维普资讯 http://www.cqvip.com

文章编号:1671-4598(2006)11-1510-03　　中图分类号:TP273;V228　　文献标识码:B

基于CANopen协议的飞机供电系统测控平台设计

赵宇萍，牛　云
(西北工业大学 自动化学院，陕西 西安　710072)

摘要：通过分析应用层协议CANopen的技术特点，研制了一套基于CANopen协议的飞机供电系统测控平台；该测控平台以CANopen为通信协议，采用DSP为控制器核心器件，并结合嵌入式操作系统μC/OS-Ⅱ进行软件设计；经测试，基于该协议的测控平台能满足上位机对通信的时限要求，使系统各单元间的数据传输更为可靠，并提高了系统的扩展性和组态性。

关键词：CAN总线；CANopen协议；TMS320F2812；μC/OS-Ⅱ

Design of Measurement&Control Platform for Aircraft Power Supply System Based on CANopen Protocol

Zhao Yuping, Niu Yun
(Institute of Automation, Northwest Polytechnical University, Xi'an　710072, China)

Abstract: Through analysis of technical characteristics about application layer protocol CANopen, a measurement &control platform for aircraft power supply system based on CANopen is developed. This platform utilizes CANopen as the communication protocol, adopts DSP as controller, and applies μC/OS-Ⅱ to design the software. The test result shows that this platform communicates with PSP in deadline and makes data transmission of different units to be more reliable, and improves extension, configuration of the system.

Key words: CAN Bus; CANopen protocol; TMS320F2812; μC/OS-Ⅱ

0　引言

随着电子、计算机技术的高速发展，机载电气设备大幅度增加，用电量迅猛增长，对飞机供电系统的可靠性和供电质量有了更高的要求。测控平台与供电系统处理机（PSP）进行实时、可靠的通信，是保证飞机供电系统正常工作的关键。

CAN总线使用了串行多控制方通信协议，有效支持分布式实时控制，可达到1Mbps的通信速率，具有突出的可靠性、实时性和灵活性的特点，专用于控制和自动化领域。但现有的CAN总线协议并不是一个完整的协议，只包括物理层和数据链路层两个底层的协议，在大数据块的分帧传输和扩展系统节点时很不方便。CANOpen[1]是一种基于CAN的高层协议，在国外（尤其在欧洲）汽车、电力系统等工业控制领域的应用已经很成熟，其服务数据通信SDO传送报文不受长度的限制，可用于设备配置过程中传输参数以及传输大数据块，使数据传输更有效。使用了面向对象的设计思想，CANOpen可通过设置、修改对象字典对设备功能进行描述，不仅解决了设备间的互连问题，还提高了总线的扩展性和软件的组态性。将CANopen应用飞机供电系统，实现了测控平台实时、稳定、准确的通信，使供电系统更有效地执行各种动作。

1　CANopen协议的介绍分析

CANopen[2]由从事工业控制的CiA（CAN in Automation）会员开发，如今已成为CAN高层协议标准之一。在CANopen应用层中，设备通信和应用程序对象得到交换，所有这些对象通过16位索引和8位子索引进行访问，而这些对象（COB）被映射到一个或更多的已经预定义和配置好的帧。图1是CAN各协议层的访问方式，通过对象索引，数据对象在应用层进行处理和访问将更方便和直接。

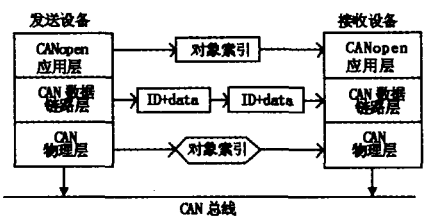

图1　CANopen协议层的交互访问

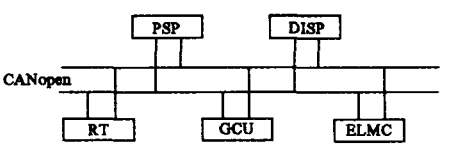

图2　基于CANopen的测控平台通讯设计

1.1　过程数据的通信PDO（Process Data Object）[3]

PDO是网络节点之间传送处理数据的标准方式，用于实时数据传输，优先级较高，数据传输长度不得超过8字节。PDO通信由任意节点发送数据，可由一个或多个节点接收数据。PDO发送端被称为PDO生产者，而PDO接收端被称为PDO消费者，这种通信为一点对多点的广播方式。PDO通信有3种工作模式：同步通信模式、查询模式、事件驱动模式。

收稿日期:2006-04-03；　**修回日期**:2006-05-13。
基金项目:西北工业大学研究生创业种子基金资助项目。
作者简介:赵宇萍(1979-)，女，广西博白人，在读工学硕士，主要从事计算机测控方向的研究。

中华测控网
chinamca.com

维普资讯 http://www.cqvip.com

1.2 服务数据的通信 SDO (Service Data Object)

SDO 用于对数据字典的访问读写，完成节点的参数设置与组态、设定 PDO 格式、下载程序等，优先级较低。SDO 通信需建立两个节点间点对点的通信，可传输任意长的数据。在数据传输中，主动的节点是客户，被动的节点是服务端。每段的数据传输需要由客户发出一个数据请求，服务端发送相应的数据回应，从而实现对指定节点的有关操作。

2 测控平台的设计

飞机供电系统的测控平台作为通用远程终端使用，采用了分布式模块化结构，通过对现场设备系统状态信息、各路模拟量和开关量进行采集、处理，执行各类控制命令和进行数据传输。

2.1 基于 CANopen 的测控平台通信设计

本测控平台通信设计采用了 DCS 结构，由供电系统处理机（PSP）、供电系统显示（DISP）、电气负载管理中心（ELMC）、汇流条控制器（RT）、发电机控制器（GCU）组成分布式网络，监控整个电气系统并对其施加控制功能。如图 2 所示，采用 CANopen 为应用层通信协议，供电系统的各个单元通过 CAN 总线传递信息，使 PSP 能进行远程负载管理控制、故障诊断等，以保证用电设备工作的稳定性、安全性。

2.2 通信平台方案设计

整个测控平台以主频最高 150 MHz、内嵌 eCAN 模块的 32 位 DSP TMS320F2812[4] 为微处理器，选用 CANopen 为应用层的通信协议，软件采用嵌入式实时操作系统 μC/OS－Ⅱ将系统软件划分为多任务执行，进行基于 CAN 总线的串行数据通信。该平台包括模拟量、开关量的输入/出模块，供电电源模块，系统自检模块，DSP 模块，上位机控制/显示模块，工作原理如图 3 所示。

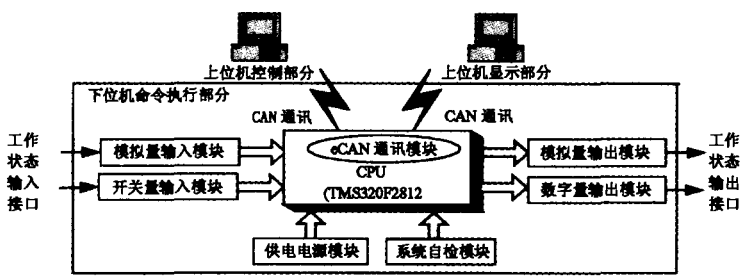

图 3　飞机供电系统测控平台工作原理图

2.3 CAN 应用层协议设计[5]

2.3.1　以 PDO 数据传输方式通信

PDO 为一点对多点的数据通信方式，用于各节点模块之间的数据通信传输。PSP 作为主节点，向 ELMC、RT、GCU 传输控制命令、负载优先级信息、发送模拟量命令、发送开关量命令；ELMC、RT、GCU 向 PSP 传输各路电压、电流等状态信息。从节点 ELMC、RT、GCU 之间传输控制命令、状态查询、信号的采集和发送。发送端 Tx 将正确的 PDO 信息包发送到 CANopen 总线上，也就是把数据写入映象地址区，接收端 Rx 根据映象地址从 CANopen 总线上将需要的 PDO 信息包读取到相应的映象区地址。如图 4 所示。

2.3.2　以 SDO 数据传输方式通信

节点模块与非节点模块之间的数据通信采用 SDO 通信方式，如显示模块 DISP 与其它各个模块都采用这种方式。一方面，通过 SDO 通信方式传输采集的信号量，获得系统的当前工作状态如电源、控制、终端系统的状态实时显示，包括电压值、电流值、历史数据等。另一方面，该方式下操作者能够在线预设置控制参数，如仿真负载配置、飞行阶段切换、超控对象设置等。如图 4 所示，SDO 为点对点的数据通信方式，SDO 客户机和服务器间的数据通信不仅可以一问一答，也可以传输更多的报文。这种有应答的通信方式，可以用于协调和控制服务器与客户机之间的通信流量，防止拥塞。

2.3.3　数据通信格式

表 1　ELMC 与 PSP 的通信协议

信息名称	传送方向	信息内容	周期
BusStatus	ELMC→PSP	分布式汇流条电压、转换继电器位置、二极管状态	2、5、8
SSPCStatus	ELMC→PSP	SSPC 的状态	6
BITStatus	ELMC→PSP	CPU 状态，AD 通道状态，CAN 状态，GPIO 状态	9
LayCommand	PSP→ELMC	负载优先级、转换继电器命令	1、4、7
SSPCCommand	PSP→ELMC	SSPC 命令	3

根据飞机供电系统的功能与性能要求，制定出了具体的数据通信格式，在此仅以 ELMC 与 PSP 的通信协议为例说明，详见表 1。PSP 与 ELMC、ELMC 各模块间的通信协议采用的是命令——响应方式，PSP 向 ELMC 发送周期码和控制命令，而 ELMC 返回命令码和状态数据。

2.4 CAN 通信的软件实现

CAN 总线通信要保证网络可靠稳定的运行，软件是通信设计的核心，包括通信协议及各种数据传输机制的实现，本设计基于嵌入式实时操作系统 μC/OS－Ⅱ[6] 完成的。μC/OS－Ⅱ已通过美国航空航天管理局（FAA）商用飞机的、符合 RTCADO－178B 标准的认证，适于航天系统。

2.4.1　定义供 SDO 访问的数据字典

根据约定的应用层通信协议 CANopen，将各智能节点映射到数据字典中，用以设定 PDO 的类型和数据的格式，这样系统要增加一个从节点，只需要在数据字典中增加一条新的记录即可，不需要改动程序体，做到了数据与程序分开，从而提高了系统组态性。数据字典中的记录包含了从节点相关的各种信息，如下所示：

```
typedef struct node_data{
INT8U nodenum;      //    节点号
INT32U nodeid;      //    节点标识符
INT8U nodestate;    //    节点状态信息,00H 正常;01H 故障
INT8U nodetype;     //数据类型:0F:只包含模拟量;F0:只包含
                      数据量;FF:远程帧
```

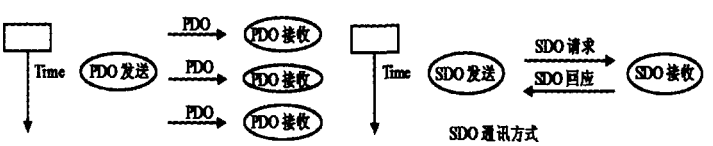

图 4　PDO 通讯方式

中华测控网
chinamca.com

维普资讯 http://www.cqvip.com


```
INT8U numanalog;   //    模拟量路数
INT8U numswitch;   //    开关量路数
INT16U ADCData[MAX_ADC_AI];    //节点模拟量数据
INT16U DIData[MAX_DI_AI];节点开关量数据
INT16U PrioData;           //负载优先级数据
INT16U DICtrl;             //开关量控制命令
}NODE_DATA;
```

SDO 模式通过节点标识(nodeid)、数据类型(nodetype)、模拟量、开关量路数定义了 PDO 模式的目的节点标识、帧类型(数据帧或远程帧)、数据长度等参数。

2.4.2 中断方式接收数据

根据 μC/0S—Ⅱ任务划分功能,通信模块的数据传输由接收数据任务 TaskCANRX()、发送数据任务 TaskCANTX()完成。

2.4.3 查询方式发送数据

通信模块采用查询方式发送数据,即依据设定的周期发送查询命令,在收到发送数据的命令后,对标志量 FlagCANTX 置位,并执行发送数据任务 TaskCANTX()。当标志量 FlagCANTX 为 1,首先获取发送邮箱的 ID 号,再执行写邮箱函数 MailboxTXWR()将要发送的数据写入相应邮箱的数据缓存区内,接着执行 DataPack()将写入邮箱的数据进行打包,函数 MailboxTX()执行邮箱数据的发送操作。发送数据流程参照图 5 所示。

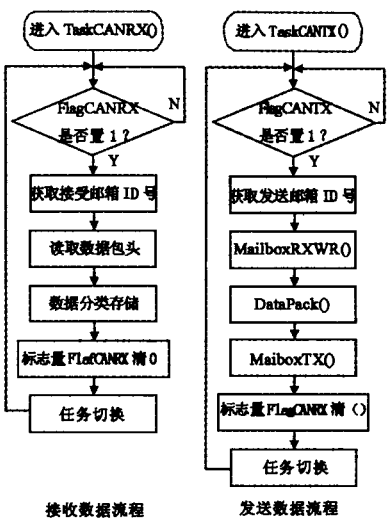

图 5 接收数据流程

3 CANopen 协议下 CAN 通信测试结果

利用逻辑分析仪 WindView 可以监测到分布式测控平台 CAN 通信的运行情况,如图 6 所示。其中 INT4 是 CAN 卡中断,timeTask 是时钟 TICK 信号,receiviaSPort 进程通过 CAN 总线接收 PSP 指令、sendViaSport 进程发送终端状态数据。从图中可以看出使用 CANopen 协议后,CAN 接收进程及时响应 CAN 接收中断,而 sendViaSport 进程也稳定的按照设定的周期(9 个 TICK)向上位机 PSP 发送本终端状态数据,完全满足系统对 CAN 通信的要求。

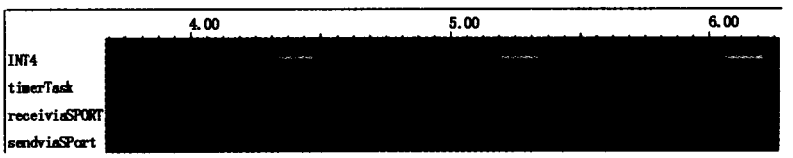

图 6 CAN 通信测试结果

4 结束语

本文采用 CANopen 协议作为 CAN 应用层协议,将 CANopen 与 DSP 处理器和 μC/0S—Ⅱ结合应用于飞机供电系统测控平台的设计。通过实际测试,本文研制的测控平台数据通信速率可达 1Mbps,传输速度快;数据接收采用中断方式,从而提高了通信的实时性;数据发送以稳定的周期进行,改善了通信的可预测性和稳定性,满足飞机供电的传输速度、实时性和稳定性的要求。各单元间数据通信准确、稳定,且线路连接简单,实现了测控系统的数字化、智能化,并提高了系统的扩展性和组态性,从测试结果看此测控平台可以应用于飞机供电系统。

参考文献:

[1] 邹宽明. CAN 总线原理和应用系统设计 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1996.

[2] CAN in Automation 协会. CANopen Communication Profile Features [Z]. 2000.

[3] 吴爱国,刘 莉. CAN 总线控制系统的应用层协议 CANopen 剖析 [J]. 微计算机信息,2003,(03).

[4] Texas Instruments Incorpo.. TMS320C28X 系列 DSP 的 CPU 与外设(上、下)[M]. 张卫宁,编,译. 北京:清华出版社,2005.

[5] 李 冰. CANopen 总线协议在摊铺机上的应用 [J]. 建筑机械,2003.

[6] Labrosse J J. 嵌入式实时操作系统 μC/0S—Ⅱ(第 2 版)[M]. 邵贝贝,等,译. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.

(上接第 1506 页)

[2] Kawamura A, Takeuehi K, Fumyaa T. Measurement of the tractive force and the new adhesion control by the newly developed tractive force measurement equipment [A]. PCC—Osaka. 2002 [C]. 2002, 2: 879—884.

[3] 赵 辉. 轮式无刷直流电动机驱动的电动车系统的研究 [D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,1999.

[4] 刘 丁,余志平,杨延西. 基于 DSP 的无刷直流电机无传感器控制系统设计 [J]. 电机与控制学报,2002,6 (1): 29—33.

[5] Digital Signal Processing Solutions: 3.3V DSP for Digital Motor Control. TEXAS INSTRUMENTS Application Report SPRA 550 [Z]. 1999.

[6] 郝东丽,贾 凯,郭彤颖. 基于 DSP 的永磁同步电机的控制设计与实现 [J]. 计算机测量与控制,2004,12 (7): 635—637.

中华测控网
chinamca.com