文章编号:1004-4280(2008)04-0097-04

基于 LwIP 协议栈的嵌入式 Web 服务器的设计及实现

李庆江

(菏泽学院 继续教育学院,山东 菏泽 274015)

摘要:嵌入式技术的快速发展决定了 web/server 技术也要逐步适应于嵌入式领域,并为远程监控设备提供灵活的网络浏览功能。但是,由于硬件资源的有限性以及标准 TCP/IP 的低效性,需要对协议进行有针对性的模块化裁剪,在单片机上嵌入 TCP/IP 协议族的一个子集。文章分析了轻量级嵌入式 TCP/IP 协议栈与标准 TCP/IP 协议栈的不同,介绍了 LwIP 的整体结构,并以 PHILIPS 公司生产的 LPC2200 作为硬件开发平台,以 μC/OS,— II 实时操作系统作为软件平台,成功移植了经过适当裁剪和 API 选择后的轻量级 TCP/IP 协议栈。使嵌入式 WEB 服务器在此基础上得已实现。最后,将此嵌入式 WEB 服务器在蓄电池生产控制系统上进行测试,结果表明此嵌入式 WEB 服务器可以对远程设备进行实时可靠地监控。

关键词:嵌入式技术 web/server; μC/OS- II 轻量级 协议

中图分类号:TP3

文献标识码:A

The design and realization of EWS Based on LwIP

LI Qing - jiang

(Continuing Education College of Heze University, Heze 274015, China)

Abstract: The development trend of embedded technology determines thad the web/server technology applies into embedded fields and provides a flexible remote device monitoring and management function based on Internet browser. But, due to the limitation of hardware resource and the low – efficiency of general purpose TCP/IP protocol stacks and protocol models, the full TCP/IP protocol needed cutting and port the sub of it was embedded. The paper analyses the Light – Weight TCP/IP and gives the detailed processing of every layer first, then designed the hardware platform with the PHILIPS LPC2200 and RTL8019AS core and the software platform with μ C/OS – II, porting the LwIP based on them. A thin server is designed based on LwIP, and the state transform of client and server when they were communicating was analyzed. At last, the EWS was tested on the production of storage battery control system, the result indicated the EWS can monitir long – distance instrument timely and perfectly.

Key words: embedded technology; web/server; μ C/OS – II; light weight; TCP/IP

0 引言

传统的 web/server 服务器往往是胖服务器/瘦客

户机类型的,这种类型在传输和存储大量数据的时候是比较合适的,但是却不适合于嵌入式领域。而且,因特网越来越成为我们生活中最重要的基本通信设备之一,WWW 服务具有可视化,可远程传输,

支持多媒体数据平台等优点,而且此技术正在快速增长并得到广泛应用。将嵌入式设备接入 Internet 并通过网络浏览器实现对远程设备的实时监控和管理已经成为嵌入式技术必然的发展趋势。但是,由于嵌入式系统资源有限,传统的 Internet 技术和设备无法直接应用。为了使工业网络控制的实时性提高同时保证可靠性又节省系统资源,需要对协议进行有针对性的模块化裁剪,在单片机上嵌入 TCP/IP 协议族的一个子集[1]。瑞士计算机科学院开发了用于嵌入式系统的 TCP/IP 协议栈——LwIP^[2](Light Weight)。LwIP 可以移植到操作系统上,也可以在无操作系统的情况下独立运行 LwIP 实现的重点是在保持 TCP/IP 协议主要功能的基础上减少对 RAM 的

占用,这使得 LwIP 协议栈很适合在低端嵌入式系统中使用。LwIP 有如下特性:支持多网络接口下的 IP 转发;支持 ICMP 协议;包括实验性扩展的 UDP;包括阻塞控制,RTT 估算和快速恢复/快速转发的 TCP;可选择的类似 Berkeley 的 socketAPI;支持 DH-CP;支持 PPP;以太网的 ARP。

1 轻量级嵌入式 TCP/IP 协议栈与标准 TCP/IP 协议栈的不同

嵌入式系统中的轻量级 TCP/IP 协议栈^[3]和一般操作系统的 TCP/IP 协议栈^[4]的主要区别如表 1 所示:

表 1 轻量级 TCP/IP 协议栈与标准 TCP/IP 协议栈的比较

	嵌入式系统中轻量级 TCP/IP 协议栈	标准 TCP/IP 协议栈
底层系统运行环境	直接面对硬件,可无操作系统支持	有多任务 0S 支持
缓冲区管理	申请一个固定的缓冲区(一个最大以太网数据帧的大小),收到一包	不需考虑内存大小问题,采用动态分配和静态
	处理一包	分配结合的方式
IP层	可以不考虑 IP 数据包的路由功能,也可以不实现 IP 数据包的分片和重装功能	包含路由、分片、重装等功能
TCP层	每次只缓冲和发送一个包,可不使用滑动窗口协议、流量控制和拥塞控制,可不实现往返时间估计、超时重发	实现滑动窗口协议、流量控制、拥塞控制、往返时间估计、超时重发等,实现完整的 TCP 有限状态机
接口	TCP/IP 通信协议提供的通信服务函数作为库函数形式实现,应用协	作为操作系统的一部分实现,一般遵循 BSD
	议(程序)通过调用针对 LwIP 的 LwIP API 函数实现网络通信	socket 接口标准

2 LwIP 的整体结构

2.1 ICMP 处理

ICMP (Internet Control Message Protocol, 网际控制报文协议) 总是与 IP 协议配置在一起,它运行在 IP 协议之上,发送一些控制信息,帮助 Internet 处理差错。ICMP 处理是相当简单的。由 ip-input()收的 IC-MP 包被移交到 icmp-input(),它解析 ICMP 报头并且进行适当的处理。ICMP 处理过程如图 1。

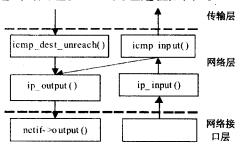


图 1 ICMP 处理

2.2 UDP 处理

UDP(User Datagram Protocol,用户数据报协议)较为简单,输入输出处理也较简单,如图 2 所示:

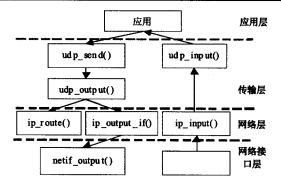


图 2 UDP 处理

2.3 TCP 处理

TCP (Transfer Control Protocol,为传输层控制协议)它为应用层提供可靠的二进制数据流服务^[5]。TCP协议比这里描述的其它协议都要复杂,基本TCP处理如图 3 所示,被划分成六个函数:函数 tcp-input()、tcp-process()、tcp-receive() tcp-receive()与TCP输入处理有关,tcp-write()、tcp-enqueue()、tcp-output()对输出进行处理。

当应用程序想要发送 TCP 数据时,函数 tcp-write()将被调用,函数 tcp-write()将控制权交给 tcp-enqueue(),该函数将数据分成合适大小的 TCP 段(如果必要),并放进发送队列。接下来函数 tcp-

output()将检查数据是否可以发送。也就是说,如果 接收器的窗口有足够的空间并且拥塞窗口足够大, 则使用 ip-route()和 ip-output-if() 两个函数发送数 据。

当 ip-input()对 IP 报头进行检验且把 TCP 段移 交给 tcp-input()函数后,输入处理开始。在该函数 中将进行初始检验(也就是 checksumming 和 TCP 剖 析)并决定该段属于哪个 TCP 连接。该段于是由 tcp-process()处理,它实现 TCP 状态机和其他任何必 须的状态转换。如果一个连接处于从网络接收数据 的状态,函数 tcp-receive()将被调用。如果那样, tcp-receive()将把段上传给应用程序。如果段构成 未应答数据(先前放入缓冲区的)的 ACK,数据将从 缓冲被移走并且收回该存储区。同样,如果接收到 请求数据的 ACK,接收者可能希望接收更多的数 据,这时 tep-output() 将被调用。

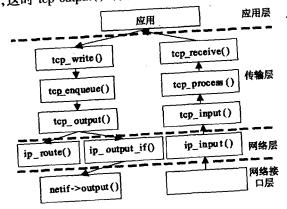


图 3 TCP 处理

LwIP 在 μC/OS - II 上的移植

对于 LwlP 我们为了节省空间可以对其再做适 当的裁减,比如:在 src/文件夹下面有个 API 文件 夹,它是 API 的高级别应用。如果只是需要较低级 的回调(call-back),则原始 API 不需要该文件夹可 以删去。另外为了节省内存空间,我们可以不使用 IP碎片的重组等。

LwlP协议栈在设计时就充分考虑到了将来移 植的问题,因此所有与硬件、OS、编译器相关的部分 都放在/src/arch 目录下。把 LwlP 移植 μC/OS - II^[6] 上就是通过修改这个目录下的文件来完成的,其它 的文件一般不做修改。关于在 μC/OS - II 上移植 LwIP 的具体工作[7] 可以参考开源项目 skyeye 中提 供的移植范例代码。但是协议栈实现的过程中对于 操作系统应注意的2个问题:

(1) 消息

μC/OS - II 没有对消息队列中的消息进行管 理, 因此不能直接使用, 必须在 μC/OS - II 基础上 重新实现[8]。为了实现对消息的管理, 定义了以下 结构体:

typedef struct

OS-EVENT * pQ;

void * pvQEntries[MAX- QUEUE- ENTRIES]; } stack-mbox-t;

在以上结构中,包括 OS- EVENT 类型的队列指 针(pQ)和队列内的消息(pvQEntries)两部分,对队 列本身的管理利用 μC/OS - II 自己的 OSQ 操作完 成, 然后使用 μC/OS - II 中的内存管理模块实现对 消息的创建、使用、删除回收,两部分综合起来形成 了协议栈的消息队列功能。

(2) 创建新线程

在 μC/OS - II 中,没有线程的概念只有任务。 它已经提供了创建新任务的系统 API 调用 OSTaskCreate 封装一下,就可以实现创建新线程,但实现 时要由用户事先为协议栈中创建的线程分配好优先 级。

EWS 的实现 4

lwIP 的成功移植是 EWS^[9] (Embedded Web/Server)得以实现的关键,这种基于 lwIP 的服务器我们称 之为瘦服务器[10],它满足嵌入式设备的需求,可以 使工业网络控制的实时性提高同时保证可靠性又节 省系统资源。设备的信息可以通过 EWS 下载的网 页,并以数据、表格、卡通等形式显示出来;同样 EWS 也可以把数据上传到网上,远程用户可以通过 浏览网页获得设备信息。通过浏览网页,我们就可 以知道远程设备的具体信息,并可以通过服务器对 其进行实时的控制。在应用层,HTTP协议是最基本 的协议, Web 服务器通过 HTTP 协议从客户端接收 数据包的请求,读取请求信息,分析信息并且向客户 端发送应答信息。EWS 的传输状态如图 4。服务器 里添加了"RESET"状态,在这种状态下,可以在不接 收任何信息的情况下直接跳到"LISTEN"状态。服务 器的端口总是打开的,在已经建立连接的情况下,服 务器一旦发现"ACK"包错误或者服务器的端口不是 80,服务器的状态将会跳转到"RESET"并且发送一 个"RST"帧重新建立连接。为了避免阻塞,一旦发 现连接超时,就会关闭连接。

在局域网内通过 PING 命令连接 EWS, 我们可 以得到四个反馈数据包,而且所用时间少于 20 ms,

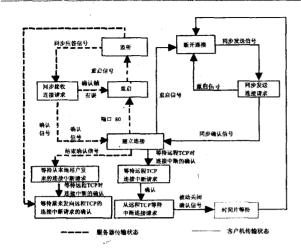


图 4 嵌入式 Web 服务器的传输状态图

没有数据包的丢失情况发生。此 EWS 试用于淄博 拓驰电子应用公司的蓄电池生产控制系统中,输入 蓄电池控制系统的 IP,我们可以快速正确地打开网页,从而使我们可以实时可靠地监控远程设备。

5 总结

基于 IwIP 的 EWS 具有低耗、可视化、平台独立、应用灵活和可靠的远程访问等优点。可以通过 EWS 灵活地控制远程设备。在工业控制领域,嵌入

式 Web 服务器对于智能仪器、传感器等 远程控制具有较高的理论和应用价值。

参考文献:

- [1] 娄莉,刘天时. 一种嵌入式 TCP/I P 协议的设计与实现[J]. 微计算机信息,2006.12;38-40.
- [2] Adam D. Design and Implementation of the LwIP TCP/IP Stack[M]. Swedish: Institute of Computer Science, 2001.
- [3] 王力生,梅岩,曹南洋. 轻量级嵌入式 TC/I P 协议栈的设计 [J].计算机工程,2007,(1):246-248.
- [4] Behrouz A F, Sophia C E. 谢希仁, 译. TCP/IP 协议簇[M]、北京: 清华大学出版社,2004.
- [5] Leatherman R, Stollon, N. An embedding debugging architecture for SOCs [J]. IEEE Potentials, 2005,24(1):12 – 16.
- [6] Labrosse Jean J. μC/OS II——源码公开的实时嵌入式操作系统 [M]. 北京:中国电力出版社,2001.
- [7] 杨晔.实时操作系统 μC/OS II.II 下 TCP/IP 协议栈的实现[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2003,(7):80 83.
- [8] 王原丽,王丽.基于 ARM 的嵌入式 TCP/IP 协议栈的实现[J].武汉理工大学信息工程学院学报.2005,22(1);4-6.
- [9] Ju H T, Choi M J, Hong J W. Ews based management application interface and integration mechanisms for web – based element management[J]. Journal of Network and Systems Management, 2001,9(1):31 – 50.
- [10] 徐峰,陈燕,赵海,等. Internet 非标设备接入服务器体系结构的研究[J].东北大学学报,2005,26(1);236-239.