



基于 CANopen 协议从节点研究

The research of structural analysis and slave node based on CANopen

陈在平, 王 峰

CHEN Zai-ping, WANG Feng

(天津理工大学 自动化学院, 天津 300384)

摘 要: CANopen 作为一种开放的、标准化的 CAN 总线应用层协议, 在国内外各种机电系统与仪表装置中得到了广泛的应用。本文详细阐述并分析了 CANopen 的协议结构、对象字典和通信对象, 研究了国外的典型 CANopen 协议栈的结构与特点, 提出了进行 CANopen 协议规范的通信接口开发的有效方案, 并给出了 CanFestival 在微控制器上的实现。

关键词: CANopen; 现场总线; 协议栈; 从节点

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1009-0134(2010)02-0027-04

0 引言

CAN (Controller Area Network, 控制器局域网) 总线的应用范围非常广泛, 但其只定义了物理层和数据链路层, 而没有规定应用层, 并非一个完整的协议。所以在高级应用中, 需要一个高层协议来定义 CAN 报文中的 11/29 位标识符、8 字节数据的使用^[1], 于是 CANopen 便应运而生。

CANopen 是自动化 CAN 用户和制造商协会 (CiA, CAN-in-Automation) 定义的 CAN 总线应用层协议。它采用面向对象的思想设计, 具有很好的模块化特性和很高的适应性。CANopen 不仅定义了应用层和通信子协议, 还为大多数重要的设备类型定义了大量的规范, 不同厂商遵循这些规范开发出的设备之间能够轻易实现互操作。

CANopen 作为基于 CAN 总线的高层协议标准, 在发布后不久就获得了广泛的承认。尤其是在欧洲, CANopen 协议被认为是在基于 CAN 的工业系统中占据领导地位的标准。

1 CANopen 协议

1.1 CANopen 协议结构

CANopen 协议主要包括通信规范 (Communication Profile) 和设备规范 (Device Profile)。通信规范 (CiA DS-301) 定义了基本的数据通信方式及其特性; 设备规范 (CiA DSP-401~DSP-XXX) 定义特定设备的行为规范。其结构如图 1 所示。

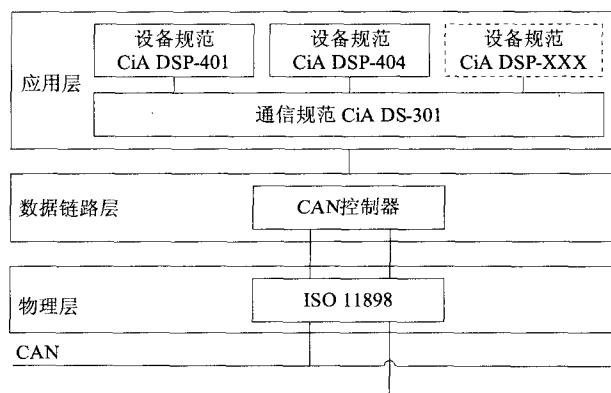


图 1 CANopen 协议结构

1.2 对象字典

对象字典 (Object Dictionary) 是 CANopen 协议的核心, 它连接了 CANopen 设备的通讯接口和应用部分, 如图 2 所示。对象字典是一个有序的对象

收稿日期: 2009-06-15

基金项目: 天津市自然科学基金重点项目 (07JCZDJC09600); 天津中小企业创新基金 (09ZXCXGX19300); 天津市重点实验室: 复杂工业系统控制理论及应用重点实验室的资助。

作者简介: 陈在平 (1950 -), 男, 教授, 硕士, 主要研究方向为智能控制, 工业网络控制理论与技术。

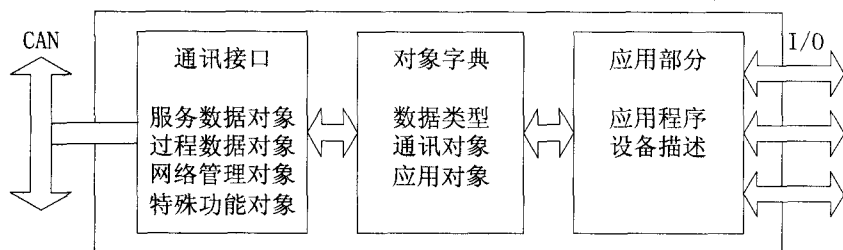


图2 CANopen 设备模型

组，每个对象采用一个16位的索引值来寻址，同时为了允许访问数据结构中的单个元素，还要定义一个8位的子索引。CANopen网络中每个节点都有一个对象字典，其中包含了描述这个设备和它的网络行为的所有参数，通过访问对象字典可以得到各节点的状态，确定网络的通信模式，进行相应的网络管理。

1.3 通信对象

CANopen 协议规定了4类通讯对象：SDO (Service Data Object, 服务数据对象)、PDO (Process Data Object, 过程数据对象)、NMT (Network Management, 网络管理对象) 以及特殊功能对象。

1.3.1 SDO

SDO用于传送组态数据，对设备进行配置，它通过建立两个CANopen设备的点对点通信来实现可靠的数据传输。SDO的传输是采用客户机/服务器通讯方式，通过使用索引和子索引，SDO使客户机能够访问服务器对象字典中的对象。

SDO可以传送任何长度的数据，当数据超过4个字节时，将被分拆成几个CAN报文。由于数据会被分拆成几段，在发送SDO的第1个报文后，其后的每段中都可以包含7个字节的数据，而最后一段可以包含一个终止符。

1.3.2 PDO

PDO采用生产者/消费者方式进行传输，用于从一个发送方(生产者)向一个接受方(消费者)或多个接收方(广播形式)传输实时控制参数、变量，因此PDO的优先级高于SDO。但一个PDO最大只能传输8个字节数据。

PDO对应于设备对象字典中的条目，并且为应用对象提供访问接口。报文中的数据类型和映射到PDO中的应用对象是由设备对象字典中所对应的映射参数来描述的，若设备支持可变PDO映射，那么可以使用SDO报文来重新配置PDO映射参数^[2]。

1.3.3 NMT

NMT用于对网络设备进行管理、控制，并及时发现设备故障。它采用主从结构，一个网络中只有一个NMT主节点，其余的为从节点。主节点对从节点提供状态管理、节点保护等服务。

每个CANopen从节点都有初始化(Initialisation)、预操作(Pre-Operational)、操作(Operational)和停止(Stopped)4个状态，主节点使用NMT来控制从节点在各状态之间的转换。此外，NMT主节点还会监控从节点的状态，以确定某个不发送PDO的从节点是否已经脱离总线，并检测设备的网络接口错误。

1.3.4 特殊功能对象

特殊功能对象主要包括同步对象、时间戳对象和应急对象。

同步对象(Synchronization Object)是由同步对象生产者向同步对象消费者提供的时钟信号，为设备提供了标准的通信周期。

时间戳对象(Time Stamp Object)通常表示从1984年1月1号后的天数和午夜过后的毫秒数，一共6个字节，为对时间要求苛刻的设备提供毫秒级的高精度同步协议。

应急对象(Emergency Object)在一个设备内部发生严重错误的情况下被触发，并使用高优先级发送到其他设备，适用于中断类型错误警告。

2 基于开源代码CANopen节点的实现

近年来，已经有很多公司和组织开发出了成熟的CANopen协议栈，这为我们开发CANopen设备提供了许多便利。但是，商用协议栈价格昂贵，会为开发增加高昂的成本，而自行开发又会耗费巨大的人力、物力和时间，因此进行CANopen协议的开发，首先想到的是如何利用现有的开源代码^[3]。目前，主要有CanFestival、CANopenNode和MicroCANopen三种符合LGPL和GPL协议的开源CANopen协议栈可供我们使用。

2.1 典型的CANopen 开源协议栈

CanFestival是一个由法国Lolitech资助的完整CANopen协议栈，可在PC和微控制器上实现主节点或从节点功能。它用ANSI-C编写，完全支持DS-

301 V4.02 标准, 具有良好的可移植性。此外, CanFestival还提供了带有图形用户界面的对象字典编辑器, 从而为生成设备的对象字典提供了便利的工具^[4]。

CANopenNode 是由斯洛文尼亚的 Janez Pateroster 所编写的, 基于 Microchip 公司 PIC18 控制器的开源 CANopen 协议栈。它可作为主节点或从节点, 提供多个设备之间在 CANopen 网络上的串行通信^[4]。CANopenNode 的功能齐全, 协议接口完善, 完全遵从于 CiA DS-301 标准和 CANopen 指示灯标准 CiA DR-303-3。

MicroCANopen 是由 Embedded Systems Academy 所开发的, 其代码相当精简, 只保留最低限度的功能, 通常只被用做单一功能模块。该协议栈的硬件需求极低, 最少只需要 4k 字节的代码空间和 170 字节的程序空间。此外, Embedded Systems Academy 还开发了一个具备大多数 CANopen 常用功能的 MicroCANopen Plus 版本, MicroCANopen 用户可以方便地将自己的工程移植到 MicroCANopen Plus 上^[6]。

2.2 CanFestival 在微控制器的实现

本文采用 CanFestival V3.0 RC3, 以开源 CANopen 协议栈在微控制器上加以实现。Canfestival 协

议的结构如图 3 所示。

CanFestival 的文件目录如表 1 所示。在 CanFestival V3.0 RC3 的源代码中, 提供了 Motorola MC9S12DP256 微控制器的驱动。在使用 GNU gcc 编译程序后, 直接烧写至 MC9S12DP256 控制器。通过 CAN 控制器 PCA82C250 将 MC9S12DP256 的 CAN0 端口 (PM0, PM1) 连接到 CANopen 网络, 并通过 MAX232 将芯片上的 portS (TxD0) 端口连接到波特率设置为 19200 的控制台上, 从而实现了一个典型 CANOPEN 从节点。

表 1 CanFestival 文件目录

文件路径	文件说明
./src	与处理器无关的 CANopen 协议栈源代码
./include	针对各处理器的头文件
./drivers	针对各硬件的驱动
./examples	3 个用于测试的例程
./objdictgen	带有图形用户界面的对象字典编辑器

该协议栈也可以较为方便地移植到其他控制器上。在移植之前, 首先必须确保目标控制器具有 40k 以上的代码空间和 2k 以上的 RAM。相对于自己重新编写代码来说, 在官方提供的某一个最接近目标

控制器的平台的源代码基础上进行修改显然是一种更加简单的方法。在移植时, 需要修改的文件包括: include 文件夹中与目标处理器相关的头文件、drivers 文件夹中的目标控制器驱动文件以及各相关文件夹中的 Makefile 文件。

此外, 在编辑对象字典时, 采用 objdictgen 文件夹中的对象字典编辑器来简便而高效地进行操作。需要注意的是, 该编辑器是一个 Python 应用程序, Windows 用户必须安装 Python (2.4

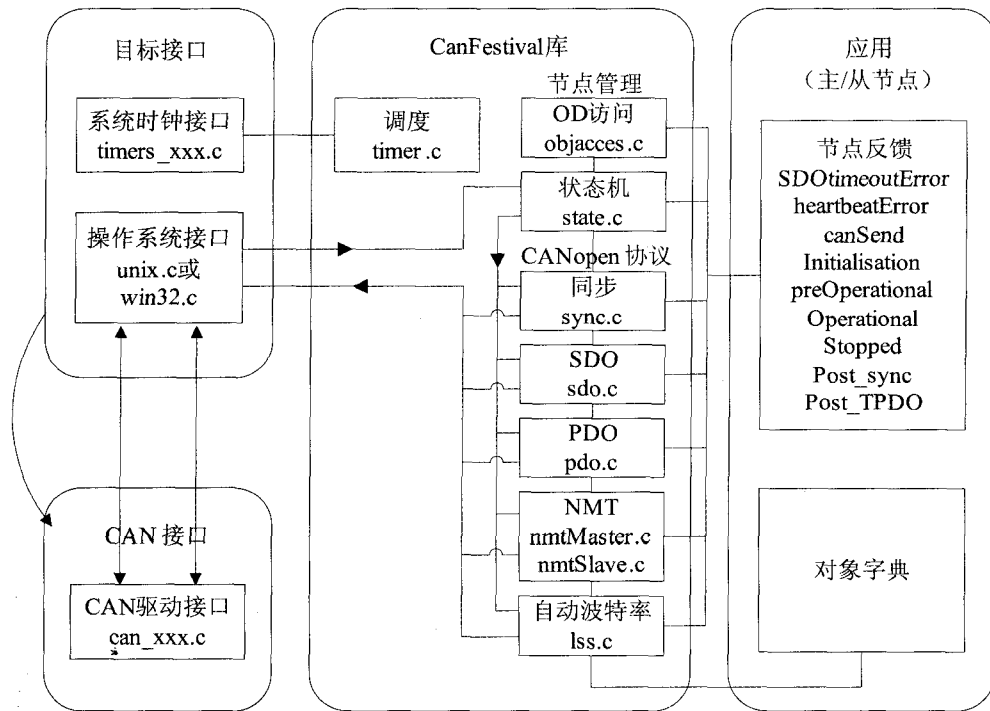


图 3 CanFestival 结构

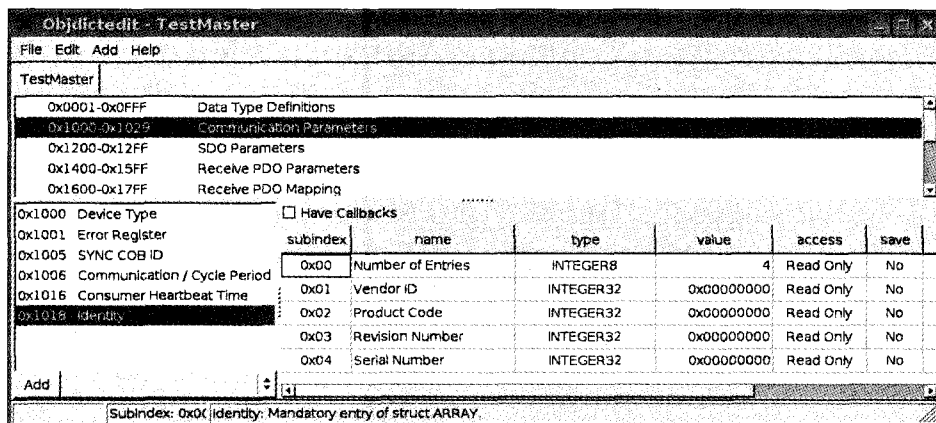


图4 对象字典编辑器

版以上)和wxPython(2.6.3.2版本以上)才可以使用该程序。图3给出了对象字典编辑器的主界面,在该程序中,上半部分可以选择对象字典中的某一区域,左下部分为这一区域对象字典中的索引,右下部分为子索引,可以在这里进行具体的修改。

3 结论

CANopen作为一种非常有竞争力的总线标准,在国内外的应用已经深入到了各个领域,并且还在进一步发展。但是基于CANopen协议规范的通信接口关键技术仍然被国外若干公司所垄断,国内目前

重要的现实意义。

参考文献:

- [1] H.Boterenbrood. CANopen high-level protocol for CAN-bus. NIKHEF Internal Documentation,2000.
- [2] CAN in Automation. Application Layer and Communication Profile,CiA Draft Standard 301 Version 4.02.2002.
- [3] 徐喆 张卓,闫士珍.基于uC/OS-II的CANopen从节点的实现[J].计算机系统应用,2008,7:113-118.
- [4] CanFestival v3.0 Manual. <http://www.canfestival.com>.
- [5] Janez Paternoster. CANopenNode Manual. <http://sourceforge.net/projects/canopennode>.
- [6] MicroCANopen 网站.<http://www.microcanopen.com>.

【上接第17页】

3 结论

通过对回转式刀具切削性能测试实验台上相似盾构刀盘切削岩石和土壤两种工况进行有限元分析,得到了刀盘的应力和变形分布:刀盘危险截面位于牛腿与刀盘的连接处,最大应力为168.54Mpa,最大变形为0.278mm,排除有限元模型中的边界条件简化和结构细部简化,最大应力位置与实际情况比较吻合;从刀盘整体看,大部分区域应力、变形都较小,具有较大的强度和刚度裕量,设计可行。本文的工作有助于进一步建立刀盘的参数化模型,研究刀盘拓扑结构对刀盘切削性能的影响。

参考文献:

- [1] 周奇才,郑宇轩,李炳杰,等.地铁盾构刀盘改造的有限元分析[J].中国工程机械学报,2008,6(2):188-193.
- [2] 宋克志,李传明,袁大军,等.盾构隧道施工盘形滚刀推力分布规律研究[J].岩石力学与工程学报,2008,27(2):3875-

3881.

- [3] Z.X.Zhang,S.Q.Kou,X.C.Tan*,et al.In-situ Measurements of Cutter Forces on Boring Machine at Äspö Hard Rock Laboratory[J].Rock Mech. Rock Engng,2003,36(1):39-61.
- [4] Fukui,K.,Okubo,S..TBM cutting forces with particular reference to cutter and tunnel diameters[C]//ISRM 2003-Technology Roadmap for Rock Mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy, 2003.
- [5] 闫喜江,梁尚明,黄宇峰,等.静载荷作用下的ITER重力支撑系统有限元静力分析[J].制造业自动化,2008,30(5):36-39.
- [6] 王良模,吴长风,王晨至.特种车辆方舱结构的有限元分析[J].南京理工大学学报(自然科学版),2008,32(6):707-709.
- [7] J. Rostami,L.Ozdemir,B.Nilson. Comparison Between CSM and NTH Hard Rock TBM Performance Prediction Models [C]// ISDT,Las Vegas,NV,1996.
- [8] 吕强,傅德明.土压平衡盾构掘进机刀盘扭矩模拟试验研究[J].岩石力学与工程学报,2006,25(1):3137-3143.