

# 基于 CANopen 协议的数字伺服电机在数控系统中的应用研究

□ 黄涛 □ 董伯麟 □ 韩江

合肥工业大学 CIMS 研究所 合肥 230009

**摘要:**对基于 CANopen 协议的数字伺服加以研究,提出了一种适用于数控系统上位控制器与伺服之间进行高速数字通信的解决方案。两者之间使用 PCI-5810 CAN 接口卡进行协议转化,通过调用 CAN 接口卡中的函数库,来实现上位控制机与数字伺服之间的高速通信。

**关键词:**CANopen 协议 PCI-CAN 接口卡 数字伺服电机 对象字典

**中图分类号:**TP273

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-4998(2011)07-0032-03

## 1 研究背景

多轴、高速、高精度加工控制策略是当今世界数控技术研究的热点也是难点,其核心问题是数控系统上位控制器与多路伺服驱动之间的高速通信问题,这里的通信包括控制信号的传递、状态信号的反馈等。但是随着数控系统的发展,新型数控系统所要求的数控系统与伺服驱动之间的通信速度大大提高,传统的模拟量控制方式很难满足这种要求。鉴于此,本文提出了一种基于 CANopen 协议的数字伺服驱动方案。

## 2 设计方案概述

本系统架构如图 1 所示,以工控机和 PCI-CAN 卡为主站,并以 IDM640-8EIA 型数字智能伺服为从站组建 CANopen 网络。CANopen 主站负责整个网络的运行和管理,监视数字伺服驱动上的状态信息,并将数控系统插补器中得出的数据信息传给数字伺服驱动。

收稿日期:2010 年 12 月

稳定时间为 0.1 s,且超调很小。

## 5 结论

(1) 建立常规电液比例控制系统主要部件的数学模型,重点分析了非对称缸的负载流量特性方程,建立了整体的数学模型。

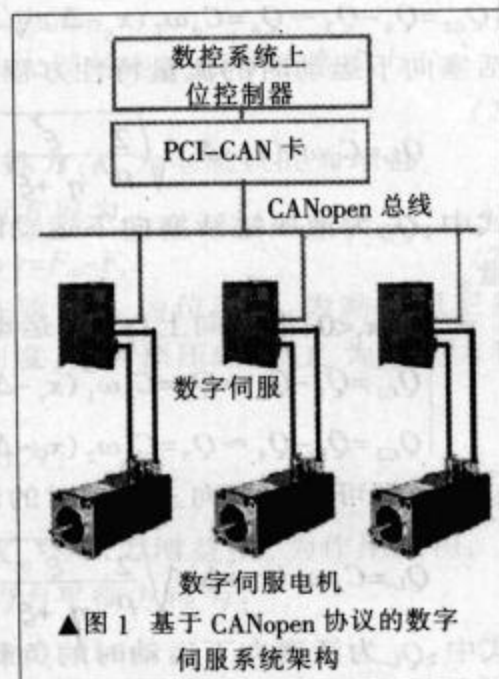
(2) 提出 CMAC-PID 并行控制算法,并利用 MATLAB 仿真工具建立系统仿真模型。

(3) 综合比较了普通 PID 控制和 CMAC-PID 并行控制算法的响应情况。仿真结果表明,CMAC-PID 控制算法能明显提高系统的稳定性和响应时间,为电液比例控制的工程应用提供了一定的参考基础。

## 参考文献

[1] 路甬祥,胡大宏.电液比例控制技术[M].北京:机械工业出

IDM640-8EIA 型数字智能伺服是一款基于最新 DSP 技术的全数字智能伺服驱动器,内置 CANopen 通信对象字典,使用时需对对象字典中的参数进行配置设定。数字智能驱动器对来自主站的数据进行计算,求出电机运动的位移、速度、加速度等运动参数,执行相应的运动,以实现数控系统的运动控制。



## 3 CANopen 主站任务调度机设计

CANopen 协议是 CIA 组织 (CAN in Automation)

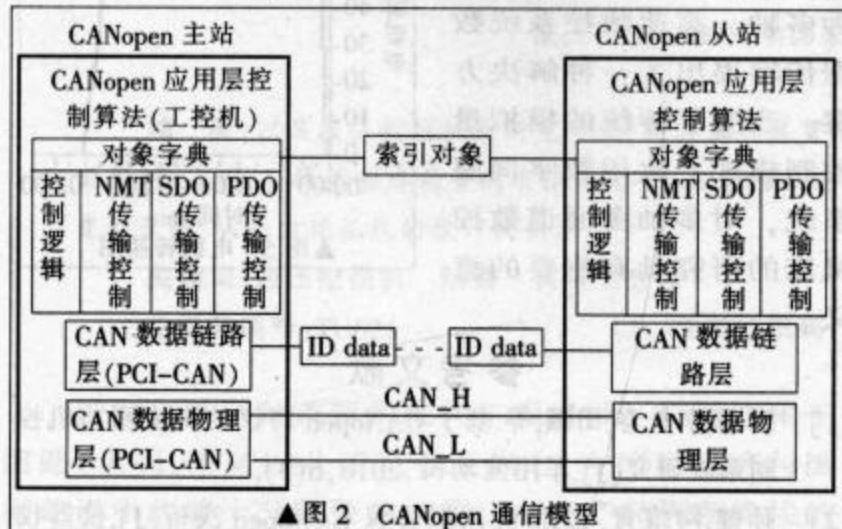
出版社,1988.

- [2] 曾宗祯.基于小脑模型与 PID 并行的电液伺服系统控制的研究[J].液压与气动,2005(6):19-22.
- [3] 肖聚亮,宋伟科.水轮机筒阀电液同步控制系统数学建模与仿真[J].天津大学学报,2009(2):105-122.
- [4] 蔡廷文.液压系统现代建模方法[M].北京:中国标准出版社,2002.
- [5] 徐一鸣,孙威.三维非线性比例微分与小脑模型神经网络复合控制的变柔性负载电液力控制系统[J].机械工程学报,2009(3).
- [6] 杨俭.电液比例位置系统复合控制及相关研究[D].杭州:浙江大学,2005.

(编辑 日 月)



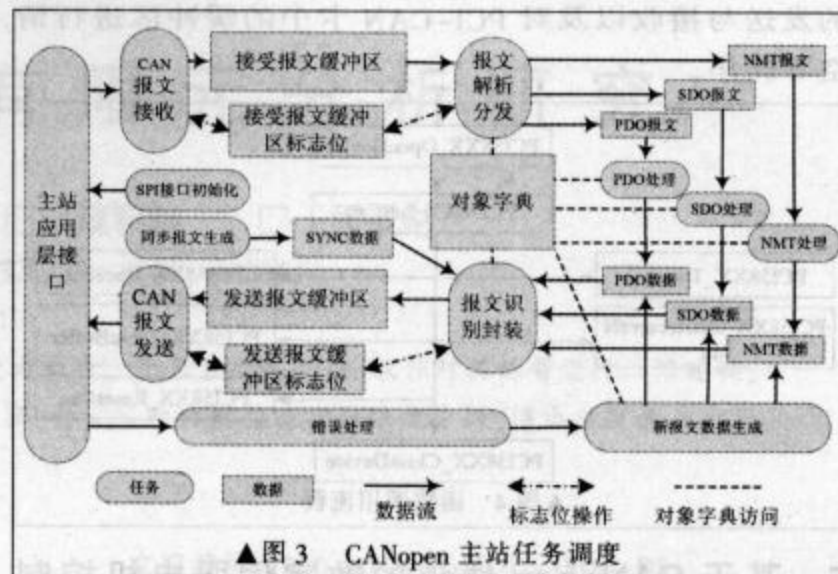
1995 年颁布的基于 CAN 协议的高层通信协议, 它包括 OSI 七层标准协议中的应用层、数据链路层和物理层。它是一种开源协议, 具有较高的配置灵活性和数据传输能力, 较低的实现复杂度, 支持各种 CAN 厂商设备的互用与互换, 模型如图 2 所示。



▲图2 CANopen 通信模型

笔者在研究中, 将 CANopen 协议的物理层和数据链路层都集成在 PCI-CAN 接口卡中, 在 CANopen 的应用层, 设备间通过相互交换通信对象进行通信, 这些通信对象分别为过程数据对象 (PDO)、服务数据对象 (SDO)、管理对象 (NMT) 和特殊功能对象, 其中 PDO 对象主要用于传输实时数据, SDO 对象用于传送配置信息, NMT 对象用于实现对 CANopen 网络的管理, 而特殊功能对象则提供一些特殊服务, 对这些通信对象的访问都是通过对对象字典来实现。

如何在主站 (工控机) 中建立一个有效的任务调度机制是主站设计的难点, 这个调度机制需要实时合理地对各种通信对象加以处理, 产生相应的响应, 并将响应数据和需要传输的控制数据进行报文封装, 然后发送出去。如图 3 所示, 主站任务状态机包含 12 个任务状态, 其中主站应用层接口、CAN 报文接收、报文解析分发、PDO 处理、SDO 处理、新报文数据生成、报文识别封装和 CAN 报文发送为 8 个常置任务, SPI 接口初始化、NMT 处理、同步报文生成和错误处理只有在网络初始化、网络同步过程中以及网络产生错误时才启动, 属于非常置任务。CANopen 应用层接口是 CANopen 主站连接 CAN 控制器的接口任务, 负责报文的收发。经过报文接受任务的操作, 接受到的报文被存储在接收报文缓冲区中, 然后根据 COB-ID 进行区分报文类型, 此操作需要参照对象字典。区分过的报文被分别送往各自的报文处理模块进行处理, 并产生响应数据, 而后按照报文格式进行封装, 并送入发送报文缓冲区, 最后通过 CAN 报文发送模块进行发送。此外, 作为 CANopen 主站还担任着网络初始化与网络参数配置的任务, 因而主站中还有一个模块用于产生相应的报文数据, 对网络进行操作, 如 SYNC 报文。在本文的



▲图3 CANopen 主站任务调度

应用中, 从站伺服运动控制所需的参数也是由此模块进行创建并加载到 PDO 中的。

#### 4 PCI-CAN 卡读写操作的软件设计

CANopen 主站的软件设计主要包括两部分, 1) CANopen 数据帧的内部处理; 2) 与从站进行数据交换的通信软件模块。前者在第 3 节中作了介绍。后者主要有两方面功能: 一是控制收发缓冲区的读写, 二是对 PCI-CAN 卡内部 CAN 控制器的相关寄存器进行初始化配置, 包括协议寄存器、消息对象接口寄存器等。

CAN 数据信息帧的数据类型定义如下面一段程序所示。

```
typedef struct_PCI58XX_CAN_OBJ{
    DWORD ID; //报文的 COB-ID
    UCHAR SendType; //是否是正常发送模式
    UCHAR RemoteFlag; //是否是远程帧
    UCHAR ExternFlag; //是否是扩展帧
    UCHAR DataLen; //有效报文的长度
    UCHAR Data[8]; //8 位数据字节
}PCI58XX_CAN_OBJ, P_PCI58XX_CAN_OBJ;
```

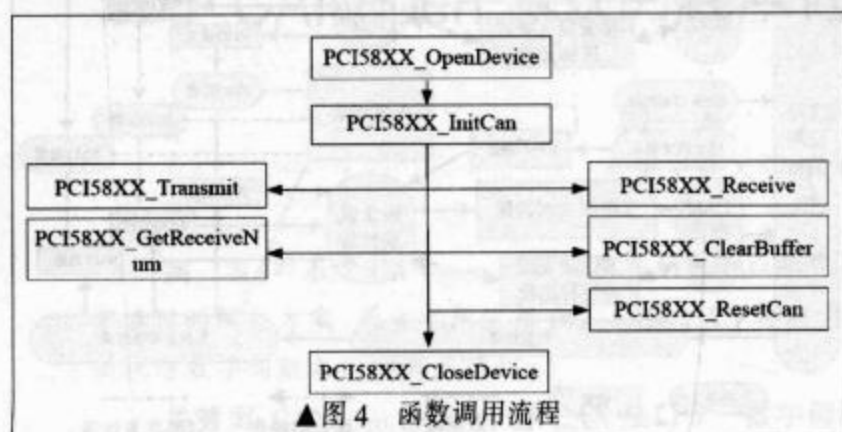
PCI-CAN 卡一共提供了打开与关闭设备、初始化 CAN、复位 CAN、发送与接收数据、获取缓冲区尚未读取的帧数等 10 余个接口函数。在使用时将文件 PCI58XX.h 和 PCI58XX.lib 放入工作目录下, 通过以下方法进行声明后就可以调用了。

```
extern "C" BOOL __stdcall PCI58XX_Open
Device(DWORD DevIndex); //打开设备
extern "C" BOOL __stdcall PCI58XX_Init
Can(DWORD DevIndex, DWORD CANIndex,
P_PCI58XX_INIT_CONFIG pInitConfig);
//初始化 CAN
...
```

函数的调用流程如图 4 所示, 需要先打开 PCI-CAN 卡, 然后对其进行初始化, 之后就可以进行数据



的发送与接收以及对 PCI-CAN 卡中的缓冲区进行清空等操作。



## 5 基于 CANopen 协议的数字伺服电机控制实现

要对基于 CANopen 协议的数字伺服电机进行运动控制,首先设定 PDO 通信参数和映射参数,这是通过 SDO 进行的。以 IDM640-8EIA 型数字伺服驱动器的 TPDO1 的对象字典为例,如表 1 所示,对象字典中 1 800 h 号索引对应的是 TPDO 的通信参数,从中可以看出,TPDO1 的 COB-ID 为 180h+Node-ID,数据类型为 8 位无符号数,可通过时间定时器触发。1A00h 号索引对应的是 TPDO 的映射参数。映射参数将 TPDO 数据的具体意义指向索引 6041h,在子索引 00h 的对象字典处定义了 TPDO 数据每一位所代表的意义。

表 1 对象字典(TPDO1 参数)

索引	子索引	数据类型	描述	读写类型	缺省值
1 800 h (TPDO1 通信参数)	00h	--	子索引个数	只读	5
	01h	无符号 32 位	TPDO1 的 COB-ID	读/写	18h+Node-ID
	02h	无符号 8 位	传输类型	读/写	255
	03h	--	保留	--	--
	04h	--	保留	--	--
	05h	无符号 16 位	时间定时器	读/写	0
1A00 h (TPDO1 映射参数)	00h	--	映射对象个数	读/写	1
	01h	无符号 32 位	第一个映射对象	读/写	60410010h(索引 6041,子索引 00,长度 10)

PDO 的通信参数和映射参数配置完成以后,按照所配置的映射参数要求向数字伺服发送携带运动控制指令的报文,即可控制数字伺服电机的运行。

本研究所进行的试验对象是以一个数字伺服电机为从站、工控机和 PCI-CAN 卡为主站的单主从网络,在网络初始化以及对象字典配置完成之后,通过 RPDO4 对数字伺服电机进行启停控制,用测速仪对电机转速进行测试,结果如图 5 所示,电机在 CANopen 主站的控制下启动,达到预定转速 70 r/s 后,经过 2.5 min 电机停转。实验结果表明,CANopen 主站能成功控制基于 CANopen 协议的数字伺服电机的运转。

## 6 结束语

本文利用 CANopen 高层协议实现了主站与数字伺服之间的数据通信,为多轴、高速数控系统数据传输提出了一种解决方案,改变了传统的模拟量控制模式,改用数字伺服系统,对多轴多通道数控机床的研究具有重要的意义。

## 参考文献

- [1] 刘磊,李长春,田颖,等.基于 CANopen 协议的交流测功机控制系统研究[J].车用发动机,2010,6(3).
- [2] 孙健,陶维青. CAN 应用层协议 CANopen 浅析[J].仪器仪表标准化与计量,2006(2):22—24.
- [3] Mohammad Farsi, Manuel Bernardo Martins Barbosa. CANopen Implementation: Applications to Industrial Networks [M]. Research Studies Press Ltd, 2002.
- [4] M. Farsi, K. Ratcliff, Manuel Barbosa. An Introduction to CANopen[J]. Computer&Control Engineering, 1999(8).

(编辑 禾 禾)

## 国际金属加工展 10 月举办

2011 年 10 月 12~14 日,2011 中国(南京)国际金属加工展览会将在南京国际博览中心举办。

该展会旨在打造一个与江苏省机电产业相结合、促进本地产业发展、面向国际市场的区域性品牌展会。

据介绍,江苏省去年全年装备制造业的产值达到 3.3 万亿元,位列全国第一,仅南京市就有装备制造业骨干企业 1250 家。2011 年该市整体产业战略布局将围绕南京市“4+8”产业展开,即电子信息、石化、钢铁和汽车等 4 大支柱产业和现代通讯、智能电网与电力自动化、风电光伏装备、轨道交通、生物医药、节能环保、航空航天、新材料等 8 大新兴产业。

结合江苏省及南京市的工业产业特色,展会同期将举办多场高端论坛及研讨会,方便展商与其目标用户利用这一平台进行洽谈交流及商务对接。主办方还将组织高校科技研发新成果展示交流会。

本次展会预计展出面积将超过 2 万 m<sup>2</sup>,有包括国际展馆在内的国内外 350 余家企业参展,该展会由德国斯图加特展览公司、南京市经济和信息化委员会、中国机床总公司、斯图加特展览(中国)有限公司和南京国际博览中心共同举办。

(李 瞧)