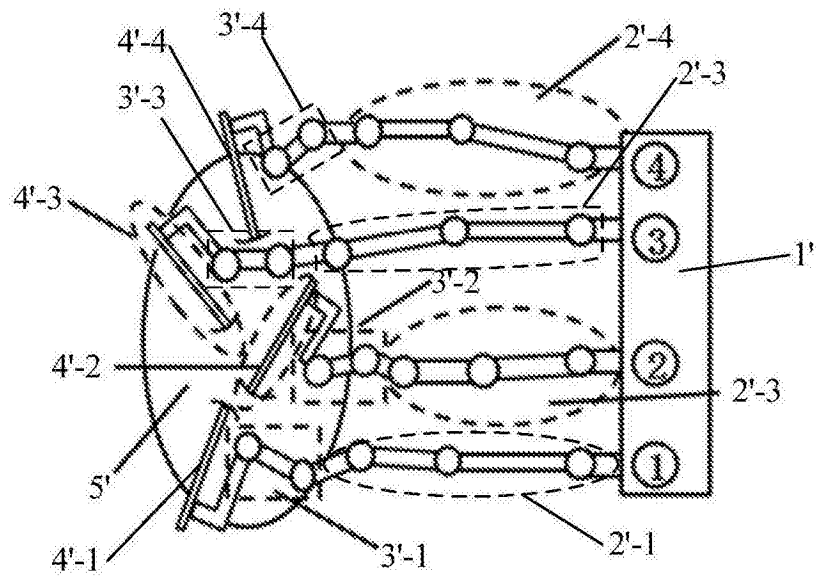


图 1

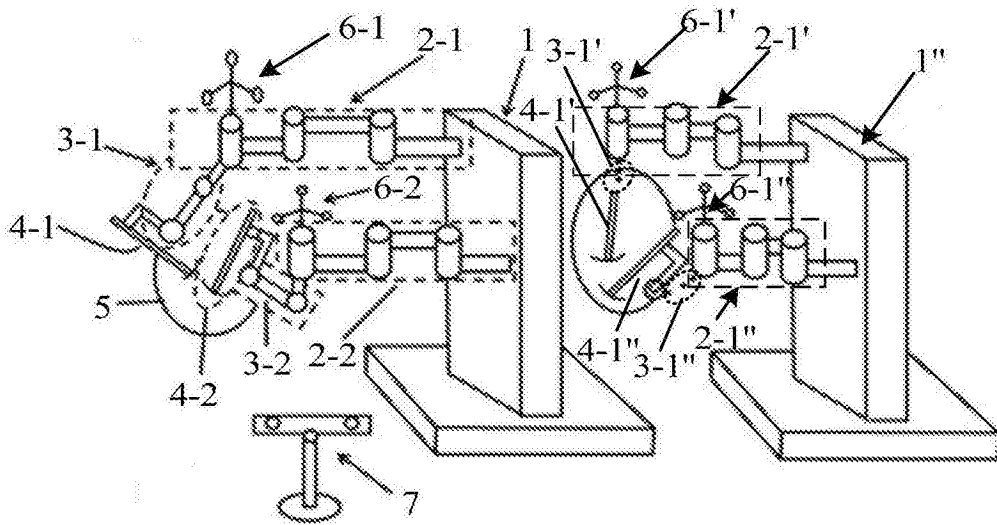


图 2

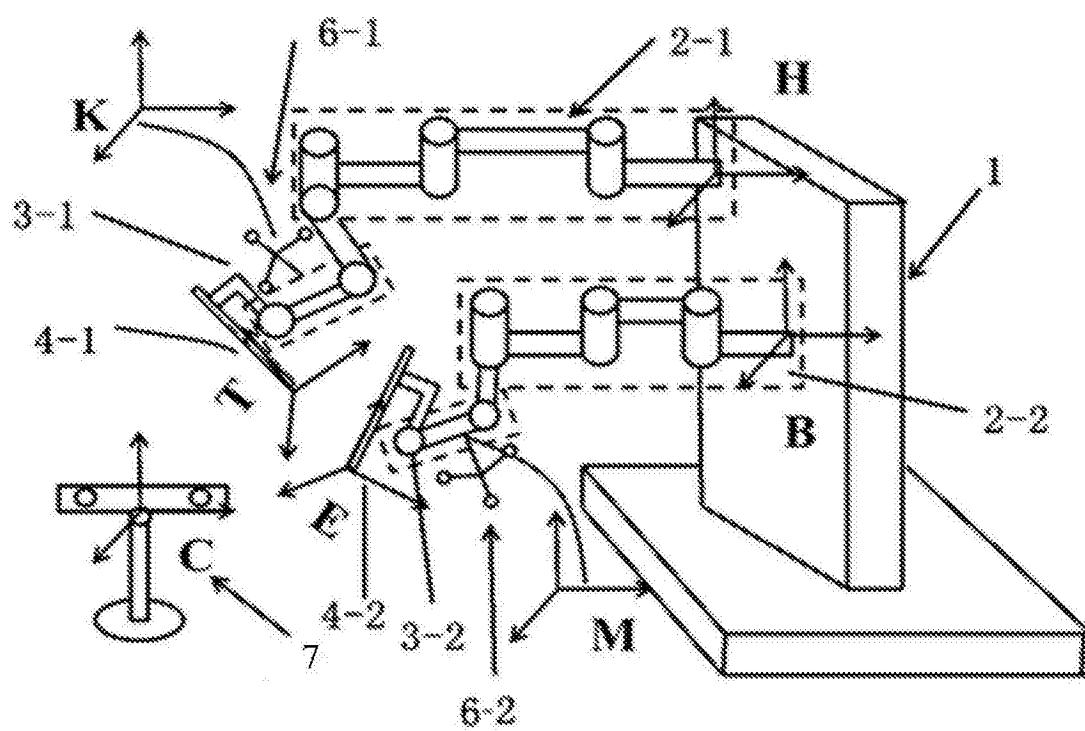


图 3a

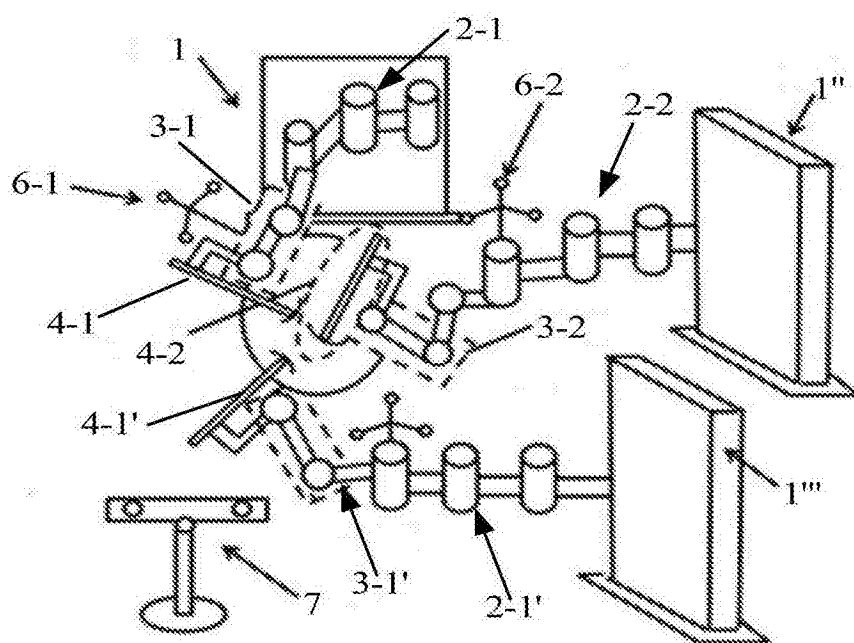


图 4

专利名称(译)	手术机器人调整系统		
公开(公告)号	CN105232155A	公开(公告)日	2016-01-13
申请号	CN201510567702.2	申请日	2015-09-08
[标]申请(专利权)人(译)	微创(上海)医疗机器人有限公司		
申请(专利权)人(译)	微创(上海)医疗机器人有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	微创(上海)医疗机器人有限公司		
[标]发明人	何超 王家寅 师云雷 朱祥 徐丹红		
发明人	何超 王家寅 师云雷 朱祥 徐丹红		
IPC分类号	A61B34/35		
其他公开文献	CN105232155B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供了一种手术机器人调整系统，通过在每个机械臂上均设置光学靶镜，利用光学跟踪仪测量光学靶镜的位置和欧拉角，计算模块根据上述测量值，计算获得光学靶镜之间的姿态映射关系，根据上述光学靶镜之间的姿态映射关系，以及每个机械臂的手术器械臂与该机械臂上的光学靶镜之间的姿态映射关系，计算出手术器械臂之间的姿态映射关系。手术机器人根据手术器械臂之间的姿态映射关系，对相应的手术器械臂进行位姿控制，提高了手术机器人的运动控制精度。

