

DeviceNet Master Research Based on Embedded System

Mei Liu

Department of Computer Science and Information
Engineering
Shanghai Institute of Technology
Shanghai, China
e-mail: liumei@sit.edu.cn

Fu Song

Software Engineering Institute
East China Normal University
Shanghai, China
e-mail: songfu2010@126.com

Abstract— Analyzing several commonly used DeviceNet networks, this thesis proposes the master application system based on embedded system. The system's embedded platform is made up of ARM9 and WindowsCE.Net, it implements the driver program of the DeviceNet communication interface, the application program of network management and scanner. The system built for modern breeding environment monitor successfully; thereby an easy, high reliable and low-cost fieldbus solution is achieved.

Keywords—*embedded platform; fieldbus; DeviceNet; master/slave net*

I. 引言

在现代工业生产中, 自动化技术是保证工业生产高质、高效、安全运行的重要手段。上世纪八十年代末九十年代初国际上发展形成的用于过程自动化、制造自动化、智能楼宇的现场总线(Fieldbus), 正逐步取代上世纪七八十年代的DCS(Distributed Control System), 并推动着现代工业控制技术的又一次飞跃^[1]。

DeviceNet 是基于 CAN(Controller Area Network)总线的一种现场总线, 是一种高效、可靠、易用、廉价的现场总线, 具有互换性和互操作性, 同时为用户提供了完整的设备级诊断功能。其已经在许多控制领域内获得了广泛的认同, 并成为事实上的工业自动化领域的标准网络。

DeviceNet 在 CAN 的基础上增加了应用层, 扩充了物理层的连接单元接口规范、媒体连接和媒体规范^[2-3]。其物理层利用物理传输介质为数据链路层提供物理连接, 主要包括收发器、连接器、错线保护电路、电压调节器、传输介质和可选的隔离线路; 数据链路层完全遵循 CAN 协议规范, 并通过 CAN 控制器实现。

CAN 数据链路层又分逻辑链路控制层和媒体访问控制层。DeviceNet 支持数据帧、超载帧和错误帧, 不支持远程帧^[4]。

DeviceNet 除了总线仲裁和信息标识外, 将 11 位标识符划分成四个报文组, 报文优先级不再仅限于节点的 MAC ID(Media Access Control Identity), 报文优先级机制是标识符小的反而优先级高。DeviceNet 数据帧分显式报文和 I/O 报文两种类型, 又根据前后报文数据之间的关系定义了分段报文和未分段报文, 用于传输不同用途的数据。而 DeviceNet 预定义主/从连接组是主/从连接关系中常见连接通信, 预定义好各报文组内一些 ID 的功能, 省略了创建和配置应用与应用之间连接的许多步骤, 减少了网络和设备资源来创建一个通信环境^[5]。

本文对目前常用的 DeviceNet 主站进行了分析, 提出了一种基于嵌入式系统的主站方案, 并设计实现应用于现代养殖业环境检测。

II. 主站方案研究

A. 目前常用的主站

目前常用主站构成方式有以下 3 种。PC+组网软件+PLC, PC 机和某种 DeviceNet 组网软件的支持, 采用相配套的 PLC, 通过转接器将 PC 连入现场总线; PC+PC 卡+组网软件, 插在 PC 内的现场总线接口卡作为主节点, 结合其自带的组网软件, 进行网络组态; 嵌入式适配器+CPU, 在嵌入式系统中实现扫描器, 具有一定灵活性。结构如图 1(a)、(b)、(c)所示^[6]。

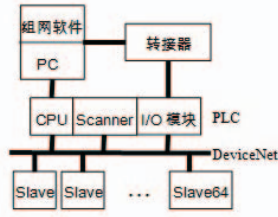


图1(a) 几种常用的主站-PC+组网软件+PLC

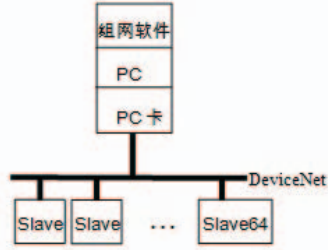


图1(b) 几种常用的主站-PC+PC卡+组网软件

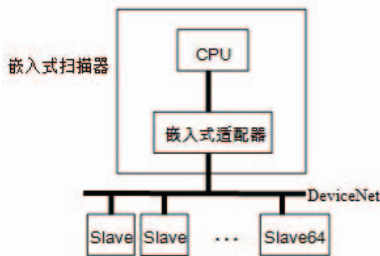


图1(c) 几种常用的主站-嵌入式适配器+CPU

第一种方式必须有PC机和支持DeviceNet的组网软件及相应PLC,这种方式存在系统内构件兼容问题,且成本高,网络结构繁杂,给用户组网带来很大不便。第二种方式中PC内必须插入支持DeviceNet的现场总线接口卡,结合其自带的组网软件构建网络,这种方式必须以PC为基础,而有些PC卡和软件只支持其自身作为主站,无法构成多主网络,降低了网络的灵活性。第三种基于嵌入式扫描器主站的方式较前面两种有了一定的改进,但是还要在用户CPU的控制下才能构成可自由组态的扫描器。

B. 基于嵌入式的主站

针对嵌入式适配器+CPU主站设计方案的缺点,提出利用嵌入式微处理器加外围电路的方式实现扫描器及数据处理。在嵌入式系统上开发应用层程序,实现可自由组态的主站。CAN控制器实现DeivceNet物理层和数据链路层协议。应用层程序实现网络管理、网络扫描、采集数据和数据处理功能,降低了主站开发成本,减小主站空间大小,满足应用环境空间要求,容易定制数据处理方式,提高了系统灵活性^[7]。

在嵌入式中同时实现网络管理和网络扫描等功能,需要考虑嵌入式系统资源限制、多任务处理和速度等技术难点。

III. 嵌入式主站设计

A. 总体设计

嵌入式主站以嵌入式微处理器及外设、嵌入式实时操作系统为平台,在平台上设计实现DeivceNet物理层、数据链路层和应用层,应用层程序包括网络管理、网络扫描、数据采集及处理功能。嵌入式主站结构如图2所示,CAN控制器与CAN驱动程序一起实现DeviceNet物理层和数据链路层,应用程序实现DeviceNet应用层功能。

B. 嵌入式平台设计

硬件平台微处理器采用三星公司S3C2440型号的ARM9,具有高速多任务处理能力和丰富外设,但其无CAN总线接口,故采用MCP2510作为CAN控制器,通过微处理器的SPI接口与ARM9相连。实时操作系统采用易定制、易裁剪、实时性强的Windows CE.Net4.2(WinCE4.2)。嵌入式主站结构如图2所示。

图2中,子系统A为视频采集模块,它通过SAA711X实现视频捕获,将采集到的两路模拟视频信号,转换为数字的RGB信号,并保存到内存中。子系统B为CAN总线模块,其通过MCP2510实现主站与CAN总线的通讯。子系统C为SD卡存储模块,SD存储模块最大可接2GB容量的SD卡,保存系统信息。子系统D为LCD显示模块,它读出内存中的视频信号,并显示到TFT LCD上。子系统E为AC97音频模块,其根据系统具体要求播放相应音频信息。子系统F为SDRAM模块,两块SDRAM芯片HY57V561620,做处理器内存使用。子系统G为NAND flash模块,一块NAND FLASH芯片K9F1208,存储系统文件。

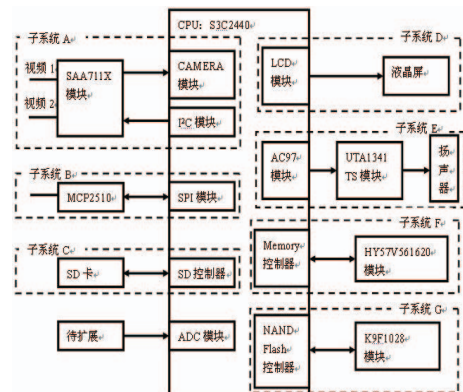


图2 嵌入式主站结构图

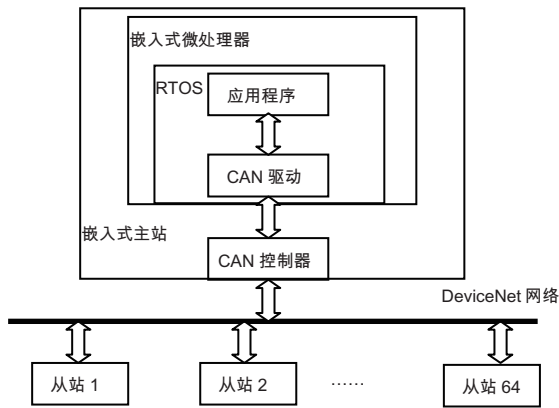


图3 CAN 驱动程序与控制器交互示意图

C. CAN 驱动程序设计

DeviceNet 数据链路通过 CAN 控制器芯片实现，DeviceNet 应用层通过 CAN 驱动程序与 CAN 控制器交互如图 3 所示。CAN 驱动程序分：CAN 初始化、数据发送、数据接收。CAN 初始化完成对 MCP2510 的配置，在对 MCP2510 配置时，首先需要在复位模式下通过 SPI 接口对工作方式、接收滤波方式、接收屏蔽寄存器和接收代码寄存器、波特率参数设置和中断允许寄存器等进行设置，完成后，返回到工作状态。发送数据程序把数据存储区中待发送的数据进行相应的调整，并将他们写入 MCP2510 的发送缓冲区后，启动发送命令，发送过程控制器自动完成。接收程序只需从接收缓冲区读取信息，调整其格式存储在数据存储区即可。

在 WinCE4.2 中，MCP2510 采用流驱动程序设计，按照流驱动程序固定格式参见文献^[8]进行编码，实现 DllEntry、Init、Open、Close、Deinit、Read、Write 和 IOControl 函数。WinCE4.2 通过设备管理器加载 CAN 驱动程序，应用程序通过 WinCE4.2 文件系统与 CAN 驱动程序交互，而 CAN 驱动程序通过 CAN 控制器与 DeviceNet 网络进行交互。应用程序通过 readfile 和 writefile 读/写 CAN 驱动程序数据，CAN 控制器参数通过 I/O_Ctrl 设置，打开和关闭 CAN 驱动程序通过 openfile 和 closehandle 实现。

D. DeviceNet 主站应用层程序设计

DeviceNet 主站应用层程序管理 DeviceNet 网络，将 DeviceNet 网络上的从站映射至主站应用程序扫描列表，与从站进行 I/O 数据交换和显示报文通信，处理接收的从站 I/O 数据。

DeviceNet 主站应用层程序分网络管理、网络扫描和 I/O 数据处理，I/O 数据处理分数据接收、数据发送、数据显示及保存，数据显示及保存可以根据实际应用

环境定制，提高系统可重用性，缩短二次开发时间，应用层程序模块结构如图 4 所示。

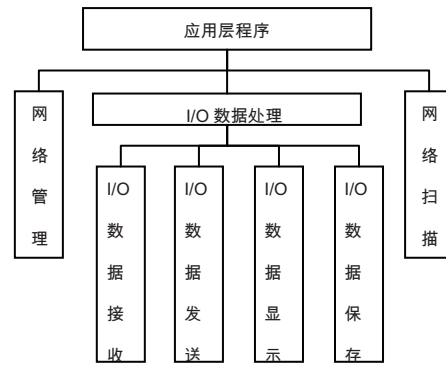


图4 应用层程序模块结构图

网络管理采用导入 EDS 配置文件和手动配置两种方式。网络管理维护两个列表，即注册列表和未注册列表，注册列表内节点表示在网络扫描时需要扫描的从站，未注册列表内节点表示已经在线但未加入注册列表，可以通过添加删除等功能对列表中节点进行各种操作。节点采用面向对象方法里的对象进行建模，主站为 Master 对象，从站为 Slave 对象。通过导入 EDS 配置文件方式导入的 Slave 对象都在注册列表中，从站支持热插拔，上线从站不在注册列表内时，自动将从站对象映射到未注册列表中。

网络扫描先从扫描列表中获取从站对象，判断主站是否与从站建立连接。如果已经建立连接则请求获取 I/O 数据；如果没有建立连接则请求与该从站建立连接，连接成功后设置从站属性再请求获取 I/O 数据。如果获取 I/O 数据失败则设置从站连接标志位为未连接，如果获取 I/O 数据成功则设置从站连接标志位为已连接，通过 WinCE4.2 的消息机制通知数据处理模块处理 I/O 数据。

连接过程先请求通过 UCMM 建立显式连接，若显式连接成功，再请求通过建立的显式连接分配预定义主/从连接组；若显式连接失败，则请求通过仅限组 2 非连接显式请求消息来分配预定义主/从连接组。

数据处理模块接收到 I/O 数据报文后，获取报文源 MAC ID，根据 MAC ID 获取注册列表中的从站 Slave 对象指针，通过事件机制通知请求 I/O 数据的线程已接收到响应，将接收到的报文数据逐字存入从站对象，再通过消息机制通知数据显示及保存模块处理 I/O 数据。数据显示及保存模块可以根据实际应用需要进行定制，并且从站的配置可以通过 EDS 文件配置或手动配置，因此，主站系统具有方便移植和定制的特点。

应用程序通过上述提出的设计,应用 WinCE4.2 的消息机制和事件机制解决了嵌入式系统资源限制和多任务处理等问题。

IV. 实际开发应用

应用提出的基于嵌入式主站设计方法实现了现代养殖业环境检测系统。根据实际项目需求,主站与 Pic18F458 实现的从站一起组成 DeviceNet 网络,网络具有 4 个从站和 1 个主站,网络节点分布如图 5 所示,粗线表示 DeviceNet 网络连接线,细线是 DeviceNet 网络从站与其传感器的连接线。

图中,从站 1 为采集室外温度、湿度和检测系统电源;从站 2 为采集室内温度、湿度、亮度,门 1 和门 2 开关状态;从站 3 为采集室内温度、湿度、亮度,门 3 和门 4 开关状态;从站 4 为采集室内的烟雾;主站为定制扩展网络管理与数据采集平台实现从站配置、管理、数据采集、数据图形化显示、数据实时保存。

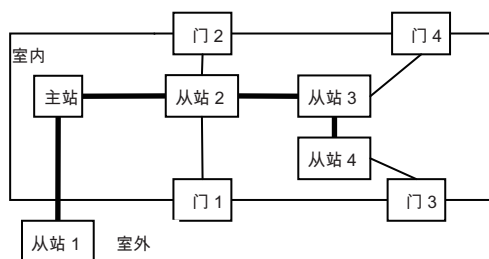


图 5 网络节点分布图

因为温度、湿度和亮度传感器是直接安装在从站上的,而烟雾传感器会产生大量热量,导致从站温度比周围环境高很多,所以烟雾采集使用独立从站。

根据网络节点分布图,设计主站应用程序数据显示及保存模块,定制 EDS 配置文件。数据图形化显示用 Microsoft Embedded Visual C++4.2 开发工具提供的控

件实现,每个从站的传感器在显示界面绑定一个显示控件,同时绑定对应从站对象 I/O 数据域的某一位。

数据显示及保存模块将对应从站对象数据实时保存于 SD 卡内和显示于图形化界面。实时保存 DeviceNet 网络从站 I/O 数据,实现回溯性,网络出现异常时能够提供最新数据,系统每 2 秒能采集一个从站的 I/O 数据。

V. 结束语

本文提出基于嵌入式系统的 DeviceNet 主站设计方案在嵌入式平台上同时实现网络扫描、网络管理、数据采集与处理等功能,降低了主站开发成本,提高了主站重用性和组网的灵活性,从站支持热插拔,数据保存及显示模块和 EDS 配置方式易定制应用于各种需求,并已实际应用于现代养殖业的环境检测中,证明该方案的可行性,但网络数据采集速度有待于进一步提高,在采集速度不敏感行业具有广阔的应用前景。

References

- [1] Yan Wang, Fuen Zhang. Status and Development of Fieldbus Technology. Electronic Devices, 2001,24(1): 79-84.
- [2] Zhongyong Cai, Han Gao. Description and DeviceNet Fieldbus into China. Low Voltage, 2000(2):59-61.
- [3] Beijing Bokong Automation Technology Co., Ltd.. Protocol Introduced of CANopen
- [4] Aihua Dong, Guoting Shu. Application of DeviceNet Bus. Journal of Donghua University: Natural Science, 2002,28(5):75-59
- [5] Jiangang Yi, Guanglin Liu, Kaiyong Yan. DeviceNet Fieldbus and Its Remote Monitoring and Fault Diagnosis of Fan System. Noise and Vibration Control, 2007(1):90-92
- [6] Weigang Chen, Minrui Fei, Ningning Bian. DeviceNet Network Based on Embedded Scanner. Automation Instrumentation, 2004,25(8):16-25
- [7] Daifei Liu, Ji Li, Qifeng Ding. DeviceNet Fieldbus Based on the Development of Intelligence From the Node. Computer Measurement & Control, 2007,15(3):384-386
- [8] Bo Jiang. Windows CE.Net Programming. Beijing: Mechanical Industry Press, 2007