



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105058396 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201510466087. 6

(22) 申请日 2015. 07. 31

(71) 申请人 深圳先进技术研究院

地址 518000 广东省深圳市南山区西丽大学  
城学苑大道 1068 号

(72) 发明人 夏泽洋 邓豪 翁少葵 甘阳洲  
熊璟

(74) 专利代理机构 深圳中一专利商标事务所  
44237

代理人 张全文

(51) Int. Cl.

B25J 13/06(2006. 01)

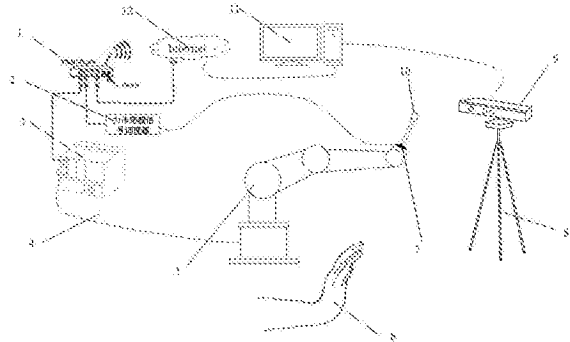
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

机器人示教系统及其控制方法

(57) 摘要

本发明适用于机器人技术领域,提供了一种机器人示教系统及其控制方法。所述机器人示教系统包括:传感模块、机器人控制器以及上位机,所述传感模块、机器人控制器以及上位机之间采用有线或无线的方式连接;其中传感模块包括力传感器、力传感器信号调制器以及体感捕捉设备;所述力传感器通过法兰与机器人手臂以及机器人末端执行器连接。本发明实现了一种具有体感操作和感知识别功能的通用型机器人示教系统,使示教操作更智能、精确、安全和高效。



1. 一种机器人示教系统,其特征在于,所述机器人示教系统包括:  
传感模块、机器人控制器以及上位机,所述传感模块、机器人控制器以及上位机之间采用有线或无线的方式连接;  
其中传感模块包括力传感器、力传感器信号调制器以及体感捕捉设备;  
所述力传感器通过法兰与机器人手臂以及机器人末端执行器连接。
2. 如权利要求 1 所述的机器人示教系统,其特征在于,所述机器人示教系统还包括:  
移动安装支架;  
所述体感捕捉设备与移动安装支架共同组成置地式安装,以在所述体感捕捉设备视觉区域内形成动作感知空间捕获操作者的操作意图信号以及机器人手臂的位姿。
3. 如权利要求 1 所述的机器人示教系统,其特征在于,所述上位机还包括:  
系统建模模块,用于建立机器人的 Denavit-Hartenberg 参数表以及各关节的动力学参数,以在获取机器人的相关参数后,转换包含 link 和 joint 属性的模型描述;以及建立操作者手臂或手持工具与机器人末端执行器位姿之间的坐标映射关系;  
运动描述模块,用于建立针对不同品牌的机器人的标准运动指令库,以在体感捕捉设备捕获到操作者的操作意图信号时,根据所述建模模块建立的所述坐标映射关系获得对应的期望位姿,并根据所述期望位姿进行所述标准运动指令库的匹配,生成标准动作指令序列;  
通讯驱动模块,所述通讯驱动模块采用所述机器人控制器支持的通讯协议,将机器人操作指令上传至所述机器人控制器,以使得所述机器人控制器根据所述操作指令控制所述机器人手臂运动到操作者期望的位姿;所述通讯驱动模块包含力传感器、力传感器信号调制器以及体感捕捉设备的驱动程序。
4. 一种如权利要求 1 至 3 任一项所述机器人示教系统的控制方法,其特征在于,所述控制方法包括:  
在确认操作者身份和权限后,开启所述机器人示教系统;  
通过体感捕捉设备捕获操作者的操作意图信号,并将所述操作意图信号转换成相应的机器人操作指令;  
将所述机器人操作指令发送给机器人控制器,以使得所述机器人控制器根据所述机器人操作指令控制所述机器人手臂运动到操作者期望的位姿。
5. 如权利要求 4 所述的控制方法,其特征在于,在将所述操作意图信号转换成相应的机器人操作指令之前,还包括:  
定义操作者手臂或手持工具与机器人末端执行器位姿之间的坐标映射关系;  
所述将所述操作意图信号转换成相应的机器人操作指令包括:  
根据所述坐标映射关系获得期望位姿,并根据所述期望位姿进行标准运动指令库的匹配,生成标准动作指令序列。
6. 如权利要求 4 所述的控制方法,其特征在于,所述确认操作者身份和权限包括:  
在所述机器人示教系统处于待机状态时,通过体感捕捉设备检测动作感知空间内的人脸或者手臂动作,当人脸识别通过或所述手臂动作符合预定动作后,上位机对操作者身份进行比对确认,在确认后向机器人控制器发出解锁上电指令,并为该操作者分配对应的操作权限。

7. 如权利要求 4 所述的控制方法,其特征在于,在通过体感捕捉设备捕获操作者的操作意图信号之后,所述方法还包括:

采用中值滤波算法对所述操作意图信号进行预处理,并采用阈值算法对预处理后的操作意图信号中的位移量和角度偏移量进行限制调节,以将所述操作意图信号限制在一个合理、安全的范围内。

8. 如权利要求 4 所述的控制方法,其特征在于,所述控制方法还包括:

在控制机器人手臂运动的过程中,通过获取机器人控制器的实时数据得到机器人的位置、速度信号,对操作者手臂各关节的位置信号正向运算得到机器人的位姿状态,体感捕捉设备实时获取机器人手臂运动空间内的障碍物信息,并通过碰撞检测算法实时反馈机器人运动空间内的机器人手臂与环境障碍物的碰撞检测结果。

9. 如权利要求 8 所述的控制方法,其特征在于,所述控制方法还包括:

通过力传感器实时获取末端力信号,并将所述力信号的控制使能初始为 disable 状态;

根据获取的机器人的位置、速度信号以及机器人手臂运动空间内的障碍物信息,定义目标接近区域 S,当机器人末端执行器运动到 S 区域内,将所述力信号的控制使能设置为 enable 状态。

10. 如权利要求 4 至 9 任一项所述的控制方法,其特征在于,所述控制方法包括:

通过骨关节识别算法以及手臂外形轮廓提取的动作识别算法对操作者的动作进行识别,以提高对操作者操作意图的识别率。

## 机器人示教系统及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于机器人技术领域,尤其涉及机器人示教系统及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 在现代工业中,随着自动化程度的不断提高,工业机器人在各行各业得到了广泛的应用。而无论多么先进智能的机器人系统,在操作作业前示教工序都是无法避免的。机器人示教系统主要用于机器人示教操作中,其目的在于帮助机器人系统找准关键的轨迹点位置,并按照预设的期望轨迹进行运动。

[0003] 目前机器人示教系统主要是通过连接到机器人控制器的示教盒装置实现,示教操作需要通过操作按钮、摇杆等物理控制设备或触摸屏等装置获取操作意图,对机器人控制器发出指令来指导机器人以设定的位姿抵达目标点。示教全程操作者需要站立于一定操作范围内手、眼协调操作,并借助一定的辅助设备人工判断是否抵达目标点位姿,费时费力。而且,不同品牌、型号机器人功能不一、操作方式也各不相同,通用性较差。

### 发明内容

[0004] 鉴于此,本发明实施例提供一种机器人示教系统及其控制方法,以实现一种具有体感操作和感知识别功能的通用型机器人示教系统,使示教操作更智能、精确、安全和高效。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了一种机器人示教系统,所述机器人示教系统包括:

[0006] 传感模块、机器人控制器以及上位机,所述传感模块、机器人控制器以及上位机之间采用有线或无线的方式连接;

[0007] 其中传感模块包括力传感器、力传感器信号调制器以及体感捕捉设备;

[0008] 所述力传感器通过法兰与机器人手臂以及机器人末端执行器连接。

[0009] 第二方面,本发明实施例提供了一种如上所述的机器人示教系统的控制方法,所述控制方法包括:

[0010] 在确认操作者身份和权限后,开启所述机器人示教系统;

[0011] 通过体感捕捉设备捕获操作者的操作意图信号,并将所述操作意图信号转换成相应的机器人操作指令;

[0012] 将所述机器人操作指令发送给机器人控制器,以使得所述机器人控制器根据所述机器人操作指令控制所述机器人手臂运动到操作者期望的位姿。

[0013] 本发明实施例与现有技术相比存在的有益效果是:本发明实施例的机器人示教系统可通过体感捕捉设备准确获取操作者全方位的操作意图信号,并将所述操作意图信号转换成相应的机器人操作指令后上传到机器人控制器执行,实现机器人运动至指定位姿。同时可以借助力传感器和视觉信息对所述机器人操作指令和机器人状态进行检测,使机器人示教操作更智能、精确、安全和高效,具有较强的易用性和实用性。

## 附图说明

[0014] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例或现有技术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发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0015] 图 1 是本发明实施例提供的机器人示教系统的组成结构图;

[0016] 图 2 是本发明实施例提供的使用机器人示教系统的示例图;

[0017] 图 3 是本发明实施例提供的机器人示教系统控制方法的实现流程图。

## 具体实施方式

[0018] 以下描述中,为了说明而不是为了限定,提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节,以便透彻理解本发明实施例。然而,本领域的技术人员应当清楚,在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本发明。在其它情况中,省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明,以免不必要的细节妨碍本发明的描述。

[0019] 为了说明本发明所述的技术方案,下面通过具体实施例来进行说明。

[0020] 图 1 示出了本发明实施例提供的机器人示教系统的组成结构,为了便于说明,仅示出了与本实施例相关的部分。

[0021] 如图 1 所示,该机器人示教系统包括传感模块、机器人控制器 3、通讯模块以及上位机 11。

[0022] 其中,传感模块包括力传感器 7、力传感器信号调制器 2、体感捕捉设备 9 及移动安装支架 8;

[0023] 通讯模块包括以太网交换机或路由器 1 以及局域网 12。

[0024] 另外,本发明实施例所述力传感器 7 为六维力传感器,可同时检测三维空间(笛卡尔坐标系)的全力信息,即三个力分量和三个力矩分量。所述力传感器 7 通过法兰与机器人手臂 5 以及机器人末端执行器 10 形成刚性连接,可感知来自机器人末端任意方向上的力和力矩信号,并最终用于机器人状态感知。

[0025] 所述体感捕捉设备 9 与移动安装支架 8 共同组成置地式安装,也可直接安装在天花板或顶棚 14 上,以在所述体感捕捉设备 9 视觉区域内形成动作感知空间 13 捕获操作者手臂 6 的操作意图信号以及机器人手臂 5 的位姿,如图 2 所示,图 2 给出了体感捕捉设备 9 与移动安装支架 8 共同组成置地式安装,以及体感捕捉设备 9 直接安装在天花板或顶棚 14 的示例。

[0026] 传感模块、机器人控制器 3、通讯模块以及上位机 11 由通讯线缆 4 连接成完整的系统,与操作者手臂 6 共同组成本发明实施例中的具有体感操作和感知识别功能的通用型机器人示教系统。

[0027] 其中,所述上位机 11 可以是任意具有网络连接功能的终端设备,包括但不限于手机、平板电脑、笔记本、PC 机、嵌入式设备等。

[0028] 需要说明的是,本发明实施例是将体感捕捉设备 9 由移动安装支架 8 安装在机器人手臂 5 一侧,考虑到实际中机器人系统的差异,体感捕捉设备 9 的安装位置可视具体情

况而定,如置顶式等;另外,本发明实施例操作者意图信号捕捉上采用的是体感和视觉一体的设备(即体感捕捉设备9),在实际应用中,可采用其他任何具有体感捕捉能力的设备和其他具有视觉捕捉能力的设备,包括操作意图感知类设备,如肌电信号获取等方式;本发明实施例中采用安装在机器人末端的力传感器7获取末端的力/力矩信号。然而,力传感器7的具体安装位置可根据需求改变,同时,亦可采用其他传感器间接获取,如关节电流信号、关节力矩等,只要能够准确获取机器人操作末端状态即可;另外,本发明实施例中系统的通讯方式不仅限于以太网模式,可以采用任意有线或无线的通讯方式,只要能够使得系统各模块协同工作即可。

[0029] 作为本发明的一较佳实例,为了解决不同品牌、型号机器人功能不一、操作方式也各不相同,通用性较差的问题,本发明实施例所述机器人示教系统还建立了如下模块:

[0030] 建模模块,用于建立机器人的 Denavit-Hartenberg 参数表以及各关节的动力学参数,以在获取机器人的相关参数后,转换为 link 和 joint 的属性值;以及建立操作者手臂或手持工具与机器人末端执行器位姿之间的坐标映射关系;

[0031] 运动描述模块,用于建立针对不同品牌的机器人的标准运动指令库,以在体感捕捉设备捕获到操作者的操作意图信号时,根据所述建模模块建立的所述坐标映射关系获得对应的期望位姿,并根据所述期望位姿进行所述标准运动指令库的匹配,生成标准动作指令序列;

[0032] 通讯驱动模块,所述通讯驱动模块采用所述机器人控制器支持的通讯协议,将机器人操作指令上传至所述机器人控制器,以使得所述机器人控制器根据所述操作指令控制所述机器人手臂运动到操作者期望的位姿;所述通讯驱动模块包含力传感器、力传感器信号调制器以及体感捕捉设备的驱动程序。

[0033] 各模块具体描述如下:

[0034] 1) 建模模块:所述机器人手臂5以及机器人末端执行器10共同组成机器人的运动本体,所述运动本体按照机械系统结构连接关系定义为 link 和 joint 两类,其中 link 类的属性值包括:origin、mass、inertia、visual 和 collision; joint 类的属性值包括:parent、child、origin 和 limits。在已知任意机器人的几何参数以及各关节的控制参数设置好后,可快速建立机器人的 Denavit-Hartenberg (D-H) 参数表以及各关节的动力学参数,对应转换为 link 和 joint 的属性值。此过程仅与机器人的几何、物理参数以及控制器性能参数相关,且相关参数均可由制造商获得,因而使得所述机器人示教系统可适用于各机器人,具有较好的通用性;

[0035] 2) 运动描述模块:本发明实施例针对不同类型的机器人建立标准运动指令库。后述操作意图检测控制中得到操作者的意图,由通用机器人系统建模方法中定义的操作者手臂或手持工具与机器人末端执行器位姿之间的坐标映射关系得到机器人位姿,该位姿可配置为末端位置 T 或者关节空间 J;根据所述机器人位姿进行标准运动指令库的匹配,生成标准动作指令序列;

[0036] 3) 通讯驱动模块:本发明实施例引入机器人通讯驱动包的概念。驱动程序一般指的是设备驱动程序(Device Driver),是一种可以使计算机和设备通信的特殊程序。相当于硬件的接口,操作系统只有通过该接口,才能控制硬件设备的工作。本发明实施例的机器人示教系统相当于操作系统的角色,通过与机器人控制器的通讯控制机器人。针对目前主流

机器人控制器硬件结构,本发明实施例中采用兼容 TCP/IP、EtherNet、CAN 总线等主流通讯方式及其拓展方式的通讯模块包。针对具体机器人,通讯模块将采用机器人控制器支持的通讯协议,将操作指令上传至机器人控制器;所述机器人控制器根据所述机器人操作指令控制所述机器人手臂运动到操作者期望的位姿。同时,通讯驱动包还包含力传感器、体感捕捉设备等外围设备的驱动,共同实现机器人示教系统的完整功能。

[0037] 上述建模模块、运动描述模块以及通讯驱动模块具体可应用于所述机器人示教系统的上位机 11 中。

[0038] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,仅以上述各功能模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成,即将所述系统的内部结构划分成不同的功能单元或模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能模块可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中,上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。另外,各功能模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本申请的保护范围。

[0039] 需要说明的是,本发明实施例提供的机器人示教系统的组成结构只是一种示例,只用于解释本发明,并不限定本发明的保护范围。另外,本发明实施例也不仅限于机器人手臂的示教系统使用,任何适合于进行示教操作等人参与下的设备操作类均可采用。

[0040] 图 3 为本发明实施例提供的机器人示教系统的控制方法的实现流程,所述控制方法可应用于图 1 对应的机器人示教系统,其主要包括以下步骤:

[0041] 步骤 S301,在确认操作者身份和权限后,开启所述机器人示教系统。

[0042] 在本发明实施例中,在所述机器人示教系统处于待机状态时,通过体感捕捉设备检测动作感知空间内的人脸或者手臂动作,当人脸识别通过或所述手臂动作符合预定动作后,上位机对操作者身份进行比对确认,在确认后向机器人控制器发出解锁上电指令,并为该操作者分配对应的操作权限。

[0043] 在步骤 S302 中,通过体感捕捉设备捕获操作者的操作意图信号,并将所述操作意图信号转换成相应的机器人操作指令。

[0044] 本发明实施例在操作者获得操作权限后,通过体感捕捉设备捕获操作者的操作意图信号,即进行操作者手臂的动作识别。在识别算法上,本发明实施例在现有骨关节识别算法的基础上,加入基于手臂外形轮廓提取的动作识别算法,可以显著提高对操作者操作意图的精准识别能力。

[0045] 在本发明实施例中,预设的操作模式有两种:末端位姿操作模式以及关节位置操作模式,分别对应现有机器人示教盒上的 Frame 模式和 Joint 模式。两种操作模式下,需要分别对操作意图进行描述。在末端位姿操作模式中,体感捕捉设备将主要捕捉手腕部分的位移量和角度偏移量。通过对比一个扫描周期内手臂前后位姿的变化,计算得到位姿操作指令,以  $4 \times 4$  的矩阵 T 表示。在关节位置操作模式中,体感捕捉设备将主要捕捉手臂各关节的旋转角度偏移量,对位置偏移量进行一个平移处理而抵消手臂移动产生的位置量变化。由于操作者手臂关节有七个自由度,因此可完全控制七轴以下的机器人手臂。在此操作模式下,通过配置还可让体感捕捉设备选择指关节和半手臂关节模式。这两种关节位置操作模式中,通过对比一个扫描周期内手臂各关节的旋转角度偏移量,计算得到关节位置

操作指令,以  $N \times 1$  的列向量  $J$  表示。

[0046] 进一步的,在将所述操作意图信号转换成相应的机器人操作指令之前,本发明实施例还包括:

[0047] 定义操作者手臂或手持工具与机器人末端执行器位姿之间的坐标映射关系;

[0048] 所述将所述操作意图信号转换成相应的机器人操作指令包括:

[0049] 根据所述坐标映射关系获得期望位姿,并根据所述期望位姿进行标准运动指令库的匹配,生成标准动作指令序列。

[0050] 另外,操作意图信号作为机器人操作的驱动信号,直接关系到操作的精度以及操作的柔顺性和平稳性。因此,在通过体感捕捉设备捕获操作者的操作意图信号之后,所述方法还包括:

[0051] 采用中值滤波算法对所述操作意图信号进行预处理(以去除因手部抖动引入的噪声以及其他干扰信号),并采用阈值算法对预处理后的操作意图信号中的位移量和角度偏移量进行限制调节,以将所述操作意图信号限制在一个合理、安全的范围内。

[0052] 其中,所述阈值算法适用于将对象的某种物理参数控制在一个预定的范围,本发明实施例所述控制方法中采用的阈值算法对操作意图信号中的位移量和角度偏移量进行限制调节。下阈值用于降低示教过程中机器人系统对操作者指令的敏感度。滤波算法虽然能够一定程度上排除抖动等干扰信号的影响,但无法有效提高手臂操作的精确度。当操作者操作机器人运动时,手臂的微小运动如果完全映射到机器人手臂上,必然导致运动不平稳,甚至发生窜动现象。设置合适的下阈值,能够在位移量和角度偏移量的绝对值在下阈值以下时,对操作者的输入进行响应截止。上阈值用于机器人操作的安全控制,防止因为操作幅度过大时,对机器人系统造成损坏。对操作意图信号中超限的位移量和角度偏移量进行削减或强制赋值,能够将所述操作意图信号限制在一个合理、安全的范围内。

[0053] 在步骤 S303 中,将所述机器人操作指令发送给机器人控制器,以使得所述机器人控制器根据所述机器人操作指令控制所述机器人手臂运动到操作者期望的位姿。

[0054] 进一步的,在控制机器人手臂运动的过程中,通过获取机器人控制器的实时数据得到机器人的位置、速度信号,对操作者手臂各关节的位置信号正向运算得到机器人的位姿状态,体感捕捉设备实时获取机器人手臂运动空间内的障碍物信息,并通过碰撞检测算法实时反馈机器人运动空间内的机器人手臂与环境障碍物的碰撞检测结果:free 或者 collision,对应 0 和 1 两种状态。

[0055] 进一步的,还包括:

[0056] 通过力传感器实时获取末端力信号,并将所述力信号的控制使能初始为 disable 状态;

[0057] 根据获取的机器人的位置、速度信号以及机器人手臂运动空间内的障碍物信息,定义目标接近区域  $S$ ,当机器人末端执行器运动到  $S$  区域内,将所述力信号的控制使能设置为 enable 状态。

[0058] 本发明实施例通过目标接近区域  $S$  和状态使能控制机制,能够有效的防止在机器人手臂运动过程中因末端执行器质量在力传感器上产生惯性力对末端接触力检测的干扰。在示教过程中,当末端执行器刚刚与目标位置接触上时,力传感器会立即检测到力信号的跳变,进而瞬间切断机器人手臂的运动控制,实现示教状态检测与安全控制。



[0059] 需要说明的是,本发明实施例中实现操作意图的媒介可以是人身体的一部分(例如,操作者手臂),也可以特定形状的工具,例如制成手掌形状的引导棒或者带有传感器的手套等,在此不做限制。

[0060] 综上所述,本发明实施例与现有技术相比,存在以下有益效果:

[0061] 1) 本发明实施例的机器人示教系统利用体感捕捉设备取代传统的示教板,通过体感捕捉设备准确捕捉操作者的操作意图信号,给操作者带来直观、自然的操控感。而且操作者只需手臂或手部小幅灵活的摆动或移动即可灵活自然地操作机器人手臂精准的完成期望的示教运动,提高了操作的友好性;

[0062] 2) 本发明实施例的机器人示教系统利用安装在机器人末端的力传感器信号和体感识别中获取的视觉信号,对操作全程进行安全检测和控制,使示教操作安全省时;

[0063] 3) 本发明实施例的机器人示教系统利用现有机器人硬件系统,开发出底层驱动包实现系统集成和不同设备间的兼容,对不同品牌、型号的设备不敏感,是一种通用型的机器人示教系统;且驱动包可更新升级,系统组成灵活,易于维护;

[0064] 4) 本发明实施例利用操作意图检测控制算法能够实现从快速移动到微调的自由调节,并保证了操作的平稳性和便利性;

[0065] 5) 本发明实施例利用操作者身份和权限确认机制、环境碰撞机制以及对操作者意图信号的阈值处理,防止了示教过程中的误操作,保证了示教操作的安全性;

[0066] 6) 本发明实施例基于力传感器和视觉信号的操作安全与状态检测控制,保证精确到达预设示教位置,并有效防止了示教过程中碰撞及过接触情况的发生,操作简单方便,同时,使操作安全性和准确性得到较大的提高。

[0067] 本领域的技术人员应当理解,当本发明实施例的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分以软件产品的形式体现出来时,该计算机软件产品可以存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)或处理器(processor)执行本发明实施例各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0068] 以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例各实施例技术方案的精神和范围。



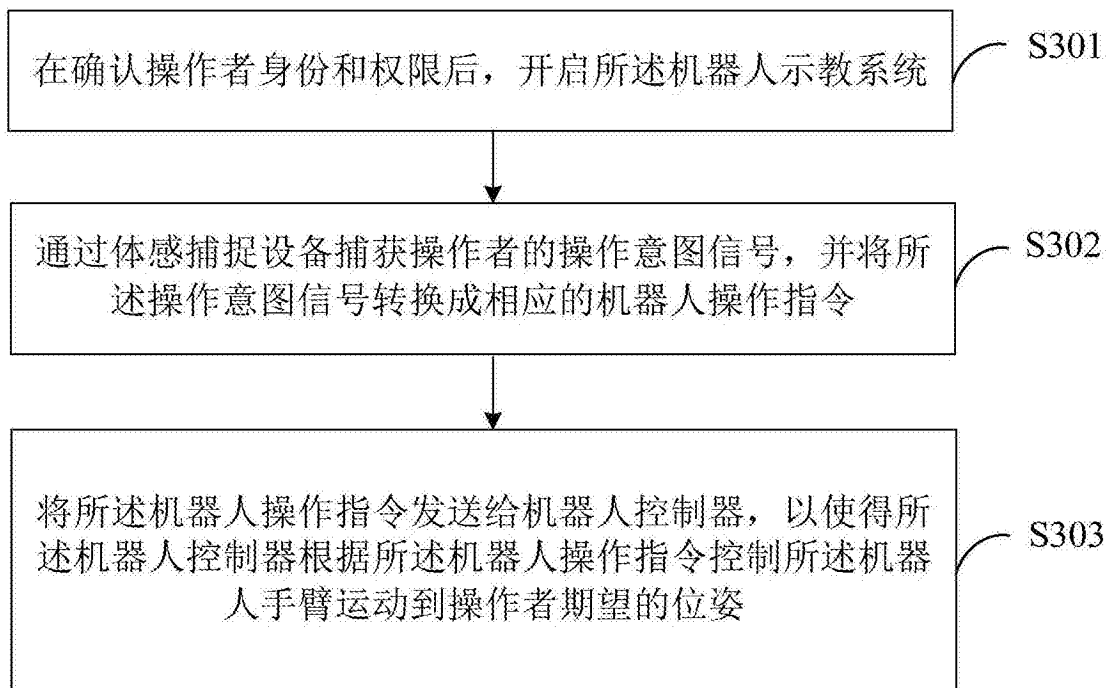


图 3