

两轮驱动移动机器人控制系统的研制*

李瑞峰 黄超 孙中远

(哈尔滨工业大学 机器人技术与系统国家重点实验室, 哈尔滨 150001)

Development of control system for two-wheel drive mobile robot

LI Rui-feng, HUANG Chao, SUN Zhong-yuan

(State Key Laboratory of Robotics and System, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

【摘要】描述了两轮驱动移动机器人的控制系统,它以控制芯片 TMS320F2812 为基础,通过对电机的精确控制来实现移动机器人的左转、右转、前进、后退等功能,在电机控制中,完成了对速度和位置的闭环控制,通过对电机的速度和位置的设定,可以实现移动机器人的一些基本的运动功能。DSP 通过对电机数据进行处理,得到当前移动机器人的位姿坐标,取其中的位置坐标画出实际轨迹图,通过该图来看移动机器人的运动效果。

关键词:移动机器人;电机控制;浮点计算;TMS320F2812

【Abstract】 A control system for two-wheel drive mobile robot is described in it, which is based on TMS320F2812 chip. The aim is to drive the mobile robot to turn left, right, forward, rewind and so on by precisely controlling of motor, during which a closed-loop control for motor speed and position have been completed and some basic movements of the mobile robot could be achieved through setting motor speed and position. If you want to obtain current position and orientation coordinates of mobile robot, DSP could help through processing the data of motor from which you may draw an actual trajectory according to position coordinates. And the motion effect of the mobile robot could be seen through the drawing.

Key words: Mobile robot; Control of motor; Floating point computation; TMS320F2812

中图分类号:TH16 文献标识码:A

1 引言

轮式移动机器人系统是典型的非完整约束机械系统^[1]。利用该原理,开发机器人控制系统,使其具有良好的运动精度且能准确计算当前位姿,成为两轮驱动移动机器人的一个研究热点。以 TMS320F2812 为基础,对电机进行控制以及对移动机器人位姿进行计算来进行实际控制系统的设计研究,并对控制系统的可行性进行验证。

2 系统硬件设计

两轮驱动移动机器人是由两个固定的独立驱动轮和一个移动基组成,通常会附加一个或两个小脚轮保持车身平衡。小脚轮是可以自由运动的,不会影响整体的运动性质。通过两个独立驱动轮可以实现差速转向,这种结构简单,转向半径可以任意设置^[2]。两轮驱动移动机器人本体结构,如图1所示。



图1 机器人本体

Fig.1 The body of robot

两轮驱动移动机器人控制系统是以 TMS320F2812 芯片系统为基础的,这种芯片提供的外设资源主要是针对控制领域,采用该 DSP 实现运动控制可以发挥其特性^[3]。如图2所示,控制系统硬件结构,以一个电机为例,另外一电机和该电机的硬件部分相同,在该控制系统硬件结构中,主要使用了4个模块:QEP 模块、A/D 模块、PWM 模块、CAN 总线模块。直流伺服电机的驱动器主要使用的是 LMD18200 芯片。LMD18200 是美国国家半导体公司推出的专用于直流电动机驱动的 H 桥组件。它主要是为了实现直流伺服电机的运动控制^[4]。这个芯片的逻辑真值表,如表1所示。通过表1可以看出,将 BREAK 接地后,改变 PWM、DIR、BREAK 三个端口的输入情况,完全可以实现电机的正传反转停止功能,所以此处将 BREAK 接地,通过 PWM 和 DIR 的调节对电机进行闭环控制。

表1 LMD18200 逻辑真值表

Tab.1 The logic truth table of LMD18200

PWM	转向	刹车	工作状态
H	H	L	正转
H	L	L	反转
L	*	L	停止
H	H	H	停止
H	L	H	停止
L	*	H	停止

3 电机控制算法研究

3.1 电机速度算法

在电机测速中要做一个算法来获得单位时间内码盘的计数

的位姿运算时,以移动机器人的当前位置坐标及姿态角来确定位姿,位置坐标为 (x,y) ,姿态角为 s ,初始化位姿为 $(0,0,\pi/2)$ 。在移动机器人运动过程中以该算法来计算移动机器人的当前位姿。

5 浮点计算分析与实现

TMS320F2812 是定点型的 DSP, 定点硬件严格执行整形运算, 而浮点 DSP 既支持整数运算又支持实数运算^[9]。该控制系统中的计算包括了电机的位置环、速度环、移动机器人位姿算法, 这些都需要进行大量的浮点运算, 而且机器人位姿算法中有三角函数运算, 这样对于定点型的 DSP 来说很难。所以在计算时引入 IQmath 库函数, 并对整个算法进行规划, 且根据精度要求对不同数据进行不同数据格式的定义。

角度格式采用 Q24 格式, 这种格式的精度可达 0.000 000 060, 表示范围为 (128~127.999 999 940) 表示范围能满足要求, 且能实现高精度的角度计算。位移格式采用 Q19 格式, 这种格式的精度可达 0.000 001 907, 表示范围为 (-4096~4095.999 998 093), 精度能满足要求, 表示范围略小, 可以用算法来实现大范围。位置环、速度环均采用 Q19 格式, 使用该格式能够进行精确地控制算法计算, 稳定的控制电机的运行。基于 IQmath 的浮点运算解决了由定点 DSP 带来的浮点计算问题, 且计算精度非常高, 能够满足该控制系统的要求。

6 实验与分析

两轮驱动移动机器人的基本运动可分为直线运动和曲线运动, 曲线运动中最具有代表性的是固定半径运动, 其他的任何轨迹的运动, 都可以在此基础上构成, 所以这里只验证直线运动和固定半径运动的效果, 通过实际位置坐标画出机器人轨迹图与实际轨迹对比得到机器人运动效果。

6.1 直线运动

由里程计算法可知, 移动机器人实现直线运动的条件是在控制周期内, 两个轮子的位移相等, 这样使移动机器人只有移动, 没有转动, 即实现了移动机器人的直线运动。在控制周期内, 移动机器人两个轮子的位移相差不大, 而且相等的几率很小, 所以选取 15 个控制周期为标准, 通过采集 15 个控制周期内两个轮子的位移之和, 并且把这些位移经过里程计算法处理上传到上位机。

试验中, 设定移动机器人的两轮轴距为 430mm, 两轮的实际运动位移都为 2m, 速度都为 10rad/s, 将位置坐标上传到上位机上画出位置坐标图, 如图 5 所示。

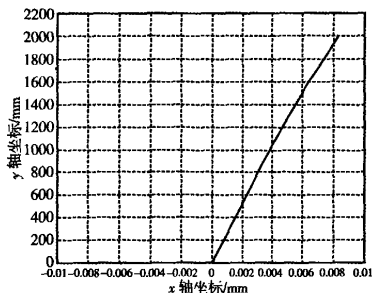


图 5 移动机器人直线运动坐标图

Fig.5 The mobile robot coordinate diagram of linear motion

如图 5 所示可以看出, 该轨迹线为控制系统上传的移动机

器人的坐标轨迹图, 从图 5 中可以看出, 在移动机器人运动到 2000mm 时, x 轴的误差为 0.008mm 左右, 这说明移动机器人直线运动的直线度很高。由理论分析可知, 实际上移动机器人的姿态角一直为 $\pi/2$, 但是本图中没有把姿态角表示出来, 只表示了位置坐标, 从位置坐标可以看出移动机器人的位置精度很高, 同时也说明了移动机器人的姿态角精度很高。

6.2 固定半径运动

移动机器人以某个点为中心, 通过两轮运动实现绕该点运动, 试验中设定两轮的速度、位移值, 以使移动机器人以半径为 1m 运动, 转向为向右, 在移动机器人运动过程中, 控制系统按照里程计算法计算出当前的位置坐标, 并将位置坐标上传后得到位置坐标轨迹, 如图 6 所示。

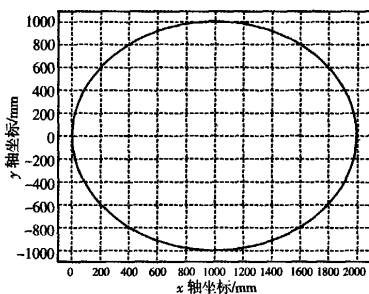


图 6 移动机器人固定半径运动坐标图

Fig.6 The mobile robot coordinate diagram of fixed radius motion

如图 6 所示可以看出, 移动机器人以 1m 固定半径运动时的轨迹图, 从图中可以看出, 通过里程计算法计算出来的坐标连起来之后, 图形基本为圆, 且在部分关键点 (1000, 1000)、(0, 2000)、(1000, -1000) 这些点上能和理论值近似相等, 这说明移动机器人固定半径运动的位置精度很高, 同时运动过程中的姿态角精度也很高。

7 结论

根据移动机器人的运动特性, 这里设计了移动机器人差速电机的控制器, 通过对电机的精确控制, 实现移动机器人的直线、固定半径等精确运动, 通过对实验数据的处理与理论结果对比可知该移动机器人能实现高精度运行。

参考文献

- [1] Eluca A, Orol G, Samson C. Feedback control of a nonholonomic car-like robot [A]. Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes - Centre National de la Recherche Scientifique LAAS Report 97438 [C], 1998.
- [2] 程英英. 基于微分平坦的轮式移动机器人轨迹规划: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2008.
- [3] 苏奎峰, 蔡昭权, 吕强, 张永谦. DSP 应用系统设计 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [4] National Semiconductor. LMD18200 3A, 55V H-bridge [EB]. <http://www.national.com/>, 2000.
- [5] 刘和平, 邓力, 江渝, 郑群英. DSP 原理及电机控制应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- [6] 陈维山, 赵杰. 机电系统计算机控制 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998.
- [7] 赵立军, 孙立宁, 李瑞峰, 葛连生. 室内环境下同步定位与地图创建改进算法 [J]. 机器人, 2009(9): 438-444.
- [8] 苏奎峰, 蔡昭权, 吕强, 张永谦. DSP 应用系统设计 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.