

于 群,柳平增,李宝全,等. 基于 MSP430 的禽舍智能控制系统设计及应用[J]. 江苏农业科学,2018,46(9):236-240.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.09.057

基于 MSP430 的禽舍智能控制系统设计及应用

于 群¹, 柳平增¹, 李宝全², 王祥龙¹, 冯 玲³

(1. 山东农业大学信息科学与工程学院, 山东泰安 271018; 2. 山东农业大学动物科技学院, 山东泰安 271018;

3. 山东泰山学院信息科学技术学院, 山东泰安 271000)

摘要:禽舍温度、湿度、通风和灯光的调控,是科学养殖提高经济效益的基础,通过智能控制系统的研制实现精准控制和精益管理。采用物联网理论架构,以 MSP430 微处理器为处理和控制核心,由上位机远程监控,以物联网感知终端作为采集模块、DUT 及外围电路作为通信模块,对禽舍内空气温湿度、光照度、风速、空气质量等环境参数进行自动采集和分析,能合理地控制禽舍环境,实现智能控制。结果发现,系统功能全面,稳定可靠,且操作简单,能够很好地为家禽提供所需的舒适环境,对于提高我国禽养殖业效益、增强市场竞争力有重要意义。

关键词:MSP430;禽舍环境监控;GPRS;测控;传感器;智能化

中图分类号:S818.9;TP273+.5

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2018)09-0236-05

最早进行畜禽环境检测控制系统研究的国家是以荷兰等以集约型养殖为特点的西方国家,它们大多由很少的人来管理一个较大的畜牧场。而以色列的环境检测控制系统则是比较经典的监控系统,一是系统地采集了现场的各类有害气体的数据,二是对数据进行分析来达到控制现场设备的目的,采用模块化控制器,效果显著,有很高的实用性。赵娟从检测禽舍环境因子入手,研发了鸡舍环境监控与管理系统,着力分析了环境对蛋鸡生长和产蛋的影响^[1]。李文设计了基于 ZigBee 无线传感器网络和以太网技术的远程监控系统,可以对鸡舍内的温度、湿度、光照以及红外报警等信息进行实时采集和远程监控^[2]。本系统通过对影响家禽生产性能的各环境因子进行综合性、连续性的监测,研究禽舍内综合环境在不同时段的变化^[3],实现禽舍环境的智能控制。本研究利用物联网理论架构,在传统温度、湿度等环境指标的基础上增加氨气、粉尘、风速等传感器节点,结合禽舍环境无线测控网络结构和 GPRS 技术,通过基于低成本的 MSP430 微处理器实现禽舍环境自动化控制。

1 系统整体设计

本研究设计的禽舍智能控制系统分为 4 层,即数据感知层、数据传输层、智能控制层和数据管理层^[4]。下位机部分是以 MSP430 微处理器为核心的数据感知、传输及控制系统。感知部分主要实现对禽舍内环境参数的检测,检测的内容包括温度、湿度、光照度、风速、空气质量。控制部分可根据禽舍内空气温湿度、光照度和空气质量的不同要求,对降温风机、

暖风机、补光灯、湿帘等设备进行控制。传输部分主要采取多输入、多输出的多路径传输方式,除了具有信息输入、输出、转发功能外,还须具有信息暂存功能。GPRS 无线传输模块可实现信息的远程传输。上位机软件运行在互联网服务器上,属于物联网应用层,在分析全面感知信息的基础上,实现禽舍环境因素的自动控制。用户还可通过手机应用程序进行禽舍环境的查看及设备的控制,系统结构如图 1 所示。

2 系统硬件设计

2.1 系统硬件总体设计

下位机硬件模块以信息处理控制模块为核心,通过信息感知模块采集禽舍环境信息,同时将传感器的数值传送给信息处理控制模块,信息处理控制模块通过 LED 显示模块显示获取的相关数据及参数并同时自动控制整个禽舍设备的开关,数据同时通过 GPRS 传输模块上传至上位机软件系统。禽舍硬件模块总体框架图如图 2 所示。

2.2 信息处理控制模块

信息处理模块以 MSP430F5438A 为主要核心微控制器^[5],它具有 1 种活动模式和 5 种低功耗模式,有超低功耗等特性,在活动模式下耗电量仅有 250 μ A/MIPS,I/O 输入端口的漏电电流最大只有 50 mA;并且具有强大的数据处理能力,采用了 RISC 结构,1 个时钟周期即可执行 1 条指令,所以其在 8 MHz 晶振工作时,指令速度可达 8 MIPS;高性能模拟技术及丰富的片上外围模块如 AD、DA、USART、看门狗、定时器、DMA、I²C 等可根据实际情况选择相应的模块。可见,它作为本系统的主控芯片非常合适。MSP430F54388A 引脚数量多达 100 个,由于引脚无法直接驱动继电器,须要借助三极管 9013。微控制处理器引脚输出高低电平控制三极管进而控制继电器的通断,提高了系统的抗干扰能力^[6]。

2.3 信息感知模块

信息采集是物联网感知层的主要功能,信息感知模块采用模块化的结构形式(图 3)。信息感知模块负责连接各个传感器,采集各个传感器的消除重叠在信号线路上的高频噪

收稿日期:2017-04-17

基金项目:山东农业大学农业发展研究院智能化农业装备研发项目(编号:24125);山东省自然科学基金(编号:ZR2015DL003)。

作者简介:于 群(1979—),女,山东泰安人,硕士,讲师,主要从事物联网以及农业信息化研究。E-mail:yuqun@sda.edu.cn。

通信作者:柳平增,教授,硕士生导师,主要从事计算机应用、物联网、大数据、农业信息化及食品安全溯源技术研究。E-mail:pzliu@sda.edu.cn。

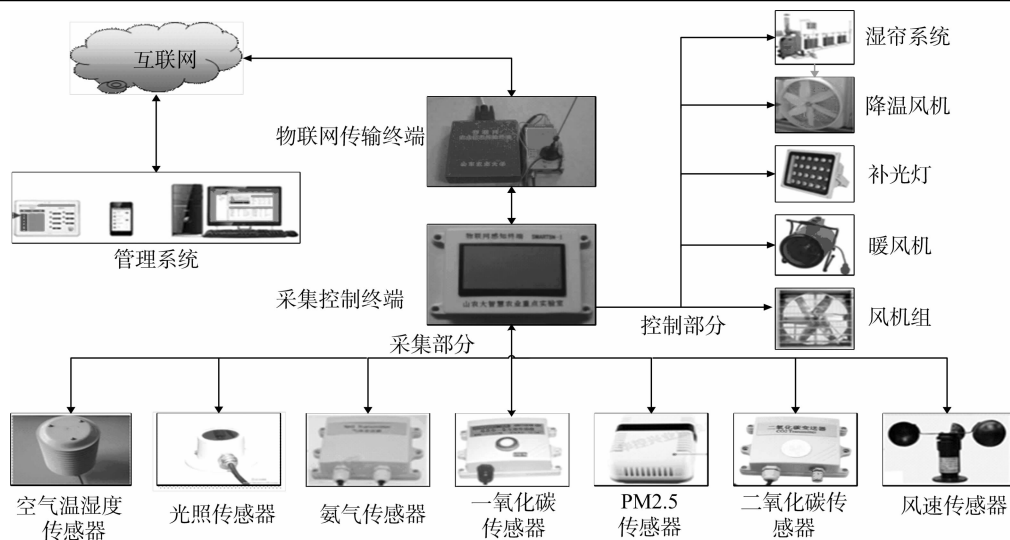


图1 禽舍智能控制系统结构框架

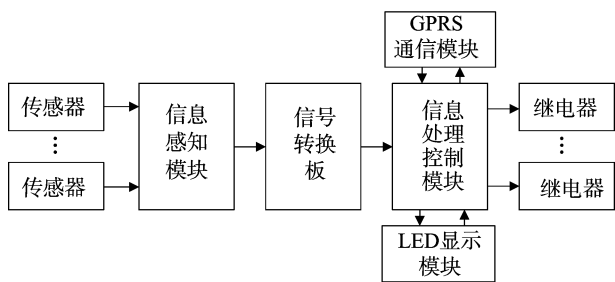


图2 禽舍硬件模块总体框架

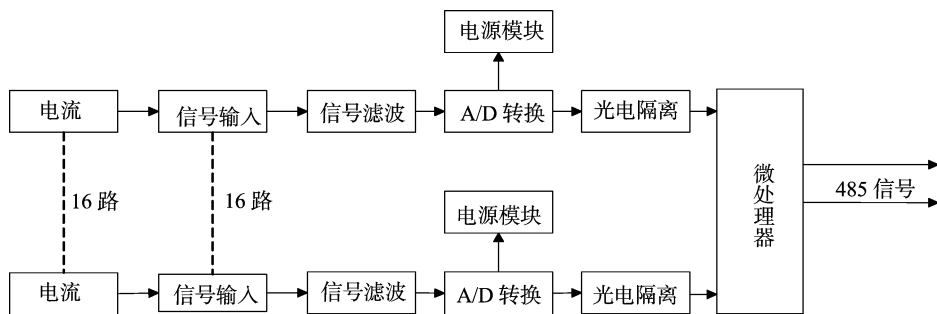


图3 采集卡 DAM-3055-16

有抑制共模干扰的能力,有效提高系统的稳定性^[8]。

2.4 传感器

选用较高精度的传感器是准确采集禽舍环境的前提,为了便于输出采集的信号和减小信号的失真,设计采用两线制或三线制 4~20 mA 电流型传感器。

2.4.1 空气温湿度传感器 系统以空气温湿度传感器 KM-KWS 作为禽舍测量温湿度部件,传感器将采集的模拟量以电流的方式传输给采集卡,其测量温度范围为 -30~70℃,精度为 ±0.2℃,测量湿度范围为 0~100% RH,精度为 ±3% RH,工作温度范围为 -35~85℃,响应时间小于 1 s。温湿度传感器的硬件连接如图 4 所示。

2.4.2 光照传感器 系统以两线制电流环光照度传感器 NHZD10 作为禽舍测量光照度器件。光照度指物体被照亮的程度,用单位垂直面积所接受的光通量来表示, lx, 即 1 lx 等于 1 μm 的光通量均匀分布于 1 m² 面积上的光照度,其测量

声。A/D 转换器中有片内 PGA 的模数转换器 CS5522,精度高达 24 位,可以电流值并转换成数值^[7]。16 路传感器将采集的电流信号经信号频带低通滤波后,解决所检测信号动态范围不一样的问题,并实现了对输入通道的增益可编程控制;同时,CS5522 的自校准和系统校准功能消除了一部分由于器件本身或系统的增益和偏移造成的误差,使系统精度大大提高,完成对禽舍环境因素的准确采集。光耦隔离可以提高系统整体的抗干扰性,避免一些信号杂波,提高采集信号的有效输入,并采用双向电路 485 通信协议,支持总线形式通信,具

输入光照度范围为 0~200 000 lx,能满足禽舍光照测量要求。光照度传感器的硬件连接如图 5 所示。

2.4.3 风速传感器 系统采用三线制电流输出信号风速传感器 NHFS45AI 作为禽舍内设测量风速器件,用于检测禽舍每天的通风情况。其测量精确度为 0.1 m/s,分辨率为 0.01 m/s,启动风力为 0.02~0.04 m/s,工作温、湿度分别为 -40~80℃、0~100% RH,能很好地满足禽舍环境对风速的测量。光照度传感器的硬件连接如图 6 所示。

2.4.4 空气质量类传感器 禽舍 CO₂、NH₃、CO、PM_{2.5} 浓度检测分别采用 NH162 型二氧化碳传感器、AQ63 型氨气传感器、SM2130M 一氧化碳传感器和 NH179 系列 PM_{2.5} 传感器作为有害气体浓度测量器件。所用气体传感器硬件连接如图 7 所示。

2.5 LED 显示模块

系统采用触屏 LED 显示屏作为用户现场实时查看数据、修改参数的器件(图 8)。

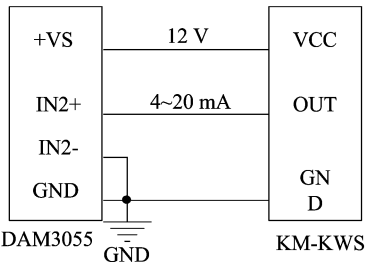


图4 空气温湿度传感器硬件连接

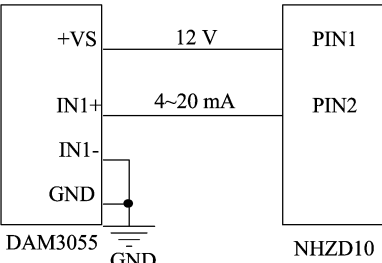


图5 光照传感器硬件连接

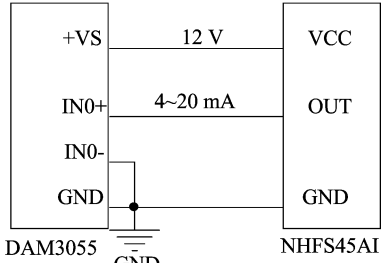


图6 风速传感器硬件连接

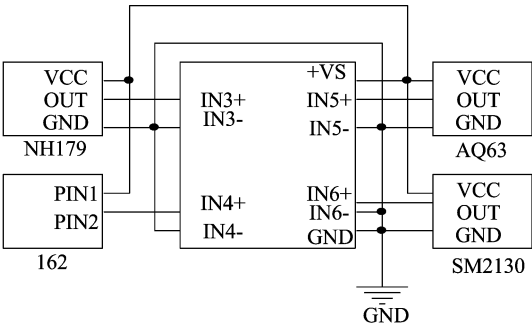


图7 空气质量传感器的硬件连接

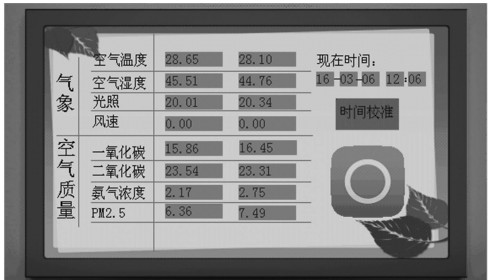


图8 LED 显示模块

LED 显示模块采用 32 位 ARM 处理器 + FPGA 双核控制架构开发的高性能、低功耗、易使用的 64 K 色的 TFT 真彩显示器,可以直接和具有 UART 串行接口的 MCU 连接。用户只

须通过串口向终端发命令,便可完成相应的操作^[9]。具体硬件连接图如图 9 所示。

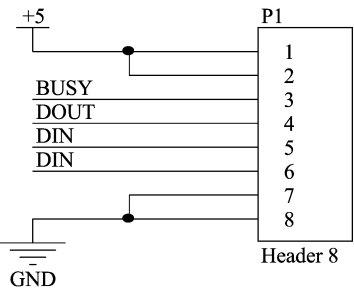


图9 LED 显示模块硬件接线

2.6 GPRS 通信模块

GPRS 通信模块为数据管理层与系统硬件部分提供数据传输服务。本系统以 H7210D GPRS DTU 移动通信模块作为物联网传输层的主要器件^[10],并对其进行二次开发,该模块采用分组交换技术,适用于间断的、突发性的和频繁的、少量的数据传输。GPRS 模块引脚 1、3 为数据的接收发送端,第 11 端子为地线“GND”,第 12 端子为电源输入正极“VIN”,通信速度快,性能可靠。同时,为了保证 GPRS 通信模块的可靠工作,引脚 4 为 GPRS 上线指示信号 GPRS_LINE,引脚 20 为 GPRS 复位信号 GPRS_RST。通信模块硬件连接如图 10 所示。

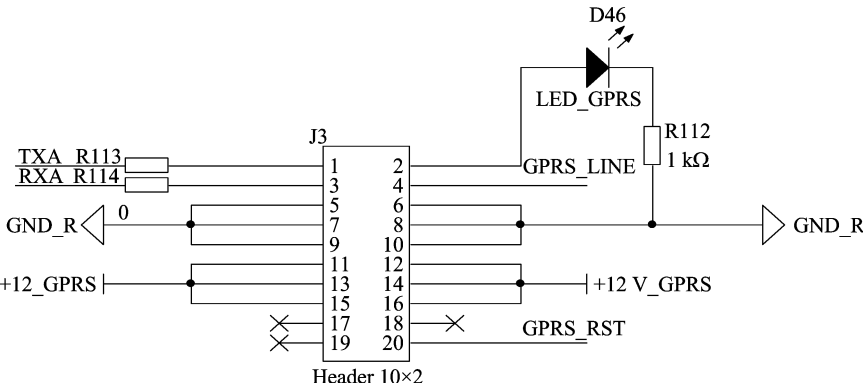


图10 GPRS 通信模块

3 系统软件设计

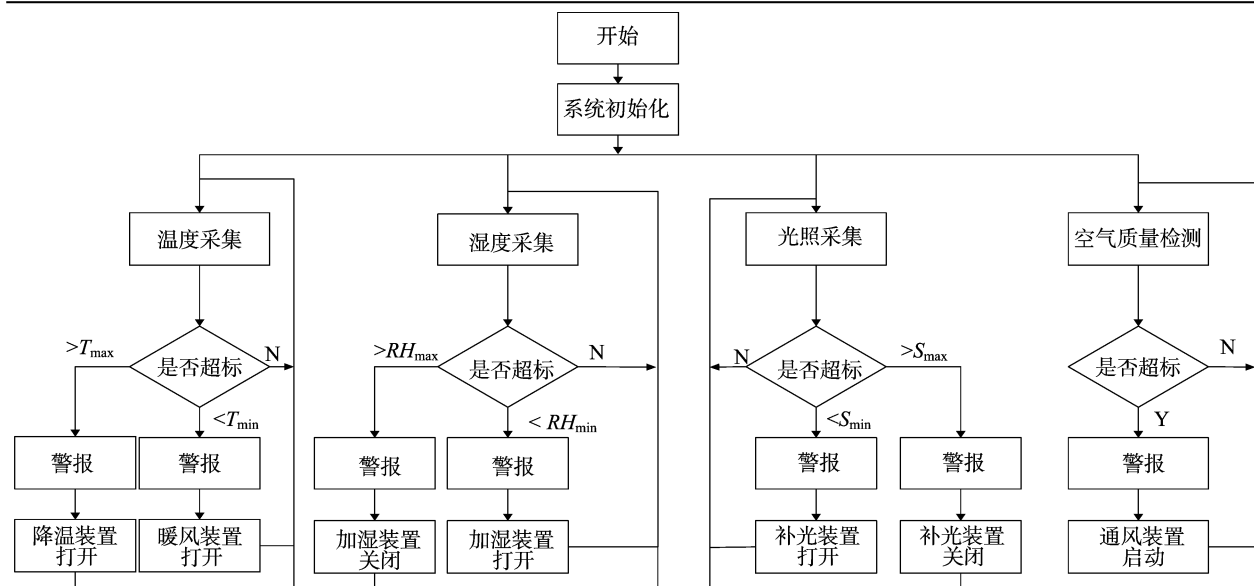
3.1 下位机软件设计

图 11 为禽舍环境参数采集控制程序流程。系统程序由 IAR 软件编写而成,不仅支持硬件仿真,支持不同模式下的调试,而且还支持软仿真,用于各个模块的测试开发,功能强大,效率高^[11]。下位机采用 C 语言进行模块化编程,对禽舍内环

境(如空气温湿度、光照度、风速及有害气体浓度)进行采集,将采集值与参数设定值范围进行比较,发出相应的控制指令,将数据显示到现场 LED 显示屏上并进行相应处理后转发给上位机,上位机将数据进行处理保存。

3.2 上位机软件设计

上位机程序开发环境为 Visual VC ++ 6.0 的 MFC,主要功能是负责向下位机发送采集、控制指令,同时接收并处理下



T_{\max} 为设定的空气温度最大值, T_{\min} 为最小值; RH_{\max} 为设定的空气湿度最大值, RH_{\min} 为最小值; S_{\max} 为设定的光照度最大值, S_{\min} 为最小值

图11 采集控制程序流程

位机上传的数据并保存到数据库,以供用户进行查看和使用^[12]。具体控制流程图如图12所示。

系统创建2个Serive端口,负责与下位机、手机端、网页、个人计算机(PC)进行通信。网络处于稳定状态时,上位机与

下位机处于连接状态,上位机发送代码给下位机,下位机执行相应操作,完成数据采集和发送,同时上位机接收到数据后保存在服务器中^[13]。

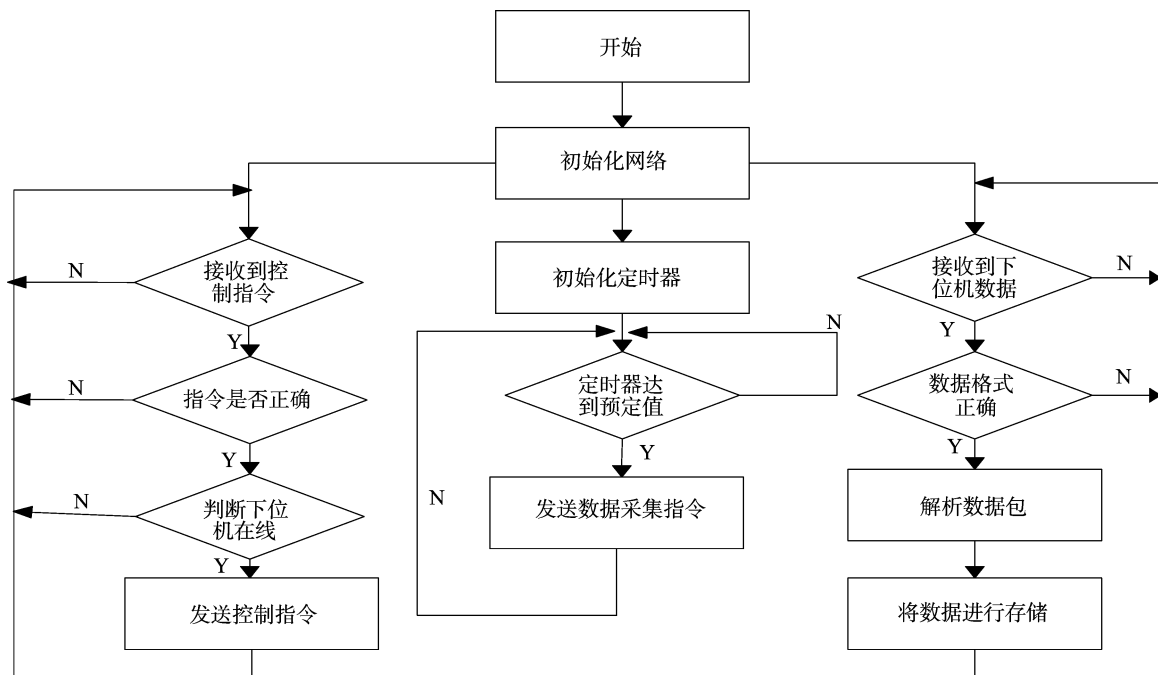


图12 上位机程序流程

4 应用试验

为了验证系统能否合理控制禽舍环境,根据本地区的气候状况和现场具体情况,本系统以肉鸡养殖为例,对禽舍内空气温湿度、光照度、风速、空气质量等环境参数进行自动采集和分析^[14]。从表1可以看出,24 h内空气温度的平均值为26.048℃,与设定的9~11 d(26℃)之间的阈值基本相同,

上下波动较小,空气湿度24 h平均值为64.46%,湿度基本满足肉鸡最佳生长湿度,在一个合理的动态范围内;另外全天光照度和设定值对比,波动较小,满足肉鸡最佳生长光照度;另外通过通风等有效措施采用使有害气体浓度基本控制在阈值范围以内,不会影响肉鸡的正常生长。若关注24 h内空气温度,发现在9 d后的凌晨(表1)温度低于26℃时,此时启动了暖风机,温度缓慢上升到26℃左右,直至中午,温度上升

至 27 ℃,此时启动了降温风机,温度在 14:00 恢复到 26 ℃ 左右。上述试验结果表明,系统通过采集禽舍环境参数,分析数据,最终能合理的控制禽舍环境并保持禽舍环境参数在适宜肉鸡生长的范围,实现鸡舍环境参数的智能控制。

表 1 9 d 后 24 h 内禽舍环境参数变化情况

时间	温度 (℃)	湿度 (%)	CO 浓度 (mg/m ³)	CO ₂ 浓度 (mg/m ³)	NH ₃ 浓度 (mg/m ³)	PM _{2.5} 浓度 (mg/m ³)	光照度 (lx)	风速 (m/s)
00:00	24.7	63.4	20.4	500.5	2.4	0.2	0.0	0.08
01:00	25.2	64.2	22.5	510.3	2.3	0.0	0.0	0.09
02:00	25.5	64.5	22.9	516.2	2.3	0.1	0.0	0.12
03:00	25.6	64.8	23.0	523.1	2.5	0.3	0.0	0.12
04:00	26.1	65.0	23.5	526.5	2.8	0.3	15.4	0.11
05:00	26.5	64.9	25.4	535.7	2.9	0.2	15.2	0.13
06:00	26.4	64.9	23.5	532.5	3.4	0.6	15.4	0.12
07:00	26.4	64.8	24.2	549.2	3.4	0.4	13.5	0.15
08:00	26.5	63.0	25.0	562.5	3.6	0.5	12.4	0.14
09:00	26.5	62.5	26.8	586.2	3.7	0.3	12.7	0.15
10:00	26.6	63.0	27.5	598.2	4.0	0.5	12.8	0.14
11:00	26.8	64.8	25.6	685.4	4.3	0.5	12.7	0.12
12:00	27.1	64.9	27.5	625.8	3.9	0.2	12.6	0.14
13:00	27.5	65.0	24.2	682.4	4.5	0.3	12.7	0.17
14:00	26.6	65.9	26.8	689.7	4.9	0.3	12.9	0.20
15:00	26.8	65.8	28.6	626.4	4.2	0.4	12.8	0.25
16:00	26.5	65.2	30.5	635.8	5.3	0.6	12.7	0.24
17:00	26.0	65.2	32.2	662.1	5.5	0.5	12.6	0.22
18:00	25.7	64.8	35.6	692.4	5.8	0.6	12.8	0.3
19:00	25.7	64.7	35.5	728.6	6.1	0.6	12.5	0.32
20:00	25.4	64.2	36.6	768.2	6.6	0.3	12.7	0.35
21:00	25.8	64.3	34.2	769.5	7.0	0.5	12.6	0.37
22:00	25.2	63.7	38.2	852.4	7.8	0.5	12.4	0.37
23:00	25.0	63.8	39.2	869.2	8.5	0.6	12.6	0.38
24:00	25.1	64.2	42.5	890.4	9.2	0.4	0.0	0.40

5 结论

系统对禽舍环境进行了全方面的感知,并针对禽舍环境参数较难控制等问题,设计了一种以 MSP430 为控制核心的禽舍环境智能监控系统。该系统可以从现场或者手机客户端进行禽舍环境的参数预设、查看及设备控制,一旦环境参数超出了设定的范围,系统自动执行控制程序,对设备进行操作^[15]。方便管理人员随时查看各种信息,有利于养殖户的集中管理,实现鸡舍养殖的智能化及现代化。同时,数据库中存储的大量数据可以供养殖户进行查看,有利于通过科学养殖来获取更高的经济效益^[16]。

参考文献:

[1]赵 娟. 鸡舍环境参数检测及管理系统的研究[D]. 保定:河北农业大学,2011.
[2]李 文. 基于 ZigBee 和 GPRS 的远程监控系统设计[J]. 低压电器,2009(12):37-39,44.
[3]李丽华,于 尧,陈 辉,等. 基于无线传感器网络的鸡舍温湿度实时监测系统[J]. 河北农业大学学报,2014,37(1):123-126,131.
[4]孙 凯,柳平增,李惠敏,等. 应用于移动终端的禽舍环境监控系统的设计与实现[J]. 山东农业科学,2014,46(11):15-17.
[5]沈建华,杨艳琴. MSP430 系列 16 超低功耗单片机原理与实践

[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
[6]刘晓红. 禽舍环境智能控制系统设计[J]. 现代电子技术,2015,38(7):99-102.
[7]吕悦扬,马长金. 基于 LabVIEW 的封闭鸡舍环境监控系统的研究[J]. 自动化应用,2017(1):31-33.
[8]王丽丽,朱瑞祥,随顺涛,等. 基于 PC 机和单片机的分布式禽舍环境监控系统[J]. 农机化研究,2009,31(2):74-76,103.
[9]于丰华,岳仕达,闫东旭,等. 基于 K60 单片机的环境控制在畜禽舍中的应用[J]. 中国农机化学报,2013,34(6):261-263,278.
[10]张书涛,吴孜越. 分布式无线禽舍环境监控系统设计[J]. 中国家禽,2014,36(9):50-52.
[11]柳 军,陶建平,孟力力,等. 基于物联网技术的温室环境监控系统设计[J]. 中国农机化学报,2016,37(12):179-182.
[12]杨 军,乔晓军,王 成. 基于专家系统的禽舍环境监控系统设计[J]. 农机化研究,2007(6):163-166,169.
[13]郭 侠,沈娣丽,孟雅俊,等. 鸡舍环境无线监控系统的设计及实现[J]. 中国农机化学报,2013,34(5):243-247.
[14]冯 毅,吴必瑞. 基于 GPRS 和 PLC 的鸡舍环境监控系统设计[J]. 湖北农业科学,2015,54(21):5411-5414.
[15]刘艳昌,左现刚,李武举,等. 基于 FPGA 的鸡舍环境监控系统[J]. 中国农机化学报,2016,37(4):91-95,99.
[16]高中霞,朱凤武,涂川川,等. 基于无线传感器网络(WSN)的禽舍环境监测系统[J]. 农机化研究,2012,34(5):139-142,146.