

张晨,施佳,付康为,等. 支持多平台应用的智慧农业温室大棚监控系统设计[J]. 江苏农业科学,2018,46(12):197-201.
doi: 10.15889/j.issn.1002-1302.2018.12.049

支持多平台应用的智慧农业温室大棚监控系统设计

张晨¹,施佳^{1,2},付康为¹,沈乐威²,郑亚平²

(1. 南通大学电子信息学院,江苏南通 226019; 2. 南通大学计算机科学与技术学院,江苏南通 226019)

摘要: 采用无线通信技术、以太网技术、视频监控及 Web 技术等,设计了 1 套支持 Android、IOS 和 Windows 的多平台农业温室大棚数据监控与溯源系统,完成了系统的软硬件实现与测试。结果表明,设计的系统可以实时掌握作物生长的温湿度、二氧化碳、土壤 pH 值和光照度等环境数据,并在给定的向量机模型下自动产生相应的控制信号以调节作物生长环境,系统还可以自动将采集的作物生长环境参数存储到溯源模块中。为了方便用户直观查看和管理,该系统采用地理信息技术(GIS)将百度地图嵌入到软件系统中,实现了大棚位置和传感器节点信息的在线标定。

关键词: 智慧农业; 传感器; 远程监控; 无线通信; 农业温室大棚数据监控与溯源系统

中图分类号: S126; TP277.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)12-0197-05

随着科学技术的不断进步,我国农业正从传统型的耕作方式向精准农业和智慧农业方向快速发展^[1]。其中,智慧农业运用信息感知、传输和处理技术,有效地利用各种农业资源,减少了农业能耗、成本和对生态环境的破坏,为实现农业生产的精准化种植、可视化管理和智能化决策提供了技术途径,成为我国“十三五”期间农业发展的主流趋势^[2-3]。

在我国现代农业生产中,温室大棚因能在人为干预下,在一定范围内控制农作物的生长条件,减轻农作物对自然的依赖性,并有助于提高产量而得到广泛应用^[4]。然而,近年来,

温室大棚的富营养化问题十分突出,耕作的环境亟须改善。究其原因,主要是不科学的耕作导致土壤中的氮、磷等元素超标,进而影响到后续作物的耕作^[5]。为了科学管理温室大棚,保障农业的可持续发展,修复农业生态环境,实现绿色、循环和高效发展,本研究将智慧农业的理念和模式应用到温室大棚的生产管理中。通过在温室大棚内布设传感器来探知土壤的温湿度、电导率、空气的温湿度以及二氧化碳等数据情况,获取当前值和作物需求值的差别,来进行智能化的管理,从而为生产管理提供科学依据。此外,本研究还设计了溯源功能模块,并将其与作物生长环境参数监测模块关联,方便了管理者的正向溯源和消费者的逆向溯源。

论文首先介绍了系统的架构设计和硬件模块的实现,然后详细给出各个软件模块的设计。本研究针对感知数据可能存在的个别节点异常值问题,提出基于 Pauta 准则的感知数据处理方法;为实现自动管理,提出基于数据表的设备控制方案,还给出了系统主要功能的展示和测试结果。

1 系统设计

本研究设计的温室大棚监控系统主要用于作物从栽种到

收稿日期: 2017-01-02

基金项目: 江苏省产学研合作研究项目(编号: BY2016053-08); 中国赛尔网络下一代互联网技术创新项目(编号: NGH20150303、NGH20160707); 江苏省南通市农业科技创新与产业化项目(编号: HL2014006)。

作者简介: 张晨(1993—),男,江苏苏州人,硕士研究生,主要从事嵌入式系统技术及其应用研究。E-mail: zhangt112233@126.com。

通信作者: 施佳,博士,教授,主要从事智能信息处理研究。E-mail: sq@ntu.edu.cn。

的防治效果有待进一步研究。

通过试验比较,在小麦生长中后期自走式喷杆喷雾机在小麦植株的中下层雾滴覆盖率与沉积量变化平稳,均匀性较好,变异系数小,适合作业。但不同的自走式喷杆喷雾机对小麦的种植规格有要求,因此在种植小麦时应与施药机具相对应。

参考文献:

- [1] 魏淑艳,江光华,黄聪会,等. 小麦植保机具现状分析及新作业方法的研究[J]. 农机化研究,2014,36(11):258-260.
- [2] 秦海生. 我国植保机械化发展研究[J]. 时代农机,2016,43(4):149-152.
- [3] 成晓松,仇广灿,胡健,等. 不同药剂及施药技术对小麦赤霉病的防治效果研究[J]. 农学报,2016,6(1):28-32.
- [4] 孙国祥,李永博,汪小昆,等. 背负式喷雾器雾滴分布特性的 CFD

模拟与试验[J]. 农业工程学报,2012,28(20):73-79.

- [5] 陈丹,任广伟,王秀芳,等. 4 种喷雾器在茶树上喷雾效果比较[J]. 植物保护,2011,37(5):110-114.
- [6] 袁会珠,杨代斌,闫晓静,等. 农药有效利用率与喷雾技术优化[J]. 植物保护,2011,37(5):14-20.
- [7] Foqué D, Nuytens D. Effects of nozzle type and spray angle on spray deposition in ivy pot plants[J]. Pest Management Science,2011,67(2):199-208.
- [8] 袁会珠,王国宾. 雾滴大小和覆盖密度与农药防治效果的关系[J]. 植物保护,2015,41(6):9-16.
- [9] 祁力均,胡锦蓉,史岩,等. 喷雾参数与飘移相关性分析[J]. 农业工程学报,2004,20(5):122-125.
- [10] 高圆圆,张玉涛,赵西城,等. 小型无人机低空喷洒在玉米田的雾滴沉积分布及对玉米螟的防治效果初探[J]. 植物保护,2013,39(2):152-157.

成熟过程中的生长状况监测,通过温湿度、光照等传感器感知信息来控制风机、遮帘等设备,维持作物正常的生长环境,并且通过溯源系统记录作物每天的状态。由图 1 可知,该温室大棚监控平台主要由感知层、传输层和应用层组成^[6-7]。其中,感知层由大棚中的温湿度传感器、光照传感器、pH 值传感器、CO₂ 传感器、电导盐分传感器及视频监控摄像头组成,它们就像是人的皮肤和五官,能够采集信息、识别物体;传输层则类似人的神经网络,用于传输感知数据,在本系统中用 WIFI、485 总线、TCP、UDP 和 RS232 等通信方式体现;应用层就像是大脑和四肢,将感知的信息存储或者对感知信息进行反馈,本设计中,该层主要包含农产品溯源模块、视频监控处理模块、感知数据处理模块和移动终端处理模块。

1.1 系统架构设计

图 2 以单个大棚为例,给出了本系统的架构示意图。每个温室大棚有两大系统,一个是由多个传感器变送单元、多个

采集节点和视频模块组成的大棚信息采集系统,另一个是由控制节点构成的大棚控制系统。其中,视频图像直接通过有线网络传到交换机模块;数据采集节点实时采集布设在大棚内的各种传感器数据,并将数据以 UDP 包的形式无线发送到棚内的无线访问接入点(access point, AP),AP 将数据经以太网最终传送到网络服务器,服务器再将数据存储在时序数据库中。

为方便用户对比分析数据,系统使用 Web 技术设计了上位机软件。该软件系统可以将采集到的大棚实时数据以折线图的方式显示在不同的终端上,并能够根据预先设置的各环境参数阈值发出相应的控制指令;控制指令经过以太网传输到无线 AP,无线 AP 解析信息的目标地址,并将数据以 TCP 包的形式发送给安置在大棚内的控制器;控制器根据信号控制大棚内的控制装置,实现对温室大棚环境的调节,以使大棚内的环境处于最适宜植物生长的状态。

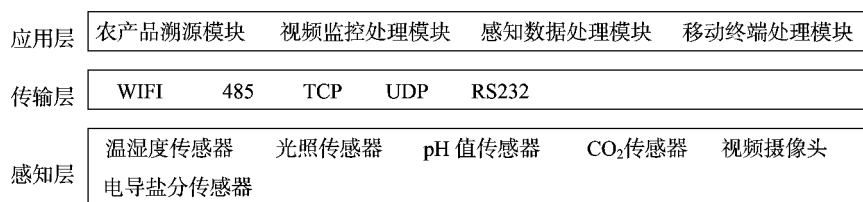


图1 系统分层结构

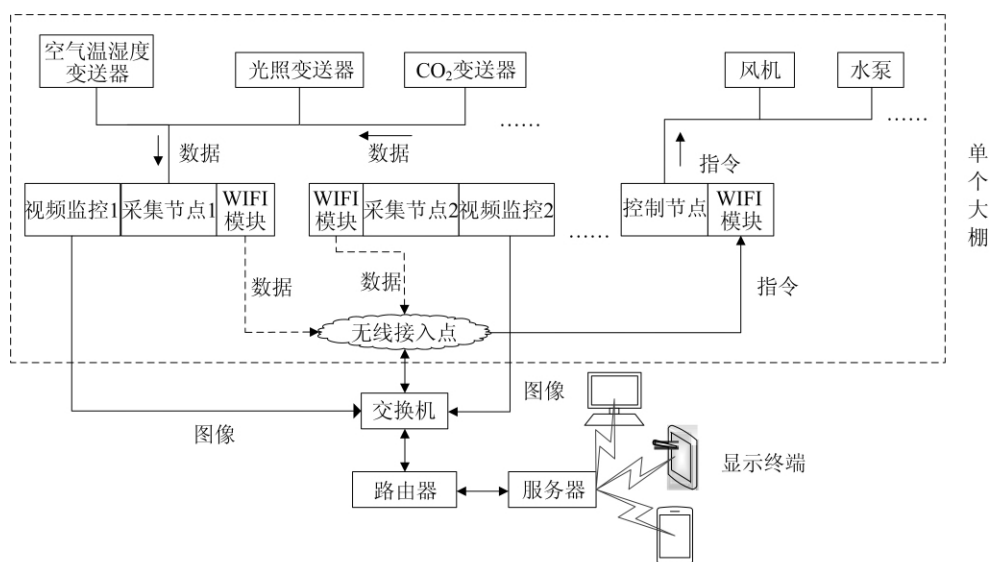


图2 系统整体架构

1.2 系统硬件模块设计

系统硬件模块的主要工作是采集控制器电路及其嵌入式程序设计。系统中用于采集多种传感器数据的传感变送器模块采用 STM32F103 为主控芯片,并带有 RS485 接口和数码管或液晶显示。同样带有 RS485 接口的采集器模块根据 485 协议通过 A、B 这 2 条线向变送器发送查询帧,以查询的方式来获得相应传感器的数据。本设计使用的查询帧和数据帧格式分别如表 1、表 2 所示。

表 1 查询帧格式

设备地址	功能码	起始寄存器	寄存器个数	CRC 校验
0x01	0x03	0x00,0x17	0x00,0x01	0x34,0x0E

表 2 数据帧格式

设备地址	功能码	字节数	寄存器数据	CRC 校验
0x01	0x03	0x02	0x00,0xB4	0xB8,0x33

变送器将采集到的传感器数据储存在指定的 STM32F103 主控芯片内存中。采集器通过改变查询帧中相应字段的参数来读取相应传感器的数据;当变送器接收到来自采集器的查询命令后,将对应的传感器数据按数据帧格式发送给采集器。为确保采集器能够接收到准确的传感器数据,整个查询应答过程使用 16 位的 CRC 校验码。

采集控制器采用了带有双串口(RS232)功能的 STC12C5A60S2 作为主控芯片,该芯片的一个串口通过

RS232-485 转换模块与 RS485 通信芯片相连,本设计中将该串口的波特率设为 9 600 bps;另一个串口接无线通信模块并将其波特率设为 57 600 bps。本设计中采用了以 RT5350 芯片为核心的低成本无线通信模块。该无线模块支持 IEEE 802.11n 协议,可以提供 50 m 以上覆盖范围和较高的无线吞吐量,具有长时间稳定连线、断线重连的特点,保证了数据的正确发送与接收。采集控制器的主控芯片通过 AT 指令 (attention) 可以修改无线模块的网络地址、数据传输目标地址、发送包格式、连接 AP 的 SSID 等信息。在采集工作状态下,采集控制器将收到的传感器节点数据打包成 1 个字符串,该字符串包含了大棚号、大棚内节点号、传感器类型和传感器数据,并通过 UDP 包将该字符串发送到服务器数据中心。在控制工作状态下,采集控制器接收由服务器发来的包含控制信息的 TCP 包,进行解析校验后给出相应的控制命令。系统中的继电器接收到控制命令后执行对风机、遮阳幕帘、喷水等设备的控制。图 3 给出了本设计的采集控制器硬件实物图。

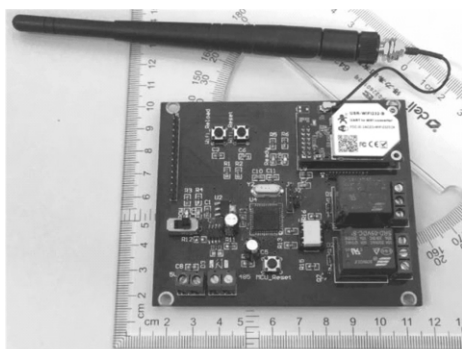


图3 采集控制器实物

2 软件系统设计

借助 HTML、CSS、JavaScript 和 Golang 构建的开发环境,并通过使用 JQuery、Bootstrap 和 Restful 框架,本研究设计了 1 个多线程实时响应的智慧农业温室大棚监控系统的服务端软件。其中,使用 Golang 搭建的简易 Web Services 服务,使得数据采集、控制指令下发和网页响应能够同时进行;实时采集的数据以 Json 的形式存入 Influxdb 数据库。整个系统的软件服务端主要包括农业产品溯源、视频监控处理、感知数据处理和移动终端处理 4 个子模块,并支持 Android、IOS 和 Windows 操作系统。下面给出各模块的简要说明。

2.1 农产品溯源模块

农产品溯源模块记录了农产品从种子到成熟中的所有过程,包括种植基地管理、投入品使用记录、基础资料管理、仓库管理、仓库维护、采购模块、入库模块、种植计划管理、生产管理、育苗管理和采收管理等。将这些农产品每日的监测数据存入溯源系统中,一方面方便种植户提取查看,若农作物在生长过程中出现病虫害,通过溯源系统的科学管理,能够及时找到问题所在,并及时获得解决方案。另一方面,通过记录农产品生长过程中的信息,可以让消费者在产品进入市场后还能知道产品的产地环境、生产流程、病虫害防治以及产品质量检测等信息,以便放心采购。图 4 给出了该模块的界面示意图。

2.2 视频监控处理模块

为了观察农作物的生长和控制设备的运行情况,本系统在温室大棚中架设了型号为 DH-IPC-HFW2100 的网络摄像头以传输大棚内实景图。该摄像头有 130 万像素和红外功



图4 溯源管理系统的界面示意

能,能够全天候较清晰地完成监控任务。通过二次开发,本设计将拍摄到的视频图像嵌入到软件系统中,通过在设计的网页上选择 IP 和通道编号,就能够看到监控图像。视频模块安装中须要根据大棚的大小调整设备数量,配备硬盘录像机后可以保存录像,监控偷盗行为,保护资产。

2.3 移动终端处理模块

为了使用户能随时随地监控温室大棚,本研究设计了支持 Android、IOS 和 Windows 等不同操作系统的多平台移动终

端处理模块。用户只需要有网络和带有浏览器的终端就能实现系统内各大棚环境参数的实时查看和参数阈值设置等管理功能。图 5 给出了手机端的监控页面示例。

2.4 感知数据处理模块

感知数据处理模块的运行流程如图 6 所示,该模块分为 2 个部分,一部分是数据的实时显示,另一部分是数据与控制指令的交互。

2.4.1 感知数据的实时显示

前台 Web 页面通过获取时序



a. 手动控制 b. 阈值设置

图5 系统手机监控页面

数据库中存储的底层数据,使用 Highchart 控件构建出数据随时间变化的折线图,为用户直观明了地呈现当前温室大棚的情况。为方便用户了解大棚的位置信息,本设计使用了 GIS 地理信息技术将温室大棚的具体位置定位在地图上,并且后台可以自由添加或删除温室大棚的地理信息,设计实现的效果如图7所示。感知数据显示模块的功能有(1)显示农业大

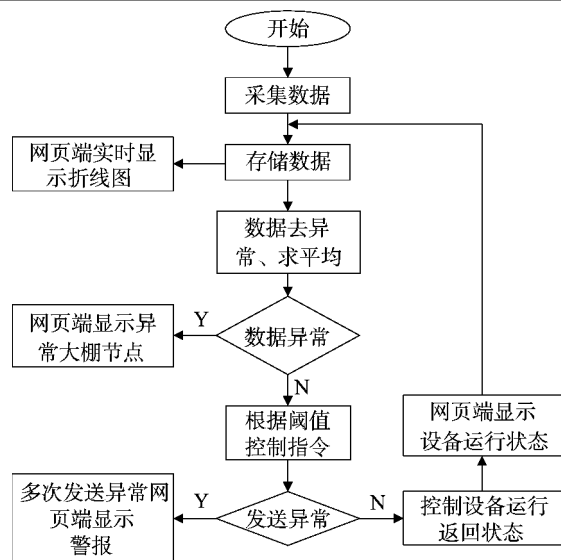
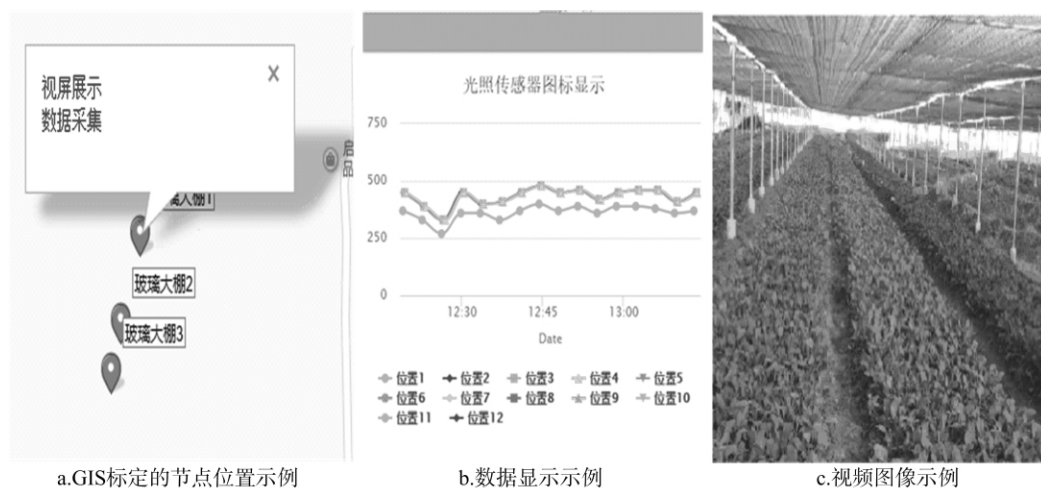


图6 数据处理显示流程

棚的地理位子;(2)以折线图实时显示各大棚的传感器数据;(3)实时显示各大棚的监控视频。



a. GIS标定的节点位置示例

b. 数据显示示例

c. 视频图像示例

图7 感知数据与视频监控

感知数据和视频的联合处理不仅能提供每个大棚的方位,还能提供实时的环境数据和视频监控数据,为专家在线进行病虫害的诊断提供了实时信息源。

2.4.2 感知数据与控制设备的交互 为了使温室大棚保持适宜的环境,需要对感知数据进行处理,并设定相应的阈值来判断是否执行相应设备^[8]。本系统中,1个大棚内有多个节点数据,当某个节点数据发生错误时,须要通过该大棚内其他传感器采集到的数据来进行异常值处理,然后求平均,得到该大棚的数据信息。本研究根据 Pauta 准则剔除采集到的异常值,即假设传感器在一段时间内感知的数据为 x_1, x_2, \dots, x_n (本系统取 n 为 100),分别计算出其算术平均值、剩余误差和标准误差,具体计算公式如下:

算术平均值:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (1)$$

剩余误差:

$$v_i = |x_i - \bar{x}| (i = 1, 2, \dots, n); \quad (2)$$

标准误差:

$$\sigma = \left[\sum_{i=1}^n v_i / (n - 1) \right]^{1/2}. \quad (3)$$

对于每个采集到的数据,若其剩余误差 $v_i > 1.5\sigma$,则判断该数据为异常值并剔除。同时,Web 上将显示该异常值出现的大棚节点,以使用户及时查找数据出现异常的原因。对去除异常值后的数据再次求算术平均值,将该算术平均值作为大棚内的当前环境参数。该当前环境参数与设定的阈值的比较结果作为系统中控制设备的控制信息。

本设计中,大棚的控制设备有湿帘、遮阳、补光灯、风机、加热器和喷灌,每一种控制设备都有 2 种状态,假设“1”表示开,“0”表示关。棚内与控制设备相关的传感器数据主要有土壤湿度、空气温度、空气湿度和光照度 4 种参数。将大棚内的当前环境参数与移动端页面设置参数的上下限阈值进行比较,若环境参数在正常范围之上用“1”表示,在正常范围之下

用“-1”表示,正常范围内用“0”表示。本设计中采用列表的方式将4种参数与阈值比较结果的组合状态及其对应的设备操作状态存放在软件系统中,系统根据比较结果自动选

择一种合适的操作状态对设备进行操作,使大棚环境进入正常状态。表3给出了部分大棚环境参数与控制设备之间的关系。

表3 大棚环境参数与控制设备状态的关系

序号	与阈值比较结果				设备操作状态					
	土壤湿度	空气温度	空气湿度	光照度	湿帘	遮阳	补光灯	风机	加热器	喷灌
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
4	0	0	-1	0	1	0	0	1	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
7	0	1	-1	1	1	1	0	1	0	0
8	0	-1	0	-1	0	0	1	0	1	0
9	0	-1	1	0	0	0	0	0	1	0
10	-1	1	-1	1	1	1	0	1	0	1

例如,若当前大棚土壤干燥、空气温度过高、空气湿度过低、光照度过高时,则与设定的阈值比较结果为 $[-1\ 1\ -1\ 1]$,由表3可知,对应第10行,此时控制设备的状态为 $[110101]$,该状态指令表示打开湿帘、遮阳、风机和喷灌,关闭补光和加热器,以此降低温度,提高环境湿度。使用表3所示的支持向量机模型,可以实现温室大棚的环境参数自动化调控。

本设计在实验室中对系统进行了验证,通过改变敏感度较高的光照传感器来观察控制设备情况。图8给出了其中的一种验证情况,在该验证中,实验室光照度在500 px左右,设置的光照的上下限阈值为2 000 px和100 px,通过遮挡和照明的方式改变光照度,使对应继电器联通,从而控制相应的设备。

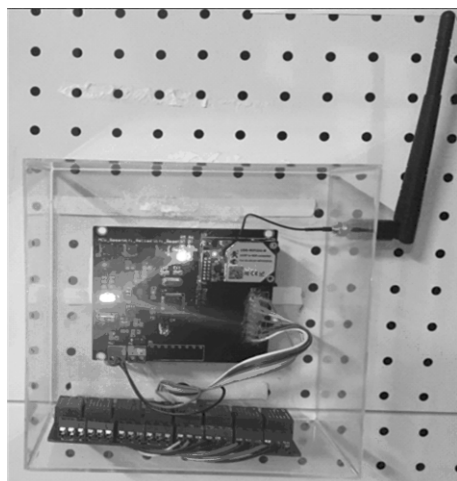


图8 控制验证示例

表4记录了控制器接收命令后的反应时间,这里给出了其50次接收到切换命令后的反应时间,该反应时间的平均值为1.312 s。经过反复多次的实验室重复验证试验和实际场地的试用测试后,结果表明系统基本可以满足实时要求。

3 结论

信息科技服务农业的最终目的是智能控制和生产决策支

表4 控制器反应时间

次数	反应时间 (s)	次数	反应时间 (s)	次数	反应时间 (s)
1	1.354	2	1.452	3	1.272
4	1.243	5	1.369	6	1.255
7	1.654	8	1.165	9	1.321
10	1.234	11	1.235	12	1.294
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
48	1.335	49	1.432	50	1.543

持。本研究利用实时、动态的农业物联网信息监控系统,对温室大棚进行自动检测控制,既给作物提供了适宜的大棚温室环境,也给温室大棚提供了科学有效的管理。系统的使用有利于改善农业大棚土地环境,提高生产经营效率。本研究设计的系统在农业产业园进行了实地应用测试,结果表明本系统运行稳定、可靠,实现了温室大棚的环境自动监控。

参考文献:

- [1] 袁小平,徐江,侯攀峰. 基于物联网的智慧农业监控系统[J]. 江苏农业科学,2015,43(3):376-378.
- [2] 蓝海涛,王为农,涂圣伟,等. “十三五”时期我国现代农业发展趋势、思路及任务[J]. 经济研究参考,2016(27):31-43.
- [3] 蓝海涛,王为农,涂圣伟,等. “十三五”我国现代农业发展趋势及任务[J]. 中国发展观察,2016(10):30-33.
- [4] 秦琳琳,陆林箭,石春,等. 基于物联网的温室智能监控系统设计[J]. 农业机械学报,2015,46(3):261-267.
- [5] 李浪. 浅谈大棚种植对农业土壤环境的危害[J]. 广东科技,2013(16):189.
- [6] Li R A, Sha X, Lin K. Smart greenhouse: a real-time mobile intelligent monitoring system based on WSN[C]// Wireless communications and mobile computing conference. IEEE, 2014: 1152-1156.
- [7] 韩力英,杨宜菩,王杨,等. 基于单片机的温室大棚智能监控系统设计[J]. 中国农机化学报,2016,37(1):65-68,72.
- [8] 宋庆恒. 基于多传感器数据融合的蔬菜大棚控制系统设计[J]. 农机化研究,2015(4):211-214.