



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106200685 A

(43) 申请公布日 2016. 12. 07

(21) 申请号 201510221236. 2

(22) 申请日 2015. 05. 04

(71) 申请人 中国科学院沈阳自动化研究所  
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街  
114 号

(72) 发明人 冷雨泉 张会文 张阳 张伟  
何旭 刘玉旺 骆海涛 陈正仓  
蔺兆宝 付明亮

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限  
公司 21002  
代理人 许宗富 周秀梅

(51) Int. Cl.  
G05D 3/12(2006. 01)

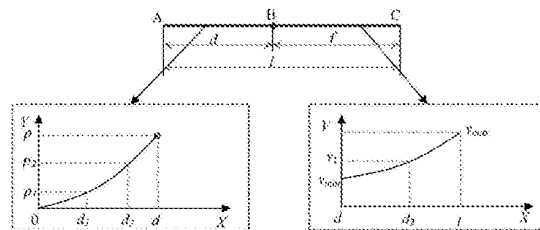
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

非线性位置与速度的遥操作控制算法

(57) 摘要

本发明涉及非线性位置与速度的遥操作控制算法,将遥操作器的任意自由度的正向或负向运动范围分割为非线性位置对应部分和非线性速度对应部分;非线性位置对应部分为遥操作器的前段位置,控制机械臂相应自由度的正向或负向运动的行程位置;速度对应部分为遥操作器的后段位置,非线性控制机械臂相应自由度的正向或负向运动的速度;前段位置和后段位置的连接处为过渡点。本发明结合位置对应法与速度法的优势,将对应关系分成两部分,前半部分实现位置对应,后半部分实现速度对应,且相应的对应关系为非线性,能够使精细操作和快速操作两种效果同时实现。



1. 非线性位置与速度的遥操作控制算法,其特征在于:将遥操作器的任意自由度的正向或负向运动范围分割为非线性位置对应部分和非线性速度对应部分;

非线性位置对应部分为遥操作器的前段位置,控制机械臂相应自由度的正向或负向运动的行程位置;

非线性速度对应部分为遥操作器的后段位置,控制机械臂相应自由度的正向或负向运动的速度;

前段位置和后段位置的连接处为过渡点。

2. 根据权利要求1所述的非线性位置与速度的遥操作控制算法,其特征在于所述控制机械臂相应自由度的正向或负向运动的行程位置具体为:机械臂相应自由度的正向或负向行程位置与遥操作器操作杆行程位置的比例系数可变。

3. 根据权利要求2所述的非线性位置与速度的遥操作控制算法,其特征在于所述比例系数可变具体为比例系数随着操作杆行程的增大而由小到大。

4. 根据权利要求1所述的非线性位置与速度的遥操作控制算法,其特征在于所述控制机械臂相应自由度的正向或负向运动的速度具体为:机械臂相应自由度的正向或负向运动速度与遥操作器操作杆行程位置的比例系数可变。

5. 根据权利要求4所述的非线性位置与速度的遥操作控制算法,其特征在于所述比例系数可变具体为比例系数随着操作杆行程的增大而由小到大。

6. 根据权利要求1所述的非线性位置与速度的遥操作控制算法,其特征在于所述过渡点的速度采用继承的方式,即进入非线性速度对应部分的初始速度为非线性位置对应部分的结束时的瞬时速度。

7. 根据权利要求1所述的非线性位置与速度的遥操作控制算法,其特征在于所述非线性位置对应部分和非线性速度对应部分之间的过渡通过力/力矩反馈的方式或者通过指示灯的方式使操作者感知。

## 非线性位置与速度的遥操作控制算法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种非线性位置与速度的遥操作控制算法,是一种能够同时实现快速遥操作与精细遥操作的算法,是一种可用于执行器遥操作的通用的遥操作方法。

### 背景技术

[0002] 遥操作是指在一定距离下,通过遥操作器对执行器进行操作的方法。目前,遥操作已经广泛的应用与反恐防暴、空间机械臂操作、核工业机械臂操作等,其主要特点在于所处环境为不可达和具有危险性。

[0003] 现有的对机械臂进行遥操作的方法为固定比例发达系数法,通过遥操作器的运动直接与放大系数相乘得到机械臂所需的运动行程,该方法致使机械的快速操作与精细操作形成矛盾,另外对于大行程的机械臂,当采用位置对应的方式时,为使机械臂能够在大的行程中运动,需要操作者不断的使用使能按键,重复的将操作杆归零,极大地降低了操作效率,如果增大两者间对应系数,则不能够保证精细操作。对于移动平台的遥操作方法多为速度法,不能够精细的实现位置的调节。

### 发明内容

[0004] 针对上述技术不足,本发明的目的提供一种非线性位置与速度的遥操作控制算法。本发明能够有效的应用与对执行器的远程操作,提高操作效率及操作的精细度。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:非线性位置与速度的遥操作控制算法,将遥操作器的任意自由度的正向或负向运动范围分割为非线性位置对应部分和非线性速度对应部分;

[0006] 非线性位置对应部分为遥操作器的前段位置,控制机械臂相应自由度的正向或负向运动的行程位置;

[0007] 非线性速度对应部分为遥操作器的后段位置,控制机械臂相应自由度的正向或负向运动的速度;

[0008] 前段位置和后段位置的连接处为过渡点。

[0009] 所述控制机械臂相应自由度的正向或负向运动的行程位置具体为:机械臂相应自由度的正向或负向行程位置与遥操作器操作杆行程位置的比例系数可变。

[0010] 所述比例系数可变具体为比例系数随着操作杆行程的增大而由小到大。

[0011] 所述控制机械臂相应自由度的正向或负向运动的速度具体为:机械臂相应自由度的正向或负向运动速度与遥操作器操作杆行程位置的比例系数可变。

[0012] 所述比例系数可变具体为比例系数随着操作杆行程的增大而由小到大。

[0013] 所述过渡点的速度采用继承的方式,即进入非线性速度对应部分的初始速度为非线性位置对应部分的结束时的瞬时速度。

[0014] 所述非线性位置对应部分和非线性速度对应部分之间的过渡通过力/力矩反馈的方式或者通过指示灯的方式使操作者感知。

[0015] 本发明具有以下有益效果及优点：

[0016] 1. 本发明结合位置对应法与速度法的优势，将对应关系分成两部分，前半部分实现位置对应，后半部分实现速度对应，且相应的对应关系为非线性，更易于精细操作和快速操作的实现。

[0017] 2. 本发明在非线位置对应部分操作者可以实现精细操作，在非线速度对应部分能够实现快速操作，且在两者时间能够实现无缝的过渡，保证了遥操作的高效性和精细性。

### 附图说明

[0018] 图 1 是本发明实施非线性位置与速度的遥操作控制算法的原理图。

[0019] 图 2 是本发明遥操作器瞬间速度的计算方法图。

[0020] 图 3 是基于力反馈的反馈力大小与遥操作器位置的对应关系图。

### 具体实施方式

[0021] 下面结合实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0022] 本发明的非线性位置与速度的遥操作控制方法可应用与机械臂以及移动平台的遥操作，是研究遥操作器工作空间与执行器工作空间的操作对应关系的算法。本实施例以一个自由度的机械臂为例，算法将遥操作杆的运动形成分为两部分，分别为位置对应部分和速度对应部分。位置对应部分采用非线性的方式，将遥操作杆的位置对应到执行器的相对运动位置。所述的速度对应位置也采用非线性的方式，将遥操作杆的位置对应到执行器的运动速度。

[0023] 算法通过执行器的瞬时速度实现两部分的过渡，并且依据遥操作杆的力反馈或指示灯的方式让操纵者感知到两者的状态的变化。执行器包括机械臂和移动运动平台。

[0024] 遥操作器的任意自由度的正向或负向运动范围都分割为非线位置对应部分和非线速度对应部分；非线位置对应与遥操作器的前段位置，非线速度对应与遥操作器的后段位置，两者的连接处成为过渡点。

[0025] 非线位置对应部分的开始部分能够使执行器运动的相对位置与遥操作器运动的相对位置的比例较小，着重用于精细操作，随着遥操作器运动位置的增加，执行器运动相对位置与遥操作器运动相对位置比例系数逐渐变大，能够加快执行器的运动速度。非线速度对应部分在开始阶段时，执行器相对运动速度与遥操作器运动相对位置比例系数较小，随着遥操作器运动位置的增加，执行器运动相对速度与遥操作器运动相对位置比例系数逐渐变大，时执行器的速度进一步的加大。

[0026] 过渡点对应的执行器的速度是继承非线位置对应的末端时刻的瞬时速度；非线位置对应部分和非线速度对应部分之间的过渡可通过力 \ 力矩反馈的方式，或者通过指示灯的方式使操作者感知。

[0027] 请参考图 1，图 1 是本发明实施非线性位置与速度的遥操作控制算法的原理图。如图 1 所示遥操作器的某一自由度正向运动范围用直线 AC 表示，且定义长度 / 转角  $AC = 1$ ，设 AC 中一点 B，将 AC 分割为 AB 和 BC 两段，长度分别为  $AB = d$ ， $BC = f$ ，要求在 AB 段进行非线位置控制，在 BC 段进行非线速度控制。

[0028] 图 1 左侧方框表示非线性位置控制阶段,其遥操作器运动位置与执行器位置呈非线性关系,其对应比例表示为  $K \in [0, k_{\max})$ ,  $k_{\max} = p/d$ ;  $d$  为非线性位置控制模式操作杆移动的最大行程,  $p$  为操作杆移动到最大行程时机械臂末端点对应的行程。横轴  $X$  表示操作杆移动的行程坐标轴,纵轴  $Y$  表示机械臂末端点行程坐标轴。非线性位置控制的初始阶段,比例系数  $K_1 = p_1/d_1$ ,  $K_1 \ll 1$ ,  $p_1$ 、 $d_1$  分别为初始阶段机械臂末端点行程和操作杆移动的行程。主要用于精细操作。随着操作杆偏移初始点距离的增加,比例系数  $K_2 = p_2/d_2$ ,  $K_2 > K_1$ ,  $p_2$ 、 $d_2$  分别为中期阶段机械臂末端点行程和操作杆移动的行程;使比例增加,主要用于执行器与目标点有较大偏差时使用。非线性位置控制为非线性,例如方程为  $Y = \alpha X^n = (\alpha X^{n-1}) X$  的形式,其中  $Y$  和  $X$  分别为机械臂末端点的运动行程和遥操作器操作杆的运动行程,  $\alpha$  为固定比例系数,  $n \geq 1$  的自然数,其中  $n = 1$  时,即为固定比例  $\alpha$  的线性位置对应方法,非线性位置控制方法的位置方法系数  $k_s = \alpha X^{n-1}$  是关于操作杆移动的行程的不断变化系数,  $n > 1$ 。

[0029] 当执行器与目标点有大偏差时,则可采用 BC 之间的非线性速度模式进行运动控制,当遥操作器的操作杆位于 BC 间某点时,执行器末端点则以响应的固定的速度运动,如图 1 右侧方框所示,横轴  $X$  表示操作杆移动的行程坐标轴,纵轴  $V$  表示机械臂末端点速度坐标轴。当操作杆偏移初始点 A 距离为  $d_3$  时,对应速度为  $v_1$ ,非线性控制速度范围为  $v = [v_{\min}, v_{\max}]$ ;  $v_{\min}$ 、 $v_{\max}$  分别为机械臂在速度模式下的最开始的速度与最大速度;非线性速度控制为非线性,例如方程为  $V = \beta (X-d)^m + v_{\min} = \beta (X-d)^{m-1} (X-d) + v_{\min}$  形式,其中  $V$  和  $X$  分别为机械臂末端点的运动速度和遥操作器操作杆的运动行程,  $\beta$  为固定的比例系数,  $m \geq 1$  其中  $m = 1$  时,即为固定比例  $\beta$  的线性速度对应方法,非线性位置控制方法的位置方法系数  $k_v = \beta (X-d)^{m-1}$  是关于操作杆移动的行程的不断变化系数,  $m > 1$ ,  $v_{\min}$  表示进入非线性速度模式的最开始的速度。  $d$  表示的是非线性位置控制模式的最大行程,而不是整个操作杆的,操作杆的行程包括两部分前部分的非线性位置部分和后半部分的非线性速度行程。

[0030] 请参考图 2,对于 B 点速度的平滑过渡是使机械臂运动柔滑的一个问题。定义通信周期为  $T$ ,在某一周期操作杆由 E 点运动到 F 点,  $EF = \Delta l$ ,对应机械臂运动距离为  $\Delta p$ ,横轴  $X$  表示操作杆移动的行程坐标轴,纵轴  $Y$  表示机械臂末端点行程坐标轴。则可知,在此周期内,操作杆速度  $v_t = \Delta l/T$ ,机械臂末端速度  $v_a = \Delta p/T$ 。定义在遥操作杆达到 B 前一周期速度  $v_{tb}$ ,机械臂末端此时速度为  $v_{ab}$ ,作为进入非线性速度模式的初始速度,即图 1 右侧方框中  $v_{\min} = v_{ab}$ ,可以实现机械臂末端执行器速度的平滑过渡。

[0031] 请参考图 3,操作者如何感知并区分操作过程是属于非线性位置控制阶段,还是属于非线性速度阶问题。如果遥操作具有反馈力 \ 力矩功能,则遥操作器通过力 \ 力矩反馈的大小进行两者的区分。假设初始状态的驱动力 \ 力矩  $F$ ,当人手腕大于力 \ 力矩  $F$  时,才能驱动此自由度的正向运动。如图 3 所示,横轴  $X$  表示操作杆移动的行程坐标轴,纵轴  $F$  表示操作杆反馈力。在非线性位置对应阶段,操作遥操作器需要一定的力 / 力矩,但其数值较小,将其定义为  $F_{\text{Bas}}$ 。在 B 点引入随位置直接变化的力 \ 力矩反馈,定义大小为  $F_{\min}$ ,且  $F_{\min} > (3 \sim 5) F_{\text{Bas}}$ ,使操作者能够明显感知到模式的切换。最大力 / 力矩  $F_{\max}$  对应操作杆最大位移处,同时对应机械臂末端最大速度  $v_{\max}$ 。目前,由瑞士 Force Dimension 公司生产的具有力反馈的 omega. 6 系列的遥操作杆,能够为使用客户提供关于力反馈的 API 接口,用于控制反馈力的大小;因此可采用该设备作为遥操作器,当操作者操作操作器由非线性位置模

式进入非线性速度模式时,遥操作器将依据遥操作器的具体运动位置产生相应的反馈力,力的方向为运动的反方向,以便遥操作者感受到一定的阻力,便于速度模式下速度大小的控制。遥操作器的反馈力初始反馈点是非线性位置与速度模式的过渡点,此时产生反馈力,以便操作者感知到两种模式的过渡;另外,对应无力\力矩反馈的遥操作器,则可通过指示灯的方式,表征状态的切换;例如,当遥操作杆的行程超过距离  $d$  时,指示灯通电变亮。

[0032] 以上为某一自由度的正向非线性位置与速度的遥操作控制算法,对于遥操作器的负向非线性位置与速度的遥操作控制方法与正向相同。

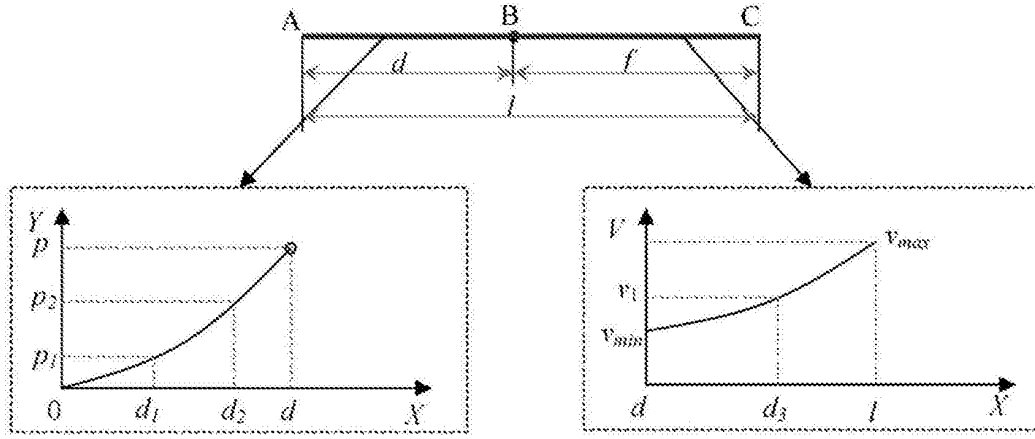


图 1

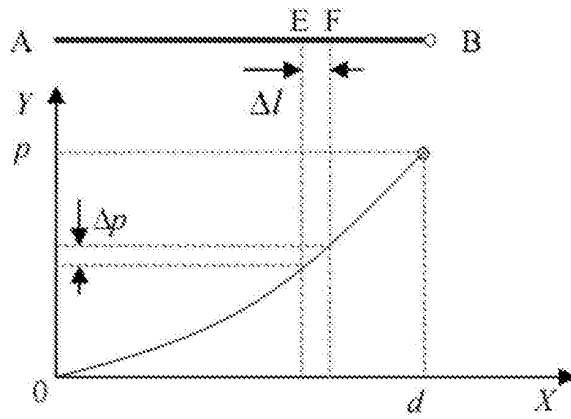


图 2

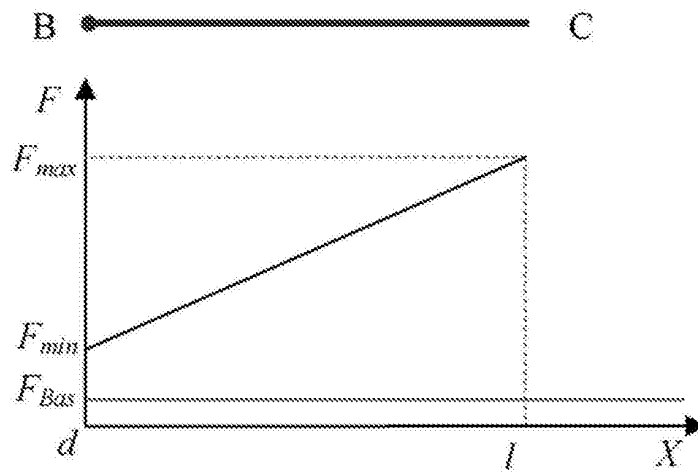


图 3