

# 基于无线传感网的人工气候室数据采集系统

甘圣昊,张腾飞,陈 龙

(南京邮电大学 自动化学院,江苏 南京 210046)

**摘 要:**随着我国现代农业科技的发展,人工气候室作为一种可控环境实验室,越来越多地应用于作物培育、良种选育等领域,而对小气候要素的高精度、实时数据采集也显得越来越重要。在传统的人工气候室数据采集传输系统中,由于节点数量大且密集,给系统的布线和维护带来很大的困难。针对这些问题,文中提出了一种基于无线传感网的人工气候室数据采集系统实现方案,该系统可以非常方便地实现温度、湿度、光照、风速、雨量等气候要素的无线监测。

**关键词:**人工气候室;无线传感网;数据采集系统

中图分类号:TP301

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)11-0251-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.11.061

## Design of Data Acquisition System of Biotron Based on WSN

GAN Sheng-hao, ZHANG Teng-fei, CHEN Long

(College of Automation, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** With the development of modern agricultural science and technology in China, biotron as a controlled laboratory environment is applied widely in crop cultivation, breeding and other fields, and becomes more and more important to the high precision, real-time data acquisition of microclimate factors. Aiming at the complex layout and inconvenient maintenance of the biotron, present an implementation scheme of biotron data acquisition system based on wireless sensor network, this system can conveniently realize the wireless monitoring of the temperature, humidity, light, wind velocity, rainfall and other climate elements.

**Key words:** biotron; wireless sensor networks; data acquisition system

## 0 引言

人工气候室是在环境试验、科学研究等领域应用广泛的实验设备。它能模拟自然界的各种气象条件,按照实验要求精确控制室内的温度、湿度、光照以及CO<sub>2</sub>等指标。目前的人工气候室,大多数采用的是传统的模拟电路与小规模数字电路,测试点到控制器的接线为点到点方式,接线复杂、布线困难,存在抗干扰能力差、工作不稳定、系统测试精度低等问题。随着无线通信技术的发展,人们开始关注并且尝试将无线技术应用于农业生产,包括人工气候室的监测与控制系统中,在国外已经出现了成功应用的例子。尽管如此,目前多数应用只是简单地采用了无线通信代替部分有线连接模式,而无线传感器网络的优势和发展成熟必将是人工气候室测控系统的发展方向<sup>[1]</sup>。

无线传感器网络是一种正在崛起的下一代新兴的

传感器网络。已经越来越受到世界各国的重视。IEEE已经在为推进无线传感器网络的应用和发展做着不懈的努力,波士顿大学同时还创办了传感器网络协会,有力地促进了无线传感器网络技术的发展。无线传感器网络技术也被我国国家863、973计划列为支持项目。可以预见,无线传感器网络在未来将会得到广泛的应用。

我国对无线传感器网络技术的研究及其应用与国际同步,目前也有很多国内高校开始了对无线传感器网络技术的理论和应用研究。清华大学、北京大学、南京大学、南京邮电大学、西安电子科技大学以及哈尔滨工业大学等高校陆续展开了对无线传感器网络的基础及应用研究。国内的一些高新企业,如中国移动、华为、中兴等大型企业,同样也加入了对无线传感器网络技术的研究行列。

收稿日期:2013-01-21

修回日期:2013-04-26

网络出版时间:2013-08-28

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61105082);江苏省自然科学基金(BK2012470);江苏省教育厅高校自然科学基金(11KJB120001)

作者简介:甘圣昊(1987-),男,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统及应用;张腾飞,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为智能信息处理、模式识别与智能系统。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130828.0837.028.html>

文中采用 ZigBee 技术无线通信协议,提出了一种基于无线传感网的人工气候室数据采集系统实现方案,可以非常方便地实现温度、湿度、光照、风速、雨量等气候要素的无线监测<sup>[2~3]</sup>。

1 系统硬件设计

1.1 系统总体框架设计

人工气候室内部数据采集系统包括传感器采集节点、协调器和上位机<sup>[4]</sup>。图 1 为人工气候室控制系统的整体结构图。

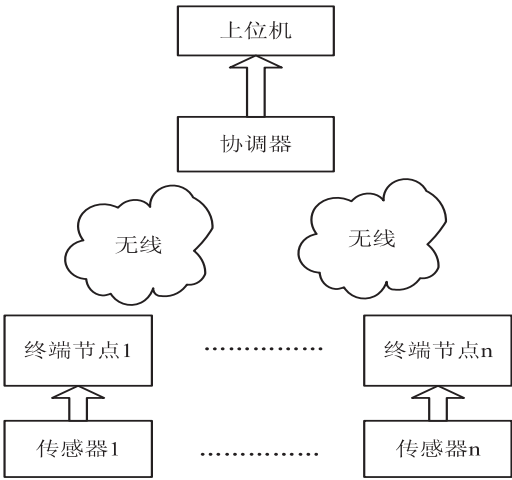


图 1 系统总体网络架构

系统采用星型网络拓扑结构,由若干个 ZigBee 终端节点(RFD)和 1 个 ZigBee 协调器(FFD)构建成为 1 个星型无线传感器网络(WSN),由终端节点上的传感器采集人工气候室内部环境参数,并分别由各终端以无线方式传输到控制中心的主机,再由主机分析处理这些数据,并做出相应的反馈处理。

在功能上,人工气候室数据采集系统的核心功能是采集气候室内的环境参数,如温度、湿度、光照、雨量等参数。

基于 ZigBee 的人工气候室数据采集系统在功能上实现了数据的采集、转发和处理。在传感器节点采集到数据之后,将数据以无线的方式发送给协调器,协调器通过串口将数据送往 PC 机显示当前人工气候室内的环境参数,并按各个环境参数的设定值做出相应的调节<sup>[5]</sup>。

硬件结构上,人工气候室数据采集系统的核心部件为 CC2530 芯片及其外围电路。硬件模块分为采集节点模块、协调器模块以及电源模块,采集节点的功能是将传感器采集得到的数据发送给协调器;协调器主要负责接收采集节点发送过来的数据,并对其进行处理;电源模块负责给整个系统供电。在软件上,系统采用 TI 提供的 ZigBee2007 协议栈 Z-Stack<sup>[6]</sup>,并在协议

栈的应用层进行系统设计。

1.2 硬件模块设计

人工气候室数据采集系统的硬件部分主要包括: ZigBee 传感器采集节点模块和 ZigBee 网络协调器模块<sup>[6]</sup>,其中 MCU 采用的是 CC2530 无线单片机。CC2530 支持国际 802.15.4 标准以及 ZigBee、ZigBee PRO 和 ZigBee RF4CE 标准。它结合了 RF 收发器的强大性能和业界标准的增强型 8051CPU,该芯片具有优异的无线性能、超低功耗、超低成本,而且内部集成了 8 通道的 7~12 位 ADC,支持主/从串行通信接口(SPI)或异步收发机(UART)的两个可编程 USART,4 个定时器(1 个通用的 16 位定时器、2 个通用的 8 位定时器、1 个 MAC 定时器),可编程的看门狗定时器等。使其具有良好的扩展性,因此,使用该芯片可以大大简化电路设计和降低系统功耗。

1.2.1 采集节点硬件设计

传感器数据采集节点结构如图 2 所示,它主要由传感器信号调理模块、CC2530 以及天线等组成。该系统中使用的传感器有:温度传感器、光照传感器、CO<sub>2</sub> 传感器、三风杯风速传感器、翻斗式雨量传感器,由于这些传感器的输出信号最终都是由 CC2530 的采集节点来处理,而采集节点能够处理的目标信号电压在 0 V~3.3 V,故需对这些传感器信号进行相应的调理,转换为 CC2530 芯片可以识别的输入信号。下面以温度采集电路的设计为例介绍信号调理的过程。

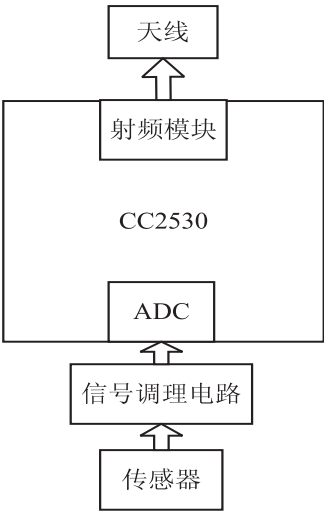


图 2 无线采集节点硬件框图

系统中使用的温度传感器为铂电阻 PT100,其电阻值随着温度的改变而改变,通常使用的铂电阻温度传感器零度阻值为 100 Ω,电阻变化率为 0.385 1 Ω/℃。铂电阻温度传感器精度高,稳定性好,应用温度范围广,是中低温区(-200℃~650℃)最常用的一种温度检测器。文中通过将其电阻的变化转换为电压的变化从而计算出其测得的温度。电路图如图 3 所

示。

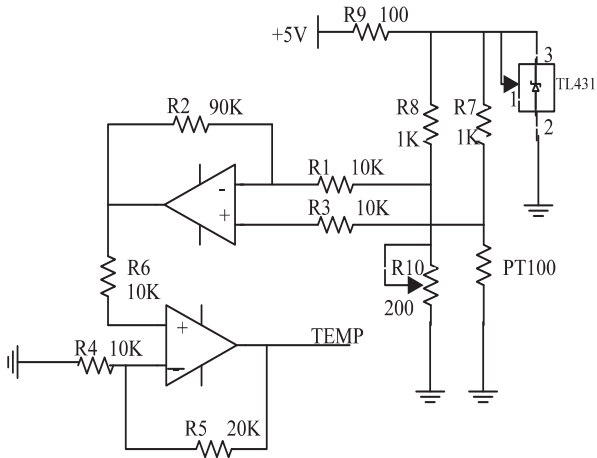


图 3 PT100 信号调理电路

1.2.2 协调器硬件设计

协调器硬件设计与采集节点类似,另外协调器承担着对采集数据的无线接收以及与 PC 机进行串口通信的任务,因此采用 MAX232 芯片,作为 RS-232 串行通信接口,以便于与 PC 机相连接,将数据及时上传。协调器硬件电路如图 4 所示。

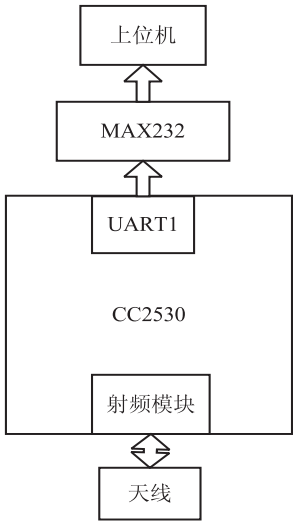


图 4 协调器硬件框图

2 系统软件设计

2.1 ZigBee 无线组网及数据通信

ZigBee 采用的是分层的通信协议结构,节点的功能由协议栈中的应用层定义完成。该系统采用 TI 提供的协议栈 Z-Stack2007,它是在 IEEE 802.15.4 标准物理层(PHY)和媒体访问控制层(MAC)的基础上增加了网络层(NWK)、应用层(APL)和安全服务规范,是一种较好的无线传感网络组建方案<sup>[7]</sup>。

该系统中,协调器的主要功能包括无线传感器网络的组网、无线数据的接收、管理网络节点、存储网络节点信息、收发信息<sup>[8]</sup>。

数据采集节点在上电复位后,就开始搜索指定信道是否已经有网络协调器,发现后立即发出连接请求。连接建立成功后,采集节点从协调器处得到一个 16 位的网络短地址,并且定时将传感器采集所得数据发送给协调器,然后采用非时隙 CSMA-CA 机制,在信道上通过竞争的方式向主节点发送传感器采集所得数据。与此同时系统开启睡眠定时器,节点处于不工作状态时立即进入系统睡眠状态,最大限度地降低系统模块的功耗。

数据采集节点及协调器组网及通信流程如图 5 和图 6 所示。

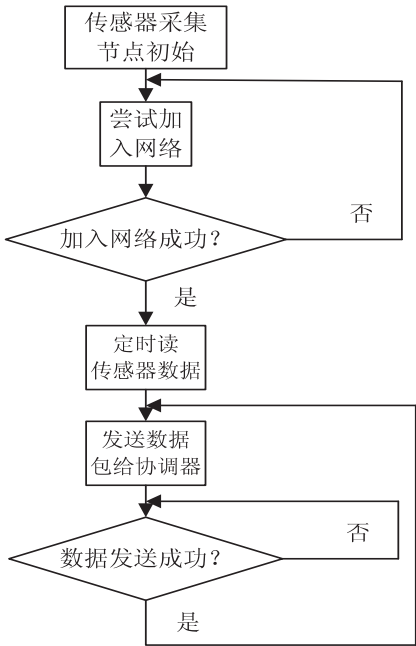


图 5 数据采集节点采集流程图

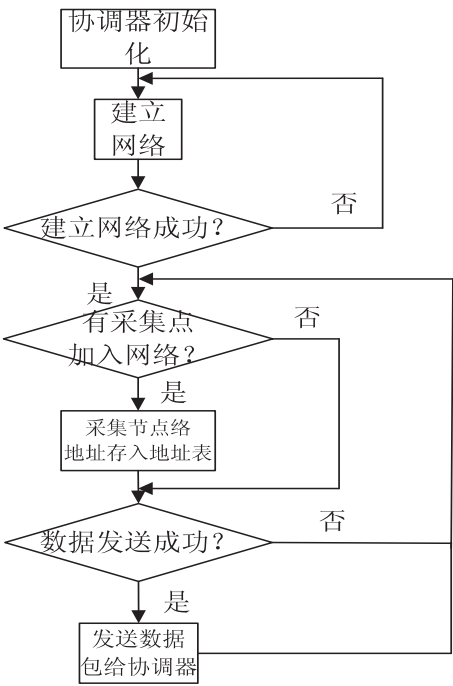


图 6 协调器网络通信流程图

## 2.2 传感器数据采集

传感器采集节点首先对 AD 口进行相应的初始化,传感器采集得到数据后,通过数据采集程序,将数值暂存于寄存器中等待无线发送给协调器,采集节点紧接着复位,进行新一轮的采集<sup>[9-10]</sup>。

对于输入 CC2530 芯片的模拟信号,该设计中将 P0.7 口设置为允许模拟输入,采集分辨率为 8 位,参考电压设置为 AVDD5。通过对协议栈应用层的修改,添加模拟数据采集程序如下:

```
Static uint8ReadT(uint8 channel, uint8 resolution)
{
    uint16 value;
    APCFG |= 1 << channel;
    ADCIF = 0;
    ADCCON3 = (HAL_ADC_REF_AVDD | resolution | chan-
nel);
    while (! ADCIF);
    value = ADCL;
    value |= ((uint16) ADCH) << 8;
    if (resolution == HAL_ADC_DEC_064)
        value >>= 8;
    else if (resolution == HAL_ADC_DEC_128)
        value >>= 6;
    else if (resolution == HAL_ADC_DEC_256)
        value >>= 4;
    else if (resolution == HAL_ADC_DEC_512)
        value >>= 2;
    value = (value + (value << 5)) >> 7;
    return value;
}
```

## 2.3 滤波处理

由于人工气候室内的环境参数变化速度较慢,故采用中位值滤波法,它能有效克服因偶然因素引起的波动干扰,对变化缓慢的被测参数有良好的滤波效果<sup>[11]</sup>。

在协调器端添加滤波子程序如下:

```
#define N 31
char value_buf[N];
char count, i, j, temp;
data[3] = *(MSGpkt->cmd.Data);
for (count = 0; count < N; count++)
{
    value_buf[count] = data[3];
}
for (j = 0; j < N - 1; j++)
{
    for (i = 0; i < N - j; i++)
```

```
{
    if (value_buf[i] > value_buf[i + 1])
    {
        temp = value_buf[i];
        value_buf[i] = value_buf[i + 1];
        value_buf[i + 1] = temp;
    }
}
```

## 3 结束语

文中提出了一种新的基于无线传感网的人工气候室数据采集实现方案,ZigBee 技术所具有的短距离、低成本、低功耗、易实现、安全可靠的特点非常适合人工气候室的数据采集,不仅解决了由于人工气候室空间小所带来的布线繁杂的问题,而且大大降低了系统设计的成本。

### 参考文献:

- [1] 廖志浓,刘光聪,邝先验.人工气候室智能监控系统设计[J].仪器仪表用户,2006(1):12-13.
- [2] Zhao Feng, Guibas L J. Wireless sensor network: an information processing approach [M]. [s. l.]: Morgan Kaufmann Publishers, 2004: 267-278.
- [3] Benkit K, Planinšit P, Yutej Z. Custom wireless sensor network based on ZigBee [C]//Proc of ELMAR. [s. l.]: [s. n.], 2007: 259-262.
- [4] 肖 隼.新型人工气候室自动控制系统设计[J].机电工程,2004,21(6):34-37.
- [5] 卢玉宇,郭 雷.一种人工气候室的控制方案[J].福建农机,2008(3):53-55.
- [6] Lin Shizhuang, Liu Shizhuang. ZigBee based wireless sensor networks and its applications in industrial [C]//Proceedings of the IEEE international conference on automation and logistics. [s. l.]: [s. n.], 2007: 1979-1983.
- [7] 姚放吾,李晨浩.一种基于 QoS 的无线传感器网络路由协议[J].计算机技术与发展,2012,22(7):37-41.
- [8] 李文仲. ZigBee 2006 无线网络与无线定位实战 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [9] 王翠茹,于祥兵,王成福.基于 ZigBee 技术的温度采集传输系统[J].仪表技术与传感器,2008(7):103-105.
- [10] 马巧娟,郑 萍,王晓光,等.基于 ZigBee 和 LabVIEW 的多点无线温湿度采集系统设计[J].中国仪器仪表,2009(4):49-52.
- [11] 高 强,陈 明.基于 ZigBee 协议的温室无线传感网络的构架[J].机床与液压,2008,36(7):199-201.

基于无线传感网的人工气候室数据采集系统

作者：[甘圣昊](#)，[张腾飞](#)，[陈龙](#)，[GAN Sheng-hao](#)，[ZHANG Teng-fei](#)，[CHEN Long](#)

作者单位：[南京邮电大学 自动化学院, 江苏 南京, 210046](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：

ISTIC

[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：

[2013\(11\)](#)

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201311062.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201311062.aspx)