

基于 ARM 平台及嵌入式实时操作系统的通信管理机

路小俊, 吴在军, 郑建勇, 杜炎森

(东南大学 电气工程系, 江苏 南京 210096)

摘要:变电站内的通信网络和通信协议的多样性带来了如何实现互操作的现实问题,而基于 IEC 61850 标准的变电站自动化系统不可能短期内实现,一个可行的解决方案就是在变电站通信网络中采用通信管理机。通过通信管理机,可以实现低速的串行总线、现场总线网络和高速以太网之间的互联,构建出高速、可靠、开放的变电站通信网络。基于 ARM 平台采用嵌入式以太网技术和嵌入式实时操作系统,设计了一种具有多种通信接口,能实现异种网络互联的通信管理机,简述了通信管理机在变电站自动化系统应用优势,详细介绍了该系统软、硬件的设计实现。

关键词:变电站自动化系统;通信管理机;ARM 平台;嵌入式实时操作系统;嵌入式以太网

中图分类号: TM 734

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2005)05-0046-04

为了实现变电站自动化系统内部不同 IED 装置之间的互操作,IEC 制定和颁布了关于变电站自动化系统和通信网络的国际标准——IEC 61850^[1]。本文基于 ARM 平台采用嵌入式以太网技术设计了一种可供变电站自动化系统内部使用的通信管理机。使用通信管理机可以将不同厂商的 IED 装置进行互联,同时可以与变电站层的监控主站和远程主站利用以太网技术进行 Internet 互联^[2~5]。通过通信管理机构成的通信控制层使变电站自动化系统通信网络从低速、专用、集中的通信网络发展成真正高速、可靠、全开放、全分散的数据通信网络。通信管理机在变电站自动化系统向 IEC 61850 标准系统过渡中有着重要作用。

1 通信管理机在变电站自动化中应用优势

1.1 满足变电站自动化系统的互操作性要求

利用通信管理机可以将来自不同厂商的 IED 进行网络集成,实现互操作性。与此同时还可以对传统的变电站自动化系统进行改造,从而最大限度地保护用户原来的软、硬件投资。

1.2 提高变电站自动化系统的可扩展性

通信管理机在设计过程中,硬件系统采用模块化设计方法,按功能划分模块,每个模块完成独立的功能,方便未来的系统扩展;软件系统采用嵌入式实时操作系统(RTOS),利用 RTOS 提供的多任务机制进行任务调度,并使应用程序模块化。同时,通信接口标准化,系统具有开放性。

1.3 通信具有高效性

通信管理机能同时完成多种通信协议的转换,从而实现通信数据的实时传送,满足了变电站自动

化系统的实时性要求。

1.4 数据传输具有高可靠性

通信管理机采用了冗余网络结构,特别是作为系统数据通道的以太网网络通道进行冗余配置。在一个以太网网络通道不能正常工作情况下,冗余的以太网网络通道将自动进行热切换,以保证通信信道的畅通,不会发生数据丢失的情况,保证了数据传输的高可靠性。

2 通信管理机硬件平台的构造

通信管理机的硬件结构运用模块化的设计方法,主要分成基本微处理器系统、存储系统模块、CAN 总线模块、以太网通信控制模块、人机接口模块和电源模块等几个部分,如图 1 所示。

通信管理机的硬件结构中主微处理器采用的是 AT91RM 9200;串行通信控制芯片采用 MAX 公司的 MAX 3232 和 MAX 3485 控制芯片;以太网控制芯片选用 Cirrus Logic 公司为工业控制这类对可靠性要求极高的应用场合专门设计的以太网控制芯片 CS 8900;CAN 总线芯片用的是 MCP 2510;人机接口模块中采用 SED1335 液晶控制器和 DMF 50081(320 × 240)液晶屏。

2.1 CPU 核心控制模块

在众多的采用 RISC 结构的 ARM 处理器中,本装置的主 CPU 选用了 ATMEL 公司的高性能的 ARM 芯片 AT91RM9200,这是一款集成 ARM920T 核针对系统控制、通信领域的微控制器。AT91RM 9200 除具有体积小、功耗低、成本廉、性能高等优点外,应用于通信管理机还具有一些独特优势。

a. 强大的通信功能。AT91RM 9200 芯片集成了 USB 端口以及 10/100 M 以太网端口,还有最多 4 路

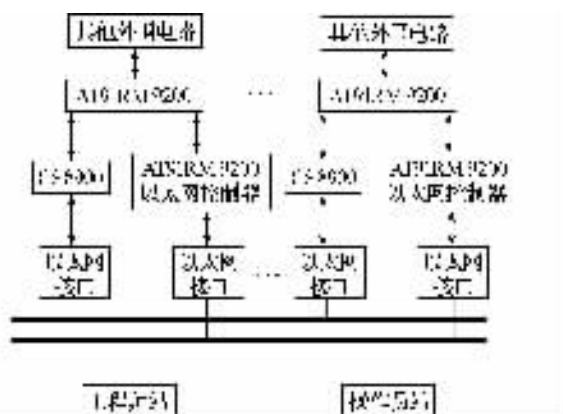


图 2 以太网冗余结构

Fig.2 The redundant Ethernet structure

器中的模块检测程序检测到 CS 8900 出现网络故障时,模块切换处理程序立即执行,把 TCP/IP 协议栈和先前的 CS 8900 解绑,同时,将协议栈重新绑定到正常工作的 AT91RM 9200 中的以太网控制器,从而保证通信信道的畅通。与此同时检测程序对产生故障的网络模块进行报警处理,并将该网络模块设置成故障状态,并关闭其输入/输出隔离错误的数据。双网冗余系统的网络切换所需的时间是衡量系统是否优越的一个关键因素,在这种双网冗余系统中网络的控制权可以在几十微秒就可以完成转换,所以本系统的双网冗余设计真正确保了变电站站内数据的实时可靠传输。

4 软件设计

4.1 软件平台的选择

从软件角度看,在传统的嵌入式系统应用中,设计人员通常采用前后台系统设计方法:后台系统是一个无限循环,循环中调用相应的函数完成相应的功能;前台系统也就是中断服务程序,用来处理异步事件。同时,由于使用的 CPU 资源较少,任务比较简单,往往采用汇编语言编写程序,这种应用程序的开发效率和可移植性都较差,编程方法也都是面向过程的。如今基于实时操作系统(RTOS)、采用面向对象的编程技术已成为主流开发方法,嵌入式实时操作系统为嵌入式系统的软件开发提供了一个非常高效和方便的平台。

考虑到开发成本,在时下流行的多种实时操作系统中,本通信管理机选择采用 $\mu C/OS-II$ 作为软件平台^[7]。嵌入式操作系统 $\mu C/OS-II$ 是一个开源代码的占先式多任务的微内核 RTOS,其性能和安全性可以与商业产品媲美。 $\mu C/OS-II$ 的主要特点如下:

- 公开源代码,结构清晰,注释详尽,可移植性好;
- $\mu C/OS-II$ 是占先式的实时内核,为嵌入式应用设计,可裁剪,可固化;
- $\mu C/OS-II$ 基于优先级对任务进行管理,可以管理 64 个任务,每一个任务必须具有不同的优先级;

d. $\mu C/OS-II$ 可进行多任务调度,任务之间切换速度快,实时性是可行的、有保证的。

$\mu C/OS-II$ 的以上特点可以极大地满足系统实时性要求。同时,实时内核的使用,将应用程序分解成若干个独立的任务,简化应用程序的设计过程,提高了系统扩展性,可以更方便地增加新的功能。 $\mu C/OS-II$ 是一个经实践证明性能优良且稳定可靠的内核,完全可以满足系统的需要。

4.2 通信管理机任务的划分

通信管理机的软件平台采用移植 $\mu C/OS-II$ 实时操作系统,根据 $\mu C/OS$ 的要求,应用软件由中断服务子程序和各个任务模块组成。任务模块完成系统的大部分功能。通信管理机软件设计过程中,任务的划分有多种不同的方案:一种是采用分层模块化设计^[8];另一种是对任务的划分以功能为依据,一般一个任务完成一个相对独立的功能。对通信管理机多任务系统任务模块的详细划分如下所述,其多任务实时操作系统的具体框图如图 3 所示。

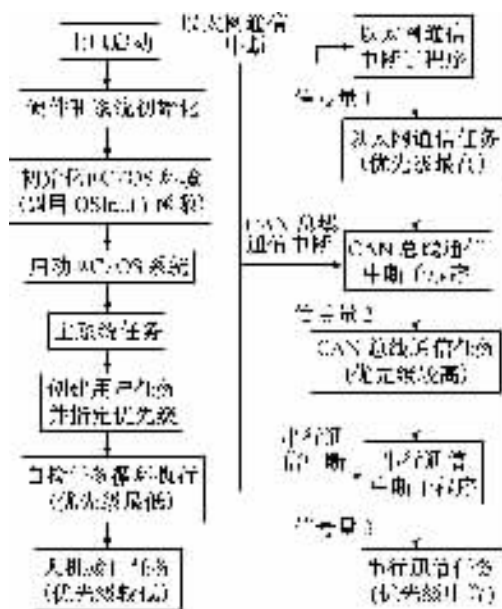


图 3 实时操作系统的任务模块

Fig.3 The task module of RTOS

a. 通信管理机的以太网通信任务具有最高的优先级,采用信号量触发机制。该任务平时处于挂起状态,由以太网通信中断服务程序发出的信号量 1 触发执行一次,然后继续挂起,等待下一个信号量。

b. 通信管理机的 CAN 总线通信任务具有较高的优先级,同样采用信号量触发机制。本任务平时处于挂起状态,由 CAN 总线通信中断服务程序发出的信号量 2 触发执行一次,然后继续挂起,等待下一个信号量。

c. 通信管理机的串口通信任务的优先级中等,也同样采用信号量触发机制。该任务由串行通信中断服务程序发出的信号量触发执行。由串行通信中断服务程序发出的信号量 3 触发执行一次,然后继

续挂起,等待下一个信号量。

d. 人机接口任务的优先级较低,该任务采取延时机制,即每隔一段固定时间执行一次。本任务利用系统的时钟节拍实现延时。

e. 系统自检任务的优先级最低,是系统的底层程序,可以作为CPU空闲循环执行的任务,随时可以被中断或者优先级更高的任务打断。

5 结语

在变电站自动化系统中采用通信管理机是完全实现IEC 61850标准的变电站自动化系统必不可少的过渡技术措施。针对变电站自动化系统内部通信要求及开放系统互操作性要求,对通信管理机软、硬件实现进行了研究,提出了基于ARM硬件平台,软件系统采用嵌入式实时操作系统($\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$)的解决方案,使通信管理机具有很好的实时性、可操作性、可扩展性及可推广性。根据此解决方案对原先设计的通信管理机进行软、硬件升级,大大提高原有装置的整体性能。

参考文献:

- [1] IEC 61850 Part 1 ~ 10, Communication networks and systems in substations[S].
- [2] 孙军平,盛万兴,王孙安. 新一代变电站自动化网络通信系统研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(3): 16-19. SUN Jun-ping, SHENG Wan-xing, WANG Sun-an. Study on the new substation automation network communication system [J]. *Proceedings of the CSEE*, 2003, 23(3): 16-19.
- [3] 邹建龙,刘 晔,王采堂,等. 电力系统适用光学电压互感器的研究新进展[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(9): 64-67. ZOU Jian-long, LIU Ye, WANG Cai-tang, et al. Development of study of optical voltage transducer used in power system [J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2001, 25(9): 64-67.
- [4] 郑建勇,吴在军,胡敏强,等. 一种能实现异种网络互联的

通信控制器[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(12): 55-58. ZHENG Jian-yong, WU Zai-jun, HU Min-qiang, et al. A communication controller for heterogeneous network interconnection[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2003, 27(12): 55-58.

- [5] 吴在军,胡敏强. 基于IEC 61850标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 61-65. WU Zai-jun, HU Min-qiang. Research on a substation automation system based on IEC 61850[J]. *Power System Technology*, 2003, 27(10): 61-65.
- [6] 杨士元. 数字系统的故障诊断与可靠性设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [7] JEAN J L. $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ ——源码公开的实时嵌入式操作系统[M]. 邵贝贝译. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [8] 高峰,崔 琪,杨常府. 分层模块化软件设计在变电站通信管理机中的应用[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(6): 95-97. GAO Feng, CUI Qi, YANG Chang-fu. Application of layered modularized software design in substation communication manager [J]. *Electric Power Automation Equipment*, 2004, 24(6): 95-97.
- [9] 张阳志,杨常府,张 涛,等. 网络结构的分布式综合控制主站系统[J]. 电力自动化设备, 2001, 21(6): 30-31. ZHANG Yang-zhi, YANG Chang-fu, ZHANG Tao, et al. A distributed master station system for comprehensive control based on network structure [J]. *Electric Power Automation Equipment*, 2001, 21(6): 30-31.

(责任编辑:戴绪云)

作者简介:

路小俊(1980-),男,江苏南通人,硕士研究生,从事变电站自动化系统的研究工作(E-mail: lxjfly0512@163.com);

吴在军(1975-),男,江苏南京人,讲师,博士,研究方向为变电站自动化系统(E-mail: wuzaijun@yahoo.com.cn);

郑建勇(1966-),男,江苏南京人,教授,主要从事电力电子新器件及新设备、电磁测量及智能仪器,DCS系统应用技术等方面的工作。

Communication management unit based on ARM platform and embedded RTOS

LU Xiao-jun, WU Zai-jun, ZHENG Jian-yong, DU Yan-sen

(Dept. of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: The diversity of communication networks and protocols in substation makes interoperation difficult, while the IEC 61850 based substation automation system can't be realized in a short term. The communication management unit for communication networks is a feasible solution, through which the interconnection between low speed serial bus or field-bus and high speed Ethernet is realized and a high-speed, reliable and open communication network can be thus constructed in substations. Applying embedded Ethernet technique and RTOS (Real-Time Operating System) on ARM platform, the communication management unit with multiple interfaces for heterogeneous networks interconnection is designed. Its superiorities in application are briefly introduced, and the design and implementation of both software and hardware are detailed.

Key words: substation automation system; communication management unit; ARM hardware platform; embedded RTOS; embedded Ethernet