

文章编号:1671-251X(2024)S2-0096-03

基于 5G 技术的煤矿通信网络架构设计

蒋栋

(国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 梅花井煤矿, 宁夏 银川 751400)

摘要:提出利用 5G 技术逐步完善现代煤矿智能化数字体系建设。针对煤矿呈现规模化发展势头,煤矿安全稳定运行是基础,配合 5G 技术实现煤矿电气故障监测及快速定位,能快速增强系统的安全可靠性。对于煤矿安全巡检,以 5G 技术配合实时监测平台,对于矿井温度进行精准检测。利用 5G 技术配合 SLAM 算法,采用改进 Gmapping 算法设计定位系统,实现了高精度定位。

关键词:煤矿 5G; 通信网络; 定位系统; 故障监测; 安全巡检

中图分类号:TD655

文献标志码:A

Design of coal mine communication network architecture based on 5G technology

JIANG Dong

(Meihuajing Coal Mine, CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Yinchuan 751400, China)

0 引言

利用人工智能、物联网等新型技术逐步完善现代煤矿智能化数字体系建设,可以对刮板输送机、采煤机、液压支架、带式输送机等设备进行智能控制,对煤矿可能发生的安全事故进行预警^[1]。目前我国采煤量达到千万吨的煤矿有 50 多座,年生产总量超过 8 亿 t,加快煤矿的智能化开采模式推动着日益增长的煤炭需求^[2]。但我国智能化煤矿建设仍存在较多弊端:原有的信息化发展模式不能使不同模块间的信息进行传递,信息不互通制约着一体化建设;工业以太网的传输带宽有待进一步提升,煤矿井下生产所需要的宽带仅用千兆来衡量,远达不到生产要求,可靠性不足;井下数据反馈不畅通,地面控制中心接收不同媒介收到的信息,在数据传输方面存在滞后现象,无法通过上位机做出对应指令,发生故障时容易引发次生灾害^[3]。

随着 5G 技术的深入推进,其大带宽和短时延的优势可以进一步解决上述问题,利于提高系统处理数据的时效性。5G 较 4G 传输网络的传输速度提升了百倍,设备连接密度提升至 $10^6/\text{km}^2$,峰值速率最高达 20 Gbit/s。随着 5G 适用场景拓展,应用于井下煤矿通信系统是一项可行性方案^[4]。

我国在 5G 领域的研发设计已处于世界前列,

将该项技术应用于煤矿企业也做出了相应尝试^[5]。2019 年,中国移动、阳煤集团和华为共同建立了 5G 通信架构协议,把 5G+ 技术充分应用于智慧矿山领域,象征着煤炭企业已经正式步入 5G 时代。在项目落地后,阳煤集团实现了 5G 信号覆盖至运输巷道和主巷道内,网络信号通畅。之后在多个采矿行业无人采矿设备上均实现了 5G 信号覆盖。

本文以 5G 技术为基础,建立了通信定位交互系统进行远程遥控,推出适用于 5G 技术的井下目标定位模式,实现自动化开采,推动智慧矿山更进一步发展。

1 基于 5G 技术的煤矿电气故障通信系统

5G 技术应用于煤矿电气远程监控对于煤矿火灾预警意义深远。将 5G 通信技术与云计算、信号采集技术融合,可对煤矿电气故障进行实时预警,增强监控系统安全可靠性。现场设备层内的机电设备是煤矿安全运行的重要载体,也是核心监测对象。系统通过 5G 技术对设备运行时的振幅、位置坐标、温度等进行监测,全面判断其运行状态;精准定位设备故障位置,配合火灾探测器、电流/温度传感器、监测振动分析仪等进行分析显示,集成 5G 通信数据,解决原有数据传送不到位的问题。基于 5G 技术的煤矿电气故障通信系统如图 1 所示。

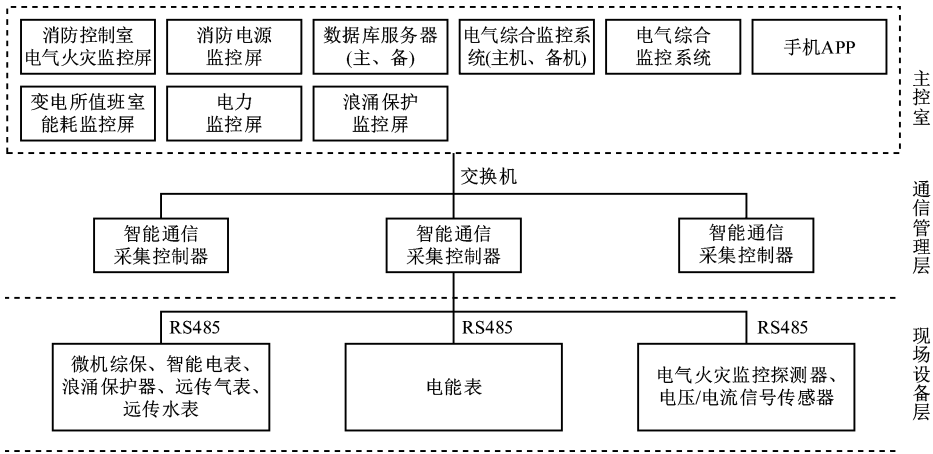


图 1 基于 5G 技术的煤矿电气故障通信系统

在完成数据高质量传输、存储及突发情况报警等功能的基础上,使用浏览器/服务器模式增强人机交互界面的实时性。在煤矿电气安全方面,通过验证的数据进入数据库,信号采集结束后呈至中央主机,完成设备报警提示,然后对设备故障特征进行分析判断。通信管理层连接设备层和主控层,统筹安排在各监测传感器内,将实时传输的煤矿开关状态、电流/温度、电能振动信号等上传到上位机。相关通信参数见表 1。

表 1 通信参数

类型名称	监测范围	型号
数据采集站	电流 500 mA,电压 18 V	KJ759-F
振动监测分析仪	电流 600 mA,电压 24 V	YHZ18
加速度传感器	灵敏度 0.8 mA/g,振动范围 0~20g	KGS18
温度传感器	大范围温度监测	GWP150B

系统搭建完成后,选取位于同一工作面不同故障下的采煤机,对故障排查效率进行统计,结果如图 2 所示。可看出加入 5G 通信设备后,系统对故障的整体判断率大幅提升,诊断故障的响应效率进一步提高,故障率大幅降低。

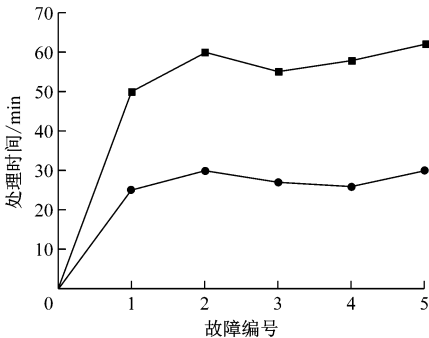


图 2 加入 5G 前后系统故障排查效率

2 基于 5G 技术的煤矿实时监测通信系统

矿井温度监测通信系统对各配合部件的温度运行状态进行监测,实时采集温度信号并进行分析处

理,对通信通畅性提出了更高要求。系统应具备以下能力:

- 1) 设备控制管理。应充分利用 5G 数字化技术,集中式管理监测终端设备,依托物联网云平台,实现人机畅通交互,不但能通过指令方式对终端设备进行远程管理,还能在应用中心查看实时温度数据分析结果。
- 2) 远程通信可靠。采用 5G 通信方式对传输距离提出了更高要求,应保证在监测温度过程中减少电能损耗。

煤矿实时监测通信系统整体分为物联网云平台、NB-IoT 网络与终端装置,如图 3 所示。作为人机交互与设备管理的系统,物联网云平台可以直接与 NB-IoT 网络对接,将采集的温度数据汇总,特别是针对远程可控调设备进行可视化管理。NB-IoT 网络是基站组网业务,由核心网和 NB-IoT 基站组成,经终端装置的 NB-IoT 模组接入网络,实现数据远程传输。终端装置包含多个数据采集节点,采集温度传感器信号并上传,同时可根据云平台下达的命令进行其他操作。

针对温度采集模块,选用测温精度在 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内的低功耗数字温湿度传感器 HDC1080。芯片封装尺寸为 $3\text{ mm}\times 3\text{ mm}$,便于在接头部位安装,能在大范围温度环境下测量。温度数据在芯片内部完成模数转换,通过 I^2C 接口以数字信号形式输出。HDC1080 与主控芯片通信时选用双线 I^2C 通信方式,电源供电电压为 3.3 V ,与主控芯片通过 SCL, SDA 引脚相连。为保证引脚处于高电平状态,在内部接有 $4.7\text{ k}\Omega$ 上拉电阻。

选用信号穿透力强、速率快且安全性高的 NB-IoT 组网通信技术,可借助现有基站部署运营网络。NB-IoT 模块使用 BC26 模组,功耗极低,有 58 个外部引脚,采用 LCC 贴片封装,与终端设备在结构和功能上相匹配,且支持 TCP,UDP,LwM2M,

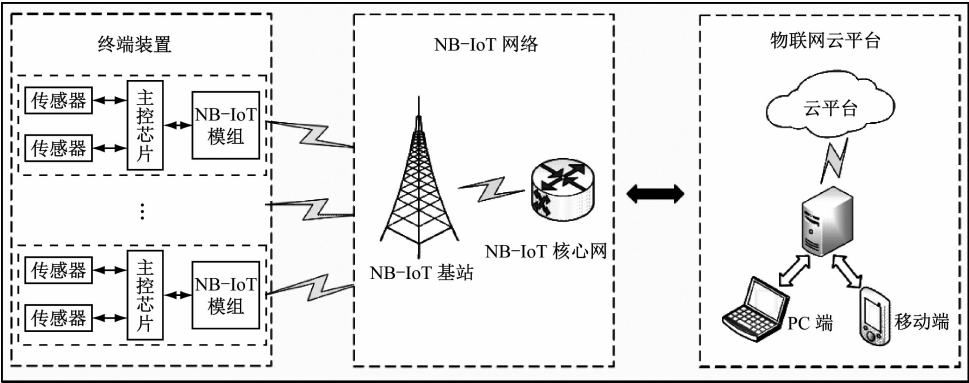


图 3 煤矿实时监测通信系统

CoAP 等频段。

3 基于 5G 技术的煤矿实时快速定位系统

目前常用的 SLAM 定位算法包括 KartoSLAM, Gmapping, HectorSLAM, LagoSLAM 和 CoreSLAM, 对比见表 2。

表 2 常用的 SLAM 算法对比

算法	优点	缺点
KartoSLAM	能够在 大环境下高精度建图	随着 landmark 增多, 所需内存增大
Gmapping	可将激光雷达数据、里程计数据快速融合, 防止粒子退化, 实现高精度定位	建立高品质环境地图需要大量粒子, 计算过程复杂, 一般用于小型室内
HectorSLAM	鲁棒性好, 对传感器要求低	随着速度提升, 定位建图精度下降
LagoSLAM	不必进行初始假设即可进行线性近似图优化	具有独立的方向和位置形态
CoreSLAM	计算距离时可自动简化, 同时更新地图效率高	有赖于之前的迭代计算

Gmapping 实现的路径是对粒子滤波算法的重采样进行优化。本文优化算法是实施自适应重要性采样, 从而避免粒子退化情况, 增加粒子多样性, 进一步提高定位精度。该算法的粒子数一般保持不变, 实际受限于不同的煤矿条件, 粒子数很难精准把握, 粒子数太少很难保证定位准确性, 会加速粒子退化, 若地形简单, 采用过多的粒子时可提高运算速度和定位精度, 但消耗内存过多。

基于此, 提出以自适应重采样方式来缓解粒子耗散过多的问题, 通过设定运动模型求解不同位置粒子的分布趋势, 最终将多点拟合为位置图像, 确定定位导航路径, 系统实时结合所处的位置环境波动

调整粒子数, 合理将资源充分利用。

定位粒子散点拟合结果如图 4 所示。虚线代表改进算法所得定位坐标位置相对于实际位置的距离, 实线代表算法改进前所得定位坐标位置相对于实际位置的距离。可看出改进算法明显提高了系统定位建图精度, 更加趋向于实际值, 定位精度更高。

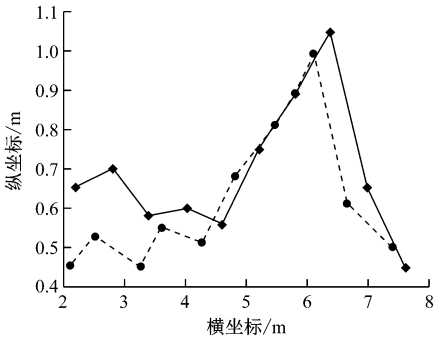


图 4 定位粒子散点拟合结果

4 结语

介绍了基于 5G 技术的煤矿电气故障通信系统、煤矿实时监测通信系统、实时快速定位系统的技术指标和实现路径, 构建了基于 5G 的煤矿通信系统架构, 为后续相关研究奠定了理论基础。

参考文献:

[1] 程彦. 煤矿现有通信系统建模及仿真技术研究[J]. 矿业装备, 2024(2):185-187.
[2] 白雪峰, 舒晓军. 煤矿井下无线通信技术演进[J]. 工矿自动化, 2023, 49(7):14-18.
[3] 刘子元. 煤矿安全生产的监控与通信技术[J]. 矿业装备, 2023(7):22-23.
[4] 吴文臻. 煤矿 5G 融合通信系统架构设计[J]. 煤矿安全, 2023, 54(2):217-222.
[5] 高旗. 5G 通信技术及其在煤矿的应用探析[J]. 长江信息通信, 2022, 35(5):218-220.