

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2014.09.028

基于物联网中间件的烟草仓库监控管理系统^①

段书凯, 唐朝清, 李敏杰, 贺欣

西南大学 电子信息工程学院, 重庆 400715

摘要: 在整个烟草生产管理链当中引入新兴的物联网技术, 针对烟草企业的需求, 提出企业级中间件功能模型, 以适应烟草企业特有的协调调度需求; 在烟草仓库环境监控中建立了基于物联网中间件的无线传感器网络的实时监控系, 对各部分的关键技术进行探讨分析, 并通过模拟实验进行模型验证与性能分析. 测试结果表明, 本系统实现了对烟草仓库环境的实时监控, 响应时延小, 可扩展性强, 有利于企业实现资源的合理调配和最大化利用.

关键词: 物联网; 中间件; 仓库监控系统; 传感器网络

中图分类号: TP277.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2014)9-0174-08

物联网的概念是在 1999 年由美国麻省理工学院 Auto_ID 中心提出的. 过去在中国, 物联网被称之为传感网. 中科院早在 1999 年就启动了传感网的研究, 并取得一定的科研成果. 2005 年 11 月 17 日, 在突尼斯举行的信息社会世界峰会(WSIS)上, 国际电信联盟(ITU)正式提出了“物联网”的概念, 并指出无所不在的“物联网”通信时代即将来临, 世界上所有的物体从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾都可以通过因特网主动进行交换, 射频识别技术(RFID)、传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术将到更加广泛的应用, 足见物联网对每个人, 每个国家, 乃至全球都有十分巨大的影响.

物联网产业发展的关键在于把现有的智能物件和子系统连接起来, 实现应用的大集成和“管控营一体化”, 实现“高效、节能、安全、环保”的社会服务. 而中间件在物联网中的“物”和“人”之间构建了一个信息交互传递和信息汇聚处理的场所. 正是由于中间件的独特地位, 它面临着各方面的挑战, 表现在交互性、可扩展性、自动化、基础设施建设、多样性、安全保密性等^[1]方面. 即便如此, 对物联网中间件的研究已取得初步成果, 已有基于数据库、虚拟机、手机客户、事件流等的中间件运行机制^[2], 也有基于 Zigbee 与 RFID 的中间件模型^[3], 并且在智能情景系统中进行了验证. 中间件往往也是十分复杂的, 但门户技术(PORTAL)提供了一种中间件可视化的途径, 它是一种 Web 应用, 通常用来提供个性化、单点登录、聚集各个信息源的内容, 并作为信息系统表现层的宿主. PORTAL 现在已经成为企业最关注的领域之一, 是实现企业整合的第一步. 其重要价值在于它是企业现有投资与新投资的集成节点, 使用户能够与人、内容、应用和流程进行个性化的、安全的、单点式的互动交流. 现已应用于校园信息门户^[4]、共享数据库门户^[5]、电网外贸物流管理^[6]等的建设.

从企业管理层面上来看, 目前国内大部分烟草企业的生产管理方式仍然停留在传统模式上, 表现为货物调度不科学, 产品质量监管不严密, 信息反馈不及时等. 从仓库管理层面上来看, 现有的监管方式多为人工监管, 由工人对仓库存储环境进行定时的检测, 信息传递的准确性和高效性难以保证, 效率低下. 所

① 收稿日期: 2013-12-12

基金项目: 新世纪优秀人才支持计划(教技函[2013]47号); 国家自然科学基金(61372139, 61101233, 60972155); 国家大学生创新创业计划(201210635113); 教育部“春晖计划”科研项目(z2011148); 留学人员科技活动项目择优资助经费(渝人社办[2012]186号); 重庆市高等学校优秀人才支持计划(渝教人[2011]65号); 重庆市高等学校青年骨干教师资助计划(渝教人[2011]65号); 中央高校基本科研业务费专项资金(XDJK2014A009, XDJK2013B011)的资助.

作者简介: 段书凯(1973-), 男, 重庆奉节人, 教授, 博士生导师, 主要从事智能信息处理、人工神经网络、非线性电路理论与应用等研究.

以近年来烟草仓储环境^[7-8]、消防安全监测^[9]也日益受到关注。但对于企业级的物联网建模却少有涉及,各方面研究仍然有值得改进的地方。

本文针对烟草企业的需求,提出了企业级中间件模型,以满足烟草企业特有的协调调度需求;在仓库环境监控中建立了基于物联网中间件的无线传感器网络的实时监控系,实现了整个生产管理链的全程监控,有利于资源的合理调配和最大化利用。

1 公司级系统结构

1.1 需求分析

现代的大型烟草企业多半都具有跨省甚至是跨国的经营范围,它们的需求也是纷繁复杂的,图 1 为企业需求模型图^[8]。

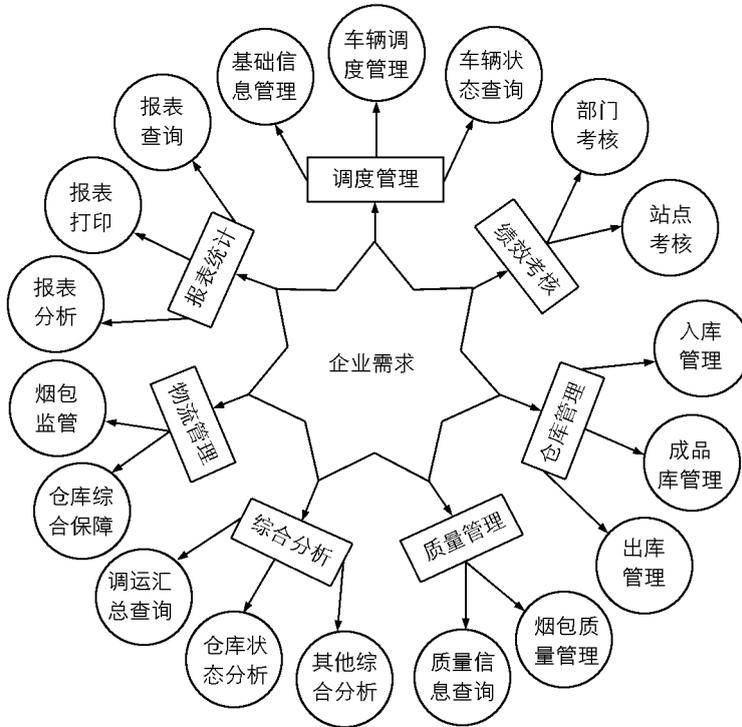


图 1 企业需求图

调度管理:烟草企业仓库多具有货物的流动性非常大、货物的进出变动复杂的特点,因此调度的效率就显得尤为重要。可调用车辆数、车辆位置等基本信息的及时获取是必不可少的。

质量管理:烟草质量直接决定了烟草的价值,质量监管不完善势必会造成相当大的经济损失。

仓库管理:烟叶存储的特殊性之一是烟叶经过相当时间的存储过程后在颜色、香气、吃味方面都有显著变化,这种烟叶品质的变化被称为“自然醇化”,烟叶存放过程实际就是其自然醇化的过程。烟叶在自然醇化过程中对环境要求很高,不同质量的烟叶其最佳醇化时间、存放要求都不一样;在烟叶自然醇化过程中对仓库环境要求有适当的温度、湿度、二氧化碳和氧气的含量,其中仓库环境的温湿度有决定性影响,不适宜的温湿度会造成烟叶过度醇化使品质严重下降。

物流管理:对于生产厂商来说,出货和进货都涉及任务繁重的货物清点过程,如果系统不严密,就容易产生疏忽和错误,严重时会影响客户满意度,危害企业效益。利用 RFID 电子标签无线通信技术可以方便高效地进行物流管理^[10]。

报表统计:对于跨省或是跨国的大型烟草企业,公司内部的信息传递直接影响着公司的效率。系统数据库报表主要包括入库订单、出库订单、货物信息、仓库信息、货物类别、仓库类别、用户信息等。

综合分析:综合分析是公司制定发展计划的依据,包括产品质量监控,市场需求分析,效益最大化分析等。

1.2 总体模型图

公司物联网系统模型见图 2。

各分公司、总公司都通过互联网接入到中间件管理平台, 通过中间件实现分公司预处理, 总公司的总体监管。其他客户可以通过 PORTAL 门户进行鉴权访问, 进行信息查询、交易等。

通信接入模块: 要求支持移动互联网现在具有的各种数据接入方式(如: 短信接入、GPRS 接入、USSD 接入, 有线 IP 接入等)的功能, 并可升级支持将来可能的数据接入方式;

终端管理模块: 要求提供终端序列号管理、终端别名管理、终端鉴权、终端状态监控、终端告警、终端升级管理、终端配置和终端控制等远程管理功能;

业务服务模块: 要求提供对应用平台的接入鉴权、数据流量查询、终端状态维护等功能;

支撑系统接口管理: 要求提供与各大移动通信运营商的 BOSS 系统、网管系统等有关移动通信网业务运营支撑系统的接口功能;

数据处理模块: 要求提供有效的数据负荷分担、数据缓存、数据存储、数据库功能, 以及各种数据分类分层级的统计分析功能, 并具有支持根据业务需求自定义统计报表的功能;

系统管理模块: 要求提供信息安全管理、故障管理功能、监控功能、角色和权限管理和日志管理功能;

门户管理模块: 要求 PORTAL 门户系统支持管理员门户、行业集团、家庭或个人用户的自服务门户、终端厂商自服务门户功能;

协调调度管理模块: 拟通过软交换手段实现合理高效的协调, 实施对中间件各个功能模块之间的调度管理功能。

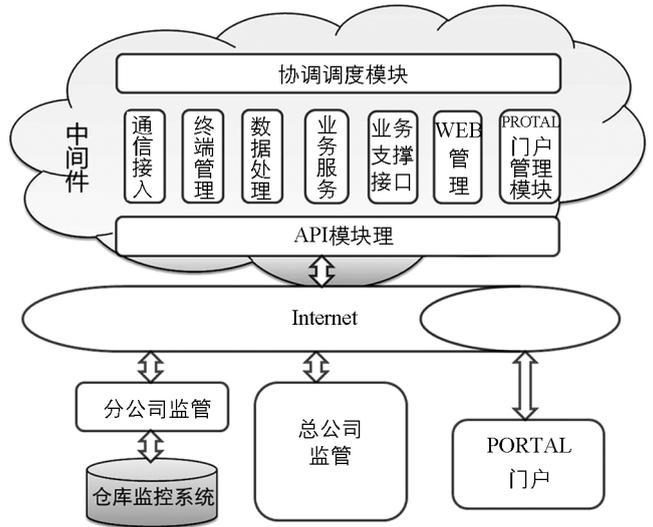


图 2 公司物联网系统模型

2 仓库级监管系统

2.1 仓库需求分析

相比于其他的仓库, 烟草仓库有着它自己的特殊要求^[8], 主要表现在:

第一, 储存量大。一般烟草存储的市级中心仓库, 都需要几十个储存库房, 给仓库管理的提出了更高的要求。

第二, 烟草的品种, 产地繁多。一个中心仓库通常存储着来自周围各个县市以及地方的烟草, 在存储过程中要求对烟包的产地可视化。烟草等级划分严格, 烟草的品质直接决定着成品烟草的质量等级。

第三, 烟草存储对环境控制要求较高。烟草存储过程中, 仓库的湿度, 温度等指标要求严格。烟草干燥存储, 如果湿度偏高会发生霉变; 相反, 如果湿度太低, 温度偏高又容易发生火灾。

第四, 烟草存储过程中移动或者翻包, 盘点, 出入库等操作相对比较频繁。对处于垛位底层的烟包, 当时间过长, 或者室内地面湿度偏高时要进行翻包处理。烟草收购季节时, 烟包进库流量特别大。烟草加工时要求对烟包频繁进行出库操作。另外, 由于烟草的价格相对比较高, 在库管过程中容易遗失, 安全监控也是尤为重要的。

2.2 系统模型

文献[7]将经典的物联网三层模型在仓库管理当中映射为仓储感知层, 物联网网关和仓储监管应用平台三层, 利用低能耗的 ZigBee 无线网络技术构成仓库环境监测网络, 实现了对温度、湿度、灯光、通风门、

禁人体移动等的自动监测和控制,同时实现了控制网络和管理网络的集成.提高了仓库的信息化管理水平,但该系统仅限于仓库级管理,没有企业级应用的整体构架,对仓库需求考虑得也不太完善.本系统基于物联网经典三层模型^[11],充分考虑现代烟草仓库的需求,对各层进行详细的探讨.图 3 是本系统的模型.其中可视化监管平台、网关和 Internet 连接三者共同构成中间件,屏蔽了底层器件的多样性,具有通信接入、终端管理、数据处理等功能.

1) 传感器网络

体系结构中传感器网络由众多的传感器节点和汇聚节点组成.

传感器节点由嵌入式软硬件、通信模块及各类传感设备构成.传感器节点的硬件结构包括 CPU、存储器、A/D 转换、传感器及无线收发等部件构成.硬件为便于分散应用,使用电池供电.传感器节点从各类传感器采集实时数据,经过数据预处理、编码、成帧后通过通信模块上报到汇聚节点.

传感器网络中汇聚节点向上连接到网关,向下连接到一定数量的传感器节点,它负责组建传感器网络,处理其他节点网络加入请求、数据传送请求和路由管理功能,是传感器网络的中枢节点.无线传感器网络的所有出入数据都需经过该节点转发.

烟草仓库的无线传感器网络必须综合考虑能耗和通信效果两方面的需求.近年来我国的无线通信技术得到了蓬勃发展,许多低功耗、高速率的近距离无线通信技术被引进.图 4 是常见的无线通信技术功耗与速率比较.表 1 进一步对比了它们的特性^[12].

表 1 近场无线协议对比

无线标准	速率 /(bit · s ⁻¹)	距离 /m	网络节点	电池寿命 /d	芯片成本	网络拓扑
蓝牙	0~3M	1~10/100	7+1	5~10	2 \$	S-M
ZigBee	20~250k	1~100	无限	1000+	2 \$	Mesh S-M
UWB	50~480M	3~10	127+1	<1	10 \$	S-M
被动式 RFID	<10k	0.01~3	一个 TAG/次	NA	0.1 \$	S-M 单向
主动式 RFID	10M	0.01~100	1 000+每次	100	15 \$	S-M 双向
WLAN	11~54M	10~100	无限	0.5~2	5 \$	S-M

由图 4 及表 1 可以看出:不同的通信协议的功耗、速率、有效距离和成本相差较大.在实际应用当中可以根据不同的仓库场景的需要选用不同的技术.

除此之外,对传感器网络进行优化管理也是节能的重要方面.文献[13]提出了一种传感器网络的休眠调度算法,该算法能够自适应观测场景变化,让冗余节点休眠从而提高节点的寿命,这对仓库传感器网络的布控具有一定的指导意义.

2) 网关

网关在无线传感器网络整体结构中是不可或缺的组成部分,它是无线传感器网络和远程监控中心之间连接的纽带.网关承载着信息汇总、信息分发和命令中转等服务.文献[14]中设计了基于 ARM11 系列的 S3C6410 微控制器的系统,综合 ZigBee 的无线传感器网络技术、以太网技术、CDMA2000 等通信技术,通

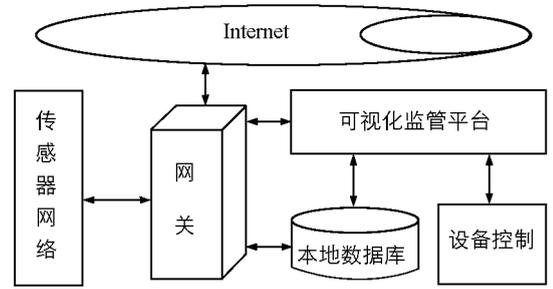


图 3 仓库监控系统模型

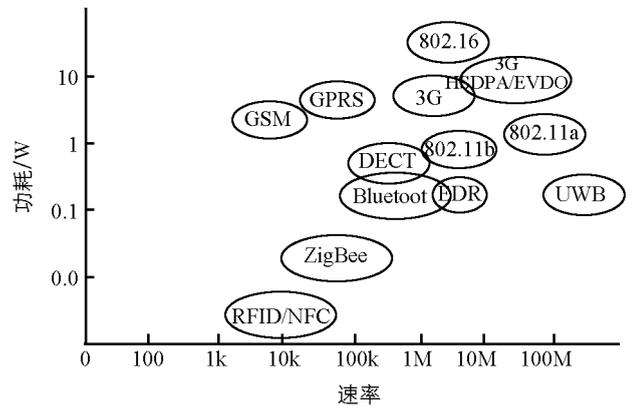


图 4 无线通信技术^[12]

过移植嵌入式 Linux 操作系统, 在此基础上开发相应的驱动程序、应用程序和管理接口, 并运用线程池技术控制各通信方式并行执行, 实现了具有多种通信方式的网关, 提高了系统的可靠性。

3) 可视化管理平台

可视化仓库管理系统是一套全面性的仓库管理工具。一方面, 它作为一个仓库管理系统, 按照常规和用户自行确定的优先原则来优化仓库的空间利用和全部仓储作业; 另一方面, 它实现了仓库管理的可视化, 能够及时、准确地掌握物品的位置、状况、活动等信息, 实现仓库供应保障辅助决策, 从而提高仓库管理水平和质量。它可以与企业的计算机主机联网, 由主机下达收货和订单的原始数据, 通过无线网络、手提终端、条码系统和射频数据通信(RFDC)等信息技术与仓库的员工联系。它既可以单独的作为一个系统运行使用, 也可以作为一个子系统与企业中其他子系统结合起来组合运行, 对企业的资源进行全面管理。

4) 本地数据库

本地数据库是本地可视化管理平台与远端总公司监控平台间的数据存储设备。网关接收到汇聚节点的信息后, 将它上报到远端监控系统的同时也存储到本地数据库当中, 方便本地进行实时的数据分析。

2.3 系统模拟方案

本系统采用 ATMEGA128 作为传感器网络汇聚节点和传感器节点的主控芯片。它是高性能、低功耗的 AVR8 位微处理器, 工作温度从 $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到 $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, 能够适应烟草仓库环境要求。它采用了先进的 RISC 结构, 133 条指令大多数可以在一个时钟周期内完成, 这种结构大大提高了代码效率, 并且具有比普通的复杂指令集微处理器高 10 倍的数据吞吐率, 保证了运行速率的要求。可以通过 JTAG 接口实现对 Flash, EEPROM, 熔丝位和锁定位的编程, 可延续性强; 拥有 8 路 10 位 ADC, 两个可编程的串行 USART 以及 6 种睡眠模式, 满足通信和节能的需求。

采用 NRF24L01 无线射频收发芯片作为系统的无线通信芯片。它是真正的 GFSK 单收发芯片, 具有自动应答、自动重发、地址及 CRC 检验功能; 数据传输率 1 或 2 Mbps, 有效距离 $10\sim 25\text{ m}$, 拥有 125 个可选工作频道以及极低的调频时间。极低的电流消耗: 当工作在发射模式下发射功率为 -6 dBm 时电流消耗为 9.0 mA , 接收模式时为 12.3 mA , 掉电模式和待机模式下电流消耗更低至 900 nA 。充分保证节点寿命。

网关为 PC 机, 数据库由 SQLServer 实现, 安装在该 PC 机上, 该机也充当 WEB 服务器的角色。可视化管理平台在另一台 PC 机上实现。

整个系统硬件系统模型见图 5。

传感器模块集成了 DS18B20 数字温度传感器, 它的测量范围从 $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到 $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, 增量值为 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 转换速度快。另有火焰传感器、烟雾传感器、光强传感器、湿度传感器等, 可扩展性强。响应设备包括众多的 LED 指示灯、蜂鸣器等。

2.4 系统软件设计

物联网的软件可分为设备层、物理层、用户层、网关层等^[11](图 6)。

设备层: 在本系统中也就是传感器终端, 它的软件功能较为简单, 只包含一些驱动程序。物理层也就是采用的无线协议, 可以根据实际条件参考图 4 及表 1 选择合适的协议。网关层采用成熟的 TCP/IP 技术, 保障了网络通信需求。整个系统通过 PORTAL 门户实现信息管理。PORTAL 门户设计可以采用鉴权登陆的方式, 系统根据用户输入的账号和密码, 查询数据库服务器当中用户的权限级别, 根据权限的不同跳转到不同的页面。未注册用户也可以下载客户端在登陆界面进行注册。根据权限的不同, 不同的账户可以进行不同级别的活动。管理平台的软件设计如图 7 所示:

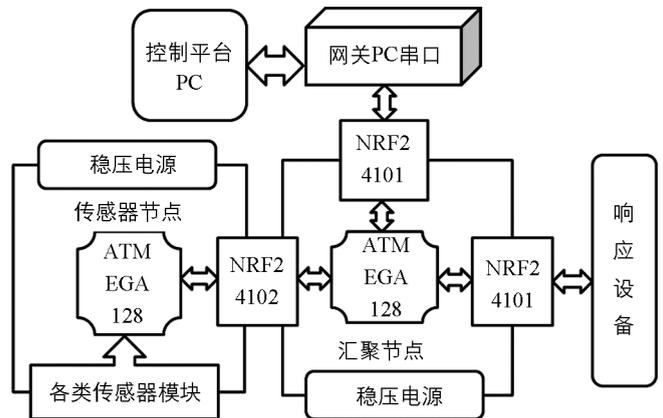


图 5 系统硬件模型

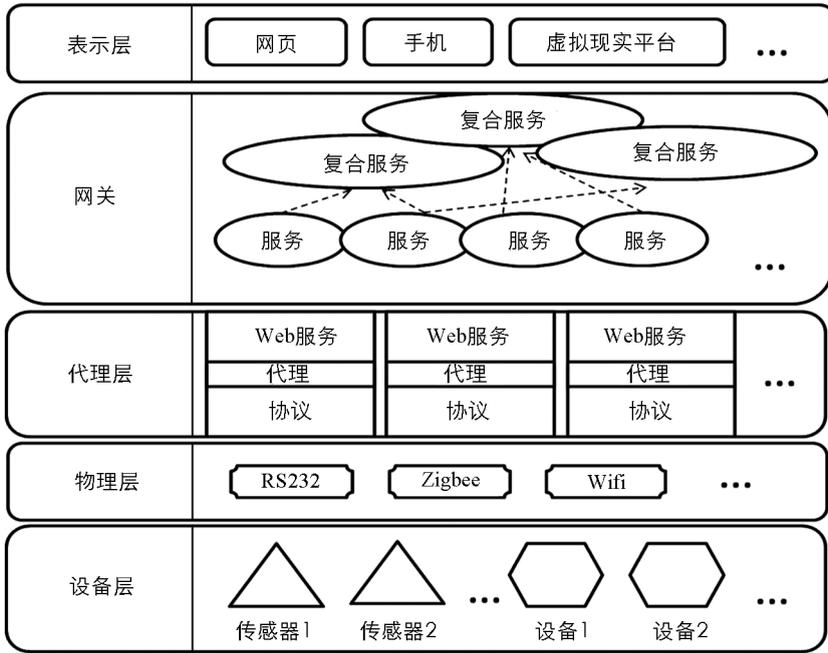


图 6 软件构架

登陆界面：如图 8 所示，系统根据该用户输入的账号和密码，查询数据库服务器当中用户的权限级别，根据权限的不同跳转到不同的页面。当用鼠标点击确定按钮或者敲击回车键后，系统首先检查用户名或者密码是否为空，如果不是用户名和密码都已输入，则会提示相应内容为空；如果用户名和密码不配套，则会提示“用户名或密码错误”。在此界面也可以进行用户注册。

用户注册界面：如图 9 所示，在点击注册之后，可以进入注册页面进行注册。系统会将填写的注册信息同数据库服务器中的用户信息进行对比，信息无误后写入数据库服务器中。之后用户就可以在登陆界面用注册的账号进行登陆。

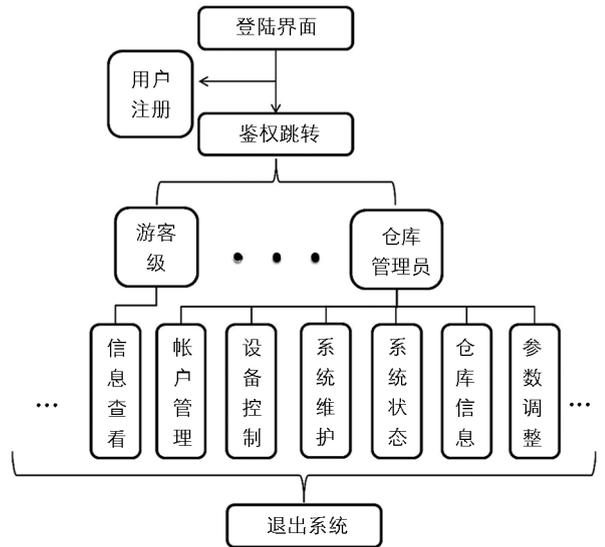


图 7 管理平台软件构架



图 8 系统登录界面图



图 9 用户注册界面

系统维护: 如图 10 所示, 对监控信息的维护, 设置自动响应阈值等。

用户管理: 系统管理员可以在此页面进行用户管理, 进行查看用户信息, 修改权限等操作, 根据实际需求可适当扩展(图 11)。

图 10 系统维护界面

图 11 用户管理

系统状态界面: 该界面显示所有监控项的实时数值(图 12)。特定的项目的开/断操作也可以在该页面进行。

2.5 系统测试及结果

当人为地改变传感器测试点的环境时, 系统能够根据系统设定快速地做出反应, 通过管理员级别的账户改变系统设定的响应阈值后, 响应设备的响应情况也相应的改变。

在仓库环境监控系统中, 从环境改变到响应产生的时间长度直接影响着系统的性能与实用性。本研究对此时间进行了多次测量, 作出了如图 13 所示的曲线。

信息	控制	其它
火焰	0328	m
灯	开	~ ~
光强	3782	cd/m ²
湿度	0152	%rh
温度	+27.5	°C
烟雾	4209	ppm

图 12 系统状态界面

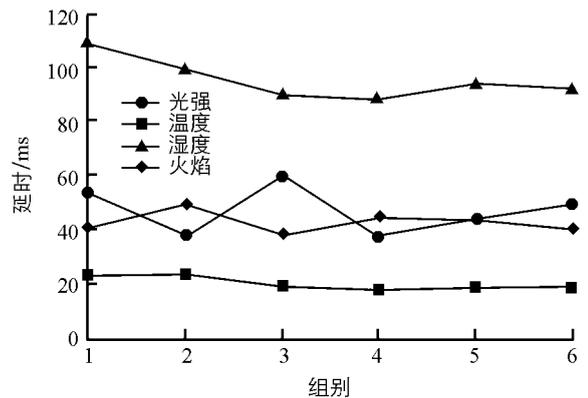


图 13 系统响应时间

由图 13 可知, 不同的传感器的响应时间不同, 但响应时间都在 ms 级, 为实时监控提供了保障。

另外, 系统对环境改变的敏感程度主要是由传感器的性能决定的。在实际应用中, 综合考虑需求与成本选择适当的传感器即可。

综合来看, 本系统完全满足仓库环境的监控需求。

3 结束语

本文在整个烟草生产管理链当中引入新兴的物联网技术, 针对烟草企业的需求, 提出了企业级中间件功能模型, 以适应烟草企业特有的协调调度需求; 在烟草仓库环境监控中建立了基于物联网中间件的无线传感器网络的实时监控, 对各部分的关键技术进行了探讨分析, 并通过模拟实验进行了模型验证与性能分析。测试结果表明, 本系统实现了对烟草仓库环境的实时监控, 响应时延小, 可扩展性强, 有利于企业实现资源的合理调配和最大化利用。

参考文献:

- [1] CHAQFEH M A, MOHAMED N. Challenges in Middleware Solutions for the Internet of Things [J]. 2012 IEEE International Conference on Collaboration Technologies and Systems(CTS), Denver, CO, 2012: 21–25.
- [2] WANG Miaomiao, CAO Jiannong, LI Jing, et al. Middleware for wireless sensor networks: A survey [J]. Journal of Computer Science and Technology, 2008, 23(3): 305–326.
- [3] FAN Chun-xiao, WEN Zhi-gang, WANG Fan, et al. A Middleware Of Internet Of Things(IoT) Based On Zigbee and RFID [J]. IET International Conference on Proceedings of ICCTA2011, Beijing China, 2011: 732–736.
- [4] CHEN Hong-ping, LI Ji-hong, SUN Qi-zhi. Campus Information Portal Based on Portal Technology [J]. 2010 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE), Hangzhou China, 2010: 564–568.
- [5] LOUIE H, BURNS M, LIMA C. An Introduction and User's Guide to the IEEE Smart Grid Web Portal [J]. 2010 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe). Gothenburg, 2010: 1–5.
- [6] 徐岩松, 陈启雄, 石 岚. 浅析物联网在广东电网外贸管理信息系统中的应用 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 38(2): 121–126.
- [7] 李学明, 吴海燕, 杨浩敏, 等. 基于物联网技术的仓库监控系统的设计与实现 [J]. 数字通信, 2013, 40(2): 19–23.
- [8] 曹绪森. 烟草仓库管理系统的设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2012.
- [9] 张宏宇. 烟草储存消防安全研究 [J]. 赤峰学院学报: 自然科学版, 2013, 29(4): 125–126.
- [10] 黄学飞, 李兆飞. 物联网技术在自动化立体仓库的应用研究 [J]. 自动化仪表, 2013, 34(7): 66–68.
- [11] WANG Zhi-liang, YANG Yi, WANG Lu, et al. A SOA Based IOT Communication Middleware [C] //2011 IEEE International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer (MEC). Jilin China: IEEE, 2011: 2555–2558.
- [12] 张新程. 物联网关键技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011: 22–24.
- [13] 李为为, 陈宏滨, 赵 峰. 适应观测场景变化的传感器网络休眠调度算法 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2013, 35(2): 141–147.
- [14] 马钧钊, 张利华. 基于多通信方式的烟草仓库监测系统网关的设计 [J]. 硅谷, 2012, 13(1): 47–48.

A Research of Monitoring System for Tobacco Warehouses Based on the Middleware of IoT

DUAN Shu-kai, TANG Chao-qing, LI Min-jie, HE Xin

School of Electronic and Information Engineering, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In the present study, Internet of Things (IoT), a newly born technology, was introduced into the tobacco industry. An enterprise middleware model based on the needs of tobacco enterprises was proposed, which can meet the special demands of the tobacco industry. More importantly, a monitoring system based on the sensor network and the middleware of IoT in the tobacco warehouses was built up, which achieved real time monitoring. The key technologies related were discussed and a model validity and system performance analysis was made through a simulation experiment. The results showed that this system realized real time monitoring, with small response delay and flexible function extension.

Key words: Internet of things (IoT); middleware; monitoring system for warehouses; sensor network

