

基于 DSP 的足球机器人设计

赵明富, 董 宇, 陈 艳, 张小川

(重庆工学院电子信息与自动化学院, 重庆 400050)

摘 要:通过对目前国内常用足球机器人性能的分析,以提高机器人足球平台硬件系统性能为目标,设计了一种基于 DSP 为控制核心,并结合 Fuzzy-PID 控制算法的足球机器人。实验证明,由于 DSP 存在运算速度快、接口丰富、功耗低等优点,因此对足球机器人的运动性能、控制精度、实时性都有了极大的改善。

关键词: 足球机器人; DSP; PWM; Fuzzy-PID 算法

Soccer Robot Design Based on DSP

ZHAO Mingfu, DONG Yu, CHEN Yan, ZHANG Xiaochuan

(School of Electronic Information and Automation, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050)

【Abstract】According to the analysis on the soccer robot function in China at present, in order to improve the robotic board's hardware system, this paper designs a kind of soccer robot which is based on the DSP control core and connected with the Fuzzy-PID arithmetic. The experiment testifies because of the high speed, the various interface and the low consumption of power, it is very good for improving the robot's active capability, control precision and real time capability.

【Key words】 Soccer robot; DSP; PWM; Fuzzy-PID algorithm

机器人足球是人工智能领域与机器人领域的基础研究课题之一,是一个极富挑战性的高技术密集型项目^[1]。一般比赛平台主要包括 4 个子系统^[2]:视觉子系统,决策子系统,通信子系统,机器人(执行)子系统。其中机器人子系统是最终执行机构,是整个系统的优劣的直观体现。而国内所使用的足球机器人都存在着启动、制动时间过长、动作精度不高、运行速度不够、制动力矩不强、机器人稳定性不高,时常有不受控现象等缺点。针对这些缺点,为改善足球机器人硬件性能,本文设计了采用数字信号处理器(DSP)构成足球机器人控制单元,并运用Fuzzy-PID控制算法代替传统单一PID控制,使控制效果更为理想。

1 足球机器人硬件结构

足球机器人硬件结构如图 1 所示。

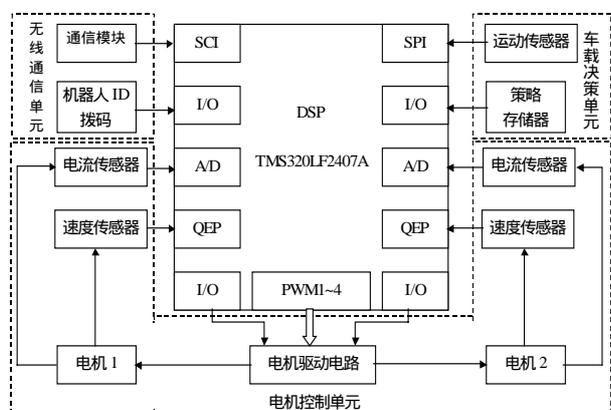


图 1 足球机器人硬件结构

足球机器人硬件是由车载处理器 DSP、电机控制单元、

无线通信单元、车载决策单元组成。选用电机控制专用 DSP 芯片 TMS320LF2407A 作为处理器,丰富的外设接口极大地简化了外围电路,提高系统稳定性。

1.1 电机控制单元

足球机器人是靠两个车轮实现运动,由于采用直流伺服电动机,因此应用定频脉宽调制(PWM)调速控制。通过 TMS320LF2407A 产生的四路 PWM 利用电机驱动芯片 L298 直接作用于电机。L298 是双 H 桥高压大电流集成电路,可用于驱动继电器、线圈、各种电机等感性负载。只需通过 I/O 口对使能端进行选择,并改变 TMS320LF2407A 所产生的

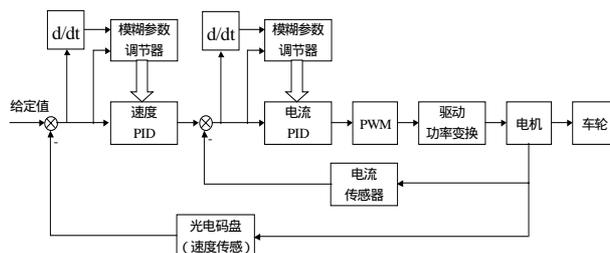


图 2 电机控制结构

PWM 信号的占空比,便实现了对足球机器人的运动控制。

为使足球机器人动作更为准确,得到较好的控制性能,在控制电路中增加了转速反馈和电流反馈双闭环结构。其中转速可由光电编码器获得,通过 TMS320LF2407A 本身自带的 QEP 单元解码、鉴向;电流可应用电流传感器直接把电机

基金项目: 重庆市科技攻关基金资助项目(CSTC.2004AA2001-8277-10)

作者简介: 赵明富(1964 -),男,博士、教授,主研方向:智能控制,仪器仪表,计算机应用技术等。董宇,本科,硕士生;张小川,硕士、副教授。

图 2 电机控制结构

收稿日期: 2006-01-23 **E-mail:** Zmf@cqit.edu.cn

电枢电流送到 TMS320LF2407A 的 ADC 端口, 进行 10 位的 A/D 转换。将此获得的两路反馈信号与给定值进行比较, 通过预定的控制算法实现对电机转动的控制。

因为机器人足球系统具有较大的滞后性、非线性、时变性, 所以为使系统鲁棒性强、动态响应好、上升时间快、超调小, 同时又具有较高的动态品质和稳态精度, 采用了模糊与 PID 复合控制方式, 即构成 Fuzzy-PID 控制器, 见图 2。

1.2 无线通信单元及通信协议

无线通信单元是由集成通信模块和频道拨码块(机器人 ID 拨码)构成。易于更改, 使用方便, 且稳定性越大于分散电路。硬件上直接利用 TMS320LF2407A 上本身的 SCI 口与通信模块连接构成无线通信单元。

由于采用了 DSP 进行数据处理与控制, 控制周期、外围电路都大大减少, 因此将通信用双向通信模式代替以往的单向通信模式。这样通信结构就变得比较复杂, 包括主机发送和每个机器人个体发送两种通信, 构成了多发射器和多接收器形式, 但不可能无限制地增加通信模块的数量, 所以这里采用排队分时传输方式。当有一通信起始校验字时, 其它通信只处于接收状态以及待发送状态, 当此通信结束时, 该通信的发送通信被屏蔽, 队列中的下一发送通信开始。而队列顺序是角色情况排列。

各通信接收单元则根据接收个体 ID 校验码读取相应的数据信息。两种不同发射主体的通信格式及左右轮速控制字表示分别见表 1、表 2、表 3。表 3 中 D7=1 时表示正轮速, D7=0 时表示负轮速。而轮速值被分为 0~127 个等级表示, 为 0 时机器人停止运动。

表 1 主机信息发射通信格式

主机发送起始校验字	1#机器人			2#机器人			3#机器人			主机发送结束校验字
	1#机器人 ID 校验码	左轮速	右轮速	2#机器人 ID 校验码	左轮速	右轮速	3#机器人 ID 校验码	左轮速	右轮速	
			车载策略选择码			车载策略选择码			车载策略选择码	

表 2 机器人个体信息发送通信格式

发射机器人 ID 码及起始校验字	目标机器人 ID 码或主机 ID 代码	相应事件表示码或策略选择码	发送结束校验字
------------------	---------------------	---------------	---------

表 3 左右轮速控制字的各位表示

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
速度方向	速度值(0~127)						

1.3 车载决策单元

在现有足球机器人中都不存在此单元部分, 此部分的设计是考虑到现有足球机器人单周期时间过长, 包括视频采集、视频处理、决策分析、通信传输、低层执行的所有时间之和, 其中视频采集、处理的时间最长, 而一个动作的执行时间正是 1 个周期的时间, 所以在动作精度上会有所限制。同时利用视频去判断机器人的碰撞、障碍以及足球机器人自身故障比较麻烦, 需要多周期统计, 这样对机器人足球这种实时性要求比较高的比赛不是十分有利。所以提出车载决策单元的设计, 利用各种车载传感器, 如碰撞传感器、红外传感器(障碍)等, 以及通信寄存器的各种控制字、校验码, 机械检测电路等获得相关信息, 配合车载存储器内相关的决策程序进行处理。这样在一些行为的决策时间过程就只有决策分析、低层执行, 动作精度也大幅度提高。

但由于足球机器人本身并没有“眼睛”, 因此这部分只能作为辅助控制, 并且通过 PC 机的上层决策对此部分进行选择性的启动、关闭控制。例如仅仅在车载碰撞决策上就存在着多种决策选择, 可以是利用碰撞造成自己的优势, 也可以是避开碰撞或马上分离, 这就必须利用主机根据上一周期球场信息通过通信信息对当前车载决策码进行选择。

2 足球机器人软件设计

足球机器人软件上主要由主程序、串口中断、定时器中断、车载决策程序组成。其程序结构见图 3。

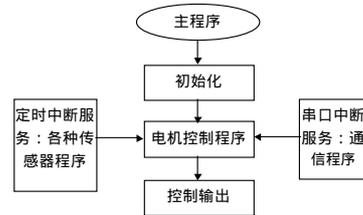


图 3 程序控制框图

由于车载决策程序是属于机器人足球系统的决策开发部分, 因此此部分程序作为可开发区以最高的透明度交给机器人足球系统策略开发者去设计。而串口中断是通信传输程序, 将信息按照通信协议的规则编码和译码; 定时中断程序, 实际上是为了合理地对各检测等外设的控制程序进行调用。由于本设计中使用的 TMS320LF2407A 处理器集成了绝大部分外设, 因此这些程序均可由 DSP 的经典事例程序移植。

主程序是对电机的控制程序, 采用了 Fuzzy-PID 控制方法, 所以主程序就是实现 Fuzzy-PID 控制算法。此部分程序不断地循环运行, 直至中断程序修改控制给定, 再继续循环执行。Fuzzy-PID 控制算法是将偏差 E 和偏差变化率 EC 以模糊推理规则划分为若干个等级, 结合控制输出的相关关系整理出模糊决策表, 从而快速地得到自整定 PID 参数 K_p 、 K_i 、 K_d , 来完成 PID 控制运算。偏差 E 和偏差变化率 EC 是矢量, 具有方向和大小, 所以在分级中应遵循负大(NB)、负中(NM)、负小(NS)、零(ZE)、正小(PS)、正中(PM)、正大(PB)的规则划分, 且与控制量(U)的决策表关系如表 4。应用控制经验和实验数据完成决策表的建立。

表 4 模糊决策

EC \ E	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
	NB	PB	PB	PB	PM	ZE	ZE
NM	PB	PB	PB	PB	PM	ZE	ZE
NS	PM	PM	PM	PM	ZE	NS	NS
ZE	PM	PM	PS	ZE	NS	NM	NM
PS	PS	PM	ZE	NM	NM	NM	NM
PM	ZE	ZE	NM	NB	NB	NB	NB
PB	ZE	ZE	NM	NB	NB	NB	NB

由于系统中的反馈量均为离散采样, 因此主控制器必须采用离散 PID 算法。即

$$u(k) = K_p [e(k) + (T/T_i) \sum e(k) + (T_d/T)(e(k) - e(k-1))] \quad (1)$$

其中, T 是采样周期, $T_i = K_p / K_I$ 是积分时间常数, $T_d = K_p / K_D$ 是微分时间常数, $e(k)$ 是第 k 个采样周期的偏差。

3 实验对比

将采用 DSP 为核心并应用 Fuzzy-PID 控制算法的足球机器人控制系统进行阶跃响应实验, 得到了特别理想的控制效果。其调节时间为 0.14s, 超调量仅 0.8%, 效果明显优于国内现有足球机器人。使用高速处理器和普通 PID 算法的设计^[3]或普通单片机和 Fuzzy-PID 算法结合的方法^[4]都不能达到

此种设计的效果。

(下转第 273 页)