

## 无线传感网络温室环境监测病害诊断系统的构建

王秀清, 赵娜, 陈浩, 杨世凤  
(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

**摘要:** 采用低功耗单片机 ATmega8、无线通信模块 SZ05 以及环境因子检测传感器构建了一个无线传感网络数据采集系统. 基于 ZigBee 无线传输协议设计温室无线传感网络, 实现了对温室温度、湿度、光照度、二氧化碳浓度及反映作物病害状况的声发射信号的采集, 并将数据传送至上位机监控中心进行实时监测. 基于 LabVIEW8.6 设计上位机监测界面, 对采集到的数据进行存储、显示和分析. 对番茄病害种类和防治方法进行分类, 建立了数据库, 根据声发射信号及环境因子的变化情况, 即可诊断作物的病症, 并给出相关的防治方法.

**关键词:** 无线传感网络; 声发射; 环境监测; 病害诊断

中图分类号: S126 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2013)02-0050-05

## Construction of a System for Greenhouse Environmental Monitoring and Crop Disease Diagnosing Based on Wireless Sensor Network

WANG Xiuqing, ZHAO Na, CHEN Hao, YANG Shifeng  
(College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science & Technology,  
Tianjin 300222, China)

**Abstract:** A greenhouse wireless sensor network system for data acquisition was designed with ultralow-power ATmega8 and SZ05 wireless communication module as well as some environmental factor detection sensors. The network was based on ZigBee wireless transmission protocol, so temperature, humidity, illumination, carbon dioxide and acoustic emission (AE) which reflect the disease status of the crops can be collected and transmitted through wireless way to the PC monitoring center on time. The interface of the environmental monitoring system was designed based on LabVIEW8.6 to store, process and analyse the data. A library of tomato disease prevention and treatment was created, with which the user can make a diagnosis of the disease according to acoustic emission and changes in environmental factors, and then propose corresponding solutions.

**Key words:** wireless sensor network; acoustic emission; environmental monitoring; disease diagnosis

近年来, 温室技术在我国得到了越来越广泛地应用. 传统的温室监控需要大量的传输线来组建传感器网络, 因而浪费资源, 系统庞大、复杂, 也限制了网络的动态变化和部分功能的实现. 如果在温室中应用无线传感网络, 将有助于解决原有有线系统的局限性<sup>[1]</sup>. 目前温室监测的环境参数主要包括温度、湿度、CO<sub>2</sub> 浓度、光照度等, 很少有将作物的声发射信号作为温室监测的参数.

目前的无线传感网络多采用单片机和射频芯片

结合作为传感器节点, 即基于芯片的开发. ZigBee 射频芯片需结合单片机进行数据接收和发送, 除编写相关的应用软件以外, 还需移植通信协议, 因此开发周期较长. 无线通信模块 SZ05 内移植了完整的协议栈, 组网方便, 模块会自动把数据通过无线网络发送到目标地址, 无须关注复杂的路由等细节, 极大地减少了开发周期<sup>[2]</sup>.

本文利用低功耗单片机 ATmega8、无线通信模块 SZ05 和环境因子检测传感器构建了一个无线传

收稿日期: 2012-06-25; 修回日期: 2012-11-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61071207)

作者简介: 王秀清(1967—), 女, 山西人, 教授, lwxqly@163.com.

感网络,实时采集温室的环境因子数据,并通过无线通信传输到上位机监控中心.在上位机平台对数据进行处理和分析,同时结合声发射信号传感器检测的声发射信号和作物病害的各种症状对作物病害种类进行诊断.

## 1 系统工作原理

以番茄为研究对象,构建了温室环境监测病害诊断系统,其结构如图1所示.系统采用环境因子传感器检测温室温度、湿度、CO<sub>2</sub>浓度和光照度,并将环境因子数据通过无线网络传送到路由节点,经路由节点转发至协调器节点,通过串口传输给上位机.采用PAC公司的AEwin软件系统、PCI-2型数据采集卡和R15型声发射传感器来检测植物受病害胁迫时发出的超声信号.声发射传感器随机置于温室中被检测的番茄植株上,每隔一段时间调整声发射传感器的位置,以测试不同范围植株的声发射信号.

上位机以LabVIEW为软件平台,对数据进行实时的波形显示和分析处理.根据植物病害时声发射信号的频次变化规律,结合番茄病害症状,利用神经网络与专家系统建立了番茄病害诊断神经网络系统,方便用户准确判断病害种类.

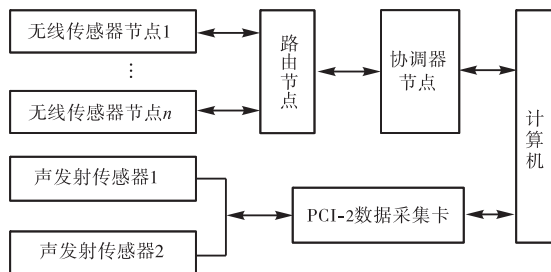


图1 环境监测病害诊断系统结构框图

Fig.1 Structural diagram of the environmental monitoring and crop disease diagnosing system

## 2 无线传感网络的系统构成

无线传感网络系统由计算机、网络协调器节点、路由节点和传感器节点组成<sup>[3]</sup>.ATmega8单片机和环境因子传感器组成信息采集节点,并通过无线通信模块SZ05实现环境信息的远程传输.多个传感器节点置于不同的监测区域,将数据经路由节点传送到协调器节点,然后通过串口传给上位机作进一步的分析处理.协调器节点也可以接收来自上位机的控制指令,

向各个传感器节点转发.针对于具体温室环境,可根据情况加入路由器节点来增强网络的稳定性.计算机负责监测整个温室的环境状况,包括设定参数和系统的实时监控,通过串口总线接收协调器节点传送的数据,完成数据管理和历史资料统计分析,实现数据的显示和存储等功能.

### 2.1 传感器节点硬件设计

在本系统中,节点采用模块化设计,协调器节点、路由节点和传感器节点采用共同的核心模块,不同的节点配以不同的扩展模块<sup>[4-5]</sup>.

传感器节点硬件结构如图2所示.传感器节点主要由处理器模块、无线通信模块、环境因子传感器和电源模块组成.

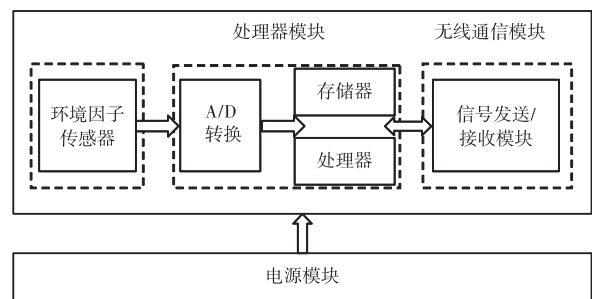


图2 传感器节点结构示意图

Fig.2 Structural diagram of wireless sensor network node

#### 2.1.1 处理器模块

处理器模块是传感器节点的核心,负责整个节点的设备控制、数据整合与传输等多个关键任务<sup>[5]</sup>.处理器采用ATmega8单片机,主要完成A/D转换、数据读取、数据的初步处理等功能.利用ATmega8内部的A/D转换器,对来自端口C的8路单端输入进行采样,将输入信号转换成10位数字信号并存于ADCL和ADCH两个寄存器之中.当上位机查询时,通过自带的通用同步和异步串行接收器和转发器(USART),将环境因子数据通过无线传感网络发出.

#### 2.1.2 无线通信模块

选用的顺舟科技SZ05系列嵌入式无线通信模块继承了符合ZigBee协议标准的射频收发器和微处理器,具有通信距离远、抗干扰能力强、组网灵活、性能可靠稳定等优点,可实现点对点、一点对多点、多点对多点设备间的数据透明传输,可组成星型、树型和蜂窝型网状网络结构.SZ05系列无线通信模块可作为中心协调器、路由器和终端节点,通过跳线设置或软件配置即可实现不同的设备功能.在SZ05模块的引脚中,ZIG7(CENTER)为中心节点选择引脚,低

电平有效; ZIG8 (DEVICE)为终端节点选择引脚, 低电平有效; ZIG7、ZIG8 都为高电平或悬空, 即为路由节点; ZIG9 (CONFIG)为配置引脚, 低电平有效. 无

线通信模块与处理器接口电路如图 3 所示. 无线通信模块的 RX、TX 端口通过 MAX232 芯片与 ATmega8 的串口相连, 进行数据的传输.

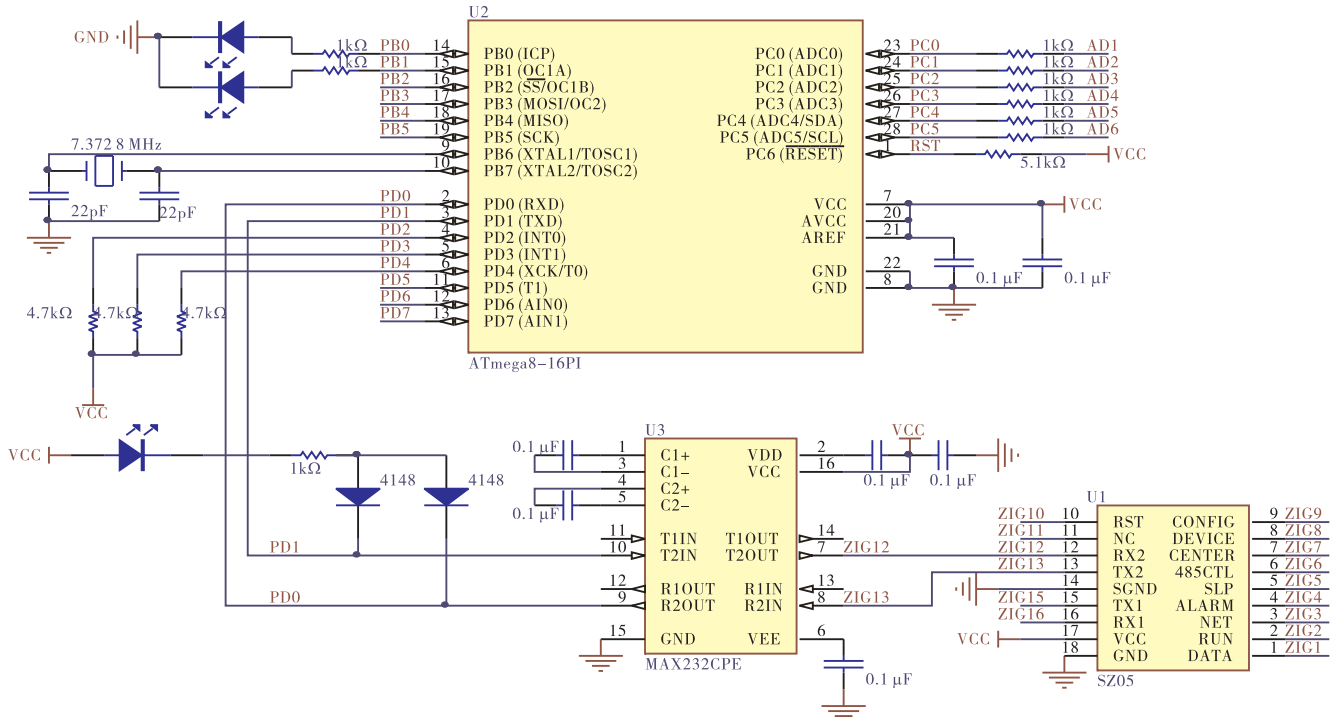


图 3 ATmega8与SZ05接口电路原理图  
Fig. 3 Interface circuit diagram of ATmega8 and SZ05

### 2.1.3 环境因子传感器选型

本系统采用干湿球传感器、光照度传感器、CO<sub>2</sub>传感器等测量环境参数.

干湿球传感器用来测量温室的温度和相对湿度, 是一种间接测量相对湿度的方法. 本系统采用北京华夏日盛科技有限公司生产的干湿球传感器, 温度量程为 -55 ~ 125 °C, 湿度量程为 0 ~ 100%.

光照度传感器选用北京前景惠帮温室控制技术有限公司生产的 LT/G 光照度传感器, 其测量范围为 0 ~ 2 × 10<sup>5</sup> lx, 输出为 0 ~ 20 mA/4 ~ 20 mA/0 ~ 5 V/0 ~ 10 V.

CO<sub>2</sub> 传感器选用北京前景惠帮温室控制技术有限公司生产的 LT/CO<sub>2</sub> 二氧化碳传感器(瑞典红外线), 其可测量的体积分数范围为 0 ~ 0.3%, 输出为 0 ~ 10 V/4 ~ 20 mA/0 ~ 20 mA, 该传感器响应时间短, 测量精度高, 能够满足系统的需要.

## 2.2 无线传感网络系统的软件设计

下位机软件使用 ICCAVR 编写程序. 程序总流程采用查询方式, 局部采用中断方式.

### 2.2.1 传感器节点的软件设计

传感器节点主要负责采集环境因子参数, 并将这些数据传送给路由器或协调器. 同时, 接收来自协调器的命令, 并根据这些命令进行相关操作<sup>[6-7]</sup>. 节点上电时, 首先进行初始化操作, 包括 ZigBee 堆栈的初始化及系统的初始化; 传感器节点上电后扫描所有可用信道来找到临近协调器, 申请加入此网络; 最后, 在收到允许加入的确认之后加入网络, 将网络地址发送给协调器后读取传感器数据并发送至协调器. 设计中采用定时唤醒的方式连接协调器, 接收或发送数据. 其他时间则转入休眠模式, 节点功耗降到最低.

### 2.2.2 协调器节点的软件设计

协调器节点的功能包括: 网络创建与管理、数据传输. 网络创建与管理功能是指负责组建 ZigBee 网络, 分配网络地址及维护绑定表. 协调器节点通过扫描一个空信道来创建一个新网络, 维护一个目前连接设备的列表. 数据传输功能是指充当 ZigBee 网络与 RS-232 总线之间的网关, 将两个使用不同协议的网

网络连接起来,对两个网络中的使用不同传输协议的数据进行转换. 协调器节点软件流程如图 4 所示.

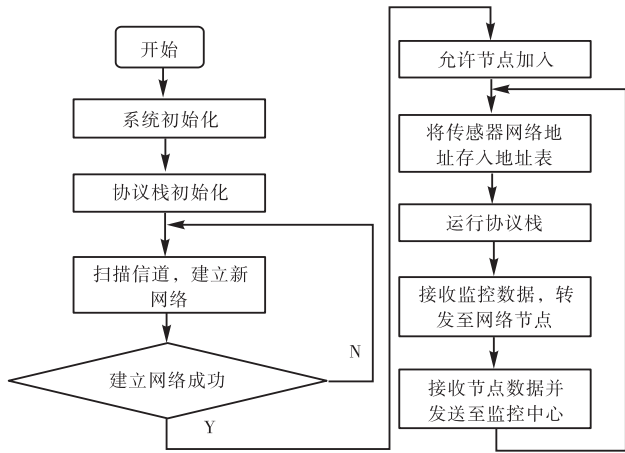


图 4 协调器节点的软件流程图  
Fig. 4 Flowchart of coordinator

### 3 上位机监测软件设计

基于模块化设计思想,采用 LabVIEW 设计上位机监测界面,主要由数据处理与显示、数据报警、数据存储、病害诊断、病害查询、帮助等模块组成<sup>[8]</sup>. 用户通过对图形化按钮的操作,便可实现温度、湿度、光照度、CO<sub>2</sub> 浓度、声发射频次的显示、处理、保存等功能;此外,还可以在环境因子和声发射频次超出预设值时提示管理人员查看作物的生长状态,以对作物的病害进行及时的诊断和防治. 上位机运行界面如图 5 所示.

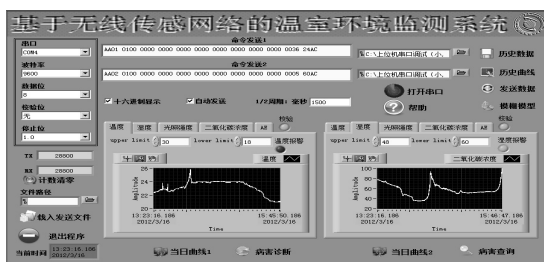


图 5 上位机软件界面

Fig. 5 Interface of the computer software

#### 3.1 数据处理与显示模块

声发射传感器检测的声发射信号通过 PCI 总线上传至上位机,经过统计分析处理,将声发射频次日统计特性进行显示. 温室温度、湿度、CO<sub>2</sub> 浓度、光照度等环境因子数据通过串口上传至上位机,并进行实时显示和统计. 计算机与单片机通信前应进行串口初始化<sup>[9]</sup>. 串口通信协议包格式见表 1.

表 1 串口通信协议包格式

Tab. 1 Data frame format of serial communication

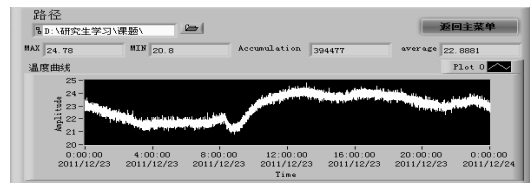
					Byte
包头	命令码	地址位	数据	CRC 校验位	包尾
1	1	1	0~18	2	1

上位机接收数据包后,分别将采集到的环境参数进行保存、显示,并判断是否超限,是否需要报警. 对接收到数据,可通过波形图表显示控件进行逐点显示并连线,绘制趋势曲线. 在控制界面还可以显示某一环境因子的当前采集值、采集个数、累加值、平均值、最大值、最小值等数据.

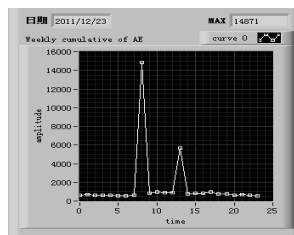
不同的作物对环境参数的要求不同,同一作物在不同发育期对环境参数亦有不同的要求. 因此要及时调整报警参数,以更好地满足作物生长所需的环境. 当环境因子高于或低于所设定的报警值时,报警灯亮,对管理者提出警示.

#### 3.2 数据存储与历史查询模块

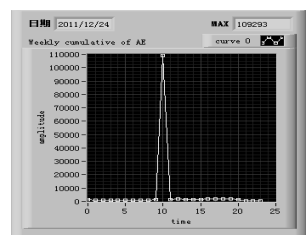
数据存储模块将测量数据以文件形式存储到上位机硬盘上,以采集日期作为文件名称,文件内容包括采集时间和数据,便于需要时进行查找和分析. 数据文件的回调界面如图 6 所示.



(a) 12月23日温度波形



(b) 12月23日声发射频次波形



(c) 12月24日声发射频次波形

图 6 波形回调界面

Fig. 6 Interface of waveform callback

#### 3.3 病害诊断及病害查询模块

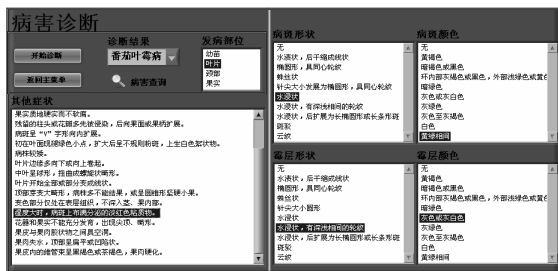
选取番茄作为实验对象,发现植株在正常状态下日声发射频次统计呈现“双峰”状(见图 6(b)). 而在染病时日声发射频次会有明显的激增,为平常的 10 倍左右(见图 6(c))<sup>[10-11]</sup>. 因此,可将声发射信号突然激增作为其生长状况发生变化的重要信号,即作为病害的诊断依据. 当声发射信号发生异常变化时,系统弹出报警对话框,提示用户对植株外观进行观



察,并调用病害诊断模块进行诊断. 诊断后可以参考病害查询模块中给出的建议进行防治.

在番茄的病害诊断模块中,将神经网络与专家系统结合<sup>[12]</sup>,将实际的知识转换成计算机能够识别的知识. 采用3层BP网络结构,输入为用户观察到的症状,输出为番茄病害名称. 通过对由领域专家提供的番茄病害原始资料和数据的分析,共归纳出13种常见疾病,提炼出对应特征症状55条. 将相关症状表示成若干诊断参数并进行编码,诊断参数包括:发病部位、病斑形状、病斑颜色、霉层形状、霉层颜色和其他症状,共6个. 神经网络的建立和训练在Matlab中进行,然后通过LabVIEW的Matlab Script节点导入上位机主程序.

管理人员在进行病害诊断时,只需要在上位机界面上对6个诊断参数进行选择即可得出番茄所患病害. 在病害查询模块中管理者选择病害名称即可查询该病害的防治方法和发病规律,提高病害防治的效率和准确度. 病害诊断和病害查询模块的界面如图7所示.



(a) 病害诊断界面



(b) 病害查询界面

图7 病害诊断与查询界面

Fig. 7 Interface of disease diagnosis and disease query

当作物声发射频次发生突变时(图6(c)),系统提示管理人员对作物进行病害诊断并施药. 管理人员通过观察作物病害症状,在上位机图7(a)界面中选择“叶片”“水浸状”“黄绿相间”等病害症状,经系统诊断得出“番茄叶霉病”的结论. 在病害查询模块选择“番茄叶霉病”即显示出相应防治方法,如图7(b)所示.

### 4 结 语

本文应用单片机 ATmega8、无线通信模块 SZ05 及环境因子检测传感器构建了无线传感网络,实现了对温室中环境参数的实时采集和分析. 采用 R15 型声发射传感器采集声发射信号,根据作物病害时声发射信号频次的变化规律,结合作物病害症状能够在上位机温室实时监测系统对病害预测和诊断. 在今后的应用中,可以考虑采用多通道的数据采集卡,用多路声发射传感器监测多个植株的生长状况,或者通过无线方式采集多路声发射信号,实现对温室作物声发射信号的全面监测.

### 参考文献:

[1] 肖国坤. 基于茶园旱情监测的无线传感器网络节点的研究[D]. 广州:华南农业大学,2010:18-53.

[2] 杨真. 基于 ZIGBEE 的无线环境监测网络设计[D]. 金华:浙江师范大学,2011:18-20.

[3] 李明,王睿,石磊. 一种 ZigBee 无线传感器网络节点的设计[J]. 自动化技术与应用,2008,27(1):91-94.

[4] 张瑞瑞,陈立平,郭建华,等. 农田土壤监测无线传感器网络通信平台[J]. 农业工程学报,2008,24(增刊2):81-84.

[5] 李莉,张彦娥,王懋华,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.

[6] 程雪,王彬,徐艳,等. 网络技术在温室智能控制系统中的应用[J]. 微计算机信息,2009,25(1-1):46-47,67.

[7] 刘涛,赵计生. 基于 ZigBee 技术的农田自动节水灌溉系统[J]. 测控技术,2008,27(2):95-97,99.

[8] 霍晓静. 作物水胁迫声发射监测系统的研究及应用[D]. 保定:河北农业大学,2002:11-48.

[9] 任秀丽,于海斌. ZigBee 无线通信协议实现技术的研究[J]. 计算机工程与应用,2007,43(6):143-145.

[10] 王秀清,游国栋,杨世凤. 基于作物病害胁迫声发射的精准施药[J]. 农业工程学报,2011,27(3):205-209.

[11] Andrade-Sanchez P. Performance assessment of wireless sensor networks in agricultural setting[C] //Proceedings of 2007 ASABE Annual International meeting. St. Joseph, United States: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2007:1-10.

[12] 周小燕. 棉花病害诊断专家系统研究[D]. 北京:中国农业大学,2005.

责任编辑:常涛