

为了进一步验证本文神经网络控制系统的性能,使用PID控制器对推土机变量泵进行控制效果实验对比。使推土机油门处于65%的位置,转速设定为1600 r/min时,PID控制器控制得到的相关数据曲线(图略)。经计算,PID控制器调节的发动机的转速波动平均误差为8%,大大高于本文网络控制器调节的3%。

4 结论

BP神经网络具有大规模的并行处理和分布式的信息存储能力、良好的自适应性、自组织性及很强的学习、联想、容错和抗干扰能力。遗传神经网络则具有收敛速度快,搜索能力强的优点。推土机工作环境的复杂性使得传统的控制方法很难对变量泵进行精确的控制,而神经网络控制方法能够发挥其鲁棒性、自适应性,解决由于推土机不同工况和未建模情况下的控制误差问题。因而在改善被控过程的动静

态性能、提高抗干扰能力及实现对控制对象的精确控制等方面均优于传统的PID调节。并且,该系统具有自学习功能,随着投入使用时间的增长,系统将自动地把每次所测试的结果记录进知识库,根据知识库不断更新网络权值,使系统不断增强,控制准确度不断提高。

参考文献

- [1] 彭天好. 工程机械中的泵与发动机的匹配 [J]. 工程机械, 2001(8):37-40.
- [2] 金立生. 液压挖掘机节能变量泵BP神经网络控制系统研究[J]. 起重运输机械, 2005(4):36-39.
- [3] 龙水根. 基于DSP的变量泵排量调节算法实现[J]. 建筑机械, 2004(8):61-63.

通信地址:武汉市武昌区纺织村373号(430062)

(收稿日期:2006-02-14)

基于CAN总线的挖掘机轨迹规划系统*

桂林电子科技大学 胡 聪 李 智 许川佩
广西柳工机械股份有限公司 戴群亮

摘 要:介绍了基于CAN总线的挖掘机轨迹规划系统,该系统下位机使用DSP芯片作为硬件平台,应用逆运动算法和PID算法实现挖掘机的轨迹规划;采用CAN总线作为上位机与下位机的交换信息通道,以自定义通信协议进行通信;在上位机上保存和显示下位机传输过来的数据,经分析推导出算法的控制参数并进行在线参数修改。实验证明该系统稳定可靠,操作方便,能快速得到算法的最优参数。

关键词:CAN总线 挖掘机 挖掘轨迹 智能化控制

在智能化挖掘机研制过程中,需要不断地调整用于实现轨迹规划的逆运动算法和PID算法的参数。针对目前通过目测得到算法的参数和多次烧写DSP的缺点,本文设计的挖掘机轨迹规划系统,实现了逆运动算法和PID算法的在线参数修改,通过对数据的存储和分析,即可得到算法的最优参数。

由于工程机械复杂、载荷大小不稳定、工作环境恶劣,这就需要一种可靠的传输通道,选择基于CAN总线开发挖掘机轨迹规划系统,可以很好地满足系统传输上的要求。CAN是一种用于各种设备监测及控制的多主方式串行通讯总线,基本设计规范

要求有高的位速率、高抗电磁干扰性,而且能够检测出产生的任何错误。

1 系统结构

挖掘机轨迹规划系统主要由上位机和DSP控制器(下位机)构成,系统结构如图1所示。DSP选用TMS320LF2407A,可以采集所需数据并做简单的分析处理,同时将数据整理并通过CAN总线传送到上位机上进行进一步的处理。可以接收上位机的配置命令,并做相应的控制动作。上位机在系统中的主要作用是进行数据显示、存储和发送配置命令。

* 国家863项目(2003AA430190)装载机远程服务系统与智能化挖掘机子项目

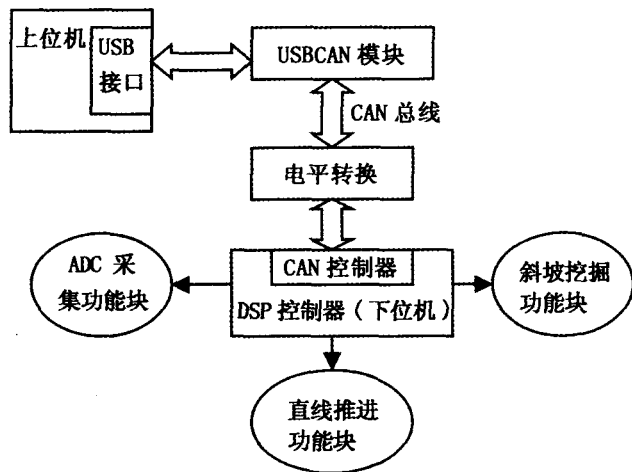


图1 系统结构框图

2 硬件实现

系统选用TI公司的TMS320LF2407A型号的DSP芯片,它内部带有CAN控制器模块,完全支持CAN2.0B的协议;16通道A/D转换器,10位A/D转换器最小转换时间为500ns;12个16位独立的脉宽调制(PWM)输出;41个通用、双向数字I/O引脚。使用3路A/D通道实现模拟量的采集,16路数字通道实现数字量的采集,输出6路PWM进行电磁阀的控制,通过CAN总线与上位机进行通信等,线路连接如图2所示。

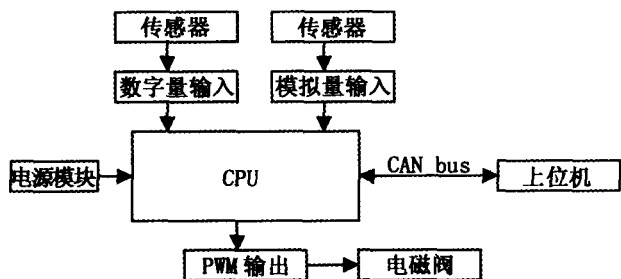


图2 下位机硬件组成框图

上位机与CAN总线的连接选用广州周立功公司的USBCAN-II智能CAN接口卡,支持CAN2.0B(兼容CAN2.0A协议),符合ISO/IS11898。CAN总线通过DB9针型\孔型双插座接入。

3 通信协议

为了在下位机和上位机之间交换数据,采用了目前在汽车中广泛应用的J1939协议,但现有J1939协议在源地址分配、PGN分配和通信互连方式上不能满足智能化挖掘机应用的需求,必须对J1939协

议进行扩展,制定符合实际情况的通信规程。

3.1 需要通信的数据

现场检测数据包括动臂角(θ_1)、斗杆角(θ_2)、铲斗角(θ_3),其中 L_1 为动臂长度, L_2 为斗杆长度, L_3 为铲斗长度,如图3所示。

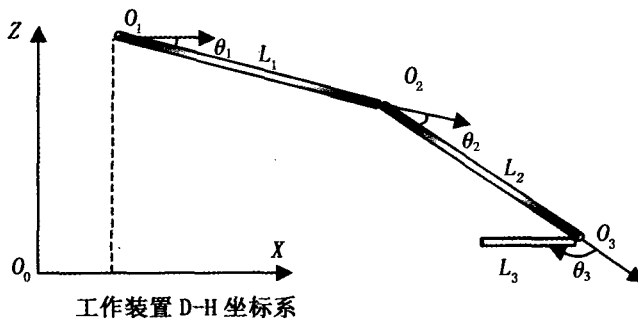


图3 挖掘机工作装置示意图

DSP对关节角度的实时测量,并根据当前给定的角度进行PID运算,并发出控制量。PID参数定制包括:KP1,KI1,KD1;KP2,KI2,KD2;KP3,KI3,KD3。

3.2 J1939协议的扩展

CAN符合ISO/OSI的参考模型,但只规定了物理层和数据链路层的协议,其应用层的协议需要用户自己定义。用户自己开发的应用层协议也有很多,如CiA的CANOpen,SAE的J1939,ODVA的DeviceNet协议。

由美国SAE组织维护和推广的J1939协议是目前在汽车中应用最广泛的应用层协议,J1939采用PDU(Protocol Data Unit协议数据单元)传送信息,每个PDU相当于CAN协议中的一帧。由于每个CAN帧最多可传输8个字节数据,因此PDU的传输具有很高的实时性。

通过PDU将CAN标准格式封装为J1939协议格式,如表1。

表1 J1939PDU格式

PDU						
P	R	DP	PF	PS	SA	DATAFIELD
3	1	1	8	8	8	0-64

J1939的数据传输都是以参数组(PG)的形式进行的,参数组用参数组号来表示,由保留位、DP、PF和PS组成参数组号(PGN)。PGN号由24位表示,由于SAE目前还只用到DP=0,所以通常认为PGN号由PF和PS组成,目前只需要关心后两个字节。

依据J1939协议制定出如下协议实现下位机与上位机的CAN通信功能:

(A) 参数组名: 挖掘机位姿参数组

数据长度: 8 字节

数据页: 0

PF: 255

PS: 15

优先级: 3

PGN: 65295 FFOF

数据域: 动臂角度(字节 1,2), 斗杆角度(字节 3,4), 铲斗角度(字节 5,6), 每个参数采用 2 个字节表示。高字节表示整数部分, 低字节表示小数部分。

(B) 参数组名: 挖掘机控制设置参数组

数据长度: 8 字节

数据页: 0

PF: 255

PS: 15

优先级: 3

PGN: 65296 FF10

数据域: KP1(字节 1,2), KI1(字节 3,4), KD1(字节 5,6), KP2(字节 7,8)

PGN: 65297 FF11

数据域: KI2(字节 1,2), KD2(字节 3,4), KP3(字节 5,6), KI3(字节 7,8)

PGN: 65298 FF11

数据域: KD3(字节 1,2)

每个参数采用 2 个字节表示。高字节表示整数部分, 低字节表示小数部分。

在 DSP 中用一个发送邮箱(MBOX0)发送数据, 一个接收邮箱(MBOX4)接收数据。传输中, 设置 CAN 的波特率为 250 kb/s, 帧格式为数据帧, 帧类型为扩展帧。

4 下位机软件实现

下位机 DSP 软件的设计基于源码公开的嵌入式实时系统 μ C/OS-II, 定制了 13 个任务, 实现的功能有 AD 采集、人工操作、铲斗挖掘、斜坡挖掘、示教挖掘、直线挖掘、直线推进、CAN 通信。下面介绍一下主要功能的实现。

4.1 AD 采集

通过 DSP 的 ADC 功能获取 3 路动臂斗杆铲斗模拟量, 设计并不要求 ADC 有严格的采样频率, 所以采用通过 μ C/OS-II 的时钟节拍来控制采样频率的方式, 每 50 ms 一次, 即任务每执行一次就采集一

次。

4.2 直线推进

首先调用规划函数: 轨迹规划采用逆运动学算法设计。改变逆运动学算法中的输入参数即可以改变相应的规划轨迹。通过信号量触发直线推进任务, 经 PID 算法执行规划好的直线推进路径。下面简要给出逆运动学算法程序。

// 功能: 逆运动学算法(实际调用时 V_z 置为 0, 只剩 XZ 平面, 设置 V_z 的目的是为了扩展)

// 输入参数: V_x , 铲斗斗尖到挖掘机中心距离; V_y , 铲斗斗尖 y 轴值; V_z , 铲斗斗尖 z 轴值; W , 铲斗对地倾角。

// 输出参数: 轨迹参数 Q_1 , 动臂角度; 轨迹参数 Q_2 , 斗杆角度; 轨迹参数 Q_3 , 铲斗角度。

```
void NiYunDong (float *Q1, float *Q2, float *Q3, float Vx, float Vy, float Vz, float W)
```

```
{
    Cv=sqrt((Vx-L0)*(Vx-L0)+(D1-Vz)*(D1-Vz));
    W1=atan((D1-Vz)/(Vx-L0));
    Cq=sqrt(Cv*Cv+L3*L3-2*L3*Cv*cos(w-w1));
    FCQ=acos((L1*L1+Cq*Cq-L2*L2)/(2*L1*Cq));
    QCV=acos((Cq*Cq+Cv*Cv-L3*L3)/(2*Cv*Cq));
    CFQ=acos((L1*L1+L2*L2-Cq*Cq)/(2*L1*L2));
    FQC=acos((L2*L2+Cq*Cq-L1*L1)/(2*L2*Cq));
    CQV=acos((Cq*Cq+L3*L3-Cv*Cv)/(2*Cq*L3));
    if(W1<W)
        *Q1=W1-FCQ-QCV;
    else
        *Q1=W1-FCQ+QCV;
    *Q2=3.141593-CFQ;
    *Q3=W-(*Q1)-(*Q2);
}
```

4.3 斜坡挖掘

首先调用规划函数, 轨迹规划采用逆运动学算法设计。改变逆运动学算法中的输入参数即可以改变相应的规划轨迹。通过信号量触发斜坡挖掘任务, 经 PID 算法执行规划好的斜坡挖掘路径。

4.4 CAN 通信

上位机通过 CAN-USB 设备与 DSP 的 CAN 总线相连, 完成在线数据传输和实时监测功能。

5 上位机软件实现

上位机有图形的显示和处理,为了减少应用程序的开发时间,将精力集中在想要完成的任务上,本系统选择了使用美国NI公司的NI Measurement Studio。

NI Measurement Studio 是为 Visual Studio .NET 和 Visual Studio 6.0 环境提供的一个集成式套件,包括各种常用的测量和自动化控件、工具和类库。NI Measurement Studio 带有的 ActiveX 和 .NET 控件、面向对象的测量硬件接口、高级的分析库、科学的用户界面控件、测量数据网络化、向导、交互式代码设计器和高扩展性类库等功能,可以在更短的时间内完成关键任务测试、测量或控制应用程序。

程序主要实现的功能有:发送数据到 DSP,设置 PID 参数;接收 DSP 数据(画出动臂、斗杆、铲斗角度曲线和运动曲线,保存角度数据);调出角度历史数据;设置 CAN 参数;设置动臂、斗杆、铲斗的长度。其流程图如图 4。

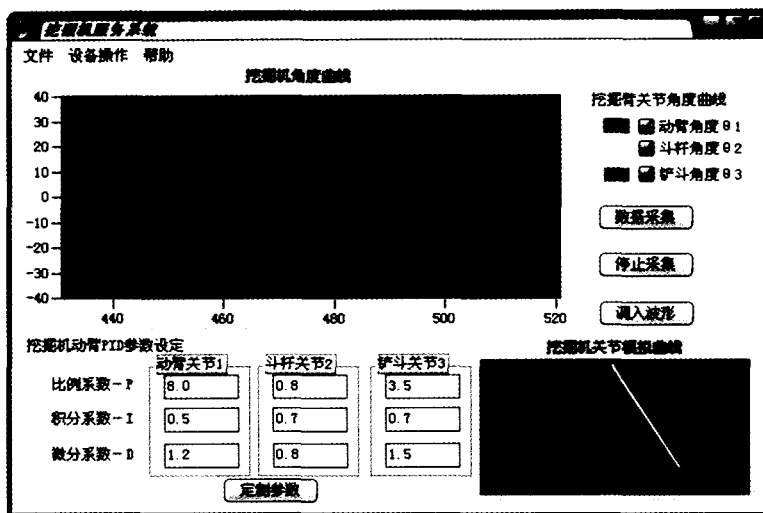


图 5 上位机软件界面

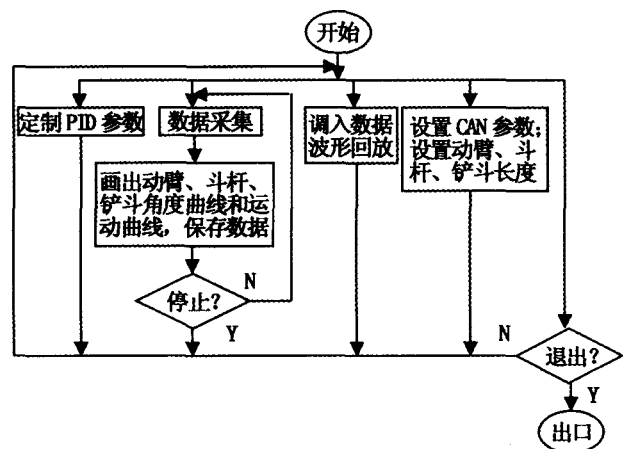


图 4 上位机软件流程图

上位机调用 USBCAN - II 所带的库函数来实现 CAN 总线数据的传输。其软件运行界面如图 5。

在程序中,专门开辟一个线程来接收 DSP 传过来的角度($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)值,再根据 L_1, L_2, L_3 的值,算出各个节点的坐标值(x, z),第一个点认为是原点(0,0)。

根据节点的坐标值,动态模拟出挖掘机的运动轨迹。

根据反馈角度值,经分析推导,可以在线设置动臂、斗杆和铲斗的 PID 控制参数以便得到最优控制效果。

6 结论

本文采用 DSP 完成对挖掘机数据参数的采集和对挖掘机的控制,采用 CAN 总线作为 DSP 与上位机的数据传输通道,在上位机上完成数据采集、显示、存储,并可在线修改 DSP 的参数。通过定制系统参数和通道即可用于不同的工程机械上。基于 CAN 总线挖掘机轨迹规划系统能够很好的满足工程机械高抗干扰性、高可靠性、易扩展的要求。本系统已成功试用于广西柳工机械股份有限公司某型挖掘机的研制中。

参考文献

- [1] 刘和平. TMS320LF240x DSP C 语言开发应用 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003:1-2, 239-240.
- [2] Jeff Prosize. MFC Windows 程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2002:1149-1153.
- [3] Li Zhi,Huang Jie,Xu Chuanpei,Yang Jun.Research on APSSystem for Wheel Loader Based on Embedded RTOS [C].ISTM/2005 6th International Symposium on Test and Measurement (Volume 6), 2005: 5515-5518.
- [4] National Instruments 公司. Measurement Studio Manual [M],2003:3-1-3-14.
- [5] 张楠等. 基于 CAN 总线的工业现场报警设备监测系统研究[J]. 电子测量与仪器学报,2004,18(增):324-328.

通信地址:广西桂林电子科技大学电子工程系虚拟仪器实验室(541004) (收稿日期:2006-02-05)