

# 基于 GPRS/SMS 的嵌入式环境监测系统

李秀红<sup>1</sup>, 黄天戌<sup>1</sup>, 孙忠富<sup>2</sup>, 肖春华<sup>2</sup>

(1. 武汉大学 电子信息学院, 武汉 430072; 2. 中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

**摘 要:**为解决我国农林业对环境监测的现实需求,研制了基于 GPRS 和 SMS 技术的嵌入式无线远程环境监测系统。本系统经过反复实验运行,具有以下优点:①解决了农业环境远程监测中存在的“最后一公里”的问题;②前端监测部分集成在一个电路板上,体积小、占用空间少、对放置环境没有特别的要求;③在硬件的选择和设计中考虑了嵌入式系统的安全问题;④系统可以自动重启,不需要人工干预;⑤适用于多传感器的信息监控系统;⑥通过 WEB 发布技术的应用,用户可以通过 INTERNET 随时了解到各种环境信息;⑦用户可以通过手机短信了解现场实时环境参数和超额情况。

**关键词:**自动控制技术;  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ ; 核心板; 嵌入式操作系统; WEB 发布系统

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-5497(2007)06-1409-06

## Embedded environment monitoring system based on GPRS and SMS

Li Xiu-hong<sup>1</sup>, Huang Tian-shu<sup>1</sup>, Sun Zhong-fu<sup>2</sup>, Xiao Chun-hua<sup>2</sup>

(1. School of Electronics and Information, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. Institute of Environment and Development in Agriculture, CAAS, Beijing 100081, China)

**Abstract:** An embedded wireless remote detection system for environment information based on GPRS and SMS was developed in order to satisfy the requirement of agriculture and forestry in China. After many experiments, it proved to be that the system possesses following advantages: the problem of last one kilometre that exists in the remote detection was solved; front detection part of the system was integrated in a circuit board with small in size and no special need for environment; System safety was considered by careful choice of components and hardware design with automatic restart; Multi-sensor and WEB publication can be used in the system for environment information; and user can know real time environment parameters through SMS from mobile telephone.

**Key words:** automatic control technology;  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ ; kernel board; embedded operation system; WEB publishing

我国农林业具有地域分散、对象多样、生物自身变异大、环境因子不确定等特点,也是受环境影响最明显的领域,因此对各种相关环境信息的监

测显得十分重要<sup>[1]</sup>。传统的农林业环境信息采集系统大都由模拟传感器采集数据,通过 A/D 转换,由 RS-485 总线传输数据接入 PC 机进行现场

收稿日期: 2006-10-08.

基金项目: “863”国家高技术研究发展计划项目(2003AA209040).

作者简介: 李秀红(1975-),女,博士研究生.研究方向:智能仪器和测控技术.

E-mail: lixiuhong2000\_student@sina.com

监测。这种数据采集方式无法适应实际存在的监测点分散、监测位置偏僻、站点无人值守、实施布线比较困难甚至无法实现等情况,因此在农林业环境的远程监测上存在的“最后一公里”问题仍然十分突出。基于公共网络(INTERNET,公共电话网等)的通讯技术在我国发展迅速,利用公共网络可以实现远程通讯的方法具有投资少、成本低、可靠性高、免维护等优点。将此技术与农林业的现实特点相结合,本课题组研制了基于 GPRS 和 SMS(短消息)技术的嵌入式无线远程环境监测系统。

## 1 系统结构

系统采用硬件和软件组合的设计方法。组合设计是指利用硬件元件和软件元件来完成计算系统的集成设计。硬件设计为一块核心板,主要完成对数据的采集、处理、存储、发送和报警等功能。软件由两部分组成,一部分为位于监测点核心板微控制器中的嵌入式操作系统—— $\mu\text{c}/\text{OS-II}$ ,整个核心板硬件由  $\mu\text{c}/\text{OS-II}$  来调度完成各项功能;另一部分为远端服务器软件,在这里实现各项环境参数的 WEB 发布。用户可以通过 INTERNET 登陆网站了解实时信息(见图 1)。

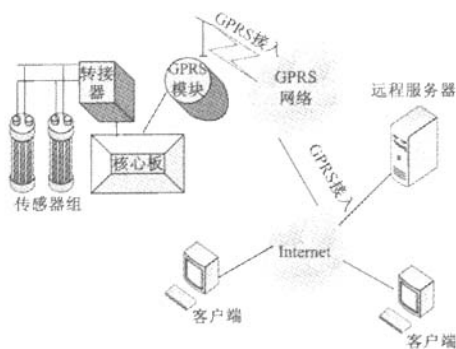


图 1 嵌入式无线远程环境监测系统结构

Fig. 1 The system structure of the Embedded Wireless Remote Environment Monitoring

## 2 系统的硬件部分

硬件部分的核心板由本课题组自行研制(见图 2)。由于监测点多处于野外气候环境比较恶劣的地方,若电路板不够精密,很容易受外界环境因素的影响而出现不稳定的情况,因此采用了多层工业级电路板。考虑到功能扩展的需要,设计

了相应的预留接口(图 2 中的阴影部分)。核心板设计有两个通用的 9 针 232 输入/输出串口,一个串口与 GPRS modem 连接,通过中国移动通讯网将数据发送到远端服务器,另一个串口通过转换器与传感器组相连,实现数据的采集。

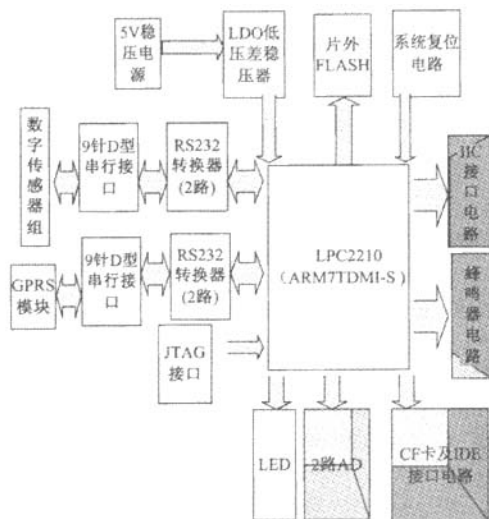


图 2 核心板结构

Fig. 2 The structure of the kernel board

微控制器选用 ARM7 系列芯片 LPC2210<sup>[2]</sup>,它有 16 KB 片内静态 RAM,通过外部存储器接口可以将外部存储器配置成 4 组,每组的容量高达 16 Mb,可满足  $\mu\text{c}/\text{OS-II}$  的移植要求。特别要指出的是,ARM 处理器在芯片设计中采用了安全性的设计方法,因此选用 ARM 处理器对于实现网络化的嵌入式系统的安全是十分重要的,这一点经常被忽略<sup>[3]</sup>。

本系统在核心板上设计了系统自动复位电路(见图 3)<sup>[4]</sup>。ARM 芯片的高速、低功耗、低工作电压容易导致其噪声容限低,因此对电源的纹波、瞬态响应性能、时钟源的稳定性、电源监控的可靠性等诸多方面提出了更高的要求。本系统设计在复位电路中采用带 IIC 存储器的电源控制芯片 CAT1025JI-30(复位门槛电压为 3.3~3.15 V)以提高系统的可靠性。信号 RST 连接到 LCP2210 芯片的复位脚,当复位按键 RST 按下时,CAT1025JI-30 的复位引脚立即输出复位信号,使 LPC2210 芯片复位。

## 3 系统的软件部分

本系统在充分利用 RTOS 优点的基础上,在

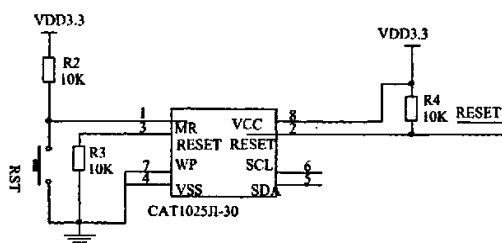


图3 系统复位电路

Fig. 3 The reposition circuit of the system

核心板上的微控制器中移植了嵌入式操作系统—— $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 。在实现的过程中发现,在解决多传感器接入、SMS发送等功能时,这确实是一个很好的方法。

### 3.1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的移植

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$  是一个源代码开放的实时操作系统,可移植,可固化(嵌入到产品中去成为产品的一部分),可裁减,其内核是占先式的,总是执行就绪态的优先级最高的任务<sup>[5]</sup>。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  可以管理64个任务,目前这个版本保留8个任务,应用程序最多可以有56个任务;它支持现有的大多数型号的8位、16位、32位的MCU/MPU,对硬件的要求比较低,其目标代码最小可以剪裁到小于2 K字节,数据RAM空间小于4 K字节。

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$  的移植是一个重点和难点<sup>[5]</sup>,此处仅将编程中对多任务的处理技巧进行简单介绍。嵌入式操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  提供了流水灯的功能,在程序中可以用来判断电路板是否正常工作,即让流水灯和采集任务每分钟运行一次。值得注意的是,流水灯和采集任务运行得太频繁,延时就容易出现问題。为了避免出现任务无法正常调度或是程序运行不精确的情况,在设计各个任务时要计算出任务中间花费的时间,比如流水灯任务本来是安排一分钟运行一次,但其在运行的过程中已经耗费掉10 s,所以最后只用OSTimeDlyHMSM(0,0,50,0)就可以精确确定流水灯一分钟运行一次,其他的任务依次类推。

本系统中的优先级是这样定义的:①实现在线显示的流水灯的优先级设为最高;②实际运行过程中要求数据的采集按照一定的顺序进行;③使用互斥型信号量防止公共资源使用冲突和优先级反转。如在使用串口这个公共资源的时候,为了解决可能出现的资源的共享与冲突的问题(比如两个任务同时向串口发送数据或者是同时从串口读取数据,就可能出现乱码和一些预想不到的

后果),同时为了防止出现优先级反转,就要使用互斥型信号量。虽然流水灯和发送数据任务不满足互斥条件,但是考虑到设定的时间间隔一到就要马上发送数据,所以在这两个任务中都使用了同一个互斥型信号量。

采集任务的实现过程中也有一些值得注意的地方,下面以湿度传感器的采集任务为例来说明。在本系统中串口的初始化和读写串口数据采用的是状态查询法来实现的。由于传感器本身的不够精确或是其他外界因素的影响,读传感器时命令发出去以后,传感器不返回任何应答的几率比较大,因此就很有可能出现采集为空的情况,如果为空,那么发送数据也为空,这时候程序就出现了死循环。解决的办法是将信号的值定义为全局变量,如果在某次的采集中采集为空,那么在相应的信号的转换函数中进行判断,直接返回相应的全局变量,把上次的值赋给它就可以解决了。

```
char s1[5]={0,0};
//s1 为全局变量,空气湿度的值。初始化为0;
int shiducaijizhuanhuan(char *p1,char str2[5])
//空气湿度的转换函数
{ for(i=0;i<=3;i++)
{ if((p1[i]>'9')|| (p1[i]<'0'))
//判断如果传感器返回的是乱码或者是空
return *s1;
//直接返回s1,将上一次的值赋给s1
.....
else if(p1[0]=='0' && p1[1]=='0' && p1[2]=='0')
{
str2[0]=p1[3];
.....
}
```

通过这种机制,既可以确保程序的正常运行,又可以保证数据的发送是比较精确的,至少是最接近的(最多也就是前一两次,即为前一分钟或者两分钟的数据,因为数据采集10次才发送1次)。

### 3.2 多传感器接入的实现

在实现无线远程农林业环境监测系统时还要解决一个突出的问题,即多传感器接入的问题。这是因为需要了解的环境数据很多,需要不同的传感器来提供数据。以前通常采用多路复用技术,用硬件来实现多传感器接入,这种技术在实际使用中存在的问题。例如,输出准确度可能会由于多路复用器的内部阻抗而大大下降,又如在传感器接入时的交换容易出现问題(在传感器

较多时间问题尤其突出)等等。

本系统利用嵌入式操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  可以管理多任务的特点,将每个传感器作为一个任务来管理,在实际中取得了很好的效果。以温度、湿度和  $\text{CO}_2$  的数字传感器的采集做为  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  的三个任务。在服务器接收端的软件要求底层软件将每一次采集到的所有数据打包,然后按照定义的格式发送,再将接收到的数据进行解析处理后存到现有的数据库或者是自动重新生成数据库,所以发送数据要占用一个任务。另外,考虑到系统的在线显示,即片外 FLASH 中的程序运行,因此添加一个另外的任务,即流水灯工作任务。以下是经实验通过的  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  调度的部分源代码,包括任务的建立和  $\text{CO}_2$  采集任务实现过程。

```
OS_STKTaskStk0 [TaskStkLengh];
//定义用户任务 0 的堆栈;
OS_STKTaskStk1 [TaskStkLengh];
OS_STKTaskStk2 [TaskStkLengh];
OS_STK TaskStk3 [TaskStkLengh];
OS_STK TaskStk4 [TaskStkLengh];
int main (void)
{
    OSInit ();
    //操作系统初始化函数;
    OSTaskCreate (liushuideng, (void *) 0,
    &TaskStk0[TaskStkLengh - 1],3);
    //建立 liushuideng 任务,优先级为 3;
    OSTaskCreate (wenducaiji,(void *) 0, &TaskStk1
    [TaskStkLengh - 1],4);
    OSTaskCreate (shiducaiji, (void *) 0, &TaskStk2
    [TaskStkLengh - 1],5);
    OSTaskCreate (co2caiji, (void *) 0, &TaskStk4
    [TaskStkLengh - 1],6);
    OSTaskCreate (shujufasong, (void *) 0,
    &TaskStk3[TaskStkLengh - 1],7);
    USEPORTMutex=OSMutexCreate(2,&err);
    //建立互斥型信号量;
    OS Start (); //多任务系统运行;
    return 0;
}
Void co2 caiji(void *pdata)
//CO2 采集任务实现函数;
{
    INT8U err;
    char const snd[]="CD03\r";
    char strget[9];
    pdata = pdata;
```

### 3.3 GPRS 接入 Internet 的软件实现

本系统采用的 GPRS modem 是一款内嵌 TCP/IP/PPP 协议的无线传输模块,无须在 ARM 板内移植通讯协议,这极大地缩短了开发周期。GPRS modem 适用于在 GSM 网络下实现各种无线业务,其中主要包括电话、短信、GPRS 无线上网等业务<sup>[6]</sup>。

在具体的实现过程中可能会出现 GPRS modem 通过无线网络与远程服务器的连接时不稳定或掉线等情况,因此在编写程序时需要做一些处理(见下面的程序),以保证连接和通讯处于正常和规范的状态。

建立 TCP 连接的过程中要考虑到每一步可能会出现的情况,比如设备没有连接好、网络信号质量不高引起连接失败等。因此在程序设计时要做到两点:①在 modem 依附到网络、启动 GPRS 连接以及开启与上位机的通讯等过程中从发送指令到接收指令之间要有一定的等待时间;②所有的步骤中,需要判断从串口返回的字符串是不是表示 ERROR,如果是,则再发送一次该指令,再次对返回的字符串进行判断,如果显示操作成功,则进入下一步,否则第三次发送该指令,第三次判断后如果还是显示操作失败,则放弃本次 TCP/IP 的连接。

由于两次发送数据之间有一定的时间间隔,在此期间也有可能因为一些因素造成连接关闭,因此在程序的编写过程中,作者采用每发送一次数据后自动让连接关闭,下次要发送数据时重新进行 TCP 的连接机制。这样就避免了数据采集成功而发送不成功的隐患。

```
char str4[]="AT+CGATT=1\r";
char str5[]="at #connectionstart\r";
char * test="K";
char strget[100];
char str8[]="at #otcp=1\r";
//部分字符串的定义
void gprslanjie(void *pdata)
//Q2406B 接入 Internet 的任务
{
    .....
    while (1)
    {
        .....
        uart1_sendstr(str4);
        //进入 TCP 连接的第五步
        OSTimeDly(OS_TICKS_PER_SEC * 6);
```

```

//延时等待串口返回数据
uart1_getstr( strget,16);
//串口1接收 Q2406B 返回的字符串
value=strstr(strget,test);
//判断返回字符串中是否有“OK”,有则表示连接成功
if(value != NULL)
//第一次连接如果成功
{ uart1_sendstr(str5);
//进入下一步
U1FCR=0X07;}
//串口要及时清空,避免出现乱码
else if(value == NULL)
//第二次连接及判断
OSTimeDly(OS_TICKS_PER_SEC);}
//三次判断后连接不成功则进行任务的下一次调度,退出本次连接
}.....}
void shujufasong(void *pdata)
{ .....}
while (1)
{ OSMutexPend(USEPORTMutex,0,&err);
//等待互斥性信号量
uart1_sendstr(data);
//data 为采集到的数据,按照接收软件及数据库定义的格式定义
.....}
uart1_sendstr(str8);
//再次发送第九步 AT 指令,自动关闭连接
OSMutexPost(USEPORTMutex);
//释放互斥性信号量
.....} }

```

### 3.4 SMS 功能的实现

在系统的实现过程中,还要考虑一些特殊情况的出现。例如环境参数超过了允许的范围,这时除了监测点的核心板蜂鸣器报警,本系统还设计了以短消息的形式将数据发送到用户的手机上。同时也可以定制短消息,即设定每隔一段时间向手机发送实时数据。

目前,共有 3 种方式来发送和接收 SMS 信息:Block Mode、Text Mode 和 PDU Mode<sup>[7]</sup>。其中 Block Mode 已很少被使用;PDU Mode 虽然可被所有的手机支持,可使用任何字符集,但由于它是基于 UCS2 编码的,其编码方式是将每个字符(1~2 个字节)按照 ISO/IEC10646 的规定,转变为 16 位的 Unicode 宽字符,若系统有 Windows2000/XP 操作系统,则可以通过简单的

调用 API 函数实现编码和解码,但是如果没有这样的操作系统支持,比如用单片机控制手机模块收发短消息,则只能用查表法解决。Text Mode 为纯文本方式,可以使用不同的字符集,主要用于欧美地区;从技术上说也可以发送中文短消息,但是国内手机基本上不支持。所以发送到手机中的短消息为英文。本系统采用 Text Mode。

在编程中还要注意,在发送短消息之前必须保证 GPRS 已经与网络断开,未处在数据发送状态。所以设计时是在数据发送完成,并且与网络断开后再考虑发送短信息任务。下面以温度超过 35℃ 发送短信息为例,程序流程图如图 4 所示。

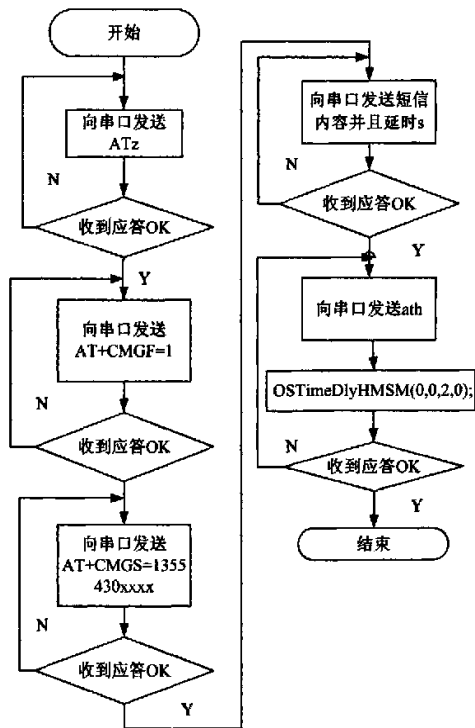


图4 SMS 软件实现流程图

Fig.4 Flow chart of the software realization of SMS

### 3.5 WEB 发布功能的实现

本系统服务器端程序使用 Microsoft Visual C++6.0 开发,它提供了完善的对 Winsock 的支持<sup>[8]</sup>。

在  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  的调度下,采集的实时数据由 TCP/IP 协议栈打包,并通过 GPRS 的路由接入 INTERNET,呼叫远程服务器的固定 IP 地址以及端口号;远程服务器收到请求以后,无误则响应并建立连接,然后拆包并将数据存入 SQL server

数据库中,实现数据存储。在此采用 ASP.NET 技术实现动态网页发布,在该页面实现实时数据的显示,并提供历史数据的查询。用户操作则通过客户端浏览器(Browser)访问该页面,输入相关查询的参数,查询实时数据或者历史数据,服务器对浏览器的数据提交请求进行处理,即进行数据分析计算、数据库存取、动态页面生成等工作;最后 Web 服务器将模型运行结果返回到客户端浏览器。从而实现了无线远程温室环境监测系统底层网络与信息发布上层网络的无缝连接。

### 3.6 实验结论

本系统以温室环境为例,在中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所经过连续的调试运行,数据准确,运行正常。用户通过 INTERNET 可以浏览到的远程温室环境查询系统的网页如图 5 所示。



图 5 通过 INTERNET 可查询的网页

Fig. 5 The webpage can be queried by the Internet

## 4 结束语

移动通讯业务在我国已经发展相当成熟。在本系统的研制过程中将其与嵌入式无线远程环境监测系统结合起来,是与农林业的信息分布特点相符合的。在具体的实现过程中,发现如再增加其他模块,例如 RS(遥感)、GIS(地理信息系统)

等,就可以真正地使农林业监测系统得到根本性的改观。这就需要将空间技术、传感器技术、通讯技术和计算机技术等紧密结合起来。在开发中要注意,农林业的应用中有着很多特殊性和复杂性的问题需要解决。很显然,这一领域还有很多工作要做,也需要有更多的科技人员投身其中。无疑这是一个具有很好发展前景的研究方向。

### 参考文献:

- [1] 李秀红,孙忠富,黄天成. 嵌入式系统在基于 Web 的农业信息获取技术中的应用探讨[J]. 农业网络信息, 2005,12:34-37.
- [2] Li Xiu-hong, Sun Zhong-fu, Huang Tian-shu. Study on application of embedded system for the agricultural information acquisition based on Web[J]. Agriculture Network Information, 2005,12:34-37.
- [3] 周立功. 深入浅出 ARM7-LPC213X/214X[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [4] Ravi S. Challenges in designing secure embedded systems[C] // ACM Transactions on Embedded Computing Systems (Special Issue on Security), 2004.
- [5] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [6] Jean J Labrosse. MicroC/OS-II: The Real-Time Kernel (2nd Edition) [M]. Published by CMP Books, CMP Media LLC, 2002.
- [7] Theodore S Rappaport. Wireless communications; past events and a future perspective[C] // IEEE Communications Magazine, 50th Anniversary Commemorative Issue, 2002:150-153.
- [8] 龚建伟,熊光明. Visual C++/Turbo C 串口通信编程实践[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [9] Li Xiu-hong, Sun Zhong-fu, Huang Tian-shu. Embedded wireless network control system; an application of remote monitoring system for greenhouse environment[C] // (CESA'2006) Volume II (Fuchun Sun and Huaping Liu eds). Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 1719-1722.