

# 一种高速嵌入式远程监控系统的研究与实现

肖 乐,李 兵,邱 雅

(西华大学 数学与计算机学院,四川 成都 610039)

**摘 要:** 基于嵌入式网络技术,研究并实现了一种用于嵌入式设备的监控系统。该系统采用客户端/服务器架构,通过在嵌入式设备中内建一个嵌入式 Web 服务器,可使得相应的嵌入式设备直接接入 Internet。同时用户可使用标准的网络浏览器,通过网络对此设备进行访问、控制和管理。

**关键词:** 监控系统;嵌入式网络技术;嵌入式 Web 服务器;LWIP

中图分类号: TP316.81

文献标识码: A

## The research and implementation of high-speed embedded remote monitoring system

XIAO Le, LI Bing, QIU Ya

(School of Mathematics and Computer Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China)

**Abstract:** This paper researches and implements a remote monitoring system based on embedded Internet technology for embedded device. This system could make the embedded devices connect to Internet directly by in-built an embedded Web server in these devices, and the users can access, control and manage these device by using a standard Web browser over the Internet.

**Key words:** monitoring system; EI; EWS; LWIP

随着 Internet 的广泛普及和通信技术的高速发展,大量基于 TCP/IP 的 Internet 应用可以被部署在嵌入式平台之上,同时各种嵌入式设备可以和 PC 机一样连入网络之中。由此发展的嵌入式互联网技术(EI)解决了不同网络与 Internet 之间连通的问题,使得通过嵌入式互联网对网络中嵌入式设备的在线远程访问、控制与管理成为可能<sup>[1]</sup>。目前,对分布在 Internet 网络中的嵌入式设备进行高效、可靠的集中远程控制和管理成为嵌入式技术中较为高端的课题。

本文详细论述了一种通过嵌入式互联网技术控制在线嵌入式设备的远程监控系统。本系统采用了客户端/服务器(C/S)模式。通过简化 TCP/IP 协议栈实现了嵌入式 Web 服务器(EWS)功能。将 EWS 安装到设备中,从而使得嵌入式设备可以通过 Internet 互联,同时可提供网络管理页面,使用户可用标准的网络浏览器对众多设备进行在线远程访问、控制和管理,将时间与距离的限制降到最低。

### 1 控制系统架构

微处理器(MPU)和微控制器(MCU)用于嵌入式设备

的监视和控制,成为嵌入式系统的核心。为了在不同的 MPU/MCU 间相互通信,许多工业项目采用 RS-232、RS-485 及 CAN 等通信标准,但这些途径的通信速度和距离都有较大局限性,若要将其与 Internet 互联需要特殊的嵌入式网关的支持,给实际使用造成很大的不便。EI 是一种用于嵌入式设备接入 Internet 的互联技术,它可使嵌入式设备方便可靠地接入 Internet 中<sup>[2]</sup>。

为了使嵌入式设备可以连接到 Internet 并让用户通过标准的 Web 浏览器对其进行操作,EI 的关键技术在于使嵌入式设备可以支持 HTTP 服务并具有 Web 服务器的功能<sup>[2]</sup>。对于网络用户而言,EWS 提供了一个基于 Web 的图形界面,以便于其对接入 Internet 的多种嵌入式设备进行统一的标准化,而不再需要特殊的专用协议和管理软件。监控系统的架构如图 1 所示。

在本系统中,EWS 内嵌于设备中并通过串口连接设备,每个设备都具有自身的 IP 地址,经内部 EWS 由 RJ-45 接口接入本地局域网(LAN)中(本实验中,LAN 为以太网)。一方面 EWS 读取设备状态信息并将其发送给本地或远程用户;另一方面则接收控制指令并发送给设备。

## 技术与方法 Technique and Method

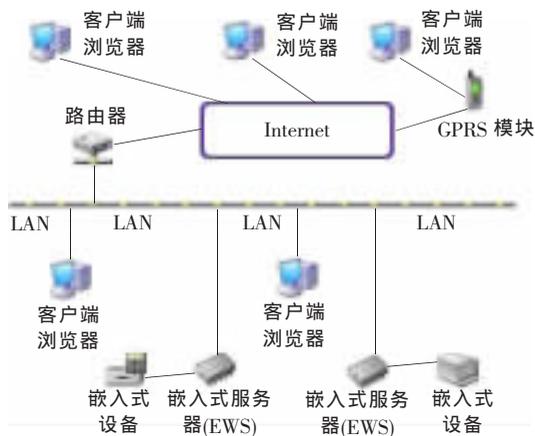


图1 基于EI的监控系统架构

而更大范围的广域网通信则可通过 Internet 或移动通信网络实现。

## 2 EWS 的设计与实现

### 2.1 软件架构

本系统采用浏览器/服务器的结构实现，其中包括两部分——网络浏览器与 EWS，EWS 通过嵌入式互联网技术实现其功能。在实际应用中，EWS 被配置在嵌入式设备中，作为设备的一部分而存在，这使得该设备无需更多改动或配置即可直接接入网络。与此同时 EWS 还内建了 TCP/IP 协议栈、嵌入式文件系统、设备网关及硬件接口等组件，其基本架构如图 2 所示。

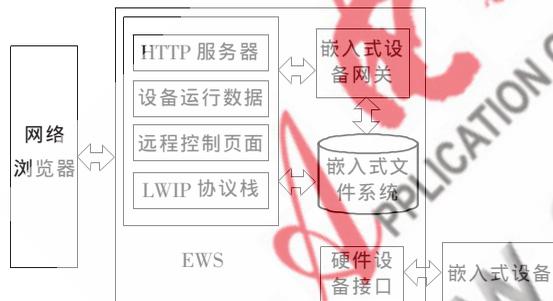


图2 嵌入式 Web 软件架构

在该架构中，嵌入式文件系统对事先配置的监控页面进行存储和管理。嵌入式设备网关实现了 TCP/IP 与实际使用的特定设备自身控制协议之间的相互转换，从而实现了双向透明通信。两种不同结构的网络便可通过嵌入式设备相互连接，而硬件接口则负责 EWS、硬件设备及网络之间的连接。

当本系统工作时，首先 EWS 接收到来自局域网的客户端基于网址的请求并回应该请求。通过回应事先配置好并存放在嵌入式文件系统中的监控网页界面，用户可通过标准的浏览器向远端设备发送指令。该指令经由互联网传送后被设备网关接收，设备网关将其翻译为专用指令并进一步传递给硬件设备本身。与此同时，设备数据或信号也被传输给远程客户端以供用户查看。

### 2.2 简化 TCP/IP 协议栈

嵌入式互联网技术有效地解决了嵌入式设备接入因特网的问题，使得这些设备可通过普通的浏览器进行远程访问和控制，如何将 TCP/IP 协议栈内嵌到设备中是解决问题的关键所在。传统的 TCP/IP 协议栈相对比较庞大复杂并需要固定的系统资源支持，而大部分嵌入式设备都采用 8 位或 16 位 MCU，其运算能力和系统资源比较薄弱。若直接将传统的 TCP/IP 协议栈接入设备，则大部分运算时间和系统资源都将被占用，这对系统的整体性能影响很大<sup>[3]</sup>。为了解决此矛盾，在设计该监控系统时根据具体情况选用了成熟的 LWIP 协议栈以实现网络功能，同时最大限度地减少系统资源消耗并提高了可靠性。

LWIP(Light-weight Internet Protocol)是瑞士计算机科学院的 Adam Dunkels 等人开发出来的一套用于嵌入式系统的开放源代码 TCP/IP 协议栈。从系统需求上，LWIP 既可移植到操作系统上，又可在无操作系统的情况下独立运行。并且 LWIP 协议栈在保持了 TCP/IP 协议主要功能的基础上，减少了对 RAM 的占用。只需容量几十 KB 的 RAM 和 40 KB 的 ROM 就可以运行，使得 LWIP 协议非常适合在嵌入式系统中使用<sup>[4]</sup>。其主要特点有：

- (1) 支持多网络接口下的 IP 转发。
- (2) 支持网间控制报文协议 ICMP(Internet Control Messages Protocol)。
- (3) 包含有实验性扩展的用户数据报协议 UDP(User Datagram Protocol)。
- (4) 包括阻塞控制、RTT 估算和快速恢复及快速转发的传输控制协议 TCP(Transfer Control Protocol)。
- (5) 具有专门提供的内部回调应用编程接口 Raw API(Application Programming Interface)，可用于提高应用程序性能。

(6) 带有可选择的 Berkeley 接口 API(多线程情况下)；能支持动态主机配置协议(DHCP)和动态分配 IP 地址。

LWIP 协议栈的内部分层结构如图 3 所示。经分析和实际测试，该协议栈可在 16 位 MCU 顺利运行并可满足本监控系统的全部功能需求。

### 2.3 嵌入式文件系统

在实际工作时，根据客户端浏览器的请求，EWS 将相应的管理页面发送至客户端。因此对于本系统来说，必需要实现对这些页面文件的存储和访问管理，为此在本系统中内建了一个嵌入式文件系统以便于对 Flash 中的页面文件及其他数据进行管理和访问控制<sup>[5]</sup>。

本系统中，文件系统根据文件的名称、长度及起始地址对其进行管理。在结构上，该文件系统并未采用多级目录，而是将所有的文件都列于单个根目录之下。这种目录结构虽然并不适合于容量快速增加的文件系统，但定位和提取文件的速度有较大的优势。

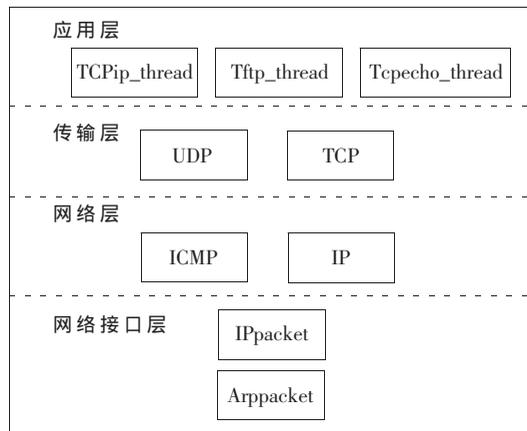


图3 LWIP协议栈层次结构图

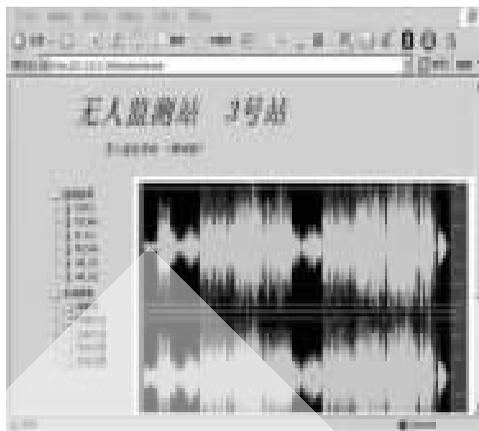


图4 测试版监控主界面

当本监控系统的文件需要进行较大的变更时,可通过 TFTP 协议对文件系统进行重构。虽然这种文件系统的结构和功能比较简单,但可满足绝大多数情况下嵌入式互联网的需求,即频繁地文件访问和较少地文件变更。

### 3 实际应用和测试

本监控系统已在无线电信号监测项目中得到应用,其硬件平台为远程无人监测站,通过 Internet 网络接收用户指令并将监测数据上传。在这个项目中,测量仪器通过本监控系统中的 EWS 接入互联网中,测量仪器本机采用 Megatec 协议。远程用户指令由 EWS 翻译成 Megatec 协议格式再交由仪器执行,同时将监测数据回传给客户端。从功能上来说,客户可执行如下操作:

- (1) 实时或定时获取远程无人站的测量数据。
- (2) 实时监控远程无人站的状态和参数。
- (3) 对远程无人站的运行参数进行配置,以便于满足预定的或突发状态的需求。

本项目中的主监控界面如图 4 所示。

本文研究并实现了一种基于 EI 的远程监控系统。该系统采用客户端/服务器的结构。通过在嵌入式设备中内建一个嵌入式 Web 服务器,本监控系统可使嵌入式设备直接接入 Internet,同时用户可使用标准的网络浏览器对嵌入式设备进行远程管理和控制。本系统已在无线电监测项目中得到实际应用,成功地获取了远程无人

监测站的监测数据并可对监测站进行控制。由此,其设计功能全部得以实现。实际测量数据显示本监控系统的数据响应时延为毫秒级,此项指标可以满足绝大多数远程监控项目的需求。

### 参考文献

- [1] RASKOVIC, REVURI D, GIESSEL V, et al. Embedded web server for wireless sensor networks, system theory (SSST) [M]. 41st Southeastern Symposium on; Tullahoma, TN, USA, 2009.
- [2] SHIMANO M, OKAZAKI F, SAITO Y, et al. Small embedded Web server for home appliances with embedded MPU and real-time operating system [C]. IEEE International Symposium on Consumer Electronics, 2007.
- [3] 王力生,梅岩,曹南洋.轻量级嵌入式 TCP/IP 协议栈的设计[J].计算机工程,2007(1):247-248.
- [4] 孙乐鸣,江来,代鑫.嵌入式 TCP/IP 协议栈 LWIP 的内部结构探索与研究[J].技术前沿,2008(3):79-82.
- [5] ISHIZUMI N, SAISHO K, FUKUDA A. A design of flash memory file system for embedded systems [M]. Proceedings of Systems and Computers, Japan, 2004.

(收稿日期:2009-09-04)

### 作者简介:

肖乐,男,1983年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统。