

# 化工设备巡检系统<sup>①</sup>

孙悦

(北京联合大学 信息学院, 北京 100101)

**摘要:** 为解决化工企业传统的人工设备巡检模式中存在的漏检和效率低下等问题, 在分析了业务流程的基础上, 采用 RFID 技术为主要的数据采集技术, 设计并实现了一个化工设备巡检系统. 该系统采用 J2EE 四层体系框架, 实现业务逻辑和数据分离. 使用该系统可以高效、方便地完成对化工企业设备的巡检和维护管理.

**关键词:** 无线射频识别; 化工设备; 巡检; 数据采集; 业务流程

## Chemical Equipment Inspection System

SUN Yue

(Beijing Union University Information College, Beijing 100101, China)

**Abstract:** In order to solve the problem of data omissions and low efficiency caused by artificial operation in the process of traditional chemical equipment inspection, on the basis of the analysis of business process, a chemical equipment inspection system is designed and implemented by using the RFID as the main data acquisition technology. This system uses four layer architecture of J2EE which implements the separation of business logic and data. The chemical equipment inspection and maintenance management can be completed efficiently and conveniently by using this system.

**Key words:** radio frequency identification; chemical equipment; inspection; data acquisition; business process

自 2009 年以来, 物联网被确定为我国战略性新兴产业<sup>[1]</sup>, 到目前为止, 物联网相关技术正处于初级发展阶段<sup>[2]</sup>, 基于无线射频识别(Radio Frequency Identification, 简称 RFID)体系架构<sup>[3]</sup>的物联网技术在食品追溯<sup>[4]</sup>、服装防伪<sup>[5]</sup>、工业自动化<sup>[6]</sup>和铁路信号设备巡检<sup>[7]</sup>等领域得到广泛应用.

化工设备巡检是为了维持生产设备的正常运行, 使设备的隐患和缺陷能够得到及时发现, 做到早预防和早处理. 化工生产环境具有高温、高压、腐蚀性强、易燃、易爆和易中毒等特点, 传统的人工设备巡检模式, 采用手工纸介质记录的工作方式, 该方式存在着人为因素多、管理成本高、容易造成遗漏、信息反馈不及时和无法监督巡检人员工作状态等缺陷. 基于此背景, 本文设计并实现了一个基于 RFID 技术的化工设备巡检系统, 对适应化工生产环境的特殊性和较短的巡检周期要求, 避免传统巡检模式的缺陷, 推进 RFID 技术在化工企业设备巡检中的应用有现实意义.

## 1 RFID技术

RFID 技术是一种非接触式的自动识别技术, 其基本原理是利用射频信号和空间耦合的传输特性, 实现对被识别物体的自动识别并获取相关数据, 可工作于各种恶劣环境, 操作快捷方便. RFID 系统包含电子标签和读写器两部分. 电子标签又称射频标签, 是射频识别系统的数据载体和存储被识别物体相关信息的电子装置, 通常电子标签是贴在被识别物体表面或者嵌入在被识别物体的内部; RFID 读写器又称读出装置, 读写器通过天线与电子标签进行无线通信, 可以实现读写器和电子标签之间的双向数据交换<sup>[7]</sup>.

基于 RFID 的应用信息系统一般由应用程序、中间件平台、读写器和电子标签组成, 如图 1 所示. RFID 中间件是在读写器与后台处理系统之间运行的一组软件, 它将标签和读写器上运行的 RFID 系统软件和后台处理系统上运行的应用软件结合起来<sup>[8]</sup>. 基于 RFID 信息采集的应用方案, 可通过与物联网和互联网

① 收稿时间:2013-04-12;收到修改稿时间:2013-05-24

等信息技术的结合, 实现局域网、甚至全球范围内目标的跟踪与信息共享, 达到企业的业务管理目标.

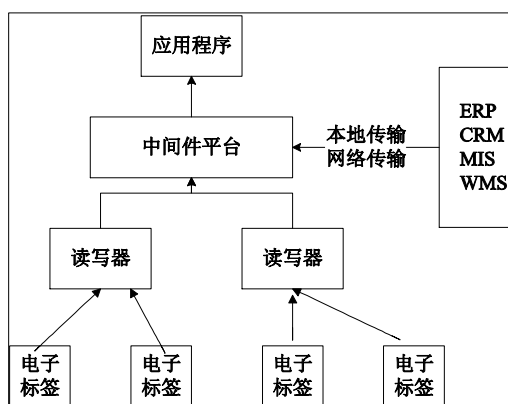


图 1 基于 RFID 的应用信息系统

## 2 化工设备巡检系统分析

### 2.1 巡检业务流程分析

一般情况下, 设备巡检按巡检时间的间隔和内容分为日常巡检和定期巡检两类. 这两类设备巡检的流程主要由管理人员、巡检人员、值班长和机修人员参与, 不同的角色参与巡检过程中的不同环节.

#### 1) 管理人员

管理人员制定巡检计划, 包括现场应巡检的设备、不同设备的巡检项目、巡检时间以及相应巡检人员的安排.

#### 2) 巡检人员

巡检人员根据巡检计划进行现场巡检, 按照固定的巡检线路和时间到达相应的设备, 根据巡检要求对设备进行检查. 若巡检人员在巡检过程中发现异常情况, 则在力所能及的范围内及时自行处理, 不能解决的问题则立即报告值班长.

#### 3) 值班长

值班长的任务主要是处理巡检人员报告的设备异常情况. 在收到巡检人员的异常情况报告后, 由值班长再进行进一步的检查, 消除设备的异常情况. 如果经值班长处理后仍存在异常, 则由值班长联系维修人员进行维修或更换, 通常以维修单的形式来告知维修人员, 或根据异常情况的严重程度向更高层级进行汇报.

#### 4) 维修人员

维修人员在接到值班长的维修通知后, 采用更专业的检修方式, 对设备加以维修或更换, 同时将维修结果反馈给值班长.

相应的巡检流程如图 2 所示.

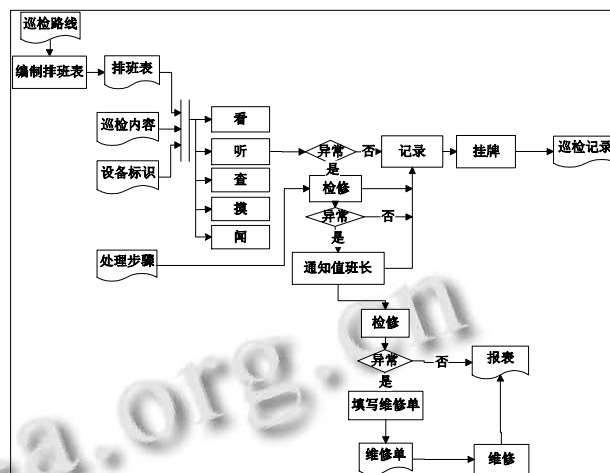


图 2 巡检业务流程图

### 2.2 系统软件平台主要功能

系统软件平台, 是应用程序提供的主要功能, 通过对巡检业务流程分析, 确定系统主要实现以下功能:

- 1) 系统管理: 对不同角色的用户分配权限, 并对用户信息进行管理, 完成系统基础配置.
- 2) 设备管理: 包括对设备基本数据信息的管理、设备状态管理、与设备相关的 RFID 管理、设备的故障类型、设备巡检标准和巡检方法管理等.
- 3) 员工管理: 包括部门管理、职务管理、员工基本信息管理和班次管理等.
- 4) 巡检计划管理: 包括巡检路线和巡检结果管理, 巡检任务的制定、修改、查看和下载等.
- 5) 检修维护管理: 包括设备的维修、报废和异常管理, 实现对检修单管理, 并管理检修所需资金、备件和工具等.
- 6) 报表管理: 根据用户需要实现各种报表的生成、浏览和打印等.

### 2.3 系统开发平台

系统是在 WindowsXP 操作系统下, 主要在 NetBeans IDE 7.0 集成开发环境下使用 Java 高级语言开发. 服务器端采用 GlassFish3.1 作为 Web 服务器, Oracle 11g 作为后台数据库软件.

## 3 化工设备巡检系统设计

### 3.1 系统架构设计

系统基于 B/S 架构, 由数据库服务器、Web 服务

器、企业局域网、移动终端、管理控制台组成,系统架构如图 3 所示. 其中移动终端具备部分业务处理功能和 RFID 电子标签读写功能,用于现场巡检,巡检任务通过无线网络或接口下载到移动终端或上传到管理控制台,移动终端应用采用 Windows CE 平台. 管理控制台采用 IE 浏览器用于巡检过程管理、巡检系统设置、报表浏览等功能.

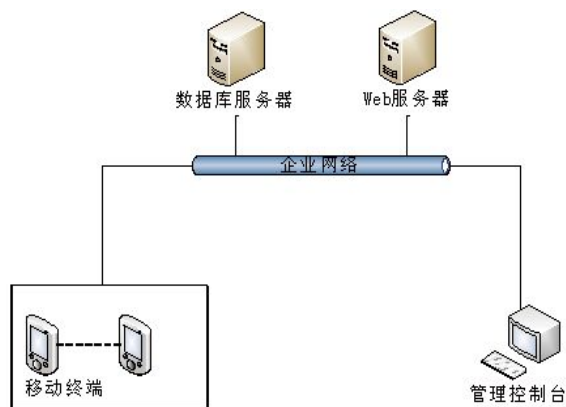


图 3 系统架构图

### 3.2 系统使用流程

根据业务流程分析和系统架构图,最终确定管理控制台与移动终端的功能划分如图 4 所示.

通过 2.1 节业务流程分析可确定系统用户至少包含设备巡检过程中的 4 类角色,即管理人员、值班长、巡检员和维修员. 根据企业工作人员分工的不同,其中管理人员可以具体划分为:系统管理员、组织维护员和设备信息维护员,值班长可以具体划分为:巡检管理员和设备维护管理员. 结合图 4,对各类不同权限角色使用该系统进行巡检的流程说明如下:

- 1) 系统管理员负责系统初始化的设置,包括录入系统必须的基础数据,完成系统基础配置,对各用户的权限进行指派.
- 2) 组织维护员负责组织部门及员工信息的维护.
- 3) 设备信息维护员进行设备数据维护、RFID 信息维护、设备文档维护、备件信息维护和维修方案维护等.
- 4) 巡检管理员完成班次管理、标准管理、审核、计划管理和路线管理.
- 5) 巡检员可以下载巡检计划到移动终端,根据计划要求进行巡检后将巡检报告上传.
- 6) 巡检管理员根据巡检报告查询巡检结果和漏

检情况,查询巡检日报表,进行趋势分析和出勤率统计等.

7) 设备维护管理员根据巡检结果,对异常情况进行处理,并将无法处理的异常生成维修单,分析设备情况,指定相应的维修方案,如需要进行备件申请,对无法维修的设备做报废处理.

8) 维修人员可以查看并下载维修单,根据维修任务及维修方案进行维修,并上传维修结果报告.

9) 设备维护管理员查看维修结果报告,调整维修方案.

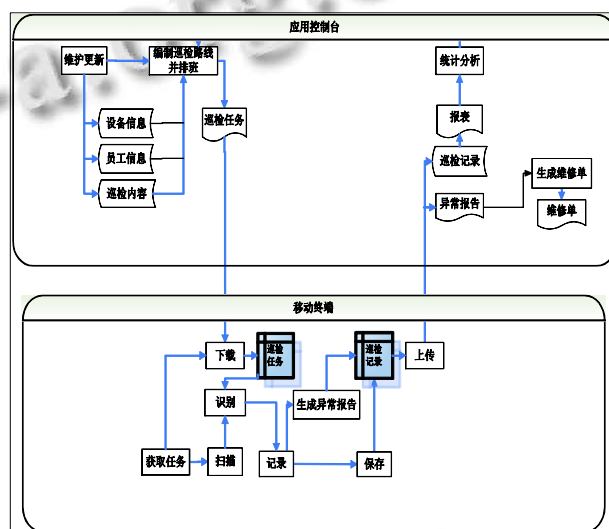


图 4 巡检系统流程结构图

## 4 系统实施

### 4.1 系统设备选型

#### 4.1.1 RFID 电子标签选型分析

化工环境采用 RFID 系统进行化工设备的自动识别,必须考虑被识别对象的物理特性、形状、使用环境和标签的冲突碰撞性. 其中化工生产的潮湿环境是影响 RFID 标签选型的重要因素,越是潮湿的环境下,频率越高电磁波受影响越大. 对于含有可导液态媒介的待标识物体,可以采用低频或者高频的标签来进行识别,低频标签由于读取距离较近,较少受冲突碰撞问题影响;对于非可导物体的识别,则可以采用超高频系统;而对于金属材料物品的识别,目前一般采用在金属与被识别物体和标签之间添加一层吸波材料的方式来解决.

#### 4.1.2 RFID 读写器选型分析

RFID 读写器采用工业级的 PDA(Personal Digital

Assistant), 具有条形码读取和 RFID 读写模块. 同消费级的手持终端相比工业级手持终端的更加坚固、耐用, 可以用在很多环境比较恶劣的地方. 由于化工行业具有易燃、易爆特点, 本方案中选用的工业级 RFID 读写终端, 还必须通过带有防爆功能的认证, 具体的防爆认证类型应该根据实际环境具体选择.

## 4.2 系统关键技术

### 4.2.1 系统体系框架

系统采用 J2EE(Java 2 Platform, Enterprise Edition) 四层体系框架, 主要包括客户层、Web 层、业务层和数据层, 用户层主要是客户端浏览器, Web 层为客户与系统交互的界面, 业务层进行业务逻辑处理, 数据层则为数据库的实现. 通过采用 MVC(Model View Controller)设计模式, 将 ExtJS、Struts2、EJB(Enterprise JavaBean)等技术整合在一起. 本系统的整体开发框架如图 5 所示. 其中由 Struts2 作为控制器, 负责拦截用户请求, 并分发到相应的业务逻辑模块进行处理; 业务逻辑和数据持久化的实现均由 EJB 来完成, 请求处理完成后, 仍由 Struts 根据处理结果, 返回相应的视图. 视图层使用 ExtJS 框架实现.

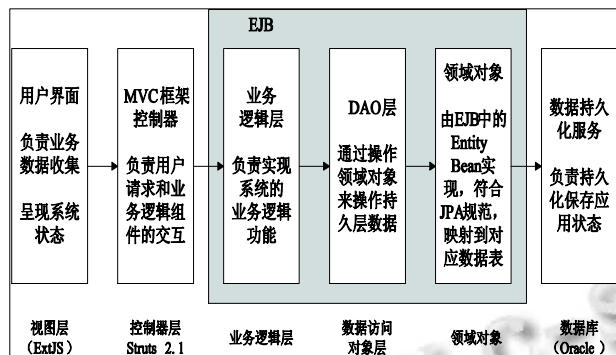


图 5 系统开发框架图

### 4.2.2 系统的静态结构模型与动态行为模型

系统的静态结构模型通过建立类图展现系统的静态视图, 系统分析类的构造可分为以下几种:

1) 边界类(Boundary Class): 边界类位于系统与外界的交界处, 一般是系统界面, 用于和用户交互. 系统建立的边界类包括点检标准维护和审核页面、计划编制页面和路线管理页面等.

2) 实体类(Entity Class): 实体类保存要放进持久存储体的信息. 通常每个实体类在数据库中有相应的表, 实体类中的属性对应数据库表中的字段. 系统建

立的实体类包括 RFID 信息、点检标准、点检计划和巡检路线等.

3) 控制类(Control Class): 用于对一个或几个用例所特有的控制行为进行建模, 控制边界与实体的信息交互. 系统建立的控制类包括计划控制器、结果控制器、报表控制器和维修控制器等.

动态行为模型通过建立活动图、顺序图和状态图来描述系统内外的交互. 活动图阐明了业务用例实现的工作流程, 本系统开发过程中主要绘制了设备巡检维护整体业务的活动图. 顺序图(Sequence Diagram)描述了对象之间传送消息的时间顺序, 它用来表示用例中的行为顺序, 比如巡检路线和巡检计划的制定顺序要通过顺序图描述. 状态图表示一个状态机, 主要用于表现从一个状态到另一个状态的控制流. 例如在设备维护管理中, 有维修单、报废单、备件申请单等多张单据的管理, 可通过状态图来体现各类单据的状态变化.

### 4.3 系统实施效果

通过业务流程和系统使用流程对比可知系统对设备巡检过程进行了优化, 系统的各功能模块完全满足对设备巡检的业务要求, 具体效果如下:

1) 通过使用 RFID 技术, 简化了设备数据信息的采集过程, 使巡检人员可以快捷并安全地对设备进行巡检.

2) 将设备信息和人员信息整合在一起, 在完善设备信息的同时, 方便维修方案等信息的共享, 便于对工作人员的工作情况进行考查.

3) 巡检计划的制定和管理, 保证了巡检人员科学的巡检过程, 避免漏减事故的发生. 巡检结果的及时上传, 各种报表的统计查询, 避免了传统设备管理模式造成的资源浪费.

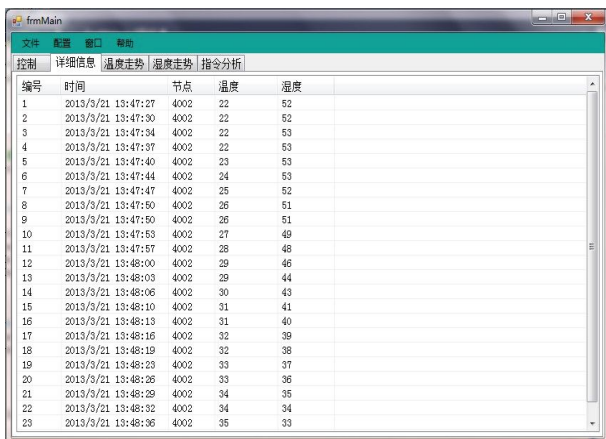
4) 将设备巡检信息与设备维护系统整合, 便于及时了解设备状态, 保证了设备故障的及时检修和更换, 使设备能安全、高效地运行, 消除了各种潜在的危险, 提高了生产效率与产量.

## 5 结束语

基于 RFID 的化工设备巡检系统, 通过采用 RFID 技术进行数据采集与输入, 提高了设备巡检的效率, 优化了巡检工作流程, 提高了故障响应速度, 同时极大地降低了工作人员的劳动强度, 使设备巡检工作更

(下转第 89 页)

编写对应的 PC 端服务器数据采集与控制程序,其运行效果如图 6 所示,测试表明各个节点的数据能及时地发送到 pc 服务器,同时 pc 端也可以把相关的控制指令发送到对应的节点.实际测试结果表明,节点间的通信距离达到 60 米左右,还可以多跳 mesh 组网使得网络的覆盖范围进一步扩大.



编号	时间	节点	温度	湿度
1	2013/3/21 13:47:27	4002	22	52
2	2013/3/21 13:47:30	4002	22	52
3	2013/3/21 13:47:34	4002	22	53
4	2013/3/21 13:47:37	4002	22	53
5	2013/3/21 13:47:40	4002	23	53
6	2013/3/21 13:47:44	4002	24	53
7	2013/3/21 13:47:47	4002	25	52
8	2013/3/21 13:47:50	4002	26	51
9	2013/3/21 13:47:50	4002	26	51
10	2013/3/21 13:47:53	4002	27	49
11	2013/3/21 13:47:57	4002	28	48
12	2013/3/21 13:48:00	4002	29	46
13	2013/3/21 13:48:03	4002	29	44
14	2013/3/21 13:48:06	4002	30	43
15	2013/3/21 13:48:10	4002	31	41
16	2013/3/21 13:48:13	4002	31	40
17	2013/3/21 13:48:16	4002	32	39
18	2013/3/21 13:48:19	4002	32	38
19	2013/3/21 13:48:23	4002	33	37
20	2013/3/21 13:48:26	4002	33	36
21	2013/3/21 13:48:29	4002	34	35
22	2013/3/21 13:48:32	4002	34	34
23	2013/3/21 13:48:36	4002	35	33

图 6 PC 服务端数据采集程序运行效果图

与其他的物联网系统的硬件节点设计方案相比较,该系统提出的物联网硬件设计方案具有微处理器性能高、IO 外设接口丰富,较适合于控制性物联网的应用系统.同时针对物联网节点的 ZigBee 组网地址每次入网都会随机分配并不断变化、而不适合于在服务器上

的控制软件给特定的物联网节点发送控制指令的问题;本系统提出了给每个节点的设置一个固定的硬件节点编号,并在协调器中设计了存储空间把硬件编号与 ZigBee 节点地址相互映射,并设计了节点地址注册、查询等功能模块,使得服务器端的控制软件能准确地把控制指令发送到特定的物联网节点.

本文设计了一种采用 STM32F103 微控制器的结合 SPZB260 ZigBee 网络通讯模块的物联网环境数据采集与控制系统,并对该物联网数据采集与控制系统的系统构架、软硬件设计和程序流程做了详细介绍.该系统提出的方案也可以用于多种需要无线数据采集与控制的物联网应用场合,具有一定的实际应用意义与推广价值.

### 参考文献

- 1 刘云浩.物联网导论.北京:科学出版社,2010:1-30.
- 2 ZigBee Alliance. Network specification(draft version 1.0). <http://www.zigbee.org/>.
- 3 孙利民,李建中,陈渝.无线传感器网络.北京:清华大学出版社,2005:1-26.
- 4 沈建华,郝立平.STM32w 无线射频 ZigBee 单片机原理与应用.北京:北京航空航天大学出版社,2010.9.
- 5 何赛,陈小平.ZigBee 技术在城市照明监控系统中的应用.北京:计算机系统应用,2011,20(8):135-138.

(上接第 98 页)

加科学规范,具有良好的市场前景.另外,由于积累大量的故障数据,为日后进一步开发智能故障预警分析系统奠定了基础.

### 参考文献

- 1 孙其博,刘杰,黎彝,范春晓,孙娟娟.物联网:概念、架构与关键技术研究综述.北京邮电大学学报,2010,33(3):1-9.
- 2 苏涛,李文强,孙聪.物联网关键技术研究.中国管理信息化,2012,15(18):90-92.
- 3 张绍钧,叶志申,黄仁泰.物联网关键技术及其应用.信息化研究,2011,37(4):8-11.
- 4 胡迪,钱松荣.基于 RFID 的食盐跟踪追溯系统设计与实现.计算机工程,2012,38(17):9-11.
- 5 陶巍伟,陈占省,姚明海,李梦园.基于 RFID 的服装防伪系统的设计与实现.机电工程,2012,29(10):1235-1238.
- 6 倪霖,钟辉,段超.汽车制造生产线上 RFID 应用模式研究.计算机工程,2012,38(4):224-226.
- 7 马学霞,王瑞峰,王彦快.基于 RFID 的铁路信号设备巡检系统的设计.计算机测量与控制,2012,20(12):3151-3153.
- 8 孙伟,董耀华.基于 RFID 技术的剧毒危化品物流服务平台研究.中国安全科学学报,2011,21(2):147-151.