

# 基于嵌入式 Web 技术的监控系统设计与实现

房 芳, 马旭东

(东南大学自动化学院复杂工程系统测量与控制教育部重点实验室, 南京 210096)

**摘 要:** 提出一种基于嵌入式和 Web 技术的室内设备监控系统方案, 使管理者可以不受时空的限制, 通过 Internet 利用 Web 浏览器完成对远程设备的访问、监控和维护等操作, 无需安装特定软件, 具有跨平台性, 有效解决利用有限资源实现设备的网络接入问题。实际运行效果表明该系统具有良好的稳定性与实时性, 具有实际应用和推广价值。

**关键词:** 嵌入式设备; Web 技术; 监控系统; 视频服务器

## Design and Implementation of Monitoring System Based on Embedded Web Technology

FANG Fang, MA Xu-dong

(Key Laboratory of Measurement and Control of Complex Systems of Engineering, Ministry of Education,  
School of Automation, Southeast University, Nanjing 210096)

**【Abstract】** A monitoring control system based on embedded Web technology for indoor devices is presented to realize the online remote supervision, management and maintenance, using a standard Web browser over Internet without time-space constraints and some special software. The system has cross-platform compatibility which resolves network access problem effectively making use of finite resource. Practical results demonstrate the favorable stability and real time characteristic of the system which can meet the most of network application demands and is worth popularizing.

**【Key words】** embedded device; Web technology; monitoring system; video server

### 1 概述

随着 Internet 的日益普及以及嵌入式技术的不断发展, Web 技术已被推广到嵌入式系统的开发与应用中, 结束了以 PC 设备为基本网络节点的网络时代, 网络节点除了 PC 设备外, 还有各种类型的嵌入式设备。如何利用 Web 和嵌入式技术实现家用室内设备的统一监控与管理, 如何通过 Internet 来实现对设备行为的访问与交互是目前研究的热点。国内研究普遍把家庭网关当成家庭网络的中心控制平台。家庭网关通过传输介质(如电力线、双绞线、蓝牙、无线电、红外线等)将各种智能应用终端及其子系统连接起来, 对内监控家庭网络, 对外部网进行信息交换。

本文结合 Web 和嵌入式技术, 提出一种基于嵌入式 Web 技术<sup>[1-2]</sup>的室内设备监控系统设计方案, 使管理者可以不受时空限制, 通过 Internet 利用 Web 浏览器完成对设备的远程访问、监控和维护等操作, 实现了异构设备之间的跨平台互访。

### 2 监控系统总体设计

#### 2.1 系统结构设计

室内设备监控系统可以看成是一个信息处理系统, 组成系统的各单元就是连接在网络各节点的设备, 系统一方面辅助不具备信息化条件的设备实现信息化, 即提供信息处理能力; 另一方面又提供统一的信息交换接口及控制规则, 实现从内部家庭网络到 Internet 信息的互通<sup>[3-4]</sup>。作为家庭室内网络的控制核心, 系统需要满足以下设计要求:

(1) 具有多种设备连网接口, 使不同通信协议的设备均可接入家庭网络, 并提供统一的设备管理功能;

(2) 提供多种通信协议的自动转换, 如 TCP/IP 协议与设备控制协议之间的转换以及数据转发功能;

(3) 具有 Internet 接入功能, 为网络用户提供 Web 服务。

通过以上分析, 整个系统设计结构如图 1 所示, 由室内设备网络、嵌入式控制服务系统和网络用户 3 个部分组成。

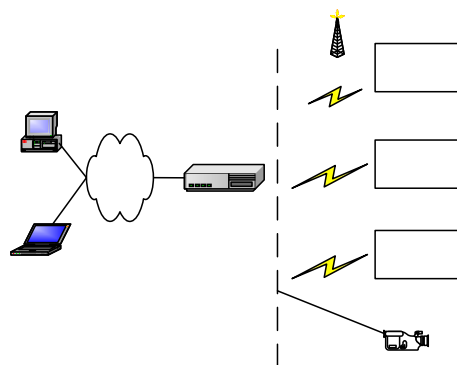


图 1 设备监控系统结构

嵌入式控制服务系统通过无线局域网连接具有以太网功能的设备, 借助无线射频收发模块连接室内家电, 另外采用

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60805032); 国家“863”计划基金资助项目(2007AA041703, 2006AA040202)

**作者简介:** 房 芳(1980—), 女, 讲师、博士, 主研方向: 嵌入式控制器, DSP 系统应用, 机器人智能控制; 马旭东, 教授

**收稿日期:** 2009-07-07 **E-mail:** ffang@seu.edu.cn

便利的电力线通信技术实现对室内设备的接入控制,可方便完成家庭网络的构建。嵌入式控制服务系统通过增加网络摄像头功能,可实现对室内环境的监控。内置有嵌入式 WebServer 的控制服务系统为远程操作用户提供了便利的访问接口,通过浏览器操作即可监测远程设备的使用状况以及室内环境信息。

### 2.2 系统硬件设计

为满足系统功能要求,本文采用如图 2 所示的硬件系统结构。

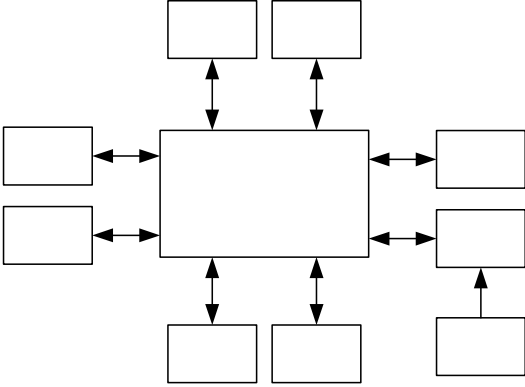


图 2 设备监控系统硬件结构

为保证家庭网关的实用性和可扩展性,系统设计中采用 Samsung 公司的 ARM9 处理器 S3C2410 作为整个系统的核心。S3C2410 带有丰富的外围接口,是一款高性价比的 ARM 核 SoC 芯片,工作频率最高可达 203 MHz,它集成了 USB Host、SDRAM 控制器、LCD 和触摸屏控制器、UART(3 个)、RTC、SPI、IIC、ADC 等资源。

系统配置有 16 MB 的 FLASH ROM 和 64 MB 的 SDRAM,外接 320×240 的 LCD 触摸屏,实现本地用户人机接口,进行设备管理,通过 USB 接口连接摄像头,完成室内环境的图像采集;通过 DM9000 外扩以太网接口实现与 Internet 的连接和无线局域网设备的连接。

为了构建家庭网络,系统中采用无线收发模块 RF401。RF401 工作在 433 MHz 频段,采用 SPI 接口,工作频率稳定可靠,外围元件少,便于设计生产,功耗极低,适合于便携式及手持产品的设计,由于采用了低发射功率和高接收灵敏度的设计,通信速率可达到 20 Kbps,连网半径不小于 15 m,是目前低功率无线通信的理想选择。

采用 PL2101B 作为电力线载波通信芯片,它所需的外围器件少、与处理器接口简单,可以方便地与具有电力线通信的设备交互。电力线载波通信为半双工方式,采用直序扩频通信技术以提高抗干扰能力。

另外,系统还扩展有 RS485 接口,可用于系统的扩展,通过布线连接相应的设备。

## 3 监控系统嵌入式软件实现

### 3.1 总体思路

用于嵌入式系统中的操作系统很多,诸如 Linux、Vxworks、Windows CE 等。相对于这些操作系统,Linux 系统具有源码公开、完全免费、广泛的移植性、强大而稳定的网络功能和完善的开发工具等特点,由于本系统没有实时性能要求,更多的是要提供网络服务,因此采用嵌入式 Linux 操作系统。

整个系统的软件结构如图 3 所示。

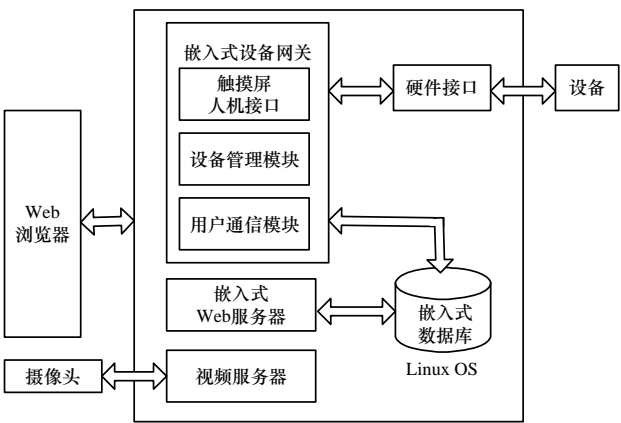


图 3 系统软件结构

在 Linux 操作系统基础上,本文的系统软件主要实现以下功能模块:

- (1)嵌入式 Web 服务器,为远程用户提供访问接口;
- (2)嵌入式设备网关设计,包括用户通信模块、设备管理模块和触摸屏人机接口,并实现与设备交互的接口,最终完成设备控制;
- (3)视频服务器,用于对室内环境进行监测,为用户提供更多的环境信息;
- (4)嵌入式数据库,用于管理设备信息、用户信息等,系统中采用广泛使用的 sqlite 数据库。

### 3.2 嵌入式 Web 服务器与用户接口设计

由于嵌入式环境下内存少,可用资源比较缺乏,通用的 Web 服务器,如 Apache,不能直接用于嵌入式系统中,必须经过裁剪、改造。目前广泛使用于嵌入式环境的 Web 服务器有 BOA、AppWeb 以及 GoAhead 等。本系统中采用 GoAhead WebServer,它是基于先进的模块式架构设计,支持多种主机平台、多种处理器,最小仅要求 60 KB 的内存,支持 asp、cgi、jsp 等众多主流的图形化显示界面,使用户能够以简单的方式轻松实现复杂功能的嵌入式 WebServer 服务。GoAhead WebServer 在 ARMlinux 平台下的移植非常简单,仅需要对环境进行简单配置,其他几乎无需改动。

嵌入式 Web 服务器提供网页服务,还需要与用户之间进行动态数据交互,这些数据的交互都是在网页中进行的,也就是说网页是动态的。动态网页的实现可以采用 CGI(公共网关接口)、ASP、PHP 等,但是这些开发工具的最主要缺点在于其都运行在服务器端,对服务器端的要求非常高,增加了服务器的负担。对于内存和存储空间都非常有限的嵌入式环境,实现起来比较困难,必然增加系统负担。而 Java 程序具有平台无关性,电力线通信技术可以提供灵活方便的人机交互,由 Web 服务器端提供,由客户端浏览器装载,运行在客户端,并且客户端浏览器只需要支持 Java VM 即可运行程序。系统采用 Java Applet 小程序为用户提供访问接口,可以方便快捷地进行客户程序的开发,同时也减轻了 Web 服务器的负担。

### 3.3 嵌入式设备网关设计

嵌入式设备网关主要实现不同类型网络之间透明的双向通信。在实现嵌入式设备与 Internet 的互联中,Internet 采用开放的 TCP/IP 协议,而嵌入式设备往往采用专用设备监控协议。由于协议的差异性,因此需要在 TCP/IP 协议与设备监控协议之间建立网关服务,提供协议的转换,这样设备信息才

能对远程用户透明。如图 3 所示,本系统中设备网关软件主要由 3 个部分组成:通信模块,设备管理模块和人机接口模块。

(1)通信模块一方面实现与用户的连接,负责命令和数据的接收,另一方面完成用户协议向设备控制协议的转换,实现设备的真正控制。

(2)设备管理模块主要负责设备的统一管理,包括设备的添加、删除,设备操作日志的处理,设备的用户操作权限设置等。

(3)人机接口模块用于本地管理员直接对设备进行操作和系统信息提示。在嵌入式 Linux 上面已经存在多种图形用户界面,如 microwindows, Qt/Embedded 以及 miniGUI。其中,miniGUI 是国内生产的比较优秀的图形用户界面软件,它提供了完备的多窗口机制,实现了类 Win32 的消息传递机制,能够支持多字符集和多字体,以及全拼、五笔等汉字输入法,可以支持常见的图像文件,如 BMP, GIF, JPEG, PNG 等,还支持 Windows 的资源文件如位图、图标、光标等;此外,miniGUI 还具有小巧、可配置、移植性好等优点,而且是免费的。系统采用 miniGUI,为开发该人机接口图形用户界面提供了良好的支持,并且具有占用资源小、响应速度快、界面简洁的优点。

### 3.4 嵌入式视频Server设计

为了实现对室内设备的全面监控,需要获取室内环境信息。系统通过外接 USB 摄像头进行图像采集,以实现视频服务器的功能,完成对环境的监测。本文采用中星微的 USB 摄像头,由于 Linux 内核本身并不提供针对这种摄像头的驱动程序,系统实现中借用文献[5]中的针对嵌入式平台的 USB 摄像头驱动程序,并针对使用的内核版本进行相应修改成功移植到系统中。

视频图像采集在 Linux 下有统一的接口。Video4Linux (V4L)是 Linux 中关于视频设备的内核驱动,它为针对视频设备的应用程序编程提供一系列接口函数,这些视频设备包括现今市场上流行的 TV 卡、视频捕捉卡和 USB 摄像头等。基于 V4L 图像采集,需要完成以下步骤<sup>[6]</sup>:

- (1)打开视频设备,如/dev/video0;
- (2)读取设备信息和图像信息;
- (3)设置设备当前参数;
- (4)进行视频采集,有 2 种方法:内存映射和直接从设备读取;
- (5)对采集的视频图像数据进行处理;
- (6)关闭视频设备。

系统以视频服务器的方式为用户提供室内图像信息,为了保证图像数据网络传输的实时性,采用 UDP 协议进行通信。UDP 传输避免了 TCP 连接建立和终止的额外开销,只需要 2 个分组就能交换 1 个请求和 1 个应答,传输速度快,但它不提供数据传输的保障机制,也不能保证数据的发送和接收顺序。考虑到上述问题,系统实现中将图像数据划分成适当的分组,并在每个组头部标上序号进行顺序传输,在用户端根据分组序号进行数据的重装,从而防止基于 UDP 传输的乱序问题。

## 4 应用实例分析

本系统成功用于室内移动机器人的控制,图 4 为用户监

控 Web 界面(Java Applet 界面)。界面中左上角的图像为室内固定 USB 摄像头采集的图像,左下角为机器人自带摄像头采集的图像,2 个摄像头采集的图像通过一个嵌入式 Web 服务器进行压缩后传输到远程用户端。除此之外,通过 Java Applet 控制界面还可以获取机器人位置信息,交互按钮的操作可以实现对机器人本身和其上装置(如摄像头)的远程控制。

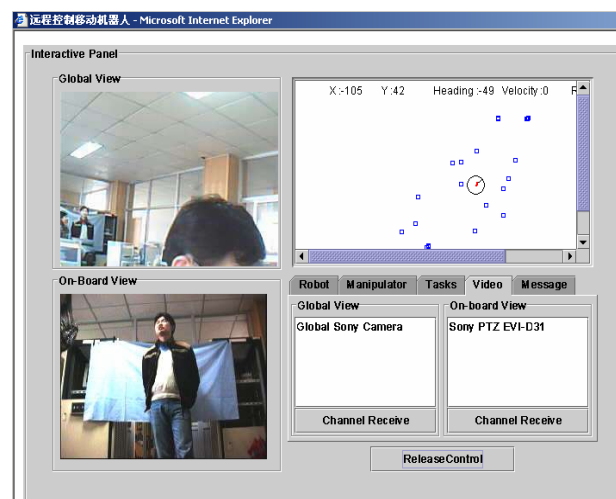


图 4 用户监控画面

## 5 结束语

本文结合 Web 技术和嵌入式技术,设计并实现了一种基于嵌入式技术的室内设备监控系统,有效解决了利用有限资源实现设备的网络接入问题。管理者可以不受时空的限制,通过 Web 浏览器实现对远程设备的监控,不需安装特定软件,具有跨平台性,使被控设备具有智能化和远程管理等特点。同时由于主要通过无线方式实现设备连接能有效降低监控系统的维护成本、提高监控系统的运行效率,具有实际应用和推广价值。

## 参考文献

- [1] Ma Weidong, Wang Zhiying. An Embedded Web Services Framework and Data Representation for Distributed Testing Environment[C]//Proc. of the 8th International Conference on Electronic Measurement and Instruments. Xi'an, China: [s. n.], 2007: 580-583.
- [2] 张冬, 丁金华. 基于嵌入式 Web 实时监控系统的设计[J]. 微计算机信息, 2008, 24(12): 60-62.
- [3] Moritz G, Pruter S, Timmermann D, et al. Web Services on Deeply Embedded Devices with Real-time Processing[C]//Proc. of the 13th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. Hamburg, Germany: [s. n.], 2008: 432-435.
- [4] 关沫, 赵海, 王小英. 基于 Web 的嵌入式设备监控模型的设计与实现[J]. 计算机工程, 2005, 31(15): 189-191.
- [5] 刘飞, 张曦煌. 基于嵌入式平台的 USB 摄像头驱动程序的实现[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(8): 1994-1996.
- [6] 王国伟, 宋铁成, 陈正石. 基于嵌入式 Web Server 的视频监控服务器[J]. 计算机工程, 2005, 31(22): 202-204.

编辑 任吉慧