



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118354882 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 16

(21) 申请号 202280078890.0

(22) 申请日 2022.11.29

(30) 优先权数据

2021-193660 2021.11.29 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.05.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/044046 2022.11.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/095926 JA 2023.06.01

(71) 申请人 京瓷株式会社

地址 日本

(72) 发明人 文野祥 森雅人 宫本卓哉

石田敬之 宫村博昭

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

专利代理师 庄锦军

(51) Int.Cl.

B25J 19/06 (2006.01)

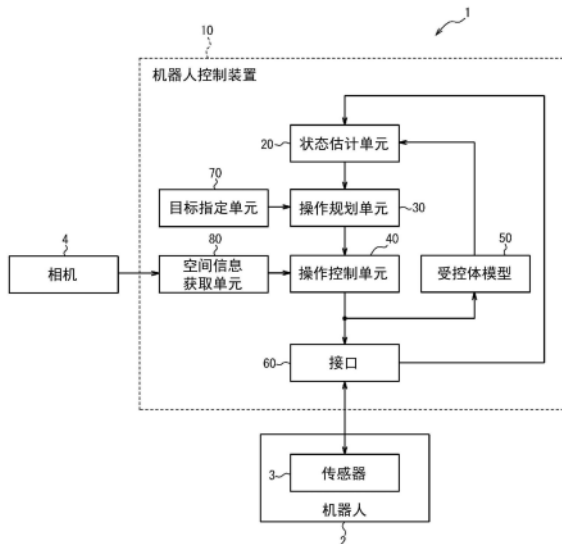
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

机器人控制装置、机器人控制系统和机器人
控制方法

(57) 摘要

一种机器人控制装置包括被配置为控制机器人的控制器。该控制器包括操作控制单元和状态估计单元。操作控制单元被配置为使机器人沿第一操作路径操作。状态估计单元被配置为估计机器人的状态。当状态估计单元检测到与机器人的至少一部分的碰撞时,操作控制单元被配置为获取机器人将在其上操作以减轻碰撞的能量的避让操作路径。当获取到避让操作路径后,操作控制单元被配置为使机器人沿避让操作路径执行避让操作。



1. 一种机器人控制装置,包括:

控制器,被配置为控制机器人,其中,

所述控制器包括操作控制单元和状态估计单元,所述操作控制单元被配置为使所述机器人沿第一操作路径操作,所述状态估计单元被配置为估计所述机器人的状态,并且

当所述状态估计单元检测到与所述机器人的至少一部分发生的碰撞时,所述操作控制单元被配置为获取所述机器人将在其上操作以减轻所述碰撞的能量的避让操作路径,并且当获取到所述避让操作路径后,所述操作控制单元被配置为使所述机器人沿所述避让操作路径执行避让操作。

2. 根据权利要求1所述的机器人控制装置,其中,所述避让操作路径是与所述第一操作路径不同的第二操作路径。

3. 根据权利要求1所述的机器人控制装置,其中,所述避让操作路径是所述第一操作路径。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的机器人控制装置,其中,

所述状态估计单元被配置为:基于所述机器人的电机电流的变化来估计施加到所述机器人的外力,并且基于所估计的外力来检测所述机器人的碰撞。

5. 根据权利要求4所述的机器人控制装置,其中,所述状态估计单元被配置为:当所述外力大于第一阈值时,检测到所述机器人的碰撞。

6. 根据权利要求4或5所述的机器人控制装置,其中,如果所述状态估计单元估计所述外力,但所述外力未超过第一阈值,则所述操作控制单元被配置为降低所述机器人沿所述第一操作路径的操作的操作速度。

7. 根据权利要求4至6中任一项所述的机器人控制装置,其中,所述状态估计单元被配置为基于所述机器人的加速度来检测所述机器人的碰撞。

8. 根据权利要求7所述的机器人控制装置,其中,所述状态估计单元被配置为基于所述机器人的加速度来检测所述机器人的碰撞方向。

9. 根据权利要求4至8中任一项所述的机器人控制装置,其中,

所述控制器还包括操作规划单元,所述操作规划单元被配置为生成所述机器人的操作路径,并且

当所述状态估计单元检测到所述碰撞时,所述操作规划单元被配置为生成用于减轻所述碰撞的能量的避让操作路径作为所述机器人的操作路径。

10. 根据权利要求4至9中任一项所述的机器人控制装置,其中,基于所述机器人的碰撞方向来生成所述避让操作路径。

11. 根据权利要求10所述的机器人控制装置,其中,所述避让操作路径的至少初始路径包括与所述碰撞方向相反的分量。

12. 根据权利要求4至11中任一项所述的机器人控制装置,其中,所述操作控制单元被配置为:使所述机器人执行所述避让操作,直到所述外力小于第二阈值为止。

13. 根据权利要求4至12中任一项所述的机器人控制装置,其中,所述操作控制单元被配置为基于所述外力的大小来改变所述避让操作的操作速度。

14. 根据权利要求1至13中任一项所述的机器人控制装置,其中,所述操作控制单元被配置为:如果所述机器人不能在预定时间内执行所述避让操作,则中断所述机器人的电源。

15. 根据权利要求1至14中任一项所述的机器人控制装置, 其中, 所述操作控制单元被配置为: 如果所述状态估计单元检测到与所述机器人的多个部分发生的碰撞, 则停止所述机器人。

16. 一种机器人控制系统, 包括:

根据权利要求1至15中任一项所述的机器人控制装置; 以及
所述机器人。

17. 一种机器人控制方法, 包括:

使机器人沿第一操作路径操作;

当检测到与所述机器人的至少一部分发生的碰撞后, 获取所述机器人将在其上操作以减轻所述碰撞的能量的避让操作路径; 以及

当获取到所述避让操作路径后, 使所述机器人沿所述避让操作路径执行避让操作。

机器人控制装置、机器人控制系统和机器人控制方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求基于日本专利申请No.2021-193660 (于2021年11月29日递交)的优先权,其全部公开内容通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本公开涉及机器人控制装置、机器人控制系统和机器人控制方法。

背景技术

[0004] 当作用在机器人上的外力等于或超过预定阈值时,已知的系统执行反向缩回模式以反转机器人的操作轨迹,并且当外力甚至在执行反向缩回模式之后仍然未减小时,执行外力减小缩回模式(参见例如专利文献1)。

[0005] 引用列表

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本未审查专利申请公开No.2019-81234

发明内容

[0008] 在本公开的实施例中,机器人控制装置包括被配置为控制机器人的控制器。该控制器包括操作控制单元和状态估计单元。操作控制单元被配置为使机器人沿第一操作路径操作。状态估计单元被配置为估计机器人的状态。当状态估计单元检测到与机器人的至少一部分发生的碰撞时,操作控制单元被配置为获取机器人将在其上操作以减轻碰撞的能量的避让操作路径。当获取到避让操作路径后,操作控制单元被配置为使机器人沿避让操作路径执行避让操作。

[0009] 在本公开的实施例中,一种机器人控制系统包括机器人控制装置和机器人。

[0010] 在本公开的实施例中,一种机器人控制方法包括使机器人沿第一操作路径操作。该机器人控制方法包括:当检测到与机器人的至少一部分发生的碰撞后,获取机器人将在其上操作以减轻碰撞的能量的避让操作路径。该机器人控制方法包括:当获取到避让操作路径后,使机器人沿避让操作路径执行避让操作。

附图说明

[0011] 图1是示出了根据实施例的机器人控制系统的配置的示例的框图。

[0012] 图2是示出了根据实施例的机器人控制系统的配置的示例的示意图。

[0013] 图3是示出了根据实施例的机器人控制方法的过程的示例的流程图。

[0014] 图4是示出了用于确定机器人的避让操作的过程的示例的流程图。

具体实施方式

[0015] 当机器人接触人类等时,简单地反转机器人的操作轨迹可能导致机器人更强烈地

接触该人类等,或者接触另一人类等。期望提高机器人的避让动作的可靠性。

[0016] 确保工业机器人的安全需要采取各种措施,诸如用仪器包围机器人以防止人类进入机器人的工作范围,或者使用诸如激光幕之类的传感器来检测人类入侵并停止机器人的操作。相比之下,一些机器人作为协作机器人操作,其具有降低的功率和操作速度,使得机器人可以与人类近距离地执行协作任务。协作任务包括通过人类和机器人一起工作而执行的任务、通过机器人一起工作而执行的任务、或通过机器人和另一机器一起工作而执行的任务。协作任务包括通过人类和机器人一起工作而执行的协作任务。

[0017] 一种可以想到的方法是:基于诸如机器人的电机电流之类的信息来检测从机器人施加到人类的力,并且停止机器人的操作,使得由于与机器人的接触或碰撞而施加到人类的力被限制为比允许接触力小的力。在这种情况下,该方法需要极大地降低协作机器人的功率和操作速度,以确保从机器人施加到人类的力不达到或超过允许接触力。这种功率和操作速度的降低会导致难以使协作机器人展示其原有的功能和性能。

[0018] 如图1所示,根据一个实施例,机器人控制系统1包括机器人2和机器人控制装置10。机器人控制装置10控制机器人2的操作。

[0019] 如作为示意图的图2所示,在根据本实施例的机器人控制系统1中,人类5可以位于机器人2的移动路径6上。如果机器人2沿移动路径6朝向人类5移动,则机器人2的至少一部分可能与位于移动路径6上的人类5接触或碰撞。在本实施例中,机器人2具有臂2A和末端执行器2C。臂2A包括至少一个关节2B和与该关节2B接合的至少两个连杆2D。在这种情况下,从由臂2A、关节2B、连杆2D和末端执行器2C组成的组中选择的至少一个可以与人类5接触或碰撞。

[0020] 为了减少当机器人2与人类5接触或碰撞时对人类5的影响,例如,机器人控制装置10可以如下操作。机器人控制装置10估计施加到机器人2的外力或扰动扭矩的大小和方向。当机器人2与人类5接触或碰撞时施加到机器人2的外力或扰动扭矩包括从机器人2施加到人类5的力的反作用力。机器人控制装置10使用估计外力或扰动扭矩的结果作为动态地改变机器人2的操作路径或停止机器人2以减小外力或扰动扭矩的基础。该布置可以减小当机器人2与人类5接触或碰撞时施加到人类5的力。

[0021] 机器人控制装置10获取当机器人2执行任务时机器人2将在其上操作的路径。当机器人2执行任务时的操作也被称为正常操作。当机器人2执行任务时机器人2将在其上操作的路径也被称为第一操作路径。机器人控制装置10使机器人2沿第一操作路径操作。作为机器人控制装置10自身生成第一操作路径的结果,机器人控制装置10可以获取第一操作路径。机器人控制装置10还可以从另一装置获取第一操作路径。

[0022] 当机器人2在操作的同时与人类5接触或碰撞时,流经驱动机器人2的电机的电流可能增加。机器人控制装置10可以基于当使机器人2沿第一操作路径操作时预期的电机电流与实际电机电流之间的偏差来估计施加到机器人2的外力或扰动扭矩。电机电流可以由电流传感器等来检测。

[0023] 当机器人2在操作的同时与人类5接触或碰撞时,机器人2的臂2A(包括连杆2D、关节2B等)的操作速度可能改变。机器人控制装置10可以基于当使机器人2沿第一操作路径操作时预期的每个连杆2D或每个关节2B的速度与每个连杆2D或每个关节2B的实际速度之间的偏差来估计施加到机器人2的外力或扰动扭矩。每个连杆2D或每个关节2B的速度可以由

加速度传感器等来检测。

[0024] 机器人控制装置10可以基于估计施加到机器人2的外力或扰动扭矩的结果来估计机器人2施加到人类5的力的大小和方向。机器人2施加到人类5的力的大小和方向被表示为碰撞矢量。即,机器人控制装置10可以基于估计施加到机器人2的外力或扰动扭矩的结果来估计相对于人类5的碰撞矢量。

[0025] 机器人控制装置10可以基于估计碰撞矢量的结果来获取用于减轻碰撞的操作路径。可以通过使机器人2减慢或停止以减小机器人2施加到人类5的力来减轻碰撞。机器人控制装置10可以基于估计碰撞矢量的结果来获取用于避免接触或碰撞的操作路径。可以通过沿远离人类5的方向移动机器人2来避免接触或碰撞。用于减轻碰撞或用于避免接触或碰撞的操作也被称为避让操作。用于减轻碰撞或用于避免接触或碰撞的操作路径也被称为避让操作路径。作为机器人控制装置10自身生成避让操作路径的结果,机器人控制装置10可以获取避让操作路径。机器人控制装置10还可以从另一装置获取避让操作路径。以这种方式,与不计算或获取避让操作路径并且简单地控制机器人2在机器人2一直操作的路径上向后移动直到发生碰撞为止的情况相比,计算或获取当机器人2碰撞时用于减轻碰撞的避让操作路径并且基于该避让操作路径使机器人2执行避让操作可以提高避让操作的可靠性。

[0026] 下面参照图1和图2描述机器人控制系统1的每个组件。

[0027] <机器人2>

[0028] 机器人2包括臂2A和末端执行器2C。臂2A包括关节2B和与关节2B接合的连杆2D。例如,臂2A可以被配置为6轴或7轴竖直多关节机器人。例如,臂2A还可以被配置为3轴或4轴水平多关节机器人。臂2A还可以被配置为2轴或3轴笛卡尔 (Cartesian) 机器人。臂2A还可以被配置为并联连杆机器人等。形成臂2A的轴的数量不限于所给出的示例。

[0029] 末端执行器2C可以包括例如被配置为抓握工作对象的抓握手。抓握手可以具有多个手指。抓握手可以具有两个或更多个手指。抓握手上的每个手指可以具有一个或多个关节。末端执行器2C还可以包括被配置为吸附工作对象的吸附手。末端执行器2C还可以包括被配置为铲起工作对象的铲手。末端执行器2C还可以包括钻头或其他工具,并且可以被配置为执行各种机器加工操作中的任何操作,诸如在工作对象中钻孔。末端执行器2C不限于这些示例,并且可以被配置为执行各种其他操作中的任何操作。

[0030] 机器人控制装置10可以通过控制机器人2的关节2B的角度来控制末端执行器2C的位置。末端执行器2C可以具有作为相对于工作对象的动作方向的参考的轴。当末端执行器2C具有轴时,机器人控制装置10可以通过控制关节2B的角度来控制末端执行器2C的轴的方向。机器人控制装置10控制末端执行器2C作用于工作对象的操作的开始和结束。机器人控制装置10可以通过控制末端执行器2C的操作同时控制末端执行器2C的位置或末端执行器2C的轴的方向来移动或机器加工工作对象。

[0031] <传感器3>

[0032] 机器人控制系统1还可以包括至少一个传感器3。传感器3检测关于机器人2的物理信息。关于机器人2的物理信息可以包括关于机器人2的至少一个配置部分的真实位置或取向的信息、或与机器人2的至少一个配置部分的速度或加速度有关的信息。关于机器人2的物理信息可以包括与作用在机器人2的至少一个配置部分上的力有关的信息。关于机器人2的物理信息可以包括与流经驱动机器人2的至少一个配置部分的电机的电流或该电机的扭

矩有关的信息。关于机器人2的物理信息表示机器人2的实际操作的结果。即,机器人控制系统1可以通过获取关于机器人2的物理信息来掌握机器人2的实际操作的结果。

[0033] 传感器3可以包括力传感器或触觉传感器,其检测作用在机器人2的至少一部分上的力、分布压力、滑动等作为关于机器人2的物理信息。传感器3可以包括加速度传感器,其检测机器人2的至少一部分的加速度作为关于机器人2的物理信息。传感器3可以包括运动传感器,其检测机器人2的至少一部分的位置或取向、或者速度或加速度作为关于机器人2的物理信息。传感器3可以包括电流传感器,其检测流经驱动机器人2的电机的电流作为关于机器人2的物理信息。传感器3可以包括扭矩传感器,其检测驱动机器人2的电机的扭矩作为关于机器人2的物理信息。

[0034] 传感器3可以安装在机器人2的关节2B中/上,或者安装在关节驱动器(诸如驱动关节2B的电机)中/上。传感器3可以安装在机器人2的连杆2D中/上。传感器3还可以设置在机器人2的臂2A和末端执行器2C之间。机器人2还可以安装在机器人2的末端执行器2C中/上。在本实施例中,假设电流传感器安装在关节2B中/上。假设加速度传感器安装在连杆2D中/上。假设触觉传感器安装在末端执行器2C的远端(例如,手指)中/上。假设力传感器安装在末端执行器2C和臂2A之间。请注意,电流传感器可以是能够测量电流值的任何传感器,并且可以是例如电阻检测类型或磁场检测类型的传感器。加速度传感器可以是能够测量加速度的任何传感器,并且可以是频率变化类型、压电类型、压阻类型或静电电容类型的传感器。

[0035] 传感器3将所检测到的关于机器人2的物理信息输出到机器人控制装置10。传感器3在特定定时处检测并输出关于机器人2的物理信息。传感器3输出关于机器人2的物理信息作为时间序列数据。

[0036] <相机4>

[0037] 机器人控制系统1还可以包括相机4。相机4拍摄位于可以影响机器人2的操作的影响范围内的物体或人类的图像。由相机4拍摄的图像可以包括单色亮度信息,并且还可以包括以红色、绿色和蓝色(RGB)等表示的多色亮度信息。影响范围包括机器人2的操作范围。影响范围还可以被设置为超出机器人2的操作范围向外延伸的范围。影响范围可以被设置为使得:如果人类等从影响范围的外部朝向机器人2的操作范围的内部移动,则可以在人类等进入机器人2的操作范围的内部之前使机器人2停止。例如,影响范围还可以被设置为从机器人2的操作范围的边界向外延伸特定距离的范围。还可以安装相机4,使得相机4可以拍摄俯瞰机器人2的影响范围或操作范围、或周围区域的图像。可以存在一个相机4。还可以存在两个或更多个相机4。请注意,相机4通过有线或无线方式连接到机器人控制装置10。机器人控制装置10被配置为获取由相机4拍摄的信息。

[0038] <机器人控制装置10>

[0039] 机器人控制装置10获取关于机器人2的物理信息。机器人控制装置10基于关于机器人2的物理信息来规划机器人2的操作并且生成用于控制机器人2的信息。用于控制机器人2的信息也被称为控制信息。机器人控制装置10基于控制信息来估计机器人2的理想操作,并且提供将所估计的操作与实际操作进行比较的结果作为关于机器人2的操作的规划以及控制信息的生成的反馈。

[0040] 具体地,机器人控制装置10包括状态估计单元20、操作规划单元30、操作控制单元40、受控体模型50、接口60和目标指定单元70。状态估计单元20和操作控制单元40也被称为

控制器。即,控制器包括状态估计单元20和操作控制单元40。控制器被配置为控制机器人2。操作规划单元30可以被实现为控制器中包括的配置、与控制器分离的配置、或外部服务器的功能。

[0041] 机器人控制装置10可以包括至少一个处理器,以提供用于执行各种功能的控制和处理能力。机器人控制装置10的至少一个配置部分可以包括至少一个处理器。机器人控制装置10的多个配置部分可以由单个处理器来实现。整个机器人控制装置10还可以由单个处理器来实现。处理器可以执行程序以实现机器人控制装置10的各种功能。处理器可以被实现为单个集成电路。集成电路也被称为IC。处理器可以被实现为多个通信地连接的集成电路和分立电路。处理器可以基于各种其他已知技术中的任一种来实现。

[0042] 机器人控制装置10可以包括存储设备。存储设备可以包括电磁存储介质(诸如磁盘)或存储器(诸如半导体存储器或磁存储器)。存储设备存储各种信息、要由机器人控制装置10执行的程序等。存储设备可以充当机器人控制装置10的工作存储器。存储器的至少一部分可以被配置为与机器人控制装置10分离的实体。

[0043] 机器人控制装置10可以包括被配置为以有线或无线方式进行通信的通信设备。通信设备可以被配置为根据基于各种通信标准中的任一种的通信方案进行通信。

[0044] 机器人控制装置10可以包括一个或更多个服务器。机器人控制装置10可以被配置为使多个服务器执行并行处理。机器人控制装置10不一定包括物理外壳,并且还可以基于虚拟化技术(诸如虚拟机或容器编排系统)来配置。机器人控制装置10还可以使用云服务来配置。当使用云服务来配置时,机器人控制装置10可以通过组合管理服务来配置。即,机器人控制装置10的功能可以被实现为云服务。

[0045] 机器人控制装置10可以包括至少一个服务器集群和至少一个数据库集群。服务器集群充当机器人控制装置10的控制器。数据库集群充当机器人控制装置10的存储设备。可以存在一个服务器集群。还可以存在两个或更多个服务器集群。在一个服务器集群的情况下,由一个服务器集群实现的功能包含由每个服务器集群实现的功能。服务器集群以有线或无线方式彼此通信地连接。可以存在一个数据库集群。还可以存在两个或更多个数据库集群。可以基于要由机器人控制装置10管理的数据的量和机器人控制装置10的可用性要求来适当地增加或减少数据库集群的数量。数据库集群以有线或无线方式通信地连接到服务器集群。机器人控制装置10还可以连接到外部数据库。还可以配置包括机器人控制装置10和外部数据库的系统。

[0046] 在图1中,机器人控制装置10被示出为单个配置,但可以根据需要将多个配置作为单个系统进行管理。即,机器人控制装置10被配置为可扩展的平台。通过使用多个配置作为机器人控制装置10,即使一个配置由于自然灾害或其他不可预见的事件而变得不可操作,系统也将使用其他配置来继续操作。在这种情况下,多个配置通过有线和/或无线信道互连,并且能够彼此通信。多个配置还可以跨云服务和本地环境来构建。

[0047] 机器人控制装置10通过有线和/或无线信道通信地连接到机器人控制系统1的至少一个配置。机器人控制系统1的至少一个配置和机器人控制装置10相互配备有使用标准协议、允许双向通信的接口。

[0048] 下面描述了机器人控制装置10的每个配置部分。

[0049] <<接口60>>

[0050] 接口60从机器人2获取物理信息,并且将该物理信息输出到状态估计单元20和操作规划单元30。接口60从操作控制单元40获取机器人2的控制信息,并且将该控制信息输出到机器人2。

[0051] 接口60可以获取关于机器人2的物理信息作为传感器3的检测的结果。接口60还可以采用估计来获取传感器3无法直接检测到的物理信息。接口60可以获取的物理信息包括表示机器人2的实际位置、取向和操作的信息,并且也被称为真实物理信息。

[0052] <<目标指定单元70>>

[0053] 目标指定单元70生成指定机器人2将对其进行操作的目标的信息,并且将所生成的信息输出到操作规划单元30。指定机器人2将对其进行操作的目标的信息也被称为目标指定。目标指定单元70可以包括输入设备,该输入设备从使用机器人2来执行工作的工人接受指定机器人2的目标的输入。目标指定单元70可以基于来自工人的输入来生成目标指定,并且将该目标指定输出到操作规划单元30。目标指定单元70还可以从外部装置获取目标指定,并且将该目标指定输出到操作规划单元30。当检测到碰撞时,目标指示单元70还可以从状态估计单元20获取目标指示。

[0054] <<受控体模型50>>

[0055] 受控体模型50是表示机器人2的理想状态的模型。受控体模型50接受机器人2的控制输入的输入,并且输出假设机器人2基于该控制输入来理想地操作而获得的关于机器人2的物理信息。假设机器人2基于控制输入来理想地操作而获得的关于机器人2的物理信息也被称为估计的物理信息。即,受控体模型50通过接受控制输入作为输入并模拟机器人2的操作来生成并输出估计的物理信息。受控体模型50将所估计的物理信息输出到状态估计单元20。

[0056] <<状态估计单元20>>

[0057] 状态估计单元20基于从接口60获取的真实物理信息和从受控体模型50获取的估计的物理信息来估计机器人2的状态。状态估计单元20可以基于真实物理信息和所估计的物理信息之间的差异来估计机器人2的状态。状态估计单元20将估计机器人2的状态的结果输出到操作规划单元30。状态估计单元20基于估计施加到机器人2的外力的结果来检测人类5等与机器人2的至少一部分的碰撞。当所估计的外力是碰撞阈值或更大时,状态估计单元20可以检测到人类5等已经与机器人2发生碰撞。可以适当地设置碰撞阈值。当检测到人类5等与机器人2的至少一部分发生的碰撞后,状态估计单元20可以向操作规划单元30输出检测到碰撞的指示。当检测到碰撞后,状态估计单元20可以向目标指示单元70输出目标指示,以使机器人2执行避让操作。

[0058] <<空间信息获取单元80>>

[0059] 机器人控制装置10还可以包括空间信息获取单元80。空间信息获取单元80获取与空间中存在的对象有关的空间点云信息作为空间信息。空间点云信息是通过使用点云来表示空间的信息。空间信息获取单元80可以获取关于空间的RGB信息作为空间信息。空间信息获取单元80将空间信息输出到操作规划单元30。

[0060] 机器人控制系统1可以包括检测空间点云信息的视觉传感器。空间信息获取单元80可以从视觉传感器获取空间点云信息。视觉传感器可以安装在俯瞰整个机器人2(诸如机器人2的臂2A的连杆2D或关节2B、末端执行器2C的远端等)、机器人2的影响范围、或机器人2

的影响范围的周围环境的位置处。

[0061] 空间信息获取单元80可以从相机4获取捕获的图像。空间信息获取单元80还可以包括相机4。相机4可以安装在机器人2的臂2A的连杆2D或关节2B、末端执行器2C的远端等上/中。空间信息获取单元80获取从相机4获取的拍摄图像的RGB信息。空间信息获取单元80可以基于拍摄图像的深度信息来检测空间点云信息。深度信息包括与相机4的拍摄对象的深度有关的信息。

[0062] <<操作规划单元30>>

[0063] 操作规划单元30从状态估计单元20获取估计机器人2的状态的结果。操作规划单元30从目标指定单元70获取目标指定。操作规划单元30从空间信息获取单元80获取空间信息。基于估计机器人2的状态的结果、目标指示和空间信息,操作规划单元30规划机器人2的第一操作路径,使得机器人2不接触附近对象,诸如由相机4拍摄到的位于影响范围内的物体或人类。具体地,操作规划单元30可以设置机器人2的至少一个配置部分将在其上移动的路径的起点、终点或路径点。操作规划单元30可以使用由任何坐标系(诸如XYZ坐标系)定义的空间坐标信息来表示起点、终点或路径点。操作规划单元30还可以在机器人2的路径上包括的每个位置处设置机器人2的至少一个配置部分的取向。操作规划单元30可以将该取向表示为机器人2的至少一个关节2B的角度。

[0064] 操作规划单元30还可以计算机器人2将在其上执行避让操作的避让操作路径。目标指定单元70可以设置避让操作的操作起点和操作终点。避让操作的操作终点可以设置在碰撞矢量的延长线上。当检测到机器人2和人类5等之间的碰撞时,避让操作的操作路径的操作起点可以设置在机器人2的实际位置处。根据碰撞矢量的大小来确定操作起点和操作终点之间的距离。操作规划单元30从对象指定单元70获取避让操作的操作起点和操作终点,并且计算当使机器人2执行避让操作时的操作路径。请注意,所计算的避让操作路径可以是与第一操作路径不同的第二操作路径,并且还可以是第一操作路径。

[0065] 请注意,操作规划单元30还可以获取空间信息,并且使用该空间信息作为实现避让操作以便不接触由相机拍摄到的在影响范围内的附近对象的基础。另一方面,与在正常操作期间不同,操作规划单元30还可以使避让操作优先,并且不需要获取空间信息。

[0066] 操作规划单元30规划机器人2的操作,以使机器人2在规划路径上操作。操作规划单元30在机器人2的路径上包括的每个位置处规划机器人2的至少一个配置部分的速度或角速度、或者加速度或角加速度。

[0067] 操作规划单元30将指定至少一个规划路径或操作的信息输出到操作控制单元40。指定至少一个规划路径或操作的信息也被称为规划信息。

[0068] <<操作控制单元40>>

[0069] 操作控制单元40基于从操作规划单元30获取的规划信息来生成机器人2的控制输入以允许适当地控制机器人2。操作控制单元40通过接口60将所生成的控制输入输出到机器人2。例如,操作控制单元40使机器人2沿第一操作路径操作。例如,机器人2的控制输入可以包括用于控制驱动机器人2的至少一个关节2B的电机的输出的信息。

[0070] (机器人控制装置10的操作的示例)

[0071] 如上所述,机器人控制装置10包括控制器。该控制器包括状态估计单元20和操作控制单元40。操作控制单元40从操作规划单元30获取指定第一操作路径的信息,并且使机

器人2沿第一操作路径操作。

[0072] 状态估计单元20基于估计机器人2的状态的结果来检测与机器人2的至少一部分的碰撞。状态估计单元20将检测与机器人2的至少一部分的碰撞的结果输出到操作规划单元30。基于检测与机器人2的至少一部分的碰撞的结果,操作规划单元30生成机器人2将在其上操作以减轻碰撞的能量的操作路径。作为被生成的结果,针对避让操作而生成的避让操作路径可以是与第一操作路径相同的路线,或者是与第一操作路径不同的路线的第二操作路径。

[0073] 操作控制单元40被配置为从操作规划单元30获取指定用于避让操作的操作路径的信息。即,操作控制单元40被配置为:当状态估计单元20检测到与机器人2的至少一部分发生的碰撞时,获取指定用于避让操作的操作路径的信息。当获取到指定第二操作路径的信息后,操作控制单元40使机器人2沿第二操作路径执行避让操作。通过沿与第一操作路径不同的第二操作路径操作,机器人2被配置为在与当沿第一操作路径检测到碰撞时的方向不同的方向上执行避让操作。机器人2还可以被配置为使得:当获取第一操作路径作为用于避让操作的操作路径后,机器人2通过操作以在相同的第一操作路径上而不是在第二操作路径上返回来执行避让操作。

[0074] 请注意,操作控制单元40还可以使机器人2基于状态估计单元20的碰撞估计结果的置信度来操作。具体地,例如,当来自状态估计单元20的估计结果具有较小置信度时,可以在不使操作规划单元30计算避让操作路径的情况下执行避让操作。在这种情况下,例如,避让操作可以使机器人2操作以在与正常操作期间相同的第一操作路径上返回。

[0075] 状态估计单元20估计当机器人2到达避让操作的操作终点时的机器人2的状态。状态估计单元20基于估计施加到机器人2的外力的结果来估计是否已经避免或减轻了碰撞。状态估计单元20可以检测人类5等是否仍然与机器人2碰撞。当施加到机器人2的外力是碰撞阈值或更大时,状态估计单元20可以检测到人类5等仍然与机器人2碰撞。当检测到人类5等仍然与机器人2碰撞后,状态估计单元20可以向操作规划单元30输出检测到碰撞的指示。状态估计单元20可以向目标指示单元70输出目标指示,以使机器人2再次执行避让操作。

[0076] 当机器人2执行正常操作时,操作规划单元30确定第一操作路径,以控制臂2A的远端的位置和末端执行器2C的取向。另一方面,当机器人2执行避让操作时,操作规划单元30可以确定第二操作路径,使得机器人2的与人类5等碰撞的部分(诸如连杆2D、关节2B或末端执行器2C)远离碰撞实体(人类5等)移动。

[0077] 当使机器人2执行正常操作时,在一些情况下,机器人控制装置10使每个连杆2D和关节2B的每个关节2B沿各个方向移动,以将臂2A的远端的位置和末端执行器2C的取向控制在适合于任务的位置和取向。另一方面,当使机器人2执行避让操作时,机器人控制装置10可以在机器人2的比检测到碰撞的连杆2D或关节2B更靠近远端的部分(更靠近末端执行器2C的部分)中保持连杆2D和关节2B的形状。在保持该形状的同时,机器人控制装置10可以使检测到碰撞的连杆2D或关节2B远离碰撞实体(人类5等)移动。在这种情况下,机器人控制装置10可以移动远离远端的部分(远离末端执行器2C的部分)中的连杆2D或关节2B(包括检测到碰撞的连杆2D或关节2B)。

[0078] 机器人2要执行的避让操作可以是2D操作或3D操作。2D操作对应于在单个平面内移动每个连杆2D或每个关节2B。3D操作对应于三维地移动每个连杆2D或每个关节2B,而不

限于平面。

[0079] 状态估计单元20可以检测机器人2的多个部分中的碰撞。例如,状态估计单元20可以估计外力被施加到机器人2的多个连杆2D或多个关节2B。状态估计单元20可以估计外力被施加到机器人2的至少一个连杆2D和至少一个关节2B。基于这些估计结果,状态估计单元20可以检测到机器人2在机器人2的多个部分中与人类5等发生碰撞。当机器人2在多个部分中与人类5等发生碰撞时,在某些情况下(诸如当碰撞实体被臂2A等卡住时),可能难以避让。当检测到机器人2的多个部分中的碰撞时,状态估计单元20可以控制机器人2以停止机器人2。

[0080] <流程图的示例>

[0081] 机器人控制装置10可以执行包括图3和图4所例示的流程图的过程的机器人控制方法。机器人控制方法还可以被实现为要由形成机器人控制装置10的处理器执行的机器人控制程序。机器人控制程序可以被存储在非暂时性计算机可读介质中。

[0082] 机器人控制装置10可以执行图3所例示的以下过程,从而控制机器人2以减小施加到机器人2的外力。机器人控制装置10的操作控制单元40(控制器)获取第一操作路径(步骤S1)。机器人控制装置10的操作控制单元40(控制器)控制机器人2以使机器人2沿第一操作路径操作(步骤S2)。机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)确定是否检测到施加到机器人2的外力(步骤S3)。如果状态估计单元20(控制器)未检测到外力(步骤S3:“否”),则机器人控制装置10的操作控制单元40(控制器)返回到步骤S2,并且继续控制机器人2。如果状态估计单元20(控制器)检测到外力(步骤S3:“是”),则机器人控制装置10的操作控制单元40(控制器)获取避让操作路径(步骤S4)。机器人控制装置10的操作控制单元40(控制器)控制机器人2以使机器人2沿避让操作路径操作(步骤S5)。在结束步骤S5中的过程之后,机器人控制装置10结束执行图3中的流程图的过程。在结束步骤S5中的过程之后,机器人控制装置10还可以返回到步骤S1中的过程,并且重新获取第一操作路径。

[0083] 机器人控制装置10可以执行图4所例示的以下过程,从而检测施加到机器人2的外力并且校正动作规划。机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)估计扰动扭矩(步骤S11)。具体地,机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)可以计算臂2A的受控体模型50和机器人2的实际臂2A之间的扭矩(电流)差,并且基于该扭矩(电流)差来估计扰动扭矩。机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)确定机器人2是否已经与人类或其他对象发生碰撞(步骤S12)。具体地,当检测到异常扭矩后,机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)确定机器人2已经与人类等发生碰撞。如果机器人2尚未与另一对象发生碰撞(步骤S12:“否”),则机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)返回到步骤S11中的过程,并且继续估计扰动扭矩。图4的步骤S11和S12中的过程对应于图3的步骤S2和S3中的过程。

[0084] 如果机器人2已经与另一对象发生碰撞(步骤S12:“是”),则机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)估计例如与另一对象发生碰撞的连杆2D(步骤S13)。具体地,机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)基于机器人2的每个连杆2D或每个关节2B的扭矩以及异常扭矩来推断哪个连杆2D或关节2B与另一对象发生碰撞。请注意,当臂2A、连杆2D、关节2B、末端执行器2C已经与另一对象发生碰撞时,机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)可以估计已经与另一对象发生碰撞的臂2A、连杆2D、关节2B或末端执行器2C。机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)计算相对于已经与另一对象发生碰撞的连杆2D

的碰撞矢量(步骤S14)。具体地,机器人控制装置10的状态估计单元20(控制器)基于扰动扭矩与连杆2D或关节2B之间的速度差来计算碰撞矢量。机器人控制装置10的操作规划单元30或充当操作规划单元30的外部服务器重新计算机器人2的操作路径(步骤S15)。具体地,机器人控制装置10的操作规划单元30或充当操作规划单元30的外部服务器基于连杆2D或关节2B的碰撞矢量或碰撞扭矩来重新计算机器人2的操作路径,以减轻碰撞能量。图4的步骤S13至S15中的过程对应于图3的步骤S4中的过程。

[0085] 机器人控制装置10的操作规划单元30或充当操作规划单元30的外部服务器基于所重新计算的操作路径来校正操作规划(步骤S16)。机器人控制装置10的操作控制单元40(控制器)通过基于校正后的操作规划控制机器人2来减轻机器人2和另一对象之间的碰撞。图4的步骤S16中的过程对应于图3的步骤S5中的过程。在执行步骤S16中的过程之后,机器人控制装置10结束执行图4中的流程图的过程。

[0086] 如上所述,根据如本实施例中的机器人控制装置10和机器人控制方法,当机器人2与另一对象发生碰撞时,减轻了碰撞的能量。这降低了机器人2将甚至更强烈地接触碰撞对象或接触除了碰撞对象之外的对象等的可能性。结果是提高了机器人2的避让动作的可靠性。

[0087] (其他实施例)

[0088] 状态估计单元20(控制器)被配置为基于机器人2的电机电流的变化来估计施加到机器人2的外力。状态估计单元20(控制器)可以基于所估计的外力来检测与机器人2的至少一部分的碰撞。当外力大于第一阈值时,状态估计单元20(控制器)可以检测到与机器人2的至少一部分的碰撞。如果由状态估计单元20估计的外力未超过第一阈值,则操作控制单元40(控制器)可以降低机器人2沿第一操作路径的操作的操作速度。降低机器人2沿第一操作路径的操作的操作速度意味着降低当机器人2执行正常操作时的操作速度。状态估计单元20(控制器)可以基于机器人2的加速度来检测与机器人2的至少一部分的碰撞。状态估计单元20(控制器)还可以基于机器人2的加速度来检测机器人2的碰撞方向。

[0089] 状态估计单元20(控制器)可以基于由电流传感器测量的关节2B的电机电流的测量值以及由加速度传感器测量的连杆2D、关节2B等的加速度的测量值来检测与机器人2的至少一部分的碰撞。具体地,当机器人2与某物发生碰撞并且停止移动时,机器人2的连杆2D、关节2B等的加速度的测量值变为零或接近零的值。另一方面,关节2B的电机电流的测量值与通过状态估计单元20估计机器人2的状态而获得的电流的估计值存在偏差。因此,当机器人2的连杆2D、关节2B等的加速度的测量值为零或接近零的值并且关节2B的电机电流的测量值和根据状态估计单元20的电流的估计值之间的差为预定值或更大时,状态估计单元20(控制器)可以检测到机器人2的至少一部分已经与人类5等发生碰撞。

[0090] 在发生碰撞之后,关节2B的电机电流响应于反馈控制而增加或减少。因此,在仅基于关节2B的电机电流的测量值来检测碰撞的情况下,与基于连杆2D或关节2B的加速度的测量值来检测碰撞的情况相比,碰撞检测可能被延迟。在仅基于传感器3(其是电流传感器或加速度传感器)来检测碰撞的情况下,碰撞检测的精度可以是对情况的鲁棒性和感测速度之间的权衡。因此,基于传感器3(包括电流传感器和加速度传感器两者)来检测碰撞可以减轻上述的权衡。如果当发生碰撞时和当关节2B的电机电流改变时之间的延迟时间实际上不构成问题,则状态估计单元20(控制器)还可以基于关节2B的电机电流的测量值来检测碰

撞,而不使用加速度的测量值。

[0091] 操作控制单元40(控制器)可以使机器人2执行避让操作,直到施加到机器人2的外力小于第二阈值为止。操作控制单元40(控制器)可以基于施加到机器人2的外力的大小来改变避让操作的操作速度。如果机器人2不能在预定时间内执行避让操作,则操作控制单元40(控制器)可以中断机器人2的电源。

[0092] 当状态估计单元20(控制器)检测到与机器人2的至少一部分发生的碰撞时,操作规划单元30可以生成第二操作路径作为用于减轻碰撞能量的操作路径。可以基于机器人2的碰撞方向来生成第二操作路径。第二操作路径可以被生成为使得第二操作路径的至少初始路径包括与机器人2的碰撞方向相反的分量。

[0093] 操作规划单元30还可以被配置为机器人控制装置10外部的服务器,诸如在云计算环境中执行计算的服务器。当操作规划单元30被配置为机器人控制装置10外部的服务器时,状态估计单元20(控制器)可以将估计机器人2的状态的结果输出到外部操作规划单元30。操作控制单元40(控制器)可以从外部操作规划单元30获取操作路径。即,操作控制单元40(控制器)可以被配置为不仅从机器人控制装置10的内部而且还从外部获取操作路径。

[0094] 前面描述了机器人控制系统1的实施例,但在本公开中,实施例还可以被实现为用于实现系统或设备的方法或程序,或者被实现为其中记录有程序的存储介质(诸如光盘、磁光盘、CD-ROM、CD-R、CD-RW、磁带、硬盘或存储卡)。程序可以存储在非暂时性计算机可读介质中。

[0095] 程序形式的实施例不限于诸如由编译器编译的目标代码或要由解释器执行的程序代码之类的应用程序,并且还可以是诸如并入到操作系统中的程序模块之类的形式。程序可以被配置为或可以不被配置为使得仅在控制板上的CPU中执行所有处理。程序还可以被配置为部分地或全部由安装在扩展板上的另一处理单元或根据需要添加到该板上的扩展单元来实现。

[0096] 前面对根据本公开的实施例的描述基于附图和示例,但是应注意,本领域技术人员可以基于本公开做出各种变化或修改。因此,应当理解,这些变化或修改被包括在本公开的范围内。例如,可以以逻辑上不矛盾的方式重新布置每个组件等中包括的功能等。多个组件等可以被组合为一个组件,或者单个组件可以被分割。

[0097] 在本公开中,诸如“第一”和“第二”之类的限定词是用于区分配置的标识符。在本公开中,表示通过诸如“第一”和“第二”之类的限定词来区分的配置的数字是可互换的。例如,标识符“第一”和“第二”可以在第一操作路径和第二操作路径之间互换。标识符同时互换。在互换标识符之后,仍然可以区分配置。可以移除标识符。标识符被移除的配置通过符号来区分。本公开中对诸如“第一”和“第二”之类的标识符的描述不应用作解释配置的顺序或存在具有较小数字的标识符的基础。

[0098] 附图标记

[0099] 1机器人控制系统

[0100] 2机器人(2A:臂,2B:关节,2C:末端执行器,2D:连杆)

[0101] 3传感器

[0102] 4相机

[0103] 5人类

[0104] 6移动路径

[0105] 10机器人控制装置(20:状态估计单元,30:操作规划单元,40:操作控制单元,50:受控体模型,60:接口,70:目标指定单元,80:空间信息获取单元)。

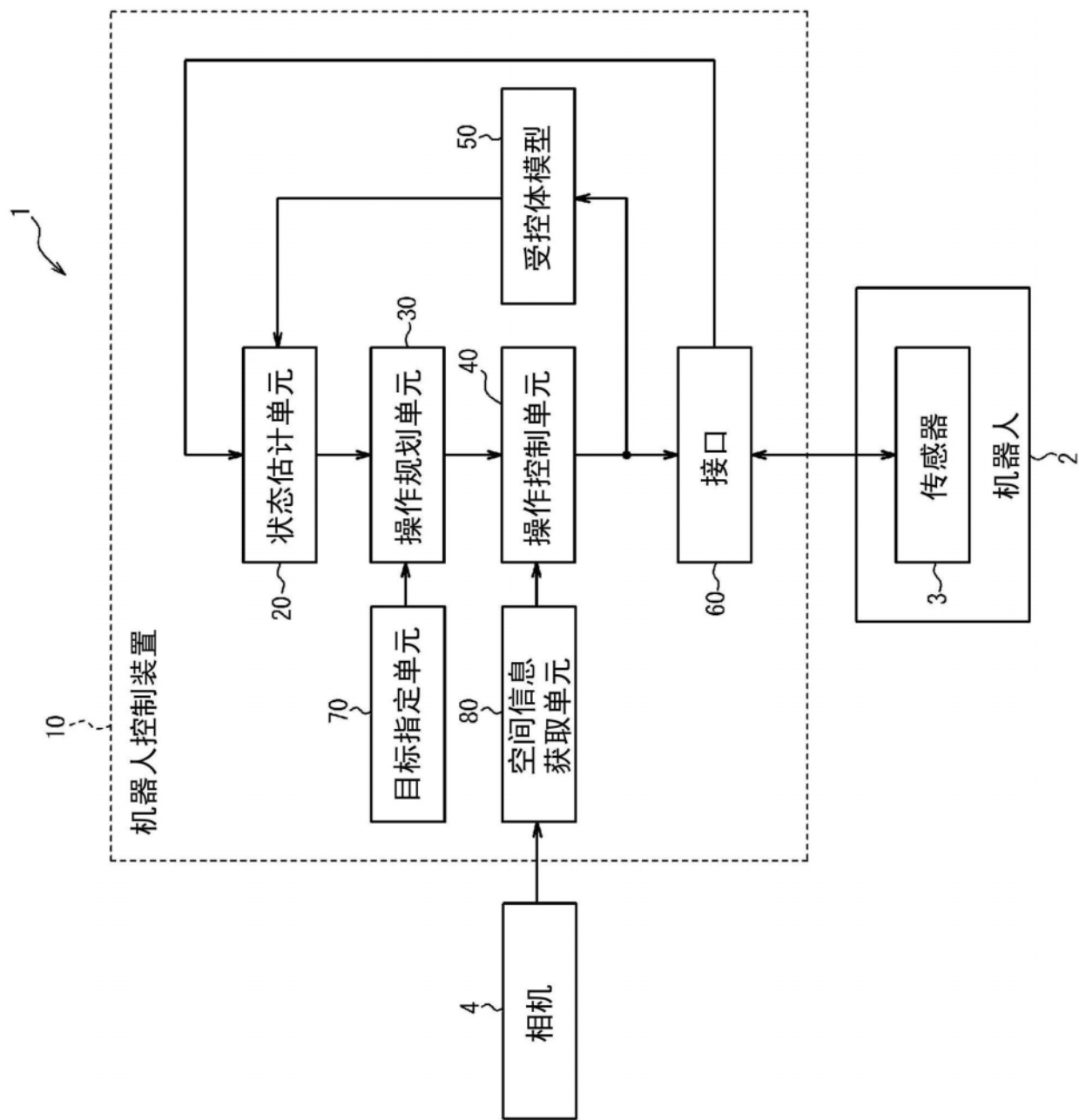


图1

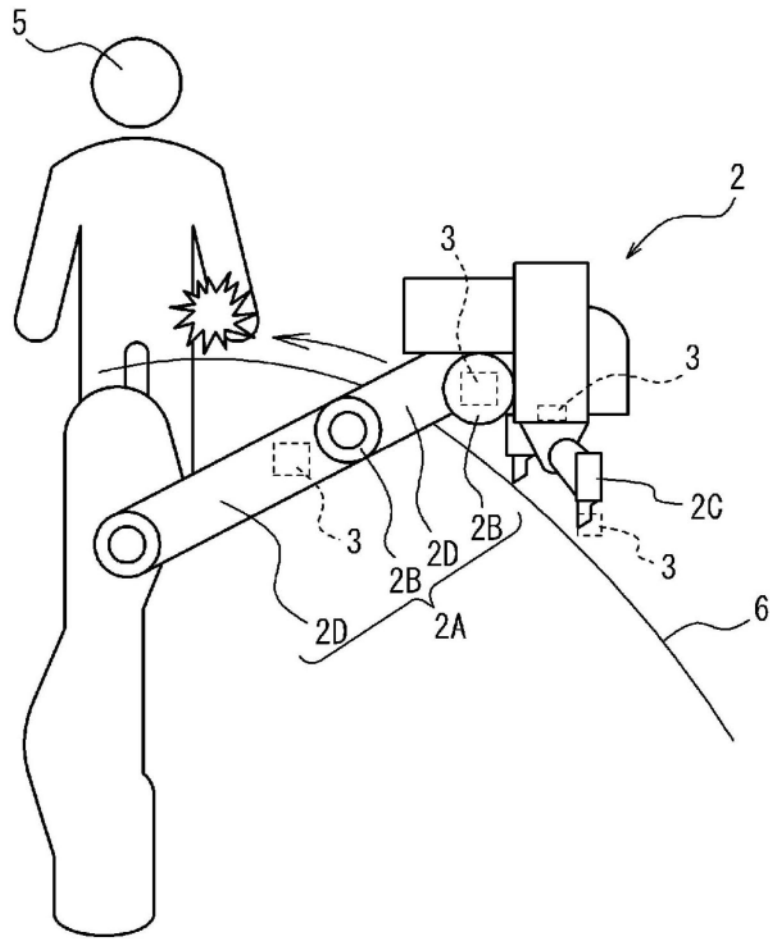


图2

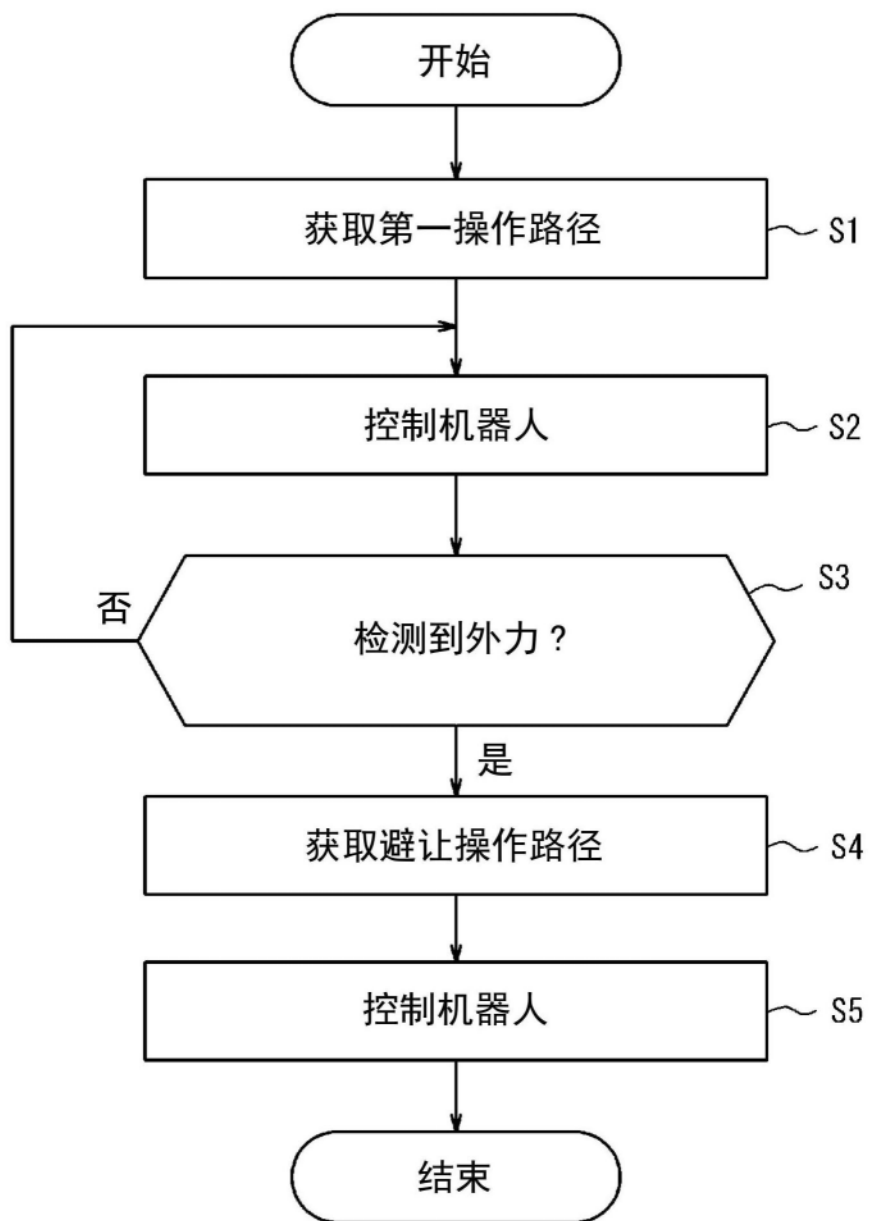


图3

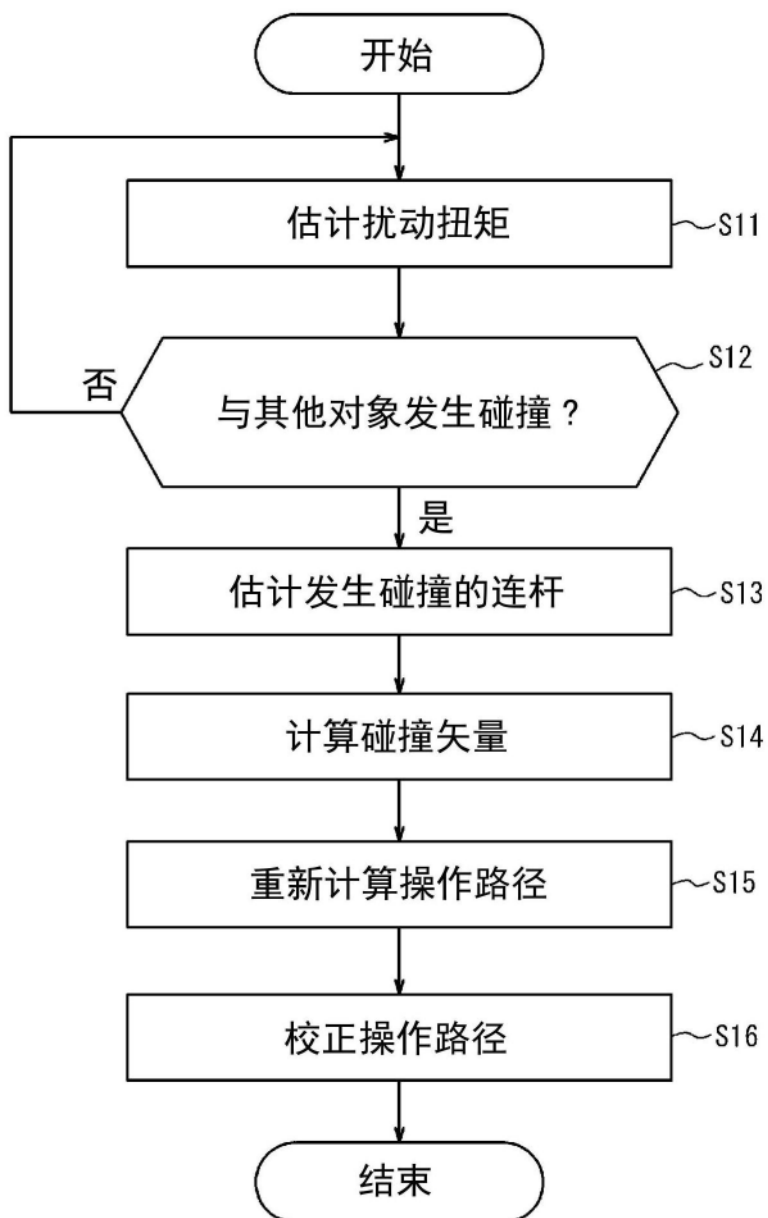


图4