



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108488572 A

(43)申请公布日 2018.09.04

(21)申请号 201810505432.6

(22)申请日 2018.05.23

(71)申请人 高新兴科技集团股份有限公司

地址 510570 广东省广州市黄埔区科学城  
开创大道2819号6楼

(72)发明人 顾义加 黄洪加 林慰然 郑志斌  
黄全宇 汪刚 宋一兵 侯玉清  
刘双广

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限  
公司 44102

代理人 邱奕才 郑永泉

(51) Int. Cl.

F16M 11/06(2006.01)

G05B 11/42(2006.01)

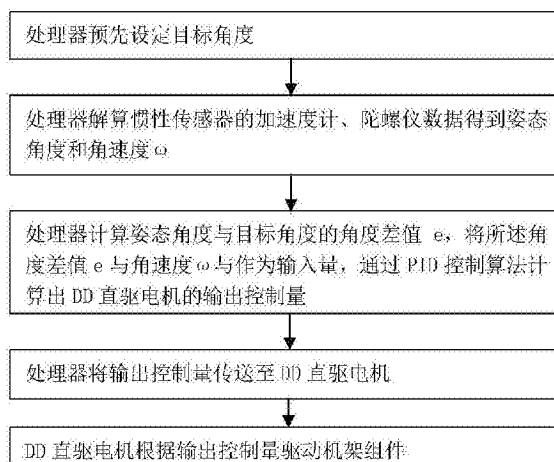
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种主动式防抖云台及其控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种主动式防抖云台及其控制方法。一种主动式防抖云台,包括机架组件、电机组件、拍摄设备以及控制组件,所述控制组件包括处理器和惯性传感器,所述惯性传感器检测所述拍摄设备的姿态信息,所述处理器根据所述姿态信息控制所述电机组件;其特征在于,所述电机组件为DD直驱电机,DD直驱电机连接机架组件,用于驱动机架组件相对所述拍摄设备转动。本发明的有益效果在于采用DD直驱电机,无需减速器、齿轮箱等连接结构,具有载重大、控制精度高、有效工作寿命长等优势;通过变参数PID控制算法达到进一步提高系统的响应速度和控制精度的目的。



1. 一种主动式防抖云台,包括机架组件、电机组件、拍摄设备以及控制组件,所述控制组件包括处理器和惯性传感器,所述惯性传感器检测所述拍摄设备的姿态信息,所述处理器根据所述姿态信息控制所述电机组件;其特征在于,所述电机组件为DD直驱电机,DD直驱电机连接机架组件,用于驱动机架组件相对所述拍摄设备转动。

2. 根据权利要求1所述的一种主动式防抖云台,其特征在于,所述惯性传感器为六轴惯性传感器。

3. 一种主动式防抖云台的控制方法,其特征在于,所述主动式防抖云台采用权利要求1所述的主动式防抖云台实现,上述方法包括如下步骤:

处理器预先设定目标角度;

处理器解算惯性传感器的加速度计、陀螺仪数据得到姿态角度和角速度 $\omega$ ;

处理器计算姿态角度与目标角度的角度差值 $e$ ,将所述角度差值 $e$ 与角速度 $\omega$ 与作为输入量,通过PID控制算法计算出DD直驱电机的输出控制量;

处理器将输出控制量传送至DD直驱电机,DD直驱电机根据输出控制量驱动机架组件。

4. 根据权利要求3所述的一种主动式防抖云台的控制方法,其特征在于,所述PID控制算法中的比例系数 $P$ 、积分系数 $I$ 和微分系数 $D$ 与角度差值 $e$ 的关系为:

$P(e(t)) = a_p + b_p (1 - \operatorname{sech}(c_p e(t)))$ ,其中 $P$ 为比例参数, $a_p$ 、 $b_p$ 、 $c_p$ 为正实常数,参数 $P$ 取值范围为 $[a_p, a_p + b_p]$ , $c_p$ 为调整参数 $P$ 变化速率;

$I(e(t)) = a_i \operatorname{sech}(c_i e(t))$ ,其中 $I$ 为积分参数, $a_i$ 、 $c_i$ 为正实常数,参数 $I$ 取值范围为 $(0, a_i]$ , $c_i$ 为调整参数 $I$ 变化速率;

当误差变化率 $e_v$ 小于或等于0时, $D(e(t)) = a_d + b_d / (1 + d_d \operatorname{ecp}(c_d e(t)))$ ;

当误差变化率 $e_v$ 大于0时, $D(e(t)) = a_d + b_d / (1 + d_d \operatorname{ecp}(-c_d e(t)))$ ,其中, $D$ 为微分参数, $a_d$ 、 $b_d$ 、 $c_d$ 、 $d_d$ 为正实常数,参数 $D$ 取值范围为 $(a_d, a_d + b_d)$ , $c_d$ 为调整参数 $D$ 变化速率。

5. 根据权利要求4所述的一种主动式防抖云台的控制方法,其特征在于,还包括步骤: $a_p$ 、 $b_p$ 、 $c_p$ 、 $a_i$ 、 $c_i$ 、 $a_d$ 、 $b_d$ 、 $c_d$ 、 $d_d$ 的数值经过粒子群优化算法优化。

## 一种主动式防抖云台及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及摄影、照相和/或监测用的辅助装置领域,具体涉及一种主动式防抖云台及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 在拍摄、监控、侦察等领域中,很多设备需要用到防抖云台,以便去获得相对稳定的环境而提供高质量的图像画面。飞行器、船舶、车辆等晃动的载体上装有防抖云台。城市监控中挂在高点上摄像机因强大风力作用下晃动而导致图像模糊,需要防抖云台。现有防抖云台技术与产品包括用在无人机与手机上的微型云台、用在飞机与船舶上的光电吊舱等。无人机云台通过控制无刷直流电机抵消抖动获取高清图像,而飞机、船舶光电吊舱采用重载磁同步电机。用在无人机、手机上的微型云台载重小,工作寿命时间短。飞机、船舶的光电吊舱虽载重大,能抵抗大的波动,但控制精度较低。

[0003] 申请号为CN201120476124.9的专利公开一种陀螺式动态自平衡云台,此专利采用电机组件作为原动力直接驱动云台的机架组件,电机优选为直流无刷电机。但是直流无刷电机必须配有相应的直流电机调速器才能工作,从成本上考虑,无刷电机的成本本身就比有刷电机高,而增加相应的直流电机调速器更进一步增加了系统的成本。另外因为增加了连接调速器的机械结构,从而带来了定位误差。

### 发明内容

[0004] 为解决上述技术问题,本发明提供一种主动式防抖云台及其控制方法,使用的电机无需多余的连接结构,降低工作成本,减少了机械结构产生的定位误差。

[0005] 一种主动式防抖云台,包括机架组件、电机组件、拍摄设备以及控制组件,所述控制组件包括处理器和惯性传感器,所述惯性传感器检测所述拍摄设备的姿态信息,所述处理器根据所述姿态信息控制所述电机组件;所述电机组件为DD直驱电机,DD直驱电机连接机架组件,用于驱动机架组件相对所述拍摄设备转动。

[0006] 本发明使用惯性传感器检测拍摄设备的姿态信息。惯性传感器用来检测和测量加速度、倾斜、冲击、振动、旋转和多自由度运动,是解决导航、定向和运动载体控制的重要部件。惯性传感器一般包括加速度计和螺旋仪,处理器根据所述惯性传感器输出的姿态信息控制所述电机组件。本发明选用DD直驱电机作为电机组件,DD直驱电机由于其输出扭力大而能与载重物体直接连接,无需减速器、齿轮箱等连接结构。DD直驱电机配置了高解析度的编码器,比普通伺服高一个等级的精度,同时因无需减速器、齿轮箱等连接结构,降低工作成本,减少了机械结构产生的定位误差,进一步提升了控制精度。总得来说,DD直驱电机有载重大、控制精度高、24小时不间断工作寿命长等优势。

[0007] 进一步地,惯性传感器为六轴惯性传感器。基础的惯性传感器包括加速度计与角速度 $\omega$ 计。六轴惯性传感器,主要由三个轴加速度传感器以及三个轴的陀螺仪组成。

[0008] 一种主动式防抖云台的控制方法,所述主动式防抖云台采用上述主动式防抖云台

实现,上述方法包括如下步骤:处理器预先设定目标角度;处理器解算惯性传感器的加速度计、陀螺仪数据得到姿态角度和角速度 $\omega$ ;处理器计算姿态角度与目标角度的角度差值 $e$ ,将所述角度差值 $e$ 与角速度 $\omega$ 作为输入量,通过PID控制算法计算出DD直驱电机的输出控制量;处理器将输出控制量传送至DD直驱电机,DD直驱电机根据输出控制量驱动机架组件。

[0009] 此方法中,加速度计、陀螺仪数据为姿态信息,处理器可以通过四元数互补滤波姿态解算姿态信息,得到姿态角度和角速度 $\omega$ 。处理器预先设定目标角度,姿态角度与目标角度的角度差值 $e$ 与角速度 $\omega$ 作为输入量,通过PID控制算法计算出DD直驱电机的输出控制量。PID控制算法根据设定值即目标角度和实际输出值即姿态角度构成控制偏差,将偏差按比例、积分、微分通过线性组合构成控制量,对被控对象DD直驱电机进行控制,DD直驱电机进而控制机架组件。

[0010] 进一步地,所述PID控制算法中的比例系数 $P$ 、积分系数 $I$ 和微分系数 $D$ 与角度差值 $e$ 的关系为: $P(e(t)) = a_p + b_p(1 - \operatorname{sech}(c_p e(t)))$ ,其中 $P$ 为比例参数, $a_p$ 、 $b_p$ 、 $c_p$ 为正实常数,参数 $P$ 取值范围为 $[a_p, a_p + b_p]$ , $c_p$ 为调整参数 $P$ 变化速率; $I(e(t)) = a_I \operatorname{sech}(c_I e(t))$ ,其中 $I$ 为积分参数, $a_I$ 、 $c_I$ 为正实常数,参数 $I$ 取值范围为 $(0, a_I]$ , $c_I$ 为调整参数 $I$ 变化速率;当误差变化率 $e_v$ 小于或等于0时, $D(e(t)) = a_D + b_D / (1 + d_D \operatorname{tanh}(c_D e(t)))$ 当误差变化率 $e_v$ 大于0时, $D(e(t)) = a_D + b_D / (1 + d_D \operatorname{tanh}(-c_D e(t)))$ ,其中, $D$ 为微分参数, $a_D$ 、 $b_D$ 、 $c_D$ 、 $d_D$ 为正实常数,参数 $D$ 取值范围为 $(a_D, a_D + b_D)$ , $c_D$ 为调整参数 $D$ 变化速率。本发明通过变参数PID(比例参数 $P$ 、积分参数 $I$ 、导数参数 $D$ )控制算法控制DD直驱电机。固定PID参数的控制存在稳定性和快速性之间的矛盾。用在无人机、手机上的微型云台载重轻,采用的串级PID算法中比例参数 $P$ 、积分参数 $I$ 、微分参数 $D$ 固定不变。而城市高点监控摄像机,惯量比较大,对系统要求响应速度快、精度高,通过变参数PID控制算法控制DD直驱电机,以便达到更好的效果。本发明的PID控制算法采用变参数PID方式,根据误差的大小,改变比例、积分、微分的参数,从而在原来的基础上提高系统的响应速度和精度。在误差比较大的时候,可以不考虑系统的精度和超调量,为了系统加快响应速度,采用加大比例参数 $P$ 作用,减小积分参数 $I$ 和微分参数 $D$ 作用。在误差比较小时,为了防止系统超调量过大,应减小比例参数 $P$ 作用,加强积分参数 $I$ 和微分参数 $D$ 作用。当系统超调时,应加大微分参数 $D$ 作用。根据以上变量规律,可以得出以上的串级PID控制算法中的比例系数 $P$ 、积分系数 $I$ 和微分系数 $D$ 与角度差值 $e$ 的关系。

[0011] 进一步地,还包括步骤: $a_p$ 、 $b_p$ 、 $c_p$ 、 $a_I$ 、 $c_I$ 、 $a_D$ 、 $b_D$ 、 $c_D$ 、 $d_D$ 的数值经过粒子群优化算法优化。以上非线性函数中的系数,可以通过手动调试出比较好的系数,也可以通过粒子群优化算法对非线性函数中的系数进一步优化。

[0012] 本发明的有益效果在于采用DD直驱电机,无需减速器、齿轮箱等连接结构,具有载重大、控制精度高、有效工作寿命长等优势;通过变参数PID控制算法达到进一步提高了系统的响应速度和控制精度的目的。

## 附图说明

[0013] 图1为本发明主动式防抖云台的控制方法流程图;

[0014] 图2是比例参数 $P$ 变化曲线图;

[0015] 图3是积分参数 $I$ 变化曲线图;

[0016] 图4是微分参数 $D$ 变化曲线图。

## 具体实施方式

[0017] 以下结合附图对本发明进行进一步说明。

[0018] 一种主动式防抖云台,包括机架组件、电机组件、拍摄设备以及控制组件,所述控制组件包括处理器和惯性传感器,所述惯性传感器检测所述拍摄设备的姿态信息,所述处理器根据所述姿态信息控制所述电机组件;所述电机组件为DD直驱电机,DD直驱电机连接机架组件,用于驱动机架组件相对所述拍摄设备转动。

[0019] 本发明使用惯性传感器检测拍摄设备的姿态信息。惯性传感器用于检测和测量加速度、倾斜、冲击、振动、旋转和多自由度运动,是解决导航、定向和运动载体控制的重要部件。惯性传感器一般包括加速度计和螺旋仪,优选地,惯性传感器为六轴惯性传感器。基础的惯性传感器包括加速度计与角速度 $\omega$ 计。六轴惯性传感器,主要由三个轴加速度传感器以及三个轴的陀螺仪组成。处理器根据所述惯性传感器输出的姿态信息控制所述电机组件。本发明选用DD直驱电机作为电机组件,DD直驱电机由于其输出扭力大而能载重物体直接连接,无需减速器、齿轮箱等连接结构。DD直驱电机配置了高解析度的编码器,比普通伺服高一个等级的精度,同时因无需减速器、齿轮箱等连接结构,降低工作成本,减少了机械结构产生的定位误差,进一步提升了控制精度。总得来说,DD直驱电机有载重大、控制精度高、24小时不间断工作寿命长等优势。

[0020] 一种主动式防抖云台的控制方法,所述主动式防抖云台采用上述主动式防抖云台实现,上述方法如图1所示,包括如下步骤:处理器预先设定目标角度;处理器解算惯性传感器的加速度计、陀螺仪数据得到姿态角度和角速度 $\omega$ ;处理器计算姿态角度与目标角度的角度差值 $e$ ,将所述角度差值 $e$ 与角速度 $\omega$ 作为输入量,通过串级PID控制算法计算出DD直驱电机的输出控制量;处理器将输出控制量传送至DD直驱电机,DD直驱电机根据输出控制量驱动机架组件。

[0021] 此方法中,加速度计、陀螺仪数据为姿态信息,处理器可以通过四元数互补滤波姿态解算姿态信息,得到姿态角度和角速度 $\omega$ 。处理器预先设定目标角度,本发明的主动式防抖云台特别应用于城市高点监控摄像机上,用户可以根据需要稳定的位置设定对应的角度作为目标角度。姿态角度与目标角度的角度差值 $e$ 与角速度 $\omega$ 作为输入量,通过PID控制算法计算出DD直驱电机的输出控制量。PID控制算法根据设定值即目标角度和实际输出值即姿态角度构成控制偏差,将偏差按比例、积分、微分通过线性组合构成控制量,对被控对象DD直驱电机进行控制,DD直驱电机进而控制机架组件。

[0022] 串级PID控制算法中的比例系数 $P$ 、积分系数 $I$ 和微分系数 $D$ 与角度差值 $e$ 的关系为:  
(1) 参数 $P$ 随误差 $e$ 变化的大致形状如图2所示。据图2可以构造如下非线性函数为: $P(e(t)) = a_p + b_p(1 - \operatorname{sech}(c_p e(t)))$ ,其中 $P$ 为比例参数, $a_p$ 、 $b_p$ 、 $c_p$ 为正实常数,参数 $P$ 取值范围为 $[a_p, a_p + b_p]$ , $c_p$ 为调整参数 $P$ 变化速率, $\operatorname{sech}(c_p e(t))$ 为双曲函数;

[0023] (2) 参数 $I$ 随误差 $e$ 变化的大致形状如图3所示。根据该图可以构造如下非线性函数为: $I(e(t)) = a_I \operatorname{sech}(c_I e(t))$ ,其中 $I$ 为积分参数, $a_I$ 、 $c_I$ 为正实常数,参数 $I$ 取值范围为 $(0, a_I]$ , $c_I$ 为调整参数 $I$ 变化速率, $\operatorname{sech}(c_I e(t))$ 为双曲函数;

[0024] (3) 当误差变化率 $e_v$ 小于或等于0时,参数 $D$ 随误差 $e$ 变化的大致形状如图4所示。根据图4可以构造如下非线性函数为 $D(e(t)) = a_D + b_D / (1 + d_D \exp(c_D e(t)))$ ;当误差变化率 $e_v$ 大

于0时,非线性函数为 $D(e(t)) = a_D + b_D / (1 + d_D \exp(-c_D e(t)))$ ,其中, $D$ 为微分参数, $a_D$ 、 $b_D$ 、 $c_D$ 、 $d_D$ 为正实常数,参数 $D$ 取值范围为 $(a_D, a_D + b_D)$ , $c_D$ 为调整参数 $D$ 变化速率, $e(t)$ 代表误差随时间变化的函数。 $e_v$ 是误差的微分,也是误差变化率。每次的误差变化率 $e_v = (这次误差e - 上次误差e) / 时间间隔$ 。误差变化率 $e_v$ 的正负数,决定公式中的 $c_D$ 前面的符号, $e_v$ 为负时,用 $c_D$ ;  $e_v$ 为正时,用 $-c_D$ 。

[0025] 本发明通过变参数PID(比例参数P、积分参数I、微分参数D)控制算法控制DD直驱电机。固定PID参数的控制存在稳定性和快速性之间的矛盾。用在无人机、手机上的微型云台载重轻,采用的串级PID算法中比例参数P、积分参数I、微分参数D固定不变。而城市高点监控摄像机,惯量比较大,对系统要求响应速度快、精度高,通过变参数PID控制算法控制DD直驱电机,以便达到更好的效果。本发明的PID控制算法采用变参数PID方式,根据误差的大小,改变比例、积分、微分的参数,从而在原来的基础上提高系统的响应速度和精度。在误差大于一定阈值M的时候,可以不考虑系统的精度和超调量,为了系统加快响应速度,采用加大比例参数P作用,减小积分参数I和微分参数D作用。在误差小于或等于一定阈值M时,为了防止系统超调量过大,应减小比例参数P作用,加强积分参数I和微分参数D作用。当系统超调时,应加大微分参数D作用。优选地,所述一定阈值M为 $0.1^\circ$ 。根据以上变量规律,可以得出以上的串级PID控制算法中的比例系数P、积分系数I和微分系数D与角度差值e的关系。

[0026] 本发明还包括步骤: $a_p$ 、 $b_p$ 、 $c_p$ 、 $a_I$ 、 $c_I$ 、 $a_D$ 、 $b_D$ 、 $c_D$ 、 $d_D$ 的数值经过粒子群优化算法优化。以上非线性函数中的系数,可以通过手动调试出比较好的系数,也可以通过粒子群优化算法对非线性函数中的系数进一步优化。

[0027] 本发明采用DD直驱电机,无需减速器、齿轮箱等连接结构,具有载重大、控制精度高、有效工作寿命长等优势;通过变参数PID控制算法达到进一步提高了系统的响应速度和控制精度的目的。

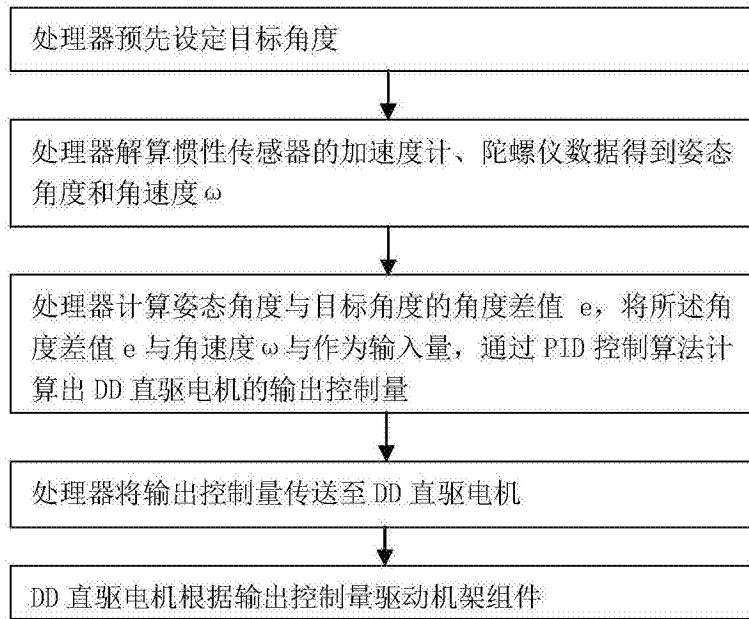


图1

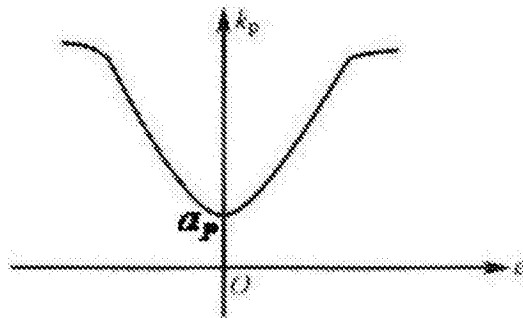


图2

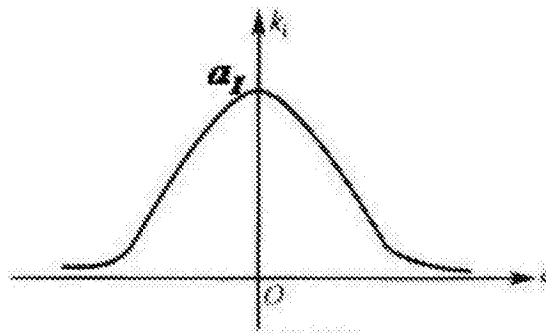


图3

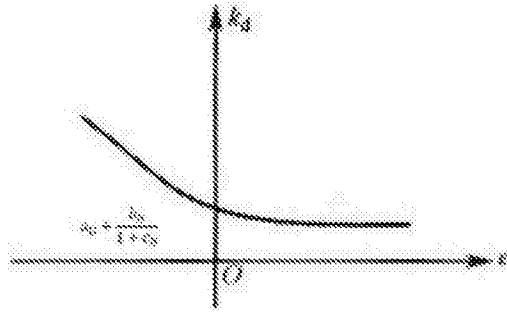


图4