

基于 CPS 的数据采集系统设计^①

齐 超 何 勇 (复旦大学 计算机科学与技术学院 上海 200433)

摘 要: 在 CPS 中,数据的采集是一项重要的基础性工作。它主要是将 CPS 系统中的不同节点处的分布式现场设备所采集到的数据实时准确的获取,并根据业务的需求向信息处理层传递所需要的数据。结合作者参与开发的工业数据采集系统,阐述了整个系统的设计与实现,对该系统的功能模块、网络设计及软硬件平台的耦合性和扩展性作了详细说明。通过以太网通讯,实现工业生产数据的采集,这对于工业生产自动化和信息化能起到重大的推广作用。

关键词: 嵌入式系统; CPS; CAN; 数据采集

Design of Data Collection System Based on CPS

QI Chao, HE Yong

(Department of Computer Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: Data collection is important and basic in CPS. It will obtain the real-time data from the distributed field devices and transmit them to the information processing layer. This paper introduces the system's design, functional modules and the coupling and extensibility of the hardware platform with combination of the industrial data collection meter which is designed and realized by the author's group. Industrial data collection by Ethernet can play a significant role in the industrial automation and informationalization.

Keywords: embedded system; CPS; CAN; data collection

CPS(Cyber-physical Systems)指的是将各种信息传感设备,如射频识别(RFID)装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等种种装置与互联网结合起来而形成一个巨大网络。其目的,是让所有的物品都与网络连接在一起,方便识别和管理^[1]。这恰恰顺应了新计算技术、网络技术和控制技术的不断涌现时代的需求,CPS 已经成为物理设备系统发展的新趋势。

CPS 系统作为计算进程和物理进程的统一体,通过人机交互接口实现和物理进程的交互,并使用网络化空间以安全的实时远程协作方式操控一个物理实体。此系统包含了将来无处不在的环境感知、嵌入式计算、网络通信和网络控制等系统工程,使物理实体具有计算、通信、精确控制、远程协作和自治功能。

回顾从前,传统的工业过程控制系统仅仅是利用 CAN、RS485 等现场总线在系统内部进行组网实现多

个 MCU(或子系统)之间信息交流,对外仍然是封闭和独立的孤立于 Internet 网络之外,这非常不适应现代生产管理的发展。

现在,将 CPS 引入工业现场控制领域,即将工业控制系统接入 Internet,在世界上任何一个地方通过互联网获取该工控系统实时信息,进而实现远程实时控制、调节与维护,这将使工控系统的运行维护模式发生异常深刻的网络化变革^[2]。通过 TCP/IP 协议,可以方便的实现现场设备层和管理层的无缝连接。而且以太网设备价格低廉,实现简单。显然,这种远程维护方式会提高维护效率、降低维护和控制成本。

本文将 HMS30C7202 处理器和 CAN 总线等技术应用于控制系统的数据采集中,构成实时数据采集仪表系统,并将其和 CPS 结合起来,突破传统嵌入式系统的框架,通过互联网组成相应的信息服务系统。

^① 收稿时间:2009-10-11;收到修改稿时间:2009-11-11

本系统把各个分散的测控设备转化为网络节点,以现场总线和互联网为纽带把它们连接成可以互相通信、共同完成任务的网络化控制系统,以满足工业控制系统的控制分散化、网络化和智能化的要求。

1 网络管理

本系统选择采用嵌入式代理模块和委托代理模块相结合的方式来实现系统的网络管理。监控中心除了监控设备硬件工作状态(如温度、端口等),也监控软件(如系统软件、应用软件及嵌入模块等)。如图1所示,该系统分四级结构,下面分别介绍各级结构中的模块功能。

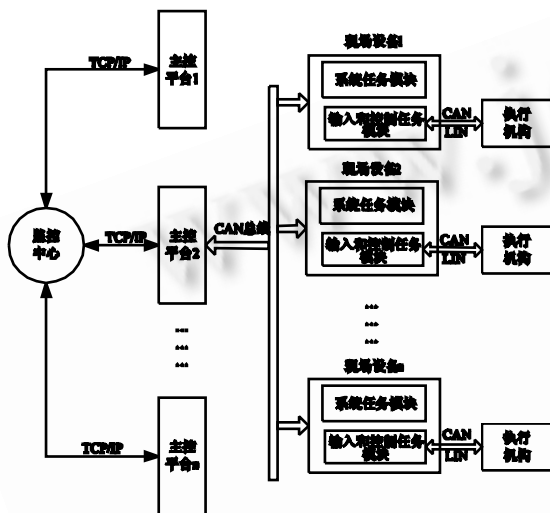


图1 系统总体设计原理框图

1.1 监控中心

监控中心负责对整个系统,包括主控平台以及现场设备进行管理,其直接管理对象是主控平台。主控平台和监控中心通过 TCP/IP 协议进行通讯,监控中心可以实时的得到现场设备采集的数据,并以图形化的方式进行显示,同时监控中心也可以远程操纵主控平台。每一个主控平台只能和一个监控中心进行通讯,每个监控中心则可以同时和多个主控平台进行通讯。

1.2 主控平台

主控平台负责管理主控平台自身以及现场设备。它对现场设备发出查询或者设置指令,获取返回的信息;实时显示所采集的现场数据并对数据进行处理;同时接受来自现场设备的报告信息,并将相应信息报告给监控中心。

主控平台和现场设备之间使用 CAN 总线连接。两

者之间依据 CAN 通讯协议进行数据和命令传输,所有控制命令和通道设置均由主控平台发起,采用停等协议加超时重发机制保证通讯的可靠性。

1.3 现场设备

现场设备中的系统任务模块,专门负责将来自主控平台的查询或者设置指令转换成特有指令,以完成主控平台对现场设备的指示,并返回给主控平台相应的监测信息;同时还具有将故障事件以报警形式主动通知给主控平台的功能。

现场设备中的输入和控制任务模块,一方面负责接收来自主控平台的查询或设置指令;另一方面,根据控制方式和控制参数,计算控制输出,将控制结果通过 CAN 总线或 LIN 总线送给执行机构(如一个电机、开关或者监控系统的一个采样点),并将状态返回给主控平台,从而实现主控平台对执行机构的间接管理。

1.4 执行机构

执行机构包括继电器和可控硅等,它收集控制任务模块通过 CAN 总线或 LIN 总线传送过来的指令,执行相应的控制任务,并将结果返回到控制模块中。

2 系统设计

2.1 硬件设计

主控平台使用现代公式生产的 HMS30C7202 处理器,平台上运行 Linux 操作系统,采用图形化人际交互界面,用户可以通过矩阵键盘或者是触摸屏进行交互式操作。此外,主控平台上还专门配备了以太网接口,能通过 Internet 与监控中心进行数据交互,操作人员可以对整个系统进行远程控制和数据传输。

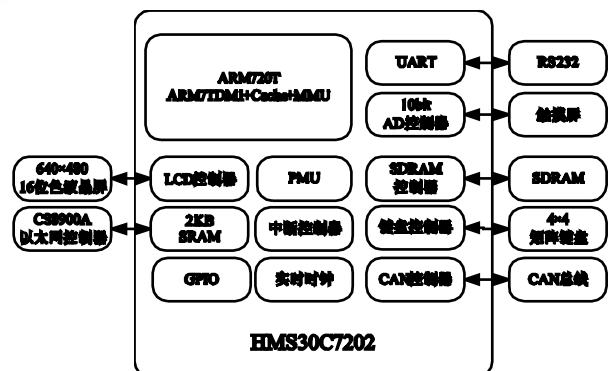


图2 主控平台硬件功能图

HMS30C7202 处理器主板上拥有 16MB Flash

Rom, 32M SDRAM, CS8900A 以太网控制芯片和相应的以太网口。主板上还有 1 个 UART 接口, 可用作 RS232 接口, 以便通过控制台监测和调试内核和相关程序; 1 个 CAN 总线接口用于连接总线^[3]。

现场设备使用摩托罗拉公司生产的 M68HC908 AZ60 单片机, 运行由本实验室自主研发的 FDCX08 实时多任务操作系统。M62HC908AZ60 微控制器, 如图 3 所示, 具有高性能的 MC68HC08 结构, 6 路 A/D 输入, 是通用模拟信号, 包括热电阻\热电偶、半导体结, 4-20mA 以及 0-5V 等模拟信号; 频率输入, 0-10kHz 的正弦波或者方波; 开关量输入输出光隔离信号; 继电器输出, 可控硅输出和 D/A 输出用于 PID 控制输出^[4]。

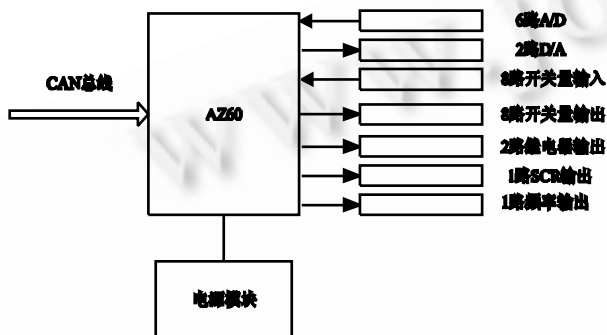


图 3 现场设备功能框图

2.2 操作系统与应用程序开发

主控平台运行 **Linux** 操作系统，在操作系统上运行可视化图形用户界面系统，以及一些相关的服务，如 **CAN** 总线服务，网络通讯服务，定时器服务等。运行于最上层的是主控平台应用程序。

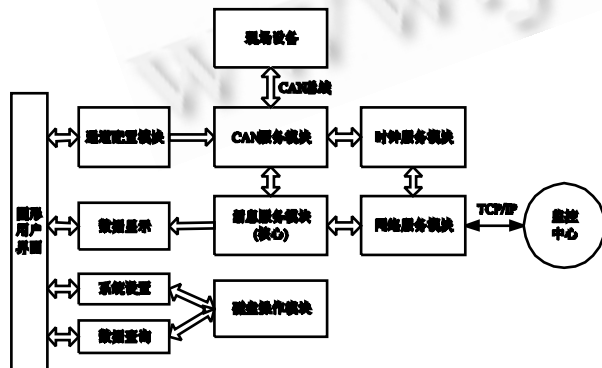


图 4 主控平台软件模块图

主控平台应用软件对现场设备发出查询或者设置

指令, 获取返回的信息; 实时显示所采集的现场数据并对数据进行处理; 同时接受来自现场设备的报告信息, 并将相应信息报告给监控中心。根据平台所需实现的功能, 将整个平台划分成若干相对独立的功能模块, 各自负责相应的控制或者数据处理任务, 不同进程之间通过事件机制由系统核心——消息服务进程响应、分发和处理, 并控制相应图形界面的绘制和实现。各模块功能相对独立, 又有统一接口, 模块之间的行为通过事件机制调度。其关系如图 4。

现场设备使用本实验室自主研发的 **FDCX08** 实时多任务操作系统。该系统支持多至 **8** 个任务同时运行, 采用优先级任务调度方法, 支持抢先调度。支持任务间通信, 具有邮局通信和信号量控制功能。支持 **CAN** 和 **LIN** 通讯, 每个任务既可与 **CAN** 总线上各节点的任何指定任务进行通讯, 也可和 **CAN** 节点上扩展的 **LIN** 节点的任何服务进行通讯。具有定时时钟功能, 可为各个任务提供定时和超时计数服务。支持 **M68HC08** 的各种中断, 为各个任务提供中断处理服务。用户接口简单, 通过系统调用为任务服务。该操作系统具有体积小(代码只有 **2k** 多), 功能全, 实时性强, 系统开销小, 用户接口简单, 通过系统调用为任务服务等特点。

2.3 系统流程

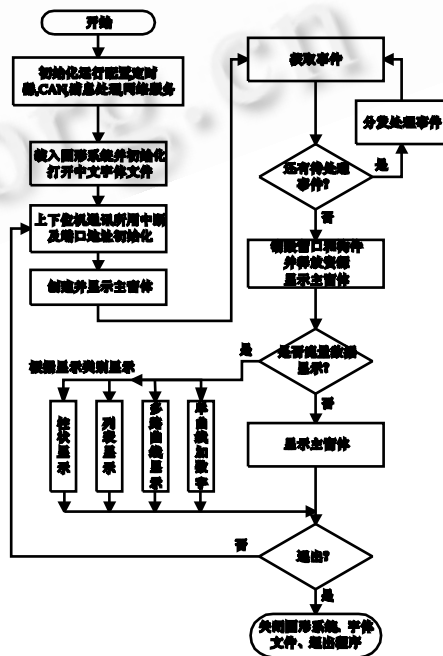


图 5 系统流程图

系统运行流程如图 5, 图形系统首先初始化, 初

始化参数保存在配置文件里。系统运行开始首先导入运行时配置,包括系统密码、记录时间间隔、磁盘状态、报警位、IP地址、工作流文件、CAN设备节点ID编号、通道数、显示类型以及输入输出重传和报警信道的配置项等,以确保系统运行在确定状态。紧接着是初始化和启动定时器服务、CAN服务和消息服务线程。接下来是初始化GUI,包括装载和初始化主窗口,这个主窗口便是接下来所有控件的父窗口,然后调用GrOpen0函数与Nano-X服务建立连接,此步骤必须成功才能进行后续操作。连接成功后GUI系统需装载中文字库等操作,这样GUI初始化完成。接下来系统将捕捉状态改变而产生的事件,返回改变已发生的事实和描述改变的数据,系统将对不同的事件进行相应的分发处理,将设定值传递给下位机。

现场设备系统启动以后,根据用户通过上位机的设定,系统定时进行A/D采样和读取开关量,然后将各个控制任务需要的输入值送给该任务,经过用户设定的控制算法得到输出值,按照用户设定的输出方式输出,并将各种数据以及结果送给上位机。如果出现异常情况,则报警。

2.4 通信环节

2.4.1 CAN总线通讯

主控平台与现场设备之间依据CAN总线通讯协议来进行数据和命令传输。CAN总线规范在数据链路层上保证了数据的正确性,由于CAN帧在传输时可能会发生丢帧现象,因此无论是上位机发起的控制命令和通道设置,还是下位机定时发送的采集到的数据信息或报警信息,都采用停等协议加超时重发机制,以保证通讯的可靠性。即发送方每发送一帧后就停下来,开始计时,等待接收方的确认返回。上位机发送命令帧头的帧类型为00的帧后,仅当接收到命令帧头的帧类型为01,其它位置和需要回应的命令帧相同的帧,表示正确接收,之后再继续发送下一帧。如果接到否定确认,或者计时器超时,则重新发送本数据帧。下位机的数据信息不要求上位机应答,由于数据信息是定时发送,即使出现丢包,一个采样周期后下位机将会将新的数据发送给上位机。

2.4.2 TCP/IP协议通讯

监控中心与主控平台通过TCP/IP协议进行通讯。通讯协议构建在UDP协议之上。主控平台开机时,将自身状态设为“无主”状态,并向外广播AUTHEN_QUERY包,要求进行注册。如果有监控中心同意注册,则发送AUTHEN_ACK包给主控平台,若此时平台处于“已注册”状态,将发送填有“拒绝请求”的

AUTHEN_REPLY包给监控中心,否则发送填有“同意请求”的AUTHEN_REPLY包给监控中心,完成注册。

当监控中心开始监控软件时,首先会广播MONITOR_OPEN包。无主平台收到这个包后,按照之前描述的注册流程进行操作。完成注册后,主控平台即和所注册的监控中心进行单播通讯。收到网络上其它监控中心发来的包则丢弃。

主控平台收到现场设备传来的数据包后,如果已经完成注册,则将数据包加上通道号和时间戳发给监控中心,否则只进行本地处理。主控平台发送的数据包不需确认,如果丢包,在一个采样周期后,监控中心会收到新的数据包。

3 总结

通过以上实验项目,可以看到,基于CPS的工业控制系统与其它控制系统相比较具有很大的优势,可以应用在多种工业控制领域。通过以太网通讯,再配以合适的编程思想,实现工业生产数据的采集,没有了以前通讯可靠性差和效率低的缺点,在实时性问题上也得到了有效的解决。这对于工业生产数据采集自动化和信息化来说,能起到重大推广作用,对于工业自动化程度还比较低的工业生产来说也具有深层意义。

当然,我们同时也会发现,将采集到的数据放在互联网上,势必会带来信息安全、企业机密等问题,这些将会在下一步的研究工作中得到改进和解决。

CPS一经提出,立即受到了各国政府、企业和学术界的重视,目前国际上对CPS的研究最典型的解决方案包括欧美的EPC(Electronic Product Code)系统和日本的UID(Ubiquitous ID)系统等^[5]。

参考文献

- 1 The CPS Steering Group. Cyber-Physical Systems Executive Summary. 2008. [2009-9-21] <http://varm-a.ece.cmu.edu/summit/>
- 2 Wang YB, Vuran MC, Goddard S. Cyber-physical Systems in Industrial Process Control. ACM SIGBED Review, 2008,5(1):1-2.
- 3 Hynix Semiconductor Inc. HMS30C7202 Datasheet. Version 1.2, Chungcheongbuk-do: Hynix Semiconductor Inc. 2003. 6-12.
- 4 Freescale Semiconductor, Inc. MC68HC908AZ60 Data Sheet. Revision 2.0, Denver: Motorola, Inc. 2000. 12-15.
- 5 宁焕生,张瑜,刘芳丽,刘文明,渠慎丰.中国物联网信息服务系统研究.电子学报,2006,34(12):2514-2517.