

doi: 10.7690/bgzd.2015.05.021

## 智能助老服务机器人开闭环控制

赵建伟, 李国晗, 唐 兵, 王洪燕

(中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院矿山机器人中心实验室, 北京 100083)

**摘要:** 针对助老服务机器人在服务以及娱乐老人任务中的重要性, 介绍一种智能助老服务机器人。简要介绍智能助老服务机器人的总体结构设计, 开、闭环控制系统的结构以及性能特点, 详细研究以 PID 算法为核心的闭环控制, 通过仿真设计 P, I, D 参数, 使智能助老服务机器人能够得到精确控制。并以该机器人为实验对象, 进行多次实验对比。实验结果表明: 智能助老服务机器人的 PID 闭环控制系统能保证机器人在复杂环境下工作的精确性, 广泛应用于外界环境复杂、对精度要求较高的场合, 其助老服务明显优于开环控制系统。

**关键词:** 机器人; 开环; 闭环; PID; 对比研究

**中图分类号:** TP242.6 **文献标志码:** A

## Intelligent Help-age Service Robot Open-closed Loop Control

Zhao Jianwei, Li Guohan, Tang Bing, Wang Hongyan

(The Robot Center Laboratory of Mine, School of Mechanical Electronic & Information Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** Introduce an intelligent help-age service robot considering its importance in the task of servicing and entertaining the old men. It briefly introduces the overall structure and design of intelligent help-age service robot and the structure and performance characteristics of open and closed loop control system; it does a detailed study on the closed loop control whose core is the PID algorithm, and through the simulation it sets the P, I, D parameters and make intelligent help-age service robot be able to get accurate control. It makes the robot as an experimental object and through many times experimental comparison, the experimental results show that the PID closed loop control system of intelligent help-age service robot can ensure the working accuracy of the robot in complex environment; it is widely used in an occasion whose external environment is complex and accuracy requirement is higher and its help-age service is obviously better than the open loop control system.

**Keywords:** robot; open loop; closed loop; PID; comparative study

### 0 引言

我国老龄化的现象日趋严重, 截至目前, 中国 60 岁以上老年人数量已超过 2 亿, 占总人口的 14.9%。这一比例高于 10% 的联合国传统老龄社会标准。我国经济发展水平尚处于世界中下水平时, 老龄化程度却已进入了发达国家的行列, 呈现了“未富先老”的特征<sup>[1]</sup>。老龄化的加速对经济社会将产生巨大的压力, 因此助老服务机器人在服务以及娱乐老人的任务中扮演着越来越重要的角色。随着社会的发展和科技的进步, 人们对智能助老服务机器人的性能要求也越高, 利用开环控制系统来控制机器人所暴露出来的缺点已日趋显现, 闭环控制系统已渐渐成为主流的控制方法<sup>[2]</sup>。笔者设计了一种智能助老服务机器人, 该机器人能帮助老人拿取药片、水果等日常生活用品, 并重点比较了开环系统和闭环系统控制下机器人的特点及性能指标。

### 1 智能助老服务机器人

智能助老服务机器人采用分层递阶智能体系结构<sup>[3]</sup>, 由机械系统、电气系统和执行系统 3 部分组

成。机械系统主要包括机身、机械臂和车轮。电气系统以 ARM 为主控模块, 以各类传感器及电子罗盘为检测模块。执行系统由电机和舵机 2 部分组成。电机用来执行助老服务机器人的行走, 舵机用来控制机械臂的一系列动作。同时该机器人还具有 WiFi 模块, 老年人可以通过 PC 遥控来实现机器人的避障, 抓取所需的物品。助老服务机器人也可以利用自身所具备的各种传感器来感知复杂的环境, 实现自主避障, 完成指定的任务。助老服务机器人的系统结构框图及实物图如图 1、图 2 所示。

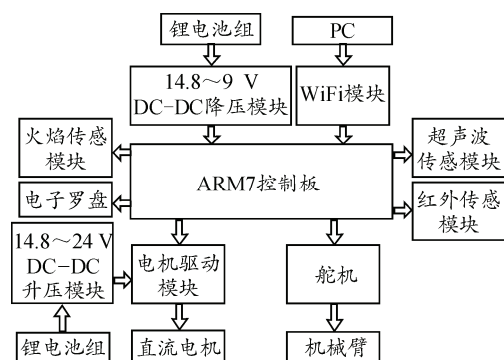


图 1 智能助老服务机器人的系统总体结构框图

收稿日期: 2015-03-05; 修回日期: 2015-04-17

作者简介: 赵建伟(1979—), 男, 内蒙古人, 博士, 讲师, 从事机器人技术、智能控制、机电一体化控制的研究。

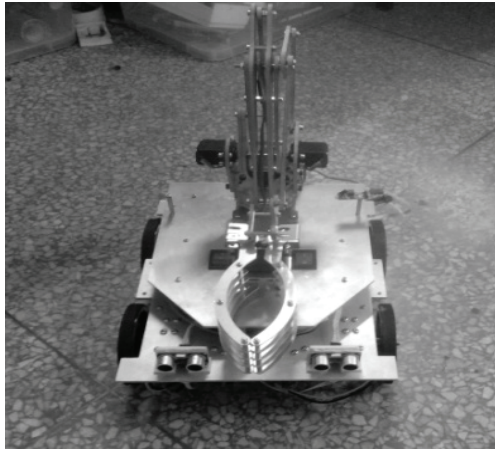


图 2 智能助老服务机器人实物图

### 2 智能助老服务机器人的开环控制系统

该机器人直流电机驱动模块直接驱动直流电机，直流电机的输出情况不会对系统的控制作用产生影响，不具备自动修正的能力<sup>[4]</sup>。

开环控制结构框图如图 3 所示。

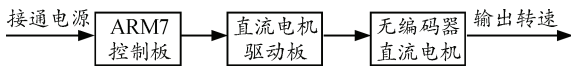


图 3 开环控制结构框图

机器人开环控制所使用的驱动板为爱控 168 W 双路直流电机驱动模块，支持电压 7~24 V，具有双路电机接口，类似 L298 控制逻辑，每路都支持三线控制使能、正反转及制动。控制信号使用灌电流驱动方式，支持绝大多数单片机直接驱动。使用光耦对全部控制信号进行隔离。通过程序控制 ARM7 给驱动板施加高电平，从而驱动直流电机的转动，在控制机器人的行驶路程时只能通过时间控制，当机器人以较大的速度运行时，在停止时具有较大的惯性，故路程误差较大。

开环控制系统结构简单，工作稳定，容易掌握及设计，但精度的提高将受到很大的制约<sup>[5]</sup>。在智能助老机器人中运用开环系统，可能导致在复杂环境中出现运行偏差，难以完成原本指定的任务。

### 3 智能助老服务机器人的闭环控制系统

该智能机器人使用智能 PID 电机驱动模块，使直流电机的输出情况通过编码器直接反馈给驱动板，形成闭环、参与控制的控制方式<sup>[6]</sup>，其框图如图 4。编码器是测量轴转角位置的一种最常用的位移传感器，具有分辨能力强、测量精度高和工作可靠等优点，可以实时地测出电机的转速，并将转速准确地反馈给闭环驱动板，若直流电机输出转速偏离期望输出转速，闭环驱动板便利用自带的 PID 控制作用再去消除偏差，使系统输出量恢复到期望值上<sup>[7]</sup>。

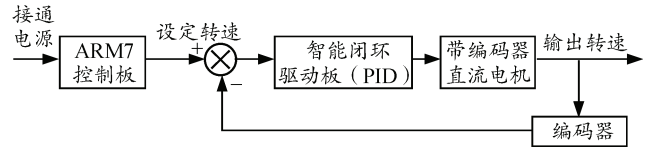


图 4 位置闭环控制结构框图

智能 PID 电机驱动模块，其自带的控制器可以进行 PID 运算、梯形图控制，由板上的 L298N 来进行直流电机驱动的智能模块，是一个驱动+闭环控制的模块，而非简单的驱动。与其他电机驱动模块相比，本智能模块包含了电机的驱动和智能控制。

使用该智能模块，可以只通过串口发送 8 个字节的命令，就可以控制双路电机的正反转速度，甚至可以直接设定运动距离、两路电机的 PID 参数和梯形图参数。

闭环控制具有抑制干扰的能力，对元件特性变化不敏感，并能够改进系统的响应特性<sup>[8]</sup>。智能助老服务机器人运用闭环控制系统，大大提高了控制精度，改善了机器人的总体性能。

在做实验前需要对智能驱动板的 PID 参数和梯形图参数进行设置，从而保证电机能在驱动下按程序设定要求进行运转。

利用 LABVIEW 编写的上位机并结合闭环驱动板对 PID 参数和梯形图参数进行设置，根据仿真结果，经过反复调试，对 P, I, D 3 个参数进行调整，使电机的运行完全按照程序设定进行运转，即参数值达到最佳。

P, I, D 最佳参数为 40, 60, 44。程序设定电机转速为 200 r/s，则 demo 仿真图如图 5 所示。

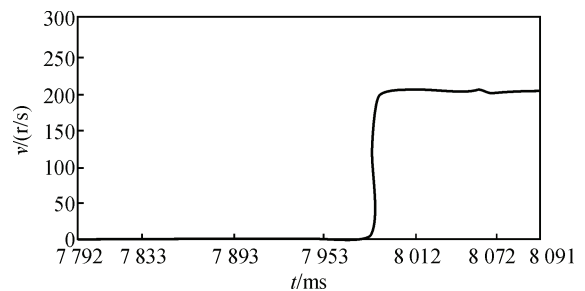


图 5 demo 仿真图

在设定机器人运行距离时，闭环系统相比开环系统的优势便体现出来。不同于开环控制通过时间来计算机器人行进的距离，闭环系统通过智能 PID 驱动板控制电机转动的转数来控制机器人行进的距离(车轮的周长乘以电机的转数)，并且为了克服机器人惯性带来的误差，车轮速度的变化经历了先加速中间匀速后减速的一个过渡过程，当车轮转过设定的圈数后，速度也随之降为零，不存在惯性

误差。例如程序设定电机转数为 10 000, 最大速度为 400 r/s, demo 仿真图如图 6 所示。

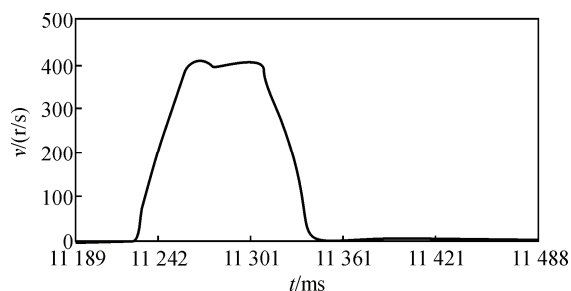


图 6 demo 仿真

## 4 开环控制与闭环控制下的实验对比

### 4.1 行进轨迹的笔直程度

本实验在机器人上安装一个电子罗盘, 机器人在行进过程中通过电子罗盘可以实时地返回实验数据。返回的数据包括地磁场在 X 轴、Y 轴和 Z 轴 3 个方向的矢量值, 本实验仅以地磁场在 X 轴方向矢量值的实验数值来分析开环系统与闭环系统的性能差异。在同一场地进行实验, 机器人前进过程中 5 s 内电子罗盘返回 100 组数据。实验前调整电子罗盘的位置, 磁场在电子罗盘 X 轴方向的初始矢量值为 300。对比数据如图 7 所示。

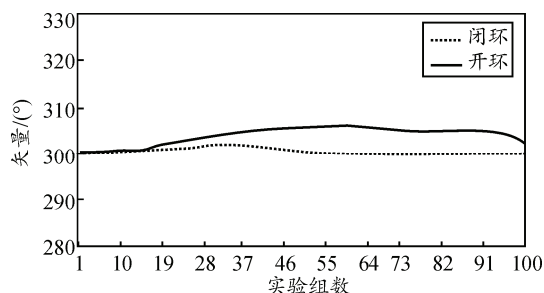


图 7 开闭环控制实验数据曲线对比

由上图可以看出: 智能机器人在开环系统控制下, 前进过程中, 地磁场在电子罗盘 X 轴方向的矢量值波动较大, 远高于初始值 300, 而智能机器人在闭环系统控制下, 矢量值波动明显较小, 略高于初始值 300, 即智能机器人在闭环系统控制下, 行进轨迹误差小。

### 4.2 行进距离的控制精度

通过程序分别设定机器人在开环系统控制下和闭环系统控制下行进距离为 2 m, 在同一实验场地进行 20 次实验, 通过测量便得到 20 组数据。通过数据列出的图表如图 8 所示。

通过图 8 可知: 智能机器人在开环系统控制下, 行进距离远高于预设距离, 这与机器人在停止时产生的惯性有关, 而智能机器人在闭环系统控制下,

行进距离与预设距离相差不大。由此可以看出, 智能机器人在闭环系统控制下对行进距离的控制精度远高于开环系统控制。

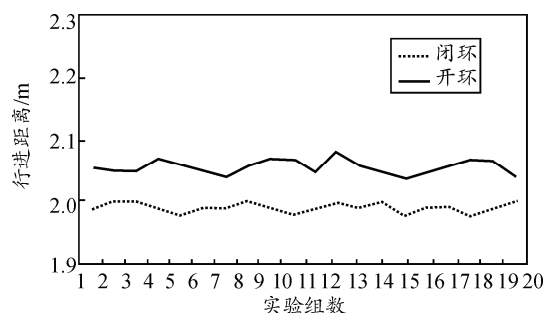


图 8 开闭环控制实验数据曲线对比

## 5 结论

综上所述: 智能助老服务机器人的开环控制系统结构简单, 既不能检测误差, 又不能矫正误差, 控制精度和抑制干扰的能力都比较差, 适用于一些可以忽略外界影响, 或精度要求不高的一些场合<sup>[9]</sup>。智能助老服务机器人的 PID 闭环控制系统可以充分利用反馈的作用排除惯性以及外界干扰带来的误差, 能够保证机器人在复杂环境下工作的精确性, 广泛应用于外界环境比较复杂、对精度要求比较高的一些场合<sup>[10]</sup>, 更加适合助老服务。

## 参考文献:

- [1] 王田苗, 陶永, 陈阳. 服务机器人技术研究现状及发展趋势[J]. 中国科学: 信息科学, 2012, 42(9): 1046-1066.
- [2] 孙亮, 孙启兵. 神经元 PID 控制器在两轮机器人控制中的应用[J]. 控制工程, 2011, 18(1): 112-115.
- [3] 高健, 黄心汉, 彭刚, 等. 移动机器人 PID 运动控制器参数的模糊自整定[J]. 华中科技大学学报, 2004, 32(Z1): 49-52.
- [4] 何艳丽, 吴敏, 曹卫华. 自主机器人直线行进过程中的数字 PID 控制[J]. 现代电子技术, 2005, 13(204): 57-60.
- [5] 李天利, 周东辉, 陈思远, 等. 基于自矫正 PID 控制的两轮自平衡小车[J]. 自动化应用, 2015(2): 71-73.
- [6] 余嘉傲. 果林机器人行走驱动闭环控制分析[J]. 现代电子技术, 2011, 34(11): 133-134.
- [7] 陈建国, 黄立, 张积广, 等. 多指标约束下 PID 参数统一优化定量整定方法[J]. 兵工自动化, 2012, 31(2): 47-51.
- [8] 李玮. 无人机飞行 PID 控制及职能 PID 控制技术研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2004: 1-55.
- [9] Nehal M. Elsodany, Sohair F. Rezek, Noman A. Maharem. Adaptive PID control of a stepper motor driving a flexible rotor[J]. Alexandria Engineering journal, 2011(50): 127-136.
- [10] Xie Dong, Zhu Jianqu, Wang Feng. Fuzzy PID Control To Feed Servo System of CNC Machine Tool[J]. Procedia Engineer., 2012(29): 2853-2858.