

# 煤矿井下运输管理系统<sup>①</sup>

任 荷, 来五星, 吴 波, 史铁林

(华中科技大学 机械电子工程系, 武汉 430074)

**摘 要:** 针对煤矿井下机车数量多、流动性大难于管理以及司机与调度员通讯困难等问题, 提出了一种基于无线射频识别技术的煤矿井下运输管理系统, 系统实现了井下车辆定位、调度员远程遥控道岔以及与司机通讯的功能。论文详细阐述了系统的结构设计、数据库设计、机矿车定位以及文字、语音通讯功能模块的实现。该系统操作界面友好、工作稳定, 能够保证车辆安全、有序、高效地运行, 提高了煤矿生产效率。

**关键字:** 无线射频识别; 车辆定位; 语音通讯; 道岔遥控

## Transport Management System for Vehicle Underground Coal Mine

REN He, LAI Wu-Xing, WU Bo, SHI Tie-Lin

(Department of Mechanical and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Aimed at the problem of managing numerous mobile vehicles and the difficulty of communication between drivers and dispatchers underground coal mine, a new transport management system based on RFID for vehicle underground coal mine is proposed, which implements the vehicle positioning, remote control of switches and communication with drivers. The design of structure and database, the function realization of vehicle positioning and wireless communication of data, voice are presented in this paper. The system with friendly interface and stable operation can guarantee the secure and efficient running of vehicle, and consequently improve the mine productivity.

**Keywords:** RFID; vehicle positioning; voice communication; remote control of switch

## 1 引言

随着我国煤炭生产量与消费量的迅速增长, 煤炭生产的机械化程度越来越高, 建立一套可靠的生产监控系统已成为许多矿山企业管理的迫切要求之一。我国大中型煤矿大都已经建立了煤矿监控系统, 不仅有效地提高了采掘面挖煤效率, 而且实现了生产、环境以及人员的安全监控<sup>[1]</sup>, 但在井下车辆运输管理上仍存在不少问题, 制约着煤矿生产效率的提高。主要原因在于国内煤矿安全监控系统目前使用的传感器存在监测盲区<sup>[2]</sup>, 不能有效地覆盖采区<sup>[3]</sup>, 本文利用无线射频识别技术 RFID(Radio Frequency Identification)的射频通信<sup>[4]</sup>方式, 将其应用在煤矿井下运输管理系统中, 能对采掘面内多个移动的机矿车进行快速识别和跟踪。同时, 井下通讯手段极为有限且效果很差, 调度员不能准确掌握现场路况, 司机也只能目测前方路况

现场扳道, 极大地影响了井下运输能力与安全性。针对这一问题, 本文采用基于网络的技术成功地实现了远程遥控扳道以及司机与调度员之间的语音、视频、文字通讯, 有效地监测机车运行状况, 提高了机车运行效率, 保证了运行安全。

## 2 系统设计

### 2.1 需求分析

在整个煤矿井下采掘面内, 对机车进行精确定位, 便于调度员了解机车行踪; 对矿车进行实时定位, 以统计机车编组矿车信息, 有利于调度员重新编组机车分配运输任务, 并可及时发现掉车现象避免事故发生。在分析机车行踪和前方路况的基础上, 远程遥控道岔及信号指示灯, 可节省司机扳道时间。调度员可以向各机车司机进行广播式语音通讯, 也可与司机点对点

① 基金项目:国家自然科学基金(50975114)

收稿时间:2010-09-06;收到修改稿时间:2010-10-13

通话，并且可以监控司机开车视频，叫醒打瞌睡的司机。机车本身也要有防瞌睡功能，当司机在一定时间段内没有任何操作时，会出现声音报警。

### 2.2 结构设计

本系统采用本安型工控机作为调度室监控机，现场总线分有两种类型：1) 井下各 RFID 读卡分站与工控机经泄露电缆组成 RS485 总线型网络，当配有专门的识别卡的机矿车驶入读卡分站监测范围时，分站收到识别卡发送包含自身身份信息的射频信号并转发给工控机，实现机矿车定位；2) 在道岔附近安装光端交换机，通过沿巷道铺设的光缆与工控机组成以太环网，光信号转换成电信号后，一方面与 PLC 相连驱动转辙机控制道岔及其信号指示灯，同时监听转辙机到位信号检测道岔状态；另一方面与巷道无线数据传输模块相连，机车通过车载无线数据传输模块与其通讯，实现调度员与司机之间的语音通讯、视频通讯以及文字通讯，调度室可接收机车发送的速度与精确位置信息，机车可接收调度室发送的所有机车所处的 RFID 读卡分站位置信息与道岔状态信息。其系统数据流图如图 1 所示。

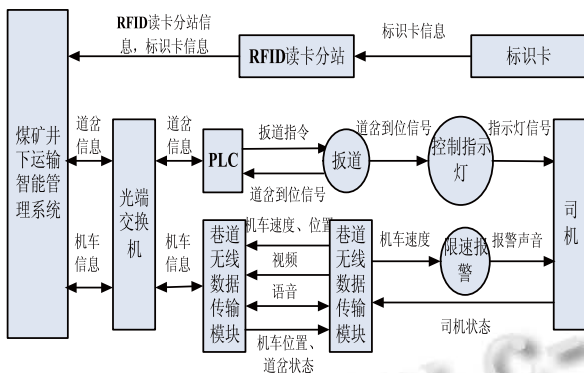


图 1 系统数据流图

### 2.3 功能设计

根据系统的需求分析，将煤矿井下运输管理系统划分为以下四个功能模块，如图 2 所示。

#### 2.3.1 机矿车定位模块。

包括机矿车实时位置查询、历史轨迹回放、航程规划、生成机车运输报表以及调度员考勤报表。

#### 2.3.2 调度室与机车通讯模块。

调度室向机车发送所有机车位置及道岔状态信息，机车向调度室发送本机车的实时精确位置以及速度信息。调度员可查看司机开车视频，并且可与司机

实现广播式、点对点通话。

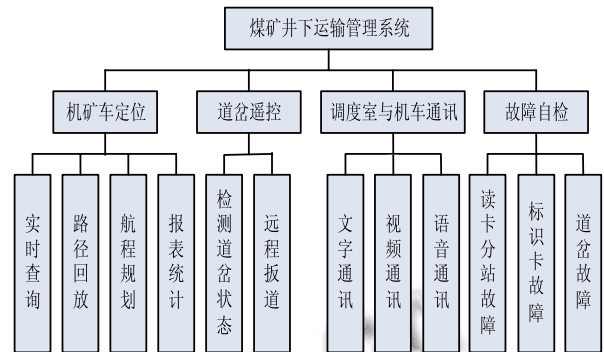


图 2 系统功能模块

#### 2.3.3 故障自检模块。

调度员可巡检、点检道岔查看其使用状况以及及时发现道岔故障。当机矿车配载的标识卡或者读卡分站出现故障时，系统声光报警提示管理员及时维修设备。

## 3 数据库设计

根据上文煤矿井下运输管理系统的功能需求分析，遵循优先实现车辆定位以及航程规划功能的原则，设计如图 3 所示的数据库模型图。该模型针对车辆定位功能，设计机车实时位置表，包括机车标识卡号、RFID 读卡分站编号、天线、时间等字段，通过查询机车的标识卡号所对应的 RFID 读卡分站编号以及天线，就可对机车精确定位；针对航程规划功能，设计航程表，包括航程编号、机车标识卡号、出发地、目的地以及沿途经过的进路编号等字段，调度员分配运输任务时只需指定机车标识卡号以及出发地、目的地，司机按照该航程编号所对应的进路开车时，系统自动跟踪机车，逐段开放前方进路逐段解锁进路。

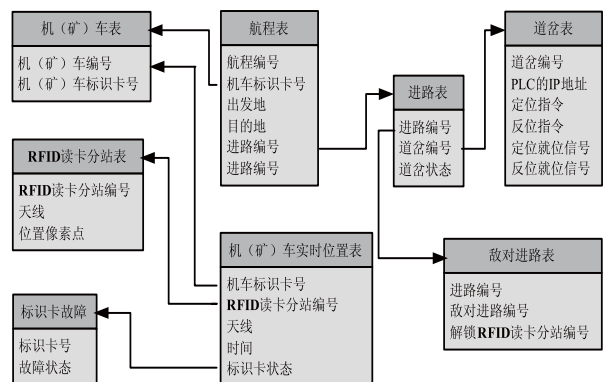


图 3 数据库模型图

## 4 系统实现

### 4.1 机矿车定位模块

机矿车定位模块包括机矿车实时查询模块, 路径回放模块, 航程规划模块以及报表统计模块。其中, 实时位置查询是指查询机矿车所处的 RFID 读卡分站从而定位机车; 路径回放是指查找出机矿车在指定时间段内途径的 RFID 读卡分站, 并按照时间顺序依次将 RFID 读卡分站位置连接起来模拟历史轨迹; 航程规划是指根据机车的实时位置以及按照航程规划行驶的进路, 系统判断其是否满足开放前方进路条件来遥控扳道及信号指示灯, 从而开放进路或者提示司机继续等待, 并且解锁已出清进路; 报表统计包括统计出在指定时间段内机车途径的 RFID 读卡分站和调度员考勤记录, 生成报表以便查询、打印。

以查询机车实时位置为例, 调度员选择要定位的机车, 系统根据其标识卡号查询数据库中机车实时位置表, 查出机车处在某 RFID 读卡分站区域内, 并由某方向的天线接收。在软件界面上, 煤矿采掘面地图将以此位置为中心点放大, 并且用红色圆圈高亮显示此 RFID 读卡分站, 界面如下图 4 所示:

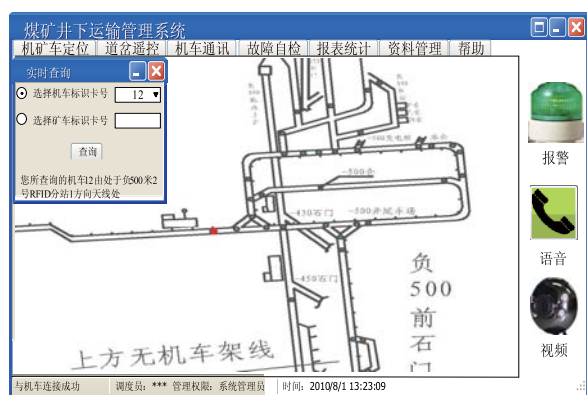


图 4 实时查询机车位置界面

### 4.2 道岔遥控模块

道岔有两种控制方式: 远程遥控与现场控制。一般情况下, 道岔由调度室远程遥控, 司机只需要按照信号指示灯开车, 可节省开车时间提高运输效率和安全性, 突发情况时允许司机使用遥控器扳道或者下车按扳道按钮。为了确保扳道的安全性, 调度室远程遥控与现场控制必须互锁, 即同时只有一种方式可以扳道。

调度室遥控道岔采用 TCP/IP 协议驱动控制道岔

转辙机的 PLC。闭锁现场控制道岔时, 根据道岔编号, 查询道岔信息表中控制道岔的 PLC 的 IP 地址以及闭锁指令, 向此 IP 地址发送闭锁指令, 此时只能从调度室遥控扳道而不能现场扳道。

调度室远程遥控扳道时, 首先根据道岔编号, 查询道岔信息表中控制道岔的 PLC 的 IP 地址以及驱动道岔扳至定位或者反位的指令。然后向此 IP 地址发送指令驱动 PLC 输出高电平信号控制道岔转辙机。扳道完成后, 转辙机触到行程开关产生到位信号传至 PLC 的输入端, 将 PLC 输入端电平信号与道岔定位或者反位就位信号逻辑与比较就可判断道岔是否就位。

解锁现场控制时, 根据道岔编号, 查询道岔信息表中控制道岔的 PLC 的 IP 地址以及解锁指令, 向此 IP 地址发送解锁指令, 此时司机可以现场扳道而调度室不能远程扳道。图 5 所示为调度室遥控扳道的流程。

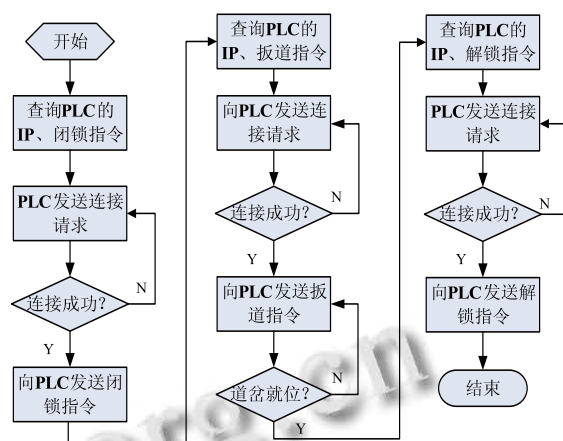


图 5 远程遥控扳道流程图

### 4.3 调度室与机车通讯模块

#### 4.3.1 文字通讯

文字通讯是指调度室向机车发送所有机车实时位置信息及道岔状态信息, 同时机车向调度室发送本机车的精确位置信息以及速度信息, 有利于调度员了解现场路况安排调车, 司机根据前方路况选择行驶路线。

调度室工控机与配载无线数据传输模块、工控机的机车之间采用 TCP/IP 协议实现文字通讯, 调度室作为服务器端, 等待机车发起连接请求, 连接成功后, 建立文字通讯。机车将本机车精确位置转换成在煤矿采掘面矿图中的像素点坐标以及速度 (单位 Km/h) 发送给调度室, 其信息帧格式如表 1 所示。

表 1 机车发送信息帧格式

机车编号	像素点坐标	速度
------	-------	----

表 2 调度室发送信息帧格式

机车 1 编号 及像素点坐 标	...	机车 m 编号 及像素点坐 标	道岔 1 编号 及状态	...	道岔 n 编 号及状态
-----------------------	-----	-----------------------	----------------	-----	----------------

调度室工控机向机车发送所有机车的位置转换成的矿图像素点坐标和道岔的状态,其中道岔状态分为:定位、反位及不定(道岔转辙机正在驱动道岔转至某个状态,检测不到到位信号),信息帧格式如表 2 所示。

### 3.3.2 语音通讯

调度员与司机之间可以实现广播式、点对点通讯,即调度员可以与一个司机单独通话,也可与多个司机广播式通话,但此时只有一个司机获得发言的权利,其他司机只能收听。在网络连接正常的情况下,调度员可以随时和司机通话,而司机必须先向调度员提出请求,调度员同意之后才能建立连接实现语音通讯,

调度室与机车之间的语音通讯采用 VoIP (Voice over Internet Protocol) 技术,流程如图 6 所示。首先声卡在离散的时间间隔采样麦克风里的原始声音并记录每次采样的数字来重建声音波形得到语音信号。在本系统中,双方声卡均采用单声道、采样率 8KHz、8 位字节的 PCM(脉冲编码调制)的声音数据格式采样。为了达到语音的实时传输,将采集的语音数据暂存到缓冲区。

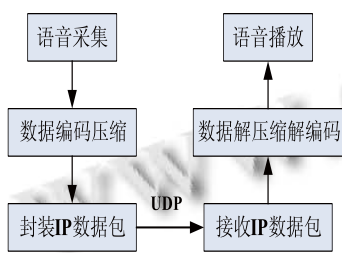


图 6 语音通讯流程图

然后对采集好的一段数据进行音频数据压缩编码,系统使用混合编码的 G.723 标准对语音数据进行

压缩处理,再封装成若干个包含目的地址和序号的 IP 数据包,以包为基本传输单元沿着网络不同路径进行传输。

网络传输方式主要有 TCP 和 UDP 两种, TCP 可靠性很高,但是会占用网络较多的资源,且语音抖动现象比较严重,而且当网络状况不佳时,无法避免丢失语音包,不能满足语音的实时性; UDP 可靠性不高,但是对网络的资源占用较少,语音抖动现象比 TCP 好,效率较 TCP 要高<sup>[5]</sup>,所以本系统采用 UDP 方式来传输语音包。

语音包发送至目的地后,再组装成完整的信息,经过数据解压解编码、数模转换还原成原来的语音信号,由声卡播放实现调度员和机车司机的网络语音通信。它避免了传统对讲机、小灵通等受井下环境影响通话距离短、语音质量差的缺点。

## 5 结语

本系统采用 SQL Server2005 数据库存储数据, VC#开发用户界面,具有良好的外观界面,便于操作和维护。该系统不仅能实时监控井下机矿车位置,远程遥控扳道,而且调度员与司机可以相互通讯,不仅方便调度员了解路况合理调车,而且可以导航司机开车,减少等待时间、避免交通事故,有利于提高井下运输的效率和安全性。目前系统已在黑龙江部分煤矿中得到了良好的应用。

### 参考文献

- 1 刘昌劲,向阳.基于组件式 GIS 的煤矿井下定位系统的设计与实现.计算机应用与软件, 2009,26(3):49-51.
- 2 梅杨.无线传输技术在煤矿安全监控系统中的应用.煤矿机械, 2010,31(4):164-166.
- 3 武先利,杨勇,魏峰.煤矿井下安全监控系统技术改进探讨.煤矿安全, 2009,(8):109-111.
- 4 柯建华.基于 RFID 与 CAN 的煤矿井下人员定位系统研究.北京:北京交通大学, 2006.
- 5 朱海毅,周春楠.VoIP 基本原理.信息技术, 2003,27(5): 83-84.