



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117283555 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 26

(21) 申请号 202311416497.0

(22) 申请日 2023.10.29

(71) 申请人 北京小雨智造科技有限公司
地址 100192 北京市海淀区西小口路66号
中关村东升科技园·北领地B-2楼5层
A508

(72) 发明人 于军章 郭昊帅 姜东亚 吴虹
王文林

(74) 专利代理机构 北京尚伦律师事务所 11477
专利代理师 谢丽莎

(51) Int. Cl.
B25J 9/16 (2006.01)
B25J 13/08 (2006.01)

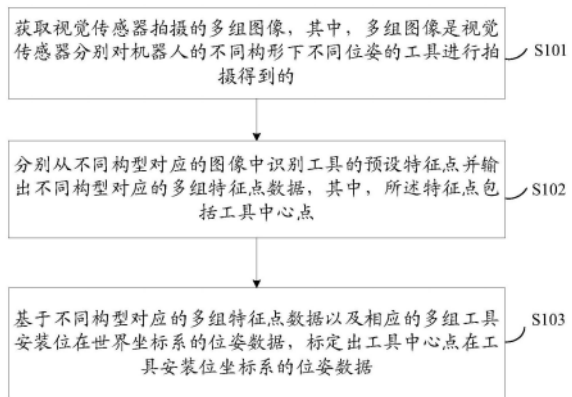
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于机器人自主标定工具中心点的方法及装置

(57) 摘要

本申请公开了一种用于机器人自主标定工具中心点的方法和装置,方法包括:获取视觉传感器拍摄的多组图像,其中,多组图像是视觉传感器分别对机器人的不同构形下不同位姿的工具进行拍摄得到的;分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同构型对应的多组特征点数据,其中,所述特征点包括工具中心点;基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。本申请工具安装位位姿或轨迹可任意指定,仅需满足图像传感器能够采集到工具的图像数据即可,以及不需要单独标定视觉传感器相对于机器人基坐标系的位姿。



1. 一种用于机器人自主标定工具中心点的方法,其特征在于,包括:

获取视觉传感器拍摄的多组图像,其中,多组图像是视觉传感器分别对机器人的不同构形下不同位姿的工具进行拍摄得到的;

分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同构型对应的多组特征点数据,其中,所述特征点包括工具中心点;

基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

从图像识别工具的预设特征点,包括:

使用卷积神经网络模型从图像中识别和提取工具的预设特征点。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,

从图像中识别和提取工具的预设特征点,包括:

对双目立体视觉传感器拍摄的左眼图像和右眼图像分别进行处理:将图像缩放到预设大小后输入卷积神经网络模型进行运算,输出特征点数据。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据,包括:

通过标定得到视觉传感器的参数;

基于视觉传感器的参数分别获取多组特征点在视觉传感器坐标系下的位姿数据,其中,包括工具中心点在视觉传感器下的位姿;

基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据,包括:

确定以下位姿关系: ${}^W_C\mathbf{T} = {}^W_F\mathbf{T}_k^i \cdot {}^F_P\mathbf{T} \cdot {}^P_C\mathbf{T}_k^i$;

将上述位姿关系变换为: ${}^C_W\mathbf{T} \cdot {}^W_F\mathbf{T}_k^i \cdot {}^F_P\mathbf{T} \cdot {}^P_C\mathbf{T}_k^i = \mathbf{I}_{4 \times 4}$;

基于克罗内克积转换的最小二乘法求出上述位姿关系中的: ${}^C_W\mathbf{T}$ 和 ${}^F_P\mathbf{T}$;

其中, ${}^W_C\mathbf{T}$ 是视觉传感器在世界坐标系下的位姿描述, ${}^W_F\mathbf{T}_k^i$ 是工具安装位在世界坐标系下的位姿描述, ${}^F_P\mathbf{T}$ 是工具特征点在工具安装位坐标系下的位姿描述, ${}^P_C\mathbf{T}_k^i$ 是工具特征点在视觉传感器坐标系下的位姿描述; k 表示机器人的构型, $k = [1, 2, \dots, m-1, m]$; i 表示特征点, $i = [0, 1, \dots, n-1, n]$, $i = 0$ 表示工具中心点。

6. 一种用于机器人自主标定工具中心点的装置,其特征在于,所述装置包括:

获取模块,用于获取视觉传感器拍摄的多组图像,其中,多组图像是视觉传感器分别对机器人的不同构形下不同位姿的工具进行拍摄得到的;

第一处理模块,用于分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同

构型对应的多组特征点数据,其中,所述特征点包括工具中心点;

第二处理模块,用于基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

7. 根据权利要求6所述的装置,其特征在于,所述第一处理模块用于:

使用卷积神经网络模型从图像中识别和提取工具的预设特征点。

8. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述第一处理模块用于:

对双目立体视觉传感器拍摄的左眼图像和右眼图像分别进行处理:将图像缩放到预设大小后输入卷积神经网络模型进行运算,输出特征点数据。

9. 根据权利要求6所述的装置,其特征在于,所述第二处理模块用于:

通过标定得到视觉传感器的参数;

基于视觉传感器的参数分别获取多组特征点在视觉传感器坐标系下的位姿数据,其中,包括工具中心点在视觉传感器下的位姿;

基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

10. 根据权利要求9所述的装置,其特征在于,所述基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据,包括:

确定以下位姿关系: ${}^W_C\mathbf{T} = {}^W_F\mathbf{T}_k \cdot {}^F_P\mathbf{T} \cdot {}^P_C\mathbf{T}_k^i$;

将上述位姿关系变换为: ${}^C_W\mathbf{T} \cdot {}^W_F\mathbf{T}_k^i \cdot {}^F_P\mathbf{T} \cdot {}^P_C\mathbf{T}_k^i = \mathbf{I}_{4 \times 4}$;

基于克罗内克积转换的最小二乘法求出上述位姿关系中的: ${}^C_W\mathbf{T}$ 和 ${}^F_P\mathbf{T}$;

其中, ${}^W_C\mathbf{T}$ 是视觉传感器在世界坐标系下的位姿描述, ${}^W_F\mathbf{T}_k^i$ 是工具安装位在世界坐标系下的位姿描述, ${}^F_P\mathbf{T}$ 是工具特征点在工具安装位坐标系下的位姿描述, ${}^P_C\mathbf{T}_k^i$ 是工具特征点在视觉传感器坐标系下的位姿描述; k 表示机器人的构型, $k = [1, 2, \dots, m-1, m]$; i 表示特征点, $i = [0, 1, \dots, n-1, n]$, $i = 0$ 表示工具中心点。

11. 一种用于机器人自主标定工具中心点的装置,其特征在于,包括:

处理器;

用于存储处理器可执行指令的存储器;

其中,所述处理器被配置为:

获取视觉传感器拍摄的多组图像,其中,多组图像是视觉传感器分别对机器人的不同构形下不同位姿的工具进行拍摄得到的;

分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同构型对应的多组特征点数据,其中,所述特征点包括工具中心点;

基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

12. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机指令,其特征在于,该指令被处理器执行时实现权利要求1-5任一项所述方法的步骤。

一种用于机器人自主标定工具中心点的方法及装置

技术领域

[0001] 本申请涉及机器人技术领域,更具体的,涉及一种用于机器人自主标定工具中心点的方法及装置。

背景技术

[0002] 伴随着机器人技术的发展,机器人被应用到越来越多的领域,例如,机器人可以被应用在工农业生产、社会服务、家庭服务等场景中。例如,工业机器人广泛应用于焊接、装配、搬运、喷漆及打磨等领域。

[0003] 机器人通常需要安装一个工具用于执行某些特定任务,比如焊接机器人的焊枪、涂胶机器人的胶枪、搬运机器人的夹具等。由于各工具的大小、形状各不相同,需要确认一个工具中心点,来表示工具,并描述其与机器人的位姿关系,使机器人以工具中心点为参考,精确的执行轨迹。工具安装位姿在机器人基坐标系下描述:

[0004] 现有方案一:人工操作机器人改变工具安装位姿,使工具以不同的姿态指向空间当中同一点;基于此点的位置相对于机器人基坐标系不变的约束条件,以及工具指向此点时的工具安装位的位姿数据,可标定出工具中心点相对于其安装面所在坐标系的位置。

[0005] 现有方案二:通过一束或多束激光传感器,检测机器人所安装的工具的中心点在运动过程中或停止时阻断激光束的信号;基于激光束形成的线或面约束条件以及激光束被阻断时工具安装位姿数据,可标定出工具中心点相对于其安装位所在坐标系下的位姿。

[0006] 然而,上述方案存在以下缺点:

[0007] 方案一缺点:需人工操作机器人,改变工具安装位姿并使工具中心点指向同一位置,过程繁琐效率低,操作员需进入机器人工作区内,存在安全隐患;改变工具安装位姿后,需肉眼判断工具中心点指向的是前序的同一位置,存在较大误差;通过点约束条件仅可标定位置。

[0008] 方案二缺点:部署传感器后,需定义传感器坐标系,并在机器人基坐标系下描述;需在激光束被阻断时记录相应的工具安装位姿,因此对传感器和机器人控制系统性能有较高要求,如通讯频率,反馈延迟和时间戳同步;机器人需按照既定逻辑运动进行探索,从而触发阻断信号,效率不高;若工具在使用过程中发生碰撞变形,可能导致标定失败。

发明内容

[0009] 为克服相关技术中存在的问题,本发明的实施例提供一种用于机器人自主标定工具中心点的方法及装置,技术方案如下:

[0010] 根据本发明的实施例的第一方面,提供一种用于机器人自主标定工具中心点的方法,包括:

[0011] 获取视觉传感器拍摄的多组图像,其中,多组图像是视觉传感器分别对机器人的不同构形下不同位姿的工具进行拍摄得到的;

[0012] 分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同构型对应的多

组特征点数据,其中,所述特征点包括工具中心点;

[0013] 基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

[0014] 可选的,从图像识别工具的预设特征点,包括:

[0015] 使用卷积神经网络模型从图像中识别和提取工具的预设特征点。

[0016] 可选的,从图像中识别和提取工具的预设特征点,包括:

[0017] 对双目立体视觉传感器拍摄的左眼图像和右眼图像分别进行处理:将图像缩放到预设大小后输入卷积神经网络模型进行运算,输出特征点数据。

[0018] 可选的,所述基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据,包括:

[0019] 通过标定得到视觉传感器的参数;

[0020] 基于视觉传感器的参数分别获取多组特征点在视觉传感器坐标系下的位姿数据,其中,包括工具中心点在视觉传感器下的位姿;

[0021] 基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

[0022] 可选的,所述基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据,包括:

[0023] 确定以下位姿关系: ${}^C\mathbf{T} = {}^W\mathbf{T}_k^i \cdot {}^F\mathbf{T} \cdot {}^P\mathbf{T}_k^i$;

[0024] 将上述位姿关系变换为: ${}^C\mathbf{T} \cdot {}^W\mathbf{T}_k^i \cdot {}^F\mathbf{T} \cdot {}^P\mathbf{T}_k^i = \mathbf{I}_{4 \times 4}$;

[0025] 基于克罗内克积转换的最小二乘法求出上述位姿关系中的: ${}^C\mathbf{T}$ 和 ${}^F\mathbf{T}$;

[0026] 其中, ${}^C\mathbf{T}$ 是视觉传感器在世界坐标系下的位姿描述, ${}^W\mathbf{T}_k^i$ 是工具安装位在世界坐标系下的位姿描述, ${}^F\mathbf{T}$ 是工具特征点在工具安装位坐标系下的位姿描述, ${}^P\mathbf{T}_k^i$ 是工具特征点在视觉传感器坐标系下的位姿描述; k 表示机器人的构型, $k = [1, 2, \dots, m-1, m]$; i 表示特征点, $i = [0, 1, \dots, n-1, n]$, $i = 0$ 表示工具中心点。

[0027] 根据本发明的实施例的第二方面,提供一种用于机器人自主标定工具中心点的装置,所述装置包括:

[0028] 获取模块,用于获取视觉传感器拍摄的多组图像,其中,多组图像是视觉传感器分别对机器人的不同构形下不同位姿的工具进行拍摄得到的;

[0029] 第一处理模块,用于分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同构型对应的多组特征点数据,其中,所述特征点包括工具中心点;

[0030] 第二处理模块,用于基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

[0031] 可选的,所述第一处理模块用于:

[0032] 使用卷积神经网络模型从图像中识别和提取工具的预设特征点。

[0033] 可选的,所述第一处理模块用于:

[0034] 对双目立体视觉传感器拍摄的左眼图像和右眼图像分别进行处理:将图像缩放到

预设大小后输入卷积神经网络模型进行运算,输出特征点数据。

[0035] 可选的,所述第二处理模块用于:

[0036] 通过标定得到视觉传感器的参数;

[0037] 基于视觉传感器的参数分别获取多组特征点在视觉传感器坐标系下的位姿数据,其中,包括工具中心点在视觉传感器下的位姿;

[0038] 基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

[0039] 可选的,所述基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据,包括:

[0040] 确定以下位姿关系: ${}^C\mathbf{T} = {}^W\mathbf{T}_k^i \cdot {}^F\mathbf{T} \cdot {}^P\mathbf{T}_k^i$;

[0041] 将上述位姿关系变换为: ${}^C\mathbf{T} \cdot {}^W\mathbf{T}_k^i \cdot {}^F\mathbf{T} \cdot {}^P\mathbf{T}_k^i = \mathbf{I}_{4 \times 4}$;

[0042] 基于克罗内克积转换的最小二乘法求出上述位姿关系中的: ${}^C\mathbf{T}$ 和 ${}^F\mathbf{T}$;

[0043] 其中, ${}^C\mathbf{T}$ 是视觉传感器在世界坐标系下的位姿描述, ${}^W\mathbf{T}_k^i$ 是工具安装位在世界坐标系下的位姿描述, ${}^F\mathbf{T}$ 是工具特征点在工具安装位坐标系下的位姿描述, ${}^P\mathbf{T}_k^i$ 是工具特征点在视觉传感器坐标系下的位姿描述; k 表示机器人的构型, $k = [1, 2, \dots, m-1, m]$; i 表示特征点, $i = [0, 1, \dots, n-1, n]$, $i = 0$ 表示工具中心点。

[0044] 根据本发明的实施例的第三方面,提供一种用于机器人自主标定工具中心点的装置,包括:

[0045] 处理器;

[0046] 用于存储处理器可执行指令的存储器;

[0047] 其中,所述处理器被配置为:

[0048] 获取视觉传感器拍摄的多组图像,其中,多组图像是视觉传感器分别对机器人的不同构形下不同位姿的工具进行拍摄得到的;

[0049] 分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同构型对应的多组特征点数据,其中,所述特征点包括工具中心点;

[0050] 基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

[0051] 根据本发明的实施例的第四方面,提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机指令,该指令被处理器执行时实现本发明的实施例的第一方面中任一项方法的步骤。

[0052] 本发明的实施例提供的技术方案,通过改变工具安装位位姿或轨迹,仅需满足视觉传感器可采集到工具图像数据即可,视觉传感器不需要单独标定其相对于机器人基坐标系的位姿。

[0053] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本发明。

附图说明

[0054] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0055] 图1为本申请实施例提供的一种用于机器人自主标定工具中心点的方法的流程图;

[0056] 图2为本申请实施例提供的CNN模型的示意图;

[0057] 图3为本申请实施例提供的工具特征点示意图;

[0058] 图4为标定视觉传感器的参数的示意图;

[0059] 图5为本申请实施例提供的一种用于机器人自主标定工具中心点的装置的结构示意图。

具体实施方式

[0060] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0061] 本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”和“第二”等是用于区别不同的对象,而不是用于描述特定的顺序。此外术语“包括”和“具有”以及他们任何变形,意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备没有设定于已列出的步骤或单元,而是可包括没有列出的步骤或单元。

[0062] 本申请应用于机器人,机器人可以包括移动基座和机械臂。其中,移动基座如轮式底盘、轮足、腿足、小车等,移动基座的运行可以带动机器人整体运行,而机械臂则可以相对于移动基座运行。机器人的机械臂末端包括工具安装位,用于安装不同的工具以完成不同的操作,比如焊接机器人的焊枪、涂胶机器人的胶枪、搬运机器人的夹具等,可以根据使用场景来安装相应的工具。

[0063] 如图1所示为本发明的实施例提供的一种用于机器人自主标定工具中心点的方法,该方法可以应用于机器人,也可以应用于机器人的工控机。该方法包括如下步骤S101至步骤S103:

[0064] 在步骤S101中,获取视觉传感器拍摄的多组图像,其中,多组图像是视觉传感器分别对机器人的不同构形下不同位姿的工具进行拍摄得到的。

[0065] 其中,视觉传感器可以包含于机器人本体,也可以独立于机器人本体。改变机器人的构形,可以改变机器人的工具安装位,使得工具安装位上安装的工具得以呈现不同的位姿。

[0066] 在步骤S102中,分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同构型对应的多组特征点数据,其中,所述特征点包括工具中心点。

[0067] 在步骤S103中,基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

[0068] 本申请提出的用于机器人自主标定工具中心点的方法,工具安装位位姿或轨迹,可任意指定,仅需满足图像传感器能够采集到工具的图像数据即可,并且,不需要单独标定视觉传感器相对于机器人基坐标系(即世界坐标系)的位姿。

[0069] 在本申请一实施例中,步骤S102分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同构型对应的多组特征点数据,其中,所述特征点包括工具中心点。其中,从图像识别工具的预设特征点,包括:

[0070] 使用卷积神经网络模型从图像中识别和提取工具的预设特征点。

[0071] 本实施例采用一种基于深度学习的特征点识别方法,使用了一种卷积神经网络(Convolutional Neural Networks, CNN)模型,用于从视觉传感器采集的图像数据中自动识别和提取工具的特征点。

[0072] 如图2所示为示例性的CNN模型示意图, CNN模型采用多层架构,包括多个卷积层,每个卷积层都用于提取图像的不同级别的特征;多个head层(分类器),每个head层分别用于输出不同维度的特征,这些head之间具有相互促进的作用。基于AI算法的特征点识别方法可自我迭代升级,提高泛化性和标定精度。

[0073] 在本申请一实施例中,步骤S102从图像中识别和提取工具的预设特征点,包括:对双目立体视觉传感器拍摄的左眼图像和右眼图像分别进行处理:将图像缩放到预设大小后输入卷积神经网络模型进行运算,输出特征点数据。

[0074] 以工具为焊枪枪头为例,输出特征点数据的具体步骤如下:

[0075] 步骤A1:使用双目立体视觉传感器拍摄焊枪枪头。

[0076] 步骤A2:获取左眼图像,将左眼图像缩放到256*256。

[0077] 其中,图像缩放的预设大小可以根据算力进行设置,例如,在算力充足时,可以将图像缩放至512*512。

[0078] 步骤A3:将缩放之后的左眼图像输入卷积神经网络进行运算,输出枪头轮廓位置31、焊丝起点位置32、焊丝末端位置33等特征点位置,特征点示意图如图3所示。

[0079] 步骤A4:获取右眼图像,将右眼图像缩放到256*256。

[0080] 步骤A5:将缩放之后的右眼图像输入卷积神经网络进行运算,输出焊枪头轮廓、焊丝起点位置、焊丝末端位置等特征点数据。

[0081] 如此,可以分别得到根据左眼图像和根据右眼图像的预设特征点的特征点数据。其中,特征点可以包括工具中心点,还可以包括表示工具特征轮廓的点。特征点数据包括位置信息和语义信息。位置信息可以是特征点在左眼图像坐标系/右眼图像坐标系下的坐标,语义信息可以是人类可以理解的信息,例如“焊枪头轮廓”、“焊丝起点位置”、“焊丝末端位置”等。

[0082] 在本申请一实施例中,步骤S103基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据,包括步骤B1至B3:

[0083] 步骤B1:通过标定得到视觉传感器的参数。

[0084] 步骤B2:基于视觉传感器的参数分别获取多组特征点在视觉传感器坐标系下的位姿数据,其中,包括工具中心点在视觉传感器下的位姿。

[0085] 步骤B3:基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数

据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

[0086] 其中,工具上的特征点在视觉传感器的左右图像坐标系下坐标分别为:

$$[0087] \quad {}^L p^i = [{}^L x^i, {}^L y^i], {}^R p^i = [{}^R x^i, {}^R y^i]$$

[0088] 工具上的特征点在视觉传感器在坐标系下的位姿记为: ${}^C p^i = [{}^C t^i, {}^C r^i]$

[0089] 其中位置向量为 ${}^C t^i = [{}^C t x^i, {}^C t y^i, {}^C t z^i]$

[0090] 姿态向量为 ${}^C r^i = [{}^C r x^i, {}^C r y^i, {}^C r z^i]$

[0091] 其中*i*表示特征点, $i = [0, 1, \dots, n-1, n]$ 。设 ${}^C p^0$ 为工具中心点位姿, ${}^C p^{i=1, \dots, n}$ 为其他特征点位姿。

[0092] 通过标定得到双目相机的参数:基线:*b*;焦距:*f*,如图4所示。其中 $\delta_i = |{}^L x^i - {}^R x^i|$ 为某一特征点在双目下的视差。根据相似三角形原理可得:

$$[0093] \quad \frac{{}^C t z_i}{f} = \frac{{}^C t x_i}{L x_i} \quad \frac{{}^C t z_i}{f} = \frac{{}^C t x_i - b}{R x_i} \quad \frac{{}^C t z_i}{f} = \frac{{}^C t y_i}{L y_i} = = \frac{{}^C t y_i}{R y_i}$$

[0094] 因此,可推出特征点在视觉传感器坐标系下的位姿为:

$$[0095] \quad {}^C p^i = \begin{cases} {}^C t z_i = \frac{f * b}{L \delta} \\ {}^C t y_i = \frac{L y_i * z}{f} \\ {}^C t x_i = \frac{L x_i * z}{f} \end{cases}$$

[0096] 在本申请一实施例中,步骤B3基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据,标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据,包括以下步骤:

[0097] 之前通过步骤S101已经获取了多组图像,多组图像是通过改变机器人的构型使工具以不同的位姿出现在视觉传感器视野范围内而拍摄的。根据上述步骤,可以获取若干组在视觉传感器坐标系下的工具特征点位姿(基于如上所述的视差计算)、工具安装位在世界坐标系的位姿数据。其中,工具安装位位姿数据可以基于机器人的正向运动学求解得到。

[0098] 当机器人的构型为*k*时:

[0099] 工具特征点在视觉传感器坐标系下的位姿为: ${}^L p_k^i, {}^R p_k^i, {}^C p_k^i$;

[0100] 将 ${}^C p_k^i$ 的SE(3)描述,记为 ${}^C T_k^i$ 。

[0101] 工具安装位的位姿为: ${}^W p_k^i = [{}^W t_k^i, {}^W r_k^i]$;将其SE(3)描述,记为 ${}^W T_k^i$ 。

[0102] 其中 $k = [1, 2, \dots, m-1, m]$ 。

[0103] 将机器人基坐标系视为世界坐标系,记为 W ; ${}^W T$ 是视觉传感器在世界坐标系下的位姿描述, ${}^W T_k^i$ 是工具安装位在世界坐标系下的位姿描述, ${}^F T$ 是工具特征点在工具安装位坐标系下的位姿描述, ${}^C T_k^i$ 是工具特征点在视觉传感器坐标系下的位姿描述,其逆为 ${}^P T_k^i$ 。 ${}^W T$ 和 ${}^F T$ 的值与*i*和*k*无关。

[0104] 形成闭链系统可以表示为:

$$[0105] \quad {}^W_C \mathbf{T} = {}^W_F \mathbf{T}_k^i \cdot {}^F_P \mathbf{T} \cdot {}^P_C \mathbf{T}_k^i$$

[0106] 将上述等式左右分别左乘 ${}^W_C \mathbf{T}^{-1}$ ，即可得到：

$$[0107] \quad {}^C_W \mathbf{T} \cdot {}^W_F \mathbf{T}_k^i \cdot {}^F_P \mathbf{T} \cdot {}^P_C \mathbf{T}_k^i = \mathbf{I}_{4 \times 4}$$

[0108] 当采集了m组数据，根据基于克罗内克积转换的最小二乘法即可求出：

$$[0109] \quad {}^C_W \mathbf{T} \text{ 和 } {}^F_P \mathbf{T}。$$

[0110] 如此，求出了工具特征点在工具安装位坐标系下的位姿描述，即可以标定出工具中心点相对于其安装面所在坐标系（工具安装位坐标系）的位置。

[0111] 在本申请一实施例中，可以使机器人将周期性的将工具置于视觉传感器视野内，自主检测工具中心点位姿是否发生改变；若发生改变，则触发标定功能，自主标定和修正。本申请中的视觉传感器不仅可用于工具中心点标定，也可用于修正机器人运动学参数，还可用于定位、导航和避障。

[0112] 下述为本发明装置实施例，可以用于执行本发明方法实施例。

[0113] 图5是根据一个示例性实施例示出的一种用于机器人自主标定工具中心点的装置的框图，该装置可以为终端或终端的一部分，该装置可以通过软件、硬件或者两者的结合实现成为电子设备的部分或者全部。如图5所示，该装置包括：

[0114] 获取模块501，用于获取视觉传感器拍摄的多组图像，其中，多组图像是视觉传感器分别对机器人的不同构形下不同位姿的工具进行拍摄得到的；

[0115] 第一处理模块502，用于分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同构型对应的多组特征点数据，其中，所述特征点包括工具中心点；

[0116] 第二处理模块503，用于基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据，标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

[0117] 在一实施例中，所述第一处理模块502用于：

[0118] 使用卷积神经网络模型从图像中识别和提取工具的预设特征点。

[0119] 在一实施例中，所述第一处理模块502用于：

[0120] 对双目立体视觉传感器拍摄的左眼图像和右眼图像分别进行处理：将图像缩放到预设大小后输入卷积神经网络模型进行运算，输出特征点数据。

[0121] 在一实施例中，所述第二处理模块502用于：

[0122] 通过标定得到视觉传感器的参数；

[0123] 基于视觉传感器的参数分别获取多组特征点在视觉传感器坐标系下的位姿数据，其中，包括工具中心点在视觉传感器下的位姿；

[0124] 基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据，标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

[0125] 在一实施例中，所述基于工具中心点在视觉传感器坐标系下的位姿数据和工具安装位位姿数据，标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据，包括：

$$[0126] \quad \text{确定以下位姿关系：} {}^W_C \mathbf{T} = {}^W_F \mathbf{T}_k^i \cdot {}^F_P \mathbf{T} \cdot {}^P_C \mathbf{T}_k^i；$$

$$[0127] \quad \text{将上述位姿关系变换为：} {}^C_W \mathbf{T} \cdot {}^W_F \mathbf{T}_k^i \cdot {}^F_P \mathbf{T} \cdot {}^P_C \mathbf{T}_k^i = \mathbf{I}_{4 \times 4}；$$

[0128] 基于克罗内克积转换的最小二乘法求出上述位姿关系中的： ${}^C_W\mathbf{T}$ 和 ${}^F_P\mathbf{T}$ ；

[0129] 其中， ${}^W_C\mathbf{T}$ 是视觉传感器在世界坐标系下的位姿描述， ${}^W_F\mathbf{T}_k^i$ 是工具安装位在世界坐标系下的位姿描述， ${}^F_P\mathbf{T}$ 是工具特征点在工具安装位坐标系下的位姿描述， ${}^C_P\mathbf{T}_k^i$ 是工具特征点在视觉传感器坐标系下的位姿描述； k 表示机器人的构型， $k=[1,2,\dots,m-1,m]$ ； i 表示特征点， $i=[0,1,\dots,n-1,n]$ ， $i=0$ 表示工具中心点。

[0130] 在本申请的另一实施例中，还提供了一种可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时，实现如上任一项所述的用于机器人自主标定工具中心点方法。

[0131] 在本申请的另一实施例中，还提供了一种用于机器人自主标定工具中心点的装置，所述装置可以包括：

[0132] 处理器；

[0133] 用于存储处理器可执行指令的存储器；

[0134] 其中，所述处理器被配置为：

[0135] 获取视觉传感器拍摄的多组图像，其中，多组图像是视觉传感器分别对机器人的不同构形下不同位姿的工具进行拍摄得到的；

[0136] 分别从不同构型对应的图像中识别工具的预设特征点并输出不同构型对应的多组特征点数据，其中，所述特征点包括工具中心点；

[0137] 基于不同构型对应的多组特征点数据以及相应的多组工具安装位在世界坐标系的位姿数据，标定出工具中心点在工具安装位坐标系的位姿数据。

[0138] 需要说明的是，本实施例中处理器的具体实现可以参考前文中的相应内容，此处不再详述。

[0139] 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。对于实施例公开的装置而言，由于其与实施例公开的方法相对应，所以描述的比较简单，相关之处参见方法部分说明即可。

[0140] 专业人员还可以进一步意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现，为了清楚地说明硬件和软件的可互换性，在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

[0141] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以直接用硬件、处理器执行的软件模块，或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器 (RAM)、内存、只读存储器 (ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0142] 对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的

一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

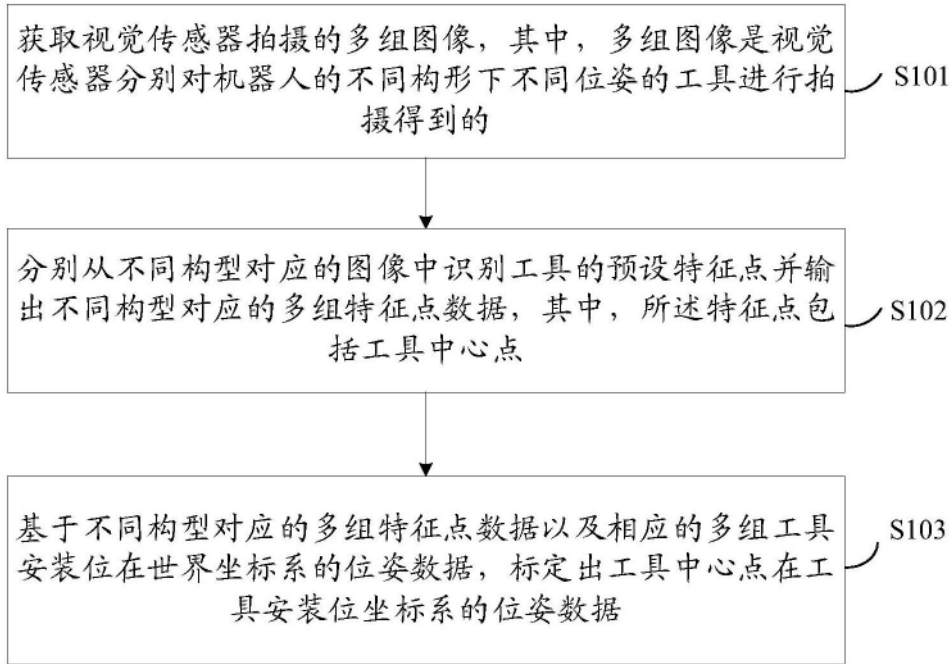


图1

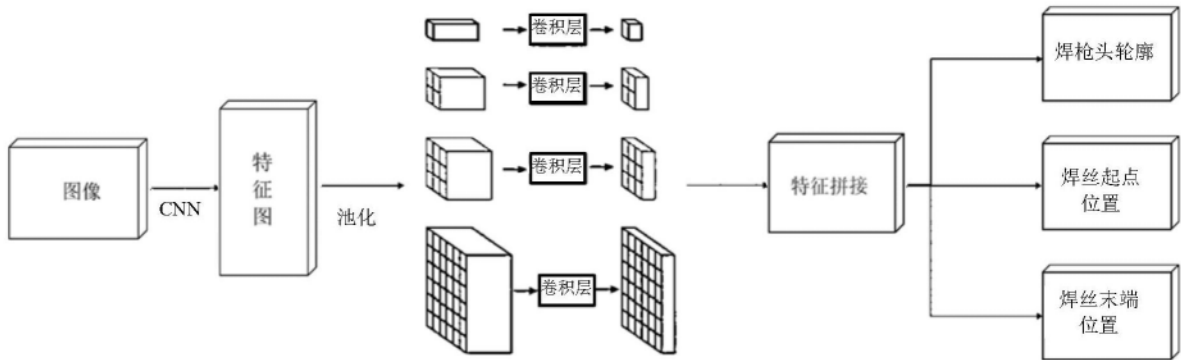


图2

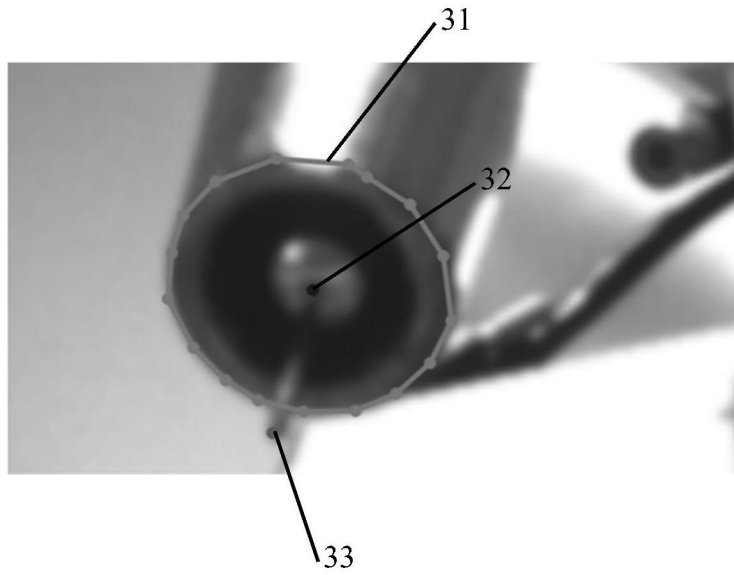


图3

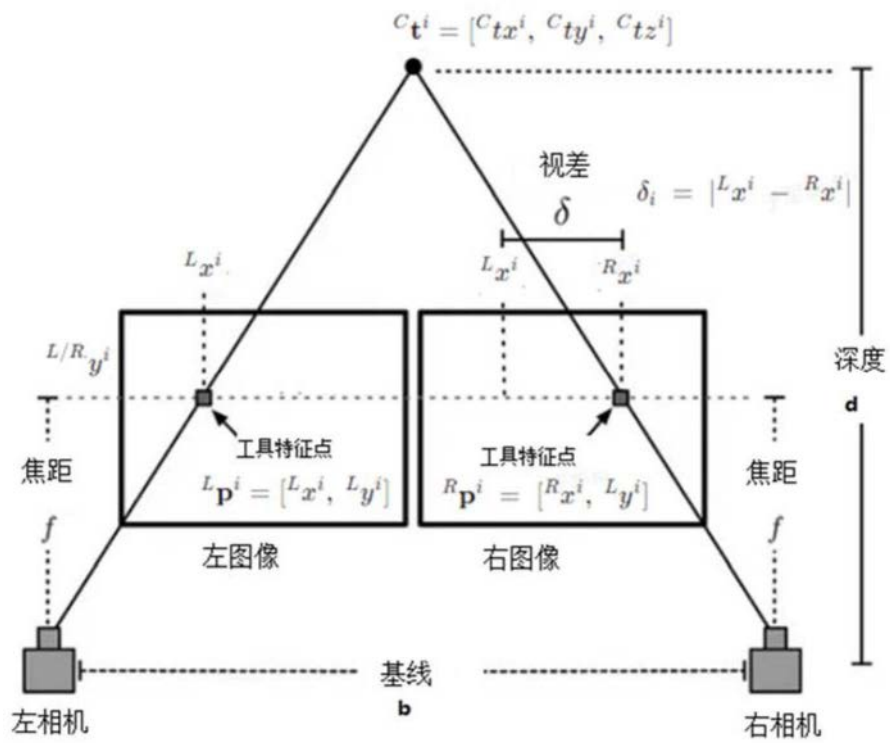


图4



图5