



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106965187 B

(45) 授权公告日 2020. 11. 27

(21) 申请号 201710376760.6

(22) 申请日 2017.05.25

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106965187 A

(43) 申请公布日 2017.07.21

(73) 专利权人 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 陈学超 于大程 黄强

张伟民 孙宁 秦鸣悦

(51) Int. Cl.

B25J 9/16 (2006.01)

审查员 李祥亮

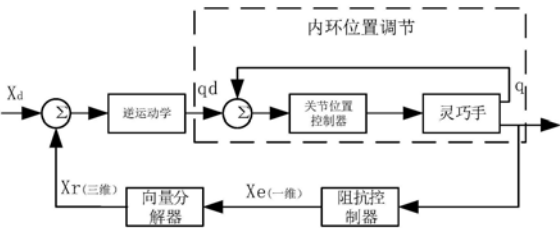
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种仿生手抓取物体时生成反馈力向量的方法

(57) 摘要

本发明提供了一种仿生手抓取物体时生成反馈力向量的方法及仿生手控制方法,所述控制方法包括以下步骤:根据操作任务要求,产生笛卡尔空间的目标位置 $X_d = (x_d, y_d, z_d)$;通过逆运动学,得到关节空间期望位置 q_d ;将所述关节空间期望位置 q_d 作为内环位置调节过程的输入,在关节空间中进行轨迹规划,并完成关节空间的位置跟踪控制;其中,所述内环位置调节过程中,由驱动空间的电机位置,通过关节运动学得到关节的实际角度 q ,在第一反馈环节作为第一反馈量与所述关节空间期望位置 q_d 进行比较,参与控制系统的内环位置调节;同时,由仿生手末端的力传感器获得一维的力向量,该力向量在第二反馈环节经过处理得到三个方向的位置分量,作为第二反馈量参与对所述仿生手的控制。



1. 一种仿生手控制方法,所述控制方法包括以下步骤:

根据操作任务要求,产生笛卡尔空间的目标位置 $X_d = (x_d, y_d, z_d)$;

通过逆运动学,得到关节空间期望位置 q_d ;

将所述关节空间期望位置 q_d 作为内环位置调节过程的输入,在关节空间中进行轨迹规划,并完成关节空间的位置跟踪控制;

其中,所述内环位置调节过程中,由驱动空间的电机位置,通过关节运动学得到关节的实际角度 q ,所述关节的实际角度 q 在第一反馈环节作为第一反馈量与所述关节空间期望位置 q_d 进行比较,参与控制系统的内环位置调节;

同时,由仿生手末端的力传感器获得一维的力向量,该力向量在第二反馈环节经过处理得到三个方向的位置分量,所述三个方向的位置分量作为第二反馈量参与对所述仿生手的控制。

2. 根据权利要求1所述的仿生手控制方法,其特征在于,所述第二反馈环节包括:

步骤i:力传感器产生一维力向量 F ,输入阻抗控制器 $F = M\ddot{X} + B\dot{X} + KX$,产生一维位置修正向量 X_e ;

步骤ii:将一维位置修正向量 X_e 输入向量分解器,经过向量分解算法,产生三维空间位置向量 X_r ;

步骤iii:将三维空间位置向量 X_r 作为所述第二反馈环节的最终输出参与整个控制系统工作。

3. 根据权利要求2所述的仿生手控制方法,其特征在于,向量分解算法的步骤如下:

步骤1:分析手指运动,经力传感器得到一维力向量 F ,一维力向量 F 的方向永远是指向物体的质心的相反方向,即物体坐标系的圆心,经过控制器生成相对应的一维位置修正向量 X_e ,得到向量分解器的输入;

步骤2:分别取矢量 $\bar{X}_e$ 与物体坐标系 $\Sigma_{\text{object}}[x, y, z]$ 的夹角为 (α, β, γ) ,在 $[x, y, z]$ 方向分别乘系数 $\cos(\alpha, \beta, \gamma)$,把一维向量转化为三维向量;

步骤3:将步骤2的结果乘一个变量参数 D ,即三维空间位置向量 $X_r = D * \cos(\omega) * X_e$,展开为

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_d \\ y_d \\ z_d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \\ z_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_d \\ y_d \\ z_d \end{bmatrix} + D * \begin{bmatrix} x_e \\ y_e \\ z_e \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos(\alpha) \\ \cos(\beta) \\ \cos(\gamma) \end{bmatrix},$$

其中 D 为放大系数,与实际手指接触物体位置有关。

4. 根据权利要求3所述的仿生手控制方法,其特征在于,所述放大系数 D 取值为3~6。

5. 根据权利要求1所述的仿生手控制方法,其特征在于,所述三个方向的位置分量与轨迹规划产生的参考位置向量相减,得到内环控制量。

6. 根据权利要求1-5之一所述的仿生手控制方法,其特征在于,所述仿生手在抓取目标物体时,与所述目标物体有三个接触点。

7. 一种仿生手控制系统,包括:

用于根据操作任务要求,产生笛卡尔空间的目标位置 $X_d = (x_d, y_d, z_d)$ 的装置;

用于通过逆运动学,得到关节空间期望位置 q_d 的装置;

用于将所述关节空间期望位置 q_d 作为内环位置调节过程的输入,在关节空间中进行轨迹规划,并完成关节空间的位置跟踪控制的装置;

其中,所述内环位置调节过程中,由驱动空间的电机位置,通过关节运动学得到关节的实际角度 q ,所述关节的实际角度 q 在第一反馈环节作为第一反馈量与所述关节空间期望位置 q_d 进行比较,参与控制系统的内环位置调节;

同时,由仿生手末端的力传感器获得一维的力向量,该力向量经阻抗控制器会输出对应的一维位置修正向量 X_e ,位置修正向量作为向量分解器的输入,经向量分解算法产生三维空间的三个方向的位置分量 X_r , X_r 与轨迹规划产生的参考位置向量 X_d 相减,得到内环控制量。

8. 一种仿生手,其特征在于,包括根据权利要求7所述的仿生手控制系统。

9. 根据权利要求8所述的仿生手,其特征在于,所述仿生手在抓取目标物体时,与所述目标物体有三个接触点。

10. 一种机器人系统,其特征在于,包括根据权利要求8或9所述的仿生手。

一种仿生手抓取物体时生成反馈力向量的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种仿生灵巧手的控制方法,特别是抓取过程中的力反馈方法,属于机器人系统技术领域。

背景技术

[0002] 仿生灵巧手在进行抓取物体作业时,为使灵巧手柔顺的接触目标物体,不造成仿生手或物体的损害,需要对抓取过程进行力反馈,即在接触末端加装力传感器。因为力反馈需要获得多个方向的信息,因此通常力传感器会选择六维力/力矩传感器,这样使得抓取过程中传感器的反馈量过大,容易造成处理器计算量过大,反馈不及时乃至出错。

[0003] 现有专利201010515986.8提供了一种应用力传感器反馈,阻抗控制调节机器人抓取物体的方案,该方法通过机械手末端执行器上的力传感器反馈的信息进行物体抓取。该专利聚焦于如何获得最好的阻抗参数。

[0004] 仿生灵巧手在进行抓取物体作业时,为使灵巧手柔顺的接触目标物体,不造成仿生手或物体的损害,需要对抓取过程进行力反馈,即在接触末端加装力传感器。因为力反馈需要获得多个方向的信息,因此通常力传感器会选择六维力/力矩传感器,这样使得抓取过程中传感器的反馈量过大,容易造成处理器计算量过大,反馈不及时乃至出错。

[0005] 因此,需要一种使用一维的压力传感器生成反馈力向量的方法,经过一系列计算处理后,得到同样可用于力反馈的结果。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种向量分解器和对应的向量分解算法,可以使一维位置向量经由向量分解算法,得到物体坐标系下的三维位置向量。

[0007] 本发明的技术方案如下。

[0008] 一种仿生手控制方法,所述控制方法包括以下步骤:

[0009] 根据操作任务要求,产生笛卡尔空间的目标位置 $X_d = (x_d, y_d, z_d)$;

[0010] 通过逆运动学,得到关节空间期望位置 q_d ;

[0011] 将所述关节空间期望位置 q_d 作为内环位置调节过程的输入,在关节空间中进行轨迹规划,并完成关节空间的位置跟踪控制;

[0012] 其中,所述内环位置调节过程中,由驱动空间的电机位置,通过关节运动学得到关节的实际角度 q ,所述关节的实际角度 q 在第一反馈环节作为第一反馈量与所述关节空间期望位置 q_d 进行比较,参与控制系统的内环位置调节;

[0013] 同时,由仿生手末端的力传感器获得一维的力向量,该力向量在第二反馈环节经过处理得到三个方向的位置分量,所述三个方向的位置分量作为第二反馈量参与对所述仿生手的控制。

[0014] 优选地,所述第二反馈环节包括:

[0015] 步骤i:力传感器产生一维力向量 F ,输入阻抗控制器 $F = M\ddot{X} + B\dot{X} + KX$,产生一

维位置修正向量 X_e ;

[0016] 步骤ii:将一维位置修正向量 X_e 输入向量分解器,经过向量分解算法,产生三维空间位置向量 X_r ;

[0017] 步骤iii:将三维位置向量 X_r 作为所述第二反馈环节的最终输出参与整个控制系统工作。

[0018] 优选地,向量分解算法的步骤如下:

[0019] 步骤i:分析手指运动,经力传感器得到一个力 F ,力的方向永远是指向物体的质心的相反方向,即物体坐标系的圆心,经过控制器生成相对应的一维位置修正向量 X_e ,得到向量分解器的输入;

[0020] 步骤ii:分别取矢量 $\bar{X}_e$ 与物体坐标系 $\Sigma_{object_}[x,y,z]$ 的夹角为 (α, β, γ) ,在 $[x,y,z]$ 方向分别乘系数 $\cos(\alpha, \beta, \gamma)$,把一维向量转化为三维向量;

[0021] 步骤iii:将步骤ii的结果乘一个变量参数 D ,即 $X_r = D * \cos(\omega) * X_e$,展开为

$$[0022] \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} xd \\ yd \\ zd \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} xr \\ yr \\ zr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} xd \\ yd \\ zd \end{bmatrix} + D * \begin{bmatrix} xe \\ ye \\ ze \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos(\alpha) \\ \cos(\beta) \\ \cos(\gamma) \end{bmatrix},$$

[0023] 其中 D 为放大系数,与实际手指接触物体位置有关。

[0024] 优选地,所述放大系数 D 取值为3~6。

[0025] 优选地,所述三个方向的位置分量与轨迹规划产生的参考位置向量相减,得到内环控制量。

[0026] 优选地,所述仿生手在抓取目标物体时,与所述目标物体有三个接触点。

[0027] 本发明还提供一种仿生手控制系统,包括:

[0028] 用于根据操作任务要求,产生笛卡尔空间的目标位置 $X_d = (x_d, y_d, z_d)$ 的装置;

[0029] 用于通过逆运动学,得到关节空间期望位置 q_d 的装置;

[0030] 用于将所述关节空间期望位置 q_d 作为内环位置调节过程的输入,在关节空间中进行轨迹规划,并完成关节空间的位置跟踪控制的装置;

[0031] 其中,所述内环位置调节过程中,由驱动空间的电机位置,通过关节运动学得到关节的实际角度 q ,所述关节的实际角度 q 在第一反馈环节作为第一反馈量与所述关节空间期望位置 q_d 进行比较,参与控制系统的内环位置调节;

[0032] 同时,由仿生手末端的力传感器获得一维的力向量,该力向量经阻抗控制器会输出对应的一维位置修正向量 X_e ,位置修正向量作为向量分解器的输入,经向量分解算法产生三维空间的三个方向的位置分量 X_r , X_r 与轨迹规划产生的参考位置向量 X_d 相减,得到内环控制量

[0033] 本发明还提供一种仿生手,其包括根据以上以上方案所述的仿生手控制系统。

[0034] 优选地,所述仿生手在抓取目标物体时,与所述目标物体有三个接触点。

[0035] 本发明还提供一种机器人系统,其包括根据以上技术方案所述的仿生手。

[0036] 通过以上技术方案,本发明使用了简单的一维力传感器就可以达到三维传感器或六维传感器的效果,计算简单,成本大幅降低。与现有技术不同,本申请并非聚焦于如何获得三个方向最优的控制参数,而是如何由一个方向生成三个方向的向量控制参数。

附图说明

[0037] 图1是本发明的力反馈控制系统示意图。

[0038] 图2(a)、2(b)、2(c)是本发明的仿生手抓取接触示意图。

具体实施方式

[0039] 如图1所示,在力反馈控制系统的示意图中, X_d 为规划产生的三维位置向量, q_d 为对应的关节角度, q 为仿生手实际运动关节角度, X_e 为经过控制器产生的一维位置向量, X_r 为经过向量分解器产生的三维位置向量。

[0040] 根据本发明的控制系统的工作流程如下。

[0041] 首先根据操作任务要求,产生笛卡尔空间的目标位置 $X_d = (x_d, y_d, z_d)$,通过逆运动学,得到关节空间期望位置 q_d ,在关节空间中进行轨迹规划,并完成关节空间的位置跟踪控制。

[0042] 为了进行位置控制的观测、跟踪,由驱动空间的电机位置,通过关节运动学得到关节的实际角度 q ,作为闭环参与控制系统的内环位置调节;另一方面,由仿生手末端的力传感器可以获得一维的力向量,该力向量经阻抗控制器会输出对应的一维位置修正向量 X_e ,位置修正向量作为向量分解器的输入,经向量分解算法产生三维空间的三个方向的位置分量 X_r , X_r 与轨迹规划产生的参考位置向量 X_d 相减,得到内环控制量 X 。

[0043] 和反馈环节有关的控制系统流程如下。

[0044] 步骤i:力传感器产生一维力向量 F ,输入阻抗控制器 $F = M\ddot{X} + B\dot{X} + KX$,产生一维位置修正向量 X_e 。

[0045] 步骤ii:将一维位置向量 X_e 输入向量分解器,经过向量分解算法,产生三维空间位置向量 X_r 。

[0046] 步骤iii:将三维位置向量 X_r 作为反馈环节的最终输出参与整个控制系统工作。

[0047] 下面以仿生手的三点抓握物体为例,说明向量分解器的工作原理。

[0048] 如图2(a)为手指进行三点抓握抓取示意图,对应的物体坐标系与三个接触坐标系如图2(b)所示。所谓向量分解,是指一个空间一维向量在一个坐标系下分解成三个方向的矢量。而力传感器所获得的为一个一维向量,这使得阻抗控制器所得到的必然也是一个一维位置向量,但是,参与控制系统操作的空间仿生手的坐标是三维向量,这使得应用一维力传感器必然需要经过一个向量分解的步骤才能得到空间三维反馈信息。

[0049] 多维传感器的工作原理各有不同,但是最终结果均可以得到指尖的三维力向量,且该向量是以对手指分析,以接触坐标系为依据获得的;本向量分解器由于不需要知道指尖与物体的相对位置,即接触坐标系的姿态,所以分解算法是在物体坐标系下进行的,这样可以保证此方法的普遍性。

[0050] 抓取向量分解算法的步骤如下。

[0051] 步骤i:分析手指运动,经力传感器得到一个力 F ,如图2(c),力的方向永远是指向物体的质心的相反方向,即物体坐标系的圆心,经过控制器生成相对应的位置量 X_e ,得到向量分解器的输入;

[0052] 步骤ii:分别取矢量 $\vec{X_e}$ 与物体坐标系 $\Sigma_{object_}[x, y, z]$ 的夹角为 (α, β, γ) ,在

$[x, y, z]$ 方向分别乘系数 $\cos(\alpha, \beta, \gamma)$ 。这样,就把一维向量转化为三维向量;

[0053] 步骤iii:理论上,到ii步骤,已经得到了一维位置修正量在物体坐标系下的三维分解结果,但经验证,这与直接经六维力传感器得到的结果总差一个固定不变倍数。经验证,这是物体坐标系到接触坐标系的旋转矩阵所带来的影响。所以,将ii的结果乘一个变量参数D,即 $X_r = D * \cos(\omega) * X_e$,展开为

$$[0054] \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} xd \\ yd \\ zd \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} xr \\ yr \\ zr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} xd \\ yd \\ zd \end{bmatrix} + D * \begin{bmatrix} xe \\ ye \\ ze \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos(\alpha) \\ \cos(\beta) \\ \cos(\gamma) \end{bmatrix},$$

[0055] 其中D为放大系数,与实际手指接触物体位置有关,一般取3~6为好。

[0056] 以上所述的实施例,只是本发明较优选的具体实施方式的一种,本领域的技术人员在本发明技术方案范围内进行的通常变化和替换都应包含在本发明的保护范围内。

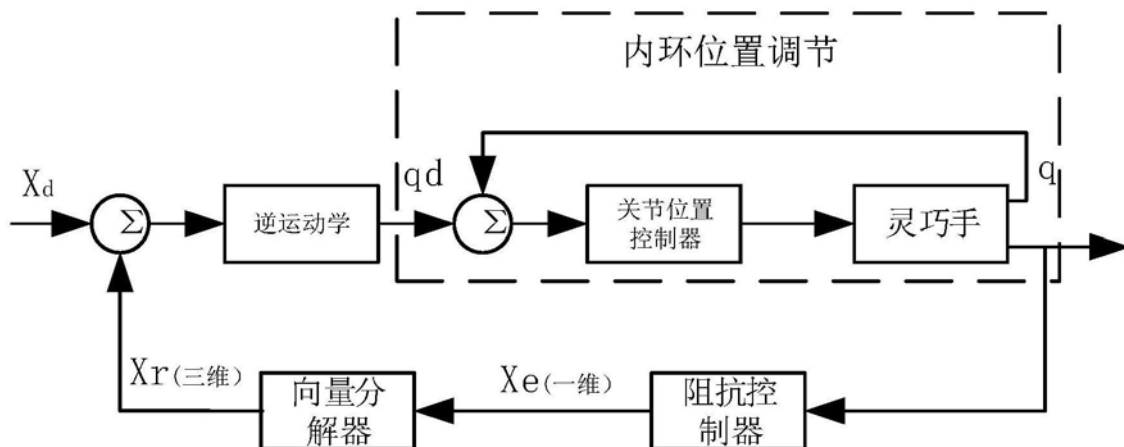


图1

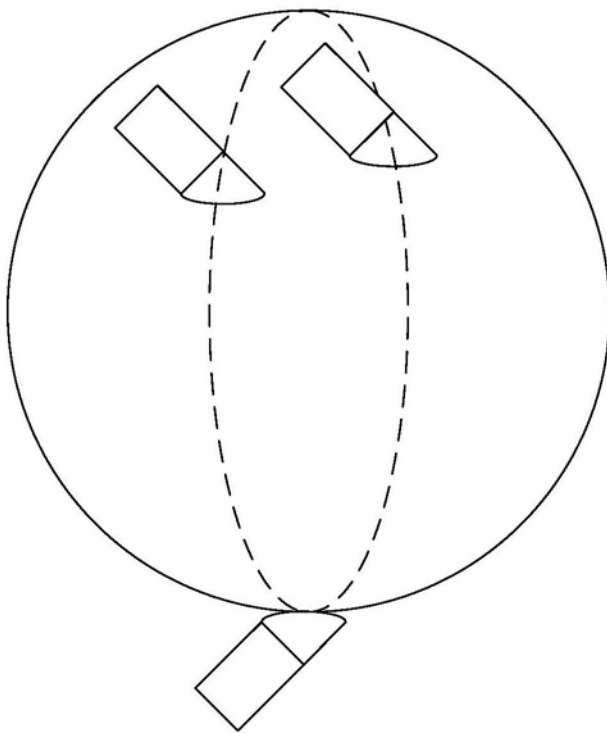


图2 (a)

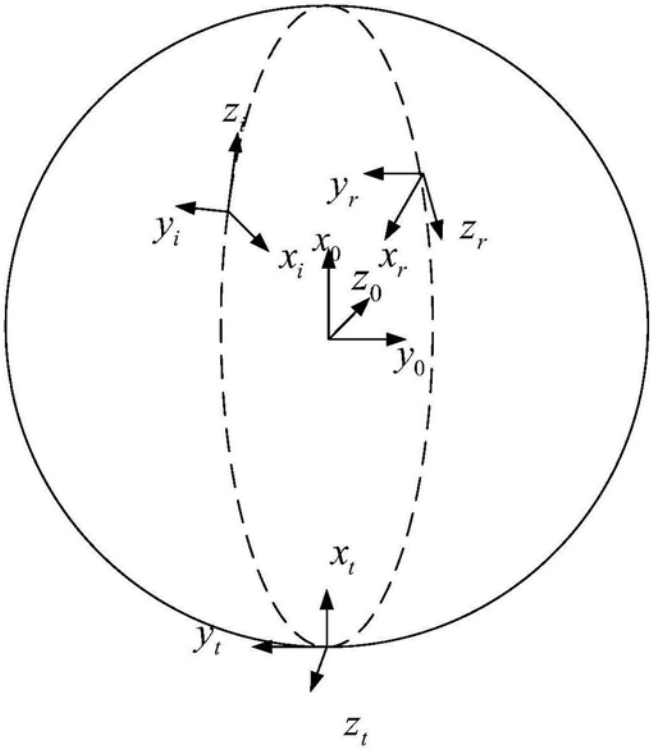


图2 (b)

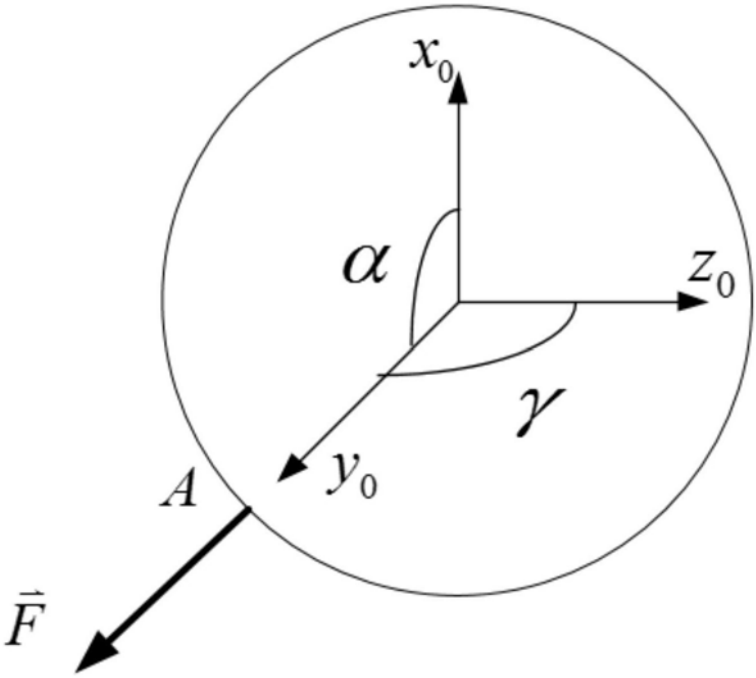


图2 (c)