

# 基于 ZigBee 和 UHF 的智能巡检系统设计

李长俊<sup>1</sup>, 杨小彬<sup>2</sup>

(1. 桂林电子科技大学 信息科技学院, 广西 桂林 541004; 2. 桂林电子科技大学, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 巡检系统在自动化企业及电力铁路等部门有着广泛的应用, 传统的巡检方式巡检效率低、巡检不到位, 越来越不能满足管理自动化、信息化与规范化的要求; 采用 ZigBee 无线网络及基于 ISO 18000-6C 协议的超高频射频识别 (UHF RFID) 技术设计的远距离无线传输巡检系统, 可解决传统巡检系统的巡检人员管理效率低、巡检不及时等问题; 该系统采用移动智能手持终端作为巡检器, 应用 ZigBee 无线通信技术, 可以实时记录设备基本数据信息以及巡检人员到位情况, 上位机采用 LabVIEW 软件平台, 可实时对设备信息进行管理以及查询; 测试结果表明, 该系统具有实时性强、稳定性好, 准确度高, 识别距离远等特点, 可以取代传统巡检方式, 提高巡检效率、实现信息化智能管理, 为企业设备安全运行提供有效保障。

**关键词:** 巡检系统; zigbee; UHF RFID; ISO18000-6C 协议; 智能手持终端

## Design of Intelligence Inspection System based on ZigBee and UHF

Li Changjun<sup>1</sup>, Yang Xiaobin<sup>2</sup>

(1. Institute of Information Technology, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China;

2. Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

**Abstract:** Inspection system has been widely applied in automation, power, railway and other departments, traditional manual inspection can not satisfy the requirements of management automation, information and standardization any more. In order to solve this problem, a wireless remote inspection system using ZigBee wireless network combined with UHF radio frequency identification (UHF RFID) technology based on the ISO 18000-6C protocol was designed, has solved the traditional inspection methods of checking the problem of low efficiency of personnel management and inspection is not timely. The system uses intelligent handheld terminal as a mobile inspector, applying ZigBee wireless communication technology, could recording the data of devices real time and inspect personnel whether in place, the PC using LabVIEW software platform which can manage and query the device information real time. Experiment results show that the intelligent inspection system has advantage in real-time, stability, accuracy, distance, which can replace the traditional inspection methods, improving inspection efficiency and realize intelligent information management, to provide effective protection for the equipment of enterprise operation safely.

**Keywords:** inspection system; ZigBee; UHF RFID; ISO18000-6C protocol; mobile intelligent handset

## 0 引言

近年来, 随着企业自动化水平的提高, 及时地发现设备隐患, 提高设备巡检质量, 实时、准确地掌握企业设备的运行状态变得越来越重要, 尤其在电力、铁路等部门, 巡检作业往往需要在室外移动的情况下采集、处理、存储设备数据。常规的巡检方式存在巡检效率低、自动化程度不够高, 在巡检实时性、准确性、动态监测等方面, 均很难满足需求, 制约了设备状态检修的科学规范化管理。采用 ZigBee 无线网络及基于 ISO 18000-6C 协议的超高频射频识别 (UHF RFID) 技术设计的远距离无线传输巡检系统, 对巡检设备数据采集、传输查询和实时安全监测进行分析, 实现了巡检的智能化、信息化管理<sup>[1-3]</sup>。

## 1 智能巡检系统方案及原理

采用 ZigBee 无线网络及基于 ISO 18000-6C 协议的 UHF

RFID 智能巡检系统方案如图 1 所示。该系统由设备电子标签、智能巡检手持终端、上位机管理中心三大部分组成。

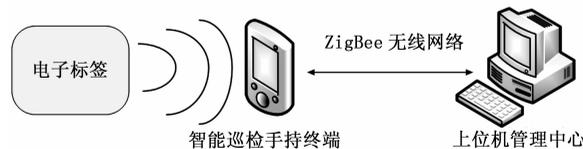


图 1 智能巡检系统

电子标签采用支持 ISO 18000-6C 协议的无源电子标签, 存有设备编号、规格型号、维修记录、存放地点、价格等相关信息。其工作频率为 860~960 MHz, 读写距离为 3~10 m。

智能巡检手持终端主要完成电子标签数据信息的采集以及对 ZigBee 无线通信模块的控制。主要由处理器模块、UHF RFID 射频模块、ZigBee 无线通信模块、人机交互模块等模块组成, 其核心部分为 UHF RFID 读写器。其工作原理是通过读写器识别设备标签数据信息, 进行分析处理后通过 ZigBee 无线通信模块传输给上位机进行数据处理, 同时接收来自上位机的指令, 完成相应的读写任务。巡检人员通过人机交互模块获取上位机下达的巡检任务并将巡检结果信息进行录入并上传给上位机。

上位机是基于 LabVIEW 的智能化综合管理平台, 主要由

收稿日期: 2015-10-21; 修回日期: 2015-11-13。

**作者简介:** 李长俊(1959-), 男, 吉林东丰人, 硕士生导师, 主要从事测控技术与仪器方面的教学和科研工作方向的研究。

杨小彬(1990-), 女, 陕西渭南人, 硕士研究生, 主要从事检测技术与自动化装置方向的研究。

ZigBee 模块、计算机组成。其作用是对智能巡检手持终端发送巡检任务, 然后收集所有智能巡检手持终端记录的巡检结果, 将巡检结果信息存入上位机管理中心数据库中, 建立查询体系, 并根据查询条件对巡检数据信息进行查询实现数据的综合管理。

## 2 系统硬件设计

智能巡检系统硬件部分主要由智能巡检手持终端及上位机 ZigBee 协调器模块构成, 如图 2 所示。智能巡检手持终端由 UHF RFID 读写器模块、ZigBee 无线通信模块、人机交互模块等模块构成。ZigBee 无线通信模块主要包括两部分 ZigBee 终端节点及 ZigBee 协调器节点组成。下面重点介绍 UHF RFID 读写器模块及 ZigBee 无线传输模块的设计方法。

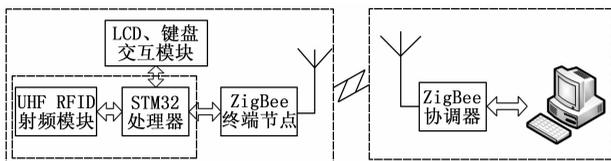


图 2 智能巡检系统硬件框图

### 2.1 UHF RFID 读写器的硬件设计

UHF RFID 读写器由 UHF RFID 射频模块和 STM32 处理器模块构成, 如图 3 所示。

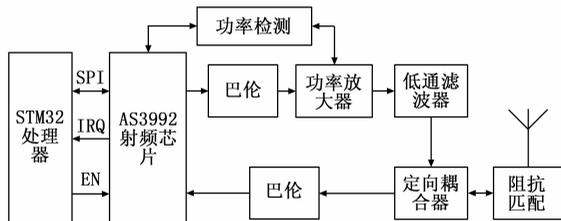


图 3 UHF RFID 读写器硬件框图

读写器采用 UHF RFID 读写器专用芯片 AS3992, 该芯片集成了完整的模拟前端电路、锁相环、功率放大器、压控振荡器、上下变频模块、混频器、增益滤波器以及 ISO18000-6C 协议处理器, 可实现 ISO18000-6C 协议支持的发送和接收电路。外部控制器可通过 SPI 实现对 AS3992 的通信与控制。

系统控制器采用 STM32 微处理器, 负责 UHF RFID 读写器采集到的设备标签数据的处理, 控制交互模块对设备及人员信息进行输入、修改、查询及显示, 将采集到的数据信息通过 ZigBee 无线通信模块与上位机进行通信。控制器通过 EN 引脚控制 AS3992 的使能, 经过 SPI 向 AS3992 发送数据, 经过编码、调制、放大后经过定向耦合器及阻抗匹配, 最后经由天线将数据发送出去。上位机管理中心的 ZigBee 协调器模块接收到的射频信号同样要通过阻抗匹配后经过定向耦合器、巴伦、射频芯片 AS3992 的解调、解码, 向 STM32 处理器提供数据接收中断, 最后 STM32 通过 SPI 口从 AS3992 中读取接收到的数据信息。

### 2.2 ZigBee 无线通信模块的设计

ZigBee 无线通信模块主要是为了实现巡检工作人员完成数据的无线收发, 该模块由 ZigBee 终端节点模块和 ZigBee 协调器模块两部分构成。如图 4 所示, 它们均采用 Chipcon 公司的 CC2530 芯片, 该芯片内部含有一个高性能的 RF 收发器和

一个增强型的 8051MCU、在线可编程的程序存储器 Flash、8-KB 数据存储 RAM 等模块。该芯片支持 8 路 12 位 ADC、2 个 USART 接口和 21 个 GPIO 接口等。该芯片还具有短时间休眠唤醒转换时间, 可满足超低功耗系统要求<sup>[4-6]</sup>。

ZigBee 终端节点采用串口的方式与 STM32 进行通信, 对 CC2530 进行配置和完成数据传输, 进行 ZigBee 组网, 并汇集 ZigBee 网络中的所有消息, 通过串口发送给上位机。



图 4 ZigBee 无线通信模块

## 3 系统软件的设计

智能巡检系统软件主要由系统通信协议、ZigBee 无线传输模块及上位机软件构成。

### 3.1 系统通信协议的设计

在整个智能巡检系统中, 由 STM32 处理器控制 AS3992 射频模块采集数据, 通过串口发送给 ZigBee 终端节点, 然后通过 ZigBee 协议传输到 ZigBee 协调器, 系统通信协议基本构架如图 5 所示。

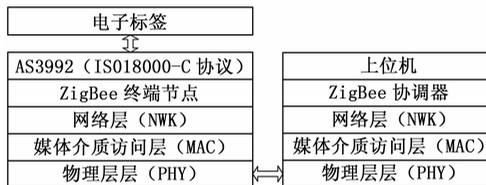


图 5 系统通信协议基本构架

射频模块中射频芯片 AS3992 与电子标签的通信是采用 ISO18000-C 协议。智能巡检系统中协议规定, 读写器向标签发送信息的发送方式为 PIE 格式的 DSB-ADK、SSB-ASK, 或者 PR-ASK 调制的射频载波信号, 电子标签通过相同的载波接收功率。用于对读写器的命令做出相应的编码格式为 MF0 或者 Miller 的副载波<sup>[7-9]</sup>。STM32 首先通过 SPI 控制 AS3992 射频模块读取天线接收范围内的标签信息, 将信息处理为符合 ZigBee 协议的数据包, 发送至 ZigBee 协调器, ZigBee 无线通信协议为 IEEE802.15.4。协调器通过串口与上位机连接进行通信, 同时, 上位机发送指令信息来对电子标签进行修改。

### 3.2 ZigBee 无线传输模块软件设计

ZigBee 无线传输模块软件设计系统采用的是 ZigBee 网络的 Z-Stack 协议栈进行无线通信, 在其应用层进行程序的开发, 完成 ZigBee 网络的组建和巡检设备及人员信息的传输。该模块由 ZigBee 终端节点子程序和 ZigBee 协调节点子程序组成。

ZigBee 终端节点程序流程如图 6 所示, 首先初始化 ZigBee 终端节点, 申请加入 ZigBee 组网, 进入休眠模式。若有中断产生, STM32 控制 RFID 射频模块读取范围内的设备数据信息。

ZigBee 协调节点流程如图 7 所示。系统上电并初始化协议栈, 开始进行 ZigBee 组网。组网成功后, 如有终端节点申请加入网络, 系统将产生中断请求, 并为该终端节点分配网络地

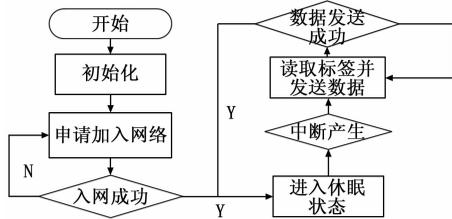


图 6 ZigBee 终端节点程序流程

址。上位机通过 ZigBee 协调器向智能手持终端发送采集命令，手持终端识别设备标签信息后，将采集到的所有数据包通过 ZigBee 协调器串口发送至上位机进行数据处理。

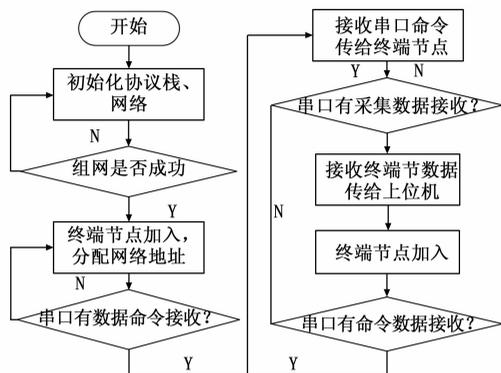


图 7 ZigBee 协调器程序流程

### 3.2 上位机软件设计

系统上位机采用 Labview 组成智能化信息管理平台。通过 LabVIEW 所具有的强大数据处理功能、丰富的函数库及其完善的图形界面，可实现巡检人员巡检记录、设备信息管理及查询等功能。

上位机软件结构如图 8 所示，主要包括：上位机界面显示模块、数据处理模块、通信模块三大部分。通信模块负责将 ZigBee 协调器采集的数据信息发送给数据处理模块，数据处理模块将接收到的数据进行分析处理后显示在上位机界面上。

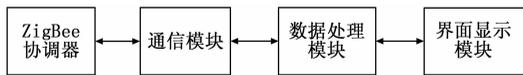


图 8 上位机软件结构图

### 4 系统测试与分析

为了验证本系统的稳定性和准确性，分别在室内和室外对系统进行测试。室内测试主要是检测智能巡检手持终端穿透墙壁的传输距离，室外检测为空旷地带，用来检测智能巡检手持终端读无障碍物传输的距离。外接 8 dBm 圆极化天线，设置读写器工作频率 915 MHz，输出功率 30 dBm，在天线方向图覆盖面积测试读取标签测试结果如表 1 所示。从表中数据可以看出在室内进行穿墙测试，当距离增加到 6 m，丢包率达到 19%，在室外进行无障碍状态下测试时，当距离增加到 8 m，丢包率达到 16%，但是仍能满足系统的要求。由于超高频 RFID 穿透性好，而且抗干扰能力强，结合 ISO18000-6C 协议

的高速度数据交换特性和高的信息安全保障，使得整个系统具有较高的准确度，实时性强，相对于传统的读写系统可以达到更远的识别距离。

表 1 读写系统测试结果

测试序号	测试环境	距离/m	测试次数(读,写)	接收次数	丢包率/%
1	室内	1	50,50	50,50	0
2	室内	2	50,50	50,50	0
3	室内	3	50,50	50,50	0
4	室内	4	50,50	49,50	1
5	室内	4.5	50,50	48,49	3
6	室内	5	50,50	46,48	6
7	室内	5.5	50,50	45,43	12
8	室内	6	50,50	40,41	19
9	室外	4	50,50	50,50	0
10	室外	4.5	50,50	49,49	2
11	室外	5	50,50	48,49	3
12	室外	6	50,50	46,48	6
13	室外	7	50,50	43,45	12
14	室外	8	50,50	41,43	16

### 5 结论

采用 zigbee 技术和基于 ISO 18000-6C 协议的 UHF RFID 技术实现了智能巡检系统的设计，该系统上位机采用 LabVIEW 软件平台，能够实时对设备信息进行管理及查询。实验结果表明该系统具有实时性强、稳定性好，准确度高，识别距离远等特点，可以取代传统巡检方式，提高巡检效率、实现信息化智能化管理，为企业设备安全运行提供有效保障，有广泛的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 刘福涛, 陈科明, 苏政伟, 等. 基于 ZigBee 技术的 RFID 读写器网络设计 [J]. 杭州电子科技大学学报, 2012, 32 (4): 102-105.
- [2] 黄鹏程, 许华荣. 基于 UHF 和 ZigBee 的养老院人员定位系统 [J]. 宜春学院学报, 2013, 35 (9): 1-5.
- [3] 王雅宁. 基于 Zigbee 和 GPRS 的变电站智能巡检系统 [J]. 科技情报开发与经济, 2009, 4: 062.
- [4] 沈露, 王琳, 黄武, 等. 基于 ZigBee 和 LabVIEW 的社区空巢老人监护系统设计 [J]. 电子技术, 2015, 1: 013
- [5] Batista N C, Melicio R, Matias J C O, et al. Photovoltaic and wind energy systems monitoring and building/home energy management using ZigBee devices within a smart grid [J]. Energy, 2013, 49: 306-315.
- [6] 曾孝平, 任家峪, 熊东. 基于 RFID 的非接触式 IC 卡读写器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010 (10): 2357-2359.
- [7] 葛鑫, 吕虹. 基于 ZigBee 无线传感网络的楼宇空气检测系统研究 [J]. 重庆工商大学学报: 自然科学版, 2013, 30 (7): 67-72.
- [8] 安博, 李国义, 杜鹏, 等. 基于 Zigbee 技术的智能巡检手持机的设计与实现 [J]. 渤海大学学报: 自然科学版, 2012, 33 (1): 47-51.
- [9] 李卓徽. 基于 RFID 的人员身份识别及定位系统研制 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (8): 2281-2284.