

基于物联网的日光温室智能监控系统设计与实现

韩 毅, 许春雨, 宋建成, 施苗苗

(太原理工大学 煤矿电气设备与智能控制山西省重点实验室, 山西 太原 030024)

摘 要:针对我国北方地区日光温室环境调控水平落后、运行管理依赖经验、网络化程度低等问题,设计并开发了一种基于物联网的日光温室智能监控系统。系统以全面感知、可靠传输和智能处理 3 层体系为基本设计构架,采用集中控制结合现场控制的分布式控制策略,提出了集滞环控制、时间控制和智能控制于一体的控制方法,以 LabVIEW 软件为开发平台设计了多温室分布式控制的集中监控界面及管理决策软件,实时监测记录温室大棚内外各类环境参数,自动控制执行机构动作,实现温室大棚的智能化控制、精准化运行和科学化管理。系统运行表明,系统数据采集准确、数据传输稳定、环境因子调控可靠,可满足日光温室的现代化管理需求。

关键词:物联网;日光温室;分布式控制;变结构模糊控制

中图分类号:S 24;TP 277 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)09-0207-04

近年来,我国设施园艺发展迅速,截至 2012 年,我国设施园艺面积约为 406 万 hm^2 ,日光温室和塑料大棚约

第一作者简介:韩毅(1990-),男,硕士研究生,研究方向为设施农业智能控制技术。E-mail:yih2009happy@163.com.

责任作者:许春雨(1970-),男,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事智能控制技术与电力电子变换技术等研究工作。E-mail:xuchunyu@tyut.edu.cn.

基金项目:山西省科技厅重大专项资助项目(20131101029);太原市科技支撑新农村建设资助项目(120157)。

收稿日期:2016-01-29

为 230 万 hm^2 ,居世界首位^[1]。日光温室是我国独有的技术,因其具有采光、保温性能好,设备投入低,运行费用少等优点,在我国北方地区得到广泛应用。随着我国农业现代化进程的加快,传统日光温室的运行管理模式逐渐显现出不足:环境调控水平落后,多依赖人工管理,自动化、智能化水平不足;设备控制多针对单体日光温室,人机交互性差,缺乏对温室群的集中监控^[2-3]。

物联网是综合信息传感元件、传感网、互联网和智能信息处理的新一代信息技术,在农业领域具有广泛应用。以物联网为技术框架的温室大棚智能监控系统对

[3] 张谷丰,朱叶芹,翟保平,等.基于 Web GIS 的农作物病虫害预警系统[J].农业工程学报,2007,23(121):176-181.

[4] 李丽,李道亮,周志坚,等.径向基函数网络与 Web GIS 融合的水果病虫害预测[J].农业机械学报,2008,39(3):116-119.

[5] 张竞成,袁琳,王纪华,等.作物病虫害遥感监测研究进展[J].农业工程学报,2012,28(20):1-11.

[6] 王兴旺,金宝华,孙修东.南汇水蜜桃决策支持系统研究[J].安徽农业科学,2010,38(10):5480-5491.

Research on Crop Diseases and Insect Pests Forecasting System Based on Wireless Sensor Network

WANG Xingwang^{1,2}, ZHANG Wu¹

(1. School of Computer Engineering and Science, Shanghai University, Shanghai 200444; 2. Shanghai Vocational Technical of Agriculture and Forestry, Shanghai 201699)

Abstract: In this paper, the regression model of the plant diseases and insect pests forecasting scheme based on the research of the wireless sensor network and plant diseases and insect pests forecasting were designed, the regression model was improved and the IRM plant diseases and insect pests forecasting model was proposed. The IRM model could improve the prediction accuracy. The research and development of plant diseases and insect pests forecasting system was completed, the system had been used in sunqiao modern agricultural park of Shanghai after finished. The results showed that the system could generate model equation automatically based on the pest data, the occurrence of crop diseases and pests could be effectively forecasted. The application of the system had actual significance for the reduction of crops diseases and insect pests, it also could promote the agricultural production.

Keywords: wireless sensor networks; plant diseases and insect pests; forecasting

各种环境参数进行全面感知、可靠传输和智能处理,实现温室大棚的高效生产目标^[4]。

该研究在前人研究^[5-6]基础上,设计并实现了一种基于物联网的日光温室智能监控系统。该系统可实现日光温室内部空气温度、空气湿度、CO₂浓度、土壤湿度、光照强度,外部空气温度、空气湿度等参数的实时监测,各类执行机构的自动控制,创造出适于作物生长的小气候环境;同时将各个温室组网运行,通过集控计算机进行集中监控,实现日光温室群生产过程的自动化、智能化与网络化。

1 系统结构

日光温室智能监控系统基于典型物联网体系架构,采用3层结构设计:感知层、传输层和智能处理层,如图1所示。感知层通过不同种类的传感器采集温室大棚内外空气温度、空气湿度、光照强度、二氧化碳浓度和土壤湿度等环境参数,为温室环境调控提供科学、全面的依据。传输层建立在传感网、局域网、移动通信网和互联网基础上,实现用户对感知层数据的获取和决策控制命令的下达。智能处理层通过对获取的温室各类信息进行融合、处理、共享,获得准确可靠的环境信息,在集中监控界面实时显示,依据智能控制算法,实现对室内空气温度和湿度参数调控命令的决策指导。

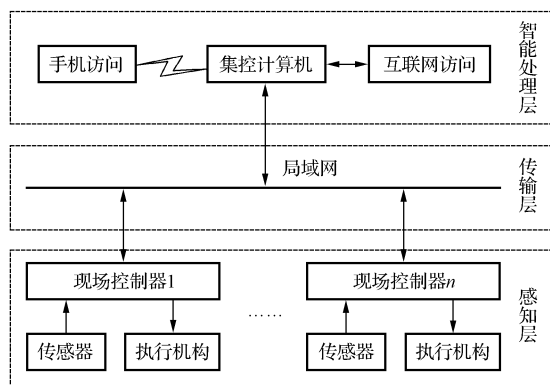


图1 系统整体结构

Fig.1 The overall structure of control system

2 硬件组成

系统现场控制器选用西门子S7-200系列产品,CPU选择具有24路数字量输入和16路数字量输出的CPU226,扩展模块选择具有4路模拟量输入通道的EM231模块和CP243-1工业以太网模块。该系列产品工作稳定可靠,能够满足温室大棚的自动控制需求。

温室内对农作物长势影响显著的环境参数主要有温度、湿度、光照、气体环境和土壤环境等。该系统选用国产WLHT-IS型空气温湿度传感器,YS-CG-J型光照强度传感器,ESENSE型二氧化碳浓度传感器和TDR-3

型土壤湿度传感器实现环境参数的感知。

温室大棚各类执行机构直接调控各类环境因子,该系统装备的执行机构构成的控制单元包括风机单元、卷帘机单元、卷膜机单元、二氧化碳施肥单元、微灌单元、加湿单元、补光单元、加热器单元和湿帘水泵单元等。

3 软件设计

3.1 PLC程序设计

PLC程序采用西门子STEP 7-MicroWIN编程软件开发,采用梯形图语言编写,主要实现系统初始化、数据采集、参数值计算、执行滞环控制和时间控制策略等功能。PLC程序设计流程图如图2所示。

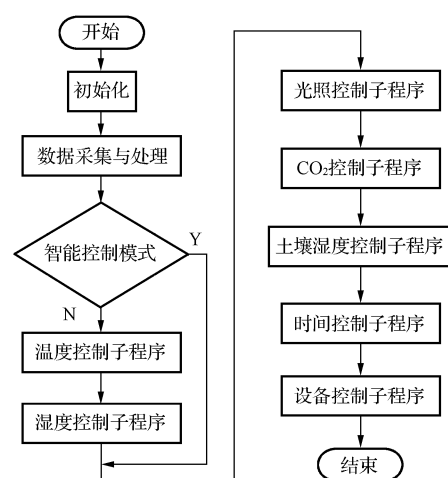


图2 PLC程序流程

Fig.2 The flow chart of PLC program

初始化过程主要完成参数目标值、上限值、下限值和时间参数的设定工作。数据采集与处理过程主要实现采集数据的A/D转换和环境参数实际值与PLC中数字量之间的换算。各类环境参数控制子程序采用滞环控制策略,依据设定的上限值和下限值,自动控制执行机构的启停,使环境参数保持在设定的范围内。时间控制主要针对补光灯和卷帘机这2种执行机构,依据系统初始化过程设置的启停时间,在规定时间内自动开启,在其它时间段关闭。

3.2 集中监控软件总体结构

该系统采用NI公司的LabVIEW 2013作为开发平台,以温室群的高效管理为目的,设计系统的集中监控软件。LabVIEW软件采用图形编程方式代替传统的文本代码编程方式,具有简单、高效、直观的特点,广泛应用于工业自动化、测试测量、图像处理等领域^[7]。

系统集中监控软件主要包括实时监测模块、控制输出模块、参数设定模块、智能决策模块、数据管理模块、网络发布模块和报警模块,集中监控软件总体结构见图3。

实时监测模块以实时数值和曲线趋势的形式显示

当前空气温度、空气湿度、光照强度、CO₂浓度、土壤湿度等内外环境参数。此外,该模块显示各类执行机构正反转和开关状态信息,使用户直观地了解温室运行状态;控制输出模块实现每个温室内部执行机构的集中手动操作;参数设定模块完成各类环境参数的目标值、上限值和下限值的设定,卷帘和补光灯的启停时间设定,温湿度的滞环控制或智能控制模式设定;智能决策模块实现主要环境因子温度和湿度的模糊控制策略,智能调控加热器、卷膜机、风机、湿帘水泵等设备的动作状态;数据管理模块实现执行机构动作状态和环境参数值的存储、查询、报表和历史曲线生成功能;网络发布模块将温室信息接入互联网,便于异地管理。报警模块在环境不合理的情况系以图形的形式提示用户采取相应措施。

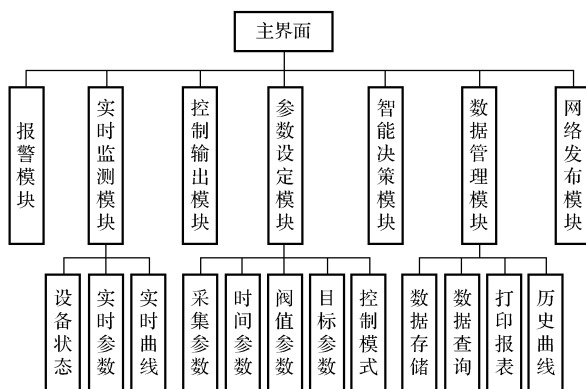


图3 集中监控软件总体结构

Fig. 3 Block diagram of the centralized monitoring software

3.3 系统通讯设计

物联网传输层是连接感知层和应用层的重要环节,其作用是实现传感器信息的可靠传输和广泛互联功能^[4],将感知层获取的各类温室信息安全可靠地传送给各类用户。该系统的数据传输网络包括温室现场局域网络和远程广域网络。种植基地温室大棚数量众多,现场控制器与集控计算机间的距离长,为实现二者之间数据的可靠传输,温室现场局域网络采用基于以太网通讯的有线传输技术,具有系统容量大、联网距离长、稳定、抗干扰能力强等特点。

该系统的远程广域网络采用互联网与 GSM 移动通信相结合的传输技术,通过网络浏览器和移动终端,用户可以随时随地获取温室环境信息,具有覆盖范围广、鲁棒性好、扩展灵活等特点。

4 智能控制策略

信息的智能处理是物联网上层环节,通过对感知层信息进行融合、处理,制定出科学合理的决策,是物联网的重要组成部分。智能控制作为智能处理过程的一项关键技术,适合用于各类复杂系统的控制过程。

在温室内影响作物生长和发育的主要环境因子中,空气温度和湿度是最基本的因子,对作物影响最为显著^[8]。因此,该研究对这 2 个参数进行智能调控。温室环境系统具非线性、强耦合、大滞后的特点,难以建立其精确的数学模型,难以采用传统控制方法进行调控,而模糊控制不需要系统精确的数学模型,非常适合应用于温室环境控制系统^[9]。由于常规单一结构的模糊控制在平衡点附近会产生振荡,其稳态精度不高,该文在其基础上,提出了一种变结构模糊控制方案,根据温湿度波动的不同范围,选择不同的模糊控制器,变结构模糊控制原理如图 4 所示。

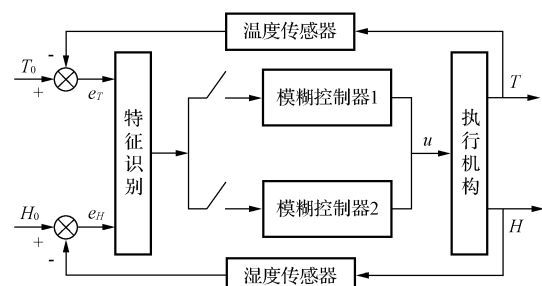


图4 变结构模糊控制原理

Fig. 4 Block diagram of variable structure fuzzy control

其中, T_0 和 H_0 为专家给出的农作物生长所需的最佳温度和湿度, T 和 H 为温室内实际温度和湿度, e_T 和 e_H 分别为温室内温度偏差和湿度偏差, u 为作用于各种执行机构的控制命令组合。

2 个模糊控制器的输入为温度误差和湿度误差。模糊控制器 1 实现粗略、快速的控制,不需要过多的控制规则。所以设定 5 个输入论域上的模糊集合,隶属度函数选择分辨率较低的梯型;输出选择控制作用较强的执行机构,包括加热器(全功率)、加湿器、湿帘水泵、风机、卷膜机(全开或全闭),其隶属度函数为单点型。模糊控制器 2 实现精细调节,设定 7 个输入论域上的模糊集合,隶属度函数形状为分辨率较高的三角型;输出选择控制作用较小的执行机构,包括加热器(半功率)、加湿器、卷膜机(全开、2/3 开、1/3 开和全闭),其隶属度函数同样为单点型。依据设定好的模糊控制规则,2 个模糊控制均采用 Mamdani 推理方法获得输出量的模糊集合,然后采用加权平均法进行解模糊,获得输出命令。

该研究借助 LabVIEW 软件中的 PID and FUZZY logic toolkit,采用在线推理方式实现模糊控制器的设计。模糊控制系统运行时,依据状态特征量和,识别系统所处状态,选择不同的模糊控制器。当或时,系统温度偏差和湿度偏差较大,控制目标是尽快消除偏差,使温度或湿度回到合理范围,此时选用模糊控制器 1;当且时,系统温度偏差和湿度偏差不大,控制目标是精确调节环

境参数,减小系统稳态误差,此时选用模糊控制器 2。

5 系统应用

该系统在太原市小店区绿保种植基地的节能型日光温室中进行了现场运行,现场控制器安装运行如图 5 所示。系统运行表明,温室各类数据信息采集准确,网络传输稳定可靠,决策命令下达准确迅速,温室环境参数被控制在合理范围内,有效提高了温室生产过程的科学管理水平。

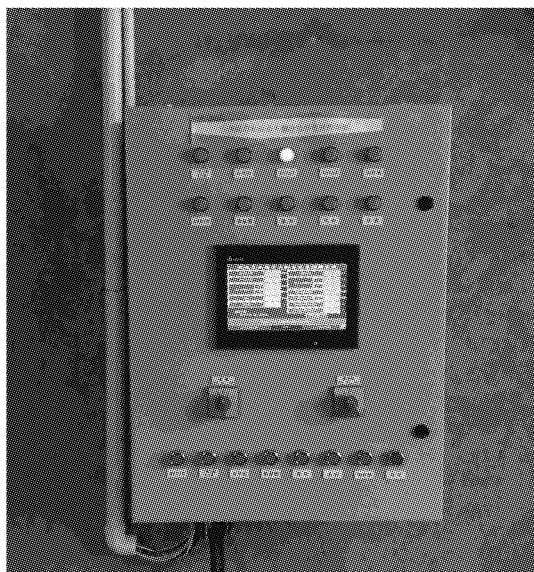


图 5 现场控制器运行状况

Fig. 5 The running state of field controller

6 结论

该研究以日光温室为研究对象,设计并实现了一种基于物联网的日光温室智能监控系统。该系统通过多源信息传感器实现温室环境信息的全面感知;综合滞环控制、时间控制和智能控制等多种控制方式,实现温室环境参数的自动调节,维持作物生长所需的环境条件;通过温室群集中监控软件,实现监控中心对各个温室的统一配置和统一管理,提高日光温室群的管理水平和运行效率。该系统实现了日光温室种植基地的智慧生产,随着我国农业现代化进程的加快,系统具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 张真和. 我国设施园艺产业现状与发展重点[C]//2012 中国设施园艺工程学术年会,设施蔬菜栽培技术研讨暨现场观摩会,2012.
- [2] 王新坤,李红. 我国温室的研究现状与发展趋势[J]. 排灌机械工程学报,2010,28(2):179-184.
- [3] 薛文英,傅平,张馨,等. 基于组态平台的日光温室群监控系统软件设计与应用[J]. 北方园艺,2012(9):53-56.
- [4] 李道亮. 物联网与智慧农业[J]. 农业工程,2012(1):1-7.
- [5] 王志国,王伟,齐铁,等. 基于网络的多温室自动控制及信息发布系统设计[J]. 北方园艺,2015(18):215-218.
- [6] NACHIDI M, BENZAOUIA A, TADEO F. Temperature and humidity control in greenhouses using the takagi-sugeno fuzzy model[C]//Computer Aided Control System Design, 2006 IEEE International Conference on Control Applications, 2006:2150-2154.
- [7] 陈树学. LabVIEW 宝典[M]. 北京:电子工业出版社,2011.
- [8] 卢佩,刘效勇. 温室大棚温湿度模糊解耦控制系统设计与仿真[J]. 农机化研究,2010,32(1):44-47.
- [9] LAFONT F, BALMAT J F. Optimized fuzzy control of a greenhouse[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2002,128(1):47-59.

Design and Implementation of Intelligent Solar Greenhouse Monitoring System Based on Internet of Things

HAN Yi, XU Chunyu, SONG Jiancheng, SHI Miaomiao

(Shanxi Key Laboratory of Electrical Equipment and Intelligent Control, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi 030024)

Abstract: In the view of the problems existing in the running of solar greenhouse of northern China, such as the low level of environment regulation, overreliance on individual experience in operation and management, low degree of network, etc., an intelligent monitoring system based on IOT was designed and developed. The system was designed under the three-tier architecture of comprehensive perception, reliable transmission and intelligent procession. The system adopted centralized control method in combination with field control method, which realized the distributed control strategy. The combined control method of hysteresis control, time control and intelligent control was proposed. The centralized monitoring interface and the management decision-making software of solar greenhouse were designed by the development platform of LabVIEW, which could realize real-time monitoring, recording of various environmental parameter and automatic controlling of auxiliary facilities. The intelligent control, precise running and scientific management of greenhouse were realized. The operation results showed that the system had the advantages of accurate data collection, stable data transmission, reliable environment control, which could meet the demand of solar greenhouse modernization management.

Keywords: IOT(internet of things); solar greenhouse; distributed control; variable structure fuzzy control