

一种新型玻璃清洁机器人的设计与实现

陈可万,温志渝,高亮,武新,罗国希
(重庆大学 微系统研究中心,重庆 400044)

摘要: 为了实现对玻璃窗户全方位自动、高效地清洁,设计了一种新型玻璃清洁机器人。介绍了机器人的总体设计思路,重点阐述了机器人的结构设计、驱动模块以及控制算法。测试表明,该玻璃清洁机器人操作简单、控制灵活、实用性强,且具有较高的可靠性和准确性,可实现垂直方向全方位自由移动,清洁效果良好。

关键词: 玻璃清洁;清洁机器人;驱动控制

中图分类号: TP242.6

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)09-0021-03

Design and realization of a new type of glass-cleaning robot

Chen Kewan, Wen Zhiyu, Gao Liang, Wu Xin, Luo Guoxi
(Microsystem Research Center, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In order to completely and efficiently clean the glass, a new type of glass-cleaning robot is designed. This paper introduces the general principle of the designing, concentrates on the structure, driver module and controlling algorithm. The testing model of the robot shows that this type of robot is user-friendly, easy-to-operate, flexible and practical. It has significant reliability and accuracy, and has realized vertical direction omni-directional move freely, cleaning effect is good.

Key words: glass cleaning; cleaning robot; controlling driver

目前,市场上虽然出现了一些爬壁机器人,但至今还没有一种专门针对玻璃清洁的机器人。本文介绍了一种基于负压吸附的轮式玻璃清洁机器人,将其用于高层住宅的玻璃清洗工作。使用该机器人可以避免玻璃清洁带来的高空作业危险,而且其操作简单,使用方便,应用价值高,市场前景广阔。

1 玻璃清洁机器人系统总体结构

该玻璃清洁机器人系统由手势识别和清洁机身两个部分组成,如图1所示。手势识别部分利用MXC6202二轴加速度传感器测量人手控制过程中的加速度值,将采集到的加速度值送入单片机中处理,经过一定的算法得到控制信号,并通过无线发射模块发送到清洁机器人部分。清洁机身部分将接收到的手势识别控制信号传送给主控单片机^[1],经过运算处理后,产生两路直流减速电机的控制信号和一路微型真空泵的控制信号,经各驱动器放大后,实现对直流减速电机和微型真空泵的驱动和控制。

2 玻璃清洁机器人结构

玻璃清洁机器人采用负压吸附、轮式驱动结构^[2-3]。

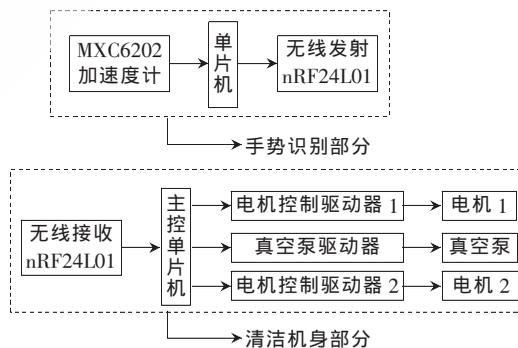


图1 玻璃清洁机器人系统设计框图

工作时,机器人吸附在玻璃面上,通过全方位移动,实现对玻璃的清洁。清洁机器人结构的三维实体模型如图2所示,由车轮、过滤器、微型真空泵、同步齿形带、直流减速电机、底盘、吸盘七部分构成。该结构系统简单、可靠、操作方便,可以满足壁面移动机器人在负载能力、速度以及可靠性方面的要求。

该机器人工作原理:通过微型真空泵抽气,在吸盘内形成负压,从而将机器人吸附在玻璃面上;由两个直流

减速电机控制两排轮胎的同向同速、同向差速、异向同速、异向差速等运动状态,从而实现机器人上、下、左、右等运动。

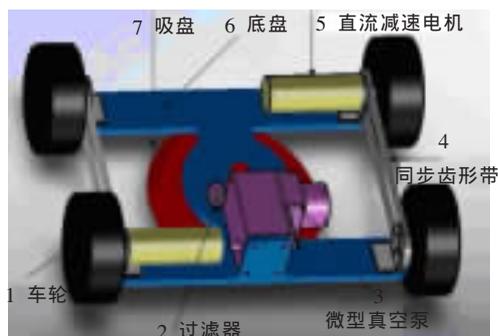


图2 清洁机器人三维结构图

3 玻璃清洁机器人驱动模块

机器人驱动模块是玻璃清洁机器人系统的关键部分,因此,本文重点介绍了驱动电机的选择、电机的参数优化及驱动电路的设计。

3.1 驱动电机的选择

驱动电机作为驱动机器人自由移动的主要部件,决定了机器人在竖直玻璃壁面上的移动性能。常用的驱动电机主要包括步进电机和直流电机。

爬壁机器人要实现在竖直玻璃壁面上的移动,对电机的扭矩要求很高,但一般步进电机的扭矩都较小。为使扭矩达到要求,电机的体积和质量都会非常大,不能满足本文扭矩大,而体积小、重量轻的要求。

直流电机能够将输入的电压信号变成转轴的角位移或角速度输出,改变控制电压即可改变电机转速和转向,用途很广泛。主要有如下优点^[4]:

(1)宽广的调速范围。直流电机的转速能够随着控制电压的改变在宽广的范围内连续调节。

(2)线性的机械特性和调节特性。直流电机在控制电压一定时,转速随着转矩的变化而变化。转矩一定时,转速则随电压的变化而线性调节。线性的机械特性和调节特性有利于提高自控系统的动态精度。

(3)快速响应。电机的机电时间常数要小,相应地要有较大的堵转转矩和较小的转动惯量。电机的转速能随着控制电压的改变而迅速改变。

因此,本文采用直流电机中的直流减速电机,即齿轮减速电机。该电机是在直流电机的基础上,加上配套齿轮减速箱。齿轮减速箱的作用是提供较低的转速,较大的力矩。同时,齿轮箱不同的减速比可以提供不同的转速和力矩。相对于步进电机,直流减速电机可以提供更大的扭矩,同时质量也大大减轻。由于爬壁机器人对电机扭矩要求很高、而转速要求不高,因此可以采用大的减速比,靠牺牲电机的转速来获得较大的扭矩。

3.2 电机的参数优化

机器人在竖直玻璃壁面上朝各个方向的移动中,竖

直向上移动对驱动力的要求最高,此时驱动力不但要完全克服重力,还要克服吸盘与壁面的滑动摩擦力。设机器人的重力为20 N,吸盘与玻璃壁面的摩擦力也为20 N(以最大值计算,实际上达不到),则:

$$f_1 = L_k / l \quad (1)$$

$$G + f_2 \leq f_1 \quad (2)$$

其中, f_1 为轮胎与玻璃壁面的静摩擦力即机器人的驱动力, f_2 为吸盘与玻璃壁面的滑动摩擦力, L_k 为驱动电机的扭矩, l 为轮胎的半径。现在市面上应用较普遍的轮胎的直径为65 mm,由此可计算出 L_k 至少为1.3 N·m。

本文的直流减速电机能达到的最大扭矩为2 N·m,负载转速为17 r/min,计算可得机器人的移动速度约为7 cm/s,满足了设计要求。

3.3 驱动电路设计

由于微型真空泵是由直流电机驱动的,本质上同直流减速电机的控制原理相同,因此可以采用相同的控制驱动电路。

考虑到驱动电路的驱动电压为12 V、电流为0.3 A及尺寸等因素,本文采用L298构成驱动电路。L298是ST公司生产的一种高电压、大电流电机驱动芯片。该芯片的主要特点是工作电压高,输出电流大,瞬间峰值电流可达3 A,持续工作电流为2 A;内含两个H桥的高电压大电流全桥式驱动器,可以用来驱动直流电动机等感性负载^[5],满足直流减速电机对驱动电压和电流的具体要求。

L298的4个输出管脚OUT1、OUT2、OUT3、OUT4分别与左右轮驱动直流电机的两端相连。由Atmega16L单片机输出PWM波来控制L298的输出。控制电机的输出情况如表1所示,其中,ENA为芯片的使能信号,A、B分别为直流电机的两个接线端,H、L分别为控制信号的高低电平。使能端高电平有效,通过对A、B端高低电平的控制,实现对电机正转、反转、停止的控制。微型真空泵的控制原理与直流减速电机控制原理相同。

表1 电机的输出

| ENA | A | B | 电机运行情况 |
|-----|---|---|--------|
| H | H | L | 正转 |
| H | L | H | 反转 |
| H | B | A | 快速停止 |
| L | X | X | 停止 |

图3为直流减速电机及微型真空泵控制驱动模块电路,主要包括L298驱动芯片及其相关电路。

4 玻璃清洁机器人控制算法

控制系统中由应用程序来实现控制任务,因此,应用程序设计的好坏直接决定了整个系统的控制质量和控制效率。图4为控制算法流程图。首先对控制系统的系统变量初始化、I/O口初始化、中断系统初始化、外围初始化等操作;然后通过无线接收模块nRF24L01接收

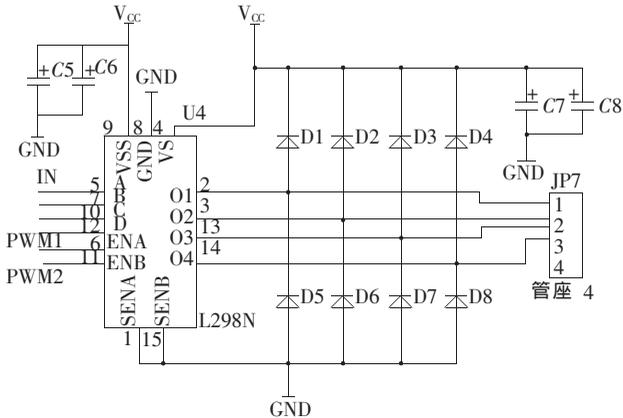


图3 直流减速电机及微型真空泵控制驱动模块电路

来自手势识别系统发送来的控制信号,依靠SPI与单片机进行通信;最后,单片机将无线接收模块接收到的控制信号进行运算处理,产生控制左右电机的信号,并传送给驱动放大器,经放大后的控制信号直接驱动两个电机,实现机器人的全方位移动控制。

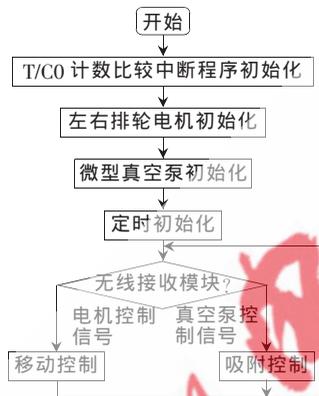


图4 控制算法流程图

5 玻窗清洁机器人测试

在实验室竖直玻璃上进行测试,玻璃面上涂有少许深色污渍。如图5所示,玻窗清洁机器人能很好地吸附在玻窗上,并能实现在竖直方向全方位自由移动。向上移动速度为7 cm/s,向下移动速度为14 cm/s,左右移动速度为10 cm/s,其他方向移动速度介于7~14 cm/s之间。



图5 玻窗清洁机器人清洁玻璃

实验表明,该机器人能很好地去掉玻璃上的污渍,清洁效果良好。

针对目前高层住宅清洗玻璃时面临的操作繁琐、难度较大、危险较高等问题,本文介绍了一种新型玻窗清洁机器人,给出了玻窗清洁机器人的总体设计思路,重点阐述了玻窗清洁机器人的结构设计、驱动模块以及控制算法。实验表明,该玻窗清洁机器人可在竖直玻璃壁面全方位自由移动,避免了玻窗清洁带来的高空作业危险,而且操作简单、使用方便,具有较高的可行性和准确性,具有重要的应用价值和广阔的市场前景。

参考文献

- [1] 沈文,LEE E,詹卫前.AVR单片机C语言开发入门指导[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [2] 王荣华.爬壁机器人设计及动力性能研究[D].沈阳:沈阳工业大学,2007.
- [3] 刘荣,田林.影响负压爬壁机器人性能的关键因素分析[J].北京航空航天大学学报,2009(05).
- [4] 王磊,艾晓庸,朱齐丹.基于LMD18200组件的直流电机驱动器的设计[J].仪器仪表装置,2003(9):37-41.
- [5] 谈士力,沈林勇.垂直壁面行走机器人系统研制[J].机器人,1996,18(4):242-247.

(收稿日期:2010-12-10)

作者简介:

陈可万,男,1984年生,硕士研究生,主要研究方向:机器智能化,信号采集与处理。

高亮,男,1986年生,硕士研究生,主要研究方向:微型机控制。