



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115139292 B

(45) 授权公告日 2024.08.20

(21) 申请号 202110346871.9

B25J 13/08 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.31

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 106527738 A, 2017.03.22

申请公布号 CN 115139292 A

CN 109202942 A, 2019.01.15

(43) 申请公布日 2022.10.04

审查员 李文博

(73) 专利权人 腾讯科技(深圳)有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区高新区

科技中一路腾讯大厦35层

(72) 发明人 黄碧丹

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

专利代理师 王娟

(51) Int. Cl.

B25J 9/16 (2006.01)

B25J 13/00 (2006.01)

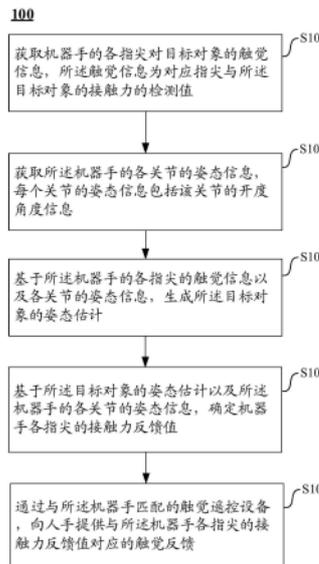
权利要求书3页 说明书24页 附图15页

(54) 发明名称

具有手感增强的机器人遥控方法、系统、设备及介质

(57) 摘要

公开了一种具有手感增强的机器人遥控方法、系统、设备及介质,该机器人遥控方法包括:获取机器人各指尖对目标对象的触觉信息,触觉信息为对应指尖与所述目标对象的接触力的检测值;获取机器人各关节的姿态信息,每个关节的姿态信息包括该关节的开度角度信息;基于机器人各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象的姿态估计;基于所述目标对象的姿态估计以及所述机器人各关节的姿态信息,确定机器人各指尖的接触力;通过与所述机器人匹配的触觉遥控设备,向人手提供与所述机器人各指尖的接触力对应的触觉反馈。



1. 一种具有手感增强的机器人遥控方法,包括:

获取机器人各指尖对目标对象的触觉信息,所述触觉信息为对应指尖与所述目标对象的接触力的检测值;

获取所述机器人各关节的姿态信息,每个关节的姿态信息包括该关节的开度角度信息;

基于所述机器人各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象姿态估计;

基于所述目标对象姿态估计以及所述机器人各关节的姿态信息,确定机器人各指尖的接触力反馈值;以及

通过与所述机器人匹配的触觉遥控设备,向人手提供与所述机器人各指尖的接触力反馈值对应的触觉反馈。

2. 如权利要求1所述的机器人遥控方法,其中,基于所述机器人各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象姿态估计包括:

基于机器人握持姿态模型,根据各指尖的触觉信息及各关节的姿态信息生成所述目标对象姿态预测数据;

基于各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,确定所述目标对象姿态预测数据属于机器人握持姿态模型的分布概率,其中,所述机器人握持姿态模型为非线性模型;

将所确定的分布概率与预设概率阈值相比较,基于比较结果确定所述目标对象姿态估计。

3. 如权利要求2所述的机器人遥控方法,其中,所述机器人握持姿态模型为高斯混合模型,其包括多个高斯分布模型,其中,确定所述目标对象姿态预测数据属于机器人握持姿态模型的分布概率包括:

对该高斯混合模型中的每一个高斯分布模型,确定该目标对象姿态预测数据属于该高斯分布模型的高斯分布概率;

将该目标对象姿态预测数据属于各高斯分布模型的高斯分布概率加权求和,生成该目标对象姿态预测数据属于机器人握持姿态模型的分布概率。

4. 如权利要求2所述的机器人遥控方法,其中,所述将所确定的分布概率与预设概率阈值相比较,基于比较结果确定所述目标对象姿态估计包括:

在所确定的分布概率大于该预设概率阈值的情况下,将当前时刻的目标对象姿态预测数据确定为当前时刻的目标对象姿态估计;在所确定的分布概率小于或等于该预设概率阈值的情况下,将当前时刻的前一时刻的目标对象姿态估计确定为当前时刻的目标对象姿态估计。

5. 如权利要求1所述的机器人遥控方法,其中,所述各关节的姿态信息包括机器人拇指、食指、中指中多个关节的开度角度信息,所述目标对象姿态估计包括该目标对象位置数据及欧拉角数据。

6. 如权利要求1所述的机器人遥控方法,其中,所述机器人握持姿态模型经由如下步骤进行训练:

在目标对象上设置视觉跟踪标记,并在机器人指尖设置触觉传感器;

操纵机器人调整目标对象姿态,其中,在该目标对象姿态调整过程中记录各机器

手关节的姿态信息与触觉传感器获取的机器人各指尖对目标对象的触觉信息,以生成多个训练数据,其中每个训练数据包括各关节的姿态信息及对应的机器人的各指尖对目标对象的触觉信息;

对该目标进行视觉跟踪处理,生成该目标对象的多个训练数据中每一个训练数据所对应的标准目标姿态数据;

对所述多个训练数据中每一个训练数据,

利用机器人握持姿态模型,基于该训练数据生成目标对象的姿态预测数据;

基于该目标对象的姿态预测数据及标准目标姿态数据,生成损失函数;

基于该损失函数,对所述机器人握持姿态模型进行训练。

7.如权利要求6所述的机器人遥控方法,其中,通过训练所述机器人握持姿态模型,使得所述目标对象的姿态预测数据与标准目标姿态数据的误差小于预设误差阈值。

8.如权利要求1所述的机器人遥控方法,其中,基于所述目标对象的姿态估计以及所述机器人的各关节的姿态信息,确定机器人各指尖的接触力反馈值包括:

基于该目标对象的姿态估计及机器人的各关节的姿态信息,确定目标接触状态;

基于该目标接触状态及该目标对象的物理属性数据,确定机器人各指尖的接触力反馈值。

9.如权利要求8所述的机器人遥控方法,其中,所述目标接触状态包括:未接触、开始接触、持续接触、接触结束。

10.如权利要求1所述的机器人遥控方法,其中,确定机器人各指尖的接触力反馈值还包括:

基于该目标对象的姿态估计及机器人的各关节的姿态信息,生成该目标对象及机器人的虚拟视图,并将该虚拟视图发送至用户。

11.如权利要求1所述的机器人遥控方法,其中,所述方法还包括预校准步骤,该预校准步骤包括:

在执行遥控动作的人手执行预设手部动作的情况下,采集该机器人的关节数据及执行遥控动作的人手的关节数据;

基于该机器人的关节数据及用户手部的关节数据,确定该机器人的关节与执行遥控动作的人手的关节的映射关系;以及

在所述映射关系满足预定条件的情况下,将该映射关系作为机器手与人手的目标映射关系;在所述映射关系不满足预定条件的情况下,调整所述映射关系中机器手与人手的映射比例参数,并将调整后的映射关系作为目标映射关系。

12.如权利要求11所述的机器人遥控方法,其中,该预设手部动作包括手部张开极限位动作及手部握合极限位动作。

13.如权利要求1所述的机器人遥控方法,其中,所述触觉遥控设备被配置为获取人手姿态信息,并基于所述人手姿态信息生成用于该机器人的姿态控制信号。

14.一种具有手感增强的机器人遥控系统,包括能够彼此通信的从端及主端,且其中,

该从端包括:

机器人;

触觉数据获取装置,其设置在该机器人的各指尖处,并被配置为获取机器人的各指尖

对目标对象的触觉信息,所述触觉信息为对应指尖与所述目标对象的接触力的检测值;

关节姿态信息获取装置,其被配置为获取所述机器手的各关节的姿态信息,每个关节的姿态信息包括该关节的开度角度信息;

目标对象姿态估计装置,其被配置为基于所述机器手的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象姿态估计;

从端数据传输装置,其被配置为将该目标对象姿态估计及所述机器手的各关节的姿态信息发送至该主端;

该主端包括:

触觉力计算装置,其被配置为基于所述目标对象姿态估计以及所述机器手的各关节的姿态信息,确定机器手各指尖的接触力反馈值;

触觉反馈生成装置,其与所述机器手相匹配,并被配置为向人手提供与所述机器手各指尖的接触力反馈值对应的触觉反馈。

15. 如权利要求14所述的机器手遥控系统,其中所述主端还包括设置在用户头部处的视觉反馈装置,该视觉反馈装置被配置为基于该目标对象姿态估计及机器手的各关节的姿态信息,生成该目标对象及机器手的虚拟视图,并将该虚拟视图显示。

16. 一种具有手感增强的机器手遥控设备,其中所述机器手遥控设备包括处理器和存储器,所述存储器包含一组指令,所述一组指令在由所述处理器执行时使所述机器手遥控设备执行操作,所述操作包括:

获取机器手的各指尖对目标对象的触觉信息,所述触觉信息为对应指尖与所述目标对象的接触力的检测值;

获取所述机器手的各关节的姿态信息,每个关节的姿态信息包括该关节的开度角度信息;

基于所述机器手的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象姿态估计;

基于所述目标对象姿态估计以及所述机器手的各关节的姿态信息,确定机器手各指尖的接触力反馈值;以及

通过与所述机器手匹配的触觉遥控设备,向人手提供与所述机器手各指尖的接触力反馈值对应的触觉反馈。

17. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,其上存储有计算机可读的指令,当利用计算机执行所述指令时执行上述权利要求1-13中任意一项所述的方法。

具有手感增强的机器人遥控方法、系统、设备及介质

技术领域

[0001] 本公开涉及智能控制领域,更具体地涉及一种具有手感增强的机器人遥控方法、系统、设备及计算机可读存储介质。

背景技术

[0002] 随着智能控制在民用和商用领域的广泛应用,机器人遥控系统及方法在自动控制及人机交互中具有重要作用,也面临着更高的要求。

[0003] 目前在进行远程控制,例如机器人遥控时,通常依赖于视觉信息来操作机器人执行相应的行为动作,并通过在机器人指尖直接设置的触觉传感器来感测机器人的触觉信息(例如机器人与目标对象间的接触力信息),用户基于该视觉信息及触觉信息实现对机器人操作过程的判断并对其进行进一步操纵。然而,一方面,由于感测噪声的存在,触觉传感器直接测量得到的触觉信息具有较低的精确度及可靠性;另一方面,传感器在感测及传输时可能受到环境限制存在接触不良或通信延迟的情况,从而导致数据缺失或数据突变,这可能会对用户手部造成伤害,并造成用户对机器人与目标接触状态的误判,从而无法实现正确控制操作。

[0004] 因此,需要一种在实现对机器人的触觉信息的感测的前提下,能够向用户提供良好的触觉反馈,且该触觉反馈具有较高的准确率及实时性的机器人遥控方法,且该方法具有较高的可靠性及鲁棒性。

发明内容

[0005] 针对以上问题,本公开提供了一种具有手感增强的机器人遥控方法、系统、设备及计算机可读存储介质。利用本公开提供的机器人遥控方法可以在实现对机器人的触觉信息的感测的前提下,向用户提供良好的触觉反馈,且该触觉反馈具有较高的准确率及实时性的机器人遥控方法,且该方法具有较高的可靠性及鲁棒性。

[0006] 根据本公开的一方面,提出了一种具有手感增强的机器人遥控方法,包括:获取机器人的各指尖对目标对象的触觉信息,所述触觉信息为对应指尖与所述目标对象的接触力的检测值;获取所述机器人的各关节的姿态信息,每个关节的姿态信息包括该关节的开度角度信息;基于所述机器人的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象的姿态估计;基于所述目标对象的姿态估计以及所述机器人的各关节的姿态信息,确定机器人各指尖的接触力反馈值;以及通过与所述机器人匹配的触觉遥控设备,向人手提供与所述机器人各指尖的接触力反馈值对应的触觉反馈。

[0007] 在一些实施例中,基于所述机器人的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象的姿态估计包括:基于机器人握持姿态模型,根据各指尖的触觉信息及各关节的姿态信息生成所述目标对象的姿态预测数据;基于各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,确定所述目标对象的姿态预测数据属于机器人握持姿态模型的分布概率,其中,所述机器人握持姿态模型为非线性模型;将所确定的分布概率与预设概率阈值相比较,

基于比较结果确定所述目标对象的姿态估计。

[0008] 在一些实施例中,所述将所确定的分布概率与预设概率阈值相比较,基于比较结果确定所述目标对象的姿态估计包括:在所确定的分布概率大于该预设概率阈值的情况下,将当前时刻的目标对象的姿态预测数据确定为当前时刻的目标对象的姿态估计。在所确定的分布概率小于或等于该预设概率阈值的情况下,将当前时刻的前一时刻的目标对象的姿态估计确定为当前时刻的目标对象的姿态估计。

[0009] 在一些实施例中,所述机器手握持姿态模型为高斯混合模型,其包括多个高斯分布模型,其中,确定所述目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率包括:对该高斯混合模型中的每一个高斯分布模型,确定该目标对象的姿态预测数据属于该高斯分布模型的高斯分布概率;将该目标对象的姿态预测数据属于各高斯分布模型的高斯分布概率加权求和,生成该目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率。

[0010] 在一些实施例中,所述各关节的姿态信息包括机器手的拇指、食指、中指中多个关节的开度角度信息,所述目标对象的姿态估计包括该目标对象的位置数据及欧拉角数据。

[0011] 在一些实施例中,所述机器手握持姿态模型经由如下步骤进行训练:在目标对象上设置视觉跟踪标记,并在机器手的指尖设置触觉传感器;操纵机器手调整目标对象的姿态,其中,在该目标对象的姿态调整过程中记录各机器手关节的姿态信息与触觉传感器获取的机器手各指尖对目标对象的触觉信息,以生成多个训练数据,其中每个训练数据包括各关节的姿态信息及对应的机器手的各指尖对目标对象的触觉信息;对该目标进行视觉跟踪处理,生成该目标对象的多个训练数据中每一个训练数据所对应的标准目标姿态数据;对所述多个训练数据中每一个训练数据,利用机器手握持姿态模型,基于该训练数据生成目标对象的姿态预测数据;基于该目标对象的姿态预测数据及标准目标姿态数据,生成损失函数;基于该损失函数,对所述机器手握持姿态模型进行训练。

[0012] 在一些实施例中,通过训练所述机器手握持姿态模型,使得所述目标对象的姿态预测数据与标准目标姿态数据的误差小于预设误差阈值。

[0013] 在一些实施例中,基于所述目标对象的姿态估计以及所述机器手的各关节的姿态信息,确定机器手各指尖的接触力反馈值包括:基于该目标对象的姿态估计及机器手的各关节的姿态信息,确定目标接触状态;基于该目标接触状态及该目标对象的物理属性数据,确定机器手各指尖的接触力反馈值。

[0014] 在一些实施例中,所述目标接触状态包括:未接触、开始接触、持续接触、接触结束。

[0015] 在一些实施例中,确定机器手各指尖的接触力反馈值还包括:基于该目标对象的姿态估计及机器手的各关节的姿态信息,生成该目标对象及机器手的虚拟视图,并将该虚拟视图发送至用户。

[0016] 在一些实施例中,所述方法还包括预校准步骤,该预校准步骤包括:在执行遥控动作的人手执行预设手部动作的情况下,采集该机器手的关节数据及执行遥控动作人手的关节数据;基于该机器手的关节数据及用户手部的关节数据,确定该机器手的关节与执行遥控动作的人手的关节的映射关系;以及在所述映射关系满足预定条件的情况下,将该映射关系作为机器手与人手的目标映射关系;在所述映射关系不满足预定条件的情况下,调整

所述映射关系中机器手与人手的映射比例参数,并将调整后的映射关系作为目标映射关系。

[0017] 在一些实施例中,该预设手部动作包括手部张开极限位动作及手部握合极限位动作。

[0018] 在一些实施例中,所述触觉遥控设备被配置为获取人手姿态信息,并基于所述人手姿态信息生成用于该机器手的姿态控制信号。

[0019] 根据本公开的另一方面,提出了一种具有手感增强的机器手遥控系统,包括能够彼此通信的从端及主端,且其中,该从端包括:机器手;触觉数据获取装置,其设置在该机器手的各指尖处,并被配置为获取机器手的各指尖对目标对象的触觉信息,所述触觉信息为对应指尖与所述目标对象的接触力的检测值;关节姿态信息获取装置,其被配置为获取所述机器手的各关节的姿态信息,每个关节的姿态信息包括该关节的开度角度信息;目标对象姿态估计装置,其被配置为基于所述机器手的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象姿态估计;从端数据传输装置,其被配置为将该目标对象姿态估计及所述机器手的各关节的姿态信息发送至该主端;该主端包括:触觉力计算装置,其被配置为基于所述目标对象姿态估计以及所述机器手的各关节的姿态信息,确定机器手各指尖的接触力反馈值;触觉反馈生成装置,其与所述机器手相匹配,并被配置为向人手提供与所述机器手各指尖的接触力反馈值对应的触觉反馈。

[0020] 在一些实施例中,所述主端还包括设置在用户头部处的视觉反馈装置,该视觉反馈装置被配置为基于该目标对象姿态估计及机器手的各关节的姿态信息,生成该目标对象及机器手的虚拟视图,并将该虚拟视图显示。

[0021] 在一些实施例中,所述设备包括处理器和存储器,所述存储器包含一组指令,所述一组指令在由所述处理器执行时使所述控制设备执行操作,所述操作包括:获取机器手的各指尖对目标对象的触觉信息,所述触觉信息为对应指尖与所述目标对象的接触力的检测值;获取所述机器手的各关节的姿态信息,每个关节的姿态信息包括该关节的开度角度信息;基于所述机器手的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象姿态估计;基于所述目标对象姿态估计以及所述机器手的各关节的姿态信息,确定机器手各指尖的接触力反馈值;以及通过与所述机器手匹配的触觉遥控设备,向人手提供与所述机器手各指尖的接触力反馈值对应的触觉反馈。

[0022] 根据本公开的另一方面,提出了一种计算机可读存储介质,其特征在于,其上存储有计算机可读的指令,当利用计算机执行所述指令时执行如前所述的方法。

[0023] 利用本公开提供的机器手遥控方法、系统、设备及介质,可以很好的完成对机器手的触觉信息(接触力信息)的感测,特别地,能够向用户提供良好的触觉反馈,且该触觉反馈具有较高的准确率及实时性的机器手遥控方法,且该方法具有较高的可靠性及鲁棒性。

附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案,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公开的一些实施例,对于本领域普通技术人员而言,在没有做出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。以下附图并未刻意按实际尺寸等比例缩放绘制,重点在于示出本公开的主旨。

- [0025] 图1A示出了机器人遥控过程的示意图；
- [0026] 图1B示出了一种基于视觉信息进行机器人遥控的过程的示意图；
- [0027] 图2A示出了根据本公开实施例的具有手感增强的机器人遥控方法100的示例性流程图；
- [0028] 图2B示出了根据本公开实施例的具有手感增强的机器人遥控方法的示意图；
- [0029] 图3示出了根据本公开实施例的生成所述目标对象的姿态估计的过程S102的示例性流程图；
- [0030] 图4示出了根据本公开实施例的确定所述目标对象的姿态预测数据属于机器人握持姿态模型的分布概率的过程S1022的示例性流程图；
- [0031] 图5A示出了根据本公开实施例的机器人握持姿态模型的训练过程200的示例性流程图；
- [0032] 图5B示出了根据本公开实施例的机器人握持姿态模型的训练中机器人及人手区域的示意图；
- [0033] 图5C示出了根据本公开实施例中用于训练过程的目标对象的示意图；
- [0034] 图5D示出了根据本公开实施例的机器人握持姿态训练过程的示意图；
- [0035] 图5E示出了应用根据本公开实施例的训练后的机器人握持姿态模型的误差直方图；
- [0036] 图6示出了根据本公开实施例的确定机器人各指尖的接触力反馈值的过程S103的示例性流程图；
- [0037] 图7A示出了根据本公开实施例的机器人预校准步骤300的示例性流程图；
- [0038] 图7B示出了根据本公开实施例的机器人预校准过程的示意图；
- [0039] 图7C示出了根据本公开实施例的机器人关节与人手关节的对应关系的示意图；
- [0040] 图8A示出了根据本公开实施例的机器人遥控方法控制机器人的示意图；
- [0041] 图8B示出了根据本公开的实施例的机器人遥控方法与传统机器人遥控方法时机器人指尖触觉传感器所检测到的触觉信号的比较图；
- [0042] 图9示出了根据本公开实施例的具有手感增强的机器人遥控系统500的示例性框图；
- [0043] 图10示出了根据本公开的实施例的具有手感增强的机器人遥控系统950的示例性流程图。

具体实施方式

[0044] 下面将结合附图对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显而易见地,所描述的实施例仅仅是本公开的部分实施例,而不是全部的实施例。基于本公开实施例,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,也属于本公开保护的范围。

[0045] 如本公开和权利要求书中所示,除非上下文明确提示例外情形,“一”、“一个”、“一种”和/或“该”等词并非特指单数,也可包括复数。一般说来,术语“包括”与“包含”仅提示包括已明确标识的步骤和元素,而这些步骤和元素不构成一个排它性的罗列,方法或者设备也可能包含其他的步骤或元素。

[0046] 虽然本公开对根据本公开的实施例的系统中的某些模块做出了各种引用,然而,任何数量的不同模块可以被使用并运行在用户终端和/或服务器上。所述模块仅是说明性的,并且所述系统和方法的不同方面可以使用不同模块。

[0047] 本公开中使用了流程图用来说明根据本公开的实施例的系统所执行的操作。应当理解的是,前面或下面操作不一定按照顺序来精确地执行。相反,根据需要,可以按照倒序或同时处理各种步骤。同时,也可以将其他操作添加到这些过程中,或从这些过程移除某一步或数步操作。

[0048] 人工智能(Artificial Intelligence, AI)是利用数字计算机或者数字计算机控制的机器模拟、延伸和扩展人的智能,感知环境、获取知识并使用知识获得最佳结果的理论、方法、技术及应用系统。换句话说,人工智能是计算机科学的一个综合技术,它企图了解智能的实质,并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器。人工智能也就是研究各种智能机器的设计原理与实现方法,使机器具有感知、推理与决策的功能。

[0049] 本公开涉及人工智能技术在智能控制方面,特别是人工智能技术在机器人手遥控过程中的具体应用,具体地,本公开提出了一种具有手感增强的机器人手遥控方法,通过利用模型基于触觉信息及机器人手的各关节的姿态信息构建目标对象姿态估计,并利用该目标对象姿态估计及机器人手的各关节的姿态信息共同确定机器人手各指尖的接触力反馈值,使得在机器人手遥控操作的过程中有效地过滤该触觉信息中的噪声,提高所生成的接触力反馈值的精确度,且能够实时灵活且动态地反馈机器人手所承受的接触力。

[0050] 应了解,本公开中所述的机器人手遥控方法,是指用于远程控制机器人手执行预定动作或完成预定操作的方法。本公开中所述的机器人手,是指用于执行具体操作的机器人部件,其例如为具有人体手部结构的机器人部件。

[0051] 参照图1A,其中示出了机器人手遥控过程的示意图。该机器人手例如能够被用户操纵执行相对于目标对象的特定动作或与目标对象进行交互,且该机器人手能够与用户进行双向通信,具体地,一方面,该机器人手能够经由用户端的远程控制设备由用户进行远程控制,以执行相应操作(例如执行与用户手部相同的动作)。另一方面,该机器人手也能够将其获取的检测信息(例如其指尖的接触信息)及自身数据信息(例如各关节的姿态信息)发送至用户端,以向用户实时反馈当前的操作执行状态。

[0052] 现有的机器人手遥控方法中,通常主要依赖于视觉信息来操作机器人手执行相应的行为动作。图1B示出了一种基于视觉信息进行机器人手遥控的过程的示意图,参照图1B,其中通过设置相机来获取该目标对象及机器人手的位置及姿态信息,且在机器人指尖直接设置有触觉传感器,其用于感测机器人指尖的触觉信息(例如机器人手与目标对象间的接触力信息),用户基于该视觉信息及触觉信息实现对机器人手操作过程的判断并对其进行进一步操纵。然而,一方面,由于感测噪声的存在,触觉传感器直接测量得到的触觉信息具有较低的精确度及可靠性;另一方面,传感器在感测及传输时可能受到环境限制存在接触不良或通信延迟的情况,从而导致数据缺失或数据突变,这可能会对用户手部造成伤害,并造成用户对机器人手与目标接触状态的误判,从而无法实现正确控制操作。

[0053] 基于上述,本公开中提出了一种具有手感增强的机器人手遥控方法。其中所述手感增强旨在表征该遥控方法能够增强机器人手传输至用户的触觉反馈的反馈精度及可靠性,以实时地、准确地反馈该机器人手与目标对象间的接触力。图2A示出了根据本公开实施例的具

有手感增强的机器人手遥控方法100的示例性流程图。图2B示出了根据本公开实施例的具有手感增强的机器人手遥控方法的示意图。接下来将参照图2A及图2B,对机器人手遥控的过程及步骤进行简要说明。

[0054] 首先,在步骤S101中,获取机器人手的各指尖对目标对象的触觉信息,触觉信息为对应指尖与所述目标对象的接触力的检测值。

[0055] 如前所述,所述机器人手是指用于执行具体操作的机器人部件,其例如为具有人体手部结构的机器人部件,且其具有多个手指子部件,每个手指子部件具有多个手指关节。应了解,本公开的实施例不受该机器人手的具体手部关节设置方式及其设置个数的限制。

[0056] 所述目标对象是指该机器人手在执行特定任务或动作时,与该机器人手进行交互的目标物。例如,当该机器人手被操作执行拿起木块的操作时,该木块即为目标对象。本公开的实施例不受该目标对象的类型及该特定任务的具体内容的限制。

[0057] 所述获取机器人手的各指尖对目标对象的触觉信息,是指获取机器人手用于执行任务的一个或多个手指与该目标对象进行交互时的触觉信息。例如,在一些实施例中,若仅采用机器人手的拇指、食指及中指执行特定任务,则可以仅采集该机器人手的拇指、食指及中指的指尖对目标对象的触觉信息。

[0058] 所述触觉信息是指在该机器人手的当前手部姿态下,目标对象与该机器人手的指尖之间的作用力的检测值,亦即指尖对所述目标对象的接触力的检测值。例如,该触觉信息例如可以经由设置在机器人手各手指指尖的一个或多个触觉传感器进行测量,或者也可以根据实际情况通过其他方式进行采集。本公开的实施例不受该机器人手各指尖的触觉信息的采集方式及其具体数值的限制。

[0059] 得到该触觉信息后,在步骤S102中,获取所述机器人手的各关节的姿态信息,每个关节的姿态信息包括该关节的开度角度信息。

[0060] 参照图2B,其中以灰色填充的方块示意性地示出了机器人手中的部分关节,所述各关节的姿态信息是指该机器人手各关节的姿势状态,其用于反映该机器人手当前自身所具有的姿态。

[0061] 例如,每个关节的姿态信息例如包括该关节的开度角度信息,所述开度角度信息是指相邻两个关节之间所形成的夹角的角度值,其用于表征该关节的开合程度。

[0062] 应了解,根据实际需要,该关节的开度角度信息还可以包括其他的数据内容,本公开的实施例不受该关节的姿态信息的具体组成的限制。

[0063] 应了解,上述步骤S101及S102例如可以按顺序执行,逆序执行,或者其也可以同时执行。本公开的实施例不受该步骤S101及S102的具体执行顺序的限制。

[0064] 得到机器人手的各指尖对目标对象的触觉信息及机器人手的各关节的姿态信息之后,在步骤S103中,基于所述机器人手的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象的姿态估计。

[0065] 所述目标对象的姿态估计,是指该目标对象的姿势状态的预测数据。该姿态估计例如可以包括对该目标对象的相对位置(相较于机器人手的位置)的估计,目标对象的姿态角度的估计,或者还可以包括对该目标对象的绝对位置(相较于三维直角坐标系的位置)的估计。应了解,本公开的实施例不受该目标对象的姿态估计的具体组成及其表达方式的限制。

[0066] 参照图2B,例如可以基于预训练的机器人手握持姿态模型来实现对该目标对象的姿

态估计,或者也可以基于预设的算法或方程组实现该姿态估计过程。

[0067] 得到目标对象的姿态估计后,在步骤S104中,基于所述目标对象的姿态估计以及所述机器手的各关节的姿态信息,确定机器手各指尖的接触力反馈值。

[0068] 参照图2B,例如可以基于虚拟现实系统中的仿真模型,基于该目标对象的姿态估计及该机器手各关节的姿态信息,对该目标对象及机器手进行仿真,得到该目标对象与该机器手的仿真视图,并由此确定二者的接触状态,基于该接触状态确定目标对象与该机器手的相互作用力,并进一步确定该机器手各指尖的接触力反馈值。

[0069] 确定机器手各指尖的接触力反馈值后,在步骤S105中,通过与所述机器手匹配的触觉遥控设备(即前述的远程控制设备),向人手提供与所述机器手各指尖的接触力反馈值对应的触觉反馈。

[0070] 所述触觉遥控设备,是指用于基于用户指示(例如用户手部姿态)实现对该机器手的远程控制,并能够将该机器手的触觉反馈或其他数据信息提供给用户,以实现双边遥操作的设备。根据实际需要,其例如可以为可穿戴触觉设备,例如外骨骼数据手套,或者也可以为其他的触觉设备,本公开的实施例不受该可穿戴触觉设备的具体类型及其组成的限制。

[0071] 例如,该触觉遥控设备例如为外骨骼数据手套,其具有对应于人手的手部结构并具有相应的关节部件,且设置在用户的手部外部,以使得该外骨骼手套的各关节与人手的相应关节相对应,则该触觉反馈的过程例如为:通过该外骨骼数据手套,将所确定的机器手各指尖的接触力反馈值施加至该外骨骼数据手套的相应手指指尖,进而经由该外骨骼数据手套将该接触力反馈值施加至用户的相应的手指指尖,使用户感知到当前机器手与目标对象的接触力(即提供触觉反馈),从而使得用户能够基于该触觉反馈实时且准确判断当前机器手与目标对象的交互状态,从而对该机器手的操作进行进一步地调整(例如通过调整用户的手部姿态,使得外骨骼数据手套记录新的手部姿态并将该姿态发送给机器手,以控制机器手进行相应姿态调整)。

[0072] 基于上述,本公开中,在进行机器手遥控的过程中,在检测机器手指尖处的触觉信息后,基于检测到的指尖触觉信息及机器手的各关节的姿态信息构建目标对象姿态估计,并综合该目标对象的姿态估计及机器手的各关节的姿态信息来共同确定机器手各指尖的接触力反馈值。相较于直接传输触觉传感器检测到的接触力信息,本公开的手感增强的机器手遥控方法通过基于目标对象姿态及机器手姿态确定接触力,能够有效地过滤该检测的触觉信息中的噪声,提高所生成的接触力反馈值的精确度,灵活且动态地反馈机器手所承受的触觉力,有效地避免由于传感器受到周围物理环境影响产生信号异常(例如信号突变产生接触力的检测值的异常峰值)时对用户手部的伤害,同时有效地避免了当传感器信号延迟或中断时对机器手操作状态产生误判从而导致进行错误控制的情况,增强了机器手遥控过程中机器手对用户的触觉反馈的精度及可靠性,优化了该触觉反馈的人机交互体验,实现了手感增强的机器手遥控过程。

[0073] 在一些实施例中,上述基于所述机器手的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象的姿态估计的过程S102例如可以更具地描述。图3示出了根据本公开实施例的生成所述目标对象的姿态估计的过程S102的示例性流程图。

[0074] 参照图3,首先,在步骤S1021中,基于机器手握持姿态模型,根据各指尖的触觉信

息及各关节的姿态信息生成所述目标对象姿态预测数据。

[0075] 应了解, 在一些实施例中, 该机器手握持姿态模型例如可以包括多个机器手握持姿态子模型, 各机器手握持姿态子模型分别对应于不同类型的目标对象。则此时, 例如可以首先基于该目标对象的类型, 在该机器手握持姿态模型中确定与该目标对象相对应的握持姿态子模型。在一些实施例中, 该机器手握持姿态模型也可以为用于当前的目标对象的单个模型。应了解, 上述仅给出了机器手握持姿态模型的组成示例。本公开的实施例不受该机器手握持姿态模型的具体组成的限制。

[0076] 所述机器手握持姿态模型为预训练的模型, 该模型能够良好地描述机器手的指尖触觉信息、关节姿态信息与目标对象姿态的对应关系, 因此利用该模型能够基于机器手指尖触觉信息、关节姿态信息生成目标对象的姿态估计。

[0077] 根据实际需要, 该机器手握持姿态模型例如可以为非线性模型, 例如高斯混合模型, 此时能够基于该高斯混合模型中的高斯混合回归函数来计算该目标对象的姿态预测数据。

[0078] 所述目标对象的姿态预测数据是指对该目标对象的姿势位置的预测值, 其例如可以包括目标对象的空间位置坐标 (例如在绝对坐标系下的绝对坐标, 或在相对坐标系下的相对坐标)、目标对象的姿态角数据 (例如欧拉角数据) 等。

[0079] 得到目标对象的姿态预测数据后, 在步骤S1022中, 基于各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息, 确定所述目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率, 其中, 所述机器手握持姿态模型为非线性模型。

[0080] 所述目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率是指, 计算所得到的目标对象的姿态预测数据属于该机器手握持姿态模型的概率值, 其用于表示所计算得到的目标对象的姿态预测数据的置信度。

[0081] 例如, 若该机器手握持姿态模型为以指尖触觉信息、关节姿态信息与目标对象姿态为核心参数训练得到的高斯混合模型, 则例如可以将当前采集的触觉信息、各关节的姿态信息及计算得到的目标对象的姿态预测数据代入至该高斯混合模型中, 计算当前目标对象的姿态预测数据在该高斯混合模型中的高斯分布概率。

[0082] 计算得到该分布概率后, 在步骤S1023中, 将所确定的分布概率与预设概率阈值相比较, 基于比较结果确定所述目标对象的姿态估计。

[0083] 所述预设概率阈值是指预先设定的分布概率的下限值, 其用于对计算得到的目标对象的姿态预测数据进行有效性判断, 并基于该有效性判断来确定目标对象的姿态估计。

[0084] 该预设概率阈值例如能够基于实际情况进行设置, 例如设置为0.5, 或者也可以设置为0.7。本公开的实施例不受该预设概率阈值的具体数值的限制。

[0085] 例如, 上述将分布概率与预设概率阈值相比较并确定目标对象的姿态估计的过程可以更具体地描述。例如设置预设概率阈值为0.6, 则若当前计算得到的目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率为0.8, 其大于该预设概率阈值, 则判断当前所计算得到的目标对象的姿态预测数据为有效数据, 并将该目标对象的预测估计数据确定为目标对象的姿态估计。例如, 若计算得到的目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率为0.4, 其小于该预设概率阈值, 则表明该计算得到的目标对象的姿态预测数据的置信度较低, 将其判断为无效数据 (无效目标姿态), 并且不将该预测数据确定为目

标对象的姿态估计。此时例如可以仍沿用目标对象在前一刻的姿态估计值作为当前时刻的姿态估计值,或者也可以将该目标对象姿态估计值设定为系统中的预设姿态值。

[0086] 基于上述,本公开中,在基于机器手的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息对目标对象的姿态估计的过程中,通过利用预训练的机器手握姿态模型来根据各指尖的触觉信息及各关节的姿态信息生成目标对象的姿态预测数据,求取该目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率,并将该分布概率与该预设概率阈值相比较来确定所述目标对象的姿态估计,使得能够根据当前的触觉信息及机器手的关节姿态信息实时且精确地对该目标对象的姿态进行估计,有利于后续基于该目标对象的姿态求取机器手指尖的接触力反馈值,从而能够提高该机器手遥控系统的触觉反馈精度及可靠性。

[0087] 在一些实施例中,例如在机器手的工作过程的每个时刻,根据前述过程S102获取该时刻下该机器手的各指尖的触觉信息及所述机器手的各关节的姿态信息并由此确定该时刻下的目标对象姿态估计。则对于当前时刻,在计算得到该时刻下目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率(步骤S1022)后,将所确定的分布概率与预设概率阈值相比较并基于比较结果确定所述目标对象的姿态估计的步骤S1023可更具体地包括:在所确定的分布概率大于该预设概率阈值的情况下,将当前时刻的目标对象的姿态预测数据确定为当前时刻的目标对象的姿态估计。在所确定的分布概率小于或等于该预设概率阈值的情况下,将当前时刻的前一时刻的目标对象的姿态估计确定为当前时刻的目标对象的姿态估计。

[0088] 基于上述,本申请中,通过在分布概率大于预设阈值(即当前姿态预测数据的置信度较高)的情况下,将当前时刻的预测数据确定为当前时刻的目标对象的姿态估计;且在分布概率小于或等于预设阈值(即当前姿态预测数据的置信度较低)的情况下,令当前时刻的目标对象的姿态估计延续当前时刻的前一时刻的目标对象的姿态估计,使得能够良好地基于所计算的分布概率确定当前预测数据的置信度,并灵活地基于预测数据的置信度来确定最佳的目标对象的姿态估计,有利于提高目标对象的姿态估计的可靠性及精确度。

[0089] 在一些实施例中,所述机器手握持姿态模型为高斯混合模型。所述高斯混合模型(Gaussian Mixture Models)是指由多个高斯分布模型的混合(即叠加)所形成的模型,其包括多个高斯分布模型,且各个高斯分布模型相互独立。应了解,本公开的实施例不受该高斯混合模型中所包括的具体高斯分布模型的个数的限制。

[0090] 所述高斯分布模型就是用高斯概率密度函数(正态分布曲线)精确地量化的事物,将一个事物分解为若干的基于高斯概率密度函数(正态分布曲线)形成的模型。高斯分布模型的具体模型结构主要由高斯分布模型的方差和均值等参数决定。基于此,例如可以通过在预训练中利用训练数据对机器手握持姿态模型中各个高斯分布模型的均值、方差等参数进行调试,使得所生成的机器手握持姿态模型(高斯混合模型)能够良好地描述机器手的指尖触觉信息、关节姿态信息与目标对象姿态的对应关系,训练得到的高斯分布模型的表达式例如为如下公式1)所示出的。

$$[0091] \quad p(h, j, t | G) = \sum_{m=1}^M \gamma_m p_m(h, j, t | \mu_m, \Sigma_m) \quad 1)$$

[0092] 其中,(h, j, t)为特定时刻下,由机器手的各关节的姿态信息j、机器手的各指尖的触觉信息t及目标对象的姿态数据h所组成的机器手与目标对象的数据关系集;p(h, j, t | G)

为该数据关系集 (h, j, t) 属于该高斯混合模型G的分布概率。M为该高斯混合模型中所包括的高斯分布模型的总个数, m为该高斯混合模型中第m个高斯分布模型, 其为大于等于1且小于等于M的正整数。γ_m表征第m个高斯分布模型的先验条件, 其为根据实际需要设定的数值; p_m(h, j, t | μ_m, Σ_m) 表征第m个高斯分布模型的相应的条件概率密度, 且其中, μ_m为第m个高斯分布模型的期望, Σ_m为第m个高斯分布模型的方差, 其二者的具体定义如下。

$$[0093] \quad \mu_m = \begin{pmatrix} \mu_{h,m} \\ \mu_{q,m} \end{pmatrix} \quad \Sigma_m = \begin{pmatrix} \Sigma_{hh,m} & \Sigma_{hq,m} \\ \Sigma_{qh,m} & \Sigma_{qq,m} \end{pmatrix} \quad 2)$$

[0094] 其中, μ_{h,m}为第m个高斯分布中h的期望值, μ_{q,m}为第m个高斯分布中q的期望值, 其中, q = {j, t}, j为前述机器手的各关节的姿态信息, t为机器手的各指尖的触觉信息。Σ_{hh,m}为第m个高斯分布中协方差矩阵中的hh子矩阵, Σ_{hq,m}为第m个高斯分布中协方差矩阵中的hq子矩阵, Σ_{qh,m}为第m个高斯分布中协方差矩阵中的qh子矩阵, Σ_{qq,m}为第m个高斯分布中协方差矩阵中的qq子矩阵。

[0095] 根据该训练后的高斯混合模型, 进一步地, 能够得到高斯混合模型的高斯混合回归函数 (Gaussian Mixture Regression) 的表达式。该表达式例如具有如下公式3) 的形式。

$$[0096] \quad \hat{\mu}_h = \sum_{m=1}^M \beta_m(\hat{q}) \hat{\mu}_{h,m} \hat{\Sigma}_{hh} \quad 3)$$

[0097] 其中, q̂为模型输入参数集合, 具体地, q̂ = {ĵ, t̂}, 其中 ĵ为当前机器手的各关节的姿态信息, 例如为机器手当前各关节的开度角度数据, 其例如可以为3维向量; t̂为当前机器手的各指尖的触觉信息, 例如当触觉信息机器手的拇指、食指、中指指尖触觉传感器检测得到的触觉信号数据值, 且每个指尖设置有12个触觉传感器 (即每个指尖采集到12个触觉信号数据值), 则 t̂例如可以为3行12列的矩阵形式。μ̂_h为基于该模型输入参数集合q̂计算得到的目标对象的姿态预测数据。M为该高斯混合模型中所包括的高斯分布模型的总个数, m为该高斯混合模型中第m个高斯分布模型, 且m为大于等于1且小于等于M的正整数。

[0098] 其中, Σ̂_{hh}例如具有如下公式4) 所示出的表达式:

$$[0099] \quad \hat{\Sigma}_{hh} = \sum_{m=1}^M \beta_m(\hat{q})^2 \hat{\Sigma}_{hh,m} \quad 4)$$

[0100] 且其中, 参数 β_m(q̂)、μ̂_{h,m}、Σ̂_{hh,m}的表达式分别如下:

$$[0101] \quad \hat{\mu}_{h,m} = \mu_{h,m} + \Sigma_{hq,m} (\Sigma_{qq,m})^{-1} (\hat{q} - \mu_{q,m}) \quad 5)$$

[0102] 其中, μ_{h,m}表征第m个高斯分布中h的期望值, Σ_{hq,m}表征第m个高斯分布中协方差矩阵中的hq子矩阵, Σ_{qq,m}表征第m个高斯分布中协方差矩阵中的qq子矩阵, μ_{q,m}表征第m个高斯分布中q的期望值。

$$[0103] \quad \hat{\Sigma}_{hh,m} = \Sigma_{hh,m} - \Sigma_{hq,m} (\Sigma_{qq,m})^{-1} \Sigma_{qh,m} \quad 6)$$

[0104] 其中, Σ_{hh,m}表征第m个高斯分布中协方差矩阵中的hh子矩阵, Σ_{hq,m}表征第m个高斯分布中协方差矩阵中的hq子矩阵, Σ_{qq,m}表征第m个高斯分布中协方差矩阵中的qq子矩阵,

$\Sigma_{qh,m}$ 表征第m个高斯分布中协方差矩阵中的qh子矩阵。

$$[0105] \quad \beta_m(\hat{q}) = \frac{\gamma_m p(\hat{q} | \mu_{q,m}, \Sigma_{qq,m})}{\sum_{m=1}^M \gamma_m p(\hat{q} | \mu_{q,m}, \Sigma_{qq,m})} \quad 7)$$

[0106] 其中, γ_m 表征第m个高斯分布模型的先验条件, 其为根据实际需要设定的数值, $p(\hat{q} | \mu_{q,m}, \Sigma_{qq,m})$ 表征第m个高斯分布模型的相应的条件概率密度, 且其中, $\mu_{q,m}$ 表征第m个高斯分布中q的期望值, $\Sigma_{qq,m}$ 表征第m个高斯分布中协方差矩阵中的qq子矩阵。

[0107] 在该机器手握持姿态模型为高斯混合模型的情况下, 确定所述目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率的过程S1022可以更具体地描述。图4示出了根据本公开实施例的确定所述目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率的过程S1022的示例性流程图。

[0108] 参照图4, 首先, 在步骤S1022-1中, 对该高斯混合模型中的每一个高斯分布模型, 确定该目标对象的姿态预测数据属于该高斯分布模型的高斯分布概率。

[0109] 得到该目标对象的姿态预测数据在各个高斯分布模型中的高斯分布概率后, 在步骤S1022-2中, 将该目标对象的姿态预测数据属于各高斯分布模型的高斯分布概率加权求和, 生成该目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率。

[0110] 应了解, 上述加权求和过程中, 对于各个高斯分布模型下的高斯概率分布所分配的权重值例如可以根据实际需要及实际执行的任务类型进行选取, 或者也可以为系统预先设置或用户预先设置的权重值。本公开的实施例不受该加权求和过程中为各个高斯概率所分配的具体权重数值的限制。

[0111] 例如, 当该机器手握持姿态模型为具有M个高斯分布模型的高斯混合模型时, 例如可以根据如下公式8) 来计算目标对象的姿态预测数据属于该机器手握持姿态模型的分布概率。

$$[0112] \quad p(\hat{\mu}_h, \hat{j}, \hat{t} | G) = \sum_{m=1}^M \gamma_m p_m(\hat{\mu}_h, \hat{j}, \hat{t} | \mu_m, \Sigma_m) \quad 8)$$

[0113] 其中, $(\hat{\mu}_h, \hat{j}, \hat{t})$ 为由当前机器手的各关节的姿态信息 \hat{j} 、当前机器手的各指尖的触觉信息 \hat{t} 及基于该模型计算得到的目标对象的姿态预测数据 $\hat{\mu}_h$ 所组成的机器手与目标对象的数据关系集; $p(\hat{\mu}_h, \hat{j}, \hat{t} | G)$ 为该数据关系集 $(\hat{\mu}_h, \hat{j}, \hat{t})$ 属于该高斯混合模型G的分布概率。 m 为该高斯混合模型中第m个高斯分布模型, 其为大于等于1且小于等于M的正整数。且其中, μ_m 为第m个高斯分布模型的期望, Σ_m 为第m个高斯分布模型的方差, 其二者的具体定义如前述公式2) 所示出的。

[0114] 基于上述, 一方面, 通过设置该机器手握持姿态模型为包括多个高斯分布模型的高斯混合模型, 能够基于所设置的高斯混合模型良好且准确地描述该机器手的关节姿态信息、指尖触觉信息及目标姿态之间的关系, 从而生成高精度的实时目标对象的姿态预测数据; 另一方面, 通过计算目标对象的姿态预测数据属于该高斯分布模型的高斯分布概率, 将目标对象的姿态预测数据属于各高斯分布模型的高斯分布概率加权求和来生成该目标对象的姿态预测数据属于机器手握持姿态模型的分布概率, 使得能够该预测数据在各个高斯

分布模型中的分布概率来判断其隶属与该高斯混合模型的概率,使得最终计算得到的分布概率的可靠性及精确度更好,有利于实现对该预测数据的置信度的良好判断。

[0115] 在一些实施例中,所述各关节的姿态信息包括机器手的拇指、食指、中指中多个关节的开度角度信息,所述目标对象姿态估计包括该目标对象的位置数据及欧拉角数据。

[0116] 例如,所述开度角度信息例如为基于对该机器手的相邻两个关节之间所形成的夹角进行检测所得到的角度测量值,用于表征该关节的开合程度。

[0117] 例如,所述欧拉角数据为该目标对象的俯仰角、偏航角、滚转角数据。所述位置数据例如为该目标对象相对于机器手的手部中心点的相对坐标位置。

[0118] 基于上述,通过设置该关节的姿态信息包括机器手的拇指、食指、中指中多个关节的开度角度信息,所述目标对象姿态估计包括该目标对象的位置数据及欧拉角数据,使得能够基于实际需要,更全面地描述该目标对象姿态及机器手的关节姿态,从而有利于提高后续基于该目标对象姿态估计及机器手的关节姿态信息生成的接触力反馈值的准确度。

[0119] 在一些实施例中,所述机器手握持姿态模型的训练过程例如可以更具体的描述。图5A示出了根据本公开实施例的机器手握持姿态模型的训练过程200的示例性流程图。图5B示出了根据本公开实施例的机器手握持姿态模型的训练中机器手及人手区域的示意图。图5D示出了根据本公开实施例的机器手握持姿态训练过程的示意图。

[0120] 参照图5A、5B及5D,首先,在步骤S201中,在目标对象上设置视觉跟踪标记,并在机器手的指尖设置触觉传感器。

[0121] 参照图5B,所述视觉跟踪标记是指用于实现视觉跟踪的标记点。该标记点可以被视觉跟踪设备识别,由此实现对该标记点的位置及姿态的跟踪。应了解,根据实际需要,可以在目标对象的不同位置上设置一个或多个标记点以实现对该目标对象的位置及姿态的视觉跟踪(图5B中将设置在目标对象上的视觉标记标识为白色填充方框)。本公开的实施例不受在该目标对象上设置的视觉跟踪标记的具体数目以及各视觉标记的具体设置位置的限制。

[0122] 应了解,在一些实施例中,还可以在机器手的手部区域(例如手部中心点或相应的任务手指关节及指尖)设置视觉跟踪标记,图5B中示出了设置在手指部的视觉跟踪标记,其例如以跟踪该机器手的具体部位在执行预定的操作任务过程中的姿态及位置变化。

[0123] 所述目标对象例如可以更具体的描述。在图5C示出了根据本公开实施例中用于训练过程的目标对象的示意图。根据图5C可以知道,该目标对象例如可以包括圆形瓶盖(a)、方块物体(b)及六角形物体(c),然而,应了解,根据实际需要,还可以在实际训练过程中利用其它形状及物理特性的目标对象进行训练。本公开的实施例不受所选取的目标对象的具体组成的限制。

[0124] 所述触觉传感器为用于检测相应指尖对所述目标对象的接触力的装置。根据实际需要,例如可以在机器手的每个指尖设置多个触觉传感器,例如设置12个触觉传感器,或者设置15个触觉传感器,本公开的实施例不受该触觉传感器在指尖的具体设置位置及其个数的限制。

[0125] 在步骤S202中,操纵机器手调整目标对象的姿态,其中,在该目标对象的姿态调整过程中记录各机器手关节的姿态信息与触觉传感器获取的机器手各指尖对目标对象的触

觉信息,以生成多个训练数据,其中每个训练数据包括各关节的姿态信息及对应的机器手的各指尖对目标对象的触觉信息。

[0126] 如前所述,操纵机器人调整目标姿态的过程例如为:用户通过自身的手部执行预设动作,经由设置在该用户手部处的触觉遥控设备采集该用户的人手姿态信息(例如人手各关节的姿态信息),并基于该人手姿态信息生成用于该机器人的姿态控制信号,实现对该机器人的遥控。

[0127] 所述机器人关节的姿态信息、机器人各指尖对目标对象的触觉信息的含义与先前所介绍的相同,在这里不再赘述。

[0128] 在步骤S203中,对该目标进行视觉跟踪处理,生成该目标对象的多个训练数据中每一个训练数据所对应的标准目标姿态数据。

[0129] 例如,在对该目标对象进行姿态调整的过程中,通过采用设置在机器人周围环境中的一个或多个视觉相机(例如立体相机)来跟踪设置在目标对象上的视觉跟踪标记,并基于跟踪所得到的轨迹信息进一步进行视觉处理,得到该目标对象的目标姿态数据,并将其作为标准目标姿态数据。且该标准目标姿态数据与该时刻下采集得到的机器人关节的姿态信息与触觉传感器获取的机器人各指尖对目标对象的触觉信息相对应。

[0130] 应了解,上述步骤S202及S203例如可以按顺序执行,逆序执行,或者其也可以同时执行。本公开的实施例不受该步骤S202及S203的具体执行顺序的限制。

[0131] 其后,在步骤S204中,对所述多个训练数据中每一个训练数据,利用机器人握持姿态模型,基于该训练数据生成目标对象的姿态预测数据。

[0132] 例如,当该机器人握持姿态模型为高斯混合模型时,例如可以基于前述公式3)来生成该目标对象的姿态预测数据。

[0133] 生成该目标对象的姿态预测数据后,在步骤S205中,对所述多个训练数据中每一个训练数据,基于该目标对象的姿态预测数据及标准目标姿态数据,生成损失函数。

[0134] 所述损失函数旨在表征该预测值与真实值之间的偏离程度。当该损失函数具有最小值时,旨在表征该预测值与真实值的偏离程度最小,即其二者的相似度最大。所述损失函数例如可以根据实际需要进行设计,本公开的实施例不受该损失函数的具体表现形式的限制。

[0135] 其后,在步骤S206中,基于该损失函数,对所述机器人握持姿态模型进行训练。

[0136] 例如,可以基于该损失函数对机器人握持姿态模型的参数量的取值进行调整,使得该损失函数取得最小值。在一些实施例中,当所述机器人握持姿态模型的为高斯混合模型时,可以根据损失函数对该高斯混合模型中的各个高斯分布模型的期望、方差、高斯先验条件参数进行调整,从而使得该高斯混合模型能够准确地反映出机器人的关节姿态信息、指尖触觉信息及目标姿态之间的关系。

[0137] 在一些实施例中,还将基于目标对象的姿态估计及机器人的各关节的姿态信息,生成该目标对象及机器人的虚拟视图,并将该虚拟视图发送至用户所佩戴的头戴式显示器。

[0138] 接下来将结合具体实施方式,对该训练过程及其效果进行更具体地的描述。

[0139] 例如,可以利用图5C中的三种目标对象(瓶盖(a)、方块物体(b)及六角形物体(c))对该机器人握持姿态模型进行训练,且该机器人握持姿态模型为如前所述的高斯混合模

型。则在训练过程中,首先对三种目标对象中的每一种,基于如前所述的方法进行训练,生成对应于每一种目标对象的机器手握持姿态模型具体训练步骤及过程如先前参照图5B及图5D所描述的训练步骤相对应,在此不再赘述。

[0140] 完成模型训练后,为了评估该训练后的机器手握持姿态模型的精确度,对于三种目标对象中每一种目标对象,对其进行1000次操纵控制,并利用该训练后的机器手握持姿态模型来根据机器手的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象基于触觉信息的姿态估计值。同时,也基于目标对象上设置视觉跟踪标记对该目标对象进行视觉跟踪处理,并基于该视觉跟踪处理生成该目标对象基于视觉信息的姿态估计值(此处将基于视觉信息的姿态估计值作为基准值)。其中该基于触觉信息的姿态估计值及该基于视觉信息的姿态估计值均包括该目标对象的位置估计值及姿态角(欧拉角)估计值。

[0141] 其后,计算该基于触觉信息的姿态估计值及该基于视觉信息的姿态估计值之间的误差,并生成误差直方图。图5E示出了应用根据本公开实施例的训练后的机器手握持姿态模型的误差直方图。

[0142] 图5E中包括三组直方图组(上下对应位置的直方图为一组直方图组),其分别表示目标对象为瓶盖(a)、方块物体(b)及六角形物体(c)的情况下,基于触觉信息的姿态估计值相对于该基于视觉信息的姿态估计值所具有的误差的分布状态。其中每一组直方图中位于上部的直方图表征基于触觉信息的目标对象的位置估计值相对于基于视觉信息的目标对象的位置估计值的误差,其中横坐标为距离单位(在此处例如为米),纵坐标为概率值,其表征在该1000次的姿态估计比较中,基于触觉信息的目标对象的位置估计值与基于视觉信息的目标对象的位置估计值具有特定误差值的概率;每一组直方图中位于下部的直方图表征基于触觉信息的目标对象的欧拉角估计值相对于基于视觉信息的目标对象的欧拉角估计值的误差,其中横坐标表征角度值,纵坐标为概率值,其表征在该1000次的姿态估计比较中,基于触觉信息的目标对象的欧拉角估计值与基于视觉信息的目标对象的欧拉角估计值具有特定误差值的概率。

[0143] 例如,以第一组直方图组为例,其示出了目标对象为瓶盖(a)时,在对目标对象的1000次姿态估计的情况下,基于触觉信息的姿态估计值相对于该基于视觉信息的姿态估计值所具有的误差的分布状态。且基于上部直方图可以看出,在该1000次姿态估计中,大部分情况下,基于触觉信息的目标对象的位置估计值与基于视觉信息的目标对象的位置估计值的误差小于2mm。且基于下部直方图可以看出,在该1000次姿态估计中的绝大多数情况下,基于触觉信息的目标对象的欧拉角估计值相对于基于视觉信息的目标对象的欧拉角估计值的误差为0。由此可知,训练后的机器手握持姿态传感器能够准确地反映出机器手的关节姿态信息、指尖触觉信息及目标对象的姿态之间的关系,并能够实现对该目标对象的高精度姿态估计。

[0144] 此外,综合该三个目标对象的三组直方图,可以看到利用触觉信息对三个对象的位置估计值的平均误差约1mm,对该三个对象的欧拉角的估计值的平均误差小于10度。结果表明,在视觉遮挡的情况下,通过应用本公开中所训练得到的机器手握持姿态模型,仍能够实现对该机器手操作过程中的物体姿态进行高精度、高可靠性的估计。

[0145] 基于上述,本公开中,通过在目标对象上设置视觉跟踪标记并进行视觉跟踪处理,将该视觉跟踪处理得到的目标对象的姿态信息作为标准目标姿态数据,并利用该标准目标

姿态数据与机器手握持姿态模型所生成的目标对象的姿态预测数据生成损失函数,经由损失函数对该机器手握持姿态模型进行训练,使得能够基于视觉跟踪得到的目标姿态精确地调节该机器手握持姿态模型内部的参数量,从而使得该训练后的机器手握持姿态模型能够准确地反映出机器手的关节姿态信息、指尖触觉信息及目标对象的姿态之间的关系,并根据机器手的关节姿态信息、指尖触觉信息实时准确地生成对应的目标对象的姿态估计。

[0146] 在一些实施例中,通过训练所述机器手握持姿态模型,使得所述目标对象的姿态预测数据与标准目标姿态数据的误差小于预设误差阈值。

[0147] 所述预设误差阈值表示目标对象的姿态预测数据与标准目标姿态数据的误差的最大边界值,其用于判断所训练的机器手握持姿态模型是否能够良好地描述机器手的关节姿态信息、指尖触觉信息及目标对象的姿态之间的关系。当该目标对象的姿态预测数据与标准目标姿态数据的误差小于预设误差阈值时,即表征该机器手握持姿态模型已经达到预期的训练标准。

[0148] 应了解,该预设误差阈值可以根据实际需要进行设置,本公开的实施例不受该预设误差阈值的具体数据值的限制。

[0149] 基于上述,本公开中,通过设置预设误差阈值,使得能够通过将所述目标对象的姿态预测数据与标准目标姿态数据的误差与该预设误差阈值的比较,明确且直观地了解当前训练过程是否达到预设标准。且该预设误差阈值还能够基于机器手的不同操作任务要求或用户的不同需求进行调整,从而灵活的调整所训练的机器手握持姿态模型的准确度及精确度。

[0150] 在一些实施例中,上述基于所述目标对象的姿态估计以及所述机器手的各关节的姿态信息,确定机器手各指尖的接触力反馈值的过程S103例如可以更具具体地描述。图6示出了根据本公开实施例的确定机器手各指尖的接触力反馈值的过程S103的示例性流程图。

[0151] 参照图6,首先,在步骤S1031中,基于该目标对象的姿态估计及机器手的各关节的姿态信息,确定目标接触状态。

[0152] 所述目标接触状态用于表征目标对象与机器手的接触程度。例如,可以基于该目标对象的姿态估计及机器手的各关节的姿态信息建立该目标对象与机器手的虚拟三维视图,从而基于该虚拟三维视图在多个预设的目标接触状态中确定目标对象与机器手的目标接触状态。

[0153] 应了解,可以设置多个预设的目标接触状态,例如未接触、已接触等。本公开的实施例不受所设定的目标接触状态的数目的限制。

[0154] 其后,在步骤S1032中,基于该目标接触状态及该目标对象的物理属性数据,确定机器手各指尖的接触力反馈值。

[0155] 所述目标对象的物理属性是指,该目标对象所具有的材料、结构、硬度、强度、刚度等物理方面的属性信息。本公开的实施例不受该物理属性的具体组成的限制。

[0156] 例如,根据目标接触状态与目标对象的物理属性确定各指尖的接触力反馈值的过程例如可以为:根据所确定的接触状态,如果产生了接触,则进一步计算二者之间相互作用力(接触力)的产生位置及接触力方向,并综合考虑该目标对象的物理属性及接触状态来确定该相互作用力(接触力反馈值)的数值大小。

[0157] 应了解,上述仅给出了一种确定指尖接触力反馈值的具体方式,根据实际情况,还

可以通过其他方式基于该目标接触状态及该目标对象的物理属性数据确定指尖接触力反馈值。

[0158] 基于上述,本公开中,在确定机器人各指尖的接触力反馈值的过程中,通过首先根据目标对象的姿态估计及机器人的各关节的姿态信息确定目标接触状态,其后再通过该目标接触状态与目标对象的物理属性数据共同确定机器人各指尖的接触力反馈值,使得在确定接触力反馈值的过程中,既考虑到了目标对象与机器人的动态交互状态,又考虑到了目标对象自身的结构材料等物理特性对于该接触力反馈值的影响,相较于仅将指尖采集的触觉信号作为接触力反馈值的情况,这将有利于提高该接触力反馈值的精确度及可靠性,例如,在所确定的目标接触状态相同的情况下,若该目标对象是由硬度较大的刚性材料制成的,则所确定的接触力反馈值较大;若该目标对象是由硬度较小的柔性材料制成的,则所确定的接触力反馈值较小,由此,能够实现动态灵活的接触力反馈值的生成。

[0159] 在一些实施例中,所述目标接触状态包括:未接触(NC)、开始接触(EC)、持续接触(SC)、接触结束(CE)。

[0160] 例如,未接触状态是指该目标对象与该机器人的各指尖均处于未接触的状态。开始接触状态是指该目标对象与该机器人的指尖从无接触状态突变成有接触。所述持续接触状态是指该目标对象与该机器人的指尖保持在接触状态中。所述接触结束状态是指该机器人与该目标对象在进行接触及相应操作后脱离接触状态的情况。

[0161] 应了解,上述状态的定义及描述仅为一种示例性方式。根据实际需要,还可以采用其他的方式表示及定义该接触状态。本公开的实施例不受各个接触状态的具体表征含义及表示的限制。

[0162] 基于上述,本公开中,通过设置多种接触状态,使得在机器人与目标对象处于多种不同的接触状态的情况下,均能对其进行良好判断及表示。从而有利于后续基于该接触状态及目标对象的物理属性数据准确地生成指尖的对应接触力反馈值。

[0163] 在一些实施例中,确定机器人各指尖的接触力反馈值还包括:基于该目标对象的姿态估计及机器人的各关节的姿态信息,生成该目标对象及机器人的虚拟视图,并将该虚拟视图发送至用户。

[0164] 例如可以经由虚拟现实系统中的仿真系统生成该目标对象及机器人的虚拟视图。或者也可以基于预设算法或系统生成该虚拟视图,本公开的实施例不受该虚拟视图的生成方式的限制。

[0165] 所述虚拟视图是指用于表现该机器人与该目标对象的相对位置及机器人与目标对象的姿态的视觉图像,其例如可以为该目标对象及该机器人的三维视图。

[0166] 所述虚拟视图例如可以经由佩戴在用户眼部的虚拟现实眼镜或头戴式显示器发送至用户,例如呈现在该虚拟现实眼镜的屏幕上以供用户查看。或者该虚拟视图也可以显示在显示屏或手机屏幕上以供用户查看。本公开的实施例不受该虚拟视图发送至用户的具体方式及其最终呈现方式的限制。

[0167] 基于上述,本公开中,在生成接触力反馈值的过程中,通过基于目标对象的姿态估计及机器人的各关节的姿态信息来生成该目标对象及机器人的虚拟视图,一方面,与通过相机(该相机位于特定位置点)所拍摄的视频图像相比较,本申请中能够根据实际需要,向用户提供多种视角下的目标对象与机器人的虚拟视图,且该虚拟视图不会出现由于相机的

视觉盲点或相机的拍摄画面被人手遮挡而导致视觉信息残缺的问题,从而能够全方位地反映出目标对象与机器手的位置关系。另一方面,相较于传输由相机实施拍摄的视频流数据,本申请中所传输的虚拟视图具有更小的数据量,从而能够显著地降低主机和从机之间的传输带宽,提高传输速度及可靠性。此外,该虚拟视图还提升了用户的人机交互体验,使得用户能够经由该视觉反馈与触觉反馈进行相互验证,进一步地提高了遥控过程的可靠性。

[0168] 在一些实施例中,该机器手遥控方法在获取机器手的各指尖对目标对象的触觉信息之前还包括对机器手预校准的步骤。图7A示出了根据本公开实施例的机器手预校准步骤300的示例性流程图。图7B示出了根据本公开实施例的机器手预校准过程的示意图。接下来将结合附图7A及7B对该预校准步骤进行更具体地说明。

[0169] 参照图7A,首先,在步骤S301中,在执行遥控动作的人手执行预设手部动作的情况下,采集该机器手的关节数据及执行遥控动作人手的关节数据。

[0170] 所述预设手部动作为用于实现机器手校准而设置的手部动作,该动作设计为用于确定机器手与人手相应关节位置及开度的映射比例关系。参照图7B,该动作例如可以包括手部的张开极限位和手部的闭合极限位,或者还可以根据实际需要包括其他手部姿态动作。本公开的实施例不受该预设手部动作的具体组成的限制。

[0171] 应了解,此处机器手的关节数据是指表征机器手的关节位置、关节设置方式、关节姿态等关节布局情况的数据。具体而言,其例如可以包括前述的各关节的姿态信息(例如关节开度角度),并且其还可以包括该机器手上关节的布置结构及其具体的主从关节关联关系等数据。应了解,本公开的实施例不受该关节数据的具体组成的限制。

[0172] 所述执行遥控动作的人手的关节数据是指表征人手的关节位置、关节设置方式、关节姿态等关节布局情况的数据。具体而言,其例如可以包括人手姿态信息(人手的关节开度角度),并且其还可以包括人手上关节的相应坐标位置及关节距离等数据。应了解,本公开的实施例不受人手的关节数据的具体组成的限制。

[0173] 例如,可以通过设置在人手处的触觉遥控设备或控制检测装置来采集人手的关节数据。例如可以通过设置在人手上的外骨骼数据手套来实现对人手关节数据的采集。然而,应了解,还可以根据实际需要,通过其他方式实现对人手的关节数据的采集。

[0174] 其后,在步骤S302中,基于该机器手的关节数据及用户手部的关节数据,确定该机器手的关节与执行遥控动作的人手的关节的映射关系。

[0175] 所述映射关系是指人手的关节数据与机器手的关节数据之间的映射关系及映射比例参数。接下来将结合具体实施例对其进行更具体的描述。

[0176] 例如,确定机器手的关节与人手的关节的映射关系的过程可以为:首先,按照预设的对应关系,将人手的关节与机器手的关节进行对应。图7C示出了根据本公开实施例的机器手关节与人手关节的对应关系的示意图。

[0177] 参照图7C,其中在该人手部设置的外骨骼数据手套即表征该人手的关节,据此可知在该任务中,涉及的人手关节包括D1-D5,且在该机器手中设置有与该人手关节D1-D5对应的机器手关节J1-J11,其具体的对应关系例如为:关节D1对应于关节J1,关节D2对应于关节J2-J4,关节D3对应于关节J5-J7,关节D4对应于关节J8-J10,关节D5对应于关节J11。且图7C中还示出了设置在该机器手手指指尖的多个触觉传感器(图中在该指尖设置有触觉传感器T1-T12)。

[0178] 然而,应了解,上述仅给出了一种机器人关节与人手关节的对应关系的示例。根据实际需要,还可以设置其他的对应方式。本公开的实施例不受该机器人关节与人手关节的对应关系的限制。

[0179] 其后,基于该预设的对应关系及该机器人手的关节数据、人手的关节数据,则能够计算得到人手的某一关节与机器人手的对应关节之间的映射比例参数,例如,当执行统一预设动作时,计算得到机器人手对应关节开度角度例如为人手关节的开度角度的K倍(此处K为大于0的正整数),机器人手的相邻关节的距离为人手相邻关节距离的L倍(此处L为大于0的正整数)等,由此得到了人手的关节数据与机器人手的关节数据之间的映射关系。

[0180] 基于该映射关系,在步骤S303中,基于该映射关系确定目标映射关系。具体地,在所述映射关系满足预定条件的情况下,将该映射关系作为机器人手与人手的目标映射关系;在所述映射关系不满足预定条件的情况下,调整所述映射关系中机器人手与人手的映射比例参数,并将调整后的映射关系作为目标映射关系。

[0181] 所述预定条件旨在判断当前机器人手与人手的映射关系是否达标(此处达标是指基于该映射关系能够实现关节动作的正确映射),该预定条件例如可以基于人为设置的映射关系范围(例如包括各映射比例参数的上下限范围及其关系式)或者为基于前一次执行机器人手操作时校准后所得到的映射关系确定的映射关系范围,此外,该预定条件也可以基于实际需要,经由预设算法计算得到。本公开的实施例不受该预定条件的具体内容的限制。

[0182] 例如,若该预设条件为人为设置的各映射比例参数的上下限范围及其关系式,则将当前的映射关系与该预设条件相比较,若当前的映射关系中各映射比例参数处于该预设条件限定的上下限范围内且满足该关系式,则判定其为正确映射关系,并将该映射关系确定为该机器人手执行当前操作任务过程中的目标映射关系。若当前的映射关系中的部分映射比例参数处于各映射比例参数的上下限范围之外,例如某一映射比例参数远大于预设的上下限范围,则判定其为不正确的映射关系,并基于该预设条件所限定的上下限范围及关系式对该映射比例参数进行调整,例如在此情况下,将减小相应的映射比例参数,直至该映射关系满足预设条件,此时将调整后的映射关系作为目标映射关系。

[0183] 应了解,该机器人手的预校准步骤例如可以在该机器人手遥控方法获取机器人手的各指尖对目标对象的触觉信息的步骤S101之前进行,也可以在该机器人手遥控方法执行完成一次姿态遥控过程并获得触觉反馈的步骤S105之后进行,还可以基于系统的错误警报或用户的主动触发在该机器人手遥控方法的执行期间进行。本公开的实施例不受该预校准步骤在该机器人手遥控方法中的执行时机的限制。

[0184] 基于上述,本公开中,通过设置预校准步骤,在执行预设手部动作的情况下采集该机器人手的关节数据及执行遥控动作人手的关节数据并确定二者之间的映射关系,并通过将该映射关系与预定条件进行比较来确定机器人手与人手的映射关系,使得对于不同的用户(例如关节间距、手指开合极限程度不同),该机器人手均能够良好地适配该用户的手部特征,并且准确地复现该用户手部的操纵姿态,从而有助于实现精确且可靠的机器人手遥控,同时有利于提升人机交互体验。

[0185] 在一些实施例中,该预设手部动作包括手部张开极限位动作a及手部握合极限位动作b。

[0186] 参照图7B,所述手部张开极限位动作是指令用户及机器人手的手指张开且手指与掌

心处于同一平面的姿态。所述手部握合极限位动作是指令用户和机器手的手指指尖相接触,且手指大致垂直于掌心的姿态。

[0187] 基于上述,通过设置该预设手部动作包括手部张开极限位动作及手部握合极限位动作,使得能够良好地检测到人手和机器手在开合极限位下的关节数据特征,从而使得能够准确地构建该机器手与人手之间的映射关系,有利于后续精确地实现机器人遥控操纵过程。

[0188] 在一些实施例中,所述触觉遥控设备被配置为获取人手姿态信息,并基于所述人手姿态信息生成用于该机器手的姿态控制信号。基于此,本申请中,通过该触觉遥控设备,一方面能够实现基于人手对该机器手的实时遥控过程,另一方面,能够根据机器手的指尖的触觉信息及机器手各关节的关节姿态信息,生成接触力反馈值,实现对人手的良好触觉反馈,从而有利于实现精确且可靠的机器手闭环控制过程。

[0189] 接下来将结合具体实施例,对该机器手遥控方法的具体应用场景及应用过程进行详细说明。图8A示出了根据本公开实施例的机器手遥控方法控制机器手的示意图。

[0190] 参照图8A,其中示出了一种机器手遥控系统,其能够执行如前所述的机器手遥控方法。且在该场景下,例如通过位于主端用户手部的触觉遥控设备感知人手关节姿态,并基于该人手关节姿态与该机器手关节姿态的映射关系(该映射关系例如可以基于前述的预校准步骤生成),将该人手关节姿态映射至机器手对应关节的关节姿态,控制从端的人形机器人iCub的手部进行对应的操作。在该应用场景下,为遥控人形机器人iCub执行拧开塑料瓶盖的动作,其中的目标对象为圆形塑料瓶盖。且在该操纵过程中,用户会对瓶盖进行完整旋转(旋转一整圈)。

[0191] 在该应用场景下,该触觉遥控设备为人手部设置的外骨骼数据手套,该外骨骼数据手套采集人手部的姿态并生成机器手姿态控制信号,同时该外骨骼数据手套还能够接收来自机器手的触觉反馈(机器人指尖接触力),并将该触觉反馈提供至人手的相应指尖处。

[0192] 接下来将详细说明在该应用场景下触觉反馈的生成过程。首先,每个目标对象的初始姿态信息由视觉检测装置提供。其后,在进行机器手操纵的过程中,基于由机器手指尖触觉传感器检测的机器手指尖的触觉信息及机器手的各关节的姿态信息,经由预训练的高斯混合模型构建目标对象的姿态估计,并利用该目标对象的姿态估计及机器手各关节的姿态信息,在虚拟现实系统(VR系统)中进行建模仿真,并基于仿真结果确定机器手各指尖的接触力反馈值。其后,该接触力反馈值将发送至该触觉遥控设备进行触觉渲染,具体地,最终生成的各指尖的接触力反馈值的信号范围为0到100,而触觉遥控设备中电机所产生的力矩的强度范围为0到1。因此,此处会将接触力反馈值的信号线性映射至电机力矩的强度,并由此控制该电机产生处于相应强度范围的力矩,并将该力矩作用至用户的手指指尖,从而使得用户能够感知到机器手的当前受力并继续进行姿态调整控制,并基于调整后的姿态继续进行机器手的遥控。

[0193] 在一些实施例中,还可以将该虚拟现实系统仿真得到的机器手及目标对象的虚拟视图传输至位于人头部的头戴式显示器HMD,并在该显示器的显示屏幕上显示该虚拟视图。

[0194] 此外,在该操作场景下,将进一步将应用本公开中的机器手遥控方法实现该操作任务的任务性能与现有的传统机器手遥控方法(例如图1B所示出的基于视觉信号与直接检测到的触觉信号操纵机器手)的任务性能相比较,来评估该机器手遥控方法在实际操纵中

的性能。

[0195] 图8B示出了根据本公开的实施例的机器人遥控方法与传统机器人遥控方法时机器人指尖触觉传感器所检测到的触觉信号的比较图。其中,本公开的机器人遥控方法与传统机器人遥控方法均执行操纵圆形瓶盖进行整周旋转的遥控操纵。

[0196] 在该比较过程中,首先采集了采用两种遥控方法进行操纵时机器人的拇指、食指、中指的触觉传感器的触觉信息(即触觉传感器的触觉读数值),其后将对应的指尖的触觉信息进行比较,由此得到了三组比较图(上下处于对应位置的波形图为一组)。其中,在该比较图中,从左至右分别为机器人的拇指、食指、中指的触觉传感器在该两种遥控方法中所采集的触觉信息。且对于每一组比较图,位于上部的波形图为本公开中的手感增强的机器人遥控方法所得到的指尖触觉信息,位于下部的波形图为本公开中的传统遥控方法所得到的指尖触觉信息。且对于每一个波形图,其横轴表征时间单位,且其纵轴表征触觉传感器的触觉读数值,且其中还标注了触觉读数值的平均值(Average)和触觉读数值的方差(Variance)的数值。

[0197] 如图8B所示出的,传统遥控方法通常具有较大的触觉读数值,且该触觉读数值存在多个突变点(例如瞬时读数值的峰值点),这表明在该传统遥控方法中,机器人的手指施加在目标对象上的接触力通常较大,且该作用力不稳定,这一方面使得突变点处过大的读数值可能会损害机器人,导致相关部件损坏,降低机器人的使用寿命,另一方面,基于其生成的触觉反馈极其不稳定,用户无法基于该快速变化的触觉反馈正确判断当前的操作执行情况,由此可能产生误判和错误的操纵决策。而本公开中具有手感增强的机器人遥控方法,与传统遥控方法相比,该触觉传感器的触觉读数值更连续均衡,几乎没有大幅突变的触觉读数值;且该触觉传感器的触觉读数平缓且普遍较小,其能够令机器人以与目标对象平和作用的方式实现预设操纵过程,该操作方式与用户手部的操纵过程更为一致,且能够良好地实现对机器人部件的保护,有效地提高该机器人的使用寿命,且能够实现高精度的遥控操纵。

[0198] 基于上述可知,通过在该应用场景中利用由高斯混合模型构成的机器人握持姿态模型,可以对机器人指尖部的触觉传感器的噪声和不确定性进行建模,并且能够稳定地估计目标对象的姿态。一方面,用户能够经由该此外,在用户体验方面,用户也能够基于本公开中所提出的方法的触觉反馈对当前目标对象与机器人的接触状态做出更好的判断。具体而言,本公开的机器人遥控方法所提供的触觉反馈(接触力反馈)更加准确且连续,因此具有更好的操纵体验。

[0199] 且为了进一步分析在两种不同方法下执行瓶盖打开任务的执行性能,我们还比较了完成瓶盖完整旋转(360度)所需的时间。在使用传统机器人遥控方法的情况下,完成瓶盖完整旋转的平均时间为180秒,而采用本公开中具有手感增强的机器人遥控方法进行操纵时,完成该动作仅需约108秒,其在确保操纵任务良好实现的基础上,大幅度地提升了该遥控操纵任务的完成效率。

[0200] 根据本公开的实施例,还提出了一种具有手感增强的机器人遥控系统500,其包括能够彼此通信的从端510及主端520,且其例如能够执行如前所述的机器人遥控方法,并具有如前所述的功能。图9示出了根据本公开实施例的具有手感增强的机器人遥控系统500的示例性框图。

[0201] 参照图9,该从端510包括:机器手511、触觉数据获取装置512、关节姿态信息获取装置513、目标对象姿态估计装置514、从端数据传输装置515。

[0202] 所述机器手511是指用于执行具体操作的机器人部件,其例如具有多个手指子部件,每个手指子部件具有多个手指关节。本公开的实施例不受该机器手的具体手部关节设置方式及其设置个数的限制。

[0203] 所述触觉数据获取装置512设置在该机器手的各指尖处,并被配置为获取机器手的各指尖对目标对象的触觉信息,所述触觉信息为对应指尖与所述目标对象的接触力的检测值。

[0204] 所述目标对象是指该机器手在执行特定任务或动作时,与该机器手进行交互的目标物。本公开的实施例不受该目标对象的类型及该特定任务的具体内容的限制。

[0205] 所述获取机器手的各指尖对目标对象的触觉信息,是指获取机器手用于执行任务的一个或多个手指与该目标对象进行交互时的触觉信息。

[0206] 所述触觉信息是指在该机器手的当前手部姿态下,目标对象与该机器手的指尖之间的作用力的检测值,亦即指尖对所述目标对象的接触力的检测值。本公开的实施例不受该机器手各指尖的触觉信息的采集方式及其具体数值的限制。

[0207] 所述关节姿态信息获取装置513被配置为获取所述机器手的各关节的姿态信息,每个关节的姿态信息包括该关节的开度角度信息。所述开度角度信息是指相邻两个关节之间所形成的夹角的角度值,其用于表征该关节的开合程度。

[0208] 应了解,根据实际需要,该关节的开度角度信息还可以包括其他的数据内容,本公开的实施例不受该关节的姿态信息的具体组成的限制。

[0209] 所述目标对象姿态估计装置514被配置为基于所述机器手的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象的姿态估计。

[0210] 所述目标对象的姿态估计,是指该目标对象的姿势状态的预测数据。应了解,本公开的实施例不受该目标对象的姿态估计的具体组成及其表达方式的限制。

[0211] 所述从端数据传输装置515被配置为将该目标对象的姿态估计及所述机器手的各关节的姿态信息发送至该主端。

[0212] 该主端520包括:触觉力计算装置521、触觉反馈生成装置522。

[0213] 所述触觉力计算装置521被配置为基于所述目标对象的姿态估计以及所述机器手的各关节的姿态信息,确定机器手各指尖的接触力反馈值。

[0214] 触觉力计算装置521例如可以为虚拟现实系统中的仿真模型,本公开的实施例不受该触觉力计算装置的具体组成的限制。

[0215] 所述触觉反馈生成装置522与所述机器手511相匹配,并被配置为向人手提供与所述机器手各指尖的接触力反馈值对应的触觉反馈。

[0216] 所述触觉反馈生成装置522,是指能够将该机器手的触觉反馈或其他数据信息提供给用户,以实现双边遥操作的设备。本公开的实施例不受该触觉反馈生成装置522的具体类型及其组成的限制。

[0217] 在一些实施例中,所述主端例如还可以包括主端遥控装置523,其被配置为获取人手姿态信息,并基于所述人手姿态信息生成用于该机器手的姿态控制信号。所述主端遥控装置523是指用于基于用户指示(例如用户手部姿态)实现对该机器手的远程控制的装置。

本公开的实施例不受该主端遥控装置523的具体类型及其组成的限制。例如该触觉反馈生成装置522及主端遥控装置523可以为同一装置,例如为设置在人手的外骨骼数据手套。

[0218] 基于上述,本公开中,在进行机器人遥控的过程中,在检测机器人指尖处的触觉信息后,基于检测到的指尖触觉信息及机器人的各关节的姿态信息构建目标对象姿态估计,并综合该目标对象姿态估计及机器人的各关节的姿态信息来共同确定机器人各指尖的接触力反馈值。相较于直接传输触觉传感器检测到的接触力信息,本公开的手感增强的机器人遥控方法通过基于目标对象姿态及机器人姿态确定接触力反馈值,能够有效地过滤该检测的触觉信息中的噪声,提高所生成的接触力反馈值的精确度,灵活且动态地反馈机器人所承受的触觉力,有效地避免由于传感器受到周围物理环境影响产生信号异常(例如信号突变产生接触力的检测值的异常峰值)时对用户手部的伤害,同时有效地避免了当传感器信号延迟或中断时对机器人操作状态产生误判从而导致进行错误控制的情况,增强了机器人遥控过程中机器人对用户的触觉反馈的精度及可靠性,优化了该触觉反馈的人机交互体验,实现了手感增强的机器人遥控过程。

[0219] 在一些实施例中,所述主端520还包括设置在用户头部处的视觉反馈装置524,该视觉反馈装置524被配置为基于该目标对象姿态估计及机器人的各关节的姿态信息,生成该目标对象及机器人的虚拟视图,并将该虚拟视图显示。

[0220] 所述虚拟视图是指用于表现该机器人与该目标对象的相对位置及机器人与目标对象的姿态的视觉图像,其例如可以为该目标对象及该机器人的三维视图。本公开的实施例不受该虚拟视图发送至用户的具体方式及其最终呈现方式的限制。

[0221] 基于上述,本公开中,在生成接触力反馈值的过程中,通过基于目标对象姿态估计及机器人的各关节的姿态信息来生成该目标对象及机器人的虚拟视图,使得能够令用户直观方便地了解当前目标对象与机器人的位置及姿态状态,在触觉反馈之外增加了视觉反馈,一方面提升了用户的人机交互体验,另一方面也使得用户能够经由该视觉反馈与触觉反馈进行相互验证,进一步地提高了遥控过程的可靠性。

[0222] 根据本公开的另一方面,提出了一种具有手感增强的机器人遥控设备950。图10示出了根据本公开的实施例的手感增强的机器人遥控设备950的示例性流程图。

[0223] 如图10所示的机器人遥控设备950可以实现为一个或多个专用或通用的计算机系统模块或部件,例如个人电脑、笔记本电脑、平板电脑、手机、个人数码助理(personal digital assistance, PDA)及任何智能便携设备。其中,机器人遥控设备950可以包括至少一个处理器960及存储器970。

[0224] 其中,所述至少一个处理器用于执行程序指令。所述存储器970在机器人遥控设备950中可以以不同形式的程序储存单元以及数据储存单元存在,例如硬盘、只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM),其能够用于存储处理器处理和/或执行机器人遥控过程中使用的各种数据文件,以及处理器所执行的可能的程序指令。虽然未在图中示出,但机器人遥控设备950还可以包括一个输入/输出组件,支持机器人遥控设备950与其他组件之间的输入/输出数据流。机器人遥控设备950也可以通过通信端口从网络发送和接收信息及数据。

[0225] 在一些实施例中,所述存储器970所存储的一组指令在由所述处理器960执行时,使所述机器人遥控设备950执行操作,所述操作包括:获取机器人的各指尖对目标对象的触觉信息,所述触觉信息为对应指尖与所述目标对象的接触力的检测值;获取所述机器人的

各关节的姿态信息,每个关节的姿态信息包括该关节的开度角度信息;基于所述机器手的各指尖的触觉信息以及各关节的姿态信息,生成所述目标对象的姿态估计;基于所述目标对象的姿态估计以及所述机器手的各关节的姿态信息,确定机器手各指尖的接触力反馈值;以及通过与所述机器手匹配的触觉遥控设备,向人手提供与所述机器手各指尖的接触力反馈值对应的触觉反馈。

[0226] 在一些实施例中,具有手感增强的机器手遥控设备950可以接收来自该具有手感增强的机器手遥控设备950外部的设备或用户传输的指令,并对机器手执行上文描述的机器手遥控方法、实现上文描述的机器手遥控系统的功能。

[0227] 尽管在图10中,处理器960、存储器970呈现为单独的模块,本领域技术人员可以理解,上述设备模块可以被实现为单独的硬件设备,也可以被集成为一个或多个硬件设备。只要能够实现本公开描述的原理,不同的硬件设备的具体实现方式不应作为限制本公开保护范围的因素。

[0228] 根据本公开的另一方面,还提供了一种非易失性的计算机可读存储介质,其上存储有计算机可读的指令,当利用计算机执行所述指令时可以执行如前所述的方法。

[0229] 技术中的程序部分可以被认为是以可执行的代码和/或相关数据的形式而存在的“产品”或“制品”,通过计算机可读的介质所参与或实现的。有形的、永久的储存介质可以包括任何计算机、处理器、或类似设备或相关的模块所用到的内存或存储器。例如,各种半导体存储器、磁带驱动器、磁盘驱动器或者类似任何能够为软件提供存储功能的设备。

[0230] 所有软件或其中的一部分有时可能会通过网络进行通信,如互联网或其他通信网络。此类通信可以将软件从一个计算机设备或处理器加载到另一个。例如:从机器手遥控设备的一个服务器或主机计算机加载至一个计算机环境的硬件平台,或其他实现系统的计算机环境,或与提供机器手遥控所需要的信息相关的类似功能的系统。因此,另一种能够传递软件元素的介质也可以被用作局部设备之间的物理连接,例如光波、电波、电磁波等,通过电缆、光缆或者空气等实现传播。用来载波的物理介质如电缆、无线连接或光缆等类似设备,也可以被认为是承载软件的介质。在这里的用法除非限制了有形的“储存”介质,其他表示计算机或机器“可读介质”的术语都表示在处理器执行任何指令的过程中参与的介质。

[0231] 本公开使用了特定词语来描述本公开的实施例。如“第一/第二实施例”、“一实施例”、和/或“一些实施例”意指与本公开至少一个实施例相关的某一特征、结构或特点。因此,应强调并注意的是,本说明书中在不同位置两次或多次提及的“一实施例”或“一个实施例”或“一替代性实施例”并不一定是指同一实施例。此外,本公开的一个或多个实施例中的某些特征、结构或特点可以进行适当的组合。

[0232] 此外,本领域技术人员可以理解,本公开的各方面可以通过若干具有可专利性的种类或情况进行说明和描述,包括任何新的和有用的工序、机器、产品或物质的组合,或对他们的任何新的和有用的改进。相应地,本公开的各个方面可以完全由硬件执行、可以完全由软件(包括固件、常驻软件、微码等)执行、也可以由硬件和软件组合执行。以上硬件或软件均可被称为“数据块”、“模块”、“引擎”、“单元”、“组件”或“系统”。此外,本公开的各方面可能表现为位于一个或多个计算机可读介质中的计算机产品,该产品包括计算机可读程序编码。

[0233] 除非另有定义,这里使用的所有术语(包括技术和科学术语)具有与本发明所属领

域的普通技术人员共同理解的相同含义。还应当理解,诸如在通常字典里定义的那些术语应当被解释为具有与它们在相关技术的上下文中的含义相一致的含义,而不应用理想化或极度形式化的意义来解释,除非这里明确地这样定义。

[0234] 上面是对本发明的说明,而不应被认为是对其的限制。尽管描述了本发明的若干示例性实施例,但本领域技术人员将容易地理解,在不背离本发明的新颖教学和优点的前提下可以对示例性实施例进行许多修改。因此,所有这些修改都意图包含在权利要求书所限定的本发明范围内。应当理解,上面是对本发明的说明,而不应被认为是限于所公开的特定实施例,并且对所公开的实施例以及其他实施例的修改意图包含在所附权利要求书的范围内。本发明由权利要求书及其等效物限定。

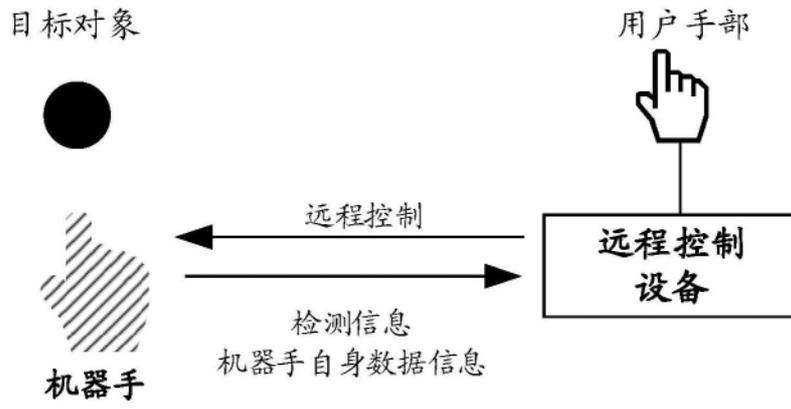


图1A

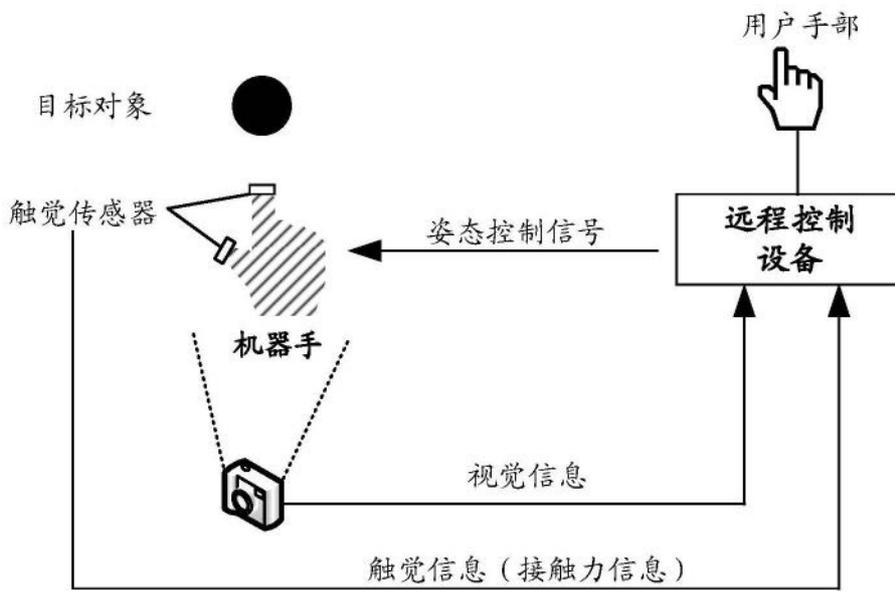


图1B

100

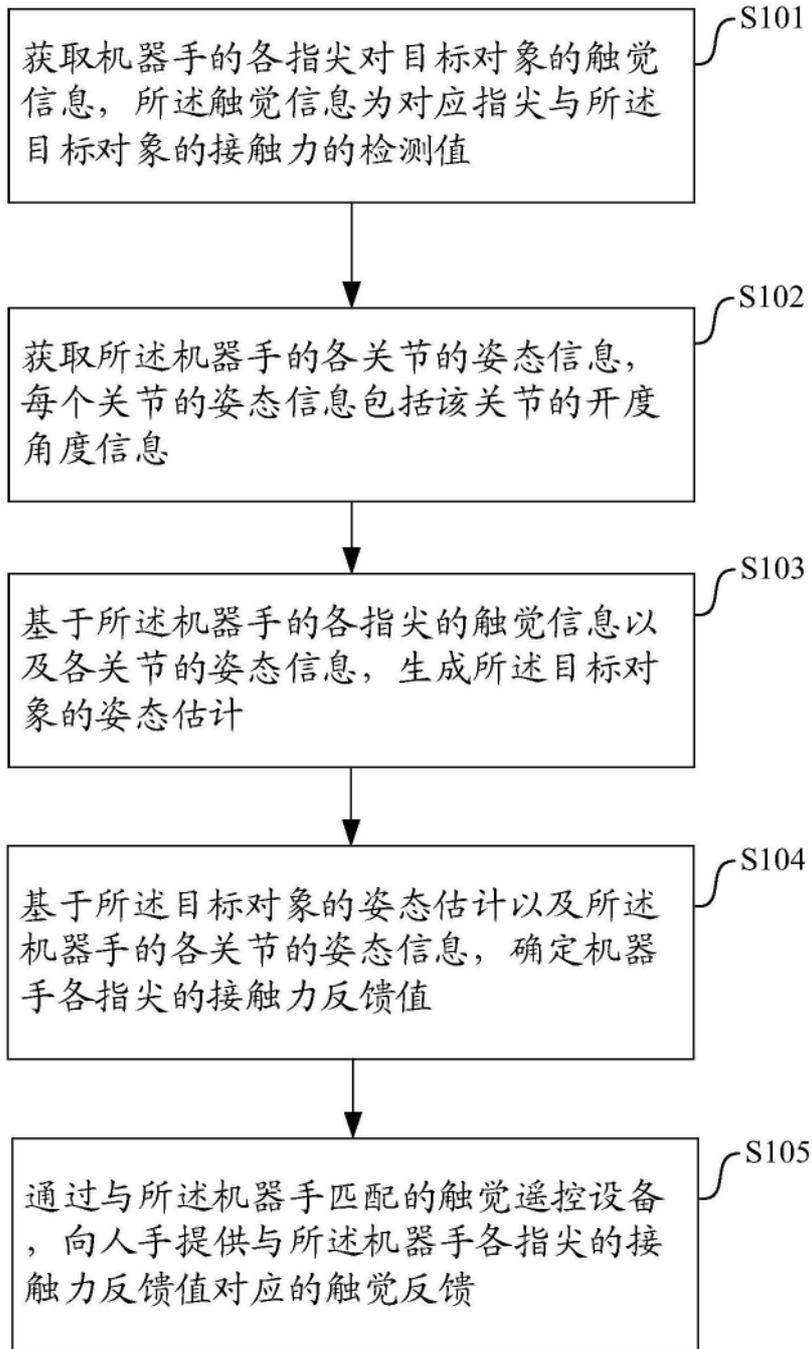


图2A

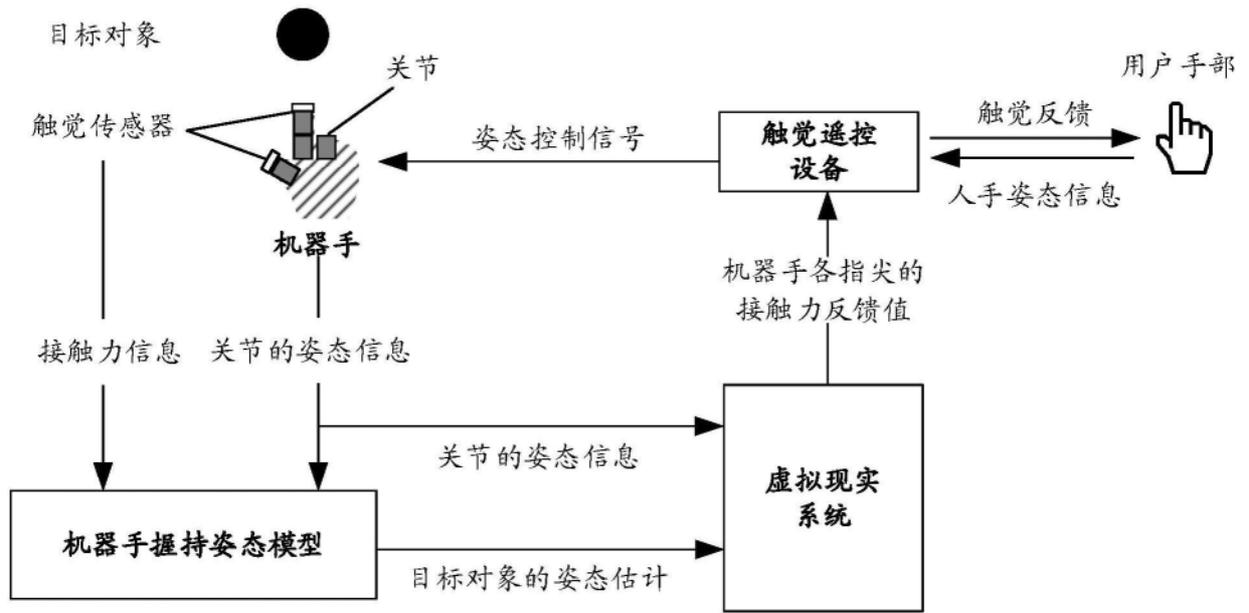


图2B

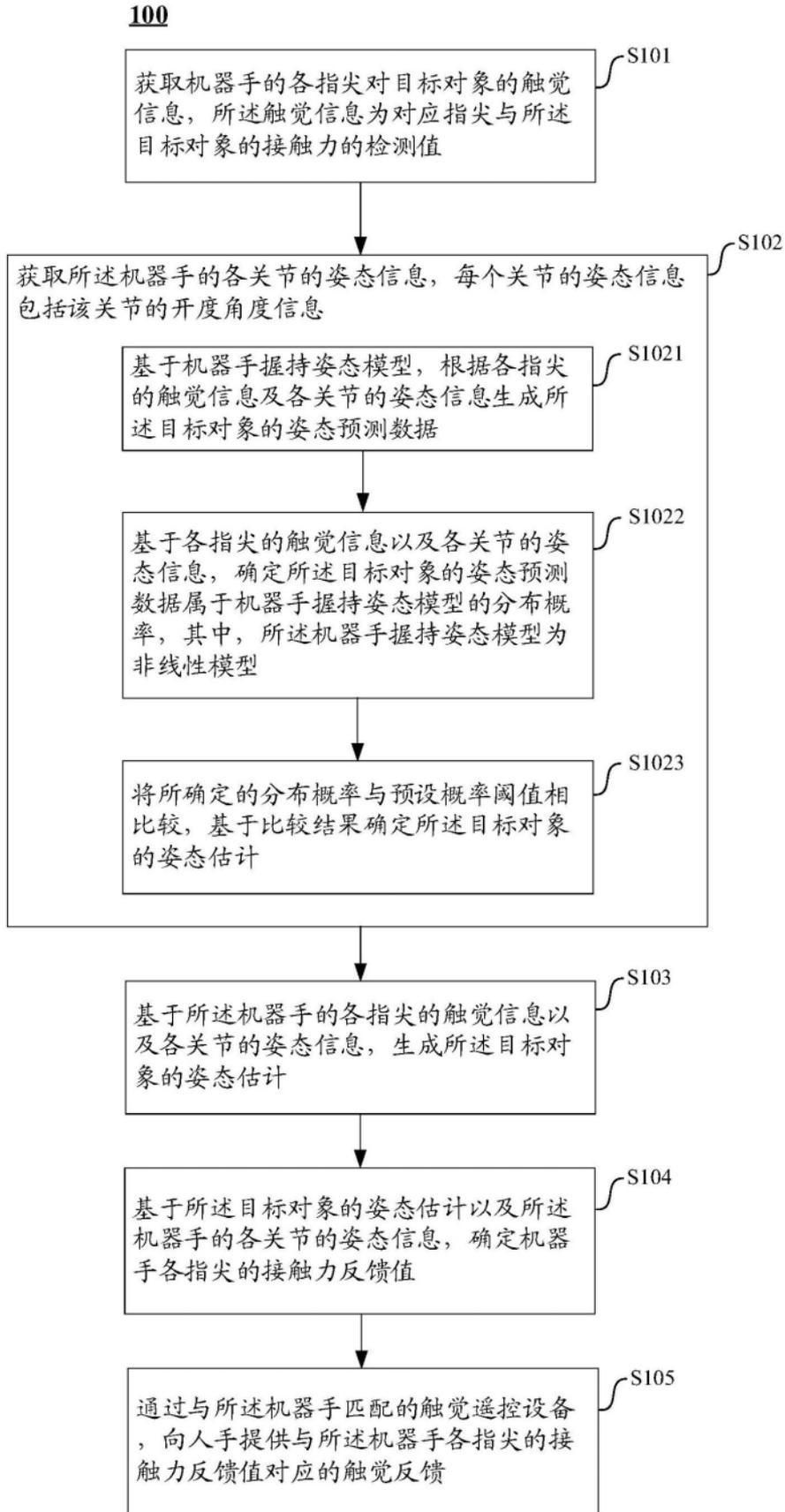


图3

S102

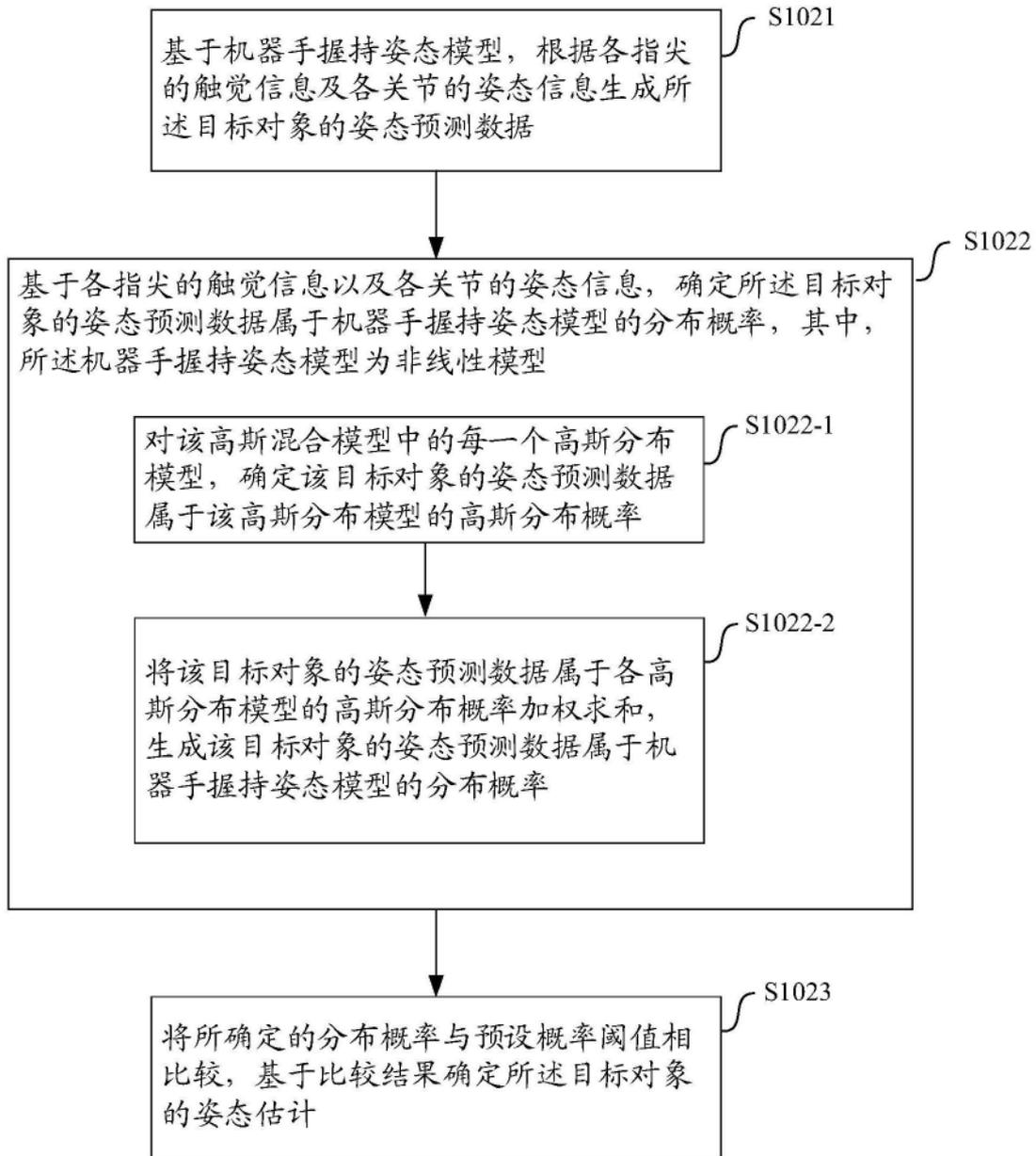


图4

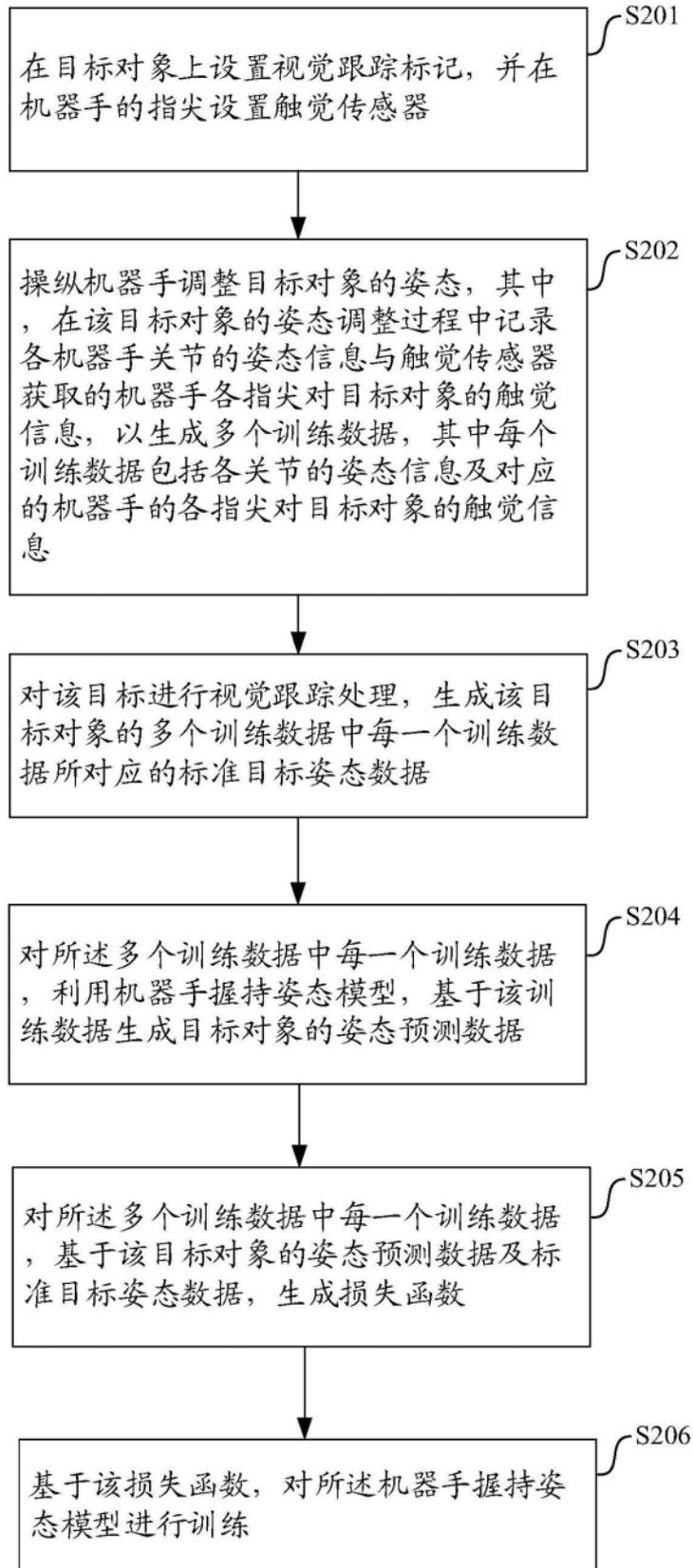
200

图5A

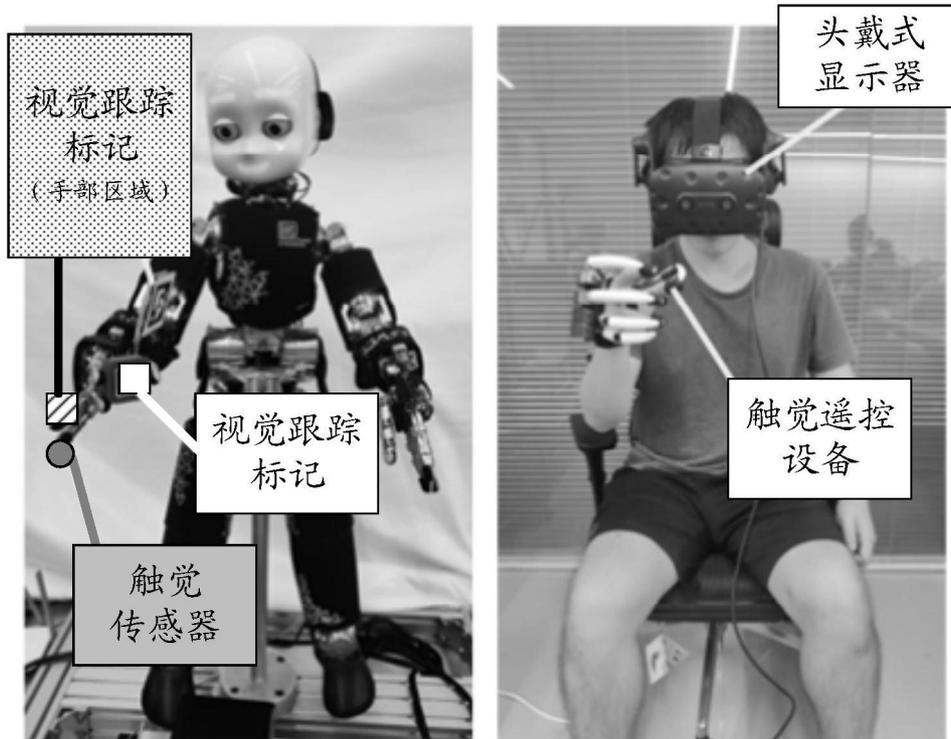


图5B

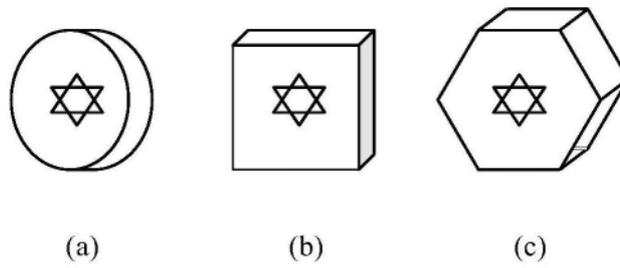


图5C

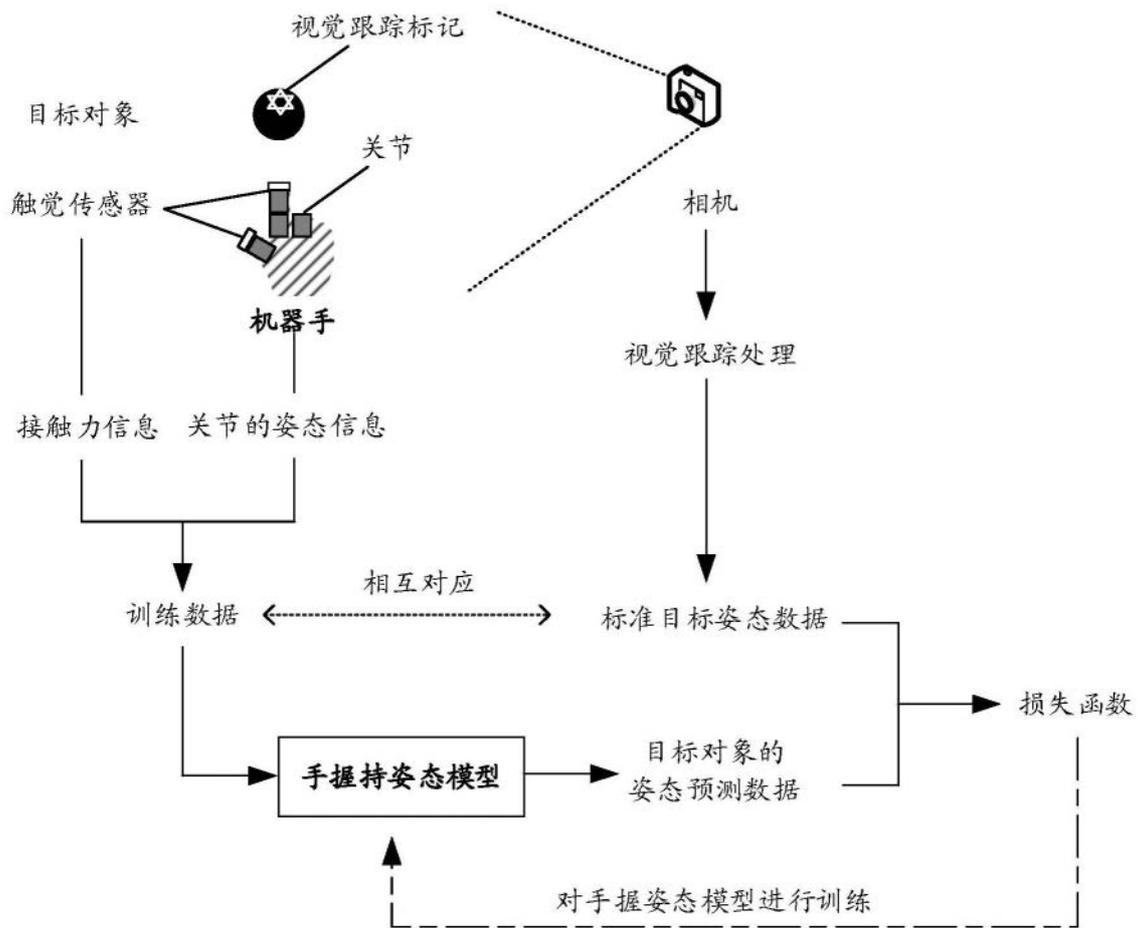


图5D

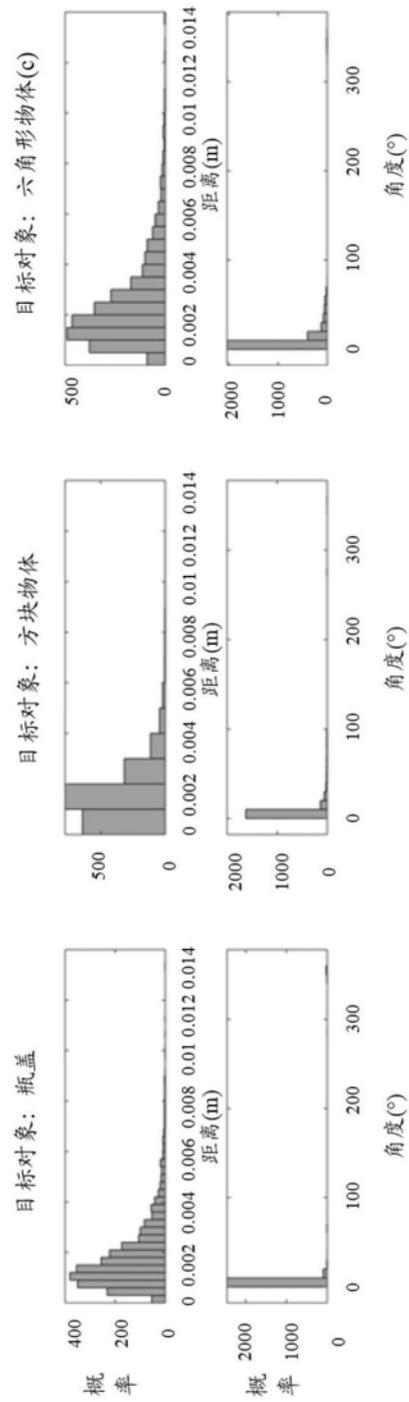


图5E

100

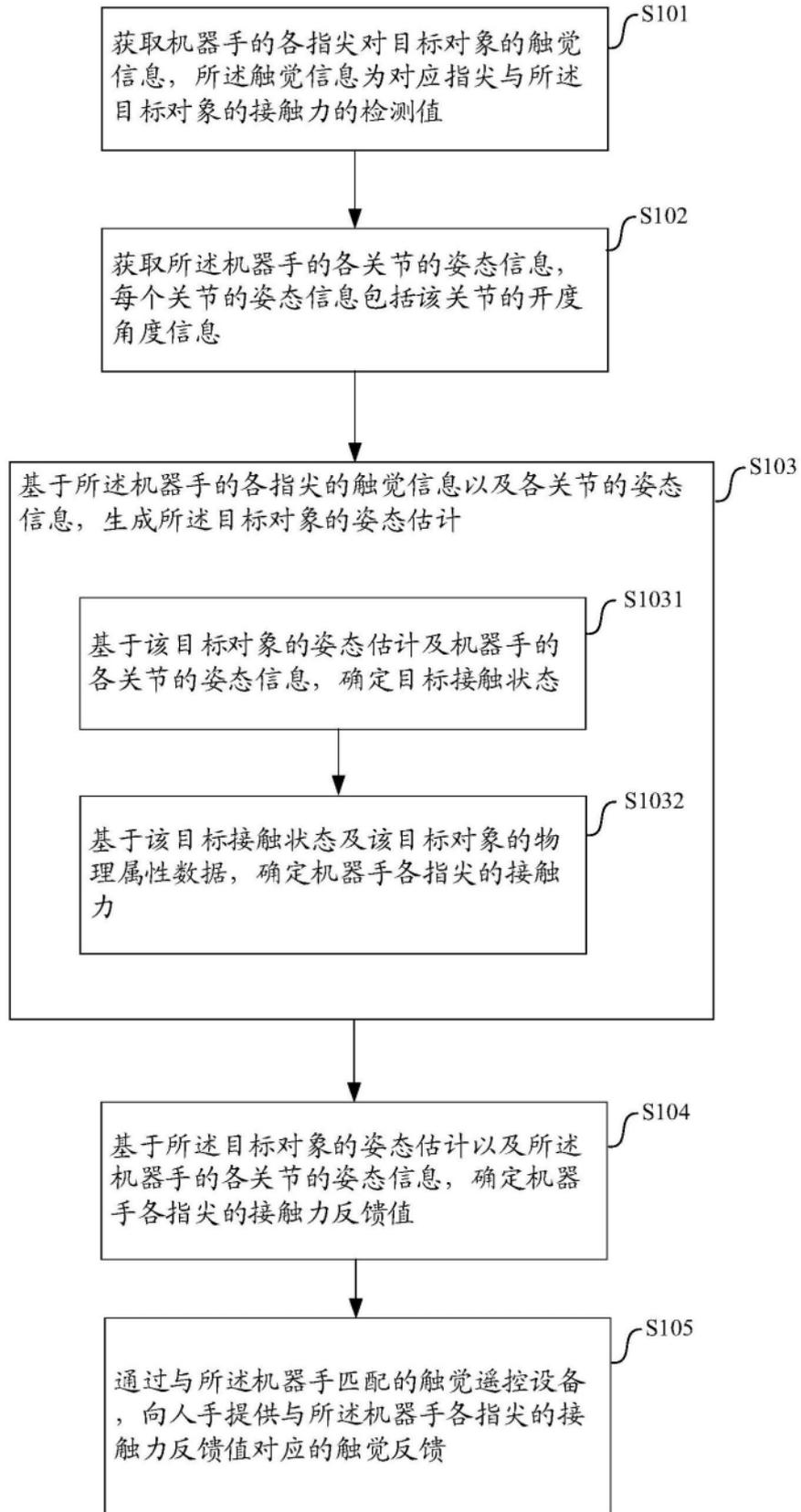


图6

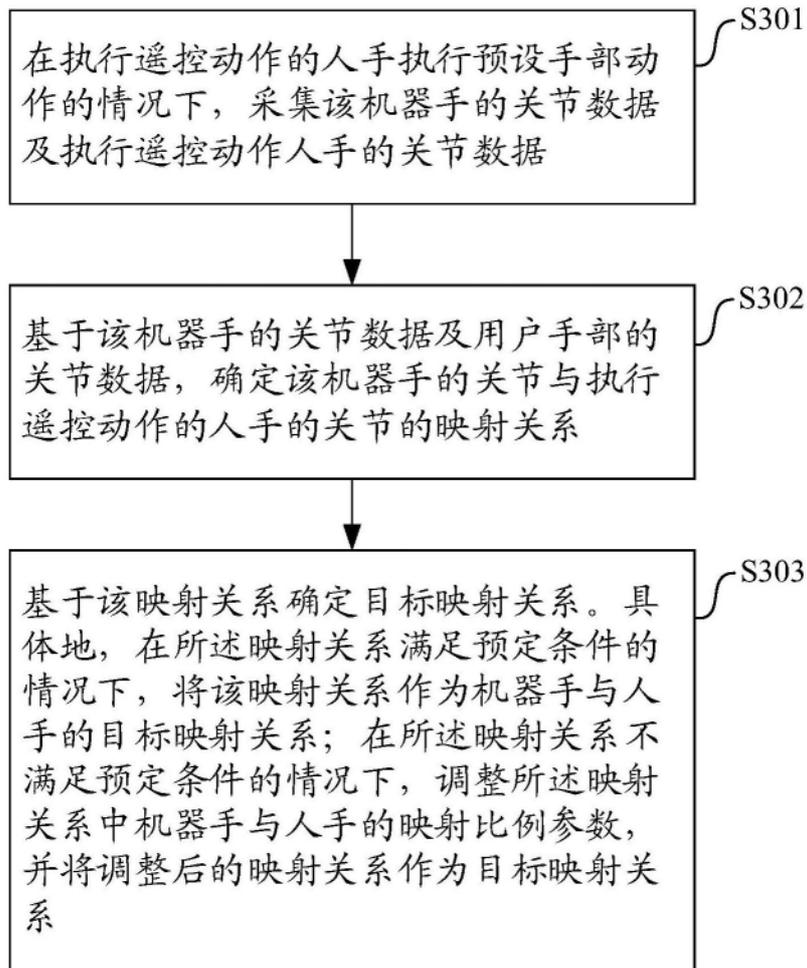
300

图7A

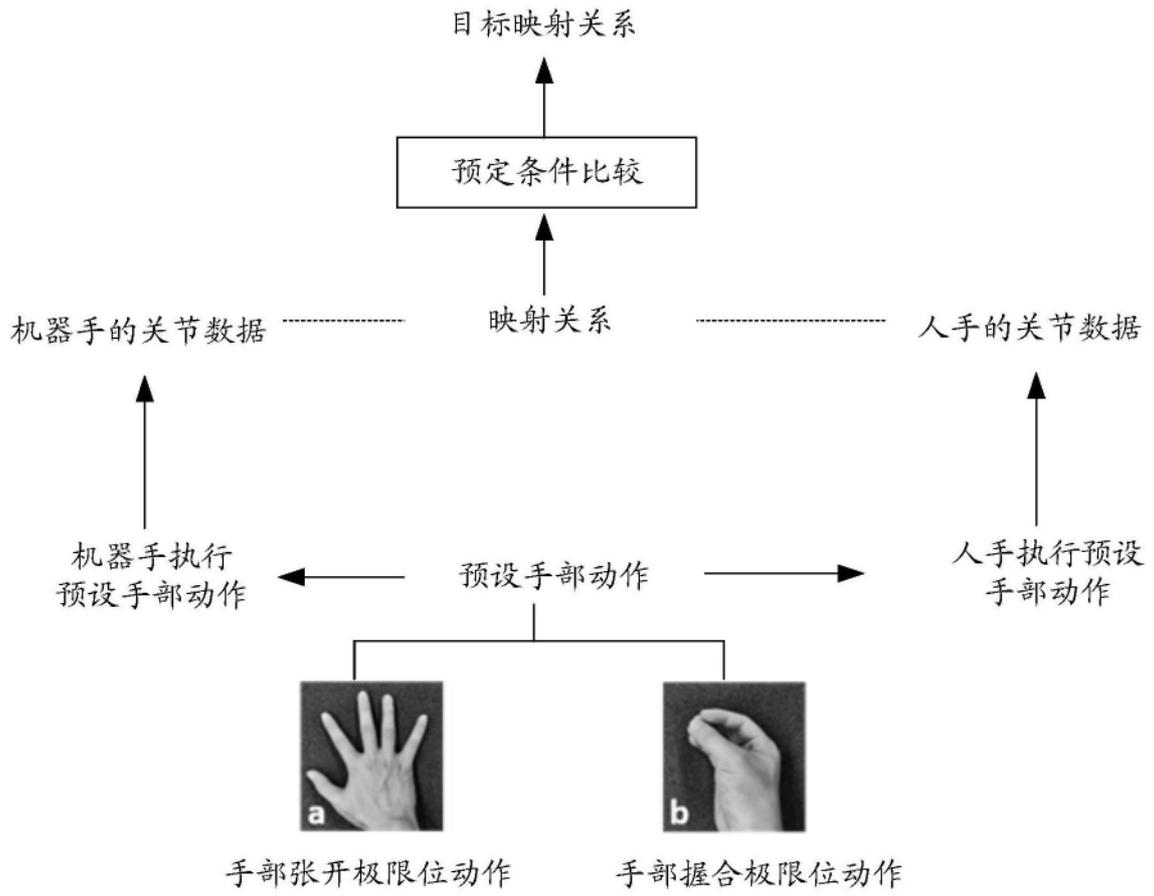


图7B

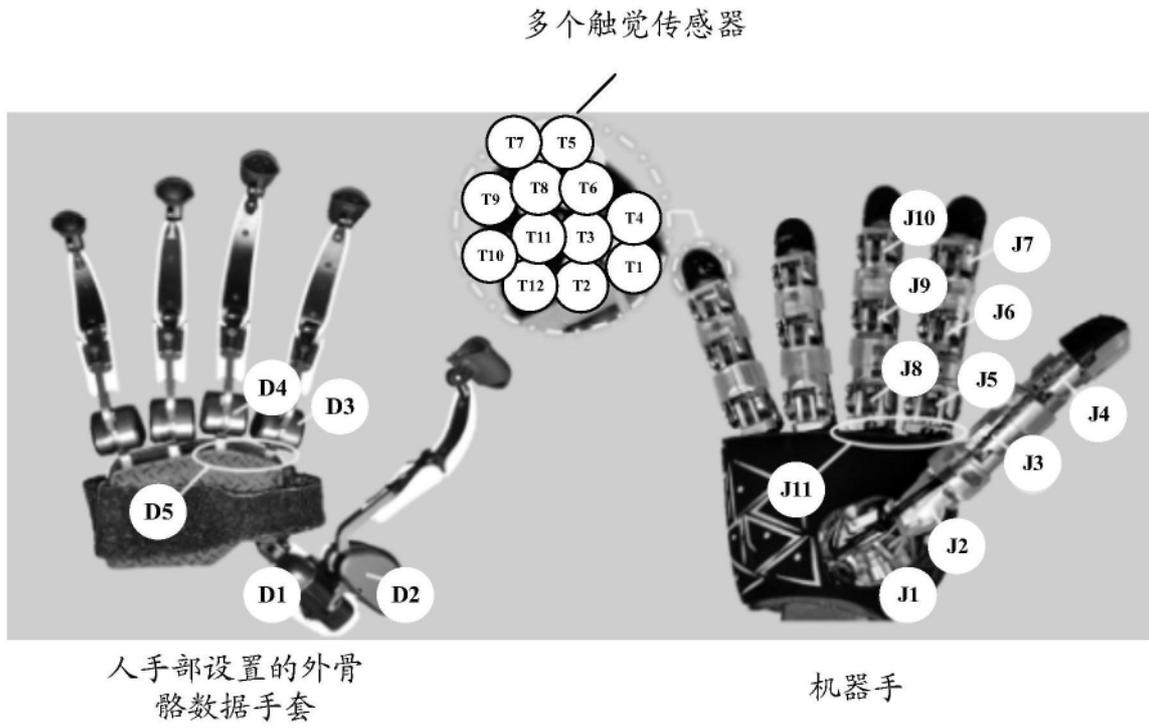


图7C

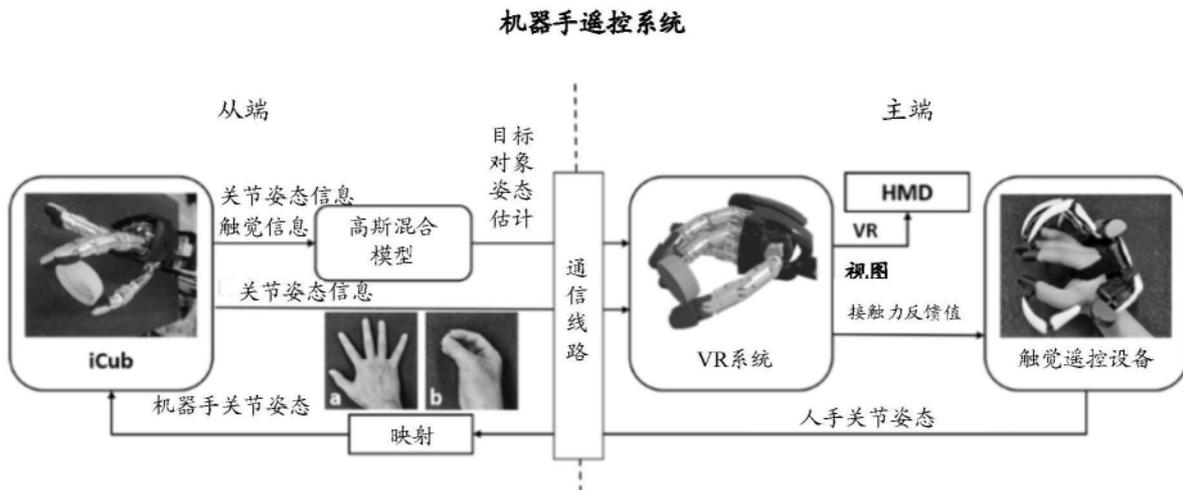


图8A

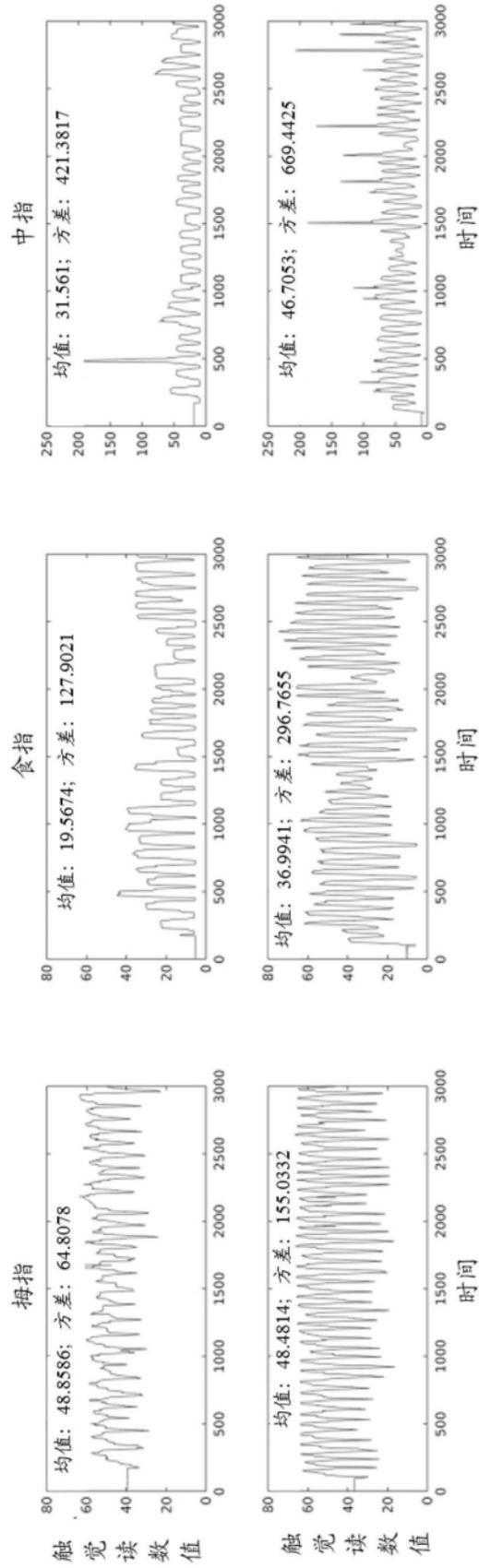


图8B

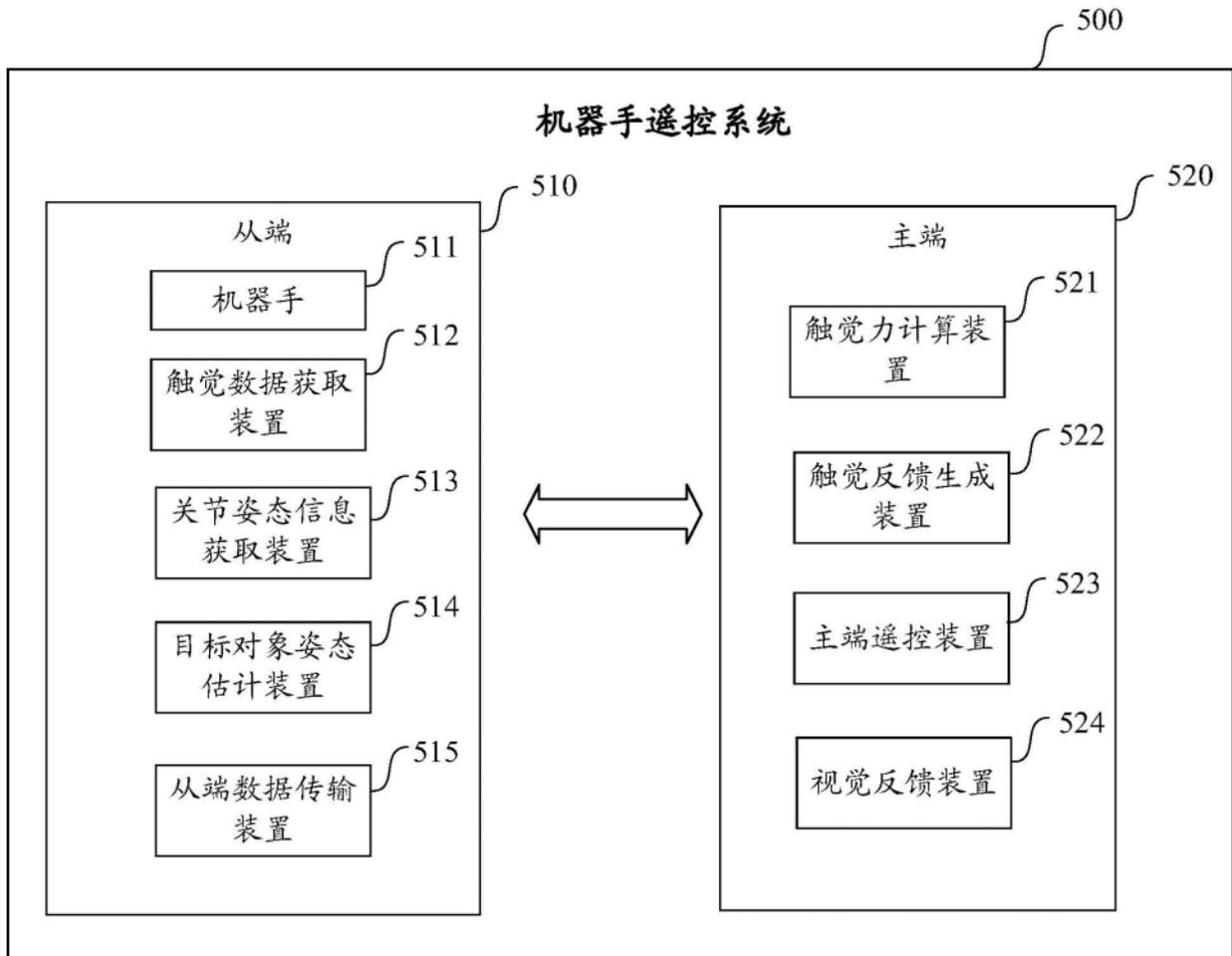


图9

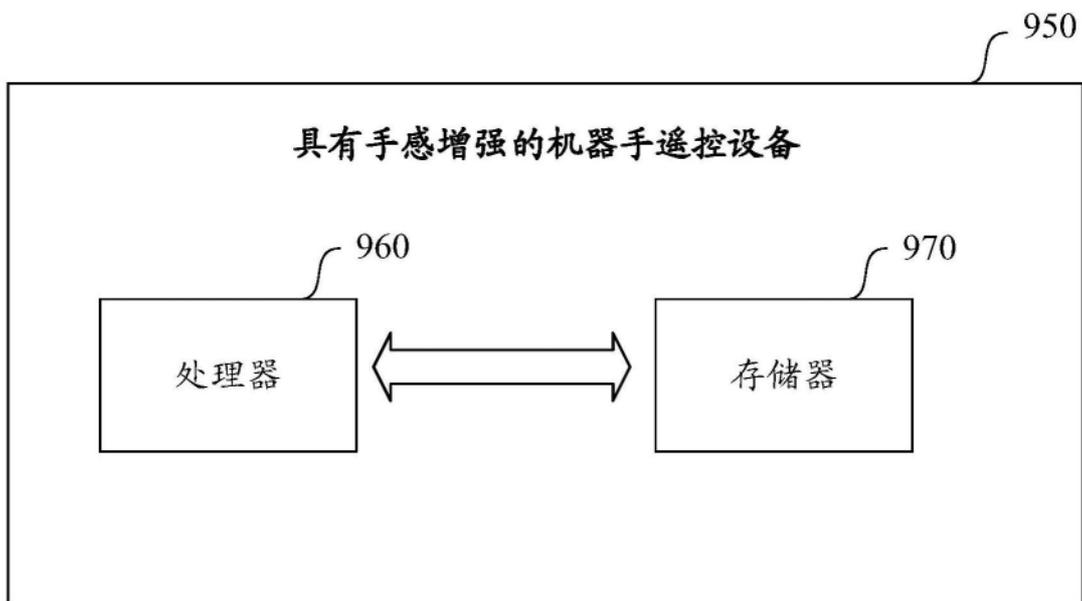


图10