



基于无线传感技术与 Web 的恒湿柜远程监测系统设计

蔡昕哲, 潘海鹏

(浙江理工大学机械与自动控制学院, 杭州 310018)

摘要: 为解决大型物料仓库中电子恒湿柜缺乏统一远程监测的问题, 采用 433 MHz 无线传感网络与 Web 服务器, 设计了一种电子恒湿柜远程监测系统。该系统采用 STM8L 微控制器和 Si4463 模块搭建嵌入式硬件, 传感器节点与协调器通过 433 MHz 无线组建无线传感网络, 采集现场数据并发送给服务器主机。在 Web 远程监测平台, 系统采用 Django 框架, 设计基于 B/S 模式的电子恒湿柜 Web 监测页面, 实现了数据实时监测和远程设备管理等功能。现场应用表明, 该系统能很好地采集和处理各电子恒湿柜的监测数据, 通讯稳定, 使用效果良好。

关键词: 电子恒湿柜; 远程监测; 433 MHz; 无线传感网络; Web

中图分类号: TP277

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851 (2019) 03-0196-05

Design of remote monitoring system for electronic constant humidity cabinet system based on wireless sensor technology and Web

CAI Xinzhe, PAN HaiPeng

(Faculty of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In view of the fact that it is difficult to unify remote monitoring of electronic constant humidity cabinets in large-scale material warehouses, a remote monitoring system of electronic constant humidity cabinets based on 433 MHz wireless sensor network (WSN) and Web server was designed. The system adopts STM8L microcontroller and Si4463 module to set up the embedded hardware. The sensor node and coordinator set up the wireless sensor network through 433 MHz wireless. The field data are gathered and sent to the server host. In the Web remote monitoring platform, the Django framework is employed to design Web monitoring page of electronic constant humidity cabinet based on the B/S mode, realizing the functions of real-time data monitoring and remote device management. The field application shows that good performance of the system. The system can gather and process the monitoring data of each electronic constant humidity cabinet, and the transmission is stable. Therefore, the system has the good application effect.

Key words: electronic constant humidity cabinet; remote monitoring; 433 MHz; wireless sensor network; Web

0 引言

电子恒湿柜是一种依靠物理除湿吸附技术维持特定容积空间内的湿度保持恒定的设备, 主要用于

对物料、半成品、成品的恒湿防氧化存储。近年来, 随着电子技术的快速发展, 各种精密配件和电子器件储存的要求不断提高, 工业场合对电子恒湿柜的需求大幅上升, 在一个大型物料仓库中电子恒湿柜

的数目达到几十个甚至上百个。现有的电子恒湿柜缺乏远程集中监测的功能,造成使用和管理不便,特别是在设备发生故障时不能及时发现与解决,往往会造成重大损失,因此改进工业场合中使用的电子恒湿柜,为其设计远程监测系统极为重要。

在传统的工业远程监测领域中,现场总线技术被广泛使用,如 Zhang 等^[1]和周朝胜等^[2]分别提出了基于 CAN 和 Profibus 的工业远程监测系统解决方案,以节点的形式把设备接入现场总线,从而实现和上位机的通讯。但鉴于是有线传输且受通信距离的限制,制约了现场总线的应用。无线通讯技术是在现场总线之后出现的一种用于远程监测的新技术,主要包括 ZigBee、射频通信、WiFi、蓝牙等,已在许多行业得到应用^[3-6]。如:张小娟等^[6]利用 ZigBee 技术构建无线传感网络,设计出针对粮仓的远程监测系统,完成了对现场数据的远程采集。但在家居、楼宇、工厂等多障碍物、环境复杂的使用场景中,ZigBee 通信因穿透及绕射能力差,难以满足使用需求,因此葛阳^[7]在设计远程智能家居监控系统时,使用 433 MHz 射频替代 ZigBee 作为系统的主要通讯方式,取得了良好的效果。与此同时,Web 技术在远程监测系统中的应用,可以对无线传感网络进行扩展,方便用户的使用,如:郭丽^[8]设计了基于 B/S Web 架构的 Zigbee 光伏电站远程监测系统,可使用户在任何地方都可以通过浏览器查看光伏电站的现场情况。

本文基于 433 MHz 射频通信与 Web 服务器构建了电子恒湿柜远程监测系统,通过无线传感网络对现场电子恒湿柜进行集中监测与控制,突破了地域和环境的限制,降低了维护成本,实现了远程数据采集、设备控制等功能。

1 系统总体设计

系统主要由电子恒湿柜传感器节点、协调器和 Web 远程监控服务器三部分组成。系统整体结构如图 1 所示。在工业现场中,依据场地大小划分区域,每一个区域内都有多个电子恒湿柜,每个电子恒湿柜安置一个传感器节点。传感器节点负责测量柜体中的环境数据,并将数据通过 433 MHz 频段无线发送给协调器。同时每个区域部署一个协调器,协调器一方面与传感器节点进行通讯,建立无线传感网络,汇集传感器节点测量数据;另一方面对汇集的数据进行相应处理,通过基于 TCP/IP 协议的 Socket 程序将数据发送至监测服务器主机;最终服

务器主机通过 Web 监测平台进行网络发布,用户可以使用电脑、智能手机、平板等多种终端对监测平台进行访问,通过浏览网页的形式查阅相关监控数据。

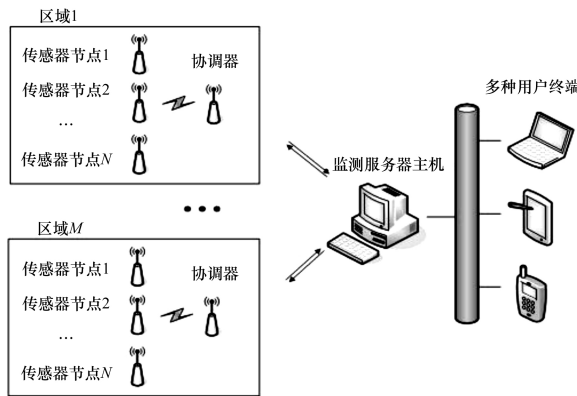


图 1 系统整体结构

2 硬件设计

本文对传感器节点进行了设计,传感器节点由微控制器模块、传感器模块以及无线模块三部分组成,硬件结构如图 2 所示。STM8L 作为主控芯片,与时钟电路、电源及复位电路构成微控制器模块,通过温湿度传感器、氧气传感器及三极管反馈电路获取电子恒湿柜的实时环境数据,并以程序设定值为标准,通过光耦驱动电路控制恒湿柜柜内冷凝器、PTC 加热器、风机、电磁阀等设备,调节柜内环境参数。同时微控制器通过 SPI 接口与无线模块连接,实现与协调器的通讯。

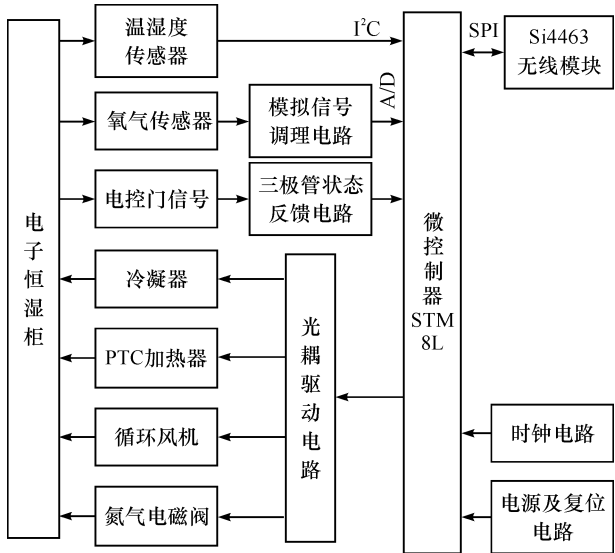


图 2 传感器节点硬件结构

2.1 微控制器

根据系统需求,微控制器选用 STM8L152K4T6 芯片,它是一款 8 位微处理器芯片,具有功耗低、性

周期性汇集网络内各传感器节点监测数据,同时可根据需要发送控制命令给传感器节点。协调器工作流程如图 5 所示,主要分为三个阶段:

- a) 网络初始化阶段。协调器上电后,检测并挑选一个空闲信道作为通讯信道,组建无线传感网络。
- b) 节点入网阶段。协调器处于固定广播信道收发状态,当接收到节点入网请求时,允许节点入网并回复对应指令。
- c) 数据汇集阶段。协调器处于通讯信道收发状态,向网络内各节点发送数据汇集指令,汇集各节点数据,然后通过 socket 通讯程序将数据发送给服务器,同时接收服务器的指令。

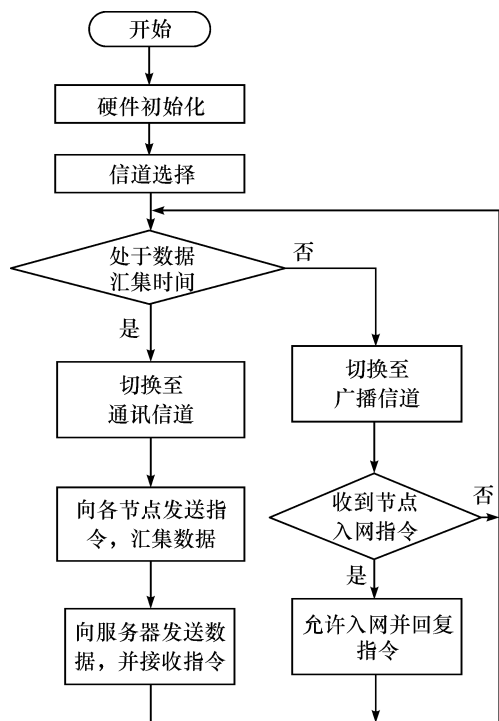


图 5 协调器工作流程

3.3 时间同步策略

在传感器节点数据汇集过程中,为了解决多个传感器节点数据并发引起碰撞重传的问题,系统采用信道时分复用(TDMA)的机制^[11],每个传感器节点都有各自数据收发的时隙,彼此之间互不冲突。除数据收发时隙外,节点处于低功耗休眠状态,从而降低反复监听所产生的能量损耗。同时为提高网络的拓展性,本文提出了一种基于网络拓扑结构变化的时间同步机制,将网络拓扑结构的变化情况加入时间同步之中,设计了适合周期性数据采集的无线传感器网络。节点在每个数据采集周期都与协调器进行一次时间同步,根据网络中拓扑结构的变化动态地修改节点唤醒时间 T_{wake} 和唤醒后最长等待时

间 $T_{wait_collect}$ 。计算方法可以用公式表示为:
$$T_{wake} = T_{collect} - T_{measure} - (N_{error_add} \times T_{wait}) \quad (1)$$
$$T_{wait_collect} = N_{error} \times T_{wait} \quad (2)$$
其中: $T_{collect}$ 为距下次数据汇集时长, $T_{measure}$ 为传感器测量所需时长, N_{error} 为故障节点总数, N_{error_add} 为新增故障节点数, T_{wait} 为 433 MHz 无线模块单次应答时长。

4 Web 监测平台设计

电子恒湿柜 Web 远程监测平台基于 B/S 架构^[12],采用 Django 进行网站框架的搭建,采用 Bootstrap 进行前端界面的开发,采用 MySQL 进行数据库设计。主要实现现场设备的远程配置、实时和历史曲线显示、数据查询及备份、故障自动报警等功能。用户可以使用电脑、智能手机、平板等多种终端进行访问,页面总体设计框架如图 6 所示。

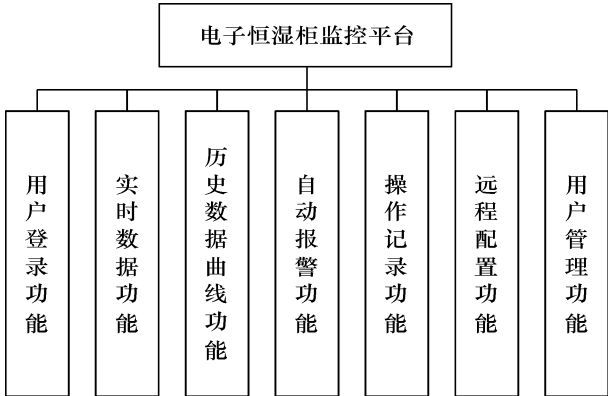


图 6 页面总体设计框架

监测平台的 Web 页面由左侧的导航区和右侧的内容区两部分构成,导航区列出用户在 Web 监测平台上可进行的所有操作链接,用户点击链接后网页会跳转至对应的操作页面。内容区展示操作页面的具体内容,以图 7 所示的湿度监测页面为例,内容区自上而下展示了仓库数目、恒湿柜数目、报警数目、电子恒湿柜实时数据以及湿度数据历史曲线等信息。



图 7 WEB 湿度监测页面

5 系统测试

为检验设计方案的可行性,在搭建的监测平台上对系统进行了测试。测试时,将 40 个传感器节点随机布置在协调器 200 m 范围内,依次打开传感器节点的电源,Web 监测平台上能自动显示 40 个新节点加入网络。当人为关闭其中 1 个传感器节点,Web 监测平台提示相应节点离线报警。重新开启离线节点电源后,报警信息解除,节点重新加入网络。该测试结果证明本文所设计的无线传感网络组网协议具有自组网和动态拓扑维护能力。

设置系统的数据汇集周期为 20 s,在无人为干预的情况下,让具有 40 个传感器节点的测试系统连续工作 168 h,所得丢包测试实验数据如表 1 所示。系统丢包率平均为 0.191%,且丢包率不随系统运行时间的增加而增加,该测试结果表明系统通讯稳定,能较好地汇集监测数据。

表 1 丢包测试实验数据

测试时间	发送数	接收数	丢包数	丢包率/%
第 1 天	172800	172457	343	0.198
第 2 天	172800	172482	318	0.184
第 3 天	172800	172433	367	0.212
第 4 天	172800	172469	331	0.191
第 5 天	172800	172499	301	0.174
第 6 天	172800	172445	355	0.205
第 7 天	172800	172497	303	0.175
平均	172800	172469	331	0.191

6 结 论

针对大型物料存储仓库中电子恒湿柜的监测需求,在传统电子恒湿柜控制系统中引入无线传感网络技术与 Web 技术,设计出一套不受区域限制,集中监测且易于维护的远程网络监测系统。实现从设备的组网、维护到数据汇集的一体化。同时基于 Django

框架开发了 B/S 模式的 Web 监测平台,具有良好的人机交互界面,方便用户通过多种终端对数据进行访问。测试结果表明,该系统运行稳定,性能优良,具有较高的实用价值,并且已经应用于实际产品中。

参考文献:

[1] Zhang H, Lin G. Remote intelligent monitoring system based on CAN fieldbus[C]// International Conference on Electronics, Communications and Control. IEEE, 2011:384-387.

[2] 周朝胜,刘映群. 基于 PROFIBUS-DP 的企业供水监控系统设计[J]. 电子技术与软件工程, 2016(12): 154-154.

[3] 陈利军,郭艳玲. 集散控制系统的最新技术特点与展望[J]. 工业仪表与自动化装置, 2006(5): 13-16.

[4] 邹赛,刘昌明,李法平. 基于无线传感器网络的水环境监测系统[J]. 传感器与微系统, 2010, 29(9): 104-106.

[5] 朱林,吴战国,李琦. 工业远程监测系统中自组织网络结构研究与实现[J]. 计算机测量与控制, 2012, 20(1): 15-17.

[6] 张小娟,苏娟. 基于 ZigBee 的智能粮仓监测系统设计[J]. 传感器与微系统, 2017, 36(5): 109-112.

[7] 葛阳. 基于 433 MHz 射频通信的智能家居系统研究与设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2016: 19-20.

[8] 郭丽. 基于 Web 和 ZigBee 技术的光伏监控系统的设计[J]. 安庆师范学院学报(自科版), 2015, 21(1):50-51.

[9] 徐燕,刘军,阎芳,等. 仓储设备振动及温湿度实时监测系统的设计[J]. 仪表技术与传感器, 2017(7): 50-53.

[10] 邹军华,蔡永桥,周正权,等. 膜制氮系统中氮气浓度系统的设计[J]. 微型机与应用, 2014, 33(10): 23-26.

[11] 徐明霞,赵民建,陈杰,等. 应用于无线传感器网络的自适应 TDMA 协议[J]. 浙江大学学报(工学版), 2008, 42(11): 1915-1919.

[12] 宁玉可. 基于 B/S 架构的光伏远程监控系统的设计与实现[D]. 南京: 南京理工大学, 2017: 7-10.

(责任编辑: 康 锋)