

基于 uIP 协议栈的嵌入式 Web 服务器的实现*

张 勇¹, 朱志红^{1,2}, 田茂胜^{1,2}

(1. 华中科技大学 国家数控系统工程技术研究中心, 湖北 武汉 430074;
2. 武汉华中数控股份有限公司, 湖北 武汉 430223)

摘要: 为使数控系统具备网络访问功能, 通过移植嵌入式 TCP/IP 协议栈—uIP, 并且编写网络控制芯片驱动程序接口以及能实现 HTTP 协议的通用应用程序, 使数控系统具备 Web 服务器的功能。用户可以使用 PC 接入 Internet, 通过标准浏览器远程监测数控系统的运行状态。

关键词: uIP 协议栈; HTTP 协议; Web 服务器; 数控系统

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)04-0059-03

Implementation of an embedded Web server based on uIP TCP/IP stack

Zhang Yong¹, Zhu Zhihong^{1,2}, Tian Maosheng^{1,2}

(1. State Engineering Research Center of Numerical Control System, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd, Wuhan 430223, China)

Abstract: In order to make the numerical control system access Internet, an embedded TCP / IP protocol stack—uIP was transplanted, and the interface function of the driver of the network chip was programmed with C programming language. The numerical control system can achieve the function of web server by realizing the HTTP protocol in the application layer. Customer can remotely monitor and control numerical control system through a standard internet explorer browser on a PC linked to the Internet.

Key words: uIP stack; HTTP protocol; web server; numerical control system

数控技术的网络化是数字制造技术的发展方向, 利用网络技术使数控系统具备远程监控和故障诊断功能可以极大地提高产品的市场竞争力。TCP/IP 协议已经在全球互联网上取得了巨大成功, 通过实现 TCP/IP 协议使系统直接接入内部网或者互联网, 这种方案利用了现有的网络线路, 避免了成本高昂、繁琐的布线工作, 已成为大多数用户的选择。而基于 Web 服务器的远程监控技术, 可以为用户提供一个统一、简洁的操作界面。

整个设计中的关键是 TCP/IP 协议栈的实现, 完全从零开始去实现一个嵌入式 TCP/IP 协议将耗费大量的时间和资源, 导致产品跟不上市场需求。而商业的 TCP/IP 的网络组件实现过于复杂, 需要占用大量的系统资源, 同时会导致成本的提高, 本设计选用精简的开源 uIP

协议栈作为网络通信协议, 采用嵌入式的 uIP 协议栈, 编写基于 DOS 操作系统的网络芯片驱动程序接口, 在应用层实现 HTTP 协议, 最后将其运用于华中数控的 HNC-21 系统, 使系统具备了远程监控功能。

1 uIP 协议栈分析

uIP 协议栈是专为 8/16 bit 的嵌入式微处理器设计的小型 TCP/IP 协议栈, 采用 BSD 授权, 遵循 RFC 标准, 完全由 C 语言编写, 具有良好的互操作性、完整的源代码和注释, 可免费用于非商业和商业用途。uIP 协议栈有多个版本, 本设计采用的是 uIP0.9。

为了减小代码量, 降低对系统资源的要求, uIP 的内部实现具有如下特点^[1]: 只实现了网络通信所必要的协议机制; 不支持内存动态分配机制, 使用单一的全局缓冲区收发数据包; 各层协议不严格独立, 紧密耦合; 应用

* 基金项目: 国家重大科技专项 (2009ZX04010-011)

网络与通信 Network and Communication

程序主动参与部分协议栈的功能实现。

uIP 协议处于网络通信的中间层, 其设计重点放在 IP(网际互联协议)、ICMP(网络控制报文协议)和 TCP(传输控制协议)的实现上, UDP(用户数据报协议)和 ARP(地址解析协议)实现只是作为可选模块。其体系结构^[2]

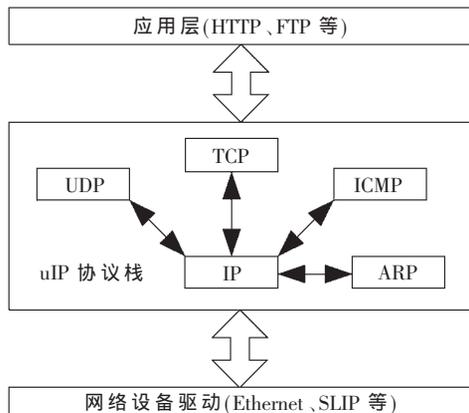


图1 uIP 协议栈体系结构

如图1所示。

uIP 协议栈提供了三个函数给底层设备驱动程序: uip_periodic(), uip_init()和 uip_input()。其中 uip_input()和 uip_periodic()在内部的实现采用同一个函数, 即 uip_process(u8_t flag), 区别在于调用的参数和使用情况不同。uIP 协议栈中应用程序基于事件驱动模式, 作为一个独立的模块由用户实现。为了将应用程序挂接到 uIP 中, 用户需将宏 UIP_APPCALL()定义为自己的应用程序函数名。

2 嵌入式 Web 服务器的实现

uIP 协议栈以函数库的形式提供, 本身不提供底层网络驱动和上层应用程序。因此为了完成指定的功能, 开发者必须添加网卡芯片的驱动模块和特定的应用程序模块。

2.1 uIP 协议栈的移植

协议的实现核心是 \uip 目录下的 7 个程序文件^[3], 本设计中用到 uip.c、uip.h、uip_arp.c、uip_arp.h、uip_arch.h 5 个文件。其中 uip.c 和 uip.h 实现了 IP、TCP、ICMP 协议, uip_arp.c 和 uip_arp.h 实现了 ARP 协议。linux 目录下有 5 个程序文件, 本设计中用到的主要是 uip_arch.c 和 uipopt.h。其中 uip_arch.c 是校验和文件, uipopt.h 是参数配置文件。

设计中根据需要修改 uipopt.h, 使用静态 IP 地址, 故将 UIP_FIXEDADDR 设置为 1; 不支持数据包分割重组, 设置 UIP_REASSEMBLY 为 0; 不需要 UDP 协议支持, 设置 UIP_UDP 为 0; 设置 UIP_CONNS 为 5, 允许同时开启 5 个 TCP 连接。因为在应用层只需要实现 HTTP 协议, 设置 UIP_LISTENPORTS 为 1。最后根据实际应用修改 MAC 地址、IP 地址、子网掩码和网关地址中相应的宏变量。

60

2.2 网卡驱动程序接口

本设计中使用的网络控制芯片是台湾 Realtek 公司的 RTL8019AS, 系统环境是 16 位的 DOS 操作系统。设计中遵循 Packet Driver 接口协议来操作网卡, 提供给上层的函数接口包括网络芯片的初始、发包、收包。

网卡的初始化接口函数 int tapdev_init(void), 主要完成获取网卡句柄和 Packet Driver^[4-5]提供服务的软中断号、注册网络数据包的接收程序。函数流程如图 2 所示。

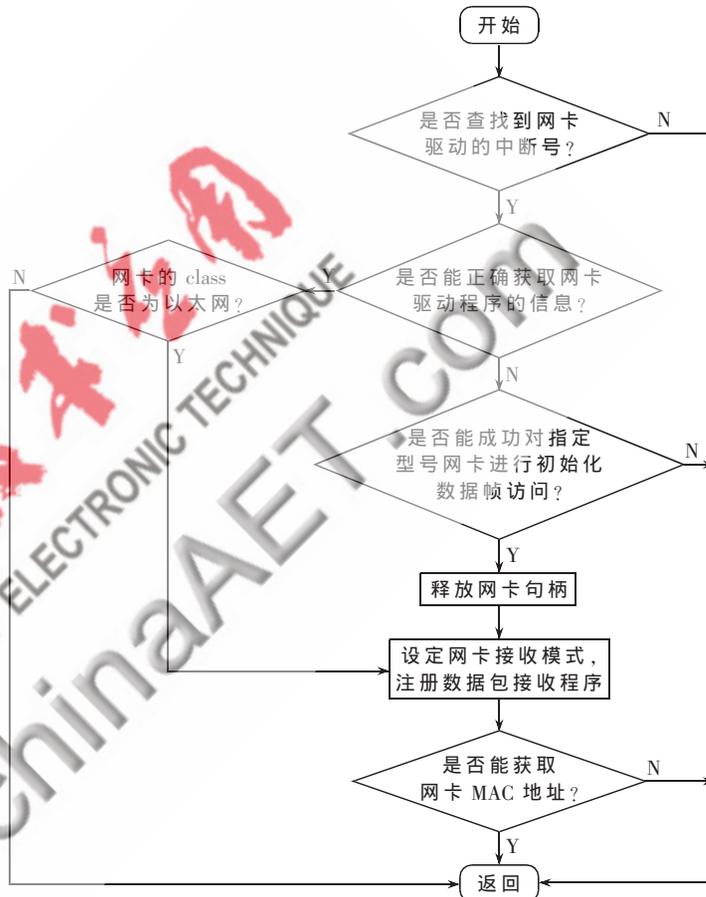


图2 网卡的初始化流程

网卡的接收数据包接口函数为 unsigned int tapdev_read(void), 主要功能是判断是否有新的数据包到来。如果有, 则将数据存储到全局变量 uip_buf 中供进一步的处理, 并返回数据包的长度。

网卡的发送数据包接口函数 int tapdev_send(void)通过调用 Packet Driver 的 send_pkt()将封装好的数据包发送到以太网。全局变量 uip_len 表示要发送的数据包长度。发送数据包的实现代码如下:

```
while(times--){
    regs.r_ax=PD_SEND;
    regs.r_ds=FP_SEG(tmpbuf); //temp 为待发送数据包缓存区
    regs.r_si=FP_OFF(tmpbuf);
```

网络与通信 Network and Communication

```

regs.r_cx=uip_len; //待发送数据包长度
intr(pkt_interrupt,&regs);
if(regs.r_flags & CARRY)
    continue;
break;
}

```

2.3 应用层协议实现

HTTP(HyperText Transfer Protocol)超文本传输协议是用于从 WWW 服务器传输超文本到本地浏览器的传送协议。要实现 Web 服务器^[6]的功能,就需要在应用层实现 HTTP 协议。HTTP 协议采用的是客户端与服务器模式。在客户端产生数据请求,在服务器端产生应答数据,然后以 Web 页面形式返回给客户端。为了达到统一通用的要求,Web 页面采用 HTML 格式传输。

设计中将应用层函数 http_call 定义为宏 UIP_APPCALL,主程序首先调用函数 uip_listen 开启 80 号端口监听。如果监测到远程连接请求,分配一个连接项给客户端,然后等待客户端的发送具体的数据请求。在接收到客户端的数据请求后,根据相应语法解析请求指令,将相关信息以网页形式返回到客户端。

用户只要通过标准的浏览器输入相应的 IP 地址就可以查看服务器提供的 Web 网页。Web 服务器软件实现框图如图 3 所示。

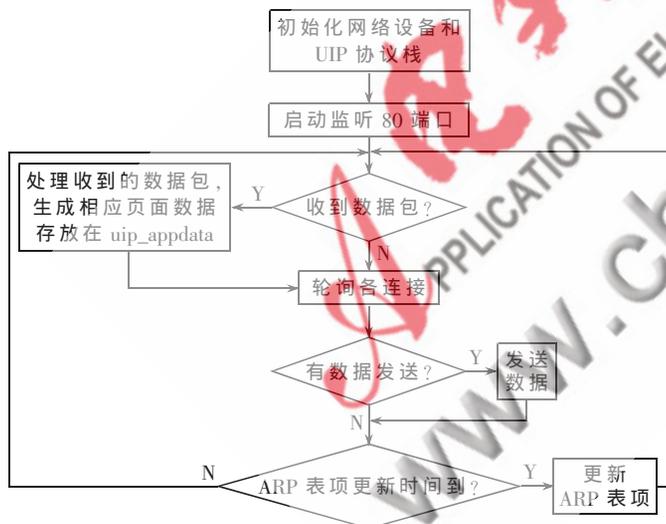


图 3 Web 服务器软件实现框图

3 Web 服务器的应用

将设计的 Web 服务器应用于华中数控 HNC-21 系统,可远程监控机床的当前运行位置、参数设置、报警信息等。设置数控系统的 IP 地址为 192.168.0.2,同时设置相应的子网掩码和默认网关,然后将数控系统接入局域网。在接入同一局域网的 PC 机上打开浏览器窗口,在地址栏中输入 192.168.0.2,出现图 4 所示界面,说明 Web 服务器已运行成功。

按照本设计中的配置参数,整个系统中核心协议的



图 4 数控系统远程监控界面

实现代码量约为 20 KB,核心协议的实现占用的内存约为 10 KB,资源占用量很小,能很好地满足资源有限环境下的应用需求。采用移植精简的 TCP/IP 协议栈 uIP,使数控系统具有网络接入功能,是一种低成本、高效的网络接入方案。通过实现 Web 服务器的功能,可以让用户使用统一、简洁的界面对数控系统进行远程监控,降低了用户的使用难度。

参考文献

- [1] ADAM D. uIP—a free small TCP/IP stack [EB/OL]. [2010-06-25]. <http://www.sics.se/~adam/download/uip-doc-0.6.pdf>.
- [2] ADAM D. Full TCP/IP for 8-bit architectures [EB/OL]. [2010-06-25]. <http://www.sics.se/~adam/mobisys2003.pdf>.
- [3] Doxygen. uIP 0.9 reference manual [EB/OL]. [2010-06-25]. <http://www.sics.se/~adam/download/uip-0.9-refman.pdf>.
- [4] FTP Software Inc. PC/TCP packet driver specification [EB/OL]. [2010-06-25]. http://www.crynwr.com/packet_driver.html.
- [5] 黄皓. ARP 协议分析及在网络安全中的应用实现 [D]. 成都:电子科技大学,2007.
- [6] JEREMY B. 嵌入式系统 Web 服务器—TCP/IP Lean [M]. 陈向群,译.北京:机械工业出版社,2003:313-319.

(收稿日期:2010-08-29)

作者简介:

张勇,男,1984年生,硕士研究生,主要研究方向:数控技术、网络通信。

朱志红,男,1964年生,总工程师,教授,主要研究方向:数控技术、伺服技术。

田茂胜,男,1980年生,工程师,博士研究生,主要研究方向:数控技术。