

# 嵌入式 Internet 在机载设备参数远程监测中的应用

景 博<sup>1,2</sup>, 陈光明<sup>1</sup>, 李金梁<sup>1</sup>, 胡炜涛<sup>1</sup>

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 西安交通大学 电子与信息工程学院, 陕西 西安 710049)

**摘 要:**以嵌入式网络通信协议栈 LWIP(Lightweight TCP/IP)为实现途径,将其应用于机载设备参数远程监测系统中嵌入式网络通信平台的设计和研制。该平台已实现了实验室样机,可用于远程数据采集、处理及安全传输等领域。其硬件选用 32 位 RISC 微处理器 AT91FR40162 为核心,操作系统内核选用源码公开的嵌入式实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 。整个方案均采用嵌入式构件技术,保证了该通信平台的高可靠、低功耗、低成本等优良性能。

**关键词:**嵌入式 Internet; LWIP; 网络通信平台

**中图分类号:** V24; TP39    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1009 - 3516(2005)01 - 0020 - 03

嵌入式 Internet 技术(简称 EI, Embedded Internet)可以理解为把 TCP/IP 协议作为一种嵌入式应用,从而实现 Internet 接入的技术。其服务对象是嵌入式系统,也可以为无处理器的终端设备提供网络接入功能。贝尔实验室总裁 Arun Netravali 及相关专家对此作出了预测:在这阶段(后 PC 阶段)“将会产生比 PC 时代多成百上千倍的瘦服务器和超级嵌入式瘦服务器,这些瘦服务器将与我们这个世界你能想到的各种物理信息、生物信息相联接,通过 Internet 网自动的、实时的、方便的、简单的提供给需要这些信息的对象”。由此可见,后 PC 时代将是一个嵌入式系统和 Internet 相结合的时代,是一个具有联网功能的嵌入式系统代替 PC 在 Internet 中占具主导地位的时代。

## 1 嵌入式网络通信平台的硬件设计

机载设备参数远程监测系统是通过基于 EI 技术建立的传感器网络将现场设备的图像、声音和技术参数进行必要处理,然后实时传递给远方的技术专家,为现场设备的使用、维护以及抢修提供及时、准确的技术指导和决策支持。通过远程专家协同诊断,可以大大提高现场技术人员对机载设备的保障能力。该系统中,我们采用嵌入式 Internet 技术研制嵌入式网络通信平台,完成检测现场与远程诊断中心的数据、信息安全通信。该平台作为一个单独的模块在远程监测系统中“即插即用”,结构示意图如图 1。

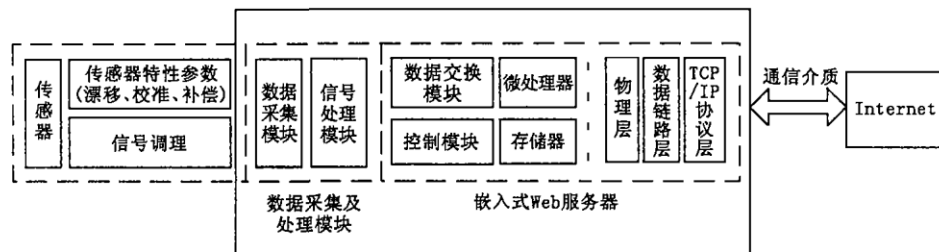


图 1 嵌入式网络通信平台结构

由于单片机的运行速度以及 RAM 和 Flash 资源的限制,实现协议栈后,很难进行其它应用功能的扩展,

收稿日期:2004 - 04 - 29

基金项目:武器装备预研基金资助项目(51419050104JB3204)

作者简介:景 博(1965 -),女,河北邯郸人,教授,博士(后),主要从事传感器与检测技术、数据融合等研究。

实时性也受到了很大的限制。而用高性能的单片机,其成本很高,不符合嵌入式产品要求。所以应该选择低成本的 32 位嵌入式处理器,目前常见的有 Dragon Ball、Power PC 等。Power PC 主要应用于高端嵌入式系统中;Dragon Ball 虽然价格较低,但是处理速度也低,主要应用于 PDA;而 ARM 系列处理器不但价格低廉,而且功耗超低、处理速度快,应用前景广泛,比较适合远程监控需求。所以在该方案中选用 ARM7TDMI 内核的 AT91FR40162,底层网络接口芯片采用 CS8900A 及外围线路实现。硬件结构见图 2。

AT91FR40162 是 Atmel 公司生产的 AT91 系列微控制器中的一员,具有大容量 Flash 存储器以及片内 SRAM 和外围。这种微控制器的特点是高性能——32 位 RISC 体系结构、高密度——16 位指令集、低功耗以及实时性,扩充的 Flash 存储器还增加了开发者使用的灵活性。除此以外,大量的内部分组寄存器加速了对异常的处理过程,从而使其更适用于实时控制的应用。8 级基于向量的优先级中断控制器和外围数据控制器 PDC 大大增强了实时器件的性能。此器件适用于对功耗敏感且要求具有实时性的产品。

CS8900A - IQ3 芯片是 Cirrus Logic 公司生产的一种以太网接口芯片,工作电压 3.3 V,工业级温度范围,内部集成了 4 k 字节的 RAM、10BASE - T 收发滤波器,并且提供 8 位和 16 位两种接口。我们使用 32 位处理器,所以 CS8900 工作于 16 位模式。隔离变压器 HR61101G 在 CS8900 的前端对网络信号进行隔离和滤波。

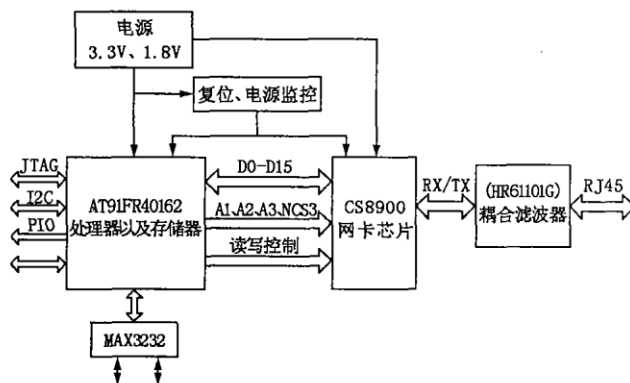


图 2 网络通信平台硬件框图

## 2 软件设计

软件的核心工作是在上述硬件平台上实现 EI 技术,并建立嵌入式 Web 服务器,实时响应用户请求。网络通信协议以源码公开的 lwIP 协议栈为蓝本,针对具体需求进行优化设计,并增加安全加密算法接口。为了应用程序的良好的移植性,可以采用源码公开的  $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  实时操作系统为蓝本,经裁减、移植与补充(包括安全性补充)后形成自主知识产权的专用实时操作系统。

### 2.1 嵌入式网络协议栈 lwIP

lwIP 实现的重点是在保持 TCP/IP 协议栈主要功能的基础上减少对 RAM 的占用,一般它只需要几十 k 字节的 RAM 和 40 k 字节左右的 ROM 就可以运行<sup>[1]</sup>。另外,lwIP 可与多个平台和操作系统兼容,可以在有操作系统下作为一个任务调用,也可以在没有操作系统的情况下独立运行<sup>[2]</sup>。LwIP 的各协议分层明确,保证了很好的代码可读性和强壮性。在该源程序软件包最新版本里含有 Ethernet、IP、PPP、TCP、UDP、HTTP 等协议和 WEBSERVER 实例,用户可以根据实际应用的要求,选择合适的网络接口和协议组件,并对 WEBSERVER 实例做相应的修改来完成嵌入式 WEB 服务器。

另外,对于不同的处理器和操作系统,需要做相应的移植工作。LWIP 与硬件、操作系统和编译器相关的代码都封装在/src/arch 目录下,对协议栈本身一般不作改动<sup>[3]</sup>。

### 2.2 嵌入式 WEB SERVER 的功能及实现

lwIP 运行一个简单的 HTTP/1.0 服务器至少能够同时响应 10 个以上页面请求,而且占用 RAM 不超过 4 k 字节。为了减少“上下文切换”对整体性能造成的消极影响,LwIP 的所有协议都在一个进程当中和操作系统内核分开实现。而 HTTP 程序既可以是单独的进程也可以驻留在 TCP/IP 进程中。如果 HTTP 是单独的进程,可以通过操作系统的邮箱,消息队列等和 TCP/IP 进程进行通讯;如果 HTTP 驻留在 TCP/IP 进程中,那应用层程序就利用内部回调函数口(Raw API)和 TCP/IP 协议栈通讯<sup>[4]</sup>。LwIP 的高层进程模型见图 3。

EI 技术往往要求实现瘦客户机模型并且实时刷新显示被监测设备状态数据。为此我们应该尽量编写服务器代码下载到客户端执行,也就是在 HTML 网页中插入客户端脚本程序。在客户端实现实时显示和刷新,不能刷新整个页面,因为这样数据量很大,不满足实时性的需求。我们可以使用 XML 数据岛的机制,局部数据刷新。当用户申请到传感器监测页面时,客户端自动运行 JavaScript 程序,适时地向服务器申请 XML

文件。由于 XML 文件很小,可以很好地满足数据传输的实时性要求。

### 2.3 实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 的引入

$\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  是一个代码公开的抢先式多任务微内核 RTOS,每个任务的优先级都必须不同,能够很好的满足实时性需求。与其它实时操作系统相比, $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  结构简单、容易移植<sup>[5]</sup>。目前国内对  $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  的研究和应用较多,是一个经过实践证明好用且稳定可靠的内核。对于  $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  而言,共有 3 个主要的任务调度:TCP/IP 协议栈、温度和频率的采集模块和 Internet 用户界面。响应用户请求时,首先采集温度和频率信号,然后把温度和频率的值送给 TCP/IP 协议栈,最后 TCP/IP 协议栈送到 Internet 用户界面显示。

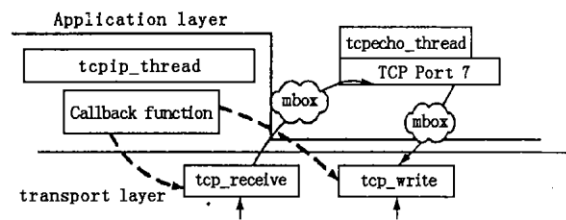


图3 LwIP 的高层进程模型

## 3 结束语

嵌入式 Internet 技术实现了计算机以外的低成本终端设备联网的功能,将其应用于机载设备参数远程监控系统,开发具有自主知识产权的基于嵌入式 Web 服务器的网络通信平台,有着良好的现实意义和应用前景。我们研制的平台已经形成实验室样机,体积小( $4 \times 4 \times 1.5 \text{ cm}^3$ ),可以为各类总线(RS232 - C,  $1^2\text{C}$ , PCI 等)设备提供即插即用的 Internet 通信接口。该平台接口灵活,除以太网接口外,还实现了有线广域网拨号接入,无线广域网拨号接入等方式,用户在这个世界上任何地方(有网络或电话)都可以通过普通 IE 浏览器访问被监测设备的状态信息,并可以在统一的界面下对设备进行在线操作。采集数据在远程监控界面实时刷新,每秒两次以上,完全满足一般监测需要。经多次演示,在可靠性、稳定性和实时性方面均达到了满意的效果。

### 参考文献:

- [1] Adam Dunkels. lwIP A Lightweight TCP/IP Stack[EB/OL]. <http://www.sics.se/~adam> 2003 - 01 - 20.
- [2] Adam Dunkels. Using lwIP with or without an operating system[EB/OL]. <http://www.sics.se/~adam>.
- [3] Adam Dunkels. Design and Implementation of the LWIP TCP/IP Stack[EB/OL]. <http://www.sics.se/~adam>.
- [4] 杨 屹. uc0s + lwip 应用心得[EB/OL]. <http://www.21IC.com>, 2003.
- [5] 王田苗. 嵌入式系统设计与实例开发[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.

(编辑:姚树峰)

## Application of Embedded Internet to the Remote Watch System for Airplane Equipment Parameters

JING Bo<sup>1,2</sup>, CHEN Guang - ming<sup>1</sup>, LI Jin - liang<sup>1</sup>, HU Wei - tao<sup>1</sup>

(1. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China; 2. Electronics and Information College, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi 710049, China)

**Abstract:** This article particularly introduces the concept and study actuality of Embedded Internet. Through LWIP (Lightweight TCP/IP), Embedded Internet technology has been applied in the manufacture of the Embedded network communication equipment used in remote watch system for airplane equipment parameters. For realizing high reliability, low power consumption and cost, embedded system building blocks methods are adopted by using AT91FR40162 as its hardware's core and real time operation system core  $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  in the original version of its software. It's laboratory sample having been realized, the equipment can be used in various fields on long distance data collection, data processing and transmission security.

**Key words:** Embedded Internet; LWIP; network communication equipment