

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。

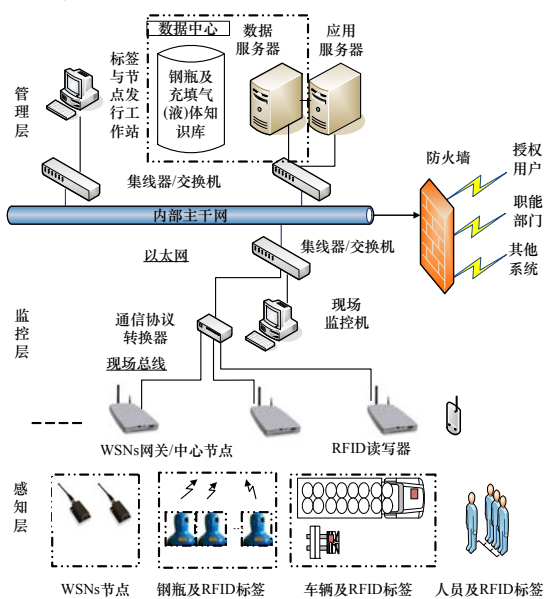


图 2 钢瓶综合监管系统总体结构

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。

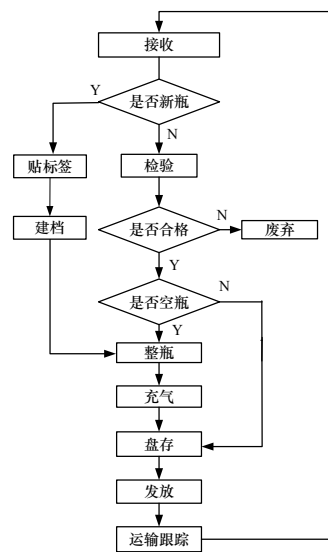


图 3 钢瓶监管系统工作流程

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。

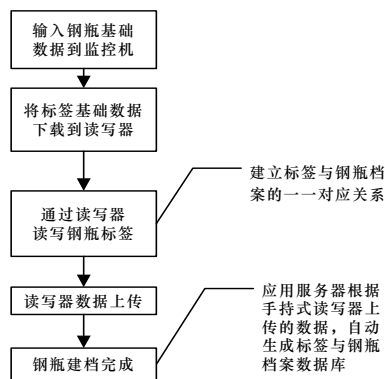


图4 钢瓶建档流程

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^[3]。

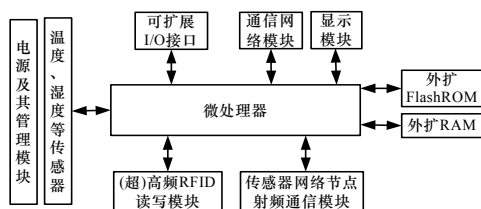


图5 RFID和WSNs综合控制器结构

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(I²C)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13.56MHz。

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