



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106826839 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(21)申请号 201611043636.X

(22)申请日 2016.11.21

(30)优先权数据

102015014994.6 2015.11.19 DE

(71)申请人 库卡罗伯特有限公司

地址 德国奥格斯堡

(72)发明人 M·罗梅尔 M·米勒-萨默

马克-瓦尔特·厄贝尔勒

G·施赖伯 乌韦·博宁

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司

72003

代理人 黄艳 谢强

(51)Int.Cl.

B25J 9/18(2006.01)

B25J 13/08(2006.01)

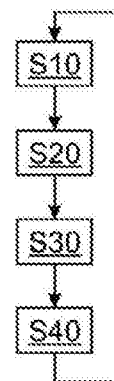
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

对机器人的控制

(57)摘要

一种用于控制机器人(1)的方法,具有下述的步骤:确定机器人的实际速度(\dot{q}_{ist})(S30);确定额定速度(\dot{q}_{soll})(S20);基于所述额定速度和所述实际速度之间的差值来确定缓冲驱动参量(τ_d)(S30);并基于所述缓冲驱动参量来操控所述机器人的具有至少一个驱动器(A1,...,A6)的驱动机构(S40),其中,基于所述机器人的预设最大速度(\dot{q}_{max})、预设最小速度(\dot{q}_{min})和/或到至少一个预设边界(q_{max}, q_{min})的距离(dist)来确定所述额定速度。



1. 一种用于控制机器人(1)的方法,具有如下步骤:

确定所述机器人的实际速度(\dot{q}_{ist}) (S30);

确定额定速度(\dot{q}_{soll}) (S20);

基于所述额定速度和所述实际速度之间的差值来确定缓冲驱动参量(τ_d) (S30);以及

基于所述缓冲驱动参量来操控所述机器人的具有至少一个驱动器(A1,...,A6)的驱动机构(S40);

其中,基于所述机器人的预设最大速度(\dot{q}_{max})、预设最小速度(\dot{q}_{min})和/或到至少一个预设边界(q_{max}, q_{min})的距离(dist)来确定所述额定速度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,基于柔性调节、特别是阻抗调节或导纳调节来确定柔性驱动参量,并附加地基于所述柔性驱动参量,特别是基于所述缓冲驱动参量和所述柔性驱动参量的和来操控所述驱动机构(S40)。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,在所述柔性调节中,缓冲取决于刚性。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,通过所述预设最大速度在数值上向上限定所述额定速度,和/或通过所述预设最小速度在数值上向下限定所述额定速度。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述额定速度以如下方式确定:即,在所述机器人到同一预设边界的距离在数值上相等的情况下,只要所述机器人位于该边界的容许一侧,则所述额定速度较大,并且只要所述机器人位于该边界的不容许一侧,则所述额定速度较小。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,当所述机器人位于所述边界的容许一侧时,所述额定速度在数值上随着所述机器人到预设边界的距离一起增加。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述缓冲驱动参量相对于所述实际速度是方向相反的。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述缓冲驱动参量以如下方式确定:即,只要所述额定速度在数值上超过了所述实际速度,则所述缓冲驱动参量不超过预设的最小值,特别是至少基本等于零。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述缓冲驱动参量在数值上向上通过预设最大参量(τ_{max})来限定。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述缓冲驱动参量以如下方式确定:即,当所述实际速度在数值上超过所述额定速度时,所述缓冲驱动参量在数值上随着所述额定速度与所述实际速度之间的差值一起增加,特别是在数值上与所述额定速度与所述实际速度之间的差值成比例。

11. 一种用于控制机器人(1)的系统(2),所述系统被设置用于执行根据前述权利要求中任一项所述的方法,和/或具有:

用于确定所述机器人的实际速度(\dot{q}_{ist})的器件(2);

用于基于所述机器人的预设最大速度(\dot{q}_{max})、预设最小速度(\dot{q}_{min})和/或到至少一个预设边界(q_{max}, q_{min})的距离来确定额定速度(\dot{q}_{soll})的器件(2);

用于基于所述额定速度和实际速度之间的差值来确定缓冲驱动参量(τ_d)的器件(2);以及

用于基于所述缓冲驱动参量来操控所述机器人的具有至少一个驱动器(A1,...,A6)的驱动机构的器件(2)。

12.一种计算机程序产品,具有程序编码,该程序编码存储在能由计算机读取的介质上,所述计算机程序产品用于执行根据前述权利要求中任一项所述的方法。

对机器人的控制

技术领域

[0001] 本发明涉及用于控制机器人的一种方法和一种系统以及一种用于执行该方法的计算机程序产品。

背景技术

[0002] 由专利文献US2004/0128026A1已知一种利用导纳调节的机器人控制器,当机器人靠近预设的边界时,提高它的调节参数。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于改善对机器人的控制。

[0004] 本发明的目的通过一种用于控制机器人的方法来实现。本发明还涉及一种用于根据这里所描述的方法来控制机器人的系统或一种用于执行在这里所描述的方法的计算机程序产品。优选的扩展方案在下面给出。

[0005] 根据本发明的一种实施方式,用于控制机器人的方法具有特别是自动化的或通过计算机辅助的下述步骤:

[0006] -确定机器人的实际速度;

[0007] -确定额定速度;

[0008] -基于或者说根据额定速度和实际速度之间的差值来确定缓冲驱动参量 (Dämpfungs-Antriebsgröße); 以及

[0009] -基于或者说根据该缓冲驱动参量来操控机器人的具有一个或多个驱动器的驱动机构,

[0010] 其中,额定速度基于或者说根据

[0011] -预设最大速度,

[0012] -预设最小速度和/或

[0013] -机器人相对一个或多个预设边界的距离

[0014] 来确定。

[0015] 在一种实施方式中,速度、特别是实际速度和/或额定速度可以包括机器人的固定于机器人的参照物的、特别是TCP的一维或多维的平移和/或旋转速度,特别可以是机器人的固定于机器人的参照物的、特别是TCP的一维或多维的平移和/或旋转速度,尤其是在一个或多个空间方向或者说自由度上的速度(分量)。同样地,在一种实施方式中,一维或多维的速度、特别是实际速度和/或额定速度可以包括机器人的一个或多个驱动器和/或关节或者说关节自由度的平移和/或旋转速度,特别可以是机器人的一个或多个驱动器和/或关节或者说关节自由度的平移和/或旋转速度。速度在此概括地以 \dot{q} 来表示。

[0016] 在一种实施方式中,实际速度可以借助于相应的传感器来检测,在此,在一种扩展方案中,固定于机器人的参照物的速度可以基于所测得的机器人关节的速度并借助于正向变换来确定。

[0017] 在一种实施方式中,机器人具有一个或多个、特别是至少六个或更多个轴或者说关节、特别是转动轴和/或线性轴或者说推力轴,或者说转动关节和/或线性关节,并且在一种扩展方案中,机器人具有用于使轴或者说关节运动的驱动器、特别是电动马达。在一种实施方式中,机器人是工业机器人。

[0018] 在一种实施方式中,一维或多维驱动参量可以包括机器人的一个或多个驱动力和/或驱动力矩(驱动转矩),特别可以是机器人的一个或多个驱动力和/或驱动力矩(驱动转矩)。该驱动参量在此概括地以 τ 来表示。

[0019] 在一种实施方式中,驱动机构是基于驱动参量、特别是缓冲驱动参量,并在一种扩展方案中基于一个或多个另外的驱动参量、特别是将在后面阐释的柔性驱动参量(Nachgiebigkeits-Antriebsgröße)被以如下的方式操控,即,该驱动机构(也)(尝试)试图影响或者说施加上述的一个(多个)驱动参量,特别是(也)至少基本上影响或者说施加上述这样的驱动参量。相应地,这种驱动参量特别可以包括机器人的一个或多个额定的或实际的驱动力和/或驱动力矩(驱动转矩)或者说其中的一部分,特别是可以是机器人的一个或多个额定的或实际的驱动力和/或驱动力矩(驱动转矩)或者说其中的一部分。

[0020] 在一种实施方式中,通过缓冲驱动参量能够以有利的方式减缓机器人的运动、特别是通过对机器人的柔性调节和/或手动引导所发生的运动。换句话说,在一种实施方式中提供一种缓冲,在一种扩展方案中,该缓冲以有利的方式相对于柔性调节框架内的缓冲附加地或平行地起作用。

[0021] 在一种实施方式中,通过基于特别是固定地或可变地设定的一维或多维最大速度来确定额定速度,可以有利地限定特别是在通过对机器人的柔性调节和/或手动引导所发生的运动中机器人的速度:在一种扩展方案中,如果实际速度超过预设的最大速度,那么缓冲驱动参量特别是以分量的方式制动这种运动。

[0022] 在一种实施方式中,通过基于特别是固定地或可变地设定的一维或多维最小速度来确定额定速度,将有利地在低于最小速度并且最大在所限定的环境中的情况下,使机器人的运动、特别是通过对机器人的柔性调节和/或手动引导所发生的运动,特别是至少基本上不会受到缓冲驱动参量的影响,特别是以分量的方式。

[0023] 在一种实施方式中,通过基于机器人到预设边界的一维或多维的距离来确定额定速度,将有利地在接近相应边界或者说在相应边界附近的情况下通过缓冲驱动参量来剧烈地缓冲机器人的运动、特别是通过对机器人的柔性调节和/或手动引导所发生的运动,或者在到对应边界的距离较大的情况下通过缓冲驱动参量来轻缓地缓冲机器人的运动、特别是通过对机器人的柔性调节和/或手动引导所发生的运动,从而能够特别是由一个(多个)边界所限定的容许区域中有利地实现自由的(更自由的)运动,特别是以分量的方式。

[0024] 在一种实施方式中,机器人到预设边界的距离可以是机器人的一个或多个固定于机器人的参照物、特别是TCP到预设于机器人工作空间中的边界的距离。同样地,在一种实施方式中,机器人到预设边界的距离可以包括关节位置和/或驱动器位置到预设于机器人的关节坐标空间或驱动器坐标空间中的边界的距离,特别可以是关节位置和/或驱动器位置到预设于机器人的关节坐标空间或驱动器坐标空间中的边界的距离。

[0025] 概括地,以 q_{\max} 来表示一维或多维的上边界,以 q_{\min} 来表示一维或多维的下边界,并以 q_{ist} 来表示机器人在机器人的工作坐标空间或关节坐标空间或者说驱动器坐标空间中的

一维或多维的(实际)姿态或者说位置。在一种实施方式中,机器人相对预设边界*i*的一维或多维距离 $dist_i$ 可以特别是以分量方式或者说针对第*j*个分量或者说坐标,并根据

$$[0026] \quad dist_i = (q_{max,i} - q_{ist}) \text{ bzw. } dist_{j,i} = (q_{j,max,i} - q_{j,ist}) \quad (1),$$

[0027] 或

$$[0028] \quad dist_i = (q_{ist} - q_{min,i}) \text{ bzw. } dist_{j,i} = (q_{j,ist} - q_{j,min,i}) \quad (1'),$$

[0029] 来定义或确定。可以看出:在一种实施方式中,该距离通常具有正负号,当机器人位于预设的上边界之下或预设的下边界之上或者说在允许范围中时,特别是以分量方式刚好是正的;反过来,当机器人位于预设的上边界之上或预设的下边界之下或者说不允许范围中时,特别是以分量方式刚好是负的。

[0030] 相应地在一种实施方式中,额定速度一般地特别是以分量方式被如下地确定:即,在机器人到同一预设边界的距离数值相等的情况下,只要机器人处于该边界的允许侧上,则额定速度是(绝对地或者说考虑正负号地)较大的;只要机器人处在该边界的不允许侧上,则额定速度是(绝对地或者说考虑正负号地)较小的。

[0031] 在一种实施方式中,如果设置 $n \geq 1$ 个边界,特别是针对机器人尤其是在工作坐标空间或关节坐标空间或者说驱动器坐标空间中的姿态或者说位置的一个或多个分量或者说坐标设置一个或多个上边界和下边界,那么在一种扩展方案中,(被绝对地视为)最小的距离、特别是多维距离的(被绝对地视为)最小的分量被确定为机器人到所有预设边界的(一维)距离 $dist$,即,可能的数值最大的负距离:

$$[0032] \quad dist = \min_{\substack{i=1,\dots,n \\ (j=1,\dots,f)}} \{ dist_{(i,j)} \}, \quad \mathbf{dist} = [dist, dist, \dots]^T \quad (1'').$$

[0033] 由此将有利地考虑到可能打破的最强边界。同样地,特别是可以针对工作空间的各个空间方向或者机器人的不同的关节或者说驱动器或以分量方式来确定作为确定额定速度的基础的距离,该距离也可以相应地是多维的:

$$[0034] \quad dist_j = \min_{i=1,\dots,n} \{ dist_{j,i} \}, \quad \mathbf{dist} = [dist_1, dist_2, \dots, dist_f]^T \quad (1''').$$

[0035] 在一种实施方式中,基于柔性调节、特别是阻抗调节或导纳调节来确定前面所提到的柔性驱动参量,并附加地基于该柔性驱动参量、特别是基于缓冲驱动参量和柔性驱动参量的和来操控驱动机构。

[0036] 在一种实施方式中,阻抗或导纳调节以常见的方式通告了机器人的弹簧特性,特别是弹簧-缓冲器特性和/或质量-弹簧特性,尤其是质量-弹簧-缓冲器特性,从而使得机器人获得虚拟的弹簧或者说弹簧-缓冲器组的结果,或者说作为具有能通过调节参数预设的刚性和/或缓冲的(质量)-弹簧(-缓冲器)系统(作出反应)起作用。关于这一点请补充地参考开头提到的专利文献US2004/0128026 A1,它的内容被明确地收入本申请中。为了实现紧凑的说明,在本文中也概括地将调节视为本发明意义下的控制,因此例如对机器人的控制或对驱动机构的操控特别是也包括对机器人的调节或对驱动机构的调节。

[0037] 通过基本已知的柔性调节可以实现机器人的有利表现,特别是手动引导和/或有利的碰撞行为。在一种实施方式中,当除了柔性调节的柔性驱动参量之外还附加地、特别是添加性地调节缓冲驱动参量,或者基于缓冲驱动参量和柔性驱动参量的和来操控驱动机构时,则可以有利地使柔性调节的缓冲与其刚性相协调,特别是用于减少、尤其是避免超调

(Überschwingen), 并同时通过与此无关的缓冲驱动参量提供关于最大速度的限定和/或在预设边界附近的强烈缓冲。

[0038] 相应地在一种扩展方案中,对柔性调节的缓冲、特别是缓冲参数或者说缓冲系数依赖于柔性调节的刚性、特别是刚性参数或者说刚性系数,特别是线性地和/或基于莱尔缓冲(Lehrschen Dämpfung)。

[0039] 在一种实施方式中,额定速度(其在后面在不限于一般性的情况下以 \dot{q}_{soll} 表示)特别是以分量方式在数值上向上受到预设的最大速度的限制,该最大速度在不限于一般性的情况下在下文中以 \dot{q}_{max} 表示。附加地或替换地,额定速度 \dot{q}_{soll} 特别是以分量方式在数值上向下受到预设的最小速度的限制,该最小速度在不限于一般性的情况下在下文中以 \dot{q}_{min} 表示:

$$[0040] \quad |\dot{q}_{min}| \leq |\dot{q}_{soll}| \leq |\dot{q}_{max}| \quad (2)。$$

[0041] 多维的速度可以按照分量方式相应地被限定为:

$$[0042] \quad |\dot{q}_{j,min}| \leq |\dot{q}_{j,soll}| \leq |\dot{q}_{j,max}| \quad (2)。$$

[0043] 在一种实施方式中,额定速度可以特别是以分量方式根据下述公式并利用预设的一维或多维的、正的常量 $\mathbf{K}_{Pq} = \text{diag}(K_{1,Pq}, K_{2,Pq}, \dots)$ 和矢量 $|\dot{\mathbf{q}}_{min}| = [|\dot{q}_{1,min}|, |\dot{q}_{2,min}|, \dots]^T$ 来限定或确定:

$$[0044] \quad \dot{\mathbf{q}}_{soll} = \mathbf{K}_{Pq} \cdot \text{dist} \quad (3),$$

[0045] 或

$$[0046] \quad \dot{\mathbf{q}}_{soll} = \mathbf{K}_{Pq} \cdot \text{dist} + |\dot{\mathbf{q}}_{min}| \quad (3'),$$

[0047] 其中,一维或多维距离特别可以根据公式(1)-(1'')来限定或确定,特别是在附加的边缘条件(2)下:

$$[0048] \quad \text{dist}_{(j)} < 0 \stackrel{(3)}{\Rightarrow} \dot{q}_{j,soll} < 0 \stackrel{(2)}{\Rightarrow} \dot{q}_{j,soll} = \dot{q}_{j,min} \quad (4)$$

[0049] 或

$$[0050] \quad \text{dist}_{(j)} < 0 \stackrel{(3)}{\Rightarrow} \dot{q}_{j,soll} < |\dot{q}_{j,min}| \stackrel{(2)}{\Rightarrow} \dot{q}_{j,soll} = \dot{q}_{j,min} \quad (4')$$

[0051] 换句话说,在一种实施方式中,当机器人位于一个(多个)预设边界的不允许范围中时($\text{dist}_{(j)} > 0$),特别是以分量方式将所预设的最小速度确定为额定速度。

[0052] 附加地或替代地,在一种实施方案中,当机器人位于一个(多个)预设边界的允许范围中并相对于该允许范围具有如下的预设距离时:

$$[0053] \quad K_{(j),Pq} \cdot \text{dist}_{(j)} > |\dot{q}_{j,max}| \stackrel{(3)}{\Rightarrow} \dot{q}_{j,soll} > |\dot{q}_{j,max}| \stackrel{(2)}{\Rightarrow} \dot{q}_{j,soll} = |\dot{q}_{j,max}| \quad (5)$$

[0054] 或者

$$[0055] \quad K_{(j),Pq} \cdot \text{dist}_{(j)} + |\dot{q}_{j,min}| > |\dot{q}_{j,max}| \stackrel{(3)}{\Rightarrow} \dot{q}_{j,soll} > |\dot{q}_{j,max}| \stackrel{(2)}{\Rightarrow} \dot{q}_{j,soll} = |\dot{q}_{j,max}| \quad (5'),$$

[0056] 特别是以分量方式在附加边缘条件(2)的情况下将所预设的最小速度确定为额定速度。

[0057] 附加地或替代地,在一种实施方式中,当机器人位于该边界的容许一侧时,额定速

度特别是以分量方式在数值上随着机器人到一预设边界的距离、特别是线性地或根据公式(3)或(3')一起增加,尤其是增加至预设的最大速度。

[0058] 就像前面阐释的那样,这点特别可以适合于分量方式,即,例如针对额定速度 \dot{q}_{soll} 的第j个分量 $\dot{q}_{j,soll}$:

$$[0059] \quad \dot{q}_{j,soll} = K_{j,Pq} \cdot dist_{(j)} \quad (3)$$

[0060] 或

$$[0061] \quad \dot{q}_{soll,j} = K_{j,Pq} \cdot dist_{(j)} + |\dot{q}_{j,min}| \quad (3'),$$

[0062] 其中, $dist_{(j)}$ 可以是一维距离或者根据等式(1)-(1'')的多维距离的相应第j个分量,并且 $\dot{q}_{j,min}$ 可以是一维最小速度或多维最小速度的相应分量。

[0063] 在一种实施方式中,缓冲驱动参量(在这里被概括地表示为 τ_d)特别以分量方式与实际速度(在这里概括地表示以 \dot{q}_{ist})相反或者说反作用于实际速度,或者说试图降低该实际速度。在注意到符号的情况下,在一种实施方式中特别适用的是:

$$[0064] \quad \dot{q}_{ist} > 0 \Rightarrow \tau_d \leq 0; \quad \dot{q}_{ist} < 0 \Rightarrow \tau_d \geq 0 \quad (6)$$

[0065] 或者

$$[0066] \quad \dot{q}_{j,ist} > 0 \Rightarrow \tau_{j,d} \leq 0; \quad \dot{q}_{j,ist} < 0 \Rightarrow \tau_{j,d} \geq 0 \quad (6)。$$

[0067] 附加地或替代地,在一种实施方式中,缓冲驱动参量 τ_d 特别是以分量方式被如下地确定:即,只要额定速度(的分量)在数值上超过实际速度(的分量),则缓冲驱动参量在数值上不超过预设的、特别是正的最小值 τ_{d0} 、特别是至少基本上等于零:

$$[0068] \quad |\dot{q}_{soll}| > |\dot{q}_{ist}| \Rightarrow |\tau_d| < \tau_{d0} \quad (7)$$

[0069] 或

$$[0070] \quad |\dot{q}_{soll}| > |\dot{q}_{ist}| \Rightarrow \tau_d = 0 \quad (7')。$$

[0071] 换句话说,在一种实施方式中,只要实际速度在数值上低于额定速度,则至少基本上没有缓冲驱动参量在相应的自由度上受到影响或发出。就像已提到的那样,公式(7), (7')特别可以按照分量方式适用:

$$[0072] \quad |\dot{q}_{j,soll}| > |\dot{q}_{j,ist}| \Rightarrow |\tau_{j,d}| < \tau_{j,d0} \quad (7)$$

[0073] 或

$$[0074] \quad |\dot{q}_{j,soll}| > |\dot{q}_{j,ist}| \Rightarrow \tau_{j,d} = 0 \quad (7')。$$

[0075] 附加地或替代地,在一种实施方式中,缓冲驱动参量 τ_d 特别以分量方式在数值上向上受到预设最大参量的限制,该预设的最大参量在下文中在不限于一般性的情况下以 τ_{max} 表示:

$$[0076] \quad |\tau_d| \leq \tau_{max} \quad (8)$$

[0077] 或

$$[0078] \quad |\tau_{j,d}| \leq \tau_{j,max} \quad (8)。$$

[0079] 附加地或替代地,在一种实施方式中,缓冲驱动参量特别以分量方式被如下地确定:即,如果实际速度(的相应分量)在数值上超过额定速度(的相应分量),则缓冲驱动参量

在数值上随着额定速度(的相应分量)与实际速度(的相应分量)之间的差值一起增加,特别是在数值上与额定速度(的相应分量)与实际速度(的相应分量)之间的差值成比例:

$$[0080] \quad \left(|\dot{q}_{ist,2}| - |\dot{q}_{soll,2}| \right) > \left(|\dot{q}_{ist,1}| - |\dot{q}_{soll,1}| \right) > 0 \Rightarrow \tau_d(\dot{q}_{ist,2}, \dot{q}_{soll,2}) > \tau_d(\dot{q}_{ist,1}, \dot{q}_{soll,1}) \quad (9)$$

[0081] 或

$$[0082] \quad |\dot{q}_{ist}| - |\dot{q}_{soll}| > 0 \Rightarrow |\tau_d| = K_{Pv} \cdot \left(|\dot{q}_{soll}| - |\dot{q}_{ist}| \right) \quad (9'),$$

[0083] 其中, $K_{Pv} = \text{diag}(K_{1,Pv}, K_{2,Pv}, \dots)$ 为预设的一维或多维常量,特别是在附加边缘条件(6), (7)或(7')和/或(8)下。边缘条件(6)特别可以根据下述公式利用符号函数或者说正负号函数sgn来考虑,

$$[0084] \quad |\dot{q}_{ist}| - |\dot{q}_{soll}| > 0 \Rightarrow \tau_d = \text{sgn}(\dot{q}_{ist}) \cdot K_{Pv} \cdot \left(|\dot{q}_{soll}| - |\dot{q}_{ist}| \right) \quad (9''),$$

[0085] 其中, τ_d 和 \dot{q}_{ist} 被定义为符号相同,也就是说缓冲驱动参量 τ_d 与实际速度 \dot{q}_{ist} 是反向的或反向地起作用。

[0086] 就像已提到的那样,等式(9)-(9'')还适用于分量方式:

$$[0087] \quad \left(|\dot{q}_{j,ist,2}| - |\dot{q}_{j,soll,2}| \right) > \left(|\dot{q}_{j,ist,1}| - |\dot{q}_{j,soll,1}| \right) > 0 \Rightarrow \tau_{j,d}(\dot{q}_{j,ist,2}, \dot{q}_{j,soll,2}) > \tau_{j,d}(\dot{q}_{j,ist,1}, \dot{q}_{j,soll,1}) \quad (9)$$

[0088] 或

$$[0089] \quad |\dot{q}_{j,ist}| - |\dot{q}_{j,soll}| > 0 \Rightarrow |\tau_{j,d}| = K_{j,Pv} \cdot \left(|\dot{q}_{j,soll}| - |\dot{q}_{j,ist}| \right) \quad (9')$$

[0090] 或

$$[0091] \quad |\dot{q}_{j,ist}| - |\dot{q}_{j,soll}| > 0 \Rightarrow \tau_{j,d} = \text{sgn}(\dot{q}_{j,ist}) \cdot K_{j,Pv} \cdot \left(|\dot{q}_{j,soll}| - |\dot{q}_{j,ist}| \right) \quad (9'').$$

[0092] 根据本发明的一种实施方式,用于特别是硬件技术和/或软件技术或者说程序技术地控制机器人的系统被设置用于执行在这里所描述的方法,和/或具有:

[0093] -用于确定机器人的一个或多个实际速度的器件;

[0094] -用于基于一个或多个预设的最大速度、一个或多个预设的最小速度和/或机器人到至少一个或者一个/多个预设边界的距离来确定一个或多个额定速度的器件;

[0095] -用于基于额定速度和实际速度之间的一个或多个差值来确定一个或多个缓冲驱动参量的器件;以及

[0096] -用于基于缓冲驱动参量来操控机器人的一个或多个驱动机构的器件,这些驱动机构具有至少一个驱动器。

[0097] 在一种实施方式中,所述系统具有用于基于一个或多个柔性调节、特别是阻抗调节或导纳调节来确定一个或多个柔性驱动参量的器件,其中,用于操控驱动机构的器件被设计,附加地基于柔性驱动参量,特别是基于缓冲驱动参量和柔性驱动参量的和来操控驱动机构。

[0098] 在一种实施方式中,所述系统具有用于在数值上通过预设的最大速度向上限定和/或通过预设的最小速度向下限定额定速度的器件。

[0099] 在一种实施方式中,所述系统具有如下的用于确定额定速度的器件:在机器人到同一预设边界的距离数值相等的情况下,只要机器人位于该边界的容许一侧,则额定速度较大;只要机器人位于该边界的不容许一侧,则额定速度较小。

[0100] 在一种实施方式中,所述系统具有如下的用于确定缓冲驱动参量的器件:只要额定速度在数值上超过实际速度,则缓冲驱动参量特别是以分量方式不超过预设的最小值,特别是至少基本等于零。

[0101] 在一种实施方式中,所述系统具有用于通过预设的最大参量特别是以分量方式在数值上向上限定缓冲驱动参量的器件。

[0102] 在一种实施方式中,所述系统具有如下的用于确定缓冲驱动参量的器件:当实际速度在数值上超过额定速度时,缓冲驱动参量特别是以分量方式在数值上随着额定速度与实际速度之间的差值一起增加,特别是在数值上与额定速度和实际速度之间的差值成比例。

[0103] 本发明意义下的器件可以通过硬件技术和/或软件技术来实现,特别是具有:优选与存储系统和/或总线系统数据或信号连接的处理单元,特别是数字处理单元,尤其是微处理器(CPU);和/或一个或多个程序或程序模块。CPU可以被设计为:使执行储存在存储系统中的程序的命令运行;检测数据总线的输入信号和/或将输出信号发送到数据总线上。存储系统可以具有一个或多个特别是不同的存储介质,尤其是光学介质、磁性介质、固体介质和/或其他的非易失性介质。所述程序可以被如下地提供:即,该程序能够使在此所述的方法具体化或者说能够实施在此所述的方法,从而使得CPU可以执行该方法的步骤,并由此特别是可以控制机器人。

附图说明

[0104] 其他的优点和特征由从属权利要求和实施例给出。为此部分示意性地示出:

[0105] 图1:根据本发明的一种实施方式的机器人和用于控制该机器人的系统;

[0106] 图2:机器人到预设边界的距离;

[0107] 图3:取决于距离的额定速度;

[0108] 图4:取决于额定速度和实际速度的缓冲驱动参量;以及

[0109] 图5:根据本发明的一种实施方式的、用于控制机器人的方法。

[0110] 其中,附图标记列表如下:

[0111] 1机器人

[0112] 2控制器

[0113] A_1, \dots, A_6 驱动器

[0114] q_1, \dots, q_6 关节角度

[0115] q_{ist} 实际位置

[0116] q_{max}, q_{min} 上边界/下边界

[0117] \dot{q}_{soll} 额定速度

[0118] \dot{q}_{ist} 实际速度

[0119] $\dot{q}_{max}, \dot{q}_{min}$ 最大/最小速度

[0120] dist距离

[0121] τ_d 缓冲驱动参量

[0122] τ_{max} 最大参量

具体实施方式

[0123] 图1和图5分别示出了根据本发明的一种实施方式的、具有驱动器A1, ..., A6的机器人1和一种具有用于控制机器人1的控制器2的系统或者说一种由控制器2执行的用于控制机器人1的方法。

[0124] 在第一步骤S10中,控制器2根据前面阐释的等式(1)至(1'')来确定机器人2与预设边界 q_{\max} 、 q_{\min} 的距离 $dist$ 。这在图2中示出。在此, q_{ist} 表示被检测到的机器人1的实际位置,例如它的一个或多个如图1所示的关节角度 q_1, \dots, q_6 或者它的TCP在工作空间中的与这些关节角度相应的位态和/或定向的一个或多个分量。相应地, q_{\max} 、 q_{\min} 同样特别是可以在关节角度空间或工作空间中被预设。

[0125] 在所示出的机器人1的姿势中,根据等式(1')的到下边界 q_{\min} 的正的距离小于根据等式(1)的到上边界 q_{\max} 的同样为正的距離,并因此根据等式(1'')将其确定为机器人1到预设边界 q_{\max} 、 q_{\min} 的距离 $dist$ 。为了实现图解说明,也以虚线简示出机器人位于预设上边界 q_{\max} 上方的不容许区域(图1中的阴影)中的另一实际位置,该实际位置对应于负的距离 <0 。

[0126] 因此,如果在多个空间方向或者说关节上预先设定边界,则特别是可以将(绝对可看到的或带正负号的)最小距离确定为距离 $dist$,如图2所示。

[0127] 这样的距离确定同样可以如同在后面所描述一种实施方式中的步骤那样以分量方式进行,由此, q_{\min} 、 q_{\max} 和 q_{ist} 可以分别表示该位置沿着如图2所示坐标轴的一个分量。

[0128] 然后,控制器2在步骤S20中根据等式(3')并在基于等式(2)的附加边缘条件下确定额定速度 \dot{q}_{soll} 。这一点在图3中示出。在该图示中,一方面可以看到额定速度 \dot{q}_{soll} 与机器人1到预设边界的(取决于实际位置的)距离(见等式(3'))的线性相关性,另一方面还可以看到通过预设最大速度 \dot{q}_{\max} 在数值上对额定速度的向上限定和通过预设的最小速度 \dot{q}_{\min} 在数值上对额定速度的向下限定(见等式(2))。这可以就像已提到的那样特别是以分量方式进行,从而使得 \dot{q}_{soll} 、 \dot{q}_{\max} 和 \dot{q}_{\min} 可以分别表示速度的一个分量。

[0129] 然后,控制器2在步骤S30中根据等式(9'')在附加边缘条件(7')和(8)下确定了缓冲驱动参量 τ_d 。这一点在图4中示出。在该图示中,一方面可以看到根据等式(8)通过预设最大参量 τ_{\max} 在数值上对缓冲驱动参量 τ_d 的限定。另一方面可以清楚地看到缓冲驱动参量 τ_d 以如下方式被确定:即,只要额定速度 \dot{q}_{soll} 数值上超过实际速度 \dot{q}_{ist} (参见等式(7')),那么该缓冲驱动参量等于零。反过来,如果实际速度 \dot{q}_{ist} 数值上超过了额定速度 \dot{q}_{soll} ,那么根据等式(9'')以如下方式来确定缓冲驱动参量 τ_d :即,该缓冲驱动参量在数值上与额定速度 \dot{q}_{soll} 和实际速度 \dot{q}_{ist} 之间的差值成比例地增加,直至其通过最大参量 τ_{\max} 被限定。在此,缓冲驱动参量 τ_d 根据等式(6)与实际速度 \dot{q}_{ist} 反向。这也可以如同所描述的那样特别是以分量方式进行,从而使得 \dot{q}_{soll} 、 \dot{q}_{ist} 和 τ_d 或 τ_{\max} 可以分别表示速度的一个分量或者驱动器A1, ..., A6的一个驱动力或者驱动力矩(转矩)。

[0130] 控制器2在步骤S40中还附加于柔性驱动参量 τ_d 地发出缓冲驱动参量到机器人1的驱动器A1, ..., A6上,该柔性驱动参量基于柔性调节、特别是阻抗调节或导纳调节以基本已知并因此在这里未详细示出的方式来确定。

[0131] 虽然在前面的描述中阐释了示例性的实施方案,但是要指出的是还可能有很多的

变型方案。

[0132] 因此就像多次提到的那样,可以特别是分别针对机器人1的一个或多个位置分量、速度分量和驱动参量分量或者说自由度来执行这些步骤,这些参量或自由度相应于前面被标记为矢量的参量特别也是纯量 (skalar) 的,并表示了在一空间方向上或者一驱动器坐标自由度或关节坐标自由度上的位置、速度或驱动参量。

[0133] 这些单个的计算或公式特别可以分别在机器人的驱动器坐标空间或者说关节坐标空间或工作空间中实施,其中,这些参量可以在需要时通过正向转换或逆向转换在这些空间之间转换。因此,例如可以将在工作空间中设定的边界转化到驱动器坐标空间或者说关节坐标空间中,然后在那里直接确定驱动力或者驱动力矩 (驱动转矩)。同样地,也可以将在工作空间中确定的驱动参量转化到驱动器坐标空间或者说关节坐标空间中。

[0134] 此外要指出的是,这些示例性实施方案仅仅是示例,它们不应以任何方式限制保护范围、应用方案和结构。相反,通过前面的描述给本领域技术人员提供了用于对至少一个示例性实施方案进行转换的教导,其中,特别是关于所描述的组成部分的功能和设置的不同变化可以在不离开例如从权利要求书和与权利要求书等效的特征组合所获得的保护范围的情况下进行。

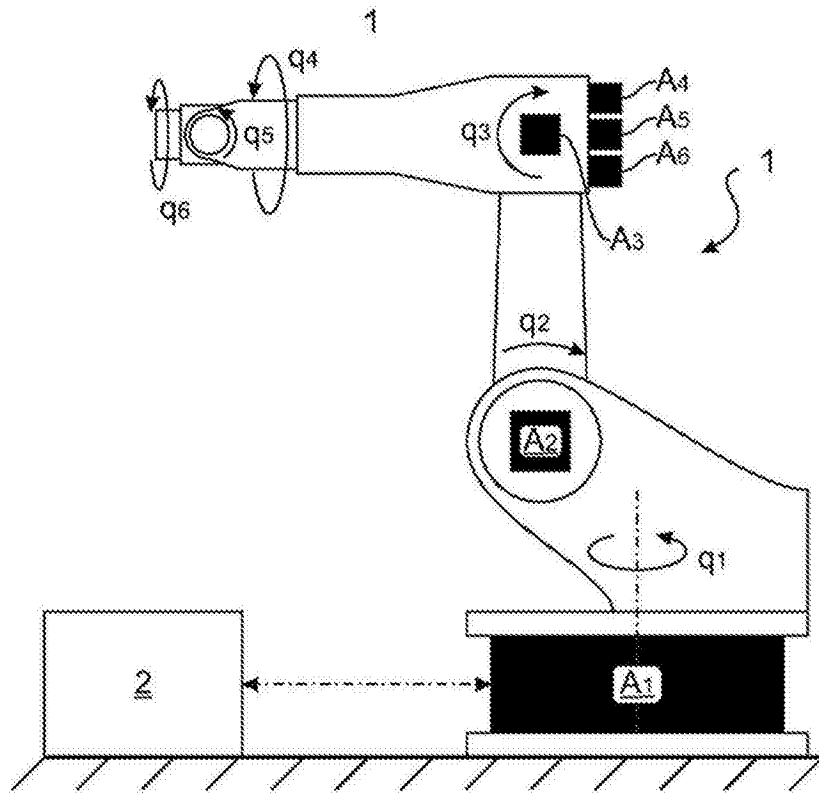


图1

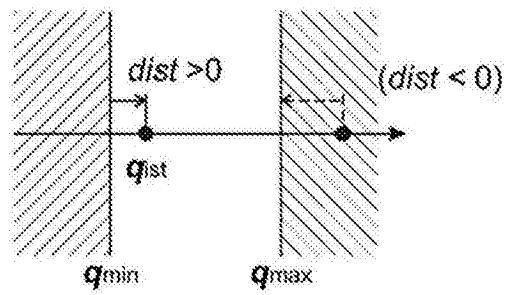


图2

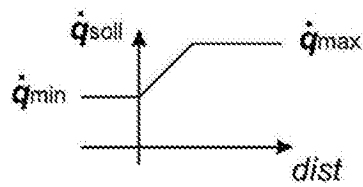


图3

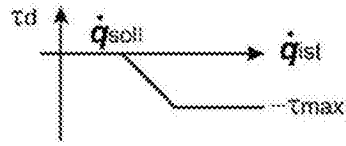


图4

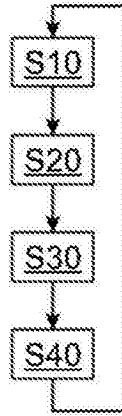


图5