



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112025708 A

(43) 申请公布日 2020.12.04

(21) 申请号 202010893450.3

(22) 申请日 2020.08.31

(71) 申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号

(72) 发明人 余张国 董岳 陈学超 黄强
王晨征 石青 黄岩

(74) 专利代理机构 南京智造力知识产权代理有限公司 32382

代理人 张明明

(51) Int. Cl.

B25J 9/16 (2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

利用现场工具完成敲击任务的控制系统及方法

(57) 摘要

本发明提供了一种利用现场工具完成敲击任务的控制系统及方法,属于机器人控制技术领域。本发明在遥操作条件下,远程协助机器人在现场找到合适的类似工具,并确定工具的期望估计质量,将期望估计质量和期望冲量输入神经网络模型,得到重力补偿阶段规划速度;机器人手臂按照规划的运动轨迹、重力补偿阶段起始角度和重力补偿阶段规划速度,完成敲击动作,撞击完成后返回;遥操作条件下的神经网络模型由不同质量的被操作物体及相应的冲量训练神经网络得到。本发明无需机器人携带工具,使用的现场工具无需经过大量测试实验,增加遥操作机器人的使用范围。



1. 利用现场工具完成敲击任务的控制方法,其特征在于:

由机器人手臂末端的被操作物体规划机器人手臂末端点的运动轨迹,机器人手臂按照规划的运动划轨迹敲击物体时,获取被操作物体的估计质量,设定重力补偿阶段规划速度,并获取被敲击物体施加的实际冲量;更换被操作物体,得到不同质量下被操作物体的估计质量,针对不同质量的被操作物体,设定重力补偿阶段规划速度,并得到敲击物体时相应的冲量,由不同质量的被操作物体及相应的冲量训练神经网络,得到遥操作条件下的神经网络模型;

在遥操作条件下,远程协助机器人在现场找到合适的类似工具,并确定工具的期望估计质量,将期望估计质量和期望冲量输入神经网络模型,得到重力补偿阶段规划速度;

机器人手臂按照规划的运动轨迹、重力补偿阶段起始角度和重力补偿阶段规划速度,完成敲击动作,撞击完成后返回。

2. 根据权利要求1所述的利用现场工具完成敲击任务的控制方法,其特征在于,所述机器人手臂按照规划的运动划轨迹敲击物体时,根据手臂动力学模型:

$$\tau = M(\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta})\ddot{\theta} + B(\theta, \dot{\theta}) + G(\theta)$$

其中: τ 是关节力矩, $M(\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta})$ 是惯性矩阵,与关节角度 θ 、角速度 $\dot{\theta}$ 、角加速度 $\ddot{\theta}$ 相关, $B(\theta, \dot{\theta})$ 是离心力和科氏力, $G(\theta)$ 是手臂的重力矢量。

3. 根据权利要求2所述的利用现场工具完成敲击任务的控制方法,其特征在于,所述运动划轨包括加速阶段、重力补偿阶段和返回阶段。

4. 根据权利要求1所述的利用现场工具完成敲击任务的控制方法,其特征在于,所述神经网络的输入为估计质量 \hat{m}_i 和冲量 \hat{p}_{ij} ,输出是重力补偿阶段规划速度 \hat{v}_{ij} , i 表示质量为 m_i 的被操作物体, j 为被操作物体 m_i 对应的速度或冲量的个数, $i=1,2,3\cdots n$, $j=1,2,3\cdots m$ 。

5. 根据权利要求4所述的利用现场工具完成敲击任务的控制方法,其特征在于,所述合适的类似工具判定条件为:机器人在现场找到类似工具估计质量满足 $\hat{m}_0 \leq \max(\hat{m}_1, \hat{m}_2, \dots)$ 。

6. 根据权利要求1所述的利用现场工具完成敲击任务的控制方法,其特征在于,所述期望冲量是由操作人员根据被敲击物体的类型,设定的经验值。

7. 一种根据权利要求1-6任一项所述的利用现场工具完成敲击任务的控制系统,其特征在于,包括工控机、力传感器和位置传感器,力传感器设置在遥操作机器人手腕处,用于估计被操作物体的质量,位置传感器设置在机器人手臂各关节处,力传感器和位置传感器将获取的数据发送给工控机;工控机结合动力学模型,控制机器人手腕末端点按照规划的轨迹运动。

利用现场工具完成敲击任务的控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于机器人控制技术领域,具体涉及利用现场工具完成敲击任务的控制系统及方法。

背景技术

[0002] 随着科学技术的发展,机器人的种类越来越多,应用范围越来越广。遥操作机器人,集成了机器人技术和遥操作技术,已经在深空探索、深海探测、核电站维护等方面取得了广泛的应用。

[0003] 但是,在以往的遥操作中,机器人主要是通过执行操作员远程发送的指令,完成相应的任务,由于通信延迟的存在,导致执行的任务是相对静态的、慢速的,虽然部分机器人通过提高机器人的自主性,具备了一定操作动态、快速任务的能力,但是往往要求被操作物体是经过大量调试、测试过的。如果遥操作机器人为了完成某一任务的同时,还需要随身携带完成该任务的工具,比如拿着锤子敲钉子、抬着破门锤利用其惯性撞开门等,就极大地降低了遥操作机器人的运动能力,限制了应用范围。因此,很有必要发明一种可以利用现场相似工具完成特定任务的控制系统或方法。现有技术仅仅能执行慢速的操作,无法利用物体(工具)的质量完成敲击任务,也不能在遥操作状态下动态操作未经过大量测试实验的工具,导致必须随身携带工具。

发明内容

[0004] 针对现有技术中存在不足,本发明提供了利用现场工具完成敲击任务的控制系统及方法,实现了遥操作条件下,机器人使用现场工具完成敲击任务的功能,增加遥操作机器人的使用范围。

[0005] 本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

[0006] 利用现场工具完成敲击任务的控制方法,由机器人手臂末端的被操作物体规划机器人手臂末端点的运动轨迹,机器人手臂按照规划的运动划轨迹敲击物体时,获取被操作物体的估计质量,设定重力补偿阶段规划速度,并获取被敲击物体施加的实际冲量;更换被操作物体,得到不同质量下被操作物体的估计质量,针对不同质量的被操作物体,设定重力补偿阶段规划速度,并得到敲击物体时相应的冲量,由不同质量的被操作物体及相应的冲量训练神经网络,得到遥操作条件下的神经网络模型;

[0007] 在遥操作条件下,远程协助机器人在现场找到合适的类似工具,并确定工具的期望估计质量,将期望估计质量和期望冲量输入神经网络模型,得到重力补偿阶段规划速度;

[0008] 机器人手臂按照规划的运动轨迹、重力补偿阶段起始角度和重力补偿阶段规划速度,完成敲击动作,撞击完成后返回。

[0009] 进一步的,所述机器人手臂按照规划的运动划轨迹敲击物体时,根据手臂动力学模型:

$$[0010] \quad \tau = M(\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta})\ddot{\theta} + B(\theta, \dot{\theta}) + G(\theta)$$

[0011] 其中： τ 是关节力矩， $M(\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta})$ 是惯性矩阵，与关节角度 θ 、角速度 $\dot{\theta}$ 、角加速度 $\ddot{\theta}$ 相关， $B(\theta, \dot{\theta})$ 是离心力和科氏力， $G(\theta)$ 是手臂的重力矢量。

[0012] 更进一步的，所述运动划轨包括加速阶段、重力补偿阶段和返回阶段。

[0013] 进一步的，所述神经网络的输入为估计质量 \hat{m}_i 和冲量 \hat{p}_{ij} ，输出是重力补偿阶段规划速度 \hat{v}_{ij} ， i 表示质量为 m_i 的被操作物体， j 为被操作物体 m_i 对应的速度或冲量的个数， $i=1, 2, 3 \dots n$ ， $j=1, 2, 3 \dots m$ 。

[0014] 更进一步的，所述合适的类似工具判定条件为：机器人在现场找到类似工具估计质量满足 $\hat{m}_0 \leq \max(\hat{m}_1, \hat{m}_2, \dots)$ 。

[0015] 进一步的，所述期望冲量是由操作人员根据被敲击物体的类型，设定的经验值。

[0016] 利用现场工具完成敲击任务的控制系统，包括工控机、力传感器和位置传感器，力传感器设置在遥操作机器人手腕处，用于估计被操作物体的质量，位置传感器设置在机器人手臂各关节处，力传感器和位置传感器将获取的数据发送给工控机；工控机结合动力学模型，控制机器人手腕末端点按照规划的轨迹运动。

[0017] 本发明的有益效果为：本发明由机器人手臂末端安装的被操作物体规划机器人手臂末端点的运动轨迹，机器人手臂按照规划轨迹敲击完被敲击物体时，获取被操作物体的估计质量，设定重力补偿阶段规划速度，对被敲击物体进行敲击后，获取对被敲击物体施加的实际冲量；更换被操作物，得到不同质量下被操作物体的估计质量，针对不同质量的被操作物体，设定重力补偿阶段规划速度，并得到敲击物体时相应的冲量，由不同质量的被操作物体及敲击物体时相应的冲量训练神经网络，得到遥操作条件下的神经网络模型；在遥操作条件下，通过操作员的远程协助，机器人在现场找到合适的类似工具，并确定其期望估计质量，将期望估计质量和期望冲量输入神经网络模型，得到重力补偿阶段规划速度，机器人按照规划的运动轨迹、重力补偿阶段起始角度和规划速度，完成敲击动作，撞击完成后，返回初始角度。本发明实现了遥操作条件下，机器人使用现场工具完成敲击任务的功能，增加遥操作机器人的使用范围。

附图说明

[0018] 图1为本发明所述手臂末端点的运动轨迹示意图；

[0019] 图2为本发明所述可利用现场工具完成敲击任务的控制流程图；

[0020] 图中：1-被敲击物体；2-力传感器；3-被操作物体；4-机器人。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步的说明，但本发明的保护范围并不限于此。

[0022] 利用现场工具完成敲击任务的控制系统，包括工控机、力传感器2和位置传感器，力传感器2设置在遥操作机器人手腕处，用于获取机器人被操作物体的质量和质心；位置传感器设置在肩关节、肘关节和腕关节处，用于获取各关节角度，力传感器2和位置传感器均与工控机进行通信，将获取的数据发送给工控机；工控机结合动力学模型，控制机器人手腕

末端点按照规划的轨迹运动,力传感器2检测手腕末端受力数据,进而估计被操作物体3的质量。

[0023] 如图2所示,利用现场工具完成敲击任务的控制方法,具体包括如下步骤:

[0024] 步骤(1),工控机内部建立机器人手臂动力学模型

$$[0025] \quad \tau = M(\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta})\ddot{\theta} + B(\theta, \dot{\theta}) + G(\theta)$$

[0026] 其中: τ 是关节力矩, $M(\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta})$ 是惯性矩阵,与关节角度 θ 、角速度 $\dot{\theta}$ 、角加速度 $\ddot{\theta}$ 相关, $B(\theta, \dot{\theta})$ 是离心力和科氏力, $G(\theta)$ 是手臂的重力矢量;

[0027] 步骤(2),在机器人4的手臂末端安装第一个物体(被操作物体3),质量为 m_1 ,通过安装在手臂末端的力传感器2估计物体的质量 \hat{m}_1 ;

[0028] 步骤(3),规划机器人手臂末端点的运动轨迹

[0029] 其中手臂末端点的运动轨迹包括三段:

[0030] a) 加速阶段,工控机控制机器人手臂关节从初始角度 θ_0 加速运动到关节角 $\hat{\theta}$ 处,且在 $\hat{\theta}$ 处的线速度为 \hat{v} (图2);b) 重力补偿阶段,手臂末端点到达 $\hat{\theta}$ 的瞬间,手臂的力矩仅保留重力补偿部分,依靠手臂和第一物体的惯性,第一物体对被敲击物体1进行敲击;c) 返回阶段,敲击完被敲击物体1后(关节角发生改变),手臂在工控机控制下,返回到初始位置 θ_0 ;如图1所示;

[0031] 步骤(4),在机器人4的手臂末端安装第一个物体时,设定重力补偿阶段规划速度 $\hat{v} = \hat{v}_{1,1}$, \hat{v} 的取值范围在 $0 \sim 1\text{m/s}$,根据步骤(1)的动力学模型,控制手臂按照规划好的末端点运动轨迹运动,在对被撞击物体1进行敲击后,由安装在被敲击物体1的冲量检测装置得到实际冲击量 $\hat{p}_{1,1}$;

[0032] 步骤(5),依次令重力补偿阶段规划速度 $\hat{v} = \hat{v}_{1,2}, \hat{v}_{1,3}, \hat{v}_{1,4}, \dots$,在对被敲击物体1进行敲击后,测量得到第一个物体的敲击冲量 $\hat{p}_{1,2}, \hat{p}_{1,3}, \hat{p}_{1,4}, \dots$;

[0033] 步骤(6),更换被操作物体3及线速度,得到不同质量 m_2, m_3, m_4, \dots 下的被操作物体3的估计质量 $\hat{m}_2, \hat{m}_3, \hat{m}_4, \dots$,分别令重力补偿阶段规划速度 $\hat{v} = \hat{v}_{2,1}, \hat{v}_{2,2}, \hat{v}_{2,3}, \dots, \hat{v}_{3,1}, \hat{v}_{3,2}, \hat{v}_{3,3}, \dots, \hat{v}_{4,1}, \hat{v}_{4,2}, \hat{v}_{4,3}, \dots$,测量得到冲量 $p = \hat{p}_{2,1}, \hat{p}_{2,2}, \hat{p}_{2,3}, \dots, \hat{p}_{3,1}, \hat{p}_{3,2}, \hat{p}_{3,3}, \dots, \hat{p}_{4,1}, \hat{p}_{4,2}, \hat{p}_{4,3}, \dots$;

[0034] 步骤(7),初始化一个4层的神经网络,神经网络包括输入层、输出层和2个隐藏层,输入层包含2个神经元,输出层包含1个神经元,隐藏层包含20个神经元,激活函数均采用relu;神经网络训练的数据输入为估计质量 \hat{m}_i 和冲量 \hat{p}_{ij} ,输出是重力补偿阶段规划速度 \hat{v}_{ij} , i 表示质量为 m_i 的被操作物体, j 为被操作物体 m_i 对应的速度或冲量的个数,再经过最小二乘法进行神经网络拟合后,得到需要的神经网络模型;其中 $i = 1, 2, 3 \dots n, j = 1, 2, 3 \dots m$;

[0035] 步骤(8),机器人进入遥操作条件下,通过操作员的远程协助,在现场找到类似工具,抓起后通过末端力传感器2估计其质量 \hat{m}_0 ,如果估计的质量满足 $\hat{m}_0 \leq \max(\hat{m}_1, \hat{m}_2, \dots)$,则该工具是合适的,可以进行操作;如果估计的质量不满足上述条件,操作员远程协助机器

人更换工具,直到满足条件为止;

[0036] 步骤(9),根据步骤(7)得到的神经网络模型,将期望估计质量 \hat{m}_0 和期望冲量 \hat{p}_0 (由操作人员根据被敲击物体的类型,设定经验值,作为期望冲量)输入训练得到的神经网络模型,得到重力补偿阶段规划速度 \hat{v}_0 ;

[0037] 步骤(10),机器人按照规划的运动轨迹、重力补偿阶段起始角度 $\hat{\theta}$ 和规划速度 \hat{v}_0 ,完成敲击动作;

[0038] 步骤(11),敲击完成后,返回初始角度 θ_0 。

[0039] 所述实施例为本发明的优选的实施方式,但本发明并不限于上述实施方式,在不背离本发明的实质内容的前提下,本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

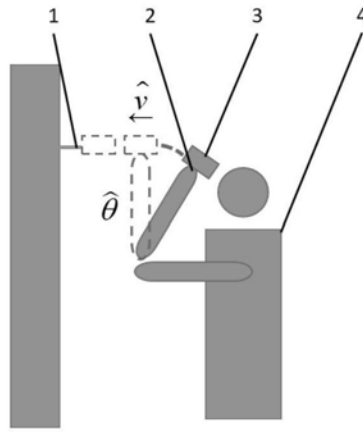


图1

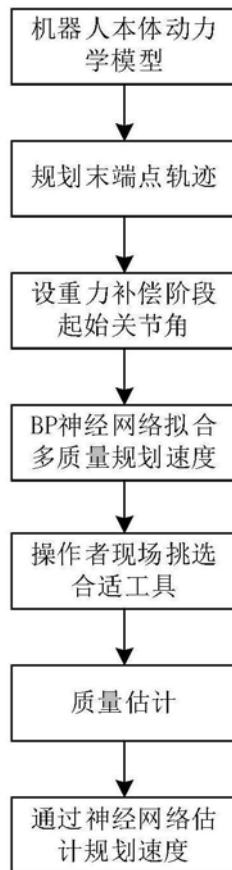


图2