

多功能嵌入式远程信息采集与监控系统

毕国玲^{1,2}, 陈 涛¹, 王建立¹, 阴玉梅¹

(1 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033; 2 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘 要: 设计了一种基于 ARM-Linux 多功能嵌入式远程信息采集与监控系统, 实现了对大型光电望远镜工作现场的环境信息、图像信息以及相关设备开关量状态信息的采集与监控。采用 CGI 技术, 通过对设备驱动编程、Internet 网络和串口通信编程以及基于 GSM 网络收发短信信息编程和图像信息采集编程的开发, 客户端通过访问系统内置 boa web 服务器, 可将远程采集的信息直观实时的显示在 Web 页面上, 并可实现对现场相关设备开关量的控制。同时用发送短信信息的方式也可实现同样的功能。系统性能稳定可靠、实时性好。

关键词: 大型光电望远镜; 嵌入式系统; ARM-Linux; CGI; 信息采集; 远程监控

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)10-0174-04

A Remote Information Collecting and Monitoring Multifunctional Embedded System

BI Guo-ling^{1,2}, CHEN Tao¹, WANG Jian-li¹, YIN Yu-mei¹

(1 Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China; 2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: A remote information collecting and monitoring multifunctional embedded system based on ARM-Linux is presented in this paper, realizing environmental information, images information and related equipment switches status information collecting and monitoring on the spot where the heavy-duty optoelectronic telescope works. using the CGI technology, through development of devices drivers programming, Internet programming and serial communication programming, sending and receiving SMS programming based on GSM network and collecting images information programming, access the boa web server which in the device of the system, the collected environment information will be showed on the web page directly and real-time. Moreover, it can realize to control the switch value of the device on the spot. Using mobile phone, in the way of sending SMS can also realize these functions conveniently. The remote monitoring system has advantages of reliability and good real-time performance.

Key words: heavy-duty optoelectronic telescope; embedded system; ARM-Linux; CGI; information collecting; remote monitoring

1 引言

为了实现对大型光电望远镜的管理与维护, 需要设计一个多功能的远程监控系统。随着嵌入式系统的发展越来越成熟, 嵌入式处理技术很好的解决和实现了高低端系统的实时性、多任务性、大数据量处理的要求。嵌入式远程监控系统可以实现对远程

设备的控制与数据采集, 充分利用现有的网络资源, 方便的实现设备上网, 向数字化、网络化、智能化发展。目前, Internet 网络和 GSM 网络覆盖面广, 可靠性高, 采用以太网和无线网络实现远程监控已成为一种趋势。本课题设计了一种满足以上要求的基于 ARM-Linux 多功能双网络嵌入式远程监控系统。实现了观测站现场环境信息、图像信息、以及相关设

收稿日期: 2009-09-08; 修回日期: 2009-11-03

基金项目: 国家“八六三”计划项目(2007AA703104)

备开关量状态信息的采集与监测控制。

2 远程监控系统的硬件结构

嵌入式远程监控系统的核心 CPU 选用三星公司的基于 ARM920T 内核的 16/32 位 RISC 处理器 S3C2410. 64Mbytes Nandflash, 用于存储大量的数据. 本系统用来存储嵌入式 Linux 镜像, 根文件系统和应用程序. 内存为 64Mbytes SDRAM, 在嵌入式系统中用作代码运行, 系统和用户数据、堆栈等均位于 SDRAM 存储器中^[1]. 网络接口模块中的以太网接口芯片为 10M/100M 自适应以太网控制芯片 DM9000. 如图 1 所示.

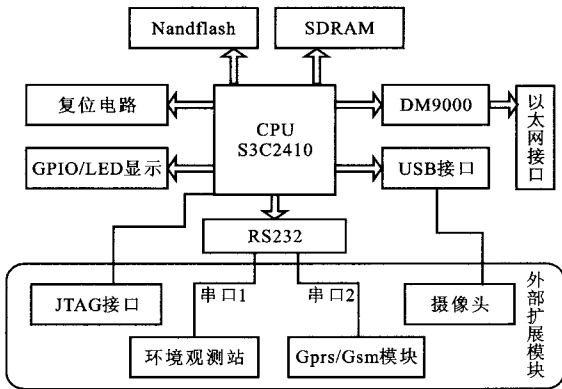


图 1 远程监控系统硬件结构框图

在小扩展板上具有 JTAG 口转并口电路的 JTAG 调试模块, 用并口线将该模块与主机的并口相连, 同时, 在主机上运行协议转换软件, 就能够进行代码下载、仿真调试和 FlashROM 固化等工作。

串口采用标准 RS232 接口, 通过串口实现与现场数据采集设备的通信. 串口 1 负责传递气象仪采集的现场环境信息, 串口 2 接扩展板 GSM/GPRS 模块, 该模块选用法国 WAVECOM 公司设计的 Q2403A, 双波段 (900/1800MHz) 工作, 支持通用的 AT 命令^[2]. USB 接口支持 1.1/2.0, 外接摄像头的芯片采用中星微的处理器^[3,4].

3 系统的软件开发

3.1 GPIO/LED 字符设备驱动开发

嵌入式 linux 设备文件主要分为字符设备、块设备和网络设备三种类型. 根据系统需要, 主要针对 DM9000 网卡驱动和 NandFlash 的驱动进行改写和对摄像头驱动程序的移植, 以及对字符设备 LED 的驱动开发. 然后将其编译进内核, 实现相应设备的驱动. 现在主要介绍字符设备 GPIO/LED 驱动的开发.

字符设备是 Linux 设备中最简单和常见的设备, 对 LED 的控制实际上就是对 GPIO 口的控制, 三个 LED 对应三个 I/O 口分别为 GPC5、GPC6、GPC7. 当相应端口为低电平时, 对应的 LED 指示灯亮.

Linux 内核通过 File-operation 数据结构提供文件系统的入口点函数, 该函数定义在 `<linux/fs.h>` 中的函数指针表. 这个结构中的每个成员的名字对应着一个系统调用.

```
Static struct file_operations led_drv_fops = {
    .owner = THIS_MODULE,
    .ioctl = led_drv_ioctl,
    .open = led_drv_open,
    .read = led_drv_read,
    .release = led_drv_release}
```

GPIO/LED 字符设备驱动在初始化时通过在内核的 `device_struct` 结构的 `chrdevs` 数组中添加一个设备号和由用户自定义的设备文件名, 对该设备进行标识.

```
#define NAME "led_drv" //定义设备名
static int major = 0; //定义主设备号, 0 代表动态分配主设备号
```

设备驱动在加载时首先需要调用入口函数 `init_module()`, 该函数完成设备驱动的初始化工作. 其中最重要的一个工作就是向内核注册该设备, 字符设备调用函数 `register_chrdev()` 完成注册. 该设备获得了向系统申请的主设备号、自定义的次设备号, 并建立起与设备文件的关联. 设备驱动在卸载时回收相应的资源, 将设备的响应寄存器值复位, 调用函数 `unregister_chrdev()` 释放主设备号和对应的设备名, 完成系统中注销该设备.

系统调用部分则是对设备的操作过程, 比如 `open`, `read`, `write`, `ioctl` 等操作. 调试过程采用动态加载驱动程序, 最后形成产品要将驱动编译进内核. 需要把驱动源码添加到 `linux-2.6.22/drivers/char` 下面, 并在该目录下的 `kconfig` 和 `Makefile` 中添加该驱动的配置, 同时要在配置内核时要勾选对应的 LED 选项, 设置交叉编译器, 然后编译内核执行 `#make` 命令, 编译生成带有 LED 驱动 (`led_drv.ko` 文件) 的内核文件. 这样应用程序调用 LED 设备就像使用读写文件一样方便.

```
fd = open("/dev/leds", O_RDWR);
if (fd < 0)
    printf("Can not open /dev/leds\n");
```

```
return 0;}
```

当文件描述符 $fd > 0$ 时表示成功调用了该设备, 否则表示失败.

3.2 基于 Internet 网络数据通信的开发

该远程监控系统采用浏览器/服务器(B/S)通讯模式, 为了提高系统的安全性, 在 sqlite 数据库文件 web.db 中创建一个表, 将登陆的帐号与密码存入其中, 每次登陆页面时都要进行验证.

```
# ./test.out web.db "create table user(id integer, name varchar(20), password varchar(20));"
```

CGI(Common Gateway Interface)提供 WEB 服务器一个外部程序的通道, 这种技术使得浏览器和服务器之间具有交互性. CGI 是运行在 Web 服务器上的程序, 由浏览器的输入触发, 是服务器和系统中其他程序的桥梁. CGI 程序属于一个外部程序, 是运行在服务器端的一个可执行文件^[5]. 利用 CGI, 使得监控端能直观的对现场进行集中监控. 图 2 为浏览器与 Boa 服务器间的数据传输关系图.

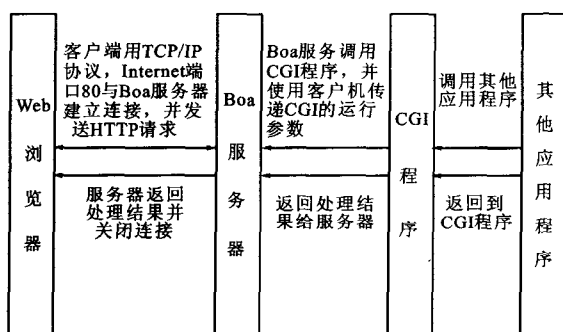


图2 浏览器与 Boa 服务器间的数据传输关系图

客户端通过 Web 浏览器向服务器发送 HTTP 请求消息, Boa 服务器守护进程接收到该请求后, 就创建一个 CGI 子进程. 该 CGI 子进程将 CGI 请求的有关数据设置成环境变量, 在 CGI 程序与服务器间建立两条数据通道(标准 I/O). CGI 解码对获取的诸多环境变量进行分析, 例如分析帐号和密码是否正确, 或是对应 GPIO 的寄存器变量值等, 得到支持 CGI 程序运行的必要信息, 然后启动 URL 指定的 CGI 程序, 实现系统相应的功能. CGI 输出部分, 即将运行的结果返回服务器, 最终返回给客户端.

3.3 基于串口数据通信的开发

在嵌入式 linux 系统中访问串口设备要把串口看作是一个设备文件, 用户可以使用文件操作函数实现对串口的的基本操作, 如用 `open()` 函数打开串口.

```
if((fd=open_port(fd,2))<0){
    perror("open_port error");
```

```
return; }
```

对串口的设置包括波特率设置、奇偶校验位、停止位和模式设置. 串口 1 和串口 2 分别与观测站(气象仪)和 GPRS/GSM 模块连接. 以下是对串口 1 的设置:

```
if((i=set_opt(fd,115200,8,'N',1))<0){
    perror("set_opt error");
    return; }
```

在读串口程序中使用 `select` 函数实现多路复用式串口读写^[6]. 操作完成后用 `close()` 函数关闭串口.

3.4 基于 GSM 网络监控收发短信程序的开发

对 GSM 模块短信息格式的设定、传送给回报的打开, 以及短消息的读取和删除等是通过 AT 指令完成的^[7]. AT 指令都是以 AT 开始, $\langle CR \rangle$ 结束, 而 AT 指令回应的开始与结束都是以 $\langle CR \rangle$ 结束, 这是串口编程接收数据与发送数据标志. 如果 AT 命令的语法有错误, GSM 就返回 ERROR^[8].

```
strcpy(str, "AT+CMGF=1\r"); //设置短信格式为字符格式
```

```
strcpy(str, "AT+CSMP=33\r"); //打开传送给回报
```

```
strcpy(str, "AT+CNMI=2,1\r"); //提供新信息提示, 以及传送给回报的功能
```

通过 GSM 网络监控收发短信程序的开发, 提前设定查询信息的各种命令例如:

```
const char *cmd_ms = "m"; //环境信息查询命令
```

用手机发送以上命令后, 设定的程序会提取发送短信的手机的电话号码, 这样就能以短信的形式向用户返回所需的各种信息.

```
for(j=0; j<16; j++) //提取发送短信的电话号码
```

```
tel[j] = str[k+j];
tel[16] = '\0';
printf("tel= %s\n", tel)
```

3.5 基于 USB 摄像头图像采集的开发

Video4Linux(简称 V4L)是 Linux 内核为电视捕获卡和并口及 USB 口的摄像头提供统一的接口函数. 本文主要针对 USB 摄像头设备文件 `/dev/video0`, 进行视频图像采集方面的程序设计, 其流程如图 3 所示.

根据 Video4linux 定义数据结构 `v4l`. Linux 系统把设备看成设备文件, 在用户空间可通过标准的

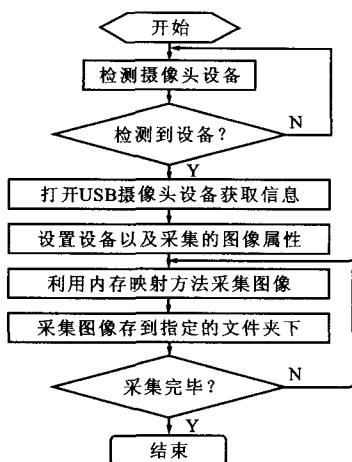


图3 图像采集流程图

I/O 系统调用函数操作设备文件,以达到与设备通信交互的目的.在摄像头设备驱动中提供了对这些函数的相应支持,故通过 `v4l` 数据结构,在进行图像采集和处理的过程中可以方便地对摄像头进行各种操作.调用相关函数就可以采集到图像原始数据.

对图像的采集采用内存映射法,即用 `mmap()` 系统调用使得进程之间通过映射同一个普通文件实现共享内存.普通文件被映射到进程地址空间后,进程可以向访问普通内存一样对文件进行访问,不必再调用 `read()`, `write()` 等操作.采用共享内存通信的一个显而易见的好处是效率高,因为进程可以直接读写内存,而不需要任何数据的拷贝.

4 系统运行效果

该监控主页面左侧显示有四个模块中,点击‘观测站远程环境信息监测系统’,能方便实时的查询现场的环境状态,如图4所示.

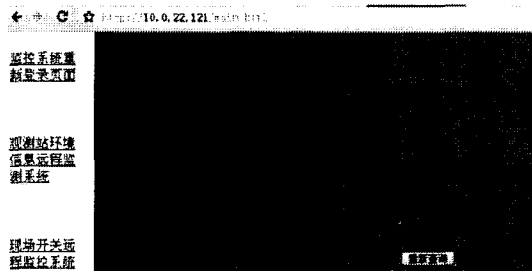


图4 环境信息显示页面

点击‘现场开关的远程监控系统’,可以控制三个开关量的开关,并能查询它们当前状态,设置监控页面每隔15秒动态刷新一次.点击‘现场图像信息远程采集与监视系统’,将远程采集的现场图像信息显示给客户端.

手机用户可以根据开发程序中设定好的命令,发送短消息实现远程监控.例如:发送‘m’到 GSM 模块的 SIM 卡中,即可返回现场的环境信息;发送‘naw’或‘faw’可打开或关闭 LED1 并且以短信的形式返回现场三个开关量 LED 的状态.

5 结束语

本课题基于 S3C2410 平台和 Linux 操作系统,设计实现了一个多功能嵌入式远程信息采集与监控系统.通过 Internet 及 GSM 双网络实现了对大型光电望远镜设备所在环境信息、图像信息以及对现场一些开关量的远程监控.本系统强大的网络功能不仅能实现跨地域的信息访问,而且利用网络低廉的通信费用给基于 ARM-Linux 嵌入式的大型光电望远镜设备的监控诊断以及维护带来了全新的活力和更高的效益.

参考文献:

- [1] S3C2410X 32 - Bit RISC Microprocessor user's manual [S]. Samsung Electronics, 2003.
- [2] 李俊. 嵌入式 linux 设备驱动开发详解[M]. 北京:人民邮电出版社, 2008: 366 - 368.
- [3] 董炜, 杨士元. 嵌入式 Internet 与家庭网关技术[J]. 计算机应用研究, 2005(6): 223 - 224.
- [4] 孙天泽, 袁文菊. 嵌入式设计及 Linux 驱动开发指南—基于 ARM9 处理器[M]. 北京:电子工业出版社, 2007: 7 - 12.
- [5] 何鹏举, 戴冠中, 傅磊, 等. 远程网络化测控系统研究与实现[J]. 微电子学与计算机, 2006, 23(7): 196 - 199.
- [6] 华清远见培训中心. 嵌入式 Linux C 语言应用程序设计[M]. 北京:人民邮电出版社, 2007: 256 - 268.
- [7] 韩冰, 李芬华. GPRS 技术在数据采集与监控系统中的应用[J]. 电子技术, 2003(8): 27 - 29.
- [8] 郑文刚, 赵春江, 王纪华. 手机短信(SMS) 在环境监测中的应用[J]. 计算机工程与科学, 2004, 26(11): 101 - 102.

作者简介:

毕国玲 女, (1981 -), 硕士研究生. 研究方向为基于嵌入式的远程监控技术.

陈涛 男, (1965 -), 研究员. 研究方向为光电精密跟踪测量技术.

王建立 男, (1971 -), 研究员. 研究方向为空间目标探测技术和地基高分辨率成像光电望远镜总体技术的.

阴玉梅 女, (1960 -), 高级实验师. 研究方向为电磁兼容性.