



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103705307 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 09

(21) 申请号 201310665432. X

(22) 申请日 2013. 12. 10

(71) 申请人 中国科学院深圳先进技术研究院

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大学
城学苑大道 1068 号

(72) 发明人 王建军 樊建平 朱青松 蔡业首
谢耀钦

(74) 专利代理机构 深圳市科进知识产权代理事
务所（普通合伙） 44316

代理人 沈祖锋 郝明琴

(51) Int. Cl.

A61B 19/00 (2006. 01)

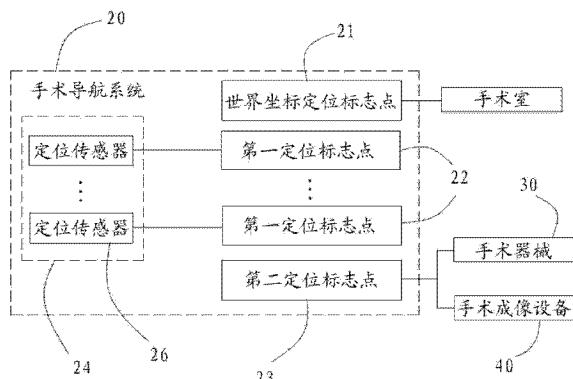
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

手术导航系统及医疗机器人

(57) 摘要

本发明提供一种手术导航系统，其包括固定设置于手术室的世界坐标系定位标志点、第一定位标志点、定位追踪链及第二定位标志点。所述定位追踪链包括多个定位传感器，每一所述定位传感器上均设有一个所述第一定位标志点；手术器械及手术成像设备分别设置有一个所述第二定位标志点；所述多个定位传感器对所述世界坐标系定位标志点、所述第一定位标志点及所述第二定位标志点进行追踪定位。本发明另外提供一种医疗机器人。所述手术导航系统及医疗机器人可避免术中因定位传感器的意外移动而造成系统功能性崩溃，有助于提高手术的安全性，保障手术的顺利进行。



1. 一种手术导航系统,其特征在于,包括:

世界坐标系定位标志点,其固定设置于手术室;

第一定位标志点;

定位追踪链,其包括多个定位传感器,每一所述定位传感器上均设有一个所述第一定位标志点;及

第二定位标志点,手术器械及手术成像设备分别设置有一个所述第二定位标志;

所述多个定位传感器对所述世界坐标系定位标志点、所述第一定位标志点及所述第二定位标志点进行追踪定位。

2. 如权利要求1所述的手术导航系统,其特征在于,所述手术器械及所述手术成像设备分别被不同的机械臂夹持。

3. 如权利要求2所述的手术导航系统,其特征在于,所述机械臂的末端肢节上设置有所述第二定位标志点。

4. 如权利要求1所述的手术导航系统,其特征在于,所述定位传感器为红外双目摄像机或CCD可见光双目摄像机。

5. 如权利要求1所述的手术导航系统,其特征在于,所述手术成像设备为2D超声设备或3D超声设备。

6. 如权利要求1所述的手术导航系统,其特征在于,进一步包括计算机,其和每一个所述定位传感器均相连接,用于获得并计算所述第一标志点和所述第二定位标志点分别与所述世界坐标系定位标志点之间的位置关系及所述第一标志点和所述第二定位标志点之间的位置关系。

7. 如权利要求1所述的手术导航系统,其特征在于,所述定位追踪链包括两个所述定位传感器。

8. 一种医疗机器人,其特征在于,包括:

至少两个分别夹持手术器械和手术成像设备的机械臂;

手术导航系统,其包括:

世界坐标系定位标志点,其固定设置于手术室;

第一定位标志点;

第二定位标志点,其设置于所述机械臂的末端肢节;及

定位追踪链,其包括多个定位传感器,每一所述定位传感器上均设有一个所述第一定位标志点;

所述定位传感器对所述世界坐标系定位标志点、所述第一定位标志点及所述第二定位标志点进行追踪定位。

9. 如权利要求8所述的医疗机器人,其特征在于,进一步包括计算机,其和所述定位追踪链中的每一个定位传感器均相连接,用于获得并计算所述第一标志点和所述第二定位标志点分别与所述世界坐标系定位标志点之间的位置关系及所述第一标志点和所述第二定位标志点之间的位置关系。

手术导航系统及医疗机器人

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人技术领域,尤其涉及一种采用定位追踪链的手术导航系统及医疗机器人。

背景技术

[0002] 机器人不仅用于工业领域,在医疗系统也已得到推广应用。虽然手术机器人(Surgical Robot)的问世不过短短 10 年,但已经取得了重大进展。

[0003] 实际上,手术机器人是一组器械的组合装置,通常由探头(内窥镜或超声等)、手术器械、微型摄像头和操纵杆等器件组装而成。目前手术机器人主要通过远程操作进行外科手术,即医生坐在电脑显示屏前,通过显示屏和内窥镜仔细观察病人体内的病灶情况,然后通过机器人手中的手术刀将病灶精确切除(或修复)。具体地,如超声引导机械臂微创手术系统,包括有远程操纵杆、手术器械、超声探头、多个机械臂(分别夹持手术器械、超声探头)以及手术导航系统,医生同样通过远程操纵杆来控制机械臂(即控制固连在机械臂末端的手术器械和超声探头)来进行手术,在医生面前的则是实时超声图像,影像中有对应于实际位置的手术器械模型,医生以实时影像提供的信息为依据操纵机械臂进行手术的操作。

[0004] 其中,手术导航系统是手术机器人的基础,是在手术中提供手术器械与人体手术区域实时空间位置关系的部分。通过手术导航系统,医生可以获取手术区域实时超声影像,因为想要顺利进行手术,就必须要获取手术器械与手术区域的精确空间位置关系。

[0005] 现有的(光学)手术导航系统最常见的有NDI Polaris光学定位跟踪系统,该系统使用双目红外摄像机配合红外反光标记球使用,实时定位精度可以达到0.1mm以内(NDI Polaris光学定位跟踪系统产品简介可参见网址:<http://www.senztech.cn/showpro.aspx?proid=73>),其在工作前需要进行标定。该系统包括:机械臂、定位传感器、标记点组合及被动刚体。其中,机械臂用于夹持手术器械、超声探头等。定位传感器(Tracker)通过识别球体的几何构型来进行特定被动刚体的追踪。定位标志点(Marker)为固定在与追踪设备上的工具。被动刚体用于固定在手术机械臂的末端关节臂上,每个被动刚体有四个球位于同一平面以不同的形态进行固连。该手术导航系统的使用方式为:首先、机械臂处于初始状态(机械臂末端肢节分别固连上被动刚体),将定位传感器安置在三角支架上,将三角支架放置在合适的位置后不能再移动,以其为世界坐标系;然后、开启定位传感器,获取机械臂初始位置(在世界坐标系下的绝对位置);其后、开始实际操作,根据超声探头获取人体在世界坐标系中的位姿,以及手术器械在世界坐标系中的位姿,为医生提供实时的导航信息(计算机根据此空间位置信息,以三维形式生成人体超声画面和手术器械模型,并呈现给医生)。

[0006] 由于医生需要时刻知道超声探头和手术器械的位置才能进行手术,因此手术中导航系统必须时刻提供探头与器械的空间位置(在同一坐标系内的绝对位置),在NDI Polaris光学定位跟踪系统中使用的是以放置不动的定位传感器作为世界坐标系,对探头

与器械进行空间定位。

[0007] 然而,此导航系统还是存在一定的问题,主要集中在:其一、定位传感器支架在标定后是作为世界坐标系基准使用的,如果使用期间有任何的意外移动,将会造成世界坐标系的改变,定位得到的坐标将会产生与意外移动相同的偏差;其二、使用过程中必须保证定位反光球在定位传感器的视野内,如果由于遮挡或者机械臂的运动导致定位传感器无法看到定位反光球,则医生就无法获取位置信息从而必须中断手术。

发明内容

[0008] 有鉴于此,本发明的目的是提供一种可有效解决上述技术问题的手术导航系统及医疗机器人。

[0009] 一种手术导航系统,其包括:

[0010] 世界坐标系定位标志点,其固定设置于手术室;

[0011] 第一定位标志点;

[0012] 定位追踪链,其包括多个定位传感器,每一所述定位传感器上均设有一个所述第一定位标志点;及

[0013] 第二定位标志点,手术器械及手术成像设备分别设置有一个所述第二定位标志;

[0014] 所述多个定位传感器对所述世界坐标系定位标志点、所述第一定位标志点及所述第二定位标志点进行追踪定位。

[0015] 本发明一较佳实施方式中,所述手术器械及所述手术成像设备分别被不同的机械臂夹持。

[0016] 本发明一较佳实施方式中,所述机械臂的末端肢节上设置有所述第二定位标志点。

[0017] 本发明一较佳实施方式中,所述定位传感器为红外双目摄像机或 CCD 可见光双目摄像机。

[0018] 本发明一较佳实施方式中,所述手术成像设备为 2D 超声设备或 3D 超声设备。

[0019] 本发明一较佳实施方式中,进一步包括计算机,其和每一个所述定位传感器均相连接,用于获得并计算所述第一标志点和所述第二定位标志点分别与所述世界坐标系定位标志点之间的位置关系及所述第一标志点和所述第二定位标志点之间的位置关系。

[0020] 本发明一较佳实施方式中,所述定位追踪链包括两个所述定位传感器。

[0021] 本发明另外提供一种医疗机器人,其包括:

[0022] 至少两个分别夹持手术器械和手术成像设备的机械臂;

[0023] 手术导航系统,其包括:

[0024] 世界坐标系定位标志点,其固定设置于手术室;

[0025] 第一定位标志点;

[0026] 第二定位标志点,其设置于所述机械臂的末端肢节;及

[0027] 定位追踪链,其包括多个定位传感器,每一所述定位传感器上均设有一个所述第一定位标志点;

[0028] 所述定位传感器对所述世界坐标系定位标志点、所述第一定位标志点及所述第二定位标志点进行追踪定位。

[0029] 本发明一较佳实施方式中，进一步包括计算机，其和所述定位追踪链中的每一个定位传感器均相连接，用于获得并计算所述第一标志点和所述第二定位标志点分别与所述世界坐标系定位标志点之间的位置关系及所述第一标志点和所述第二定位标志点之间的位置关系。

[0030] 相较于现有技术，本发明提供的手术导航系统及医疗机器人通过直接将手术室作为世界坐标系，并使用定位追踪链，具有如下优点：其一、手术中多套设备可以灵活布置，不必一直固定在手术室某处，能够有效增强设备使用的灵活性；其二、以手术室作为世界坐标系，可避免术中因定位传感器的意外移动而造成系统功能性崩溃，有助于提高手术的安全性；其三、使用定位追踪链，可以基本消除手术的追踪死角问题，保障手术的顺利进行。

[0031] 上述说明仅是本发明技术方案的概述，为了能够更清楚了解本发明的技术手段，而可依照说明书的内容予以实施，并且为了让本发明的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂，以下特举实施例，并配合附图，详细说明如下。

附图说明

[0032] 图 1 为本发明一较佳实施例提供的医疗机器人的组成示意图；

[0033] 图 2 为图 1 所示医疗机器中手术导航系统的组成示意图；

[0034] 图 3 为图 2 所示手术导航系统中定位追踪链的工作示意图。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图及具体实施例对本发明作进一步详细的说明。

[0036] 请一并参阅图 1 和图 2，本发明较佳实施例提供一种医疗机器人 100，其包括至少两个机械臂 10 及手术导航系统 20，所述至少两个机械臂 10 分别夹持手术器械 30 和手术成像设备 40，所述手术导航系统 20 包括世界坐标系定位标志点 21、第一定位标志点 22、第二定位标志点 23 及定位追踪链 24；所述世界坐标系定位标志点 21 固定设置于手术室；所述第二定位标志点 23 设置于所述机械臂 10 的末端肢节；所述定位追踪链 24 包括多个定位传感器 26，每一所述定位传感器 26 上均设有一个所述第一定位标志点 22。所述多个定位传感器 26 对所述世界坐标系定位标志点 21、所述第一定位标志点 22 及所述第二定位标志点 23 进行追踪定位。

[0037] 本实施例中，以手术室作为固定的世界坐标系，所述世界坐标系定位标志点 21 作为世界坐标系中的参考点。

[0038] 可以理解的是，通过所述定位传感器 26 对所述世界坐标系定位标志点 21、所述第一定位标志点 22 及所述第二定位标志点 23 进行追踪定位，即可获得所述世界坐标系定位标志点 21、所述第一定位标志点 22 及所述第二定位标志点 23 的位置。

[0039] 进一步地，所述医疗机器人 100 包括计算机 50，其和所述定位追踪链 24 中的每一个定位传感器 26 均相连接，用于获得并计算所述第一标志点 22 和所述第二定位标志点 23 分别与所述世界坐标系定位标志点 21 之间的位置关系及所述第一标志点 22 和所述第二定位标志点 23 之间的位置关系，即所述计算机 50 获取所述世界坐标系定位标志点 21、所述第一定位标志点 22 及所述第二定位标志点 23 的位置后，通过相互之间的位置关系，可以进一步计算出所述第一定位标志点 22 和所述第二定位标志点 23 各自在手术室(世界坐标系)

中的位置(世界坐标系中的坐标),及所述第一定位标志点 22 和所述第二定位标志点 23 之间的位置关系。由此,可以以静止的手术室作为参照标准,实时获得所述手术器械 30 和所述手术成像设备 40 在同一坐标系中的空间位置(世界坐标系内的绝对位置),进而可以使医生实时知道所述手术器械 30 和所述手术成像设备 40 的位置,进行手术操作。

[0040] 可以理解的是,所述计算机 50 和所述定位传感器 26 之间可以为有线连接(如网络数据线等)或者无线连接(如 Wifi、红外通信、NFC 通信等)。

[0041] 可以理解的是,所述手术成像设备 40 可以为 2D 超声设备或 3D 超声设备,当然,并不局限于本实施例,也可以为内窥镜。

[0042] 可以理解的是,所述世界坐标系定位标志点 21 可以固定在手术室的某个明显位置,如其中一面墙的某一点,只要能被所述定位传感器 26 追踪定位、并作为世界坐标系的基准即可。

[0043] 本实施例中,所述手术器械 30 及所述手术成像设备 40 分别被不同的机械臂 10 夹持,进一步地,可以理解,所述医疗机器人 100 还可以包括其他用途的机械臂。

[0044] 本实施例中,夹持所述手术器械 30 及所述手术成像设备 40 的机械臂 10 的末端肢节上分别设置有所述第二定位标志点 23,由于所述手术器械 30 和所述手术成像设备 40 设置于所述机械臂 10 的末端肢节,因此,通过所述定位传感器 26 获取所述第二定位标志点 23 的位置,可以精确地确定所述手术器械 30 和所述手术成像设备 40 的位置,而不易受所述机械臂 10 前端与 / 或中端肢节移动变化的影响。

[0045] 本实施例中,所述定位传感器 26 为红外双目摄像机或 CCD 可见光双目摄像机。

[0046] 本实施例中,将世界坐标系设置于静止世界本身(手术室),固定设置所述世界坐标系定位标志点 21 于手术室某显著位置,采用定位传感器 26 对世界坐标系(手术室)和手术器械 30 及手术成像设备 40 (如超声探头)进行追踪。由于所述定位传感器 26 本身的移动并不影响世界坐标系,因此,只需将所述世界坐标系定位标志点 21 作为世界坐标系的基准固定在手术室某处,并使所述世界坐标系定位标志点 21 时刻能够被所述定位传感器 26 追踪定位,就可以彻底避免因为定位传感器 26 的移动而造成世界坐标系改变,解决定位得到的坐标产生和意外移动相同偏差的问题。

[0047] 本实施例中,所述手术导航系统 20 采用多个定位传感器 26(每个定位传感器 26 上也固定有第一定位标志点 22,以供其他定位传感器 26 进行识别、追踪和定位)进行视场覆盖,由所述多个定位传感器 26 构成定位追踪链 24,只需将世界坐标系的世界坐标系定位标志点 21 和机械臂 10 上的第二定位标志点 23 单向连接起来即可。

[0048] 所述定位追踪链 24 中,每个定位传感器 26 在使用期间的小幅挪动,均不会对所述手术导航系统 20 的工作产生影响,所述手术导航系统 20 的正常工作,只需使世界坐标系定位标志点 21 和机械臂 10 上的第二定位标志点 23 始终处于所述定位追踪链 24 的连接范围内即可。所述定位追踪链 24 中定位传感器 26 之间互相追踪定位是通过其上固连的第一定位标志点 22。要得出机械臂 10 上的第二定位标志点 23 在世界坐标系(手术室)中的绝对坐标,通过几次坐标转换即可。

[0049] 具体地,所述定位传感器 26 进行坐标转换的方法(详尽介绍可以参考《机器人学导论》中“坐标系映射”内容)如下:

[0050] 机器人学中,机械臂的各个关节肢节的坐标系进行转换的情况与本发明所述手术

导航系统 20 不同节点(第一定位标志点 22、第二定位标志点 23)之间的坐标转换是类似的，本实施例中进行原理性阐述。

[0051] 物体 p 在一个坐标系下的位姿描述包含了物体 p 在坐标系下的位置和姿态，比如

对于建立的直角坐标系 {A}，可以使用一个位置矢量 ${}^A P = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix}$ 对物体 p 进行在 {A} 坐标系

下的位置表述。为了表述物体 p 在 {A} 下的姿态描述，可以定义一个坐标系 {B} 固定在物体 p 上，则 {B} 相对于 {A} 的描述就表示物体的姿态。我们用坐标系 {B} 的三个单位矢量 X_B, Y_B, Z_B 相对于参考坐标系 {A} 的方向余弦组成 3X3 的矩阵来表示物体 p 相对于坐标系 {B} 的姿态：

$$[0052] {}^A_B R = \begin{bmatrix} {}^A X_B & {}^A Y_B & {}^A Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$$

[0053] 其中， ${}^A_B R$ 称为旋转矩阵，是正交矩阵，其中，上标 A 表示参考坐标系 {A}，下标 B 表示描述的坐标系 {B}。由此，物体 p 的位姿可以使用坐标系 {B} 来进行描述： $\{B\} = \{{}^A_B R, {}^A P_{B_0}\}$ ，其中， ${}^A P_{B_0}$ 为坐标系 {B} 的原点位置相对于参考系 {A} 的位置矢量。

[0054] 为了表述从一个坐标系到另一个坐标系的变换，需要使用到映射的数学方法。空间任一点 p 在不同坐标系中的描述是不同的，一个直角坐标系 {B} 中的某点坐标为 ${}^B P$ ，那么该点在另一直角坐标系 {A} 中的坐标 ${}^A P$ 可以通过齐次坐标变换求得：

$$[0055] \begin{bmatrix} {}^A P \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^A_B R & {}^A P_{B_0} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}^B P \\ 1 \end{bmatrix} = {}^A_B T \begin{bmatrix} {}^B P \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0056] 式中， ${}^A_B T = \begin{bmatrix} {}^A_B R & {}^A P_{B_0} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ 为齐次变换矩阵，综合地表示了平移变化和旋转变换。

[0057] 由上述坐标转换的内容可知，对于多节点定位系统，设坐标系 {n} 为固定在末端连杆上的坐标系，则从末端坐标系 {n} 到基准坐标系 {0} 的坐标变换矩阵 ${}^0_n T$ 可由下式表示：

$$[0058] {}^0_n T = {}^0_1 T {}^1_2 T {}^2_3 T \cdots {}^{n-1}_n T$$

[0059] 由此，对于所述手术导航系统 20 中由多个定位传感器 26 组成的定位追踪链 24，可以轻易地通过使用齐次坐标变换的方法，对机械臂 10 上的第二定位标志点 23 进行相对于所述世界坐标系定位标志点 21 的定位，从而实现手术成像设备 40 (超声探头) 和手术器械 30 在世界坐标系(手术室)下的定位。显然，所述多个定位传感器 26 可以顺利保障手术追踪链条不会中断。

[0060] 请参阅图 3，本实施例中，所述手术导航系统 20 采用多个定位传感器 26 同时进行追踪，当其中一个定位传感器 26a 因为遮挡或其他原因不能直接定位机械臂 10a 上的第二定位标志点 23a 时，可以通过定位传感器 26a 追踪到定位传感器 26b，定位传感器 26b 追踪

到机械臂 10a 上的第二定位标志点 23a, 然后即可通过坐标系转换建立起定位传感器 26a 和机械臂 10 上的第二定位标志点 23a 的位置关系。以此类推, 即可通过类似“接力”的形式实现定位传感器 26 对机械臂 10 上的第二定位标志点 23 的追踪定位。

[0061] 可以理解的是, 利用所述手术导航系统 20 中的多个定位传感器 26、设置于各个定位传感器 26 上的第一定位标志点 22、设置于各个机械臂 10 上的第二定位标志点 23 及世界坐标系定位标志点 21, 可以构建一个相互关联的定位追踪网络, 并且可以方便地通过坐标系转换建立相互之间的位置关系。

[0062] 可以理解的是, 只要所述定位传感器 26 构成的定位追踪链 24 实现对世界坐标系定位标志点 21 和机械臂 10 上的第二定位标志点 23 的同向追踪, 就可以实现世界坐标系定位标志点 21 与机械臂 10 上的第二定位标志点 23 的定位, 获取机械臂 10 在世界坐标系(手术室)中的绝对坐标, 供计算机 50 将手术器械 30 和手术成像设备 40 的相对位置精确呈献给医生。

[0063] 可以理解的是, 所述定位追踪链 24 可以只包括两个所述定位传感器 26, 由于所述两个定位传感器 26 上均设置有第一定位标志点 22, 因此所述两个定位传感器 26 可以互相定位追踪。

[0064] 相较于现有技术, 所述手术导航系统 20 及医疗机器人 100 通过直接将手术室作为世界坐标系, 并使用定位追踪链 24, 具有如下优点: 其一、手术中多套设备可以灵活布置, 不必一直固定在手术室某处, 能够有效增强设备使用的灵活性; 其二、以手术室作为世界坐标系, 可避免术中因定位传感器 26 的意外移动而造成系统功能性崩溃, 有助于提高手术的安全性; 其三、使用定位追踪链 24, 可以基本消除手术的追踪死角问题, 保障手术的顺利进行。

[0065] 以上所述, 仅是本发明的实施例而已, 并非对本发明作任何形式上的限制, 虽然本发明已以实施例揭露如上, 然而并非用以限定本发明, 任何熟悉本专业的技术人员, 在不脱离本发明技术方案范围内, 当可利用上述揭示的技术内容作出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例, 但凡是未脱离本发明技术方案内容, 依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰, 均仍属于本发明技术方案的范围内。

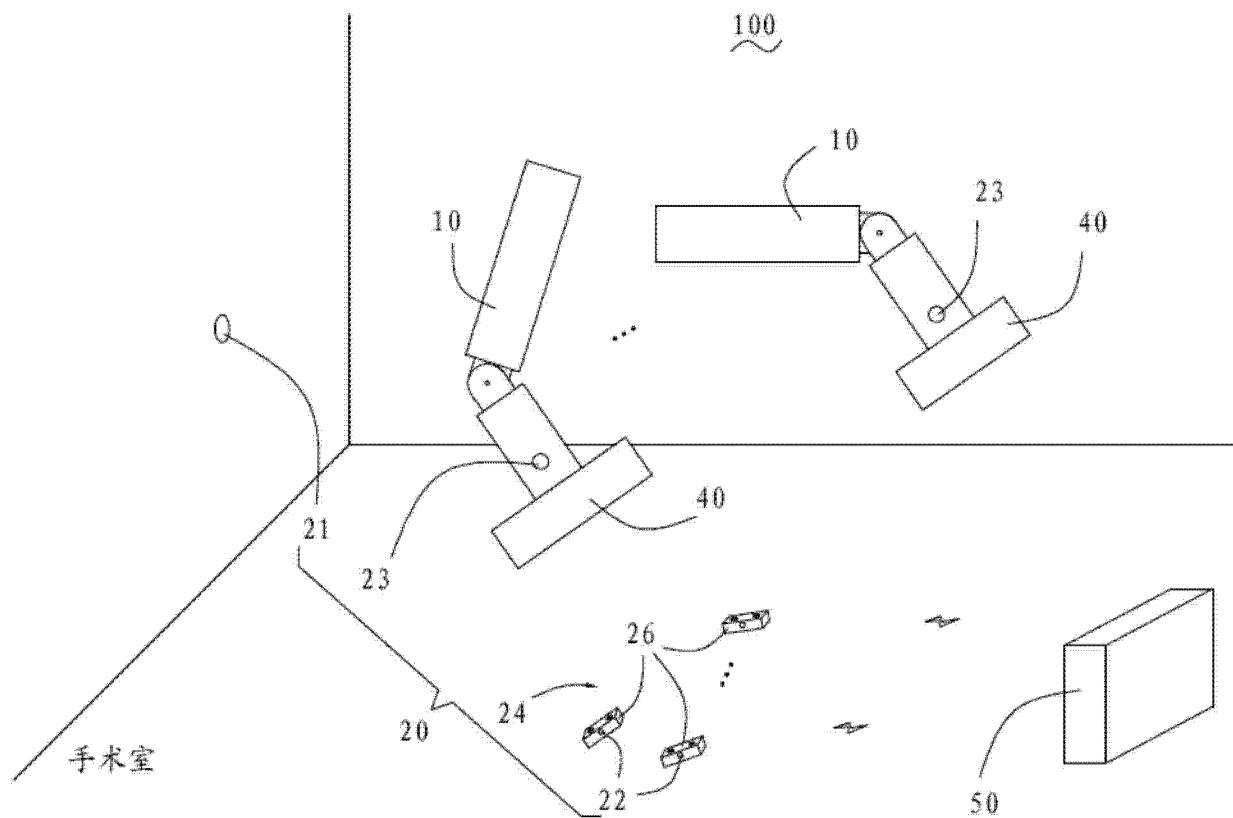


图 1

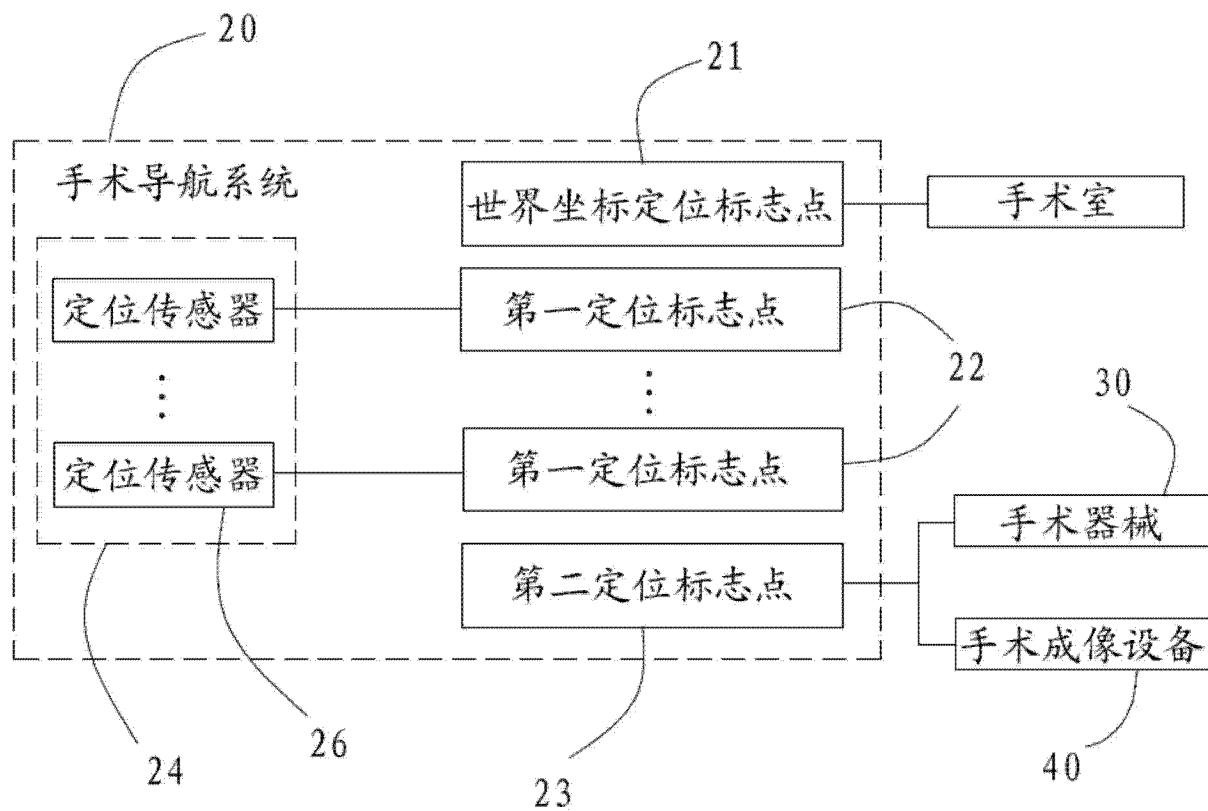


图 2

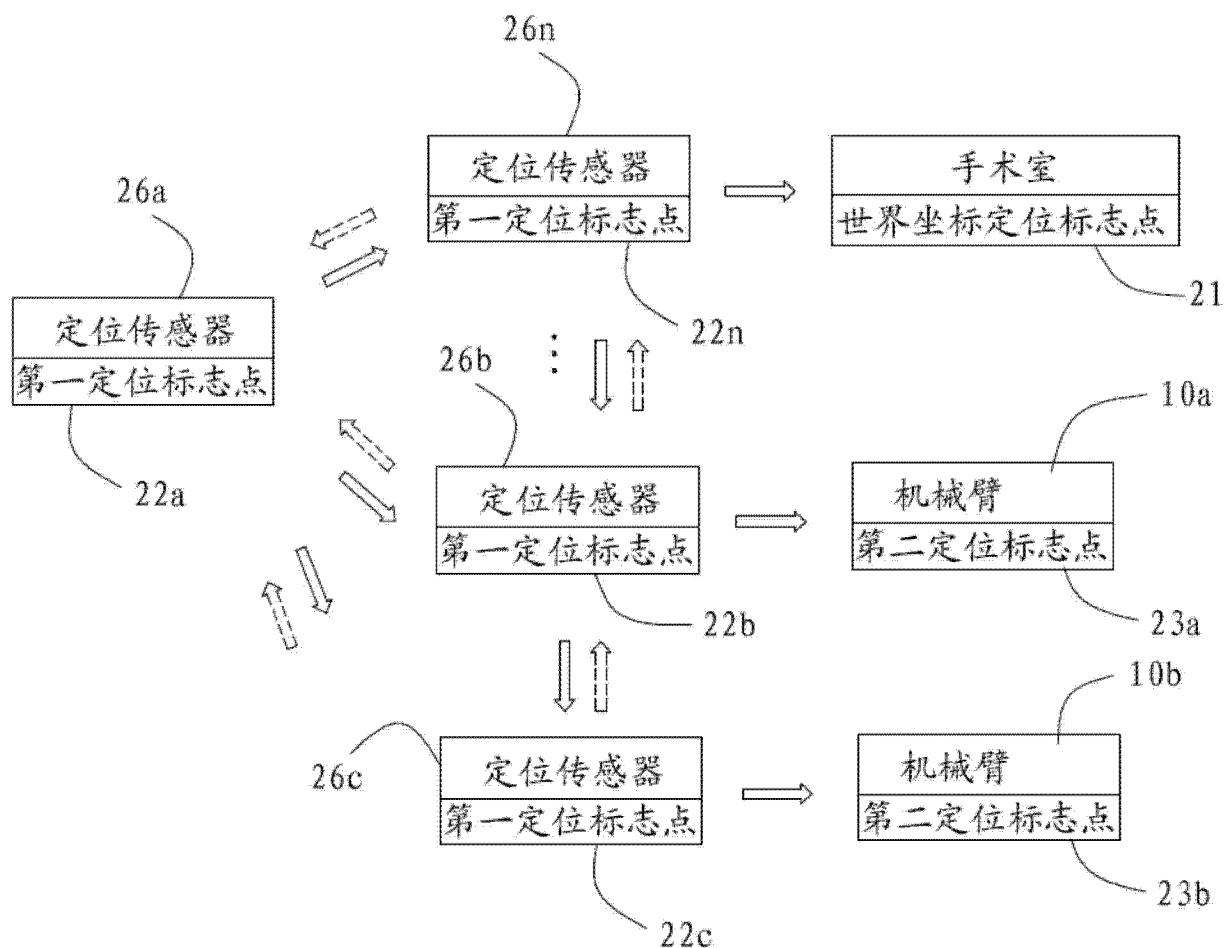


图 3