

基于 DeviceNet 智能断路器监控系统^①

周 琴¹, 戴瑜兴¹, 李二强¹, 王兴仙²

¹(湖南大学, 长沙 410082)

²(浙江天正电气股份有限公司, 温州 325604)

摘 要: 设计并实现了基于 DeviceNet 智能断路器监控系统。监控系统中的 DeviceNet 现场总线协议转换器将智能断路器的各种状态参数, 如四相电流、分合闸状态等实时数据传递到 DeviceNet 总线上, 监控软件通过 SST_DN3_PCI_1 主站卡实时接收 DeviceNet 总线上的数据, 并做出相应处理。实验结果表明, 所设计的 DeviceNet 现场总线协议转换器完全满足 DeviceNet 规范要求, 监控系统能实时对断路器进行“遥控、遥调、遥测、遥迅”。

关键词: DeviceNet; 断路器; 现场总线; 监控系统

Intelligent Circuit Breaker Monitoring System Based on DeviceNet

ZHOU Qin¹, DAI Yu-Xing¹, LI Er-Qiang¹, WANG Xing-Xian²

¹(Hunan University, Changsha 410082, China)

²(Zhejiang Tengen Co. Ltd, Wenzhou 325604, China)

Abstract: This paper designed and implemented the intelligent circuit breaker monitoring system based on DeviceNet. DeviceNet FieldBus protocol converter of this monitoring system can pass parameters of intelligent circuit breaker like opening state, closing state, current value, etc to DeviceNet FieldBus, monitoring software received the data real-time by using SST_DN3_PCI_1, and processing the data accordingly. Test results prove that DeviceNet FieldBus protocol converter fully meets the DeviceNet specifications, and monitoring system can make circuit breaker “remote control, remote adjustment, remote telemetry, remote motion”. The experiment is successful.

Key words: DeviceNet; circuit breaker; FieldBus; monitoring system

1 引言

DeviceNet 是 Rockwell 公司开发的一种基于 CAN 总线的开放型、低成本、高性能的工厂底层控制网络技术, 其作用为简单的工业设备(如传感器、激励器)与高端设备(控制器)之间实现互连^[1]。DeviceNet 在改善设备间通信的同时提供了相当重要的设备级诊断功能, 因此得到越来越多企业的青睐^[2]。DeviceNet 已成为国际标准 IEC62026, 2002 年 10 月 8 日 DeviceNet 被批准为我国 GB/T 18858.3-2002, 并于 2003 年 4 月 1 日开始实施。

目前已投入使用的控制系统中, 仍有大量基于串口的仪器设备, 在短期内改造或淘汰那些旧有设备和系统是不现实的, 因此在一定时期内, 使带有串口的仪器设备应用到 DeviceNet 总线中是客观现实的需要。

本文设计基于 DeviceNet 智能断路器监控系统, 监控系统中的 DeviceNet 现场总线协议转换器能通过串口将智能断路器的各种参数如四相电流、分合闸状态等实时数据传递到 DeviceNet 总线上, 所设计的监控软件通过 SST_DN3_PCI_1 主站卡实时接收总线上的数据, 并对所得数据进行相应的处理。下面结合具体开发过程介绍该监控系统, 重点实现对智能断路器的“四遥”功能。

2 基于 DeviceNet 智能断路器监控系统的总体结构设计

基于 DeviceNet 智能断路器监控系统主要由上位机监控软件、SST_DN3_PCI_1 主站卡和 DeviceNet 现场总线协议转换器三部分构成, 监控系统的总体结构

① 基金项目:浙江省重大科技专项(2007C11072)

收稿时间:2011-01-18;收到修改稿时间:2011-03-01

设计见图 1。上位机监控软件通过 SST_DN3_PCI_1 主站卡与 DeviceNet 现场总线协议转换器分配预定义主/从连接,建立显式信息连接和 I/O 轮询连接。DeviceNet 现场总线协议转换器通过串口与智能断路器上外挂的电子式智能的控制单元通信,每隔 1 秒,协议转换器将串口接收的 18 字节数据,采用 I/O 分段协议的形式,传递到 DeviceNet 总线上,上位机监控软件能实时实现对智能断路器的四相电流、分合闸状态等实时数据的读取,能实时实现对智能断路器的分闸和合闸,能实时实现对智能断路器的参数整定。

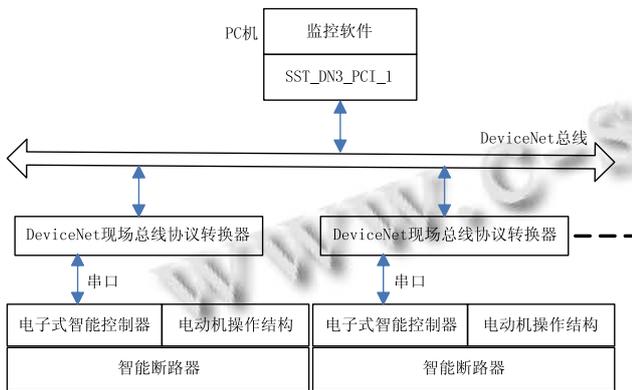


图 1 监控系统总体设计结构

3 上位机设计及实现

DeviceNet 协议不仅定义了 DeviceNet 总线上的从站节点,而且定义了上位机与下位机交互的过程。在 DeviceNet 总线上,上位机比下位机功能更强大,与下位机具有显式信息连接和选择性具有某 I/O 连接,如位选通、轮询、多点轮询等不同,上位机必须具有 UCMM 功能、显式信息连接和所有的 I/O 连接。DeviceNet 协议建立在 CAN 协议之上,继承了 CAN 非破坏性逐位仲裁机制,保证了即使在一主多从通信情况时,主站也能接受所有从站的响应数据,不会有数据丢失的情况发生。图 2 为 DeviceNet 总线上上位机与下位机建立预定义主从连接的过程^[3]。

在此监控系统中,下位机为 DeviceNet 现场总线协议转换器,是仅限组 2 设备,具有 I/O 轮询通信。从图 2 可知,上位机首先向下位机发送两条 UCMM(未连接显式信息),下位机不响应,故上位机认为它是仅限组 2 设备,上位机通过仅限组 2 无连接显式请求信息端口分配预定义主/从连接,下位机成功响应,显式信息连接建立。上位机通过已建立的显式信息连接建立 I/O 轮询连接,设置 I/O 轮询连接的 ERP 属性触发 I/O 轮询通信,上位机与下位机 I/O 轮询通信正式建立。

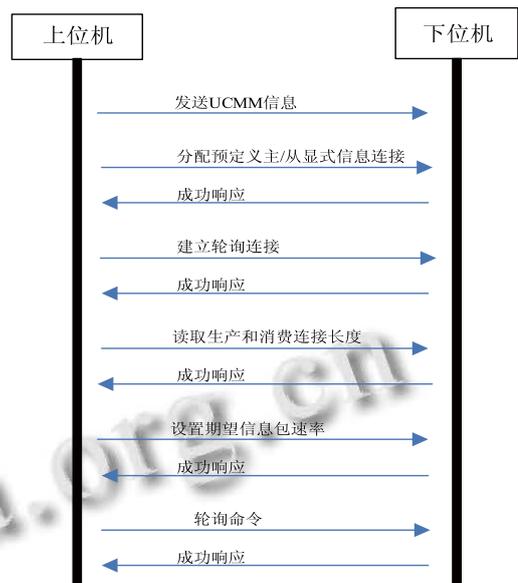


图 2 建立预定义主从连接

鉴于 DeviceNet 主站开发难度大,周期长,故选用 woodhead 公司的 SST_DN3_PCI_1 主站卡,并在此主站卡上编写了基于 DeviceNet 智能断路器监控软件。监控软件采用 VC++ 的 MFC 架构,在 MainFrame 类中加载 SST_DN3_PCI_1 主站卡动态链接库 dns32.dll、dnerr32.dll 和 ssdn32.dll,获得主站卡的句柄。调用 DNS_OnLine(),上位机发送重复 MAC ID 检查请求信息并上线;调用 DNS_AddDevice(),上位机设置与之通信的下位机参数,如从站的通信连接方式、生产连接长度和消费连接长度,又 DeviceNet 现场总线协议转换器还未购买制造商 ID,故监控软件将此属性赋为 0,使上位机忽略下位机的制造商 ID 属性。当上位机设置完下位机相关参数并上线以后,调用 DNS_StartScan(),上位机与下位机分配预定义主/从连接,建立 I/O 轮询连接。在 MainFrame 中,设置 4 组轮询命令,协议转换器根据轮询命令的不同,对智能断路器发出不同的命令。而在 Cview 类中,采用视图分割的方法,将视图一分为二:控制面板和信息板。控制面板设置命令按钮,如对断路器参数读取的开始监控按钮、对断路器操作的分闸按钮和合闸按钮,对信息板数据的保存列表按钮和清除列表按钮。在 Cview 类中,设置了定时器,当上位机与下位机建立 I/O 轮询连接后,在 Cview 类中可以定时调用 DNS_GetDeviceStatus(),判断下位机是否处于有效通信状态,若有效,则读取下位机的轮询消费信息。监控软件运行后的界面见图 3。

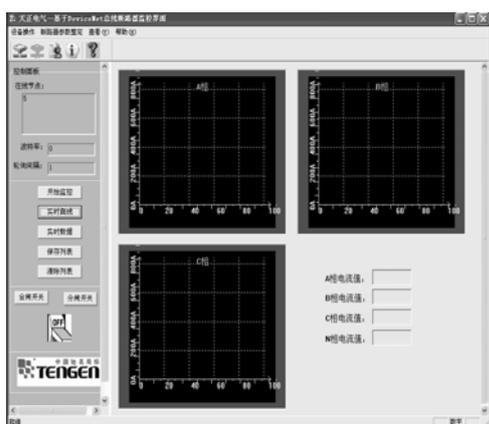


图3 监控软件

4 DeviceNet现场总线协议转换器的设计及实现

DeviceNet 现场总线协议转换器是整个监控系统最核心的一环。它负责将智能断路器 18 字节的状态参数打包，并以 DeviceNet 协议的形式发给上位机。

4.1 硬件设计

DeviceNet 从站应能够在 125K、250K、500K 三种波特率下传输；具有误接线保护功能；提供 DeviceNet 通信波特率、节点地址选择开关；提供 DeviceNet 状态 LED 显示；采用电压调节芯片，从 DeviceNet 网络电源获得 5V 电源，对系统各部分供电^[4]；根据以上要求，设计了 DeviceNet 现场总线协议转换器，其硬件设计见图 4。

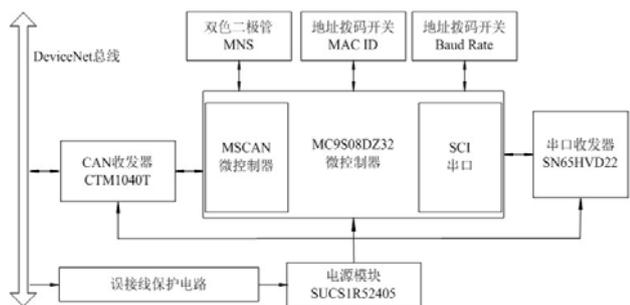


图4 DeviceNet 现场总线协议转换器的硬件设计

从图 4 可知，整个硬件的核心是 MS9S08DZ32 微控制器，DeviceNet 协议栈在 MS9S08DZ32 上实现。CAN 收发芯片 CTM1040T 是周立功公司生产的，将 CAN 收发芯片与光电隔离芯片采用灌装工艺融合在一起，协议转换器通过 CTM1040T 与上位机通信。电源模块 SUCS1R52405 具有过流保护、电气隔离功能，其电源转换效率为 74%，满足 DeviceNet 协议规范对电源的要求。

4.2 软件设计

DeviceNet 协议与其它协议如 CAN、Profibus、ModBus 不同，它是建立在 CAN 协议规范之上，采用面向对象的思想来实现的协议^[5]。图 5 为 DeviceNet 现场总线协议转换器使用的对象模型。

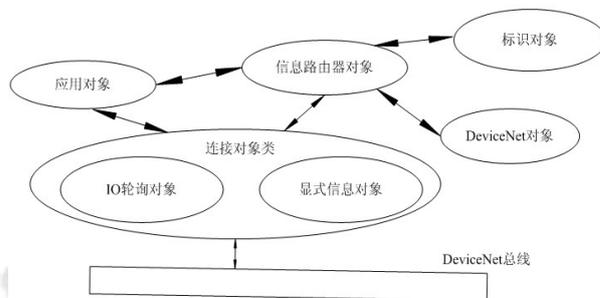


图5 协议转换器的对象模型

从图 5 可知，DeviceNet 协议栈以连接对象类为端点，DeviceNet 协议栈所接收到的数据帧都必须首先由连接对象类预处理^[6]。显式信息经预处理后，经信息路由器路由至信息路由器对象或 DeviceNet 对象或标志对象或应用对象。

DeviceNet 协议规定任何 DeviceNet 节点上线之前，都必须发送重复 MAC ID 检查信息，以确定 DeviceNet 总线上不出现两个具有相同 MAC ID 的节点。

当节点上电或复位以后，DeviceNet 节点发送重复 MAC ID 检查请求信息，若 DeviceNet 网络上已有相同 MAC ID 的节点，具有相同 MAC ID 的节点会发送重复 MAC ID 检查响应信息，导致该节点进入通讯故障状态；若此节点发送重复 MAC ID 检查请求信息成功，当接收到重复 MAC ID 检查请求信息，则该节点发送重复 MAC ID 检查响应信息，通知具有相同 MAC ID 的节点该 MAC ID 已使用，使具有相同 MAC ID 的节点不能上线。DeviceNet 节点发送重复 MAC ID 的算法见图 6。

DeviceNet 现场总线协议转换器主要完成的功能如下：

- 1) DeviceNet 协议栈的初始化，主要有 DeviceNet 对象类、标准对象类、MSCAN 和连接对象类的初始化；
- 2) 发送重复 MAC ID 检查请求信息，若成功则上线，否则进入通讯故障状态；
- 3) DeviceNet 协议栈处于上线状态时，若有接收到报文，则对所接收到的报文进行处理，并响应。在 IO 轮询通信中，协议转换器响应智能断路器的 18 字

节参数。

4) 接收到智能断路器 18 字节的串口数据后, 协议转换器检查上位机是否要对智能断路器操作, 如对

智能断路器进行分闸、合闸或断路器参数整定, 若有, 协议转换器发送相关操作指令给智能断路器。图 7 为 DeviceNet 协议转换器软件流程图。

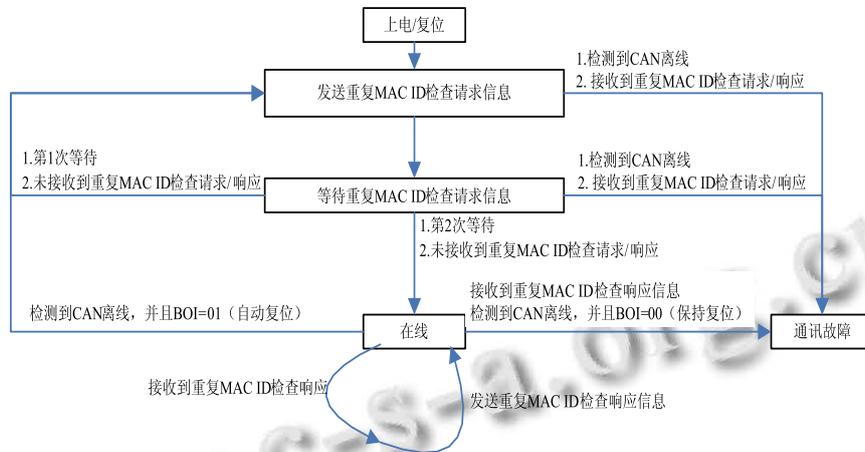


图 6 DeviceNet 节点发送重复 MAC ID 检查请求信息

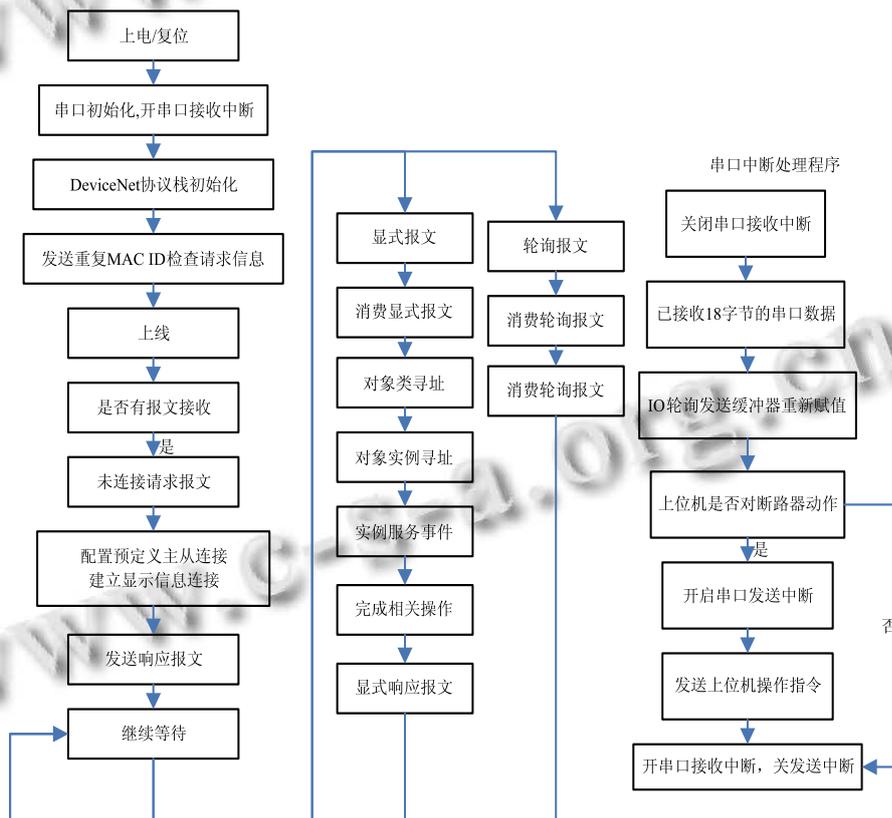


图 7 DeviceNet 协议栈软件流程图

5 实验测试与结果分析

为了对所研发的智能断路器监控系统进行调试和验证, 本文搭建了实验测试平台见图 8。采用周立功公司的 USBCAN 采集 DeviceNet 总线上的 CAN 数据

帧, 利用 USB485 设备采集串口数据, 经比较可知, 串口采集的智能断路器数据和 USBCAN 采集到的 DeviceNet 现场总线协议转换器 I/O 轮询响应数据相同, 测试达到了预期的效果。用 USBCAN 采集

DeviceNet 总线上的数据见图 9。

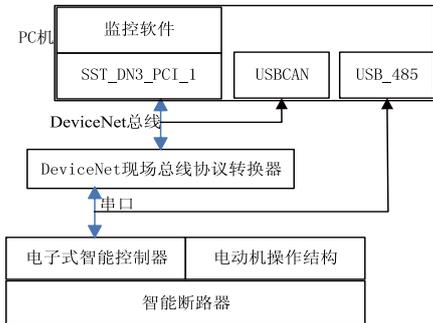


图 8 实验测试平台

图 9 实验数据

在测试平台上，上位机 MAC ID 为 0，协议转换器的 MAC ID 为 5，CAN 总线波特率为 250kbps。下面从时间先后顺序来分析图 9 中的数据。

1) 0~3 帧数据：发送重复 MAC ID 检查请求信息。0~1 帧数据为上位机发送重复 MAC ID 检查请求信息，2~3 帧数据为协议转换器发送重复 MAC ID 检查请求信息。

2) 4~5 帧数据：上位机发送的 UCMM 信息。本项目中的协议转换器为仅限组 2 设备，对 UCMM 不响应。

3) 6~7 帧数据：分配预定义主/从连接。通过仅限组 2 非连接显式信息端口，上位机分配预定义主/从连接，建立显式信息连接，协议转换器对此成功响应。

4) 8~9 帧数据：设置显式信息连接看门狗超时动作作为延迟删除。

5) 10~15 帧数据：读取标识对象的属性。通过已建立的显式信息连接，上位机去读协议转换器的标识对象属性，获取协议转换器的制造商 ID，设备类型和生产码，协议转换器在其成功响应之时，返回属性数据。

6) 16~17 帧数据：建立 I/O 轮询连接。上位机通过显式信息连接分配 I/O 轮询连接，协议转换器对此

成功响应。

7) 18~21 帧数据：获取生产和消费连接长度属性。上位机通过显式信息连接分别读取协议转换器的生产连接长度和消费连接长度，协议转换器对此成功响应，并返回属性数据。从返回的属性数据可知，协议转换器的消费连接属性为 8 个字节，生产连接属性为 18 个字节，根据 DeviceNet 协议规定，当 I/O 生产连接属性大于 8 个字节时，协议转换器必须使用 I/O 分段协议。

8) 22~23 帧数据：设置期望信息包速率，至此上位机与协议转换器开始 I/O 轮询通信。

9) 24~27 帧数据：I/O 轮询通信。在智能断路器的 18 字节定义中：1~4 为 A 相、B 相、C 相和 D 相电流值，第 10 字节表示智能断路器的分合闸状态，其中 0F 表示智能断路器为手动断开状态。从协议转换器响应的数据可知，断路器处于手动断开状态，故 A 相、B 相、C 相和 D 相电流值都为 0A。

6 结论

本文成功设计并实现了基于 DeviceNet 智能断路器监控系统。在具有串口通信的智能断路器基础上，研发并设计了 DeviceNet 现场总线协议转换器，将串口数据经协议转换器打包，以 DeviceNet 协议规定的形式发给上位机，上位机监控界面能实时对断路器进行“遥控、遥调、遥测、遥讯”即四遥功能。通过对实验数据的分析，证明了方案的可行性，达到了预期的设计要求，同时本文所提供的方案为类似项目的研发提供了一个很好的借鉴作用。

参考文献

- 1 Park OD, Park SK, Park CB. The real time verification when replacing DH plus with deviceNet for tire conveyor system. IEEE, 2001:160-165.
- 2 Biegacki S, Van Gompel D. The application of DeviceNet in process control. Elsevier 1996:169-176.
- 3 Lian FL, Moyne JR, Tilbury DM. Performance evaluation of control networks, ControlNet, and DeviceNet. IEEE Control Systems Magazine, 2001, 21(1):66-83.
- 4 Lian FL. Analysis, Design, Modeling, and Control of Networked Control Systems. The University of Michigan. 2001.
- 5 魏震, 贾青, 谢剑英. 现场总线协议的对象模型. 基础自动化, 2001, 8(4):20-21.
- 6 张振川, 张石, 禹建喜. 基于 HCS12D64 的 DeviceNet 网络节点接口设计与实现. IEEE, 2006, (6):6859-6863.