

陶杰,过琦芳,聂琼. 基于 ZigBee 与 PLC 的圈舍环境监控系统设计与实现[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):458-462.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.140

基于 ZigBee 与 PLC 的圈舍环境监控系统设计与实现

陶杰,过琦芳,聂琼

(苏州农业职业技术学院,江苏苏州 215008)

摘要:针对养猪场圈舍通风降温设备改造要求,采用 CC2530 设计制作——ZigBee 网络,实时监控环境数据,并在 ZStack 下实现 CC2530 与 Fx2N PLC 的编程口通信协议通信,自动控制风机喷淋设备,取得了预期监控效果。

关键词:ZigBee;PLC;CC2530;环境监控;编程口通信协议

中图分类号:TP274 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)12-0458-04

随着物联网技术在农业生产中的应用推广,传统饲养圈舍的通风调温可以借助 ZigBee 技术实现自动控制。本研究针对一养猪场现有人工操作的通风喷淋设备进行电气改造,利用 ZigBee 和 PLC 实现自动通风降温功能,同时也可以监测、记录圈舍环境变化,为日常饲养管理提供参考。

1 系统概述

项目设计方案如图 1 所示,系统由 PC 机及协调器、圈舍内分布的采集终端(C1、C2、C3)、驱动终端(D1)组成的星型 ZigBee 网络。采集终端采集温湿度、光照、有害气体(NH₃、H₂S 等)浓度,定时由 AF 发射到协调器,协调器通过串口上传至 PC 机监控和记录,PC 机的控制命令下传给协调器,协调器由 AF 发送给驱动终端,驱动终端经串口下传给 PLC,由 PLC 实现原有设备的电气控制。

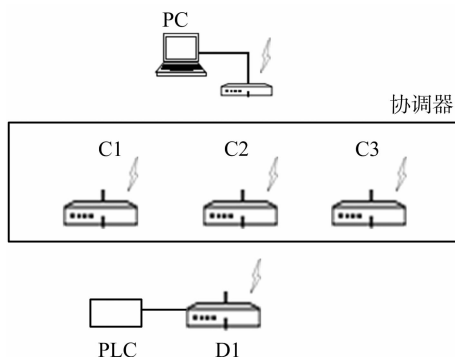


图1 基于 ZigBee 与 PLC 的圈舍环境监控系统

2 系统硬件设计及电气改造

系统核心芯片采用 CC2530F256,内含增强型低功耗 8051 微控制器内核和高性能的无线射频模块,具有 256 kb 可编程闪存,支持 ZigBee2007/Pro 协议栈。采用倒 F 天线,只需

收稿日期:2015-04-14

基金来源:江苏省教育厅高校教师“高级访问工程师”资助项目(编号:2014FG086);苏州农业职业技术学院院级课题(编号:PPN201312)。

作者简介:陶杰(1978—),男,江苏靖江人,硕士,副教授,主要从事农业电气化及其自动化的研究。Tel:(0512)66098729;E-mail:xkdz2005@126.com。

少量外围元器件就能实现信号的收发功能,限于篇幅不展开说明,具体电路可参考标准手册^[1]。CC2530 采用 3.3 V 电压驱动,可由 SC1033 三端稳压芯片提供。协调器和驱动终端的串口接口芯片采用 MAX3232,连接 CC2530 的 P0_2、P0_3^[2]。采集终端采用数字温湿度传感器 DHT11,单总线输出连接 CC2530 的 P0_7。光照检测采用 BH1750 芯片,以 I²C 总线连接 P0_6、P0_5。氨气、硫化氢传感器采用 4NH₃-100 和 4H₂S-100,通过电压转换放大后分别从 P0_2、P0_3 输入模拟量。模拟量传感器所需的 5 V 电压由三端稳压芯片 SC1050 提供。各节点的 P1_0 连接一 LED,作网络状态指示用。以上传感器及芯片都是常规应用元件,限于篇幅不展开说明,具体电路参照相关应用资料^[3-5]。

原有设备的电气改造线路如图 2 所示,Fx2N-16MR PLC 为主控制器,扩展 Fx2N-16EYR,Fx2N-16MR 中 COM1、COM2 分别是指 Y0-Y3、Y4-Y7 并联的公共端。FR-E520S-1.5 变频器驱动风机,各由 RH、RM、RL 等 3 个端子进行 8 挡调速。KA1-KA6 分别控制 3 个喷淋阀门的接触器和照明开关。

3 软件设计与实现

软件编程采用 IAR Embedded Workbench for 8051 8.10,ZigBee 协议栈采用 TI 公司的 ZStack-CC2530-2.5.1a,在 Sample Application 实例的基础上加以移植。

各终端的主要功能包括网络加入、数据收发、数据采集或串口通信。设计一个网络状况的看门狗机制,各终端加入网络后需定时(5 s)将自己的节点信息发送到协调器,超时过多则说明该终端的网络存在问题。定义 5 个输入/输出簇 ClusterID: DataCollect_ID、DataUpload_ID、NetState_ID、DriverContor_ID、DriverState_ID,前 3 个用于协调器和采集终端,后 3 个用于协调器和驱动终端。

参考 ZStack 的 MT-UART.c 中回调函数 MT_UartProcessZToolData(),定义协调器与 PC 的串口通信帧

ID	DataLength	EndDecive	O/DS/W	CheckType
帧头 ID 占 1 B,数据长度 DataLength 占 1 B,终端号 EndDecive 占 2 B。O/DS/W 为传送内容,分别是下行帧的控制命令或上行帧的环境数据、驱动状态、网络状况等,字节数可变。CheckType 为异或校验,占 1 B。协调器配置串口时,回调函数可沿用				

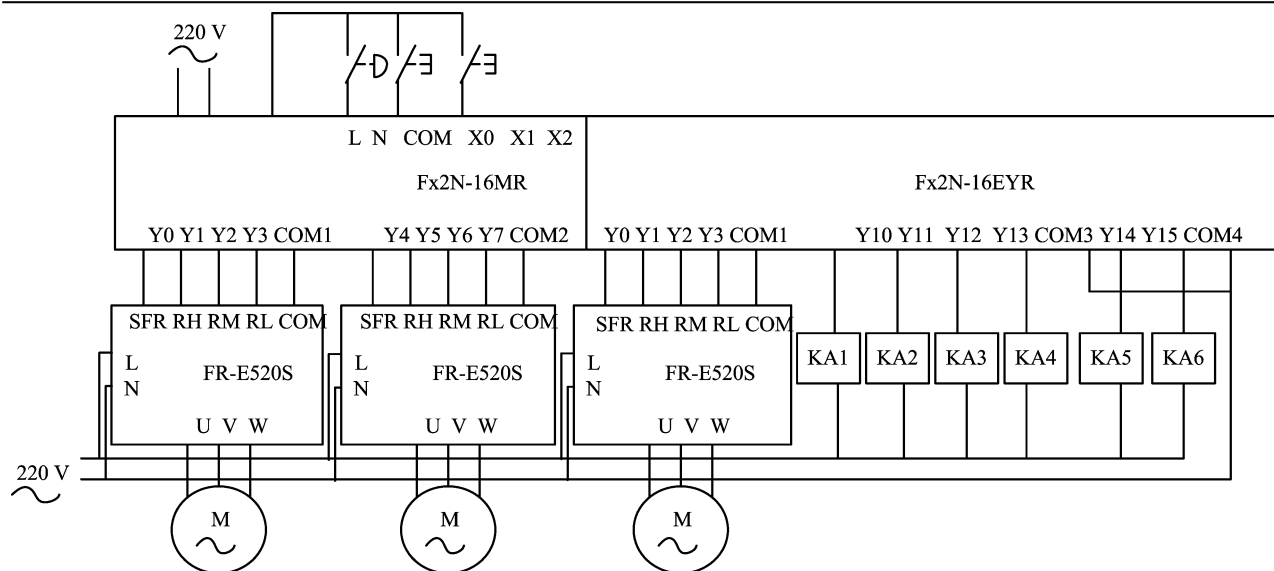


图2 电气控制线路

MT_UartProcessZToolData()。

下行帧的 ID 定义为 0xFE, DataLength = 2。O/DS/W 占 2 B, 对各采集终端的采集下行帧, O/DS/W = 'ST' (表示开始采集); 对控制终端的控制下行帧, 其 O/DS/W 的第 1 B 表示控制对象号: 3 个变频器号 (1~3)、3 个喷淋阀号 (4~6)、3 段灯开关号 (7~9), 第 2 B 为变频器的频率档 (0~7) 或开关状态 (0, 1)。当 PC 上要改变某一个驱动状态, 须要读取其他驱动的现状, 组成完整的控制下行帧一起下传。

上行帧有 2 类, 一是数据/状态上行帧, 二是网络状况上行帧。定义数据/状态上行帧的 ID 为 0xFD, 用于上传环境数据或驱动状态, 前者 DataLength = 10, O/DS/W 内容分别是湿度、温度、光照、NH₃ 浓度、H₂S 浓度, 各占 2 B; 后者 DataLength = 8, O/DS/W 内容分别是 3 台变频器的频率 (各 2 B)、3 个喷淋阀状态 (1 B)、3 段灯开关状态 (1 B)。定义网络状况上行帧的 ID 为 0xFC, DataLength = 1, O/DS/W = 'G' (好) 或 'B' (坏)。协调器启动后, 发送上行帧提示 (其 EndDevice = 'CO', O/DS/W = 'G'); 当协调器检测到某个终端超时未上报网络信息, 发送对应 EndDevice 的网络状况上行帧报警 (其 O/DS/W = 'B')。

3.1 协调器程序

协调器的 APP 层程序流程图如图 3 所示。各终端在发送采集数据或驱动状态给协调器前, 按照上行帧的格式将数据打包好通过 AF 发送到协调器。协调器接收到 AF 消息后根据簇号 (msg -> ClusterID) 判断, 若 msg -> ClusterID = DataUpload_ID 或 DriverContor_ID, 则直接提取出上行帧通过串口上传。若 msg -> ClusterID = NetState_ID, 按照设计的看门狗机制处理: 程序中定义一个 uint8 型数组 enrollment^[4], 当收到第 i 个终端上传的网络信息后, enrollment[i] = 10; 每隔 1 s 将 enrollment^[4] 各元素减 1, 若发现某个元素值等于 0, 说明对应的终端网络状况出现问题, 协调器即上传 PC 报警上行帧。

3.2 采集终端程序

当 PC 机发送某个采集终端开始采集命令, 经协调器发

送给相应终端, 终端即每隔 30 s 周期性依次采集温湿度、光照度、氨气浓度、硫化氢浓度, 并发送给协调器上传 PC。根据引脚设定, 须在 HAL_BOARD_INIT() 中初始化 P0_2、P0_3 的 ADC 功能。采集终端的 APP 层任务处理流程如图 4 所示。

在采集数据程序中, 按照单总线时序即时配置 P0_7, 读出 8 位湿度整数数据、8 位湿度小数数据、8 位温度整数数据、8 位温度小数数据及 8 位校验和数据后进行和校验; 正确校验则返回计算出温度湿度对应的高 8 位、低 8 位数字。而后以 I²C 总线时序配置 P0_6、P0_5, 初始化设置高精度分辨率、100% 透光, 正确读取数据后根据计算公式得出光强度。而后 2 次调用 HalAdcRead() 函数, 分别读出氨气浓度、硫化氢浓度。最后根据数据上行帧的格式, 将 5 种数据组成帧; 如有某个参数读取是出现错误, 则数据上行帧中对应的 2 个字节以 "ER" 填充, 向上发送后最终由 PC 处理。

考虑采集终端的节能要求, 设置 f8wConfig_cfg 中的 RFD_RVCV_ALWAYS_ON = FALSE, 打开 POWER_SAVING 预编译, osal 调度系统进入 HAL_SLEEP_PM2 模式, 每次都以前最近一次要发生事件的 timeout 作为本次的休眠时间。

3.3 驱动终端及 PLC 程序

驱动终端的 APP 层任务处理流程如图 5 所示, 主要包括定期上传节点的网络信息、定期通过查询各驱动状态以及随机下传控制驱动命令。终端与 PLC 通过串口以编程口协议通信, 由于 Fx2N PLC 的编程口通信协议规定: 7 位数据位、偶校验、1 位停止位, 而 CC2530 不提供 7 位数据位设置, Zstack 中默认 8 位数据位、LSB 先传送, 可考虑将编程口协议帧中每 7 个数据位的偶校验位加其后, 组成 8 位数据发送; 串口初始化时只须设置波特率为 9 600。

在 PLC 程序中, 编写程序分别以 D100、D101、D102 的值控制输出引脚 Y0 - Y2、Y3 - Y5、Y6 - Y10, 以 D103 的低 3 位控制 Y11 - Y13, 以 D103 的低 3 位控制 Y14 - Y16, 查询及控制各个引脚只须读写这 5 个寄存器。Fx2N 编程口协议命令帧格式为:

起始(STX)	命令	原件首址	字节数	结束(ETX)	和校验
---------	----	------	-----	---------	-----

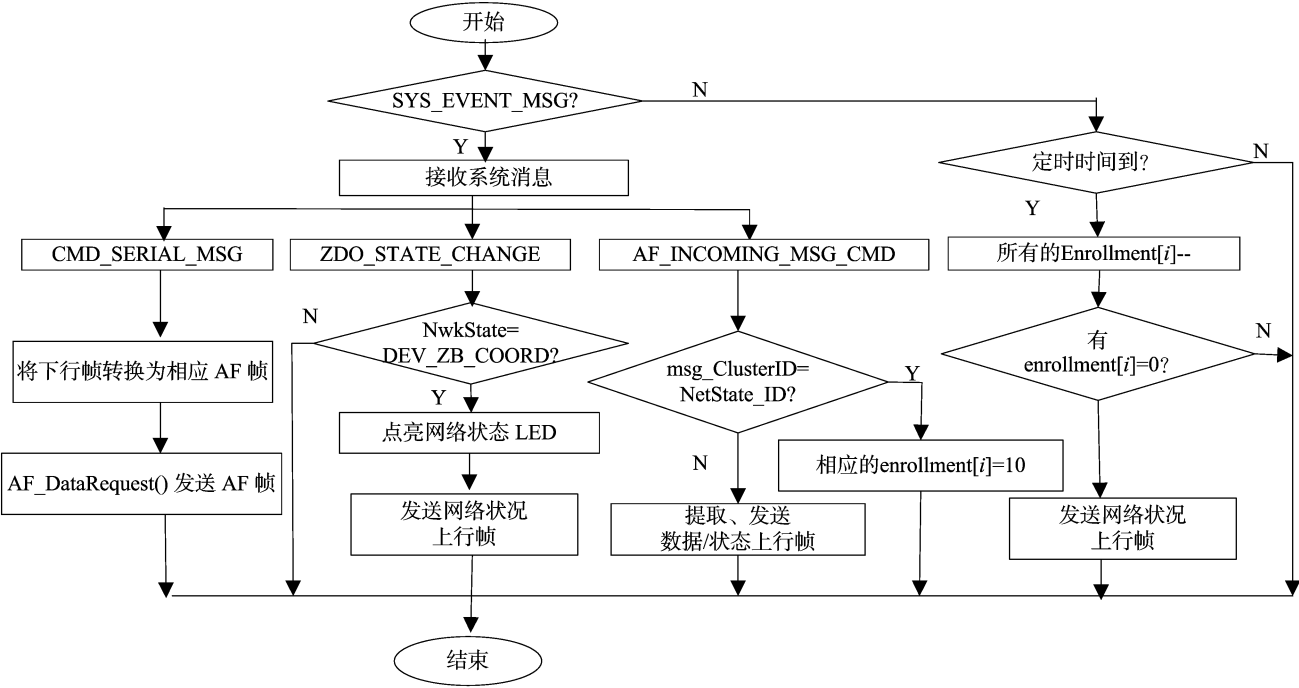


图3 协调器的APP层任务处理流程

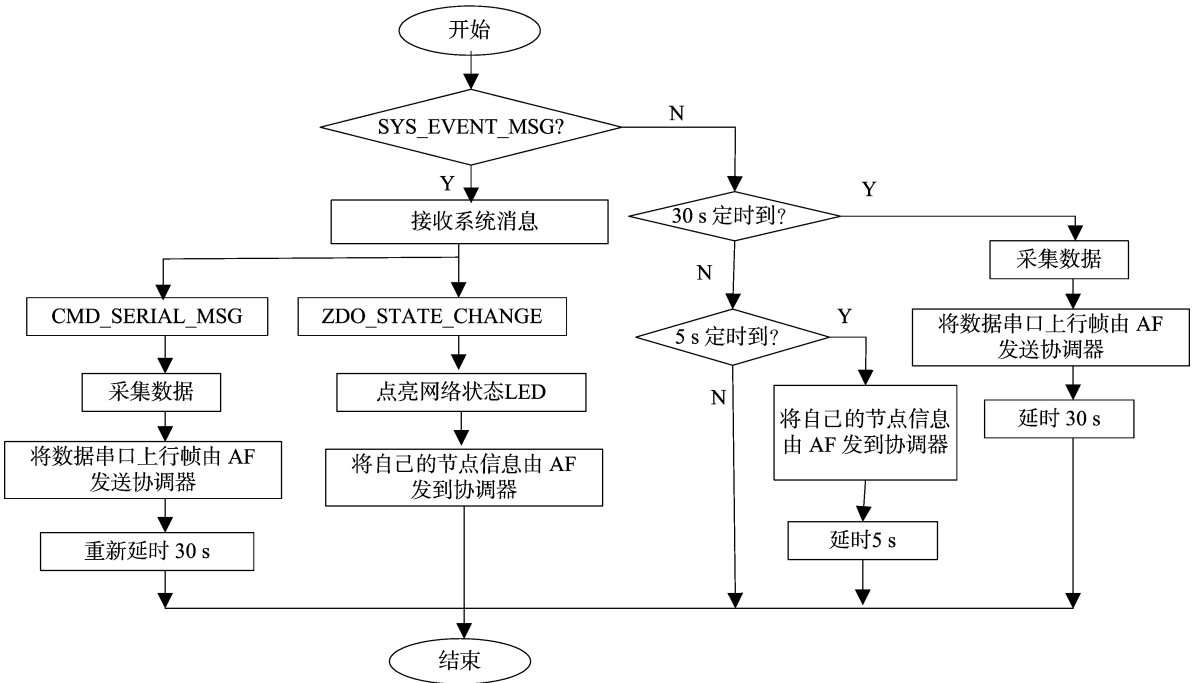


图4 采集终端的 APP 层任务处理流程

STX、ETX 各占 1 B,ASCII 码分别为 02H、03H;命令占 1 B,读“0”,写“1”;软件首址占 4 B;字节数和校验各占 2 B。按照协议规则换算,D100 的地址为 10C8H,状态查询的编程口协议帧 ASCII 码为:

02	30	31	30	33	38	30	35	03	33	36
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

每个字节的最高位加上各自的偶校验位,实际发送帧即为:

82	30	B1	30	C3	88	30	35	03	C3	35
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

相应的控制命令帧 ASCII 码为:

02	31	31	30	33	38	30	35	03	m	n	m	n	m	n	m	n	s	s
----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

每个 m、n、s 各占 1 B,m、n 分别表示需写入各寄存器的高 4 位、低 4 位数值值的 ASCII 码,s 是和校验码。同样各字节的最高位须加上偶校验位再发送^[6]。

驱动终端每隔 6 s 查询各驱动状态或在收到控制下行帧时,把相应的上述编程口协议帧发给 PLC。PLC 响应查询命

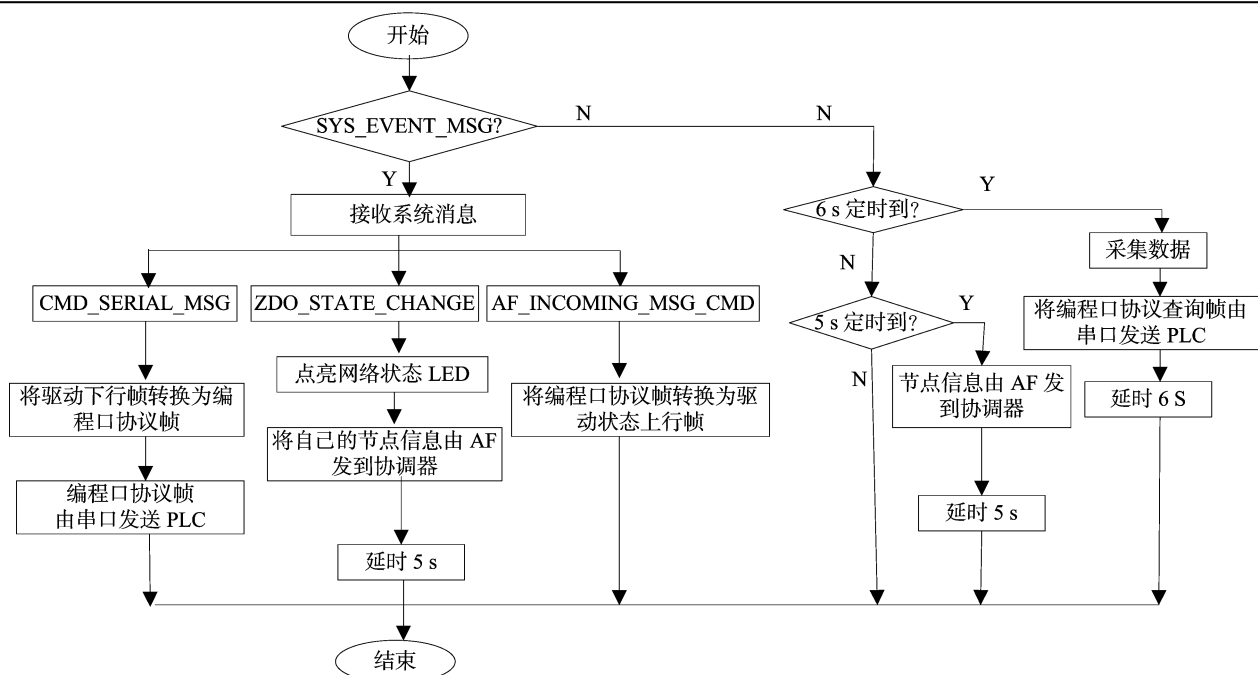


图5 动终端的 APP 层任务处理流程

令返回的数据帧 ASCII 码为:

82	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	03	c	c
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---

每个 a、b、c 各占 1 B，各字节最高位是偶校验码，a、b 的低 7 位分别是 5 个寄存器内数据的高 4 位数值，第 4 位数值，c 的第 7 位是和校验值；PLC 正确响应写操作，返回单字节“ACK (0x06)”，否则返回“NAK (0x15，最高位带上偶校验码则是 0x95)”。考虑到系统可以周期查询各驱动状态，APP 层任务在处理串口接收数据时可忽略 PLC 对控制命令的返回信息，只须处理查询命令(读)的返回数据。

因为波特率设置较低，驱动终端串口接收数据较慢，为避免 HalUARTPollDMA() 轮询时过早启动数据读取以至 PLC 返回的数据包被拆分成多个，在 hal_uart_dma.c 中设置 HAL_UART_MSECS_TO_TICKS = 200，可增大 HAL_UART_DMA_IDLE 值，延长每次启动读取 rxBuf 的时间。在 MT_UART.c 中改写串口回调函数 MT_UartProcessZToolData()，以 Hal_UART_RxBufLen() 函数检测串口数据是否接收完成，通过 HalUARTRead() 循环读出 Uxbuf，再将数据长度和数据通过消息发送 APP 层。APP 层任务函数中处理 CMD_SERIAL_MSG 消息时，在数据队列里找到 0x82 后，提取其后 13 个数据，参照各个数据的最高位，对第 7 位进行偶校验，正确校验后去除各最高位的偶校验码，再参照最后 2 位数据，对前 11 个数据进行和校验，校验通过后将前 10 位数据转换成 5 个寄存器的数值，组成状态上行帧发送协调器；如校验出错，状态上行帧的 O/DS/W 部分填充“ERROR”。

4 PC 机软件设计与实现

PC 机程序包括监控界面、数据库记录子程序和串口通信子程序组成，实现实时参数监控、历史记录查询、手动/自动控制各个驱动，以及网络状况、PLC 通信、数据采集出错、驱动控制出错等故障报警，采用 VB6.0 编程实现，图 6 为 PC 机上的

实时监控界面。PC 机通过串口收到上行帧数据，根据 ID 判断是数据/状态帧还是网络状况帧。若 ID = 0xFC，且 O/DS/W = ‘B’，则报警相应的 EndDevice 节点网络故障。若 ID = 0xFD，EndDevice = “C1”“C2”或“C3”，可提取采集终端的环境参数，正常则录入数据库，同时显示监控界面；如 O/DS/W 出现“ER”，则报警相应的 EndDevice 节点的对应的某个传感器采集故障。若 ID = 0xFD，EndDevice = “D1”，可提取对应的各驱动状态数据，显示并记录，同时将 O/DS/W 部分与最近一次控制下行帧比较，如有哪个驱动状态不符即报警驱动设置故障；若 O/DS/W = “ERROR”，则报警驱动终端与 PLC 通信故障。操作人员可通过操作界面设置各参数的极限值和工作时间段，按阶梯规律实现自动控制风机、喷淋阀、灯开关的运行，限于篇幅不展开阐述。

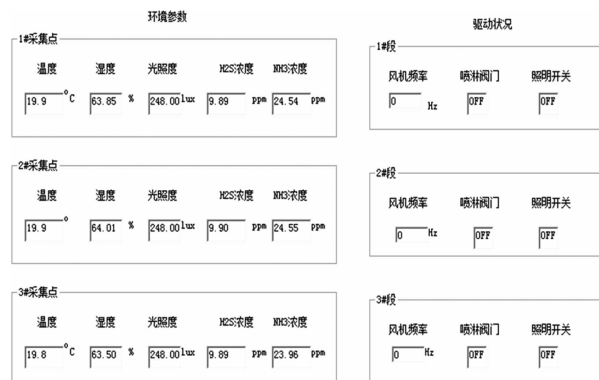


图6 PC 机实时监控界面

5 总结

本项目借助 ZStack 及 PLC 的编程口通信协议，对现有圈舍通风降温设备进行改造，实现圈舍环境监控。项目中对 CC2530 与 PLC 串口通信应用进行了尝试，取得了预期的控

朱科峰,曹 静,梁万杰,等. 物联网猪舍氨气浓度与环境数据的关系研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):462-464.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.141

物联网猪舍氨气浓度与环境数据的关系研究

朱科峰,曹 静,梁万杰,凡 燕,戴起伟

(江苏省农业科学院农业经济与信息研究所,江苏南京 210014)

摘要:由于猪舍温湿度及氨气浓度是影响猪生长的主要环境因素,建立了 1 个多种物联网传感器的猪舍环境参数监控系统,通过对环境数据持续检测采集与回溯分析,得出物联网猪舍温、湿度与氨气浓度的昼夜变化关系,依托这些数据分析更加科学地调控猪舍的温湿度与空气,为猪创造一个更好的生长环境,实现更加科学化养猪。

关键词:物联网;温度;湿度;氨气;关系

中图分类号: S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0462-03

近年来我国养猪业规模化程度逐步提高,但是我国养猪场基本处于半自动化,完全依靠工作人员对猪舍内环境的主观判断人工控制调整环境的各种机械设备,远远不能满足当前养猪数字化、信息化的需求^[1-2]。针对此问题,本研究建立了 1 个基于物联网技术的多种传感器对猪舍环境信息进行实时监测的系统,并将其应用在江苏省农业科学院六合动物科学基地的猪舍内。通过对猪舍环境参数物联网大数据的分析,得出猪舍每日温湿度与氨气浓度昼夜变化的关系,通过该结果,可建立对应的模型来智能控制猪舍内环境调控设备的运行,以更好地实现数字化、信息化、科学化养猪。

1 猪舍基本情况与监控系统构成

1.1 猪舍基本情况

江苏省农业科学院六合动物基地猪场占地面积约 13.5 hm²,建筑面积 2.3 hm²,总投资约 3 000 万元,现代化的猪舍设有自动加温和通风降温系统。试验猪舍各项环境指标基本符合国家标准,属于规模化、标准化设计的猪舍,其结构隔热设计较好,具有良好的保温隔热性能,猪舍的布局合理,有利于合理通风,从而改善舍内的温热环境。试验猪舍建筑面积为 290.83 m²,长 29.7 m 宽 9 m,舍内高 2.4 m,墙体为砖混结构,

屋顶为轻钢结构。采用机械通风和水暖采暖方式。

1.2 影响猪生长的几个环境因素

1.2.1 猪舍的温度 温度适宜的环境,是保证猪正常生长发育的前提条件。在生产实际中,猪舍的温度控制范围一般以不对猪的生活和生产产生明显影响为宜^[3]。生产中育肥猪适宜温度为 12~18℃,最高温度 27℃,最低温度为 10℃^[4]。

1.2.2 猪舍的湿度 空气湿度对育肥猪影响总是与气温共同作用的。当温度适宜时,相对湿度从 45% 升到 75% 或 95% 时,对猪的采食量和增质量均无不良影响。当猪舍内低温高湿时,猪体内热量散发加剧,猪耗料量增加,增质量减少,增质量耗料增加 10% 以上^[5]。

适宜猪生活的相对湿度为 60%~70%。湿度对猪体感温度、体热散发和增质量影响很大,一般来说,潮湿空气的导热性为干燥空气的 10 倍^[6]。所以,猪舍内的湿度越大,猪体散失的热量越多,猪也就越感到寒冷。

1.2.3 猪舍氨气浓度 氨气是一种有毒、无色、易溶于水、有强烈刺激性的气体。猪舍中的氨气主要是由猪的粪便、尿液和地面上撒落的饲料发酵分解形成。氨气的水溶度高,所以常被吸附在猪的皮肤黏膜和眼结膜上,从而对其产生刺激并引起各种炎症,降低生产性能和抵抗力。氨气排出舍外会引起大气环境污染,氨气沉降后还可引起土壤和水体酸化。

氨气是应激源,是猪舍内的主要有害气体。氨的水溶液呈碱性,对黏膜有刺激性,严重时可发生碱灼伤,引起眼睛流泪、灼痛,角膜和结膜发炎,视觉障碍。氨气进入呼吸道可引起咳嗽、气管炎和支气管炎、肺水肿、出血、呼吸困难、窒息等症状,甚至导致器官坏死,造成呼吸机紊乱,增加空气传

收稿日期:2015-10-09

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE2014388)。

作者简介:朱科峰(1982—)男,江苏宜兴人,硕士,助理研究员,主要从事农业信息服务与信息分析研究。Tel:(025)84391702;
E-mail:yangda2001@163.com。

制效果。实际调试中,手动操作对某个驱动发出控制命令后,驱动终端并不返回 PLC 的响应情况,而是通过 6 s 一个循环的驱动状态查询来实现,操作员能感觉出监控界面的数据更新稍有延迟(最迟 6 s);由于正常情况下极少采用手动控制,这种延迟感受可以忽略。

参考文献:

[1] 青岛东合技术信息技术有限公司. ZigBee 开发技术及实践[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2014:45.

[2] 倪天龙. 单总线传感器 DHT11 在温湿度测控中的应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2010(6):60-62.

[3] 温湿度模块 DHT11 产品手册[EB/OL]. (2014-11-30) [2015-01-14]. <http://www.aosong.com>.

[4] 王 建,毛腾飞,滕英革. 基于 BH1750 芯片的测光系统设计与实现[J]. 常熟理工学院学报,2011(2):17-119.

[5] 姜荣昌. 畜禽养殖环境监测系统的设计与实现[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2013:19-21.

[6] 陶 杰. 一种适用于多个不同品牌小型 PLC 的链接系统设计[J]. 苏州大学学报:工科版,2009(6):58-62.