

# μCLinux 在实时监控系统中的应用研究

刘金祥<sup>1</sup>, 王京仁<sup>2</sup>

(1. 邵阳学院, 湖南 邵阳 422000;

2. 湖南文理学院, 湖南 常德 415000)

**摘要:**某校园实验教学建筑物多,分布广,仪器设备盗窃事件时有发生。因警力不足,开发布防实时监控系统成为改进的主要举措。分析基于当今数字校园网络平台开发实时移动式监控系统的主要问题,展开系统分析设计,将 μCLinux 核和 RTAI 核有机整合,解决了通用计算系统资源管理和监控系统的严实时性需求问题,引入 Embedded Web 技术和 RS-485 总线技术,将嵌入式现场设备和校园网络有机整合。评测证明:系统在实用性、实时性、互联性、可扩展性都取得较高分,升级方便,推广前景广阔。

**关键词:**监控系统;嵌入式系统;μCLinux;RTAI; Embedded Web

中图分类号:TP309

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)03-0220-03

## Research on μCLinux Applied in Real Time Monitoring System

LIU Jin-xiang<sup>1</sup>, WANG Jing-ren<sup>2</sup>

(1. Hunan Shaoyang University, Shaoyang 422000, China;

2. Hunan University of Arts and Science, Changde 415000, China)

**Abstract:** In the digital campus with a lot of experimental teaching buildings, which widely distributed; equipment theft incidents have often occurred, so development and deployment of real-time monitoring system is a major initiative to reverse the situation. Covered the analysis of major issues of developing of real-time mobile monitoring system based on ready-made campus network platform, and systems analysis and design, while μCLinux kernel and RTAI kernel are organically integrated in order to perform a common resource management of general computing systems and to satisfy requirement of strict real-time in demand, with the introduction of embedded Web technology and RS485 bus technology, and equipments in the field are with an organic integration of existing networks. Evaluation has proven: system achieved higher scores in the practicality, real-time, networking, scalability, with a convenient promotion and a broad prospect for applications and industrialization.

**Key words:** monitoring system; embedded system; uCLinux; RTAI; embedded Web

### 0 前言

某大学新建校园占地近 100 亩,拥有 5 万多平方米包括图书馆办公楼、电教中心、综合教学楼、网络中心等主要建筑物的建筑群,分布于各个系和二级学院,多媒体教室电脑配件及实验室设备被盗事件时有发生,警力彰显不足,为提高管理效率,决定布防架设监控系统,实现对各实验楼道、关键出入口的基于嵌入式 Internet 和分布式上位机的 24 小时实时监控,来提高

安全防范能力。

μCLinux 代码开放、功能强大又易于移植,在工业领域得到广泛应用。在现场控制领域,常用做操作系统管理软件资源,实现上位机的数据接口,协助完成设备的监测、诊断和控制,已成为当前嵌入式领域的主流 OS<sup>[1]</sup>。

论文围绕将嵌入式微控制 Linux 引入监控系统,在体积约束、严实时性需求下,如何定制构造操作系统和采用嵌入式 Internet 技术实现现场设备的实时监控等一系列问题展开了研究。

### 1 项目开发拟解决的主要问题

实验室监控系统是嵌入式系统的典型应用,在功能及实现上都有很严格的限制。监控必须保证对外界

收稿日期:2008-07-16

基金项目:湖南省自然科学基金资助项目(08JJ6141)

作者简介:刘金祥(1965-),男,湖南邵阳人,高级讲师,研究方向为嵌入式系统和信息安全技术;王京仁,教授,研究方向为生物信息技术与数字农业。

事件的实时响应,并接受体积与重量、耗能等约束,同时满足安全性及可靠性需求<sup>[2]</sup>。因此,系统硬件和软件都必须量体裁衣,尽可能除去“冗余”部件。微控制领域 Linux 得到了普遍应用,常用的有  $\mu$ CLinux 与 emDebian, emDebian 目前不支持那些具备 MMU 单元的 CPU,  $\mu$ CLinux 不受此限,支持更多的 CPU,因此,选用它作为完成通用功能的 OS 内核。

## 2 监控系统分析与设计

### 2.1 操作系统裁剪的需求分析

嵌入式操作系统是嵌入式系统成功的关键。它除了具备一般操作系统最基本的功能,如任务调度、同步机制、中断处理、文件功能等,还需要尽量满足以下需求:

- (1)更好的硬件适应性,或者说良好的移植性;
- (2)占有更少的硬件资源;
- (3)高可靠性;
- (4)提供强大的网络功能,支持 TCP/IP 协议及其他协议;
- (5)实时性。

从分析看出,现成的单一操作系统都不能满足系统等对诸如严实时性等需求,项目组提出了一个基于  $\mu$ CLinux 基础核和 RTAI(Real Time Application Interface)实时功能核相结合的方案,既满足了基本设备管理功能需求,同时又保证了系统硬实时性,  $\mu$ CLinux 经过小型化改造,可形成一个性能优化、代码紧凑的 OS,并保留了 Linux 的大多数优点,如提供了完整的 TCP/IP 协议栈,支持大量其他网络协议,为监控系统提供了强大的网络支持<sup>[3]</sup>。

### 2.2 实时内核 RTAI

RTAI 是 Real Time Application Interface 的缩写,它原是基于 Linux 开发的实时可加载式内核模块,它不直接使用 Linux 的任何功能,而是把要求高时间精度作业写成驱动程序的形式,然后直接用 PC 时序芯片所产生的中断调用这个驱动程序。采用  $\mu$ CLinux 为基本内核替代 Linux 担当 RTAI 的母体,这样构建的复合 OS 既满足了嵌入式系统作为计算机系统的通用需求,又保证了硬实时特性。这种复合式 OS 包含了基本内核、实时内核、中断逻辑部分。其体系结构与相互之间的通信模型如图 1 所示。

## 3 嵌入互联网模块的设计与实现

### 3.1 嵌入式终端互联技术

在监控系统中,嵌入式系统作为下位机进行数据采集和控制,PC 机作为上位机完成各种管理功能。由

于单独的嵌入式系统功能有限,而且对终端的控制现场往往远离数据处理现场,所以人们开始利用各种局部总线技术如 CAN、RS-485 等将多个嵌入式系统组成局域网,实现其远程访问与控制。为了延长通信距离,一种方法是采用电流环技术或者中继技术,提高串行数据信号强度,缺点是布线困难;另一种方法是使嵌入式系统和 PC 机均通过现成的通信平台如 MODEM 接入网络、DDN、PSTN 进行信息传输。但是抗干扰能力差、传输速率不高。现在,嵌入式系统的远程访问和控制逐渐渗透到各个领域,如遥控家电、远程实验等,并且要求具有更高的可靠性、安全性以及更长的通信距离和更大的控制范围,以上两种方法不能满足这些要求。人们将目光投向了因特网,因特网规模巨大,使世界各地的人们方便地进行通信,如果能使嵌入式系统融入因特网,那么人们将会更加方便地对嵌入式系统进行远程访问与控制。因此,用 Internet 技术互联嵌入式系统成为嵌入系统的主流技术<sup>[4]</sup>。

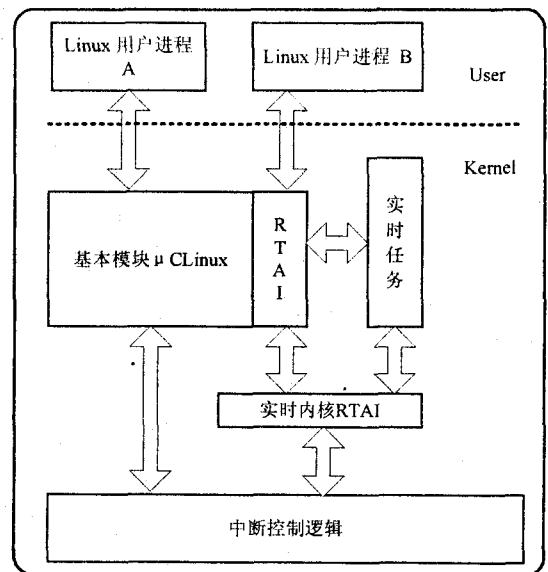


图 1 RTAI 和  $\mu$ CLinux 双核结合的系统结构

校园网已经成各大学最普遍而主要的基础设施,它为上位机互联提供非常便利的网络平台,Embedded Web 是监控系统的核心,担负着实时、历史数据管理、报警条件检测等功能,在项目中监控终端采用串行 RS-485 总线。由于集成了嵌入式 Web 功能,客户可以通过 Internet 或 Intranet 访问这些数据。

### 3.2 Embedded Web 模块设计

Embedded Web 从功能上划分为三层:设备隔离层、设备处理层、应用层,其功能模型如图 2 所示。

(1)设备隔离层:采用 RS-485 模块,它是整个装置的通信驱动模块,承担数据通信、数据采集、控制指令传送、组态信息管理等功能。

(2)设备处理层:由处理核心模块、历史实时数据

库、设备组态模块组成,在整个装置中处于核心地位,承担着实时、历史数据管理、报警条件检测、存贮用户组态信息等功能,还维护着现场设备的实时数据、历史数据、报警实时数据、报警历史数据、终端设备的组态信息库等重要的数据信息。

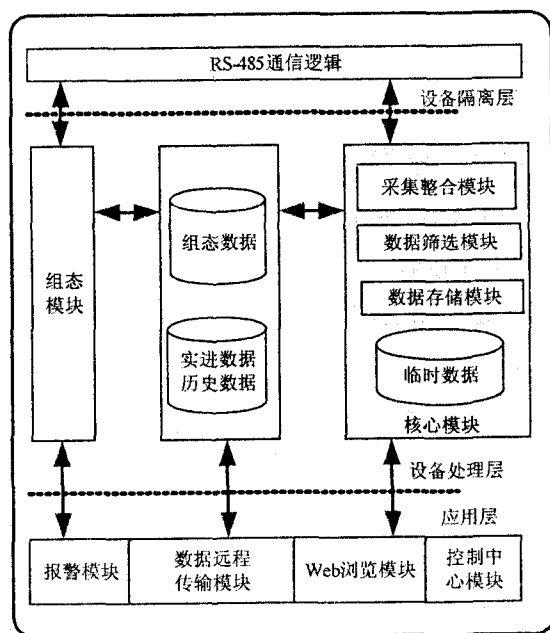


图 2 Embedded Web 的功能模块

(3)应用层:由处理控制中心模块中的部分子模块:Web 浏览、数据远程传输、报警模块等组成,它提供 Web 访问功能,是管理配置系统的基本途径。

### 3.3 设计实现

Embedded Web 的实现是基于嵌入式实时 Linux 的 OS 平台。操作系统的内核体系结构决定了应用开发的特殊性,系统实现过程中,将任务划分为非实时性任务和实时性任务两大类,它们分别运行在基本内核  $\mu\text{CLinux}$  和实时内核 RTAI 之上。操作系统将实时任务与非实时任务分开管理,实施不同的调度策略和任务间通信方式以确保不同的任务在可接受时延内得到响应。实时性任务包括实时数据采集、过滤处理等,这部分功能在实时内核 RTAI 之上实现;非实时性任务主要包括数据存储、远程通讯、报警处理等,这部分功能在基本内核  $\mu\text{CLinux}$  之上实现。RTAI 和  $\mu\text{CLinux}$  的调度是相互分开的,这样设计可以灵活设置不同的调度策略<sup>[5]</sup>。

编程实现方面,RTAI 在 Linux 上定义了一组实时硬件抽象层接口 RTHAL (Real Time Hardware Abstraction Layer),RTHAL 将 RTAI 和 Linux 的耦合部分定义成一组接口,两者通过这组界面完成互通。开发人员只要直接修改 Linux 核心程序代码并做少量的移植工作即可将 RTAI 和  $\mu\text{CLinux}$  整合,限于篇幅,这

里未给出修改代码和脚本示例。

## 4 设计原型的分析与测评

针对监控系统的分析设计原型,开发组邀请有关专家成立了评审小组,专家组对系统的软硬件设计从实时性、网络功能、可靠性等方面进行了评审测评。

### 4.1 实时性

整合了 RTAI 核的 Linux 是硬实时的嵌入式操作系统。当中断到来时,若是基本内核中断,如果有实时任务正在运行,则设置中断标志位,挂起此中断;若是实时中断,就直接调用相对应的实时中断处理程序。这种调度机制既保证远程监控系统中实时任务在确定的时延内完成,又为系统故障的实时预报、诊断、控制提供了强有力支持。

### 4.2 网络功能

$\mu\text{CLinux}$  实现了嵌入式 Internet 技术,将 Web 服务器引入到现场控制和设备监控,在相应的硬件平台和软件系统的支持下,使传统的测试和控制转变为以 TCP/IP 为底层通信协议、Web 访问技术为核心的基于 Internet 网络的测试控制。用户在任何 Internet 接入点都可应用 IE 对现场进行实时监控。

### 4.3 可靠性

远程监控系统是在自定义研发的 OS 核之上实现的,可以最大限度地定制所需功能,基于开源,相比之下,系统可靠性也是值得信赖的,其他应用也可高效率地设计,量体裁衣、削减冗余。

### 4.4 可扩展性

系统将来功能的增减相当方便,既可以对系统本身作任何改进,也可以增改 Linux 的功能实现对新技术的支持,在这一点上,Linux 比起其他操作系统有更大的优势。

## 5 结束语

实时监控系统的开发是一个典型的嵌入系统开发过程,为了满足应用环境需求,软硬件设计方案在权衡实时性、体积功耗、安全性之外,还要在系统灵活性、速度、成本、可用工具之间做出抉择,这是与通用计算机系统开发完全不同的。校园环境的监控系统对于教学设备管理与安防有着重要意义,有着广泛的市场前景。关键是开发出真正逼近用户实时性、可扩展性、灵活性、Internet 网络互联性及应用层需求的实用监控系统。项目围绕这个论题,创造性地采用双核结构,将  $\mu\text{CLinux}$  内核和 RTAI 内核有机融合,实现了 OS 对计算机系统硬件资源的通用管理、日常数据传输及永久化

(下转第 226 页)

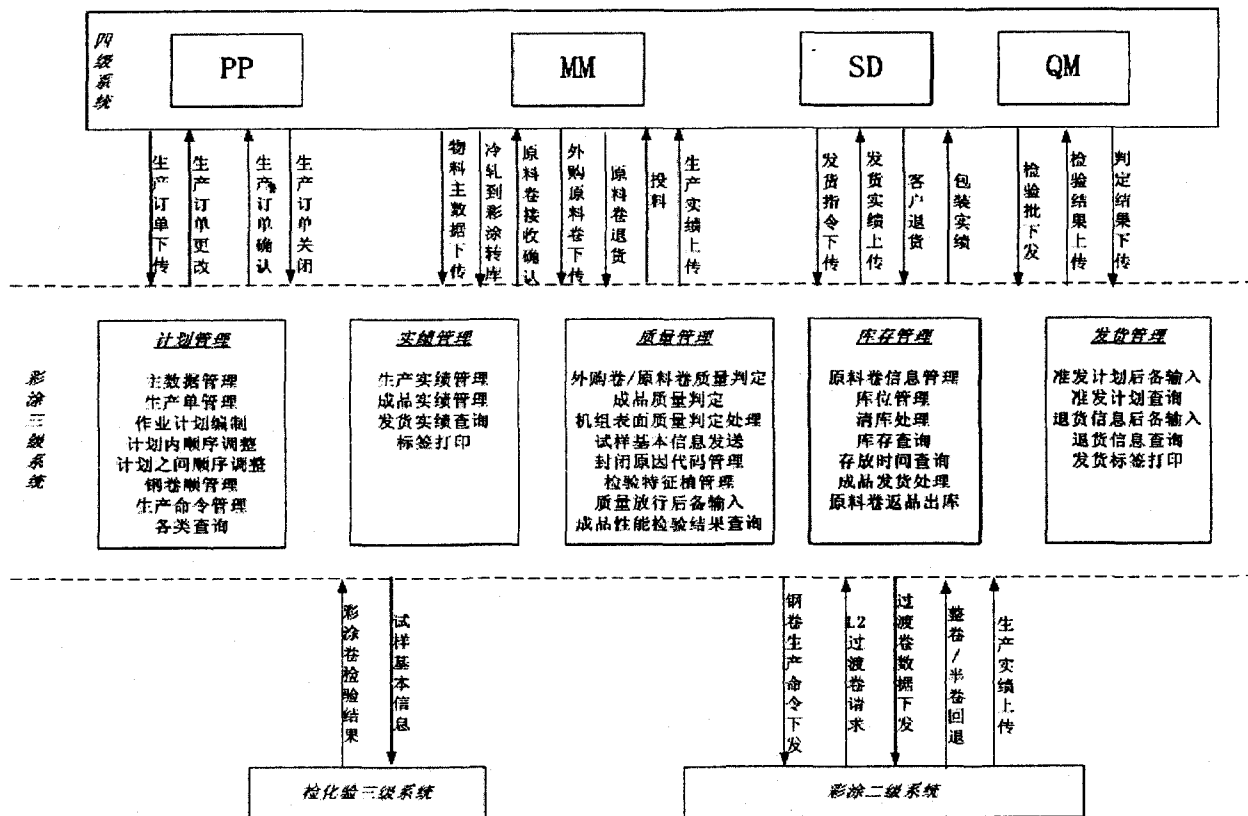


图 4 三级与四级功能模型图

[4] 马万太,楼佩煌.基于 XML/OPC 的 ERP/MES/底层控制集成系统研究[J].机械科学与技术,2005,24(3):346-349.

[5] 马万太,谭惠民,黎志刚,等.ERP 闭环实现关键——ERP/MES/底层控制集成系统研究[J].中国机械工程,2003,14(16):138-139.

[6] 柴天佑,郑秉霖,胡毅,等.制造执行系统的研究现状和发展趋势[J].控制工程,2005,12(6):505-510.

[7] 季卫卫,张美凤,张之磊.XML 技术在 ERP 中的应用[J].微型电脑应用,2003,19(5):52-55.

[8] 王成桥,乔非.ERP 与 MES 集成模式方法研究[J].工业工程,2006(2):77-81.

[9] 刘建刚,韩向东.ERP 与 PDM 的差异及集成模式研究[J].机械设计与制造工程,2002,31(5):65-67.

[10] 冯少荣.基于 XML 的 Web 数据集成技术的研究[J].计算机应用与软件,2005,22(7):39-41.

[11] 邢英杰,杨华.基于 WEB 的 ERP/MES 系统在辽宁特钢集团的应用[J].计算机集成制造系统,2004,10(5):532-536.

[12] 徐然.面向 ERP/MES 的钢铁行业集成化生产管理系统的研究和应用[D].大连:大连理工大学机械工程学院,2003:48-50.

(上接第 222 页)

作业,又解决监控系统的实时性需求问题;同时,将嵌入式互联网功能模块引入系统,终端互联,上位机数据传输接口设计更加简单化、人性化,为移动监视、分布式监视提供了一个便利的支撑平台。同时,由于采用了基于源码开放的自主定制开发的操作系统,实时性、网络性、安全性是其他系统难以比拟的<sup>[6]</sup>,适用性维护、系统升级都相当方便,有很好的应用推广前景和参考价值。

参考文献:

[1] 许海燕,付炎.嵌入式系统技术与应用[M].北京:机械

工业出版社,2002:63-65.

[2] 谭文学,郭国强,颜君彪,等.RSA 密钥强度量化与筛选模型的分析与研究[J].计算机工程与设计,2007,28:5371-5375.

[3] 姜山.Windows CE 的实时性分析[J].测控技术,2000,19(1):62-64.

[4] 谭文学,张健钦,王细萍,等.密码中间件 CAPICOM 的应用研究[J].微计算机信息,2006,22:112-117.

[5] 詹建,周庆国.嵌入式穆斯堡尔谱数据采集系统[J].兰州大学学报,2003,3(4):24-26.

[6] 鲁艳,马旭东,问治国,等.基于 Linux-MinixGUI 的嵌入式系统监控管理软件开发[J].计算机技术与发展,2008,18(6):179-181.