

魏 兴,祝诗平,黄 华,等. 基于 ZigBee 的烟草育苗大棚群环境参数无线监测系统设计[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):414-417.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.121

# 基于 ZigBee 的烟草育苗大棚群环境参数无线监测系统设计

魏 兴,祝诗平,黄 华,贺园园

(西南大学工程技术学院,重庆 400715)

**摘要:**我国重庆地区烟草育苗大棚多建在偏远山区农村,坐落在同一地点的多个大棚相对集中形成大棚群。为了对大棚群里每一个大棚的棚内空气温湿度、照度、棚外温度、基质温度以及水池温度等环境参数实现实时监测,设计一套基于 ZigBee 的烟草育苗大棚群环境参数无线监测系统。系统以单片机为主控制器完成信息的采集、处理和 GPRS 远程无线传输,在 KELL C51 和 IAR Embedded Workbench for MCS-51 7.51 A 上编写 ZigBee 无线自组网、信息数据的采集与处理、TCP 网络通信的 C 程序,并在 LabVIEW 2010 环境下编写系统上位机人机界面。系统可实现对烟草育苗大棚环境参数的采集、处理和无线传输,同时系统的上位机人机界面上可显示、存储数据并发布数据到 Internet 网络上。

**关键词:**ZigBee; GPRS; 烟草育苗; 大棚群; 环境参数; 无线监测; LabVIEW; 数据库

**中图分类号:** TP212.6; S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0414-04

烟草育苗是烟草栽培过程中一个非常重要的环节,培育出健壮、无病、适期、适龄、形体大小适宜的烟苗,在整个烟草种植过程中起很关键的作用<sup>[1]</sup>。例如,育苗播种后,温室内的温度须保持在 25℃ 左右,湿度应保持在 50%,这样的环境最适宜烟苗发育生长。因此,在烟苗生长过程中的管理至关重要,对育苗环境参数的监测成了育苗过程中一项必不可少的工作。

随着无线传感器网络技术的日益发展,近距离局域无线通信技术日趋成熟。ZigBee 技术作为一种近距离、自组网、低复杂度、低功耗、低成本的双向无线通信技术,多用在区域内实现多点的信息采集<sup>[2-3]</sup>。ZigBee 也通常与 GPRS 相结合,从而实现信息的多点采集与远程无线传输,是采集点较集中而监测中心很远的情况下的最佳应用组合<sup>[4]</sup>。

我国重庆地区的烟草种植基地分散在各县(市、区)山村,某一村户建造管理多个烟草育苗大棚,这些数量不多且相对集中在同一地点的大棚形成了大棚群。对育苗大棚环境参数的测量采用传统温度计人工测量方式,费劳费时;后来也有采用基于 GPRS 技术进行远程无线监测,但是为了布线方便和节约成本,针对大棚群的多个大棚,往往只选其中 1 个大棚进行无线监测,以此代表整个大棚群的情况。针对这一情况,本研究将 ZigBee 与 GPRS 网络相结合,ZigBee 网络节点对所有烟草育苗大棚的环境参数进行采集,GPRS 将 ZigBee 网络采集的环境参数远程发送至监测中心,从而实现对整个烟草

育苗大棚群里所有大棚的环境参数进行远程无线监测。

## 1 基于 ZigBee 的烟草育苗大棚群环境参数无线监测系统的总体设计结构

为了让系统能够实现对烟草育苗大棚群环境参数的远程无线监测,监测育苗大棚群里每一个育苗大棚的棚内空气温湿度、照度、棚外温度、基质温度以及水池温度等环境参数,能够给烟草育苗获得更实时、准确的管理依据,给烟苗创造一个更适合茁壮成长的的环境,对监测系统实行模块化方案设计,该系统结构如图 1 所示。

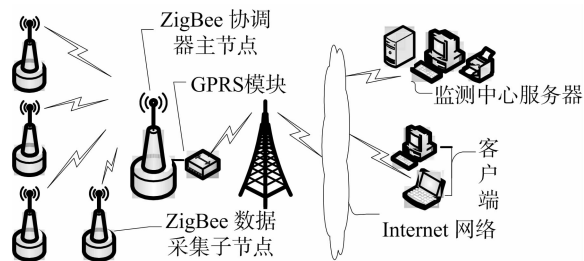


图1 基于 ZigBee 的烟草育苗大棚群环境参数无线监测系统总体结构

该监测系统主要由协调器主节点、信息采集终端子节点和上位机监测中心三大模块组成。信息采集终端子节点通过区域内的无线网络将采集到的信息数据发送到协调主节点,再由 GPRS 无线数据传输模块将数据发送至 Internet 网络,从而与上位机监测中心实现通信。

## 2 基于 ZigBee 的烟草育苗大棚群环境参数无线监测系统的硬件设计

在基于 ZigBee 的烟草育苗大棚群环境参数无线监测系统的硬件部分上,采用模块化设计思想,须要对协调器主节点

收稿日期:2015-01-12

基金项目:中央高校基本科研业务费专项(编号:XDJK2013C107)。

作者简介:魏 兴(1989—),男,四川营山人,硕士研究生,主要从事智能检测与控制研究。E-mail:429249022@qq.com。

通信作者:祝诗平(1969—),男,四川巴中人,博士,教授,博士生导师,主要从事智能检测与控制研究。E-mail:zpswu@126.com。

和信息采集的终端子节点进行设计。

为了保证各模块能长时间稳定工作,各模块均采用易普 EP-2 不间断电源供电。EP-2 内置大容量高品质锂离子电池可边充电边用,连续循环寿命达 1 000 次以上。精选进口电芯及 IC,具备过充、过放、过流、短路及温度保护,恒定电压输出,电流自适应,高达数十万小时无故障时间,确保安全稳定。使用该电源后,即使在长时间停电的情况下,也不会影响模块的正常工作。

### 2.1 协调器主节点硬件模块化设计

主控单元单片机(MCU)、ZigBee 模块、GPRS 模块三部分共同组成监测系统的协调器主节点。在主节点模块,协调器 MCU 汇聚来自无线传感器网络各子节点采集到的信息数据,主控单元使用串行外设接口与协调器模块相互连接,将信息数据经 GPRS 远程数据发送模块发送至监测中心。协调器主节点的硬件系统组成结构如图 2 所示。

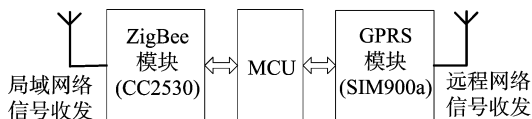


图2 协调器主节点硬件系统结构

主控单元 MCU 选用 STC12C5A60S2 单片机,该单片机为单时钟双串口,工作电压为 3.3 ~ 5.5 V,以防电源抖动,含有 60 kB 可反复擦写 10 万次以上的 Flash 程序存储器、1 280 B 片内数据存储器,其指令代码与传统的 8051 完全兼容,运行速度快,比普通的 8051 快 8 ~ 12 倍,而且具有能耗小、抗扰性能好的优点。因此,根据模块硬件设计要求,采用这款性能比较好的单片机作为主控单元的 MCU。

协调器主节点与终端子节点的无线通信采用 TI 公司的 CC2530 无线单片机。CC2530 含有 8051MCU 内核,拥有高速 SPI 串行通信端口,满足国际 IEEE802.15.4 协议和 Z-Stack 协议栈,适应 2.4 - GHz IEEE 802.15.4 的 RF 收发器<sup>[5]</sup>。此外,CC2530 还具有不同的运行模式,各运行模式之间转换时间短,使得其适应超低功耗要求的系统,能够实现低功耗无线通信,是一款真正的片上系统芯片(SOC)<sup>[6]</sup>。

主节点的 GPRS 模块采用 SIM900a 数据传输模块,内置完善的 TCP/IP 协议簇,通过串口通信与主控单元 MCU 进行通信<sup>[7]</sup>。模块能够将采集到的数据自动处理成 IP 数据包,通过 GPRS 空中接口接入到 GPRS 网络,最后经网关、路由和 Internet 网络到达上位机监测中心,实现数据远程无线传输<sup>[8]</sup>。

### 2.2 终端子节点模块设计

无线监测系统终端子节点模块由单片机系统、棚内空气温湿度检测、棚内照度检测、棚外温度检测、大棚基质温度检测以及大棚水池温度检测传感器组成,硬件系统结构如图 3 所示。

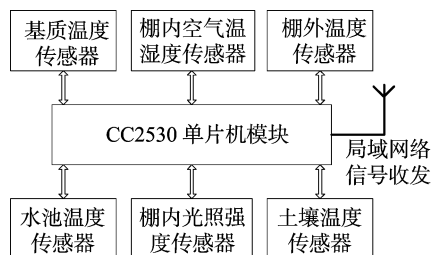


图3 子节点硬件系统结构

CC2530 模块实现局域内系统的网络自行组建,并实时采集获取传感器的信息数据,将有效的数据经 ZigBee 无线网络发送回协调器再进行后续处理。

大棚内空气温湿度检测采用数字型传感器 DHT21,单线制串行接口,功耗非常小、响应迅速、抗扰性强,传输信号距离超过 20 m,在 90% ~ 100% RH 的高湿度环境中仍然能够长期确保准确输出,对于湿度比较高的环境非常适用。

棚内光照检测选用数字传感器 GY-30 光照模块,其 BH1750FVI 芯片内置 16 bit AD 转换器,数字信号输出,检测照度范围为 0 ~ 65 535 lx,模块内部包含通信电平转换标准 IIC 通信协议,采集到的信息数据由 CC2530 单片机通过 IIC 总线定时处理。

棚外温度检测、大棚基质温度检测以及大棚水池温度检测均采用防水型 DS18B20 数字温度传感器探头。数字温度传感器的测量分辨率可通过程序来进行 9 ~ 12 位的设置,测量的温度低至 -55 ℃ 左右,高达 125 ℃ 左右,在 -10 ~ 85 ℃ 的温度范围之内测量精度的范围为 ±0.5 ℃。传感器采用单总线接口,与 MCU 通信只需要 1 条口线,其探头的密封使用导热性能好的胶体,以确保温度延迟小、灵敏度高、抗扰性能好,对处于较差场合下进行检测的系统非常适用。

## 3 基于 ZigBee 的烟草育苗大棚群环境参数无线监测系统的软件设计

### 3.1 下位机软件设计

系统下位机软件设计主要包括无线传感器网络和 GPRS 无线数据传输两大部分,以实现 ZigBee 在区域内自动组网和信息数据的无线传输。

3.1.1 无线传感器网络 系统的 ZigBee 无线传感器网络是基于 IEEE802.15.4 标准与 ZigBee 网络协议而设计的无线数传网络<sup>[9]</sup>。嵌入由 IAR Embedded Workbench for MCS.51 开发的 Z-Stack 协议栈,能够实现 ZigBee 的自动组网。

在 ZigBee 数据采集子节点中,单片机先初始化协议栈和各传感器模块后,再发出申请加入 ZigBee 协调器网络的加入信号,成功加入区域内无线网络后再启用协议栈,读取各个传感器相应的信息数据并将信息数据发送到协调器。无线数据采集终端子节点的主程序流程如图 4 所示。

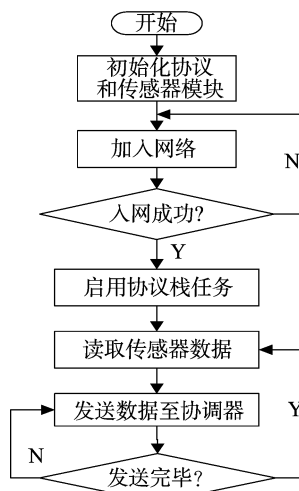


图4 终端子节点主程序流程

在 ZigBee 无线网络的各个节点中,协调器主节点中的协调器处于最上端的核心位置,负责整个网络的组建以及协调调度各个子节点,其主程序先要对内外部设备进行初始化后,再进行程序的循环等待终端子节点加入网络,然后再处理接收到的信息数据。协调器主程序流程如图 5 所示。

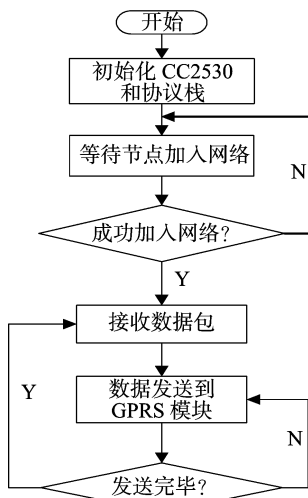


图5 协调器主程序流程

3.1.2 GPRS 无线传输软件设计 协调器主节点中的主控单元与 SIM900a 无线数据传输模块相互连接和通信是使用串口来实现的。SIM900a 无线数传模块内置 TCP/IP 协议簇,鉴于系统数据采集地点与监测中心无线数传的实时性和可靠性要求都非常高,双方要保持随时连接,所以选用面向连接的 TCP 传输控制协议作为 GPRS 的传输协议,以保证数据传输的可靠和准确<sup>[10]</sup>。

主控制器单片机通过 AT 指令驱动 SIM900a 模块登陆上网、建立 TCP 连接来进行数据的远程无线传输。数据远程无线传输主程序流程如图 6 所示,需要调用的一些主要函数如下:

```
Send_AT_Command(uchar type, uchar * str_at, uchar * str_code); //写模块 AT 指令
```

```
Init_SIM900a(char * ptr1_at, char * ptr1_code); //SIM900a 模块初始化
```

```
GPRS_Set(char * ptr1_at, char * ptr1_code, char * ptr_tel); //建立 TCP 连接,域名方式
```

```
GPRS_Data_Trans(uchar * data_str); //检验 GPRS 网络连接并进行数据传输
```

```
GPRS_Send(char * ptr1_at, char * ptr1_code); // TCP 数据发送
```

```
strsearch(uchar * ptr2, uchar * ptr1); //处理字符串,验证应答
```

### 3.2 上位机监测中心软件设计

为了能方便、直观、快捷地了解育苗大棚的实时状态,在 LabVIEW 2010 环境下编写 1 个可视化监测平台来处理下位机系统发送回来的数据,包括实现对数据的实时显示、存储和 Internet 网络发布,以便于管理人员随时分析决策<sup>[11]</sup>。

在接收数据过程中,服务器端调用 TCP 侦听函数对特定的端口进行侦听,读取终端发送回的数据,将数据显示在界面

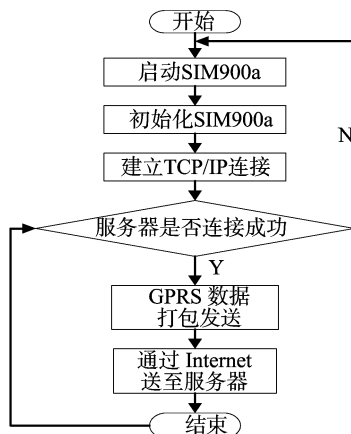


图6 SIM900a 无线数据传输主程序流程

上并存入数据库。开启 LabVIEW 集成开发环境中的 LabVIEW Web Server 服务器,配置好需要远程发布 VI 的 Internet 配置,打开 VI 前面板窗口,使用 LabVIEW 自带的“Web Publishing Tool”就可将配置好的 VI 发布到网络上去<sup>[12]</sup>。这样,无论电脑下有没有安装 LabVIEW,只须在 Web 浏览器地址按规定格式输入 URL,就可访问到在服务器上运行的 VI 了<sup>[13]</sup>。上位机软件流程如图 7 所示。

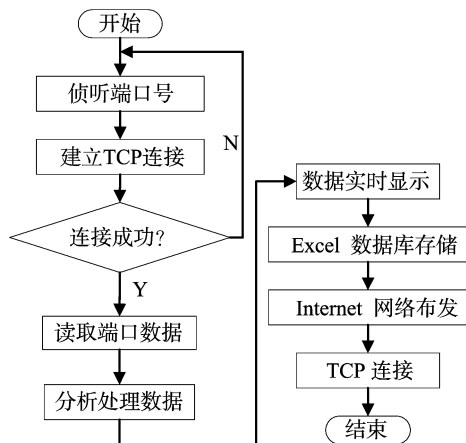


图7 上位机软件流程

## 4 基于 ZigBee 烟草育苗大棚群环境参数无线监测系统的测试

在大棚群现场的 4 个大棚里各部署 1 个信息采集终端子节点,协调器主节点放置在大棚管理室内,并设定各终端子节点每 5 min 采集发送 1 次数据,对系统进行为期 1 周的测试,结果如下:

(1) 监测中心能够监测到大棚群环境参数情况,并存储历史数据,上位机无线监测中心数据显示如图 8 所示,节点数据存储如图 9 所示。

(2) 在 7 d 的测试中,系统的网络丢包率平均为 0.53%,说明系统传输部分运行正常。网络丢包率数据统计如表 1 所示。

测试结果表明,系统运行稳定可靠,能够将采集到的环境信息实时快速地传回至监测中心,达到预期的效果。



图8 上位机无线监测中心数据显示结果

文件 开始 插入 页面布局 公式 数据 审阅 视图 加载项								
N26								
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	编号	时间	棚外温度	棚内温度	棚内湿度	光照强度	基质温度	池水温度
2	大棚节点1	2014-9-27 10:15	19.4	19.1	46	1556	18.2	18.5
3	大棚节点1	2014-9-27 10:20	19.4	19.1	46	1560	18.2	18.5
4	大棚节点1	2014-9-27 10:25	19.4	19.1	45	1556	18.2	18.5
5	大棚节点1	2014-9-27 10:30	19.4	19.1	43	1578	18.2	18.8
6	大棚节点1	2014-9-27 10:35	19.4	19.1	41	1569	18.2	18.5
7	大棚节点1	2014-9-27 10:40	19.4	19.1	43	1569	18.2	18.5
8	大棚节点1	2014-9-27 10:45	19.4	19.1	45	1569	18.2	18.5
9	大棚节点1	2014-9-27 10:50	19.4	19.1	50	1577	18.2	18.5
10	大棚节点1	2014-9-27 10:55	19.4	19.1	52	1589	18.2	18.5
11	大棚节点1	2014-9-27 11:00	19.4	19.1	52	1589	18.2	17.8
12	大棚节点1	2014-9-27 11:05	19.4	19.2	50	2029	17.4	18.8
13	大棚节点1	2014-9-27 11:10	19.4	19.2	48	2195	18.5	18.8
14	大棚节点1	2014-9-27 11:15	19.4	19.2	48	2195	18.5	18.8
15	大棚节点1	2014-9-27 11:20	19.7	19.2	45	2195	18.5	19.1
16	大棚节点1	2014-9-27 11:25	19.7	19.4	45	2195	18.5	19.1
17	大棚节点1	2014-9-27 11:30	19.4	19.3	44	1398	18.5	19.1
18	大棚节点1	2014-9-27 11:35	19.6	19.3	47	1556	18.5	19.1
19	大棚节点1	2014-9-27 11:40	19.6	19.3	48	2184	18.5	19.1
20	大棚节点1	2014-9-27 11:45	19.7	19.3	49	-	18.5	19.1
21	大棚节点1	2014-9-27 11:50	19.7	19.3	51	1556	18.5	19.1

图9 节点数据存储

表 1 网络丢包率统计

终端子节点	发送数据包 (个)	接收数据包 (个)	丢包率 (%)
节点 1	2 016	2 008	0.40
节点 2	2 016	2 011	0.25
节点 3	2 016	1 998	0.89
节点 4	2 016	2 004	0.57
平均值	2 016	2 005	0.53

用 GPRS 模块通过 GPRS 网络与服务器建立可靠稳定的连接,将各个育苗棚的环境信息实时快速地传至监测中心。对于环境参数信息的监测,在采集点相对集中而监测中心较远的情况下均可运用该系统。

参考文献:

[1]丁万红,唐 勇,张瑜琨,等. 烟草育苗技术[J]. 农村科技,2014 (5):51-52.

[2]夏伯锴,杨晓红. 基于 ZigBee 技术的短距离无线数据传输系统[J]. 硅谷,2012(17):31,11.

[3]梁万杰,曹 静,凡 燕,等. 基于无线传感器网络的猪舍环境监测系统[J]. 江苏农业学报,2013,29(6):1415-1420.

[4]徐亚峰,刘焕强,顾晓峰,等. 基于 ZigBee 和 GPRS 的远程水质监

5 结束语

烟草育苗是烤烟生产的一个非常重要的阶段,烟苗生长的好坏直接关系到烟农当年的经济收入水平的高低。对于烟草育苗阶段烟苗生长环境的监测与日常管理显得特别重要。因此,本研究开发一套基于 ZigBee 技术与 GPRS 技术相结合的烟草育苗大棚群环境参数远程无线监测系统,对大棚群里每一个大棚的棚内空气温湿度、照度、棚外温度、基质温度以及水池温度等环境参数实现实时监测。该系统利用 ZigBee 无线自组网模块进行自组网,实现局域内信息实时采集,并利

测系统的设计与实现[J]. 江苏农业科学,2013, 41 (3):328-331.

[5]蒋 挺,赵成林. 紫蜂技术及其应用[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2006.

[6]汤朝明. 低功耗煤矿无线监测系统的设计与实现[J]. 矿业安全与环保,2013,40(4):31-34.

[7]李金雷. 基于物联网设施农业环境信息智能采集终端研发[D]. 天津:河北工业大学,2012.

[8]贺园园. 基于太阳能的茶园无线监测系统的设计[D]. 重庆:西南大学,2013.

[9]Chen L J, Sun T, Liang N C. An evaluation study of mobility support in ZigBee networks[J]. Journal of Signal Processing Systems, 2010, 59(1):111-122.

[10]Rendon J, Casadevall F, Serarols D, et al. Analysis of snoop TCP protocol in GPRS system[J]. Electronics Letters, 2001, 37(10): 651-652.

[11]胡仁喜,高海宾. LabVIEW 2010 中文版虚拟仪器从入门到精通[M]. 北京:机械工业出版社,2011.

[12]胡仁喜,王恒海,齐东明. LabVIEW 8.2.1 虚拟仪器实例指导教程[M]. 北京:机械工业出版社,2008.

[13]王福禄,房俊龙. 基于 LabVIEW 平台的寒地日光温室群远程监控系统设计[J]. 仪器仪表学报,2010,31(8):297-301.