维普资讯 http://www.cqvip.com

基于TMS320F2812 DSP实现对轮式移动机器人的运动控制

蒲丽霞 雷勇 四川大学电气信息学院 610065

本文介绍了基于TMS320F2812 DSP的轮式移动机器人的运动系统设计，简述了实现该控制系统的硬件设计方案和系统软件的设计思路。利用单神经元自适应PID控制算法设计的运动控制器，完成了对机器人的运动控制，取得了较好的效果。同时，该系统还利用简单的红外传感装置实现了轮式移动机器人的避障功能，可以为其他相似系统提供有益的参考。

移动机器人；TMS320F2812；伺服系统；运动控制；单神经元自适应PID控制

1.引言

近年来，在机器人和自动化领域里对移动机器人的研究是一个热点。移动机器人是一个对外界环境高度开放的智能系统，能够在执行预先给定的任务指令的同时，根据行进中不断感知到的周围局部环境信息，自主地作出各种决策，自动避开障碍物，引导自身安全地行使到指定的目标位置。这对解决工业中危险地区的标本采集和故障处理，以及生活中盲人导航等问题有着实际的指导意义。本文利用了TI公司高性能的控制芯片TMS320F2812 DSP，实现了对双轮式移动机器人的运动控制，以及机器人的避障功能。

2.TMS320F2812在轮式移动机器人中的使用

2.1 系统结构

对于轮式移动机器人，它的运动规划问题主要是研究在未知或少知环境中机器人移动路径的确定方法。为了满足移动机器人运动规划问题数学模型的复杂性、运算的快速性以及对运动控制准确性的要求，我们在系统的设计上采用了主从机的方式。系统组成如图1。

其中用于运动规划的主机由PC担当，对底层的运动控制由TMS320F2812 DSP从机完成。主机与从机之间采用无线通信的方式，作为主控芯片的TMS320F2812 DSP是TI公司最新推出的32位定点DSP控制器，是目前控制领域最先进的处理器之一。该芯片性能优越、资源非常丰富，大大简化了外围电路的设计。

2.2 主机与机器人之间的通信

主从机之间采用了无线通信的方式。主机给从机发送控制指令，是以角度，距离的方式发送，其中角度是相对于正北方向的顺时针夹角的二进制编码，距离是此次运动的目标距离的二进制编码。从机在接收到主机的指令后，应向主机回传机器人当前的位置信息作为确认。主机应对机器人的运动轨迹进行记录，让主机对机器人的运动做到“心中有数”，同时从机对主机最近的两条指令进行记录。为了满足高速通信和可靠性要求，无线通信模块采用微功率无线数传模块。它的工作频率在ISM频段，无需申请频点；基于FSK的调制方式，采用高效前向纠错信道编码技术，数据抗突发干扰和随机干扰的能力大大提高；在视距情况下，天线位置>3m，可靠传输距离>300m，保障了机器人作业的有效范围。

在实际的测试中发现通讯存在死区，机器人在有些位置接收不到主机发送的指令。为了解决这个问题，在TMS320F2812 DSP中对主机发送的指令间隔进行计时，若超过25ms，从机就认为出现了通信故障，启动自主决策机制。在自主决策机制下，TMS320F2812根据记录在扩展FLASH里最后的主机指令，对电机进行逆操作，让机器人沿原路返回，重新回到可以正常通信的位置。

2.3 避障功能的实现

在机器人中，运用两个红外发射管(970nm)和一只红外接收模块构成红外传感系统，主要用来检测前方、左前方和右前方的障碍，检测距离范围为

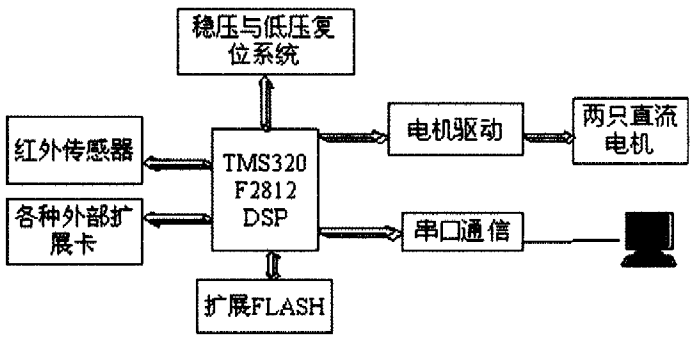

图1 轮式移动机器人的系统组成

维普资讯 http://www.cqvip.com

10~80cm。红外测障的原理如图2 所示。

当红外传感器检测到有障碍时，就将障碍物的位置信息根据协议转换成八位二进制编码发送给PC主机，主机根据此信息进行决策，再将决策结果通过微功率无线数传模块发送给TMS320F2812 DSP从机，从机根据指令对驱动电机进行相应操作，从而实现了避障。当机器人处于通讯死区的时候，启动自主决策机制，让机器人回到最近一次运动的原点。

2.4 驱动电机的控制

由DSP产生的PWM信号不足以直接驱动电机运行，就需要使用驱动器将其转换成可驱动电机的驱动信号。采用TI公司的直流电机驱动芯片SN754410，SN754410可控制两路电机，每路电机控制输出为1A，并有过载保护功能。电机是通过减速器将传动传给轮子，将高速转化为低速，通过三极直齿轮传动减速，满足了机器人运行的速度和转矩要求。机器人在运动过程中，根据主机发送过来的指令，结合当前自身运动的情况对电机进行合理的控制。对电机的转速进行监测，当给定转速与实际转速差距太大时，并在一段时间（500ms）后，电机转速没有改变，就认为电机处于堵转状态，电机暂时断电（即PWM的占空比为0）。

机器人的运动控制，从伺服控制角度看，采用了位置控制与速度控制的双闭环系统，其运动控制框图如图3。

其中位置可通过光电码盘对脉冲的计数与轮子的周长计算，速度可通过M/T测速法进行测量[5]。对电机控制的好坏，直接影响到机器人的运动性能。机器人采用了双轮式结构，减小了控制的难度，从理论上讲，传统的PID控制就能够满足控制的需要。但是在实验中，由于电机自身机电常数的差异，发现用同样的信号控制同型号的两个电机，机器人的路径并不完全是直线。为了得到对电机更好的控制，采用了单神经元自适应PID控制算法。单神经元自适应PID控制器是自校正控制思想与常规PID调节器相结合的产物，需要整定的参数少，而且能够在线实时调整这些参数，增强机器人的自适应能力。其控制原理结构图如图。

单神经元自适应控制器是通过对加权系数的调整来实现自适应、自组织功能，权系数的调整是按有监督的Hebb学习规则实现的。Hebb学习是一类相关学习，其基本思想是：如果两个神经元同时被激活，则它们之间的联结强度与它们激励的乘积成正比，若以o_i表示神经元i的激活值，o_j表示神经元j的激活值，w_{ij}表示神经元i和神经元j的联结权值，则Hebb学习规则可表示为：$w_{ij}(k)=\eta o_j(k)o_i(k)$，其中$\eta$为学习速率。控制算法及学习算法为

$$u(k)=u(k-1)+K\sum_{i=1}^{3}w_i'(k)x_i(k)$$

$$w_i'(k)=w_i(k)/\sum_{i=1}^{3}|w_i(k)|$$

$$w_1(k)=w_1(k-1)+\eta_i z(k)u(k)x_1(k)$$

$$w_2(k)=w_2(k-1)+\eta_p z(k)u(k)x_2(k)$$

$$w_3(k)=w_3(k-1)+\eta_d z(k)u(k)x_3(k)$$

其中，$x_1(k)=e(k)$；$x_2(k)=e(k)-e(k-1)$；$x_3(k)=\Delta^2e(k)=e(k)-2e(k-1)+e(k-2)$。

η_i,η_p,η_d分别为积分、比例、微分的学习速率，K为神经元的比例系数，K>0.K值的选择十分重要。K越大，则快速性越好，但超调量大，甚至可能使系统不稳定。

K值选择过小，会使系统的快速性变差。在系统中，首先要建立电机的控制模型，根据测得的电机参数得被控对象过程模型为：

$$yout(k)=0.368yout(k-1)+0.26yout(k-2)+u(k-d)+0.63u(k-d-1)$$

取$\eta_i=4,\eta_p=110,\eta_d=160$，得到仿真结果如图5所示。

由仿真结果可以看到：利用具有自学习和自适应能力的单神经元来构成单神经元自适应PID控制器，不但结构简单，学习算法物理意义明确，计算量小，而且能适应环境变化，具有较强的鲁棒性。适合在DSP平台上使用的一种高级的PID算法，能很好的控制对象，同时也使得DSP作为高速处理器的优点得到体现。

2.5 系统的软件实现

系统的控制工作是由硬件与软件共同完成的。软件在控制过程中的作用是非常重要的，电机的自校正PID控制器的参

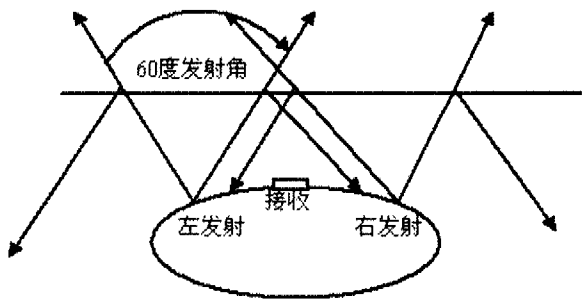

图2 红外测障原理图

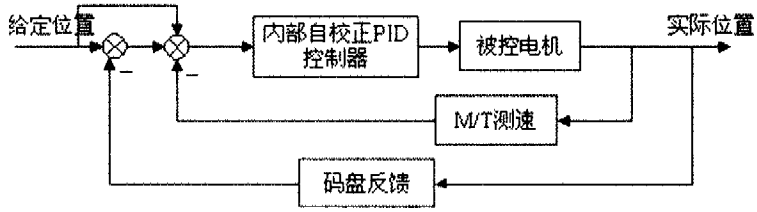

图3 运动控制框图

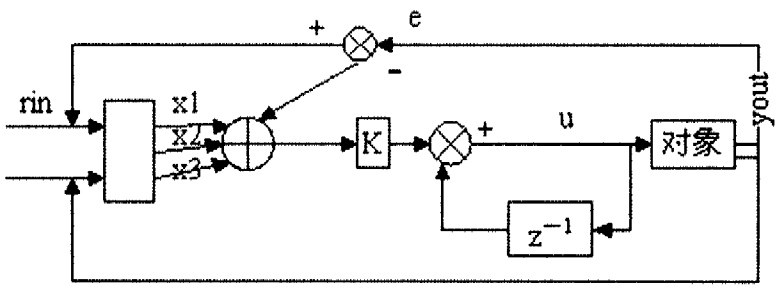

图4 单神经元自适应PID控制结构

维普资讯 http://www.cqvip.com

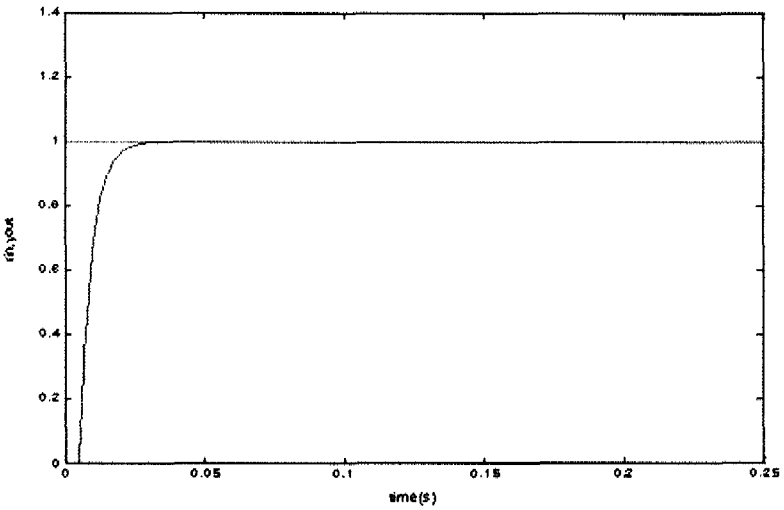

图5 单神经元自适应PID仿真结果

数调节，就是由软件完成的。如果说，芯片是大脑，那么软件就是思想，软件控制策略的选择和实施的好坏，直接影响到了控制的质量以及芯片优势的发挥。本系统软件利用三个并行的进程，分别用来进行通信状况监测、机器人电机控制和避障处理，有效地解决了冲突问题。

3.结论

通过对TMS320F2812 DSP 片上资源的充分利用，完成了对轮式移动机器人运动的控制，实现了机器人的避障功能。在对电机的控制策略上选择了单神经元自适应PID算法，一方面提高了控制的实时性和灵活性，另一方面也体现出作为高档运动控制芯片的TMS320F2812在复杂算法中运算的高速性。

参考文献

[1] 苏奎峰等. TMS320F2812原理与开发[M].北京：电子工业出版社.2005

[2] 董景新.最优及自适应控制.北京：清华大学精密一起及机械学系

[3] 方建军等.智能机器人[M].北京：化学工业出版社.2003

[4] TEXAS INSTRUMENTS, TMS320F2812 Digital Signal Processors Data Manual, April 2001

[5] 董期林，张淑梅.DSP控制的直流电机伺服系统[J].光电与控制.2006,(4):110-111

[6] 刘金琨.先进PID控制以及MATLAB仿真[M]. 北京：电子工业出版社.2003

[7] 陶永华，尹怡欣，葛芦生.新型PID控制及其应用[M].北京：机械工业出版社.1998.9

作者简介

蒲丽霞（1979—），女，甘肃天水人，硕士研究生，研究方向：智能控制技术及其应用；

雷勇（1965—），男，副教授，硕士生导师，研究方向为智能仪器。

上接第108页

管理，至今对工程设计自动化子系统的支持必然仍是其核心功能之一。

PDM对其下层子系统提供集中统一的运行环境，进行集中的数据管理和访问控制，对下层子系统通过过程管理提供工作流控制，实现设计结果的电子方式的便捷审批、项目阶段跃迁，并结合版本管理功能保证下层系统随时获得产品的各方面最新信息数据，从而保证协作工作在产品全生命周期各职能部分上的人员可及时互通最新信息，互相了解工作状态，达到高效、可靠的集成化运行。共同建立于PDM总控信息和过程管理环境之上的CIMS功能单元间可以借助PDM统一的总控环境，方便而有效地实现相互间的信息集成，乃至功能集成。

实用性是评价一个CAPP系统性能的第一要素，同时，在减轻工艺人员劳动强度，提高工艺设计质量的基础上，融合先进的计算机技术和管理思想，减少开发工作量，提高软件生命力，是CAPP系统设计的目标，也是切合我国企业实际情况，满足企业需求的可行之道。一般来说，由于现有的PDM技术还未形成统一的标准，各厂家提供的系统互不兼容，CAPP系统的开发有着强烈的针对性，在一种PDM平台上开发的软件不能向其他平台直接移植。但是可以在模块化和软件重用的思想指导下，借鉴CAPP开发工具的设计方法，将CAPP的构件分为通用模块、半通用模块、专用模块，以减少重复劳动、缩短开发时间、增加软件实用性。通用模块不依赖于具体的PDM软件，如报表设计与输出。半通用模块是指模块的分解与PDM无关，只是由于各PDM软件平台提供的实现形式不同而导致的语句级上的差别，如工艺数据库的构造和管理。专用模块则完全依赖于PDM的具体实现，如工作流程的实现。

通用模块可以独立开发，反复使用，它实际上是一种工具，完全能在一种定型结构的基础上不断完善，形成商品化软件，同时提供客户化功能，在企业中实施时可以根据企业的实际情况定制。半通用模块可以在伪语言级进行开发，形成总体上较为固定的结构，根据具体的PDM平台进行填充和修改，也可以提供对主流PDM软件的各种接口或编译工具。专用模块则需要深入体会各类PDM软件的特点，充分发挥其优势。

实践表明，无论是检索式、派生式、综合式还是创成式，单一模式的CAPP已经不能满足企业的要求。企业众多品种的产品往往在工艺成熟度、工艺习惯以及工艺成果的积累上都不太一致，在CAPP覆盖面扩大的要求下不能一刀切。将企业中各种产品分成几大类，根据各类的工艺特点和设计要求，结合CAPP各模式的特长，开发集成化的系统则比较可行。

参考文献

[1] 孙知信等.基于PDM的CAD/CAPP、CAM集成. 计算机工程及应用. 1999,12

[2] 许常鑫等.基于PDM的CAPP技术. 制造技术与机床. 2000,4

[3] 邵小英，温秋生.企业工艺设计基础及对CAPP系统提出的要求

[4] 童秉枢，李建明.产品数据管理(PDM)技术