

煤矿机电设备维护无线检测系统的设计与实现

王思标 郭娜

(山东新巨龙能源有限责任公司 山东 菏泽 274918)

摘要: 本文主要探究了煤矿机电设备维护无线检测系统的设计要点与实现情况。该系统的硬件部分由无线网络子系统、设备识别子系统构成,在设计时选择 MIMO 天线提高数据传输速率,增强信道抗干扰能力,使用 RFID 系统配合防撞算法保证该系统可以精准识别煤矿机电设备。该系统的软件部分基于 C++ 和 VS2018 平台开发,包含维护人员管理、机电设备管理、维护数据提交等多个功能模块,采用 SQL Server 2022 数据库。从调试情况来看,本文设计的煤矿机电设备维护无线检测系统的维护数据提交、短消息发送与数据库记录等主要功能均可正常实现,符合设计预期。

关键词: 煤矿机电设备; RFID; 无线检测系统; 数据库

0 引言

为保障煤矿机电设备的可靠和安全运行,需要定期开展检测与维护工作。传统以人工为主的检修维护模式存在效率低、检测不彻底的问题,不利于煤矿机电设备潜在故障的早发现、早处理。在信息化管理背景下,设计一种适用于煤矿机电设备的无线检测系统,不仅可让设备管理人员实现对煤矿机电设备的远程检测,减轻工作压力,而且能基于运行参数进行状态分析,根据异常参数及时诊断出煤矿机电设备潜在的故障,提高检测工作的实效性和针对性。

1 煤矿机电设备维护无线检测系统的设计

本文设计的煤矿机电设备维护无线检测系统由监控中心、系统网络和系统终端三大模块组成。监控中心的硬件设备包括 PowerEdge 服务器、监控设备、RFID 读写器以及外网预留接口等;系统网络由无线基站和天线阵列组成,采用光纤与服务器之间进行通信,可实现对煤矿所有机电设备的无线覆盖,保证服务器、监控端、移动终端之间进行顺畅的数据传递;系统终端由移动终端和现场设备组成。该系统可自动识别煤矿机电设备的种类、型号并读取预存的参数,然后将预存的标准参数与实际检测到的参数进行对比。若两者一致说明煤矿机械设备运行正常;若两者不一致,说明煤矿机械设备存在异常工况。

1.1 硬件系统的设计

1.1.1 无线网络系统的硬件配置

由于无线检测系统需要实时获取煤矿机电设备的运行参数,数据传输量大、对传输效率要求高,因此无线网络的选择与配置尤为重要。本系统的无线网络配置情况如图 1 所示。

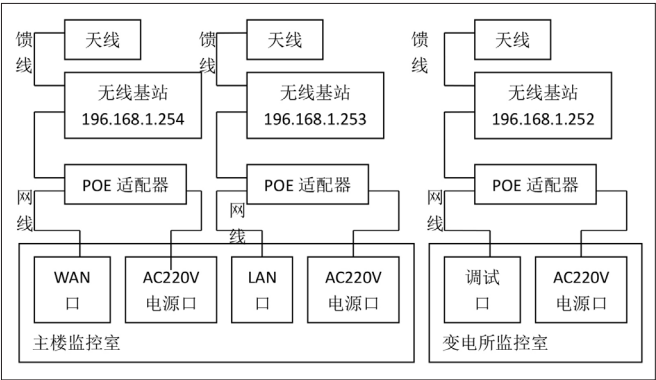


图 1 无线网络系统配置示意图

考虑到传统的基站天线存在辐射范围较小、阻抗较大等问题,即便是能够实现对煤矿机电设备的全覆盖,也容易出现信号不稳定、传输不连续等情况。因此,本文在配置系统无线网络时选择了 MIMO 天线(多输入多输出),其优点是让天线的发送通道和接收通道相互独立,在不改变频段的前提下,以相同的辐射功率拓宽信道容量和加快传输速率。在具体类型上,本系统选择双极化 MIMO 天线,可以将信道容量扩充至原来的 3 ~ 5 倍,并且有效抑制信道环境干扰,让接收端的数据质量得到了保证。

1.1.2 设备识别系统的硬件配置

煤矿机电设备的类型多种多样，无线检测系统必须准确识别设备的种类与型号，然后才能从数据库中快速检索到与之对应的标准参数。本系统的硬件识别模块采用 RFID 射频识别技术，硬件部分由处理器、读写器和电子标签三部分构成，系统结构如图 2 所示。

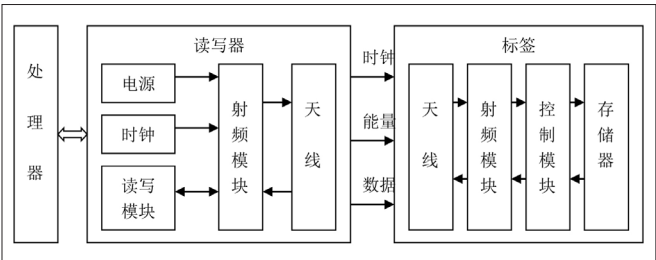


图 2 RFID 系统结构图

RFID 系统的处理器在接收读写器传输的数据后，对数据进行运算、分析，完成处理后可以根据数据的来源确定煤矿机电设备的具体类型和型号。

读写器主要负责读取和擦除标签数据，具体又包含控制单元和射频接口 2 个子模块。控制单元可以对数据进行加密和解密，以保证数据的安全传输，同时还能控制所有与标签相关的应用软件的通信过程；射频接口可完成信号调制、发射功率以及向标签传送数据等基本功能^[1]。

电子标签即“射频卡”，固定在煤矿机电设备上，由 IC 芯片、感应天线组成。为了提高抗干扰能力和保证识别的准确性，通常将电子标签封装在 PVC 卡片内。当读写器靠近电子标签时，可以完成数据读取，从而读取电子标签上记录的煤矿机电设备相关信息（如设备名称、设备类型、设备制造厂商、设备制造日期等）。

考虑到 RFID 读写器感应范围内出现两个及以上的电子标签时，可能会出现相互干扰甚至是读错信息的情况，因此本文在设计设备识别系统时，引入了 RFID 防碰撞技术。该技术的核心是 ALOHA 算法，如果读写器在同一时间内接收到两个及以上的连接申请，会重新发送申请广播。此时所有的电子标签随机延迟后申请建立连接，RFID 读写器会按照申请的先后顺序与最先申请的电子标签建立连接。在电子标签数量有限、密度较小的情况下，该方法能够有效解决碰撞问题，能够满足煤矿机电设备识别的需求。

1.2 软件系统的设计

1.2.1 系统开发环境

煤矿机电设备维护无线检测系统的软件部分采用 Windows 桌面平台和 Android 移动平台。其中，检测软件采用 VS2018 平台开发，终端与数据库之间的数据交换采用 C++ 平台开发。整个系统采用层次化架构，自上而下分为 4 个层次，软件架构如图 3 所示。

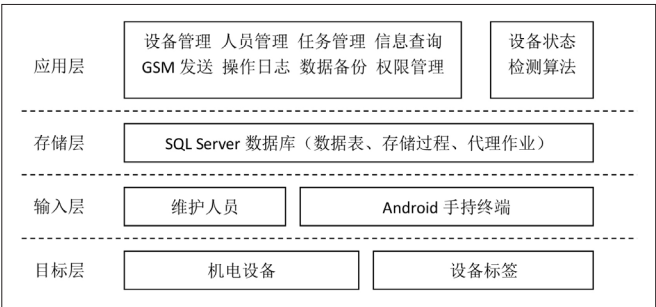


图 3 系统软件部分的层次架构

当管理人员手持 Android 终端靠近煤矿机电设备后，RFID 读写器会自动获取机电设备中的电子标签，并读取标签中的 TagID。采集到的机电设备运行数据有现场安装的无线网络基站传输到 Web 服务器，并存储到数据库中。管理人员可以通过移动终端随时随地的查看每一台机电设备的当前信息，以及制定、发布维护、检修计划，并监督维护、检修计划的落实情况^[2]。同时，系统将采集到的数据与数据库中存储的标准数据进行对照，根据数据是否匹配评价煤矿机电设备的工作状态是否正常。

1.2.2 系统软件功能设计

煤矿机电设备维护无线检测系统的软件功能设计如下：

(1) 维护人员管理模块包含 5 个子模块，如图 4 所示。

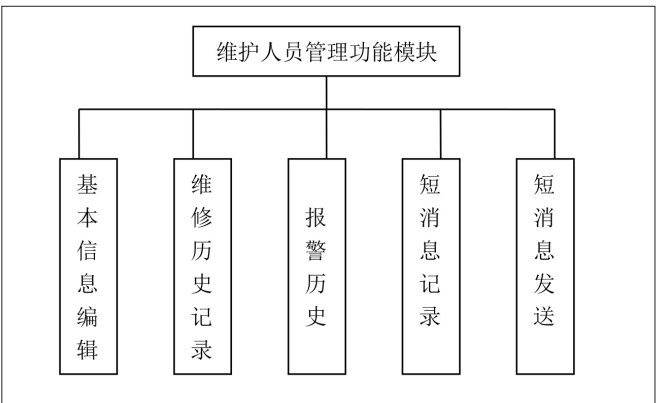


图 4 维护人员管理功能模块

基本信息编辑模块用于查看、添加、删除、修改维护人员的基本信息；维修历史记录模块用于记录、查看煤矿机电设备的历次维修记录，包括故障原因、故障位置、维修时间、维修情况等；报警历史模块用于显示维护任务超时报警记录；短消息记录与广播模块用于管理短消息，管理人员编辑短消息后指定一个或多个维护人员并将短消息发送出去，同时系统保留短消息的编辑和发送记录。短消息发送成功后，维护人员根据短消息内容对指定的煤矿机械设备进行维修^[3]。

机电设备管理模块可用于添加、删除、查询、修改煤矿机电设备的信息。在查询机电设备信息时，可以在设备列表中查看所有已经添加的煤矿机电设备，选种任意一项后可以查看详细信息。

维护数据提交模块，Web 服务器会自动生成维护任务类型菜单，包括日检表、周检表、月检表等，为维护人员定期开展机电设备的维护与检修工作提供指导。系统终端以短消息的方式确定维护项目、维护人员、维护时间等基本信息，然后将编辑好的短消息发送至维护人员的移动终端上。维护人员在移动终端上接收该消息后，完成相应的作业。每完成一项维护任务，需要如实填写维护数据表单。如果被检查的机电设备一切正常，则填写“正常”；如果发现异常情况，则填写“异常”，并在备注栏中填写详细信息，如温度偏高、振动幅度偏大等，最后提交维护数据表单，完成本次维护任务。

数据库模块用于存储采集到的煤矿机电设备运行数据。本系统的数据库采用 SQL Server 2022 数据库，支持数据的自动分类存储，可提供十余种数据表，保证了数据分类足够细致，为后期的数据检索和数据调用提供了便利。结合煤矿机电设备的运行情况，在 SQL 数据库中划分了 7 张表，分别是设备信息表、系统用户表、操作员表、巡检记录表、任务表、报警表、系统事件记录表。这里以设备信息表为例，结构与组成见表 1。

2 煤矿机电设备维护无线检测系统的实现

2.1 系统软硬件环境配置

为验证煤矿机电设备维护无线检测系统各项功能的实现情况，选择某矿区做如下配置：现场布置 3 台基站设备，将 2 台安装在矿区综合办公楼的楼顶，把 WLAN 端口设置为禁用，同时启动无线

表 1 设备信息表

字段	类型	备注
deviceRFID	varchar(100)	设备绑定 RFID 序号
deviceName	varchar(200)	设备名称
devicePosition	varchar(200)	设备位置
model	varchar(200)	设备型号
manufacturer	varchar(200)	设备制造厂商
dateofmdfrs	datetime	设备制造日期
techPara	varchar(max)	设备检修参数
detail	varchar(2000)	设备备注

SSID，经过调试后 2 台基站可以对半径 300m 范围内的煤矿机电设备进行覆盖。2 台基站的 IP 地址分别为 192.168.2.254、192.168.1.253，各自连接一台 AM-V2G-Ti 天线。另 1 台基站安装在矿区西侧变电站的楼顶，外接 1 部 AMO-2G13 天线，IP 地址为 192.168.1.252，采用无线通信方式与另外两台基站建立数据连接。系统功能调试流程如图 5 所示。

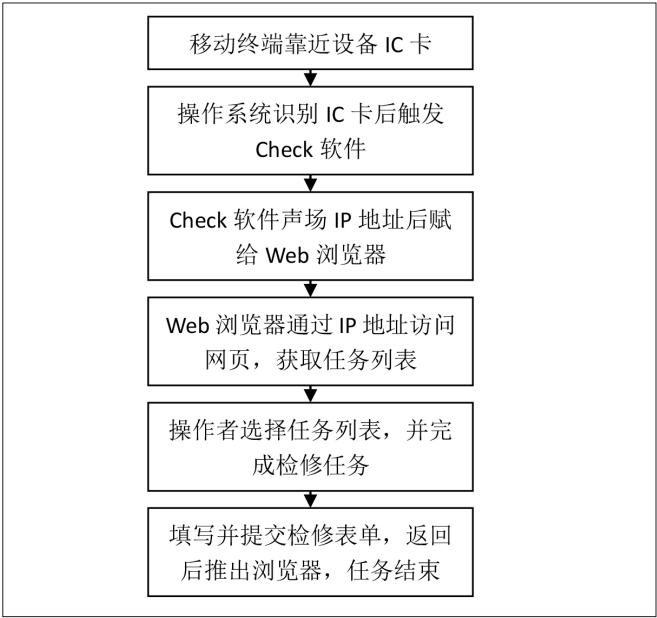


图 5 系统主要功能的调试流程

2.2 系统主要功能的实现情况

系统各项功能的调试方式和实现情况如下：

(1) 维护数据提交功能调试。测试人员手持 Android 终端靠近机电设备，在终端显示器上立即显示出该机电设备对应的信息，包括设备名称、具体型号、制造厂商、制造日期等。从当前界面上选择“维护数据提交表单”选项，弹出二级页面，包含若干具体的维修项目，以及维修时间、维修人员等信息。填写检查性与数量性维护数据后，在“维修人员”

一项中进行电子签名，然后提交表单。显示表单提交成功，再次从历史记录查看模块可以查看表单内容。从调试情况来看，系统的 RFID 感应功能正常，MIMO 无线网络系统的数据传输功能正常，Web 服务器的显示和操作功能正常。

(2) 短消息发送与数据库记录功能调试。测试人员从 Android 终端上选择“任务监督”功能，显示当天的任务列表，待完成任务数为“2”，已完成任务数为“0”。选择待完成任务，将其中 1 项检修任务完成后，待完成任务数显示为“1”；另一项任务在截止时间内未提交，记为“超时”，Android 终端受到 1 条警告短消息。从调试情况来看，系统的任务进度检查功能正常，短消息发送硬件模块配置正常，警告发送模块逻辑满足需求。

3 结语

煤矿机电设备长时间处于高负荷运行状态，同时工作环境较为恶劣，随着运行时间的增加易出现异常振动、温度升高等各类故障。如实现对煤矿机电

设备的动态检测，可保证故障隐患的及时发现、尽早处理，从而保证煤矿机电设备的稳定运行。本文设计的煤矿机电设备维护无线检测系统可以实现设备自动识别、故障自动检测，为维护人员明确检修任务、提高检修效率提供了帮助，对降低煤矿机电设备的故障发生率，以及保证煤矿作业的高效率开展产生了积极影响。

参考文献：

[1] 高启丽. 光纤传感技术在煤矿机电设备安全状态监测系统中的应用 [J]. 当代化工研究, 2021(18): 66-68.

[2] 王洪波. 物联网技术在煤矿机电设备状态监测系统中的应用 [J]. 煤矿机械, 2022(8): 43-44.

[3] 刘媛媛. 煤矿机电设备智能化维护研究现状与发展趋势 [J]. 工矿自动化, 2021(7): 63-65.

作者简介: 王恩标 (1982.02-), 男, 汉族, 山东菏泽人, 本科, 工程师, 研究方向: 煤炭工程。

