

# 基于无线传感器网络的温室环境监测系统\*

李莉 李海霞 刘卉

(中国农业大学现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室, 北京 100083)

**【摘要】** 简述了一种结合嵌入式技术、无线传感器网络技术的温室环境信息采集与监测系统设计方案。系统控制终端基于 ARM9 和嵌入式 Linux 操作系统进行设计,用于温室环境数据的接收、实时显示和存储,通过 GPRS 方式实现与远程管理中心的通信。温室环境数据的采集利用无线传感器网络完成,可采集温室温度、湿度、CO<sub>2</sub> 含量、光照强度,基质温度和湿度等 6 通道参数信息。无线传感器网络的成功应用解决了传统温室使用有线方式布线繁琐的问题。

**关键词:** 温室环境监测 无线传感器网络 ARM9 Linux GPRS

**中图分类号:** S625.5; TN919.72 **文献标识码:** A

## Greenhouse Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor Network

Li Li Li Haixia Liu Hui

(Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

### Abstract

In recent years, energy saving technology becomes more and more important in greenhouse in the world, due to the higher price of energy. Many greenhouse producers changed their produce mode and made the strategies more flexible. Wireless sensor network (WSN) is increasingly popular in the field of environmental monitoring due to its promising capability. WSN offers permanent online access to the environmental condition. The system integrated embedded technologies, GPRS and wireless sensor network. The large amount of data of greenhouse environment is acquired, and then communicated by the wireless sensor network. The design gives a new way to collect the data of environment instead of the traditional way using wires.

**Key words** Greenhouse environment monitoring, Wireless sensor network, ARM9, Linux, GPRS

### 引言

传统温室环境监测系统布局大多为有线通信方式,如现场总线、集散控制总线等,布线繁琐,不利于系统布局变动和维护<sup>[1~2]</sup>。用无线传感器网络构建监控系统,具有部署方便、成本低廉等优势,可以有效实现环境信息的采集和传输,及时调整管理策略,保证作物生长处于最佳状态,为温室环境参数检测提供一种新颖的、低成本的解决方案<sup>[3~4]</sup>。在控制器方面,基于工业控制机的温室监控系统成本较

高,不易推广;基于单片机的温室监控系统虽然成本低,但是功能有限。嵌入式系统的迅速发展,为温室监控系统的开发提供了新思路。

本系统结合嵌入式技术与无线传感器网络技术,实现温室作物生长环境的温度、空气相对湿度、土壤湿度、CO<sub>2</sub> 含量以及光照度等环境因子的实时数据获取,并对这些数据进行实时显示、存储、分析和处理,实现对温室内作物生长的各种环境参数的控制,达到现代化管理、精准化作业和获取更高效益的目的。

## 1 系统构成

温室环境监测系统由温室控制器、无线传感器网络和远程管理中心 3 部分组成,如图 1 所示。系统在温室中的现场布置如图 2 所示。

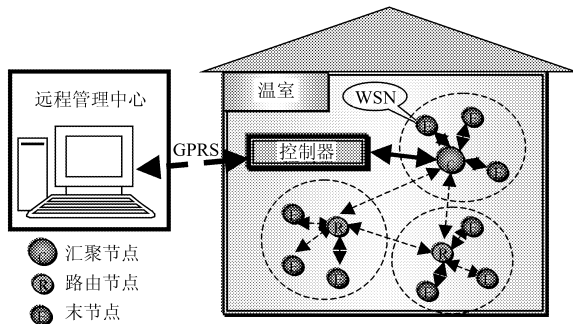


图 1 系统结构示意图

Fig.1 Structure of the system

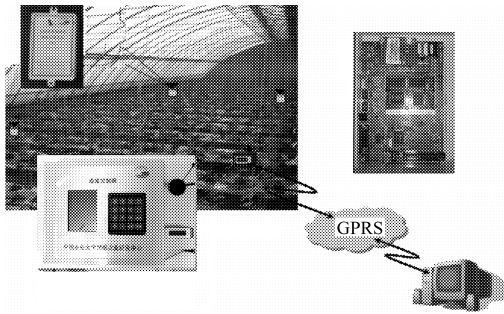


图 2 温室现场安装示意图

Fig.2 System install in greenhouse

系统控制器基于 ARM9 处理器进行开发,软件基于 Linux 开源操作系统和 MiniGUI 图形系统,实现温室环境参数的采集、传输、显示和存储功能。无线传感器网络构建选用了 ZigBee 协议<sup>[5]</sup>。ZigBee 协议具有低功耗、低成本、网络容量大等优点。网络节点包括汇聚节点、路由节点和末节点 3 类,各执行不同的任务。ZigBee 协议下的无线传感器网络最多可以有 65 535 个节点。本研究选用 Jennic 公司的 JN5121 模块系列开发 1 个汇聚节点、2 个路由节点和 9 个末节点。每个传感器节点由传感器模块、处理器模块、无线通信模块和能量供应模块 4 部分组成。所有节点都具有采集功能,将采集到的数据通过路由节点,或直接发送到汇聚节点,汇聚节点通过串口发送到控制终端。执行机构通过 CAN 总线连接到系统中,构成控制网络,使得增加、拆除执行机构都非常方便。无线传感器网络节点可采集空气温度、相对湿度、CO<sub>2</sub> 含量和土壤湿度,也可以根据需要添加其他传感器。控制终端和执行机构都作为 CAN 总线上的节点互相通信。最后,系统通过 GPRS 无线通信方式与远程管理中心进行数据通信与信息交互,实现对温室环境参数的远程监控。

## 2 系统硬件

系统选择基于 ARM920T 内核的 16/32 位 RISC 嵌入式微处理器 S3C2410。ARM920T 核有 ARM9TDMI、存储管理单元(MMU)和高速缓存 3 部分组成。系统控制终端部分采用核心板和底板的硬件设计方法,核心板集成了 Samsung 的 S3C2410 处理器(32 位 ARM920T 内核),16 M 的 FLASH 和 64 M 的 SDRAM, JTAG - ICE 调试接口等。核心板的资源有:2 个 UART,1 个 USB 口,数据线和液晶显示屏接口。底板包括电源电路、各种接口电路、触摸屏、小键盘、USB 存储电路等。系统硬件结构如图 3 所示。

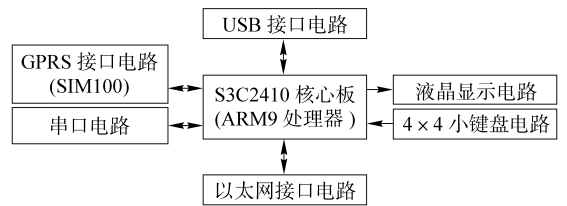


图 3 温室控制器硬件结构

Fig.3 Hardware structure of controller

电源电路为温室控制器各部分提供所需的电源。整个温室控制器需要的电压为:3.3、4.2、5.0 V。选用的芯片为 LT1764 和 MIC29302。其中 LT1764 分为可调节和不可调节 2 种,分别提供 3.3 V 和 5.0 V 的电压。MIC29302 提供 4.2 V 的电压。5.0 V 的电压主要用于液晶显示电路、USB 电路,4.2 V 的电压用于 GPRS 电路,其余的电路使用 3.3 V 的电压。核心板的电源为 3.3 V,也来自底板,而 S3C2410 内核电压和 I/O 电压分别要求 1.8 V 和 3.3 V,因此在核心板上利用 AIC1117A 将底板提供的 3.3 V 电压降为 1.8 V,提供给处理器内核使用。

串行接口的功能是作为 CPU 和串行设备间的编码转换器。串口是系统资源的一部分,S3C2410 的通用异步接收和发送装置(universal asynchronous receiver and transmitter,简称 UART)提供 3 种独立的异步串口。每个串口包含 1 个波特率发生器、1 个发送器、1 个接收器和 1 个控制单元。温室控制器使用了核心板提供的 2 个串口资源。根据设计要求,2 个串口都设置为标准的 RS-232 口。其中,串口 1 除具有普通串口的作用外,还承担无线传感器网络通信的任务,又作为嵌入式系统的调试终端。由于核心板提供的是 TTL 电平,所以使用 MAX3232 芯片将电压转换为符合 RS-232 标准的电压。核心板提供的另一个串口用于连接 GPRS 模块。

GPRS 接口电路与通信模块 SIM100 连接。

SIM100 是 GSM/GPRS 双频模块,主要为语音传输、短消息和数据业务提供无线接口。SIM100 集成了完整的射频电路和 GSM 的基带处理器,适合于开发一些 GSM/GPRS 的无线应用产品。SIM100 模块为用户提供了功能完备的系统接口,因此有利于缩短开发周期,降低成本。温室控制器中的 GPRS 模块主要侧重于模块的控制系统开发。

液晶显示、小键盘电路作为人机接口电路方便了用户对温室控制器的操作。S3C2410 内置 LCD 控制器,它支持 STN LCD 和 TFT LCD 2 个系列的显示屏,包括 16 级灰度的单色和 64k 种颜色的彩色。温室控制器液晶显示模块选用夏普 LQ035Q7DB02,屏宽 89 mm,分辨率 240 × 320,为 TFT LCD 屏 16bit 无调色板彩色工作模式。

S3C2410 有 2 个 USB 接口,1 个主机接口,1 个主从复合接口。温室控制器的 USB 设备主要是为了利用 USB 存储设备对采集到的数据进行保存,以方便随时可以从温室现场提取数据,并且防止因系统故障造成数据丢失。根据需求,将 USB 口设计为主机接口。

### 3 系统软件

#### 3.1 温室控制器软件

温室控制器作为一个嵌入式系统,软件主要包括嵌入式操作系统和嵌入式应用软件。嵌入式操作系统管理存储器分配、中断处理及任务调度等。支持嵌入式应用的系统软件包括底层驱动程序、系统内核、设备驱动接口、通信协议和图形用户界面(GUI)等。嵌入式操作系统对硬件进行抽象,提供库函数、驱动程序和开发工具等,在系统实时性、硬件依赖性、软件固化性以及应用专用性方面更具特色。

采用交叉编译的办法实现设备的开发。首先在一台 PC(宿主机 Host)上安装 Linux 操作系统。开发时使用宿主机上的交叉编译、汇编及链接工具形成可执行的二进制代码。这种可执行代码并不能在宿主机上执行,而只能在开发板(目标板 Target)上执行。因为编译器、链接器等都是针对开发板上的 CPU,PC 机上的处理器不支持其指令。生成的可执行二进制代码下载到目标板上运行。

应用程序主要实现温室环境因子数据的采集、处理、显示、传输和存储。数据的显示选用 MiniGUI 图形系统。图 4 为系统功能框图。

#### 3.2 无线传感器网络软件

无线传感网络应用需要较低的传输延时和极低的功率消耗,以延长电池使用寿命。ZigBee 具有高通信效率、低复杂度、低功耗、低速率、低成本、高安

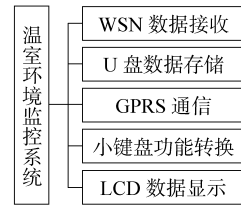


图 4 温室控制器系统功能框图

Fig. 4 Block diagram of controller function

全性以及全数字化等诸多优点,使其适合应用于无线传感器网络。

Jennic 公司是 ZigBee 联盟成员,为支持 JN5121 模块系列的应用开发,基于 ZigBee 技术标准推出专门的编译开发平台 CodeBlock 以及 IEEE 802.15.4 和 ZigBee 协议堆栈。CodeBlock 是一款功能强大的免费集成开发环境,自动配置了 Jennic JN5121 编译器。ZigBee 堆栈软件包有 Jennic 软件运行的基础操作系统(BOS)和应用程序接口(API)函数库,可以很方便地进行编程设计。

传感器网络中不同类型的节点,其上运行的板载应用程序略有不同。汇聚节点内嵌的 JN5121 模块作为 ZigBee 协调器,主要负责配置网络参数、启动网络并维持网络正常工作。为了满足网络覆盖,同时尽可能降低网络能耗和节约成本,少量传感器节点充当路由器,完成传感器数据采集和路由由其他设备数据到协调器的功能,而大部分传感器节点作为终端设备,只采集传感器数据并发送给附近的路由器或协调器。在应用程序设计时根据实现功能,调用 ZigBee 协议栈对应的 API 应用编程接口函数。

#### 3.3 远程管理软件

温室环境监测系统的节点层与管理层之间采用 GPRS 远程数据通信方式,管理中心即为一台具有公网 IP 地址的计算机。管理中心的主要功能是监测温室现场各项设备及环境参数动态变化,并根据数值处理和分析给出控制决策,是管理者与生产现场之间的纽带。因此,管理软件需要友好的人机界面和丰富的数据显示和处理功能,其基本功能如图 5 所示。

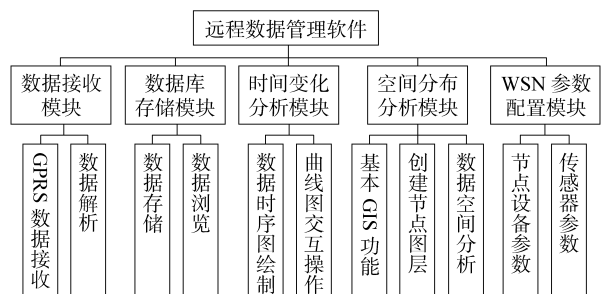


图 5 远程数据管理软件功能模块图

Fig. 5 Block diagram of remote data management system

## 4 结束语

结合无线传感器网络技术对温室环境监测系统的软、硬件进行了设计, 实现温室作物生长环境的

温度、相对湿度、CO<sub>2</sub> 含量及其他参数的远程实时监控和管理, 为温室现代化生产管理提供了一种可行、适用、成本相对较低的解决方案。

### 参 考 文 献

- 1 李莉, 张彦娥, 汪懋华, 等. 现代通信技术在温室中的应用[J]. 农业机械学报, 2007, 38(2): 195~200.  
Li Li, Zhang Yan'e, Wang Maohua, et al. Communication technology for sustainable greenhouse production[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(2): 195~200. (in Chinese)
- 2 王风云, 赵一民, 张晓艳, 等. 基于分段控制策略的温室智能测控系统设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(5): 178~181.  
Wang Fengyun, Zhao Yimin, Zhang Xiaoyan, et al. Intelligent measure-control system design based on sectional-control strategy in greenhouse[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(5): 178~181. (in Chinese)
- 3 赵海, 赵杰, 刘铮, 等. 一种无线传感器网络节点的设计与实现[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2009, 30(6): 809~812.  
Zhao Hai, Zhao Jie, Liu Zheng, et al. Design and implementation of a wireless sensor network node[J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2009, 30(6): 809~812. (in Chinese)
- 4 李栋, 张林, 徐保国. 无线温室信息监测系统的设计[J]. 微计算机信息, 2009, 25(3~2): 38~39, 63.  
Li Dong, Zhang Lin, Xu Baoguo. Design of wireless surveillance system in greenhouse[J]. Microcomputer Information, 2009, 25(3~2): 38~39, 63. (in Chinese)
- 5 Wang N, Zhang N Q, Wang M H. Wireless sensors in agriculture and food industry recent development and future perspective[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2006, 50(1): 1~14.
- 6 张荣标, 谷国栋, 冯友兵, 等. 基于 IEEE802.15.4 的温室无线监控系统的通信实现[J]. 农业机械学报, 2008, 39(8): 119~122, 127.  
Zhang Rongbiao, Gu Guodong, Feng Youbing, et al. Realization of communication in wireless monitoring system in greenhouse based on IEEE802.15.4[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(8): 119~122, 127. (in Chinese)

(上接第 243 页)

- 3 姚放吾. 嵌入式系统的硬件/软件协同设计[J]. 微计算机信息, 2001, 17(3): 1~3.  
Yao Fangwu. Hardware-software codesign of embedded systems[J]. Microcomputer Information, 2001, 17(3): 1~3. (in Chinese)
- 4 熊百可. 基于 ARM 的土壤温湿度检测器与 USB 数据收集器设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2008.  
Xiong Baike. ARM-based soil temperature and humidity detector and USB data collection design[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology, 2008. (in Chinese)
- 5 赵申, 蒋铃鸽. 基于 GPRS 的无线数据采集与传输终端[J]. 电子产品世界, 2004(15): 130~132.  
Zhao Shen, Jiang Lingge. Implementation of wireless data collection and transmission device based on GPRS[J]. Electronic Engineering & Product World, 2004(15): 130~132. (in Chinese)
- 6 李小昱, 肖武, 李培武, 等. 基于近红外傅里叶特征提取方法的土壤含水率检测[J]. 农业机械学报, 2009, 40(5): 64~67.  
Li Xiaoyu, Xiao Wu, Li Peiwu, et al. Near-infrared spectral detection of soil moisture based on feature extraction of FFT[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(5): 64~67. (in Chinese)