

变电站自动化设备中嵌入式以太网设计

杨扩武¹, 周宗锡²

(1. 西安铁路职业技术学院 电气工程系, 陕西 西安 710014;

2. 西北工业大学 电子信息学院, 陕西 西安 710072)

摘要:在研究嵌入式实时操作系统 Nucleus 的基础上, 构建了以 MC68332 为 CPU, CS8900 A 为以太网控制器的智能电气设备以太网接入模块, 分析了现有通信协议 IEC60870-5-103 的实现, 提出以此作为变电站间隔层通信接口的变电站自动化系统通信方案。该方案能够提高现有变电站自动化系统通信的速度和可靠性, 并能升级成符合 IEC61850 体系的变电站自动化通信系统, 为解决变电站内设备自我描述和通信接口无缝链接等问题提供了软硬平台。

关键词:Nucleus 操作系统; 以太网; IEC 61850; 变电站自动化

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)04-0199-03

Design of Ethernet in Substation Automation System

YANG Kuo-wu¹, ZHOU Zong-xi²

(1. Department of Electrical Engineering, Xi'an Railway Vocational Technical Institute, Xi'an 710014, China;

2. School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Nucleus is an embedded operating system developed for micro-controller. Its application in a high performance yet low cost Ethernet interface is designed, which is based on MC68332 CPU and CS8900A Ethernet controller. Then the Ethernet scheme of substation automation system is presented, using the Ethernet interface for bay level. The Ethernet scheme can improve the speed and reliability of communication. Software upgraded in the future, the Ethernet scheme can fulfill the requirement of IEC61850. The plat of hard and soft is designed for solving device description and the seamless communication.

Key words: Nucleus operating system; Ethernet; IEC61850; substation automation

0 引言

通信技术是变电站自动化的关键。目前我国变电站自动化采用的通信网络种类繁多, 应用的规约各异。通信网络和规约的不统一, 造成各厂商之间产品难以互联和互操作。现有的串行总线网技术和现场总线技术无法满足变电站自动化系统对通信网络速度和可靠性的更高要求。国际电工委员会(IEC)已经制定了变电站内通信网络和系统的标准体系 IEC61850^[1]。基于制造报文规范(MMS)、以太网和 TCP/IP 的通信网络将成为变电站自动化通信系统的主流^[2], 目前国外已经有不少变电站自动化系统完全采用以太网, 国内各大公司和高校也正在研究开发。现在已经出现了基于嵌入式实时操作系统 VxWorks 和嵌入式操作系统 μ Clinux 的以太网通信。这两种系统对系统资源要求

比较高, 而且 μ Clinux 不具备实时性, 嵌入式操作系统 Nucleus 以源代码交付、实时性强(包含完整的 TCP/IP 协议及高可靠性)而成为又一种选择。应用 Nucleus 设计了智能电气设备(IED)的以太网接入模块, 在此基础上提出了面向 IEC61850 的变电站自动化通信方案。

1 嵌入式实时操作系统

Nucleus PLUS 是为实时要求较高的嵌入式应用设计的实时、任务抢先式、多任务内核。大约 95% 的 Nucleus PLUS 代码用 ANSI C 编写。正因为如此, Nucleus PLUS 非常轻便并且可以很容易地应用到大多数的微处理器家族。Nucleus PLUS 通常作为一个 C 库文件实现。实时的 Nucleus PLUS 应用被链接到 Nucleus PLUS 库。

Nucleus Net 是实时内核 Nucleus PLUS 的网络功能扩展。支持如下三种网络访问方式: TCP、UDP、Raw IP。

收稿日期: 2008-07-08

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目(f0303)

作者简介: 杨扩武(1952-), 男, 陕西渭南人, 副教授, 研究方向为电力系统自动化。

2 以太网通信模块设计

2.1 硬件实现

按照模块化、插件式的设计思想,将以太网通信及数据分析功能设计在一块插件上,命名为以太网通信模块。该模块以 MC68332 为 CPU^[3], CS8900A 为以太网控制器,有 $512 \times 16\text{bit}$ SDRAM, $1\text{M} \times 16\text{bit}$ Flash,通过同步串行队列 QSPI 与显示模块交换数据。以太网通信接口电路如图 1 所示。

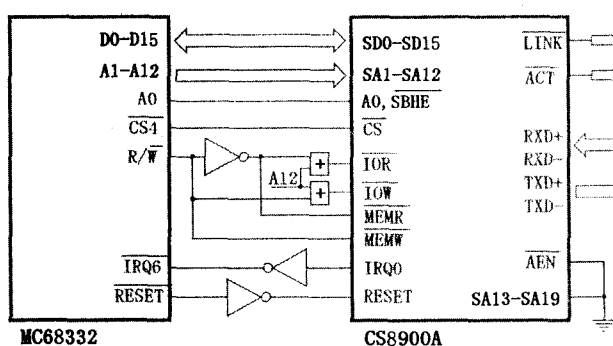


图 1 以太网通信接口电路

CS8900A 是 CIRRUS LOGIC 公司生产的用于嵌入式设备的低成本以太网控制器^[4]。它的高度集成设计不再需要其他以太网控制器所必需的昂贵的外部部件。CS8900A 包括片上 4kBRAM, 10Base-T 传输和接收滤波器,以及带 24mA 驱动的直接 ISA 总线接口。除了高度集成,CS8900A 还提供其他性能和配置选择。它独特的 PacketPage 结构可自动适应网络通信模式的改变和现有系统资源,从而增加系统效率。CS8900A 内嵌 IEEE802.3 以太网标准,自动生成报头,自动进行 CRC 校验,冲突后自动重发。CS8900A 支持的传输模式有 I/O 模式、Memory 模式和 DMA 模式,缺省的是 I/O 模式。

2.2 各层协议的选择

以太网是物理层和数据链路层符合 IEEE 802.3 标准的一种总线型网络(指的是逻辑拓扑结构),在以太网上可以实现多种高层协议,其中包括国际互联网的事实标准 TCP/IP 协议。TCP/IP 协议是一个四层协议系统,包含链路层、网络层、运输层、应用层。在 Nucleus 中封装了完整的 TCP/IP 协议,使用时只需要开发应用层^[5]。

调度中心和变电站之间传输协议的国际标准是 IEC60870-5-101(以下简称 101)协议,变电站内传输协议的国际标准是 IEC60870-5-103(以下简称 103)协议。为了满足 101 协议用于以太网,IEC 制定了 IEC60870-5-104(以下简称 104)协议,其网络层协议为 TCP/IP 协议,应用层协议采用 101 协议的应用服务数据单(ASDU)。104 协议是目前唯一可用的

以太网通信国际标准。而将 103 协议的 ASDU 同 TCP/IP 结合,是 IEC61850 正式颁布前的最好选择^[6],通信模块通信协议层次模型如图 2 所示。

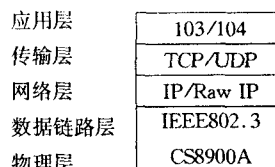


图 2 通信模块通信层次模型

2.3 软件实现

由于操作系统的引入,通信模块的功能有很大的扩展空间和伸缩性能。基于 Nucleus 的通信模块软件结构如图 3 所示。应用程序采用了模块化的设计方式,除了通信服务模块,还有数据分析模块,数据分析模块的优先级最高。

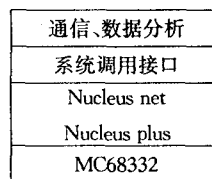


图 3 基于 Nucleus 的系统软件结构

IEC61850 将每个物理装置分为服务器和应用两部分,每个通信模块既可扮演服务器角色也可以扮演客户角色。采用串行总线通信时,只能由通信管理机召唤各个保护、测控单元上传信息,而采用以太网通信后,保护、测控单元可以主动上传信息,各单元之间也能进行信息交流^[7]。

Nucleus 为 TCP/IP 提供了应用编程接口 Socket,其中流式套接字使用 TCP 协议,数据报套接字使用 UDP 协议。TCP 协议是面向连接的,在不可靠的网络服务上提供端到端的可靠字节流。UDP 协议是用来提供不面向连接的,它只是简单地把数据报从一台主机发送到另一台主机,但并不保证该数据报能到达另一端,可靠性必须由应用层来提供。为了保证可靠的传输运动数据,104 规定传输层使用的是 TCP 协议。分接收中断服务进程和发送服务进程。接收中断通信服务进程平时处于监听状态,当收到客户端的连接请求后与客户端建立连接,接收命令、发送报文。当有 SOE(顺序事故记录)、遥信变位等事件产生时,发送服务进程请求与服务器建立连接,主动上传报文^[5]。

需要注意的是,接入到以太网的每个设备都需要一个唯一的 48bit 的物理地址(MAC),在嵌入式系统

构造的以太网接口必须自己设定。以太网和广域网互联时需要为其中每个设备分配 IP 地址,可设定为局域网段 IP。

3 通信模块在变电站自动化中的应用

3.1 变电站自动化系统结构

IEC 61850 按照变电站自动化系统所要完成的控制、监视和继电保护三大功能从逻辑上将系统分为三层,即变电站层、间隔层和过程层,并定义了三层间的九种逻辑接口^[5]。要实现这三层的信息的连接,需要两层通信网:变电站层通信网和过程层通信网。过程层通信网的出现是光电流、光电压互感器向间隔层直接传送数字信号的需要产生的,网络采用单点向多点的单向传输以太网。间隔层接收过程层信息的是采样计算功能模块,而不是以太网通信模块,在本方案中仍采用传统电流、电压互感器。

基于 Nucleus 的变电站自动化系统以太网通信方案如图 4 所示,以太网的组网方式为工业以太网交换机和五类双绞线组成的交换以太网,网络拓扑为星型。间隔层的保护、测控及其他智能电子设备(IED)通过基于 Nucleus 的通信模块接入工业以太网,变电站层的保护工程师站、监控主机及远动工作站采用 MS Windows 下的 Socket 编程。应用层协议变电站内采用 103/TCP,远动采用 104。

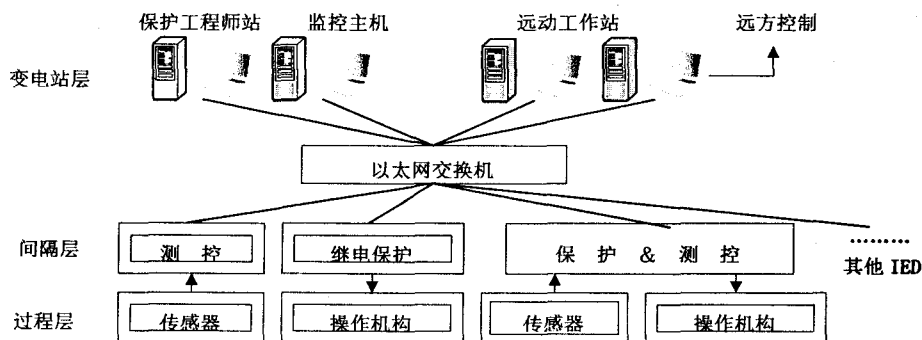


图 4 变电站自动化系统以太网通信方案

3.2 网络安全

由于间隔层通信模块采用了 TCP/IP 协议并与外部联网,任何连接到以太网端口上的用户都有可能对间隔层设备运行的安全构成威胁。运行于 MC68332 上的 Nucleus 被设置成单用户模式,禁止通过网络登陆。通过配置以太网交换机的访问控制列表,仅允许特定的源 IP 地址对间隔层的访问。在远动工作站上应用防火墙和 IP 包伪装技术,有效地保护间隔层设备不受外部的威胁。

网络安全将是构建开放的变电站自动化系统时的一个突出问题,需要深入研究。

3.3 变电站实现 IEC61850 的过渡性策略

目前来说在变电站内部完全实现 IEC61850 还是有一定的困难,主要表现在:

- 1) IEC61850 需要建模,而传统的系统是以信号点表的形式来描述;
- 2) IEC61850 需要专门的描述性语言;
- 3) IEC61850 的数据与服务分离;
- 4) IEC61850 使用了其他的应用层协议。

再加上各个厂家对 IEC61850 的理解与实现方式都有着差异,导致了目前变电站内存在一个实现 IEC61850 的过渡期。现有的过渡策略有两种:

- 1) 转换器策略:即设计一个协议转换器,以实现各种数据模型向自我描述型转换。
- 2) 公用数据库策略:在数据库中建立一个公用数据库,所有的各种规约的信息都映射到公用数据库来实现信息的交换。

4 结束语

目前变电站自动化通信系统主要在间隔层和变电站层之间、变电站层和远方控制中心之间,保护、测控等智能电气设备使用基于 Nucleus 的以太网接口后,取消了原来的通信管理机和各种接口转换模块,提高了通信的速度和可靠性。IEC61850 将使用制造报文规范(MMS)作为变电站层和间隔层之间实时通信的

应用层协议,只要相应修改变电站层和间隔层的通信服务程序就能满足要求。IEC61850 还将使用 XML(扩展标识语言)作为变电站配置描述语言(SCL)的基础,通过 Web 进行远程监控。可以预见,变电站以太网通信方案将在完全实现 IEC61850 协议的过程中有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 辛耀中,王永福,任雁铭. 中国 IEC 61850 研发及互操作试验情况综述[J]. 电力系统自动化,2007,31(12):1-6.
- [3] 张宁. MC68332 单片机结构与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1996.
- [4] Cirrus Logic. CS8900A product data sheet[R]. [s.l.]:Cirrus Logic, 2007.
- [5] 谭嘉虎. 实时监控双以太网系统的开发[J]. 电力自动



图3 基于边缘流的水平集技术分割结果

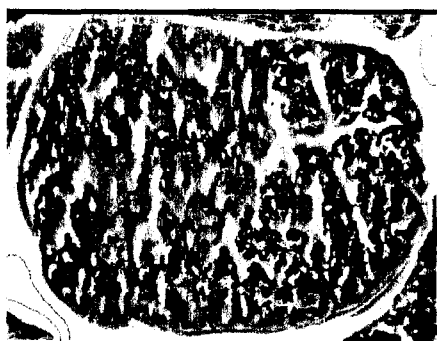


图4 水平集方法分割结果

通过实验及结果对比,不难发现采用基于边缘流的水平集方法进行牛肉图像分割结果相对于水平集算法的分割结果理想,运用基于边缘流的水平集算法进行牛胴体眼肌图像的分割,从牛胴体眼肌切面图中准确地提取了眼肌边缘,并分离出了眼肌内脂肪组织和肌肉组织,准确率较高。解决了水平集方法在眼肌内部分割结果存在一定数量小点,小区域分割效果不够理想的问题。为生物体弱对比图像的分割提供了一种新的研究方法。但基于边缘流的水平集方法还存在一定的不足和有待改进的地方。

基于边缘流水平集方法存在的有待改进地方:

(1)分割结果中还存在极少数同质区域分开的情况,分割的准确率还有待提高;

(2)算法计算的时间复杂度高,算法效率有待提高。

4 结束语

图像分割算法是针对一定的应用背景设计的,迄今为止并没有一种图像分割算法具有通用性,适合于所有图像的分割,不同的应用对象需要根据不同的应

用背景设计不同的图像分割算法,进行图像处理。文中采用了基于边缘流的水平集技术进行牛胴体眼肌图像分割,充分利用了边缘流技术融合图像色彩、纹理、相位信息来进行图像分割(基本对所有图像均适用的优势),与水平集技术结合,解决了边缘流技术分割结果边界不连续的问题,同时降低了水平集技术的迭代时间复杂度和初始轮廓获取依赖主观经验的弊端传统方法进行牛肉图像分割存在着一定的不足,尤其是对生物体弱对比图像,难以得到理想的分割结果,运用基于边缘流的水平集方法进行牛肉眼肌图像的分割是解决眼肌分割难题的一种新的手段。

参考文献:

- [1] 林德贵,何建农,郑玉燕.基于分水岭的提升小波图像去噪[J].计算机技术与发展,2008,18(8):29-31.
- [2] Ma Weiyang, Manjunath B S. EdgeFlow: a technique for boundary detection and image segmentation[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 9(8): 1375-1388.
- [3] Martin D, Fowlkes C, Malik J. Learning to detect natural image boundaries using local brightness, color, and texture cues[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 26(4): 530-549.
- [4] Osher S, Sethian J A. Fronts propagating with curvature dependent speed: Algorithms based on Hamilton-Jacobi formulation[J]. Journal of Computational Physics, 1988, 79(1): 12-49.
- [5] Caselles V, Kimel R, Sapiro G. Geodesic active contours[J]. International Journal of Computer Vision, 1997, 22(1): 61-79.
- [6] Xu C, Prince J. Snake, shapes, and gradient vector flow[J]. IEEE Trans Image Processing, 1998, 7(3): 359-369.
- [7] Chan T F, Vese L A. Active contours without edges[J]. IEEE Trans Image Processing, 2001, 10(2): 266-276.
- [8] 汪继文,林胜华,沈玉峰,等.一种基于各向异性扩散的图像处理[J].计算机技术与发展,2008,18(8):98-100.
- [9] 余健仪,郑胜林,潘保昌,等.基于改进的 snake 模型的嘴唇轮廓提取[J].计算机技术与发展,2008,18(8):95-97.
- [10] 吴晓红,罗代升,王正勇,等.基于边缘流的多尺度水平集砾岩图像分割[J].四川大学学报:工程科学版,2008, 40(1):133-137.
- [11] 金 联,张修如,胡树玮.基于遗传算法的水平集超声图像分割[J].计算技术与自动化,2007,26(1):126-128.

(上接第 201 页)

化设备,2004,24(8):9-13.

- [6] 徐立子.变电站自动化系统 IEC60870-5-103 和 IEC 60870-5-104 协议的分析和实施[J].电网技术,2002(4):36-37.

- [7] 任雁铭.基于嵌入式以太网的变电站自动化系统通信网络[J].电力系统自动化,2001,25(17):36-38.
- [8] IEC61850. Communication networks and systems in substations[S]. 1999.