

# 基于物联网的猪舍环境监控系统设计

陈 琍<sup>1</sup>, 周 晓<sup>2</sup>, 陈红良<sup>2</sup>, 周卫东<sup>3</sup>

(1. 浙江工业大学 机械工程学院, 杭州 310032; 2. 浙江工业大学 信息工程学院, 杭州 310032;

3. 浙江省农业科学院 畜牧兽医研究所, 杭州 310021)

**摘要:** 为有效监测和控制猪只生长环境因子, 满足现代生猪养殖规模化、集约化发展趋势要求, 设计一种基于物联网的猪舍环境监控系统; 该系统采用 STM32 单片机作为主控芯片, 选用 ESP8266 无线模块实现网络通信, 设计传感器模块实时监测光照强度、温度、湿度和二氧化碳、氨气、硫化氢等有害气体浓度等猪舍环境因子, 设计驱动电路控制设备, 综合利用 OneNet 云平台, 将服务器部署在云端; 实验结果表明, 能够实现实时监测环境信息, 通过上位机发送指令远程控制风机, 能有效改善猪舍环境, 保障动物福利, 提高生猪养殖的自动化程度。

**关键词:** 猪舍环境; STM32; 监控系统; 物联网云平台

## Design of Monitoring System Based on IOT for Pig Growth Environment

Chen Li<sup>1</sup>, Zhou Xiao<sup>2</sup>, Chen Hongliang<sup>2</sup>, Zhou Weidong<sup>3</sup>

(1. College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China;

2. College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China; 3. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

**Abstract:** In order to effectively monitor and control pig growth environmental factors and meet the development trend of large-scale and intensive farming, we design a pig house environmental monitoring system based on the Internet of Things. The system adopts STM32 single-chip microcomputer as the main control module, and uses ESP8266 wireless module to realize network communication, sensor module and relay control module. The sensor module is designed to monitor the light, temperature, humidity and carbon dioxide, ammonia gas, hydrogen sulfide, etc. in the pig house environment in real time. Environmental factors such as harmful gas concentrations, using the OneNet cloud platform to deploy servers in the cloud. The practical application results show that the real-time monitoring of environmental information can be realized on the Web site, and the pig house environment can be remotely adjusted by sending instructions from the host computer. The system can effectively protect animal welfare, and will improve the automation degree of pig breeding.

**Keywords:** pig growth environment; STM32; monitoring system; IOT platform

## 0 引言

我国是生猪产销大国, 猪肉的消费量占世界猪肉消费量近半。随着人们生活水平的提高, 对高品质的肉制品需求愈来愈大。中国的生猪养殖正在逐步由小规模向集约化、工厂化转变和发展<sup>[1-2]</sup>。本文主要以生猪养殖为对象, 改善生猪健康生长为宗旨。猪舍环境作为重要的养殖环节, 直接影响猪的采食量和消化率, 恶劣的养殖环境违背动物的正常生长规律, 损害养殖场动物福利, 造成肉制品质量低下。为此, 本文从生猪养殖场中影响猪只健康生长环境因子分析入手, 研究提出一种基于物联网的猪舍环境实时监控系统, 利用 OneNet 云平台, 为生猪养殖管理人员提供猪只生长环境的实时信息, 可远程控制养殖场内的风机、湿帘以及供暖等设备, 改善猪只生长环境, 从而有效保障猪

只健康成长。

## 1 养殖环境因子分析

养殖场内影响猪只健康生长的主要环境因子包含温湿度和有害气体等。猪舍温度和湿度是影响猪只生长过程和猪场生产经济效益重要环境因素<sup>[3]</sup>。温度直接影响猪的食欲、采食量和抵抗力; 湿度影响到微生物的生长与繁殖, 导致猪只生长过程中抵抗力减弱, 引起风湿、肠炎和呼吸道疾病发病率增高等危害。有害气体中的氨气对动物健康的危害很大<sup>[4]</sup>。氨气 (NH<sub>3</sub>) 主要由猪只的粪便、饲料等含氮有机物分解而生<sup>[5]</sup>。Drummond 等发现氨气对 8 周龄的幼猪生长有着显著影响, 实验发现暴露于 NH<sub>3</sub> 浓度为 50, 100, 150 ppm 环境中的猪只平均日增重分别降低 12%, 30% 和 29%<sup>[6]</sup>。国内曹进等研究发现, 料重比随着畜舍内氨气浓度的升高而升高, 然而, 猪只的日增重却是随着畜舍内氨气浓度升高而下降, 氨气还可诱发其它疾病<sup>[7]</sup>。硫化氢 (H<sub>2</sub>S) 也是有害气体之一, 主要由猪只的粪便产生。大家熟知的二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 也是有害气体之一, 主要由猪只呼吸作用及有机物间相互反应产生。生猪在二氧化碳超

收稿日期: 2019-05-24; 修回日期: 2019-06-20。

作者简介: 陈 琍 (1969-), 女, 浙江永康人, 硕士, 副教授, 主要从事物流工程、物联网应用方向的研究。

通讯作者: 周 晓 (1971-), 男, 浙江永康人, 博士, 副教授, 主要从事数据采集、嵌入式系统应用方向的研究。

标的环境中, 主要表现为精神萎靡、食欲不佳等, 容易感染传染病, 生长缓慢<sup>[8]</sup>。此外, A. Michiels 等研究发现 PM10 对肉猪的呼吸健康有显著影响<sup>[9]</sup>。由此可见, 有害气体等不良环境不仅影响猪只健康成长, 而且也会污染周围环境。对猪舍环境的有效监控, 可保障猪的健康生长, 提升猪的福利化水平, 有利于提高经济效益, 故而具有重要意义。

## 2 系统总体设计

基于物联网的猪舍环境监控系统由现场监控设备终端、云端及用户端组成, 通过 STM32 单片机采集猪舍环境因子参数数据, 经 WiFi 网络上传到物联网云平台, 并利用云平台提供的数据服务开发可视化 Web 界面管理现场监控设备, 对下位机下达指令实施环境远程控制, 在云端存储数据、发布信息, 保障了数据安全。系统总体结构如图 1 所示, 主要实现对猪舍环境的信息采集和远程监控两大功能。

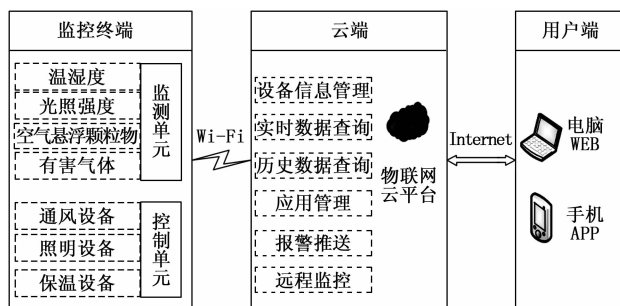


图 1 系统整体结构图

现场监控终端主要由环境监测单元、环境控制单元构成, 选用 STM32 为主控制器, 通过传感器采集猪舍环境参数信息, 并利用 Wi-Fi 模块与云平台双向通信, 通过接收控制信号控制现场设备的开启关闭。云端主要是物联网云平台, 选用中国移动 OneNet 云平台接收、处理和储存监控设备终端上传的数据。通过可视化后台管理界面管理终端设备, 实时查看猪舍环境相关数据。用户端是采用 B/S 架构设计的猪舍环境远程监控系统, 养殖人员通过浏览器访问并查看猪舍实时环境信息、查询与导出历史数据以及对风机等猪舍设备实施远程控制。系统 Web 页面基于 Flask 架构开发, 通过利用云平台提供的 RESTful API 接口, 实现用户端与物联网云平台的数据交互。系统 Web 页面具有自动报警功能, 当节点采集数据超出预设值时, 会推送邮件、短信息给相关人员, 以便管理人员及时采取措施。

## 3 系统硬件设计

现场监控终端设备需要具备采集现场环境参数、通信传输数据等功能, 同时也要保证系统低成本、可靠稳定运行, 主要包括检测单元和控制单元两大部分, 具体由 STM32 主控芯片、各传感器数据采集模块、电源模块、环境控制(继电器)模块、无线通信模块等组成, 硬件结构如图 2 所示。

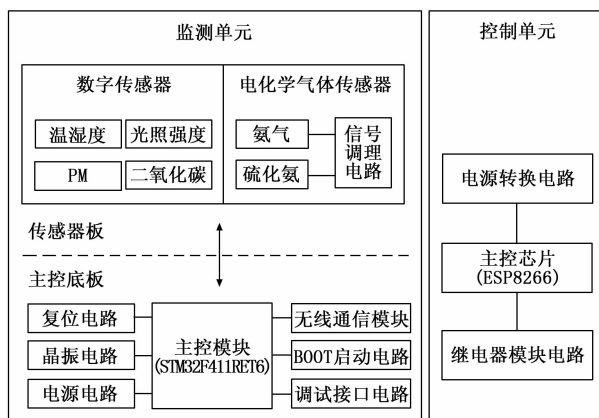


图 2 监控终端设备硬件结构图

### 3.1 监测单元

监测单元由主控模块和各传感器模块组成。主控模块的核心处理器选用意法半导体的 STM32 微控制器, 负责读取传感器模块采集的数据, 并对数据做打包融合处理, 通过串口连接无线通信模块。STM32 系列专为要求高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用设计, 具体型号选用 STM32F411RET6。该芯片集成了 Cortex-M4 内核(具有浮点单元), 工作频率为 100 MHz, 在运行和停机模式下具有出色的低功耗性能, 拥有 11 个频率高达 100 MHz 的 16 和 32 位定时器, 高达 512 KB 的 Flash 存储器和高达 128 KB 的 SRAM 等, 完全满足系统开发性能需求。

选用的 AM2320、BH1750、PMS7003、S8 004-0-0053 等数字传感器模块, 可直接通过主控芯片分别读取温湿度、光照强度、空气悬浮颗粒物浓度、二氧化碳气体浓度等数据, 实物如图 3 所示。PMS7003 是一款基于激光散射原理的数字式通用颗粒物浓度传感器, 可连续采集并计算单位体积内空气中不同粒径的悬浮颗粒物个数(颗粒物浓度分布), 颗粒物测量范围包括 0.3~1.0、1.0~2.5、2.5~10  $\mu\text{m}$ , 全面满足颗粒物测量需求。S8 004-0-0053 为瑞典 SenseAir 的低功耗红外二氧化碳传感器, 测量范围 0~2000 ppm, 测量精度为  $\pm 40 \text{ ppm} \pm$  读数的 3%, 完全满足实际测量要求。选用电化学传感器 CLE-0112-401 和 CLE-0112-402, 分别采集氨气和硫化氢气体浓度, 其输出电流信号小, 需设计电路放大输出信号并滤除噪声, 而传统的传感器驱动及信号调理电路设计较为复杂<sup>[15]</sup>。氨气传感器 CLE-0112-401 的测量范围 0~100 ppm, 灵敏度可达 0.135 ( $\pm 0.035$ ) mA/ppm。硫化氢传感器 CLE-0112-402 的测量范围也是 0~100 ppm, 灵敏度为 0.8 ( $\pm 0.2$ ) mA/ppm。本系统选用了 TI 公司推出的 LMP9000 系列可编程模拟前端芯片, 专门处理电化学传感器采集的信号。该芯片信号输出稳定性优于传统电路, 能够简化电路设计, 并能提高电路稳定性<sup>[16]</sup>。LMP91000 与电化学气体传感器的电极连接, 采用 3.3 V 供电。主控芯片通过 EN 线控制 LMP91000 的开关, 使用 I2C 总线控制数据的采集, 通过内

置 ADC 读取输出电压, 再经过内置程序计算获得气体浓度值。电化学传感器信号调理电路结构如图 4 所示。



图 3 监测单元实物图

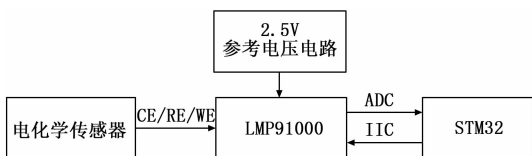


图 4 电化学传感器信号调理电路结构图

### 3.2 控制单元

猪舍环境的温湿度主要通过湿帘、风机以及供暖设备的运行来调控, 有害气体主要通过风机等加强通风排放。控制单元由主控芯片、电源转换电路、继电器模块电路等组成。主控芯片选用具有无线通信功能的 ESP8266-01。该产品专为移动设备、可穿戴电子产品和物联应用设计, 工作能耗非常小。电源转换电路将 220 V 交流电经过 AC-DC 隔离电源模组 HLK-PM01, 获得 5V 直流电; 经三端稳压器 LM1117-3.3 获得 3.3 V 直流。继电器选用无触点的 SAI4005D 固态继电器, 避免有常开触点的继电器对单片机的电磁干扰。

### 3.3 无线通信模块

在大规模的养殖环境中, 有线通信技术具有现场施工繁琐、扩展性差、新增传感器时需新增布线、线路检修困难等缺点, 故选用无线通信方式。常见的无线通信网络技术主要有 Bluetooth、ZigBee、WI-FI 等。低功耗蓝牙 (BLE) 技术是低成本, 短距离, 可互操作的鲁棒性无线技术, 工作在 2.4 G 频段。ZigBee 是基于 IEEE802.15.4 标准的低功耗局域网协议, 是一种短距离、低功耗的无线通信技术, 其特点是近距离、低复杂度、自组织、低功耗、低数据速率、低成本, 但组网开发周期较长。相比 ZigBee 技术来说, WI-FI 的有效覆盖半径可以达到 100 米, 穿墙能力比较强, 故而本系统选用该方式。CC3200、SIM900、ESP8266 是目前市场上常见的无线通信模块产品。CC3200 和 SIM900 产品内含 MCU, 具有强大的功能, 但其价格偏高、功耗较大。故而系统选用 ESP8266 串口无线收发模块, 通过串口与 STM32 芯片连接, 使用 AT 命令和云平台服务器建立 TCP 连接, 实现现场采集设备与云平台的通信。

## 4 系统软件设计

系统软件设计主要包括监测单元和控制单元的软件设

计以及物联网云平台应用设计, 总体流程如图 5 所示。

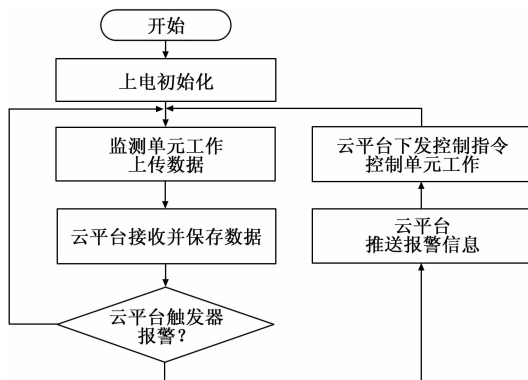


图 5 系统软件流程图

物联网云平台应用设计主要包括可视化监控界面设计和报警推送管理, 根据云平台提供的开发工具设计猪舍环境监控系统界面, 提供历史数据查询、设备信息管理等功能。根据实际应用需求, 设计报警触发器。

### 4.1 数据采集

监测单元软件基于 C 语言设计, 在 STM32 主控制器中运行, 主要完成数据采集功能, 程序流程如图 6 所示。系统终端设备上电之后, 首先进行芯片各个外设功能的初始化, 驱动传感器模块工作, 成功获取环境信息后, 将所有采集的信息打包上传到 OneNet 平台。

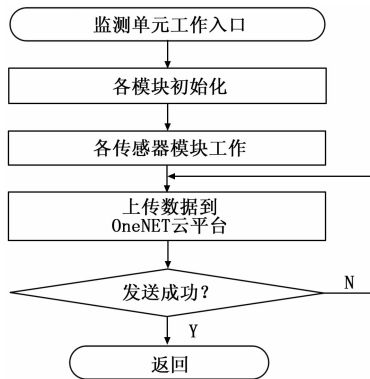


图 6 数据采集流程图

### 4.2 远程监控

远程监控中心基于 OneNet 平台提供的服务接口, 实现底层采集数据的上报、存储, 以及设备状态的监控和终端控制管理, 通过开发 Web 页面, 实现数据的动态显示。用户通过访问 web 页面, 远程查看猪舍环境实时信息和设置环境控制设备的工作参数。OneNet 是中国移动通信集团推出的一款开放物联网云平台, 支持多种传输协议, 为各种跨平台物联网应用、行业解决方案提供简便的海量连接、云端存储、消息分发和大数据分析等优质服务, 具有良好的可视化应用。

首先在 OneNet 平台创建一个猪舍环境监控的产品, 将监测终端设备和环境控制设备按照平台的传输协议接入到

创建的产品中。依次完成与接入互联网、与 OneNet 服务器建立 TCP 连接、传输数据等操作。用户只需在产品中创建设备, 为设备新增数据流。设备端编写终端接入代码, 主要完成数据采集、协议封装、数据上传等工作, 终端设备的数据上传成功后, 平台在相应数据流下会生成随时间推移的数据点。

## 5 系统测试

本文所述的猪舍环境监控系统在浙江省海宁市某养殖基地进行了现场测试。根据猪舍实际情况, 现场布置了温湿度、光照强度、二氧化碳浓度、PM 浓度、氨气、硫化氢等 6 种传感器。监测节点采用独立电源供电。监测节点通过连接手机共享热点, 将数据上传到 OneNET 云平台。图 7 所示为每隔 2 分钟记录的现场测试结果。

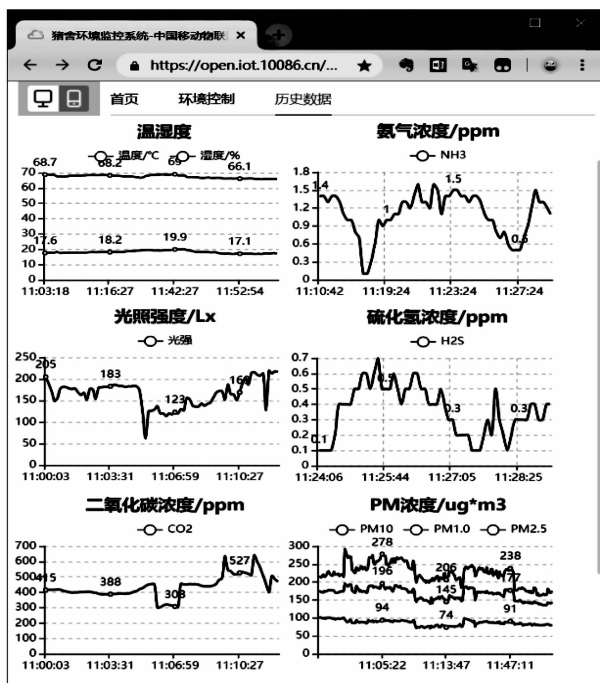


图 7 系统 Web 页面数据显示

从采集的数据分析可见, 环境参数温度、光照强度、二氧化碳浓度、PM<sub>10</sub> 浓度等参数变化稳定。温湿度与现场监控设备显示的温度 (19℃)、湿度 (68%) 基本一致; 猪舍保温灯和照明灯开启, 通风窗页转动引起光线变化, 光照强度最大为 220lx; 有害气体检测中二氧化碳浓度最大为 635 ppm, 氨气浓度最大为 1.5 ppm, 硫化氢气体浓度最大为 0.7 ppm。该生猪养殖基地设施完善, 测试当天猪舍环境良好, 经养殖场工作人员确认, 上述参数测试结果符合实际情况, 系统工作稳定, 采集的数据可信。

## 6 结论

本文基于物联网技术设计了一种猪只成长环境监控系统, 实现了对猪舍环境参数的信息采集和远程监控两大功能, 具有体积小、功耗低、功能扩展性强的特点。现场测

试结果表明, 该系统成功实现了生猪养殖环境信息实时采集, 和访问远程监控中心 Web 页面可查看实时数据, 并可实施远程控制。然而, 该系统尚未实现现场图像采集功能, 后期可接入网络摄像头增加视频监控功能, 通过图像分析与行为识别, 进一步实现猪只健康生长的智慧管理。

## 参考文献:

- [1] 李江华, 张 鹏, 孙晓宇, 等. 我国肉与肉制品标准体系现状研究 [J]. 肉类研究, 2017 (5): 55-59.
- [2] 杨义风, 王桂霞, 朱媛媛. 欧盟农场动物福利养殖的保障措施及对中国的启示——基于养殖业转型视角 [J]. 世界农业, 2017 (10): 165-169.
- [3] 谢秋菊. 基于模糊理论的猪舍环境适应性评价及调控模型研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015.
- [4] Cargill C, Murphy T, Banhazi T. Hygiene and air quality in intensive housing facilities in Australia [C]. 2002.
- [5] 朱丽媛, 卢庆萍, 张宏福, 等. 猪舍中氨气的产生、危害和减排措施 [J]. 动物营养学报, 2015, 27 (8): 2328-2334.
- [6] Drummond J G, Curtis S E, Simon J, et al. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs [J]. Journal of Animal Science, 1980, 50 (6): 1085-1091.
- [7] 曹 进, 张 峥. 封闭猪场内氨气对猪群生产性能的影响及控制试验 [J]. 养猪, 2003, 4: 42-44.
- [8] Dai X, et al. Monitoring of temperature, humidity and air quality inside pig weaner house in eastern China [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47 (7).
- [9] Michiels A, et al. Impact of particulate matter and ammonia on average daily weight gain, mortality and lung lesions in pigs [J]. Preventive Veterinary Medicine, Elsevier B V, 2015, 121 (1/2): 99-107.
- [10] Hwang J, Yoe H. Design and implementation of a wireless sensor network Testbed [J]. Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, 2009, 161-168.
- [11] 李立峰, 等. 基于组态软件和模糊控制的分娩母猪舍环境监控系统 [J]. 农业工程学报, 2011, 27 (6): 231-236.
- [12] 朱伟兴, 等. 基于物联网的保育猪舍环境监控系统 [J]. 农业工程学报, 2012, 28 (11): 177-182.
- [13] Zhou J, et al. Develop a low-cost remote monitoring and control system for poultry barn [A]. 2017 Spokane [C]. Washington, 2017: 1-15.
- [14] Mihajlovic Z, et al. Miniature low cost electrochemical sensor module for measurement of gas concentration [A]. 2014 22nd Telecommunications Forum, TELFOR 2014 - Proceedings of Papers [C]. 2015: 702-705.
- [15] 张石锐. 畜禽生产环境中主要有害气体监测方法研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2014.
- [16] 许剑锋, 等. 基于 LMP91000 的电化学传感器调理电路设计 [J]. 传感器世界, 2014, 20 (2): 22-25.