

# 基于 RFID 和 WSNs 的钢瓶综合监管系统

邴志刚<sup>1</sup>, 党琼<sup>1</sup>, 郝铭<sup>2</sup>, 刘媛<sup>1</sup>

(1. 天津工程师范学院自动化与电气工程学院, 天津 300222; 2. 南开大学机器人与信息自动化研究所, 天津 300071)

**摘要:** 针对传统监管方式在效率、实时性、可靠性、便捷性等方面存在的问题, 运用 RFID 技术实现钢瓶、运输车辆和操作人员等对象的识别, 使用 WSNs 技术实现钢瓶充装、存储等流程环境参数的分布式监控。给出系统总体结构和工作流程以及关键硬件功能模块的设计。实际应用表明, 该系统是实现钢瓶监管快速、实时、准确的信息采集与处理的综合解决方案。

**关键词:** 监管系统; 无线射频识别; 无线传感器网络

## Steel Cylinder Comprehensive Supervision System Based on RFID and WSNs

BING Zhi-gang<sup>1</sup>, DANG Qiong<sup>1</sup>, HAO Ming<sup>2</sup>, LIU Yuan<sup>1</sup>

(1. Automation and Electrical Engineering College, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin 300222;

2. Institute of Robotics and Automatic Information System, Nankai University, Tianjin 300071)

**【Abstract】** Aiming at the outstanding problems of traditional supervision manner for steel cylinder with respect to efficiency, real-time, reliability and convenience, Radio Frequency Identification(RFID) technology is applied to fulfill the identification of steel cylinders, the convey vehicles and the operators, while Wireless Sensor Networks(WSNs) technology is used to achieve the distributed supervision for the environment parameters of the charging and storage procedure. The general structure and the workflow, along with the key hardware functional models design are presented. The application verifies that the system provides a comprehensive solution, which is rapid, real-time, and accurate for steel cylinder supervision information acquisition and processing.

**【Key words】** supervision system; Radio Frequency Identification(RFID); Wireless Sensor Networks(WSNs)

### 1 概述

钢瓶作为生产、生活中一类重要的压力容器, 其有效监管直接关系到人民生命和生产、财产的安全, 是各级安全生产和质量技术监督部门的工作重点之一。对于钢瓶的充装、经营、使用等单位, 保证钢瓶安全使用涉及很多重要的技术和工程问题。传统的钢瓶钢印(及手写编号)、纸介表单、人工查看和手动操作方式无法满足对钢瓶使用全流程、整个生命周期的管理和跟踪等需求。本文综合运用无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)<sup>[1]</sup>和无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSNs)<sup>[2]</sup>技术, 结合数据库技术、情境敏感<sup>[3-4]</sup>的在线信息交互技术等, 给出钢瓶监管的新型综合解决方案。

### 2 钢瓶综合监管系统的总体设计

#### 2.1 RFID 与 WSNs 简介

RFID 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(电感或电磁耦合)的传输特性, 实现对被识别物体的自动识别<sup>[1]</sup>。RFID 系统的基本工作流程是: 读写器通过天线发送一定频率的射频信号; 当 RFID 标签进入读写器的工作区域时, 无源标签的天线产生感应电流从而获得能量被激活并向读写器发送自身编码等信息(有源标签的能量是靠自身电池提供的, 因此, 可以直接根据读写器的指令进行工作); 读写器对来自标签的载波信号进行解调和解码后直接处理或送至其他计算机系统进行处理; RFID 读写器(属于典型的嵌入式系统)或计算机系统判断标签的合法性,

进而做出相应的处理和控制在接收到的射频脉冲中解调出数据并送至控制逻辑, 进而完成存储、发送数据或其他操作。

WSNs 是一种超大规模、无人值守、资源严格受限的全分布式系统, 通常采用多跳对等的通信方式, 其网络拓扑动态变化, 具有自组织、自治和自适应等智能属性<sup>[2]</sup>。它通过将高度集成的无线设备结合各种传感器实现在智能传感节点之间自主采用无线方式传递信息形成的网络, 能够通过节点的各种传感器所收集的信息识别环境, 对网络覆盖区域进行监控。典型的传感器网络系统结构如图 1 所示, 其中, ●表示普通节点; ▲表示簇头; ■表示网关(中心节点)。

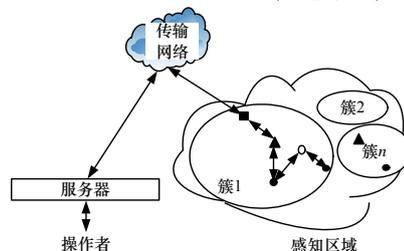


图 1 典型的传感器网络系统结构

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60575048, 60772167)

**作者简介:** 邴志刚(1972-), 男, 副教授、博士, 主研方向: 机器人, 传感器网络, RFID; 党琼, 硕士研究生; 郝铭, 博士后; 刘媛, 副教授、硕士

**收稿日期:** 2008-12-19 **E-mail:** nk.ben@hotmail.com

## 2.2 总体结构设计

本文设计的钢瓶综合监管系统自底向上分别为感知层、监控层和管理层，其典型的系统总体结构如图 2 所示。

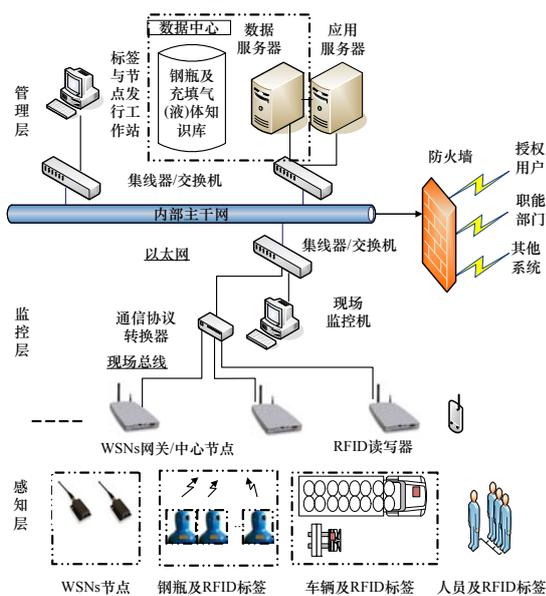


图 2 钢瓶综合监管系统总体结构

各主要部分说明如下：

### (1) 感知层

粘贴于钢瓶和操作人员身上的高频无源 RFID 标签，以及固定在车辆(包括运输车辆和叉车等)上的超高频有源 RFID 标签实现对所附着对象的标识功能。传感器网络节点配备各类传感器，可以实现监控的环境智能，满足对钢瓶充装、存储等流程温度、湿度、振动、成分等环境信息的分布式监控需求。上述信息可以进一步通过 RFID 读写器(包括固定式和手持式)，以及环境监控 WSNs 网关(中心节点)进行识别、处理和融合。

### (2) 监控层

现场监控机由工控机(IPC)实现，用于完成所辖区域(如充气车间)内的设备、环境、人员和车辆等对象信息的作业管理和监控，以及联动设备控制等。

### (3) 管理层

标签及节点发行工作站的主要功能是对涉及钢瓶监管操作、人员管理和设备管理的标签及节点进行管理，包括发行(注册)、回收(注销)、更换等，同时承担一定的用户管理任务，包括各种人员信息的录入和编辑、相关部门身份信息处理操作等。

数据中心包括钢瓶及充填气(液)体知识库(如类属、特性、存储要求、运输要求、应急预案及相关标准、政策和法规等)、作业信息数据库(与日常作业相关的数据和信息)和部门信息数据库(各相关部门的人员信息、设备信息和班次信息等)。

应用服务器提供比较完备的关系数据库设计，以及相应的数据库扩展功能；针对各个业务子系统，提供与数据库无关的数据接口，保证子系统的数据访问。

### (4) 与其他系统的接口

本系统通过适当的安全机制和技术手段(如防火墙等)，为授权用户(如医院、化工厂等)、职能部门(如企业上级主管单位和政府职能部门)以及其他系统(如基于 GPS 的特种车辆跟踪与监控系统等)提供信息查询和处理的功能接口。

根据用户规模和具体需求可以对系统层次结构和功能模块进行适当调整和组合。例如，对于较小规模用户，其数据服务器、应用服务器，甚至发行工作站的功能可以由同一台计算机实现。3 层结构中管理层与监控层可能合并从而进一步扁平化系统结构。现场监控机与数据服务器之间具有数据定期同步机制。现场监控机、应用服务器与数据服务器之间为 C/S 结构，而用户、其他部门和其他系统与服务器之间为 B/S 结构。

## 2.3 系统通信设计

通信功能是本文所设计的综合监管系统总体结构设计中心须重点关注的一类问题。本文所涉及的通信方式及相关技术分析如下：

(1) WSNs 网关(中心节点)与普通传感器网络节点、RFID 标签与读写器通过射频通信实现现场信息的交互。

(2) 手持式 RFID 读写器与现场监控机之间采用蓝牙通信方式，完成钢瓶与特种车辆的信息交互。

(3) 现场监控机与 WSNs 网关(中心节点)之间，现场监控机与(固定式)RFID 读写器之间通过现场总线(具体采用 CAN 总线)实现串行通信，分别进行传感区域信息、读写器配置信息、按条件查询读写器的流水记录等交互。

(4) 管理层与监控层各模块之间通过以太网(有线或无线)实现监管信息交互。

## 3 系统工作流程分析与设计

针对钢瓶的作业主要涉及钢瓶建档、标签粘贴、空瓶清点、钢瓶检验、整瓶、钢瓶充装、钢瓶盘存和钢瓶发放等，其典型工作流程如图 3 所示。

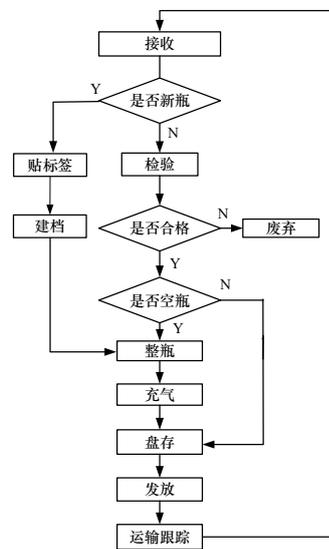


图 3 钢瓶监管系统工作流程

所涉及的表单包括《在用钢瓶普查登记表》、《钢瓶检验委托通知单》、《钢瓶检验收发登记表》、《钢瓶总装及复检记录表》和《钢瓶发放记录表》等。其中，钢瓶建档流程如图 4 所示。对需管理的钢瓶根据《在用钢瓶普查登记表》和《钢瓶建档、标识、定期检验和维护保养制度》等规范，在监控机中输入钢瓶基础信息，建立钢瓶档案。

RFID 标签 ID 号与钢瓶的唯一编号相对应，采用可读写标签以记录钢瓶的基本信息(以《在用钢瓶普查登记表》为例，包括钢瓶检验、充装、发放相关信息，如下次检验时间、充装时间、发放时间、发放地址等)。通过读写器(手持式或固

定器)对钢瓶标签信息进行识别和数据写入,进而与监控机、数据中心和应用服务器进行信息交互。

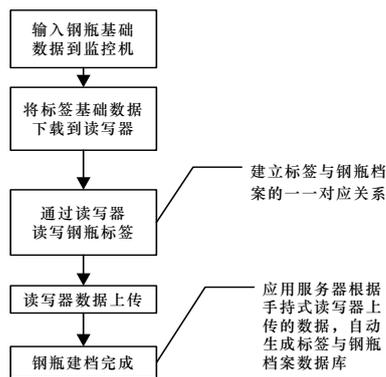


图4 钢瓶建档流程

## 4 关键设备与部件的设计与实现

### 4.1 RFID 读写器与 WSNs 网关

RFID 读写器与 WSNs 网关(中心节点)具有相似的基础功能结构,本文研发的(超)高频 RFID 和传感器网络综合控制器兼顾 2 类部件的功能,其结构框图如图 5 所示<sup>[3]</sup>。

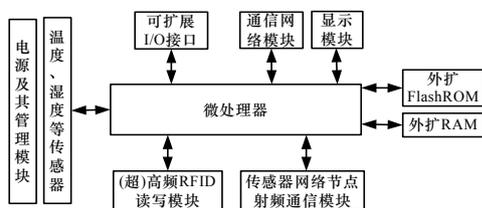


图5 RFID 和 WSNs 综合控制器结构

运用 PIC-18F1320 和 NXP ARM7 LPC2478 双微处理器结构完成对各模块的工作协调、数据判别和智能信息处理算法的实现等功能。(超)高频 RFID 读写模块实现对(超)高频标签的读写。传感器网络节点射频通信模块实现与其他综合控制器、传感器网络节点之间通信。外扩 FlashROM 用于存储脱机数据,保证意外断电时数据不会丢失。外扩 RAM 用于存储过程数据或其他临时数据。电源及其管理模块为系统提供能源。可扩展 I/O 接口包括通用输入输出接口、串行设备接口(SPI)、集成电路互联(I<sup>2</sup>C)接口、通用异步收发器(UART)接口等。通信网络模块通过以太网或 CAN 总线等方式实现与监控机等的通信。显示模块包括人机交互以及设备运行状态提示等显示功能。

采用该综合控制器(在现场具体包括装备于叉车上或由

操作人员手持的便携式综合控制器,以及装备于生产环境中的固定式综合控制器),结合常规的传感器网关(中心节点)和读写器,能够通过与钢瓶标签、传感器网络节点之间的信息交互所获得的环境、对象的基本信息,运用分布式信息检索技术和通信技术,由本地或远程实时提供钢瓶监管所需的支持信息和决策信息,以保证作业安全和科学的应急处置。

手持式读写器与综合控制器结构基本相同,仅在通信和人机接口方面有一些区别。

### 4.2 传感器网络节点和超高频有源 RFID 标签

以 PIC16F677 微处理器和 nRF905 射频收发芯片为核心,本文研发了传感器网络节点和超高频有源 RFID 标签。具体可以设置成 2 种工作方式:(1)定时发送 ID,其余时间处于休眠状态;(2)读写器唤醒方式,即平时处于休眠状态,定时转入接收状态,当有读写器搜寻时被唤醒并与读写器进行数据通信。其中,读写器唤醒方式比较省电。

### 4.3 高频无源金属标签

无源钢瓶标签由于需要直接粘贴在金属表面,标签须经过特殊处理,如在标签底部衬上一层隔磁材料,并且表面经过滴塑保护以避免因碰撞等原因损坏标签。无源金属标签按协议标准具体分为 ISO15693 标准标签和 ISO14443A 标准标签 2 类,典型工作频率为 13.56 MHz。

## 5 结束语

本文设计的基于 RFID 和 WSNs 的钢瓶综合监管系统已经在某钢铁公司及其气体厂试运行,检验、盘存和发放等环节工作效率平均提高 6 倍以上,误操作率平均下降 99.8%以上。实际应用证明,本系统能提高钢瓶全面跟踪监控水平,减轻操作人员的劳动强度、提高工作效率,降低操作失误率。该方案可以为更为广泛的压力容器、特种设备和资产管理等领域的信息化工作提供有益的参考和借鉴。

### 参考文献

- [1] 游战清,李苏剑. 无线射频识别技术(RFID)理论与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [2] 于海斌,曾 鹏. 智能无线传感器网络系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [3] 邵志刚. 传感器网络优化部署问题研究[D]. 天津: 南开大学, 2008.
- [4] 姜丽芬,卢桂章,辛运韩. 基于 RFID 普适计算环境的形式化上下文模型[J]. 计算机工程, 2007, 33(11): 173-175.

编辑 顾姣健

(上接第 276 页)

### 参考文献

- [1] 李国刚,曹杰山,汪志国. 我国城市生活垃圾处理处置的现状与问题[J]. 环境保护, 2002, (4): 35-38.
- [2] Lunkapis G J, Ahmad N, Shariff A R M, et al. GIS as Decision Support Tool for Sitting[C]//Proc. of Map Asia. Beijing, China: [s. n.], 2004.
- [3] Ahmed S M, Muhammad H, Sivertun A. Solid Waste Management Planning Using GIS and Remote Sensing Technologies Case Study Aurangabad City, India[C]//Proc. of International Conference on Space Technologies. [S. l.]: IEEE Press, 2006.

- [4] Chang Nibin. Optimal Siting of Transfer Station Location in a Metropolitan Solid Waste Management System[J]. Spectroscopy Letters, 1997, 123(9): 901-910.
- [5] 何晶晶,邵立明. 城市废弃物自然循环消纳及实现途径探讨[J]. 上海环境科学, 2000, 19(11): 508-510.
- [6] 陈慧南. 算法设计与分析——C++语言描述[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [7] 韩 鹏. 地理信息系统开发——Mapobjects 方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.

编辑 顾姣健