

基于嵌入式Internet技术的通用RTU设计与实现

王小英¹, 陈英革¹, 尹震宇², 赵海²

(1. 常熟理工学院计算机系 江苏 常熟 215500; 2. 东北大学信息科学与工程学院 沈阳 110004)

【摘要】针对传统RTU通讯速率低、通讯规约不统一、系统不开放,分析了在IEC 60870-5-104通信规约的基础上,结合嵌入式Internet技术,设计了一套开放、灵活、可靠的Webit-GRTU体系结构。通过实例验证了设计目标,为传统RTU低成本更新换代开辟了一条途径。

关键词 嵌入式Internet; 远程终端设备; IEC 60870-5-104通信规约; TCP/IP; Webit-GRTU
中图分类号 TP393; TP273 文献标识码 A

Design and Implementation of General RTU Based on Embedded Internet

WANG Xiao-ying¹, CHEN Ying-ge¹, YIN Zhen-yu², ZHAO Hai²

(1. Department of Computer Science, Changshu Institute of Technology Changshu Jiangsu 215500;

2. School of Information Science & Engineering, Northeastern University Shenyang 110004)

Abstract Cooperation of different industry supervisor systems seamlessly and transparently through Internet is a main trend in industry control systems. Low communication speed, inconsistent protocol and closed system are the primary reasons hindering the development of traditional RTU. Analyzing embedded Internet technology and IEC 60870-5-104 protocol, we propose a general RTU design framework—Webit-GRTU. Application example validates that the design is an effective way for traditional RTU to upgrade.

Key words embedded internet; remote terminal unit; IEC 60870-5-104; TCP/IP; Webit-GRTU

远程终端设备(Remote Terminal Unit, RTU)是一种远程测控智能装置。它不仅采集、监测、计算和存贮现场的设备信号,而且能独立地完成预定的控制程序、执行上位机的指令,并将执行结果和现场数据回传上位机。RTU比PLC具有更优良的通讯和控制能力,适用于恶劣的工作环境及实现复杂的特殊算法。

然而,随着自动化、计算机、网络等技术的不断发展以及ERP战略的广泛实施,各种应用和服务对信息的实时性、可靠性、可扩展性等提出了越来越高的要求。目前传统RTU无论在结构上还是实现方法上都已经很难满足实际现场的要求。主要表现在:(1) 通信规约不统一。存在众多的通信规约,如DNP 3.0、Modbus、SCI、CDC、CDT等等,各大生产厂家都遵循着自己的一套通信规约,不同设备之间的互联及升级较困难;(2) 通讯速率较低。传统的RTU通信方式多为RS-232/422/485总线方式,最基本的“四遥”量只能以秒级传送,通信速率成为系统性能的瓶颈,已远远不能满足生产过程中的实时监控要求。

90年代后期,Internet/Intranet技术日趋成熟,设备网络化及普适计算模式的概念不断形成,新投入的自动化系统及管理网络开始广泛地采用TCP/IP网络技术,新的自动化控制与通讯国际标准也不断出台。这就要求新型的RTU能够充分利用现有通信资源,提高数据的吞吐量,保证系统的实时性,同时又具有更好的开放性、兼容性。为适应这一发展潮流,本文遵照国际电工委员会IEC 60870-5-104通信标准,设计了一套基于嵌入式Internet技术的通用型RTU-Webit-GRTU,可在任何Internet/Intranet的结点上对Webit-GRTU系统进行全面的远程访问,为传统RTU低成本更新换代开辟了一条途径。

1 嵌入式Internet技术与Webit

嵌入式Internet技术是一种设备接入技术或者说是一种异种网络互连技术^[1-3],它主要解决的问题是通过

收稿日期:2003-10-27

基金项目:国家高技术研究发展计划基金资助项目(2001AA415320)

作者简介:王小英(1975-),女,博士,主要从事计算机网络,嵌入式计算机系统等方面的研究。

Web和嵌入式技术实现从不同的子网、不同物理区域对接入到Internet的设备和异类子网进行监控、诊断、管理及维护等操作,使用户对接入到Internet上的各种设备或其他类型的子网具有远程监控、诊断和管理的能力。图1为采用了嵌入式Internet技术的Webit与电视机、摄像机、UPS、RTU等设备绑定后联入互联网的一个示意图。借助Internet,打破地理上的障碍,实现全球化的通信和控制。

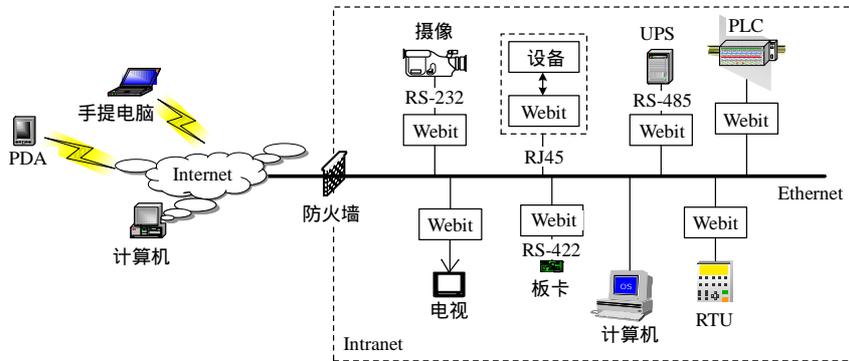


图1 嵌入Webit的设备互连网络

Internet通信协议对计算机系统的CPU速度、存储器容量等的要求较高,用于PC机系统不存在任何困难,但是用于自身资源受限的嵌入式系统就必须根据需要进行取舍,合理选择通信协议的实现和处理方案。Webit根据嵌入式系统的特点,在实时内核WebitX 2.0基础上对TCP/IP协议簇中的各层协议做了不同程度的裁减,结构小巧、成本低廉、性能可靠,同时拥有高速、开放、实时的强大网络通讯能力。

2 IEC 60870-5-104通信规约及TCP/IP协议栈

IEC 60870-5-104通信标准是“采用标准传输文件集的IEC 60870-5-101网络访问”的远动传输规约标准。它是根据IEC 60870-5的系列文件^[4-5],将IEC 60870-5-101的应用层与TCP/IP(Transmission Control Protocol/

用户过程	按IEC 60870-5-101来选择 IEC 60870-5-104的应用功能	
应用层	IEC 60870-5-101的应用服务数据单元(ASDU)	
	应用规约控制信息(APCI) 传输接口(用户与TCP接口)	
传输层	RFC 793 传输控制协议 Transmission Control Protocol	
网络层	RFC 791 互联网协议Internet Protocol	
链路层	RFC 894 IP报文在以太网上传输	RFC 2200 其他内容
物理层	IEEE 802.3 以太网	

图2 IEC 60870-5-104的标准结构

Internet Protocol)提供的传输功能相结合而形成的通信标准。通过这个标准,在TCP/IP的框架内,可以根据实际需要,运用到不同的网络类型,包括X.25、FR(Frame Relay)、ATM(Asynchronous Transfer Mode)和ISDN(Integrated Service Data Network)。图2为IEC 60870-5-104将IEC 60870-5-101与TCP/IP协议簇相结合而形成的标准结构示意图:由于IEC 60870-5-101中未采用应用规约控制信息(APCI),因此IEC 60870-5-104中的应用规约数据单元(APDU)相当于IEC 60870-5-101中的应用服务数据单元(ASDU),并且IEC 60870-5-104还对应用规约控制信息(APCI)作了定义,所以APDU是ASDU与APCI的结合。APCI的控制域定义了防止报文丢失和重复的控制信息,以及对报文的开始、停止和传输

连接的监控。

3 设计与实现

3.1 设计思想

RTU作为一种远程测控智能装置,与Webit绑定后应将RTU与Webit的功能充分发挥出来,实现现场设备和Internet的透明互联,将设备和网络真正融合在一起。智能、简便、可靠、通用、开放是这套RTU系统的基本设计思想:(1) Webit-GRTU在通讯实现上严格遵循IEC 60870-5-101/104通信规约,兼容所有标准的工业自动化工作站软件;提供API、ActiveX、OLE、DDE、OPC、COM、DCOM、ODBC等技术支持;能方便地与各种自动化控制系统互联,组成强大的SCADA系统。(2) 采用通讯和控制分开的体系结构。数据采集和控制采用内部扩展总线,根据系统的复杂程度不同,进行灵活的组合,独立地完成逻辑控制。RTU通讯

部分采用单独的微控制器, 并根据不同的通讯规约下载不同的软件, 便于软件升级及扩展。(3) 使用简便。通过嵌入式WEB服务器, 技术人员在提示帮助下, 通过IE或Netscape浏览器设置所有参数; 并可通过仿真软件, 模拟现场情况, 便于调试和培训。(4) 通用性强, 既可广泛用于控制相对简单的普通民用设施, 也可应用在恶劣环境下的复杂控制中。

3.2 Webit-GRTU体系结构

Webit-GRTU采用通讯和控制分开的体系结构。Webit-GRTU的数据采集与控制输出部分采用了INTEL MCS80C196芯片, 完成遥信、遥测、电能脉冲计数及遥控输出等功能, 采用16 bit数据总线。

Webit-GRTU通讯模块则是以Atmel公司的AT90S815微控制器为核心, 配以Realtek RTL8019AS 10M以太网接口芯片, 具有RJ-45接口、14位TTL电平双向I/O、UART口和ECP系统编程口, 如图3所示。图中软件结构主要包括: 实时内核WebitX 2.0、thin TCP/IP协议栈和RSC(Remote System Control)。其中RSC主要用于系统参数设置、电源监测, 系统的远程复位和启动; thin TCP/IP协议栈包括ARP、IP、ICMP、UDP、TCP、HTTP、TFTP、SNMP等协议。另外, 外部设置了EEPROM存储器, 用于存放用户数据, 如系统参数、HTML网页、GIF和JPEG图像等, 由WebitX 2.0的文件系统来管理。系统有RS-232、RS-485串行通讯接口, 数据传输率在300~57 600之间选择, 以IEC 60870-5-101通讯规约通讯; 以太网通讯速率为10 Mbps, 支持标准的TCP/IP协议, 以IEC 60870-5-104通讯规约通讯。

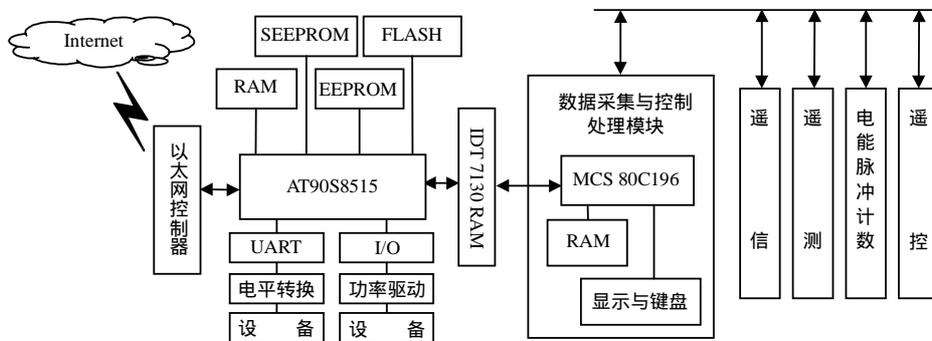


图3 Webit-GRTU硬件结构示意图

通讯模块和数据采集控制模块的数据交换通过IDT7130开辟公用内存区进行。这是一种高速双口静态RAM, 片内含总线仲裁电路, 有两套独立的控制和地址总线, 适用于CPU间大量数据快速双向传递。

公用内存区则主要用于存放RTU遥信、遥测等四遥信息。

4 典型应用

图4是某钢厂LF(Ladle Furnace)精炼炉控制系统的网络结构拓扑图, 它是Webit-GRTU的一个典型应用(由于该控制系统比较庞大与复杂, 本文主要针对Webit-GRTU的控制部分, 其他工艺与控制细节可参见文献[6])。

4.1 工艺

Webit-GRTU控制该系统的喂丝机部分, 它与LF炉本体控制PLC、上料控制PLC以及操作员站处于同一TCP/IP局域网络中。在钢水精炼过程中, LF炉要不断地通过喂丝机来添加金属复合材料。而金属添加量因钢水的品种和成份含量的不同而不同, 并要求随精炼时间的推移不断进行调整。其作业现场温度高、电弧干扰强、环境恶劣, 不适合手工现场操作。一方面, Webit-GRTU自身可以通过内置软件实现喂丝机的智能控制和人工控制, 调整喂丝机的喂丝速度和时间间隔, 另一方面, Webit-GRTU需要和LF炉本体控制系统保持通讯, 不断地接受钢水品种、成份、精炼时间及其他相关参数和指令, 优化喂丝机的控制过程。

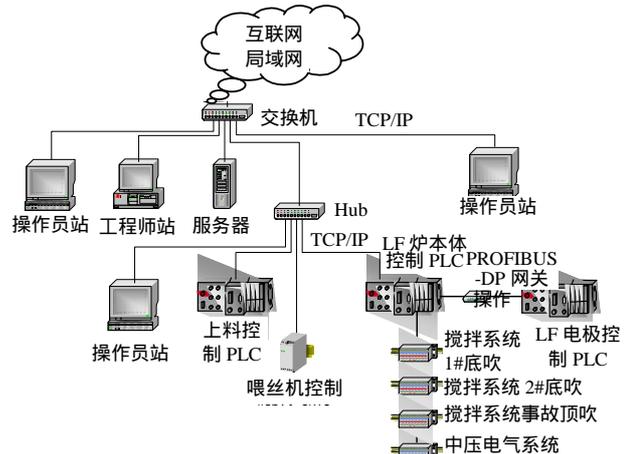


图4 LF精炼炉网络结构图

证明 根据一个群的有限子集对于该群的代数运算做成子群的充要条件, 只要证明 H_1 对于 A_5 的乘法封闭, 为此作如下的乘法, 见图2。由该乘法, 显然 H_1 对 A_5 的乘法封闭, 所以 $H_1 \leq A_5$, 证完。

A_5 的10阶子群的构造即为本文的主要结果。

3 结论

一般地, 对于一个代数结构来说, 研究它的方法之一是要弄清它的子结构的情况, 这包括对于存在性及其在同构意义下对于个数的确定, 而要解决一个代数结构的子结构的存在性及个数问题是比较困难的。本文的意义在于, 使用计算5-循环置换的方幂的办法, 找到了构造 A_5 的10阶子群的简单巧妙的办法; 并且猜测 A_5 只有这6个10阶子群。

参 考 文 献

- [1] Machi A, Siconofi A. A new characterization of A_5 [J]. Arch. Math., 1977, 29: 385-388.
- [2] Arad Z, Chillag D, Herjog M. Classification of finite groups by a maximal subgroup[J]. Journal of Algebra, 1981, 71: 235-244.
- [3] Shi Wu-jie, Yang Wen-ze. A new characterization of A_5 and the finite groups in which every element has prime order[J]. Journal of Southwest Teachers University, 1984, 3(1): 36-40.
- [4] Shi Wu-jie. Characterization property of A_5 [J]. Journal of Southwest Teachers University, 1986, 7(3): 11-14.
- [5] Huang Ben-wen. The characterization of A_5 [J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 1997, 2(4): 405-410.
- [6] Sun Zi-xing. Highly transitive representation of products of groups[J]. Journal of Nanjing University, 2005, 41(4): 343-349.
- [7] Sun Zi-xing. Some remarks on highly transitive representation for free groups[J]. Journal of University of Science Technology of China, 2005, 35(6): 783-788.
- [8] Huang Ben-wen. The subgroups of symmetric groups S_6 [J]. Applied Mathematics A Journal of Chinese Universities, 2001, 16 (1): 31-35.
- [9] Huang Ben-wen. The subgroups of symmetric group S_6 [J]. Journal of Wuhan Transportation University, 2000, 24(2): 129-134.

编 辑 熊思亮

(上接第377页)

4.2 性能分析

本系统中的主站通讯全部采用TCP/IP网络结构, 分布式I/O采用PROFIBUS现场总线结构。Webit-GRTU、Intouch监控系统、Siemens PLC S7-400等之间无需中间转换装置便能较好地协同工作、交互数据。其中Webit-GRTU发挥了独立智能控制及协调能力, 并经受住钢厂恶劣环境的考验。

比较原来使用Modbus通讯的RTU, 每个操作站和服务接收RTU数据都要配置专门的Modbus通讯模块和通讯软件, 而使用Webit-GRTU, 通过ActiveX、DDE、OPC很方便的将RTU控制和PLC控制系统融为一体, 无须额外的软硬件投资。Webit-GRTU采用了RTL8019AS 10M以太网卡, 经测试, 单字节传输速率一般在720 μ s左右, 与传统的RTU串行传输方式相比, 速度提高了30~100倍左右。实际应用中, 操作站画面的数据扫描周期由原来的5~10 s缩小到2 s以内, 完全符合工艺控制要求。同时Webit-GRTU突破了传输距离的限制, 通过网关和路由, 可以将信息传递到Internet网的任一角落。

5 结 论

Webit-GRTU不仅遵循IEC 60870-5-101/104通讯规约, 较好地解决了设备之间的互联及升级问题, 而且将RTU的通讯速率提高到了微秒级, 保证系统的实时性。实践证明, Webit-GRTU具有网络布线简捷, 可扩展性好, 抗干扰能力强。它为传统RTU低成本更新换代提供改造参考, 通过统一的Internet/Intranet网络覆盖全部智能设备, 为实现管控一体化的透明工厂思想开辟了一条有效途径。

参 考 文 献

- [1] Burton H L. Embedded internet system: poised for takeoff [J]. IEEE Internet Computing, 1998, (5): 24-29.
- [2] 赵 海, 陈飞鸣. Embedded Internet的体系结构及其ONDC模型的实现[J]. 东北大学学报, 1999, 20(3): 257-260.
- [3] 张德干, 郝先臣, 赵 海. 一种基于EI技术的EIDI模型的研究及实现[J]. 电子学报, 2002, 30(5): 749-752.
- [4] IEC TC57 WG03. IEC 60870-5-104 Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles [R]. Geneva: IEC, 1998.
- [5] IEC TC57 WG 10. IEC 61850-5 Communication network and systems in substations [R]. Geneva: IEC, 1999.
- [6] 王小英, 王 健, 李明河, 等. 唐钢炉外精炼控制系统设计[J]. 安徽工业大学学报, 2001, 18(4): 331-334.

编 辑 刘文珍