

一种基于嵌入式 Linux 操作系统通信管理机的设计与实现

刘航, 刘全, 凌俊银

(华北电力大学北京四方立德保护控制设备有限公司, 北京 100085)

摘要: 通信管理机作为变电站自动化系统中的数据枢纽, 在整个变电站自动化系统中承担着重要角色, 首先分析了科技进步为通信管理机的更新改造带来了可能, 然后提出了基于嵌入式 Linux 操作系统的通信管理机的设计关键, 特别是在操作系统、硬件平台、系统应用软件等方面提出了具体的设计策略。按照文中设计关键开发的新一代通信管理机功能上具备实时、可靠、可扩展、丰富网络支持等属性, 现场运行稳定, 是通信管理机发展的新方向。

关键词: 变电站自动化; 嵌入式系统; 通信管理机

Design and implementation of one kind of communication management unit based on embedded linux operation system

LIU Hang, LIU Quan, LING Jun-yin

(North China Electric Power University Beijing Sifang-Leader Protection & Control Co.,Ltd, Beijing 100085, China)

Abstract: As the data hub of Substation Automation system, Communication Management Unit is playing an important role in it. This article first analyzes the possibility, brought by technology advancement, of updating Communication Management Unit. Then introduces the key of designing Communication Management Unit based on Embedded Linux operation system, especially proposing the concrete design strategy in operation system, hardware platform, system application software etc. Developed according to design discussed in this article, the Communication Management Unit has such functions as Real time, reliable, extendable and Network supporting characteristic. The steady operation on site brings a new direction of its development.

Key words: substation automation; embedded system; communication management unit

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)01-0076-03

0 引言

随着科技的不断进步, 变电站自动化技术在近年来得到了飞速发展, 在整个变电站自动化系统中扮演重要角色的通信管理机也随之几经变化。众所周知, 通信管理机在整个系统中承担着各个智能设备(IED)与上级监控中心之间承上启下的数据枢纽作用, 系统必须通过通信管理机来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, 正是基于它的特殊作用, 使得实时、可靠、可扩展、丰富网络支持、快速冗余等成为前置通信管理机必备的基本属性。本文重点介绍一种基于嵌入式 Linux 操作系统的通信管理机的设计与实现。

目前国内很多厂家运行于变电站内的通信管理机采用的是传统的 IPC 扩展方式硬件平台+Windows 操作系统, 从实际运行情况来看, 由于该方式的结构限制, 存在系统复杂度高、可靠性低、

成本高等缺陷, 同时 PC 机和大部分工控机的一些零部件如风扇、硬盘等的机械寿命很难满足电力现场长期连续运行的要求, 并且 Windows 操作系统充当工业操作平台也相当勉强。而嵌入式技术的产品无论是内部结构还是外部结构的设计相对于 IPC 来讲, 都进行了革命性的变革, 诸如: 固态电子盘(SSD 或 CF)取代了传统硬盘; 低功耗架构的 CPU 取代了风扇的设计; 直接将串口、网口、DI/DO 等集成于嵌入式计算机等等, 恰恰能够很好地克服上述缺点, 基于这个前提, 我们设计了一种具有无风扇架构、低功耗、宽温、电子硬盘、抗电磁干扰能力强的工业级嵌入式硬件平台, 同时搭载嵌入式 Linux 系统的新型通信管理机。

1 嵌入式通信管理机的设计关键

1.1 操作系统的选择

针对电力系统而言, 系统的实时性和可靠性是必须满足的关键, 当前在整个工业控制领域中应用

最广泛的嵌入式操作系统有 Linux、Window CE、VxWork 等,而 Linux 是个与生俱来的网络实时操作系统,其稳定性是其它嵌入式操作系统难以比拟的,其优异特性表现为:

开放性,核心源码开放,开发人员可根据需要剪裁核心,核心可剪裁到几百 K 大小;

多用户特性,系统的资源由不同的用户共享使用,多权限的设置,系统安全稳定;

多任务特性, Linux 是一个多进程、多线程的操作系统,具有一套安全策略来避免多进程、多线程的死锁,使系统运行稳定可靠;

设备独立性,将外围设备及磁盘上的文件统一为虚拟文件系统,对外围设备的操作有如对文件操作一样;

完善的内置网络是 Linux 的一大特点,其网络的功能和内核绑定在一起,通过客户端提供系统的远程维护;

可靠的系统安全性, Linux 采取了许多安全技术措施,包括对读、写进行权限控制、带保护的子系统、审计跟踪、核心授权等,这为网络多用户环境中的用户提供了必要的安全保障;

从大型机器到 PC 机到微型电子设备, Linux 系统根据不同的机器极容易定制,可移植性极高;恰好满足电力系统中控制平台多样性的要求。

同时 Linux 操作系统提供用户可控制的、优先级驱动的、急者优先抢占的调度方式。它的自身开销小、上下文切换快,在同样的硬件条件下给实时应用留下更大的余地,因而它在实时控制、通信、多媒体信息处理等对时间敏感的应用领域大有用武之地。正是基于 Linux 系统的上述特点,使其承担嵌入式通信管理机的操作系统成为最佳选择。

1.2 硬件平台的选择

纵观变电站自动化技术发展历程,通信管理机的硬件平台也几经变迁,从 8 位/16 位单片机系统到现在较多使用的工业 PC,从现场运行情况看,都存在很多缺陷,而电力工业控制领域,对系统稳定性的要求很高,但并不需要特别强大的 CPU 计算能力,而集成化设计的嵌入式计算机技术恰恰满足电力现场对通信管理机的需求,其所用无风扇架构的低功耗器件,可以减少故障发生的几率,大大提高系统的稳定性。对于处理器的选择,我们可以选择低功耗基于 IntelX86 架构的处理器,也可以选择基于 RISC 技术的嵌入式微处理器。为了更好地与操作系统的结合时又能满足外围设备如:1) 现场总线方式、2) 串行接口、3) 网络接口、4) I/O 控制接口等的需求,我们选择了低功耗、无风扇、基于 IntelX86 架构的 CPU,其与工业级嵌入式 PC/104

单板计算机、CF 卡存储介质等构成了基本的硬件平台。

1.3 系统应用软件包设计

在搭建系统应用软件时我们采用了软件组件管理技术,系统底层支架由组件构成,组件是系统的底层基本单元,同时系统定义灵活的扩展动态库接口,系统二次开发以动态库为单位,系统同时提供统一动态库管理层,通信规约管理层有两个部分,监控主程序和通信规约管理器。监控主程序主要管理高级应用部分,通信规约管理器负责通信规约接入部分。

系统核心软件按不同功能进行分层,划分为:数据存取层、通道管理层、网络共享层、二次开发层、业务逻辑层及宿主进程共六层结构,系统软件结构如图 1 所示。

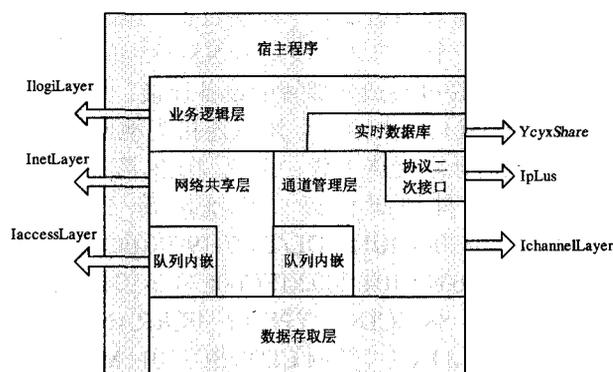


图 1 软件层结构

Fig.1 Structure of software tier

图中各个主要层提供出自己的接口(英文标识),各层通过接口交互,具体各软件层功能为:

数据存取层为系统从磁盘存取数据,系统启动时通过该层 IAccessLayer 接口实现数据的初始化;

网络共享层实现和后台数据的共享及内部网络的通讯,本层提供了六个实时网络服务,分别为实时数据服务、网络控制服务、双通讯机冗余控制、电子通道数据交换服务、数据转发处理、通讯监视及维护服务等;

通道管理层主要实现电子通道的管理,实现二次开发接口,通过二次协议接口调度外部的通讯规约;

实时数据库是实时采集的数据区,不同通道采集到的数据按一定的算法分配内存位置,转发通道通过开关量及模拟量查询接口获取数据,实现数据的转发服务;

业务逻辑层主要是实现数据的解释及数据的计算,包括逻辑公式的运算,实现各种数据及事件的

分发; 该层通过网络层向网络发送处理后的数据及事件;

宿主程序是系统的主程序, 是以下各层的容器, 实现各功能的初始化及消灭工作, 主程序处理软件关心的消息比如系统退出、网络中断处理等。

正是这样一种基于软件组件管理技术和分层管理的软件框架使得整个软件系统在可靠性和可移植性上有了充分的技术保证。

2 通信管理机的功能实现

按照上述设计原则, 北京四方立德保护控制设备有限公司推出了新一代基于嵌入式 Linux 操作系统的通信管理机 LDS-1310, 与传统 RTU 相比, 该装置具有如下功能特点:

接口丰富, 容易扩展。兼容 CAN 现场总线连接技术, 可管理多达 256 个智能设备 (IED); 同时具有最多 16 个串口 (可设定为 RS-485 或 RS-232 方式), 可与调度端或外部智能设备连接; 具有 2 个 (10M/100M) 以太网口, 用以连接当地监控和调度端, 同时兼顾网络下载、系统调试的需要。

支持多种通讯协议。范围涵盖 DL/T634-1997(IEC60870-5-101)、DL/T667-1999(IEC60870-5-103)、DL/T634.5104-2002(IEC60870-5-104)、DNP 3.0、N4F、8890CDC-TYPEII、FERRANTIVAN-COMM、POLLING、部颁 CDT、SC1801、MODBUS 等各种规约同调度系统相连, 多种通讯规约可同时运行。

软件模块化设计。规约组态灵活方便, 并可根

据用户的要求提供特性配置, 满足用户的需要。支持双机快速冗余, 安全可靠。采用双机冗余热备, 通过实时数据库实现各种信道及管理机的热备, 可靠性高。

实时性强、响应速度快。系统核心软件基于实时多任务系统开发, 进程切换速度可达微秒级; 系统全面兼容 CAN 现场总线可靠、高效等的特点, 总线速度可以设定为 20K~1M, 以太网的速度为 10M/100M, 可满足大容量信息传输的要求。

功能原理如图 2 所示。

其中, 基于嵌入式 Linux 操作系统设计的核心通讯软件可以提供对除 RS-232/485、TCP/UDP、LonWorks/CAN_bus 以外的 GPRS、GSM 及 OPC 客户端等诸多通讯方式的支持, 同时还可以做到通讯协议独立编制, 不必修改通讯组件核心程序; 而且可在线完成相关通讯组件的修改、编制等工作。为用户提供的简单易用的 API 接口程序大大提高了系统的开放性。

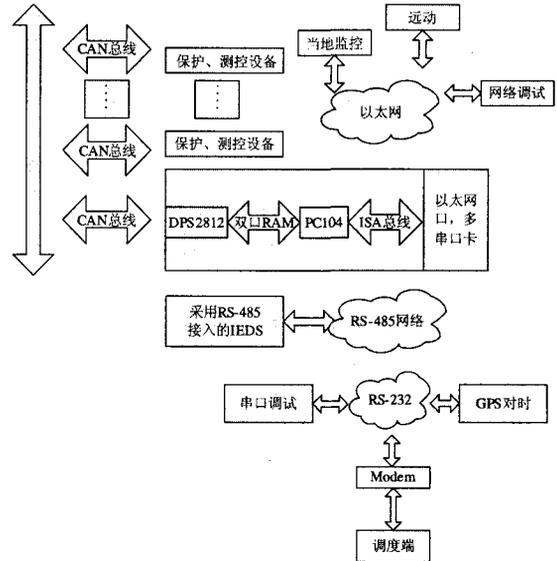


图 2 通信管理机 LDS-1310 功能原理图
Fig.2 Function of LDS-1310 communication manager

LDS-1310 通信管理机在系统应用中可以根据其承担的角色定义为通讯主、各服务器、数据主、各服务器、Web 服务器、工程师站、报表服务器、打印服务器及一般工作站等不同功能; 同时装置还支持双网段的冗余, 另外, 根据工程的实际要求装置可以搭建单机系统、单机双通道冗余系统、双机双通道冗余系统等等。如图 3, 由 LDS-1310 通信管理机担纲的 LDS-2003 变电站自动化系统典型配置:

LDS-2003变电站自动化系统配置图

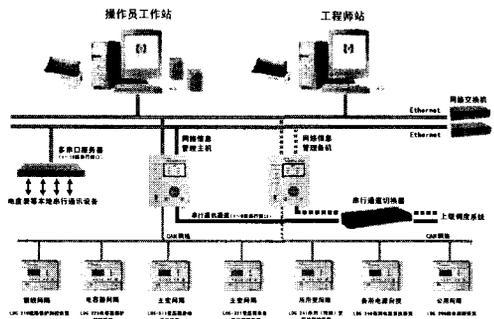


图 3 LDS-2003 变电站自动化系统
Fig.3 LDS-2003 Substation automation system

3 结语

基于嵌入式 Linux 操作系统的通信管理机 LDS-1310 投入运行以来, 表现出了其特有的优势, 整体运行稳定可靠, 达到了预期的设计目标, 能够很好地满足电力系统现场的运行要求, 为整个变电站自动化系统安全稳定运行提供了技术保证。

(下转第 90 页 continued on page 90)

为实现上述目的, 应建立一种将非 IEC61850 装置的信息和服务转换成逻辑节点模型的信息和服务的机制。为此, 将引入 XML 标准格式配置文件, 对非 IEC 61850 装置进行信息建模, 即生成该装置的 ICD 文件, 向外体现此 IED 的符合 IEC 61850 标准的数据和通讯能力。

4 结束语

IEC 61850 通讯标准具有很多优点, 且终将取代变电站内传统通讯协议。但是在相当长一段时间会出现有很多采用 IEC 60870-5 和其他协议的 IED 与采用 IEC 61850 的 IED 在一个变电站自动化系统内共存的情况, 探讨技术上实现的策略是一个非常现实问题。本文提出了一种解决方案, 供读者参考。由于不同标准之间差异巨大, 也由于其它种种原因, 不同厂家对该协议的实现千差万别, 无法保证一致性。即使全部采用 IEC 60870-5 标准, 不同厂家的 (甚至同一厂家的不同种类的) IED 之间互操作也非常麻烦。即使将来完全过渡到 IEC 61850, 由于保护原理的发展和实现技术的进步, 未来是否会出现今天 IEC 60870-5 应用的情况也未可知。这有待于标准的持续修订, 对可扩充部分加以详细限制, 以及技术人员的不懈努力。

参考文献

[1] 高翔, 张沛超. 数字化变电站的主要特征和关键技术[J]. 电网技术, 2006, 30(23): 67-71, 87.
GAO Xiang, ZHANG Pei-chao. Main Feature and Key

Technologies of Digital Substation[J]. Power System Technology, 2006, 30(23): 67-71, 87.

[2] 任雁铭, 秦立军, 杨奇逊. IEC 61850 通信协议体系介绍和分析[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(8): 62-64.
REN Yan-ming, QIN Li-jun, YANG Qi-xun. Study on IEC 61850 Communication Protocol Architecture[J]. Automation of Electric Power Systems. 2000, 24(8): 62-64.
[3] 朱炳铨, 任雁铭, 姜健宁, 等. 变电站自动化系统实现 IEC61850 的过渡期策略[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(23): 54-57.
ZHU Bing-quan, REN Yan-ming, JIANG Jian-ning, et al. Strategy for Implementation of IEC 61850 in Substation Automation System During Transitional[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23): 54-57.
[4] 孙一民, 李延新, 黎强. 分阶段实现数字化变电站系统的工程方案[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(5): 90-93.
SUN Yi-min, LI Yan-xin, LI Qiang. A Grading Solution for Building Digital Station[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(5): 90-93.

收稿日期: 2008-11-02; 修回日期: 2008-11-22

作者简介:

施鲁宁 (1965-), 男, 本科, 工程师, 从事电力系统继电保护和自动化工作; E-mail: ydh2713@163.com

王步华 (1963-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事电力系统自动化研究和管理工作;

刘艳华 (1964-), 男, 本科, 高级工程师, 从事电力系统自动化技术和管理工作的。

(上接第 78 页 continued from page 78)

参考文献

[1] 杨奇逊. 变电站综合自动化发展趋势[J]. 中国电机工程学报, 1996.
YANG Qi-xun. Development Trend of Integrated Protection and Control in Power Substation[J]. Proceedings of the CSEE, 1996.
[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] 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.
[4] 路小俊, 吴在军, 郑建勇, 等. 基于 ARM 平台及嵌入式

实时操作系统的通信管理机[J]. 电力自动化设备, 2005, 05.

LU Xiao-jun, WU Zai-jun, ZHENG Jian-yong, et al. Communication Management Unit Based on ARM Platform and Embedded RTOS[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005.
[5] 戴晓静. 嵌入式计算机在变电站综合自动化中的应用[J]. 赛尔电力自动化, 2006, 09.
DAI Xiao-jing. Applications of Embedded Computer in Substation Automation System[J]. Saier Electric Power Automation, 2006, 09.

收稿日期: 2008-03-17; 修回日期: 2008-04-28

作者简介:

刘航 (1971-), 男, 学士, 工程师, 从事计算机测控、变电站自动化技术等领域的科研工作; E-mail: hang_liu@163.com

刘全 (1970-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事微机继电保护、变电站自动化技术等领域的科研工作;

凌俊银 (1967-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事计算机测控、变电站、水电站自动化技术等领域的科研工作。