



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113084848 A

(43) 申请公布日 2021.07.09

(21) 申请号 202110378018.5

(22) 申请日 2021.04.08

(71) 申请人 河北省科学院应用数学研究所  
地址 050081 河北省石家庄市桥西区友谊南大街46号河北省科学院1号楼

(72) 发明人 张英坤 程煜 郝存明 任亚恒  
吴立龙 姚利彬 赵航

(74) 专利代理机构 河北国维致远知识产权代理有限公司 13137

代理人 秦敏华

(51) Int. Cl.

B25J 15/00 (2006.01)

B25J 3/00 (2006.01)

B25J 9/16 (2006.01)

B25J 13/08 (2006.01)

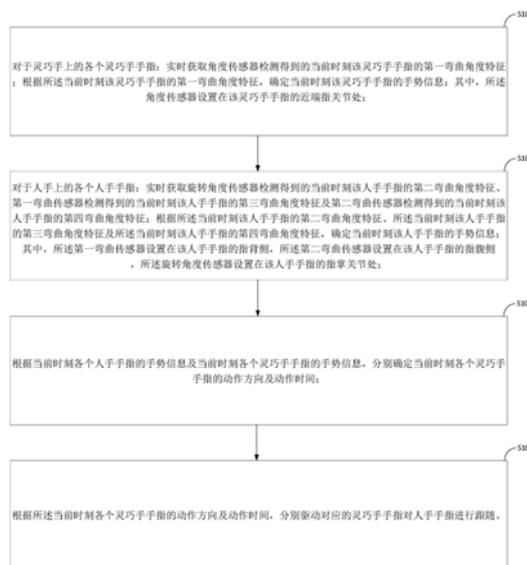
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

主从式灵巧手跟随方法及终端设备

(57) 摘要

本发明适用于人机交互技术领域,提供了一种主从式灵巧手跟随方法及终端设备,上述方法包括:根据设置在灵巧手上的角度传感器信息确定灵巧手的手势信息;综合根据设置在人手上的旋转角度传感器、第一弯曲传感器及第二弯曲传感器的信息确定人手的手势信息;进而根据各个人手手指的手势信息及各个灵巧手手指的手势信息,分别确定当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间,实现灵巧手对人手的跟随。本发明通过对多种不同类型的传感器数据进行融合,实现了灵巧手对手势的精准跟随,可通过人手控制灵巧手进行有效的远程抓取操作。



1. 一种主从式灵巧手跟随方法,其特征在于,包括:

对于灵巧手上的各个灵巧手手指:实时获取角度传感器检测得到的当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征;根据所述当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征,确定当前时刻该灵巧手手指的手势信息;其中,所述角度传感器设置在该灵巧手手指的近端指关节处;

对于人手上的各个人手手指:实时获取旋转角度传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、第一弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及第二弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征;根据所述当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、所述当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及所述当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征,确定当前时刻该人手手指的手势信息;其中,所述第一弯曲传感器设置在该人手手指的指背侧,所述第二弯曲传感器设置在该人手手指的指腹侧,所述旋转角度传感器设置在该人手手指的指掌关节处;

根据当前时刻各个人手手指的手势信息及当前时刻各个灵巧手手指的手势信息,分别确定当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间;

根据所述当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间,分别驱动对应的灵巧手手指对人手手指进行跟随。

2. 如权利要求1所述的主从式灵巧手跟随方法,其特征在于,t时刻第i个人手手指的手势信息 $\Theta_i(t)$ 的计算公式为:

$$\Theta_i(t) = \frac{k_1 \left( \frac{m_1 f_2 R_2^i(t) + m_2 f_3 R_3^i(t)}{m_1 + m_2} \right) + k_2 f_4 R_4^i(t)}{k_1 + k_2}$$

其中, $R_2^i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的第二弯曲角度特征, $R_3^i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的第三弯曲角度特征, $R_4^i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的第四弯曲角度特征; $k_1$ 为第一权重系数, $k_2$ 为第二权重系数, $m_1$ 为第三权重系数, $m_2$ 为第四权重系数, $f_2$ 为第二弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系, $f_3$ 为第三弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系, $f_4$ 为第四弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系。

3. 如权利要求2所述的主从式灵巧手跟随方法,其特征在于,在对于人手上的各个人手手指:实时获取旋转角度传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、第一弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及第二弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征;根据所述当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、所述当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及所述当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征,确定当前时刻该人手手指的手势信息之前,所述主从式灵巧手跟随方法还包括:

对于人手上的至少一个人手手指:获取该人手手指在分别在多个预设位置时对应的第二弯曲角度特征、第三弯曲角度特征及第四弯曲角度特征;获取摄像机拍摄的该人手手指分别在所述多个预设位置时对应的图像,并根据该人手手指分别在所述多个预设位置时对应的图像,确定该人手手指分别在所述多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度;

根据所述人手上的至少一个人手手指分别在所述多个预设位置时对应的第二弯曲角度特征及所述人手上的至少一个人手手指分别在所述多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度,确定所述第二弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系;

根据所述人手上的至少一个人手手指分别在所述多个预设位置时对应的第三弯曲角度特征及所述人手上的至少一个人手手指分别在所述多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度,确定所述第三弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系;

根据所述人手上的至少一个人手手指分别在所述多个预设位置时对应的第四弯曲角度特征及所述人手上的至少一个人手手指分别在所述多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度,确定所述第四弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系。

4. 如权利要求1所述的主从式灵巧手跟随方法,其特征在于,t时刻第i个灵巧手手指的手势信息 $\Theta_i'(t)$ 的计算公式为:

$$\Theta_i'(t) = f_1 R_1^i(t)$$

其中, $R_1^i(t)$ 为t时刻第i个灵巧手手指的第一弯曲角度特征, $f_1$ 为第一弯曲角度特征与灵巧手手指弯曲角度之间的映射关系。

5. 如权利要求4所述的主从式灵巧手跟随方法,其特征在于,在对于灵巧手上的各个灵巧手手指:实时获取角度传感器检测得到的当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征;根据所述当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征,确定当前时刻该灵巧手手指的手势信息之前,所述主从式灵巧手跟随方法还包括:

对于灵巧手上的至少一个灵巧手手指:获取该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的第一弯曲角度特征;获取摄像机拍摄的该灵巧手手指分别在所述多个预设位置时对应的图像,并根据该灵巧手手指分别在所述多个预设位置时对应的图像,确定该灵巧手手指分别在所述多个预设位置时对应的灵巧手手指弯曲角度;

根据所述灵巧手上的至少一个灵巧手手指分别在所述多个预设位置时对应的第一弯曲角度特征及所述灵巧手上的至少一个灵巧手手指分别在所述多个预设位置时对应的灵巧手手指弯曲角度,确定所述第一弯曲角度特征与灵巧手手指弯曲角度之间的映射关系。

6. 如权利要求1所述的主从式灵巧手跟随方法,其特征在于,所述根据当前时刻各个人手手指的手势信息及当前时刻各个灵巧手手指的手势信息,分别确定当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间,包括:

对于灵巧手上的各个灵巧手手指:确定当前时刻该灵巧手手指的手势信息与当前时刻该灵巧手手指跟随的人手手指的手势信息之间的差值,并根据所述差值确定所述当前时刻该灵巧手手指的动作方向及动作时间。

7. 如权利要求6所述的主从式灵巧手跟随方法,其特征在于,t时刻第i个灵巧手手指的动作方向及动作时间的计算公式为:

$$\Delta t_i(t) = T_i^2(t) - T_i^1(t)$$

$$T_i^1(t) = f_5' \Theta_i'(t)$$

$$T_i^2(t) = f_5' \Theta_i(t)$$

其中, $\Theta_i'(t)$ 为t时刻第i个灵巧手手指的手势信息, $\Theta_i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的手势信息; $f_5'$ 为灵巧手手指的弯曲角度与驱动时间之间的映射关系; $T_i^1(t)$ 为t时刻第i个

灵巧手手指的驱动总时间,  $T_i^2(t)$  为  $t$  时刻第  $i$  个灵巧手手指的期望驱动总时间;  $\Delta t_i(t)$  为  $t$  时刻第  $i$  个灵巧手手指的动作时间;  $\Delta t_i(t) > 0$  时灵巧手动作为继续弯曲,  $\Delta t_i(t) < 0$  时灵巧手动作为反向伸展。

8. 一种主从式灵巧手跟随装置, 其特征在于, 包括:

第一手势信息确定模块, 用于对于灵巧手上的各个灵巧手手指: 实时获取角度传感器检测得到的当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征; 根据所述当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征, 确定当前时刻该灵巧手手指的手势信息; 其中, 所述角度传感器设置在该灵巧手手指的近端指关节处;

第二手势信息确定模块, 用于对于人手上的各个人手手指: 实时获取旋转角度传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、第一弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及第二弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征; 根据所述当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、所述当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及所述当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征, 确定当前时刻该人手手指的手势信息; 其中, 所述第一弯曲传感器设置在该人手手指的指背侧, 所述第二弯曲传感器设置在该人手手指的指腹侧, 所述旋转角度传感器设置在该人手手指的指掌关节处;

跟随信息确定模块, 用于根据当前时刻各个人手手指的手势信息及当前时刻各个灵巧手手指的手势信息, 分别确定当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间;

跟随模块, 用于根据所述当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间, 分别驱动对应的灵巧手手指对人手手指进行跟随。

9. 一种终端设备, 包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序, 其特征在于, 所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至7任一项所述的主从式灵巧手跟随方法的步骤。

10. 一种计算机可读存储介质, 所述计算机可读存储介质存储有计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至7任一项所述的主从式灵巧手跟随方法的步骤。

## 主从式灵巧手跟随方法及终端设备

### 技术领域

[0001] 本发明属于人机交互技术领域,尤其涉及一种主从式灵巧手跟随方法及终端设备。

### 背景技术

[0002] 主从式灵巧手手势跟随系统可将人手的高度智能、强大的学习能力用于灵巧手的任务规划中,利用本地操作者的手部位置信息和运动信息控制远端灵巧手,适用于各种复杂及恶劣的环境。

[0003] 现有技术中,通常基于脑电、肌电等生物电信号实现灵巧手对人手的跟随,但由于上述电信号完全解码率相对较低,在信息解耦方面存在不足,使得灵巧手对手势跟随准确度不够高,无法通过人手控制灵巧手进行有效的远程抓取操作。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明实施例提供了一种主从式灵巧手跟随方法及终端设备,以解决现有技术中通常基于脑电、肌电等生物电信号实现灵巧手对人手的跟随,准确度不够高的问题。

[0005] 本发明实施例的第一方面提供了一种主从式灵巧手跟随方法,包括:

[0006] 对于灵巧手上的各个灵巧手指:实时获取角度传感器检测得到的当前时刻该灵巧手指的第一弯曲角度特征;根据当前时刻该灵巧手指的第一弯曲角度特征,确定当前时刻该灵巧手指的手势信息;其中,角度传感器设置在该灵巧手指的近端指关节处;

[0007] 对于人手上的各个人手手指:实时获取旋转角度传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、第一弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及第二弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征;根据当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征,确定当前时刻该人手手指的手势信息;其中,第一弯曲传感器设置在该人手手指的指背侧,第二弯曲传感器设置在该人手手指的指腹侧,旋转角度传感器设置在该人手手指的指掌关节处;

[0008] 根据当前时刻各个人手手指的手势信息及当前时刻各个灵巧手指的手势信息,分别确定当前时刻各个灵巧手指的动作方向及动作时间;

[0009] 根据当前时刻各个灵巧手指的动作方向及动作时间,分别驱动对应的灵巧手指对手手指进行跟随。

[0010] 本发明实施例的第二方面提供了一种主从式灵巧手跟随装置,包括:

[0011] 第一手势信息确定模块,用于对于灵巧手上的各个灵巧手指:实时获取角度传感器检测得到的当前时刻该灵巧手指的第一弯曲角度特征;根据当前时刻该灵巧手指的第一弯曲角度特征,确定当前时刻该灵巧手指的手势信息;其中,角度传感器设置在该灵巧手指的近端指关节处;

[0012] 第二手势信息确定模块,用于对于人手上的各个人手手指:实时获取旋转角度传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、第一弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及第二弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征;根据当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征,确定当前时刻该人手手指的手势信息;其中,第一弯曲传感器设置在该人手手指的指背侧,第二弯曲传感器设置在该人手手指的指腹侧,旋转角度传感器设置在该人手手指的指掌关节处;

[0013] 跟随信息确定模块,用于根据当前时刻各个人手手指的手势信息及当前时刻各个灵巧手手指的手势信息,分别确定当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间;

[0014] 跟随模块,用于根据当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间,分别驱动对应的灵巧手手指对人手手指进行跟随。

[0015] 本发明实施例的第三方面提供了一种终端设备,包括存储器、处理器以及存储在存储器中并可在处理器上运行的计算机程序,处理器执行计算机程序时实现如本发明实施例第一方面提供的主从式灵巧手跟随方法的步骤。

[0016] 本发明实施例的第四方面提供了一种计算机可读存储介质,计算机可读存储介质存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现如本发明实施例第一方面提供的主从式灵巧手跟随方法的步骤。

[0017] 本发明实施例提供了一种主从式灵巧手跟随方法,包括:根据设置在灵巧手上的角度传感器信息确定灵巧手的手势信息;综合根据设置在人手上的旋转角度传感器、第一弯曲传感器及第二弯曲传感器的信息确定人手的手势信息;进而根据各个人手手指的手势信息及各个灵巧手手指的手势信息,分别确定当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间,实现灵巧手对人手的跟随。本发明实施例通过对多种不同类型的传感器数据进行融合,实现了灵巧手对人手手势的精准跟随,可通过人手控制灵巧手进行有效的远程抓取操作。

## 附图说明

[0018] 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。

[0019] 图1是本发明实施例提供的主从式灵巧手跟随方法的实现流程示意图;

[0020] 图2是本发明实施例提供的灵巧手的结构示意图;

[0021] 图3是本发明实施例提供的一种数据手套的结构示意图;

[0022] 图4是本发明实施例提供的又一数据手套的结构示意图;

[0023] 图5是本发明实施例提供的主从式灵巧手跟随装置的示意图;

[0024] 图6是本发明实施例提供的终端设备的示意图。

## 具体实施方式

[0025] 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。

[0026] 为了说明本发明的技术方案,下面通过具体实施例来进行说明。

[0027] 参考图1,本发明实施例提供了一种主从式灵巧手跟随方法,包括:

[0028] S101:对于灵巧手上的各个灵巧手手指:实时获取角度传感器检测得到的当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征;根据当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征,确定当前时刻该灵巧手手指的手势信息;其中,角度传感器设置在该灵巧手手指的近端指关节处;

[0029] S102:对于人手上的各个人手手指:实时获取旋转角度传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、第一弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及第二弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征;根据当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征,确定当前时刻该人手手指的手势信息;其中,第一弯曲传感器设置在该人手手指的指背侧,第二弯曲传感器设置在该人手手指的指腹侧,旋转角度传感器设置在该人手手指的指掌关节处;

[0030] S103:根据当前时刻各个人手手指的手势信息及当前时刻各个灵巧手手指的手势信息,分别确定当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间;

[0031] S104:根据当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间,分别驱动对应的灵巧手手指对人手手指进行跟随。

[0032] 本发明实施例提供一种主从式灵巧手跟随方法,用于控制灵巧手对人手动作进行跟随。

[0033] 参考图2,灵巧手具有五根结构完全相同的模块化仿人三指节灵巧手手指,灵巧手手指的机械尺寸和传动关系根据人手手指生理结构参数及耦合运动机理确定;灵巧手手指的近端指关节处处设置有唯一的角度传感器,用于采集灵巧手操作时的灵巧手手指的第一弯曲角度特征,并根据第一弯曲角度特征得到灵巧手手指的手势信息。

[0034] 根据人手的生理结构,本发明实施例中分别在人手的各个手指的指背侧设置第一弯曲传感器、指腹侧设置第二弯曲传感器及指掌关节处设置旋转角度传感器,分别用于采集人手动作时的第二弯曲角度特征、第三弯曲角度特征及第四弯曲角度特征,本发明实施例对第一弯曲传感器、第二弯曲传感器及旋转角度传感器检测得到信息进行融合,得到人手手指的手势信息。

[0035] 根据以上得到的灵巧手手指的手势信息及人手手指的手势信息确定灵巧手所需的控制量(动作时间及动作方向),驱动灵巧手执行抓取操作。本发明实施例对多种不同类型的传感器数据进行融合,实现了灵巧手对人手手势的精准跟随,可通过人手控制灵巧手进行有效的远程抓取操作。

[0036] 其中,灵巧手手指采用欠驱动设计,微型电动推杆作为唯一的驱动源根据计算得到的控制量驱动灵巧手手指的动作,实现抓取。

[0037] 一些实施例中,为方便操作,参考图3及图4,第一弯曲传感器23、第二弯曲传感器24及旋转角度传感器22均设置在数据手套21上,数据手套21穿戴于人手。

[0038] 数据手套21上还设置有外骨骼关节25以及手掌固定座26。旋转角度传感器22固定安装于手掌固定座26上,外骨骼关节25的一端与数据手套21固定连接,另一端与旋转角度传感器22固定连接,手掌固定座26利用魔术带固定在人手腕部;第一弯曲传感器23和第二弯曲传感器24分别设置在数据手套21的指背侧和指腹侧。

[0039] 一些实施例中,t时刻第i个人手手指的手势信息 $\Theta_i(t)$ 的计算公式可以为:

$$[0040] \quad \Theta_i(t) = \frac{k_1 \left( \frac{m_1 f_2 R_2^i(t) + m_2 f_3 R_3^i(t)}{m_1 + m_2} \right) + k_2 f_4 R_4^i(t)}{k_1 + k_2}$$

[0041] 其中, $R_2^i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的第二弯曲角度特征, $R_3^i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的第三弯曲角度特征, $R_4^i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的第四弯曲角度特征; $k_1$ 为第一权重系数, $k_2$ 为第二权重系数, $m_1$ 为第三权重系数, $m_2$ 为第四权重系数, $f_2$ 为第二弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系, $f_3$ 为第三弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系, $f_4$ 为第四弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系。

[0042] 本发明实施例中采用平均加权法对各个传感器的数据进行融合得到人手的手势信息,计算结果精准,方法简单实用。

[0043] 一些实施例中,在S102之前,主从式灵巧手跟随方法还可以包括:

[0044] S105:对于人手上的至少一个人手手指:获取该人手手指在分别在多个预设位置时对应的第二弯曲角度特征、第三弯曲角度特征及第四弯曲角度特征;获取摄像机拍摄的该人手手指分别在多个预设位置时对应的图像,并根据该人手手指分别在多个预设位置时对应的图像,确定该人手手指分别在多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度;

[0045] S106:根据人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的第二弯曲角度特征及人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度,确定第二弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系;

[0046] S107:根据人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的第三弯曲角度特征及人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度,确定第三弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系;

[0047] S108:根据人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的第四弯曲角度特征及人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度,确定第四弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系。

[0048] 本发明实施例中,人手佩戴数据手套进行操作,保持数据手套与人手贴合,保持操作过程的稳定。利用高速相机对人手手指的手势信息和数据手套上的多个传感器的输出值进行标定。高速相机正对数据手套的侧面,人手手指缓慢弯曲到预设位置,经图像处理得到人手手指的弯曲角度。同时获取数据手套上的三个传感器在预设位置的数据,分别计算得到各个传感器数据与人手手指的弯曲角度之间的映射关系。为提高标定准确度,可对人手上的多个手指进行操作,预设位置也可选择多个。

[0049] 一些实施例中,可多次重复上述数据手套上的传感器的标定过程,利用多因素方差分析法确定第一权重系数 $k_1$ ,第二权重系数 $k_2$ ,第三权重系数 $m_1$ ,第四权重系数 $m_2$ 。

[0050] 一些实施例中,t时刻第i个灵巧手手指的手势信息 $\Theta_i'(t)$ 的计算公式可以为:

$$[0051] \quad \Theta_i'(t) = f_1 R_1^i(t)$$

[0052] 其中, $R_1^i(t)$ 为t时刻第i个灵巧手手指的第一弯曲角度特征, $f_1$ 为第一弯曲角度特征与灵巧手手指弯曲角度之间的映射关系。

[0053] 一些实施例中,在S101之前,主从式灵巧手跟随方法还可以包括:

[0054] S109:对于灵巧手上的至少一个灵巧手手指:获取该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的第一弯曲角度特征;获取摄像机拍摄的该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的图像,并根据该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的图像,确定该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的灵巧手手指弯曲角度;

[0055] S1010:根据灵巧手上的至少一个灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的第一弯曲角度特征及灵巧手上的至少一个灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的灵巧手手指弯曲角度,确定第一弯曲角度特征与灵巧手手指弯曲角度之间的映射关系。

[0056] 控制灵巧手进行空抓取操作,利用高速相机对灵巧手手指的弯曲角度和角度传感器的输出值(第一弯曲角度特征)进行标定。高速相机正对灵巧手仿人手指的侧面,在微型电动推杆驱动下灵巧手仿人手指弯曲到预设位置;对高速相机拍摄得到的图像处理得到灵巧手手指弯曲角度;同时采集角度传感器检测得到的第一弯曲角度特征,计算得到第一弯曲角度特征与灵巧手手指弯曲角度之间的映射关系。

[0057] 一些实施例中,S103可以包括:

[0058] S1031:对于灵巧手上的各个灵巧手手指:确定当前时刻该灵巧手手指的手势信息与当前时刻该灵巧手手指跟随的人手手指的手势信息之间的差值,并根据差值确定当前时刻该灵巧手手指的动作方向及动作时间。

[0059] 一些实施例中,t时刻第i个灵巧手手指的动作方向及动作时间的计算公式可以为:

$$[0060] \quad \Delta t_i(t) = T_i^2(t) - T_i^1(t)$$

$$[0061] \quad T_i^1(t) = f_5' \Theta_i'(t)$$

$$[0062] \quad T_i^2(t) = f_5' \Theta_i(t)$$

[0063] 其中, $\Theta_i'(t)$ 为t时刻第i个灵巧手手指的手势信息, $\Theta_i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的手势信息; $f_5'$ 为灵巧手手指的弯曲角度与驱动时间之间的映射关系; $T_i^1(t)$ 为t时刻第i个灵巧手手指的驱动总时间, $T_i^2(t)$ 为t时刻第i个灵巧手手指的期望驱动总时间; $\Delta t_i(t)$ 为t时刻第i个灵巧手手指的动作时间; $\Delta t_i(t) > 0$ 时灵巧手动作方向为继续弯曲, $\Delta t_i(t) < 0$ 时灵巧手动作方向为反向伸展。

[0064]  $\Delta t_i(t) > 0$ 时表示灵巧手手势滞后于人手手势,需控制灵巧手继续弯曲; $\Delta t_i(t) = 0$ 表示灵巧手手势与人手手势一致,灵巧手无需动作; $\Delta t_i(t) < 0$ 表示表示灵巧手手势先于人手手势,需控制灵巧手反向伸展。 $\Delta t_i(t)$ 的正负代表动作方向, $\Delta t_i(t)$ 的绝对值代表动作时间值。

[0065] 由以上得到灵巧手各个手指的动作方向及动作时间,利用五个微型电动推杆分别控制灵巧手的五根灵巧手手指,通过调整微型电动推杆的运动方向和运动时间控制灵巧手五根灵巧手手指的弯曲角度,实现灵巧手对人手的精准跟随。

[0066] 一些实施例中,在S1031之前,S103还可以包括:

[0067] S1032:对于灵巧手上的至少一个灵巧手手指:获取该灵巧手手指分别运动至多个预设位置时对应的驱动时间;获取摄像机拍摄的该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的图像,并根据该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的图像,确定该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的灵巧手手指弯曲角度;

[0068] S1033:根据灵巧手上的至少一个灵巧手手指分别运动至多个预设位置时对应的驱动时间及灵巧手上的至少一个灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的灵巧手手指弯曲角度,确定驱动时间与灵巧手手指弯曲角度之间的映射关系。

[0069] 灵巧手的微型电动推杆采用恒压驱动,利用高速相机对灵巧手手指的弯曲角度和微型电动推杆的驱动时间进行标定。高速相机正对灵巧手仿人手指的侧面,在微型电动推杆驱动下灵巧手仿人手指弯曲到预设位置,对高速相机拍摄得到的图像处理得到灵巧手手指弯曲角度,进而计算得到灵巧手手指的弯曲角度与驱动时间之间的映射关系。

[0070] 应理解,上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

[0071] 参考图5,本发明实施例还提供了一种主从式灵巧手跟随装置,包括:

[0072] 第一手势信息确定模块31,用于对于灵巧手上的各个灵巧手手指:实时获取角度传感器检测得到的当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征;根据当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征,确定当前时刻该灵巧手手指的手势信息;其中,角度传感器设置在该灵巧手手指的近端指关节处;

[0073] 第二手势信息确定模块32,用于对于人手上的各个人手手指:实时获取旋转角度传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、第一弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及第二弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征;根据当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征,确定当前时刻该人手手指的手势信息;其中,第一弯曲传感器设置在该人手手指的指背侧,第二弯曲传感器设置在该人手手指的指腹侧,旋转角度传感器设置在该人手手指的指掌关节处;

[0074] 跟随信息确定模块33,用于根据当前时刻各个人手手指的手势信息及当前时刻各个灵巧手手指的手势信息,分别确定当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间;

[0075] 跟随模块34,用于根据当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间,分别驱动对应的灵巧手手指对人手手指进行跟随。

[0076] 一些实施例中,t时刻第i个人手手指的手势信息 $\Theta_i(t)$ 的计算公式可以为:

$$[0077] \quad \Theta_i(t) = \frac{k_1 \left( \frac{m_1 f_2 R_2^i(t) + m_2 f_3 R_3^i(t)}{m_1 + m_2} \right) + k_2 f_4 R_4^i(t)}{k_1 + k_2}$$

[0078] 其中, $R_2^i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的第二弯曲角度特征, $R_3^i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的第三弯曲角度特征, $R_4^i(t)$ 为t时刻第i个人手手指的第四弯曲角度特征; $k_1$ 为第一

权重系数,  $k_2$  为第二权重系数,  $m_1$  为第三权重系数,  $m_2$  为第四权重系数,  $f_2$  为第二弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系,  $f_3$  为第三弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系,  $f_4$  为第四弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系。

[0079] 一些实施例中, 主从式灵巧手跟随装置还可以包括:

[0080] 第一参数获取模块35, 用于对于人手上的至少一个人手手指: 获取该人手手指分别在多个预设位置时对应的第二弯曲角度特征、第三弯曲角度特征及第四弯曲角度特征; 获取摄像机拍摄的该人手手指分别在多个预设位置时对应的图像, 并根据该人手手指分别在多个预设位置时对应的图像, 确定该人手手指分别在多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度;

[0081] 第一标定模块36, 用于根据人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的第二弯曲角度特征及人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度, 确定第二弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系;

[0082] 第二标定模块37, 用于根据人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的第三弯曲角度特征及人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度, 确定第三弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系;

[0083] 第三标定模块38, 用于根据人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的第四弯曲角度特征及人手上的至少一个人手手指分别在多个预设位置时对应的人手手指弯曲角度, 确定第四弯曲角度特征与人手手指弯曲角度之间的映射关系。

[0084] 一些实施例中,  $t$ 时刻第 $i$ 个灵巧手手指的手势信息  $\Theta_i'(t)$  的计算公式可以为:

$$[0085] \quad \Theta_i'(t) = f_1 R_1^i(t)$$

[0086] 其中,  $R_1^i(t)$  为 $t$ 时刻第 $i$ 个灵巧手手指的第一弯曲角度特征,  $f_1$  为第一弯曲角度特征与灵巧手手指弯曲角度之间的映射关系。

[0087] 一些实施例中, 主从式灵巧手跟随装置还可以包括:

[0088] 第二参数获取模块39, 用于对于灵巧手上的至少一个灵巧手手指: 获取该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的第一弯曲角度特征; 获取摄像机拍摄的该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的图像, 并根据该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的图像, 确定该灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的灵巧手手指弯曲角度;

[0089] 第四标定模块310, 用于根据灵巧手上的至少一个灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的第一弯曲角度特征及灵巧手上的至少一个灵巧手手指分别在多个预设位置时对应的灵巧手手指弯曲角度, 确定第一弯曲角度特征与灵巧手手指弯曲角度之间的映射关系。

[0090] 一些实施例中, 跟随信息确定模块33可以包括:

[0091] 手指跟随信息确定单元331, 用于对于灵巧手上的各个灵巧手手指: 确定当前时刻该灵巧手手指的手势信息与当前时刻该灵巧手手指跟随的人手手指的手势信息之间的差值, 并根据差值确定当前时刻该灵巧手手指的动作方向及动作时间。

[0092] 一些实施例中,  $t$ 时刻第 $i$ 个灵巧手手指的动作方向及动作时间的计算公式可以为:

$$[0093] \quad \Delta t_i(t) = T_i^2(t) - T_i^1(t)$$

[0094]  $T_i^1(t) = f_5' \Theta_i'(t)$

[0095]  $T_i^2(t) = f_5' \Theta_i(t)$

[0096] 其中,  $\Theta_i'(t)$  为t时刻第i个灵巧手手指的手势信息,  $\Theta_i(t)$  为t时刻第i个人手手指的手势信息;  $f_5'$  为灵巧手手指的弯曲角度与驱动时间之间的映射关系;  $T_i^1(t)$  为t时刻第i个灵巧手手指的驱动总时间,  $T_i^2(t)$  为t时刻第i个灵巧手手指的期望驱动总时间;  $\Delta t_i(t)$  为t时刻第i个灵巧手手指的动作时间;  $\Delta t_i(t) > 0$  时灵巧手动作方向为继续弯曲,  $\Delta t_i(t) < 0$  时灵巧手动作方向为反向伸展。

[0097] 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, 仅以上述各功能单元、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, 即将终端设备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。实施例中的各功能单元、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, 各功能单元、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。上述装置中单元、模块的具体工作过程, 可以参考前述方法实施例中的对应过程, 在此不再赘述。

[0098] 图6是本发明一实施例提供的终端设备的示意框图。如图6所示, 该实施例的终端设备4包括: 一个或多个处理器40、存储器41以及存储在存储器41中并可在处理器40上运行的计算机程序42。处理器40执行计算机程序42时实现上述各个主从式灵巧手跟随方法实施例中的步骤, 例如图1所示的步骤S101至S104。或者, 处理器40执行计算机程序42时实现上述主从式灵巧手跟随装置实施例中各模块/单元的功能, 例如图5所示模块31至34的功能。

[0099] 示例性地, 计算机程序42可以被分割成一个或多个模块/单元, 一个或者多个模块/单元被存储在存储器41中, 并由处理器40执行, 以完成本申请。一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段, 该指令段用于描述计算机程序42在终端设备4中的执行过程。例如, 计算机程序42可以被分割成第一手势信息确定模块31、第二手势信息确定模块32、跟随信息确定模块33及跟随模块34。

[0100] 第一手势信息确定模块31, 用于对于灵巧手上的各个灵巧手手指: 实时获取角度传感器检测得到的当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征; 根据当前时刻该灵巧手手指的第一弯曲角度特征, 确定当前时刻该灵巧手手指的手势信息; 其中, 角度传感器设置在该灵巧手手指的近端指关节处;

[0101] 第二手势信息确定模块32, 用于对于人手上的各个人手手指: 实时获取旋转角度传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、第一弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及第二弯曲传感器检测得到的当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征; 根据当前时刻该人手手指的第二弯曲角度特征、当前时刻该人手手指的第三弯曲角度特征及当前时刻该人手手指的第四弯曲角度特征, 确定当前时刻该人手手指的手势信息; 其中, 第一弯曲传感器设置在该人手手指的指背侧, 第二弯曲传感器设置在该人手手指的指腹侧, 旋转角度传感器设置在该人手手指的指掌关节处;

[0102] 跟随信息确定模块33, 用于根据当前时刻各个人手手指的手势信息及当前时刻各个灵巧手手指的手势信息, 分别确定当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间;

[0103] 跟随模块34, 用于根据当前时刻各个灵巧手手指的动作方向及动作时间, 分别驱

动对应的灵巧手手指对人手手指进行跟随。其它模块或者单元在此不再赘述。

[0104] 终端设备4包括但不限于处理器40、存储器41。本领域技术人员可以理解,图6仅仅是终端设备的一个示例,并不构成对终端设备4的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如终端设备4还可以包括输入设备、输出设备、网络接入设备、总线等。

[0105] 处理器40可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0106] 存储器41可以是终端设备的内部存储单元,例如终端设备的硬盘或内存。存储器41也可以是终端设备的外部存储设备,例如终端设备上配备的插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)等。进一步地,存储器41还可以既包括终端设备的内部存储单元也包括外部存储设备。存储器41用于存储计算机程序42以及终端设备所需的其他程序和数据。存储器41还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

[0107] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中未详述或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0108] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中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、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。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。

[0109] 在本申请所提供的实施例中,应该理解到,所揭露的终端设备和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的终端设备实施例仅仅是示意性的,例如,模块或单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通讯连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通讯连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0110] 作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0111] 另外,在本申请各个实施例中的各功能单元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。

[0112] 集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读存储介质中。基于这样的理解,本申请实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,的计算机程序

可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,计算机程序包括计算机程序代码,计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。计算机可读介质可以包括:能够携带计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是,计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减,例如在某些司法管辖区,根据立法和专利实践,计算机可读介质不包括是电载波信号和电信信号。

[0113] 以上实施例仅用以说明本申请的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明,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申请各实施例技术方案的精神和范围,均应包含在本申请的保护范围之内。

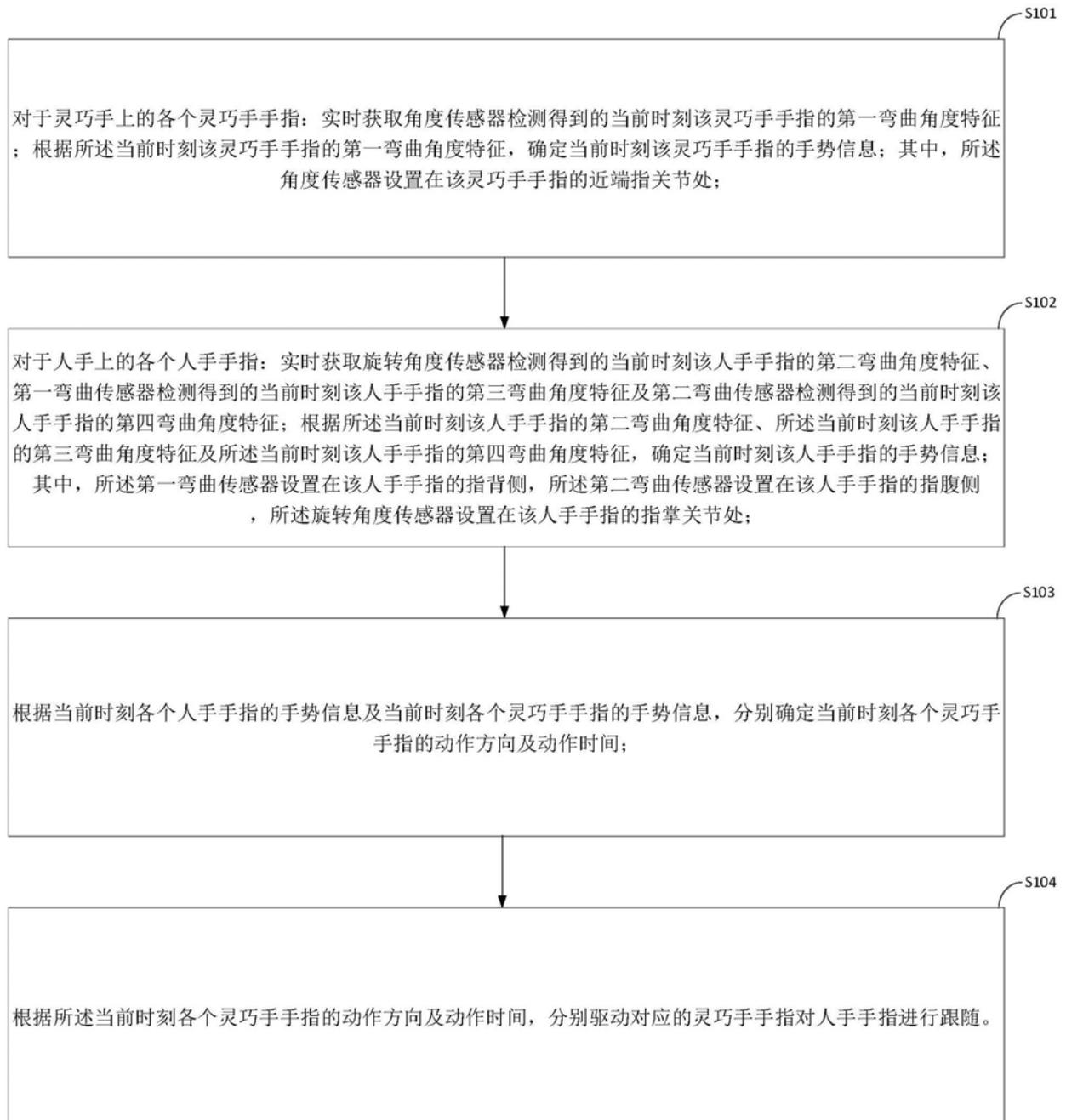


图1

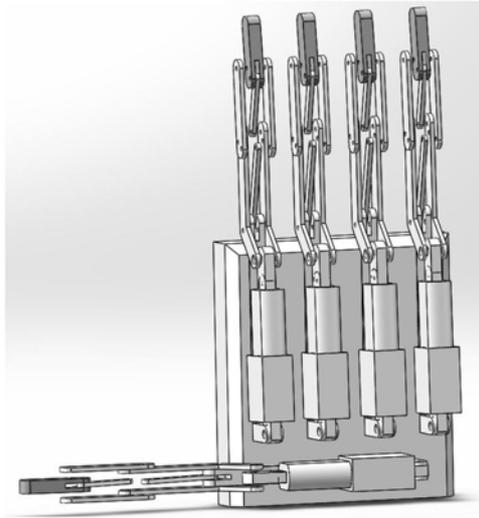


图2

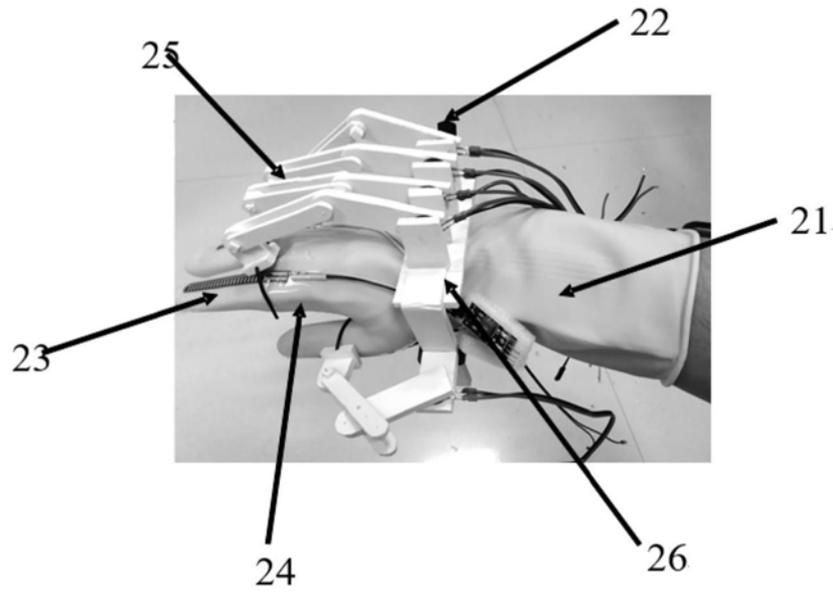


图3

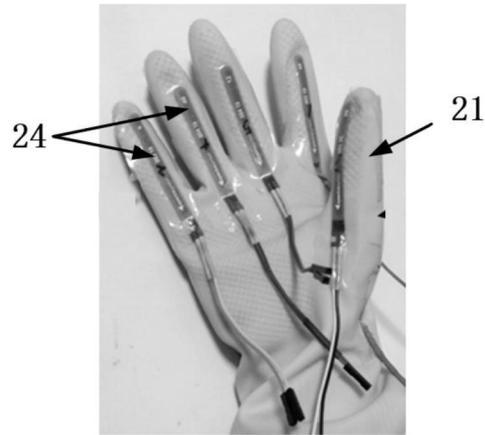


图4

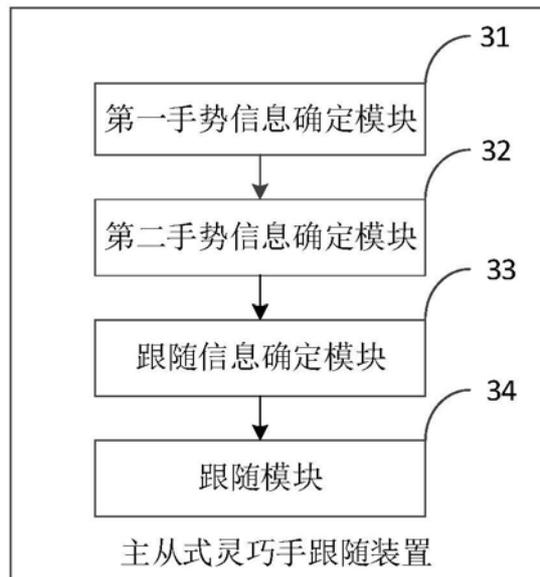


图5

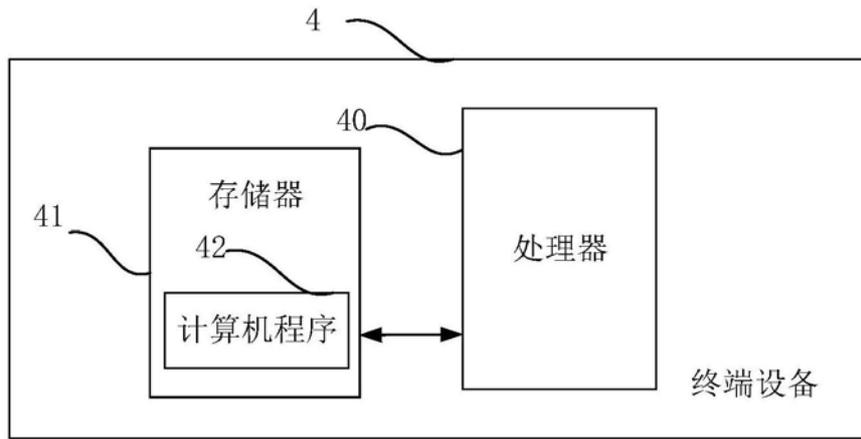


图6