



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20170157

温室远程监测系统研究

王秀清, 刘青, 赵继民, 杨世凤, 李煜
(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

摘要: 构建了基于无线传感网络的温室远程监测系统,对温室环境参数和作物病害胁迫下的声发射信号进行数据采集和远程传输.系统采用 MySQL 数据库存储相关数据;采用 LabVIEW 平台开发上位机软件,进行数据分析、处理和显示;基于 B/S 和 C/S 混合型架构,利用 Apache + PHP + MySQL 组合搭建了远程温室监测平台,可实时在线远程监测、查看历史数据等.该系统可移植性好,可应用于设施农业管理.

关键词: B/S 和 C/S 混合型架构; 远程监测; 设施农业; 声发射

中图分类号: S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2018)01-0052-04

Research on Remote Monitoring System of Greenhouse

WANG Xiuqing, LIU Qing, ZHAO Jimin, YANG Shifeng, LI Yu

(College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: A greenhouse remote monitoring system was designed based on a wireless sensor network, which can realize the data acquisition and remote transmission of greenhouse environment parameters and acoustic emission signals when crops are under disease stress. MySQL was selected to build the database and store relevant data. The monitoring system of the host computer was developed by means of the LabVIEW platform, which can realize data analysis, processing and display. Based on the hybrid structure of B/S and C/S, Apache + PHP + MySQL combination was used to build a platform for real-time online remote greenhouse monitoring, historical data viewing and other operations. The system has strong portability and can be widely used in facility agriculture.

Key words: hybrid structure of B/S and C/S; remote monitor; facility agriculture; acoustic emission

作物声发射的产生是作物对水分状况和病害较敏感的响应,能够为温室调控提供重要的依据^[1-3].随着互联网+时代的到来,温室监测技术正向着网络化、信息化方向发展.无线传感网络技术为人们提供了一种全新的信息获取和处理方式,其在温室中的应用有利于提高温室的自动化程度和现代管理水平,在农作物生长监测中发挥重要作用^[4-5].

当前的温室监测大多侧重于环境因子,而对作物生理信息进行监测的研究较少;同时,对声发射信号无线传输方面的研究应用也不多^[6-7].若能更好地解决声发射信号的无线传输问题,会为设施农业管理提供极大便利.本文据此构建了基于无线传感网络的远程监测系统,完成对温室环境参数和作物病害胁迫

下的声发射信号的采集和传输,利用Apache + PHP + MySQL 组合搭建远程监测平台,实现了对温室的远程监测.

1 系统总体结构

基于 B/S 和 C/S 混合型架构设计的温室远程监测系统如图 1 所示.底层为无线传感采集网络和 LabVIEW 组成的 C/S 架构,在 C/S 模式下,无线传感网络将传感器采集的温度、湿度、CO₂ 浓度、光照强度等环境因子和作物病害胁迫下声发射信息传输给上位机;上位机温室监测系统以 LabVIEW 为软件平台搭建,对实时的温室信息进行采集处理,并与

收稿日期: 2017-06-01; 修回日期: 2017-09-07

基金项目: 天津市应用基础与前沿技术研究计划(14JCZDJC39000)

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

MySQL 数据库服务器交互存储温室数据信息. 上层为 Web 服务器构成的 B/S 架构网站, 中间由数据库实现 2 层的数据共享. B/S 模式利用 Apache 作为服务器供 Web 应用端调用采集数据, 将数据库中的温室信息发布到远程浏览器中. 用户通过浏览器登录网站, 查询温室信息.

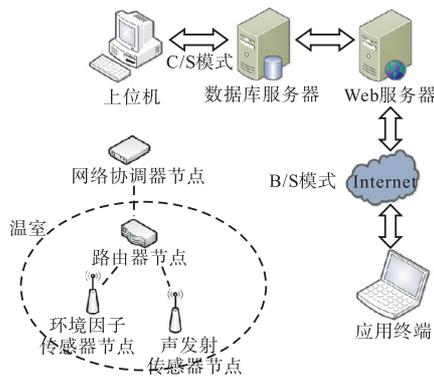


图 1 系统架构图

Fig. 1 Architecture diagram of the system

2 数据采集及传输

2.1 环境因子监测

温室环境监测因子主要有温度、湿度、CO₂ 浓度和光照强度等, 采用基于 ZigBee 的无线传感网络系统进行温室环境参数采集和传输. 无线传感网络节点分为网络协调器节点、路由节点和传感器节点, 采用模块化设计, 各个节点采用 ATmega8 单片机作为处理器模块完成 A/D 转换、数据读取、数据预处理等功能, 采用 SZ05 无线通信模块完成信息的无线传输和交换.

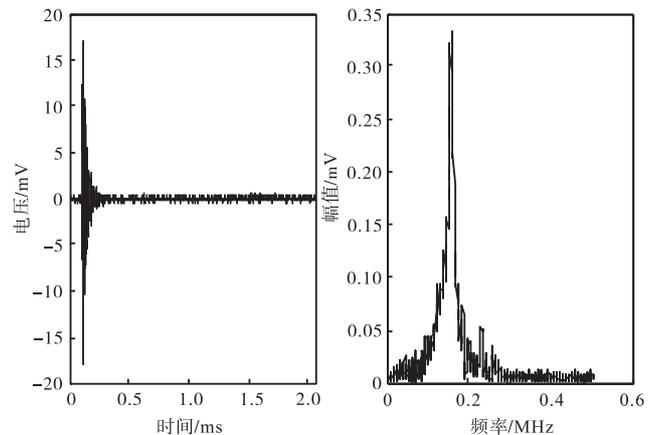
针对温室监测环境, 系统通过多个终端传感器节点、路由节点和网络协调器节点构建树型网络, 实现多路信号的无线传输. 网络协调器节点在无线网络中负责整个网络的组建工作, 完成网络设置、网络管理、数据收发等功能, 并通过串口和计算机连接. 传感器节点预先布置在温室指定的监测点上, 定时将采集到的数据经路由节点传送至网络协调器节点, 同时接收并响应网络协调器节点的命令.

2.2 作物声发射监测

传统的作物病害识别与分类主要采取人眼观察的方式, 具有耗时、费力、预报滞后的缺点^[8]. 研究发现健康番茄植株每日的声发射信号是按照一定的生理周期规律发生的, 病害胁迫下的植株会发生畸变^[3]. 对植株进行连续监测, 可观察不同时间声发射

情况, 从中探寻番茄在病害胁迫下声发射事件发生规律, 用于病害诊断和制定防治策略, 对温室调控有着积极作用.

图 2(a) 是应用声发射检测系统以番茄为对象检测到的一个声发射事件的信号波形. 从时域图可以看出番茄声发射信号是突发型声发射信号, 持续时间为微秒级, 呈衰减形式. 通过对信号进行快速傅里叶变换后得到了图 2(b) 所示的频域波形图, 从频率分布中可以得出该信号的峰值频率^[9]为 159 kHz. 其特征值提取结果见表 1.



(a) 时域波形图

(b) 频域波形图

图 2 声发射信号波形

Fig. 2 Waveform of acoustic emission signal

表 1 特征参数提取结果

Tab. 1 Calculation results of characteristic parameters

特征参数	数值	特征参数	数值
阈值/dB	30	峰值计数	2
幅值/dB	45	平均频率/kHz	133
上升时间/ μ s	7	初始频率/kHz	286
持续时间/ μ s	75	反算频率/kHz	118
振铃计数	10	峰值频率/kHz	159

以一株生长期的番茄为监测对象, 进行了 8 d 的连续监测, 得到 416 次声发射事件. 各种声发射源产生的声发射信号形态各异, 强度不等, 有很宽的频率范围. 结合本实验所采集到的番茄病害胁迫下的声发射数据进行统计分析, 番茄病害胁迫下的声发射信号特征参数主要范围见表 2.

通过分析声发射信号的主要特征参数可以了解声发射信号发生规律. 为了将声发射信号通过无线传感器网络传输, 并提高传输效率, 可提取声发射信号波形的主要特征参数并传输, 接收端通过多项式插值法模拟得到信号波形. 图 3 是根据图 2 所示声发射信号的特征值恢复得到波形与原波形的对比. 从

图3中可以看出,该方法可以较好地恢复声发射信号的波形,并且通过特征提取运算得到的特征值一致.

表2 番茄病害胁迫下声发射信号特征参数的主要范围
Tab.2 The main range of characteristic parameters of acoustic emission signals under tomato disease stress

特征参数	数值	特征参数	数值
阈值/dB	30	峰值计数	1 ~ 12
幅值/dB	31 ~ 55	平均频率/kHz	2 ~ 200
上升时间/ μ s	1 ~ 40	初始频率/kHz	2 ~ 1 000
持续时间/ μ s	1 ~ 200	反算频率/kHz	0 ~ 250
振铃计数	1 ~ 20	峰值频率/kHz	29 ~ 261

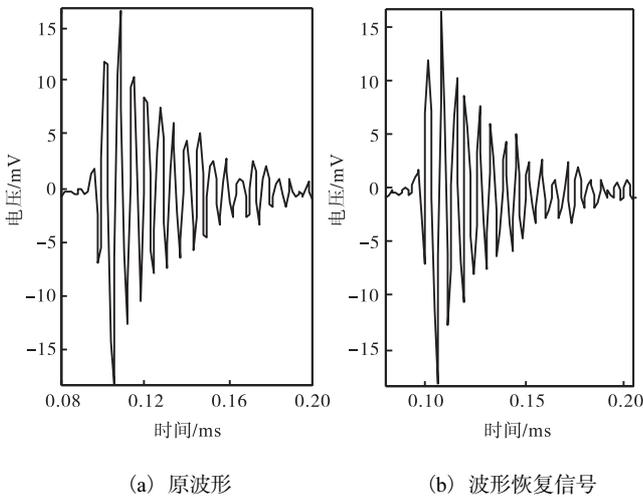


图3 波形恢复信号和原波形对比

Fig.3 Comparison of waveform recovery signal and original waveform

考虑到作物受病害胁迫时的声发射信号特点,本系统采用 TMS320F28335 设计了作物声发射采集处理系统,将声发射传感器固定在被检测植株上,采集的声发射信号经过放大处理后,通过 DSP 进行滤波和特征值提取,并进行特征值存储和传输,传输至上位机进行存储和统计分析.

3 上位机监测平台

3.1 现场监测数据的存储

温室远程监测系统需要存储大量温室环境参数,可进行历史数据的查询和分析处理;系统中要包含作物病害的有关资料信息,以供用户查询.

选取 MySQL 作为数据库,存储相关数据. 根据系统需求,在数据库中建立了用户信息表、监测参数表、管理员表、农作物种类表和病害信息表. 其中,监

测参数表用于存储现场采集的环境因子和声发射时频次信息. 根据硬件采集系统的数据格式,在 MySQL 数据库中设计了监测参数表,用来记录时间、温度、湿度、光照强度、CO₂ 浓度和声发射时频次数值. 数据类型均为 Varchar 型,长度为 255,不允许为空.

上位机监测软件^[10]基于 LabVIEW 平台开发. LabVIEW 提供了多种与数据库连接的方法,这里选取 NI 公司的附加数据库接口工具包 LabVIEW SQL Toolkit 进行数据库访问. 在 LabVIEW 访问 MySQL 过程中,需要将监测参数写入预先设计好的数据库表格中,并且每个参数都要有数值及对应时间. 因此,需要在 LabVIEW 中编写一个循环写入程序,将采集的数值写入 MySQL 中.

3.2 PHP访问数据库

对于不同的 Web 编程技术,其搭配的 Web 服务器软件是不同的. 本文采用 Apache + PHP 搭配的 Web 服务器与编程技术,主要完成数据库服务器与 Web 服务器的交互,实现浏览器客户端动态页面的操作.

通常 PHP 与 MySQL 的交互方式有 2 种:通过 mysqli 函数和 PDO (PHP data object) 类库. 根据系统的需要,采用 mysqli 函数连接方式实现 Web 应用程序与 MySQL 数据库交互.

4 远程监测

温室远程监测系统的主界面如图 4 所示. 远程监测系统主要分为前台用户页面和后台管理页面. 用户页面以曲线和表单方式实时显示监测数据,并拥有用户注册登录、数据查询、病害查询、在线咨询等功能. 后台管理页面用于管理数据库表中数据,主要实现典型病害特征的插入、删除管理.



图4 远程温室监测平台

Fig.4 Remote greenhouse monitoring platform

(1) 参数查询模块. 该模块以 Ajax 的方式与 Web 服务器交互, 通过 Ajax 技术, 用户可根据需求仅刷新局部页面, 查看最新的温室数据, 从而减少了界面响应时间, 提高了用户操作体验.

(2) 监测数据曲线模块. 该模块采用 Highcharts 技术, 通过调用 CURDATE() 函数查询出目前采集的数据, 根据上位机软件采集数据的情况确定显示的时间间隔. 图 5 为实时监测数据曲线图.



图 5 监测数据曲线图

Fig. 5 Curves of monitoring data

(3) 历史数据查询模块. 该模块以具体表单的方式呈现在用户面前, 用户通过输入查询日期获取历史数据.

(4) 病害查询模块. 该模块的目的在于为用户解决作物病害问题. 当用户输入关键字查询时, PHP 利用 SQL 语句查询数据库中的数据, Web 服务器调用数据库中匹配的数据返回 HTML 页面, 以表格形式显示出用户可能需要的病害数据.

5 结 语

本文综合考虑环境参数和作物病害声发射信号, 设计了温室远程监测系统, 可获取温室环境参数和植株的声发射信息. 并以番茄为例, 对番茄病害胁迫下的声发射信号进行监测, 对声发射信号的特征值进行

提取分析和传输, 提高了声发射信号的传输效率, 利用声发射信号进行作物病害程度评价, 可更好地进行远程监测和管理. 基于 LabVIEW 平台开发上位机软件, 在满足现场监测需要的同时, 通过连接互联网即可使用户通过浏览器对温室进行监测. 远程监测平台利用 Ajax、Highcharts 等网络技术提高了用户体验, 可在多个操作系统平台下运行, 具有较好的可移植性.

参考文献:

- [1] 霍晓静, 钱东平, 吕长飞, 等. 用声发射技术实现作物生理需水信息监测[J]. 节水灌溉, 2008(9): 10-12.
- [2] 王润涛, 杨方. 基于虚拟仪器的番茄水胁迫中心频率的研究[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(5): 108-111.
- [3] 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.
- [4] 何龙, 闻珍霞, 杨海清, 等. 无线传感网络技术在设施农业中的应用[J]. 农机化研究, 2010, 32(12): 236-239.
- [5] 杨金生, 田志宏. 基于 SHT71 的温湿度无线远程监控系统[J]. 天津科技大学学报, 2009, 24(2): 51-54.
- [6] 王银铃, 辛磊, 梁国柱. 基于无线高速声发射系统设计[J]. 信息通信, 2014(8): 44-45.
- [7] 郑先锋, 刘刚. 基于作物水胁迫声发射技术与 Zigbee 无线传感器网络的精细灌溉系统的设计[J]. 电子器件, 2014, 37(6): 1189-1192.
- [8] 尚怡君, 张善文, 张云龙. 基于植物叶片图像的作物病害检测方法[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(4): 340-342.
- [9] 张颖, 赵广宇, 周俊鹏, 等. 20#钢拉伸过程的声发射信号频率特性分析[J]. 化工机械, 2013, 40(5): 569-573.
- [10] 王秀清, 赵娜, 陈浩, 等. 无线传感网络温室环境监测病害诊断系统的构建[J]. 天津科技大学学报, 2013, 28(2): 50-54.

责任编辑: 常涛