

文章编号:1671-251X(2021)S1-0036-03

露天煤矿 5G 网络建设与网络安全研究

崔文, 李浩荡, 丁震, 曹正远, 孟广瑞, 罗会强, 卢齐

(国家能源集团 煤炭运输部, 北京 100011)

摘要: 少人、无人、绿色、智能开采成为露天煤矿智能化的发展趋势,5G 网络融合人工智能、物联网、边缘计算、大数据、数字孪生等先进技术,加快了露天煤矿智能化发展进程。通过分析智能化露天煤矿的网络建设需求,结合露天煤矿部署 5G 网络存在的主要难题,从基站部署、网络承载部署等方面介绍了露天煤矿 5G 网络建设方案,从网络拓扑、MEC 组网、业务流程等方面研究了露天煤矿 5G 组网方案,并分析了 5G 网络安全要求,展望了 5G 技术在露天煤矿设备故障诊断及远程控制、矿车无人驾驶等场景中的应用。

关键词: 露天煤矿; 智能矿山; 5G; 网络安全; 边缘计算; 无人驾驶; 远程控制

中图分类号:TD67/655 文献标志码:A

Research on 5G network construction and network safety in open-pit coal mine

CUI Wen, LI Haodang, DING Zhen, CAO Zhengyuan,

MENG Guangrui, LUO Huiqiang, LU Qi

(Coal Transportation Department, CHN Energy, Beijing 100011, China)

0 引言

目前我国煤矿智能化发展处于初级阶段^[1-2],煤矿智能化建设过程中已突破了众多关键技术,以露天煤矿为例,在穿孔钻机自动布孔、自主定位,爆破设备定量装药、卡车智能调度、4G 专网建设等方面取得了许多成果。随着能源行业供给侧改革的深入推进,按照国家能源安全发展“四个革命、一个合作”的战略思想,加快煤矿智能化建设是防范化解煤矿安全风险的根本之策、实现煤炭行业高质量发展的重要途径,也是煤矿可持续发展的必由之路^[3-4]。受现代通信技术和煤田赋存条件等因素的制约,露天煤矿采区信号盲区多、传输速率慢、响应时间长、网络带宽窄等问题一直无法取得重大突破,阻碍了露天煤矿智能化发展。

5G 技术因高速率、低时延、大容量、广连接等特性,为露天煤矿智能化建设过程中上述“卡脖子”问题提供了解决方案,带动了云计算、大数据、人工智能、物联网、边缘计算、数字孪生等先进技术在露天煤矿的应用^[5],为实现卡车无人驾驶,电铲、钻机、辅助设备远程操控及设备状态实时监控等提供了支持。国家能源集团在宝日希勒露天煤矿已开展 5G 技术应用,实现了基于 5G 网络的卡车无人驾驶编

组运行,为露天煤矿 5G 技术应用及 5G 网络部署提供了可借鉴、可复制、可推广的经验。本文从露天煤矿 5G 专网建设方案、5G 组网形式及相关网络安全要求等方面展开研究,以期为露天煤矿智能化建设提供借鉴。

1 露天煤矿 5G 网络建设需求

目前露天煤矿在用的通信网络带宽窄、传输速率低、时延大、容量小,不能满足智能化建设需求。5G 网络的高传输速率特性可实现无人卡车及远控电铲、钻机、推土机等设备大量数据的实时传输,毫秒级超低时延特性可保证无人驾驶、远程控制、实时监控等决策执行系统的安全运行,稳定的网络连接特性可根据优先级分配网络带宽,有助于无人卡车、远控设备等高效采集、处理信息并做出决策,提升智能化设备运行安全性。因此,无人驾驶卡车、可视化远程操控设备应用 5G 技术是露天煤矿安全生产的关键和核心^[6]。

露天煤矿智能化建设对网络的要求主要包括:
① 通信基站在无明显遮挡的情况下,≥1 km 范围内信号无死角全覆盖,传输时延≤50 ms^[7],实时上行通信速率≥8 Mbit/s,满足 4D 光场环境下的 AR 增强现实业务带宽和时延扩展需求。
② 可实现传

收稿日期:2021-02-01;责任编辑:李明。

作者简介:崔文(1987-),男,内蒙古鄂尔多斯人,工程师,主要从事智能化露天煤矿及智能化选煤厂建设工作,E-mail:10572189@chnenergy.com.cn。

输冗余,采用 MEC(Multi-access Edge Computing,多接入边缘计算)下沉园区网,数据不出厂,保障网络传输安全。

目前露天煤矿部署 5G 网络技术较成熟,但存在 2 个难题:① 开采位置推进速度快,矿坑内道路变动频繁,基站供电、通信等线路及基站位置无法固定,且因露天采矿设备体积较大,线路架空方式不可取。② 因道路频繁变动且环境复杂,采坑基站之间的引接光缆、供电电缆、基站位置等无法按常规施工。

2 露天煤矿 5G 网络部署方案

根据 5G 网络建设和工程施工经验,对施工组织与管理进行科学统筹、全面构思和规划。搭建 5G 网络基站,建设本地 MEC,创建行业 APN 接入点为露天煤矿架设 5G 虚拟专网(SA),提供用户固定 IP 和点对点通信能力,利用 5G 网络传输速率高、时延小、可靠性高、容量大等特点^[8-10],保障露天煤矿通信网络安全稳定。

采用成熟、先进、可扩展的 5G 网络建设方案,通过 SPN(Slicing Packet Network,切片分组网)承载,基站采用 D-RAN/C-RAN 架构和 NSA 组网方式,即 4G 与 5G 共存,如图 1 所示。其中,固定基站作为定点基站,覆盖面积广,宜部署在已开采完毕的排土场、端帮路等设备集中且活动密集区域。



图 1 5G 网络基站部署方案

在露天煤矿采剥作业场所,考虑到后续需根据采区推进而搬迁基站等,宜采用移动应急车作为移动基站,根据实际场景进行死角补盲,保障信号覆盖稳定、传输不中断、无盲区。固定基站与移动基站之间通信宜采用光缆连接方式,以保证传输可靠、稳定。固定基站应采用电缆直接供电方式,移动基站宜采用风光互补或发电机自发电方式,避免因线路损坏、采剥作业场所移动基站搬迁、供电线路更改等造成线路移动困难。

5G 网络承载部署方案如图 2 所示。部署方案要点:① 接入层传输 PTN 通过 10GE 端口和基站

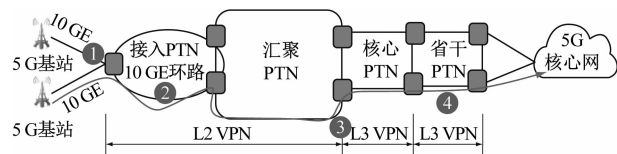


图 2 5G 网络承载部署方案

BBU 对接。② 接入环带宽如果是 GE,则需升级到 10GE,以满足带宽传输需求。③ 业务部署采用 L2+L3 方式。

3 露天煤矿 5G 组网方案

(1) 网络拓扑。5G 网络拓扑如图 3 所示。采区内部数据流经 MEC 本地分流后直接在园区内闭环,不出公网;公网数据流经 MEC 透传出园区,通过运营商核心网由公网获取数据;信令需与运营商核心网互通,从而获取控制信息,且信令只在移动终端附着或切换时产生交互,传递的是控制信令,与数据包无关。

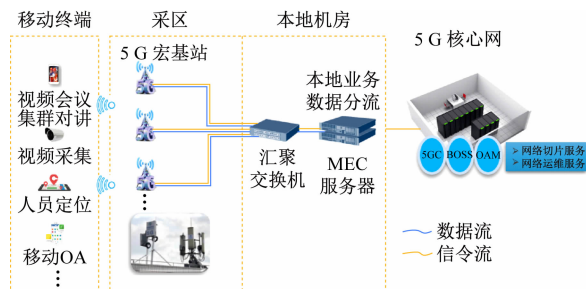


图 3 5G 网络拓扑

(2) MEC 组网方案。采用 MEC 下沉部署,将本地业务数据分流至本地服务器,减少数据在核心网内部迂回,降低数据传输时延。

MEC 本地流量分流,远端模块下移至边缘部署,符合 OTT 业务、MCDN 和本地分流要求^[11]。监控数据上传时采用下移 MEC 监控,视频数据无需上传至 Internet,直接上传至本地服务器,保证监控数据传输的实时性。该技术可应用于矿区、检修区、办公区等人口密集、本地业务访问较集中的场合。

4 露天煤矿 5G 网络安全

为确保矿区数据的安全性,通过在园区部署边缘计算服务器,与 Internet 物理隔离(无链路联通),避免了私网服务器暴露至 Internet 的风险,确保所有数据不出墙,在园区内部实现与云计算相同的数据运算能力,保证数据无链路上传至公网,完全杜绝数据泄露问题^[12]。

(1) 边缘 MEC 环境安全构筑,让边缘 MEC 成为安全可信域。① 物理安全:综合考虑矿区环境因素,远离危险及干扰,保证水、电、物理结构安全等。② 安防系统:建立出入口控制系统,管控建筑通风口、出入口,实现入侵报警与实时状态监控,且线缆敷设符合国家相关规定,防止外部入侵、篡改。安防系统按不同角色分级管理,具有系统状态显示与控制、报警与预处理、事件存储与查询等功能。③ 可

靠性:使用 B/S 架构,POE/UPS 双路供电,供电与安防系统实时联动,实现双机热备。

(2) MEC NNFV 环境安全构筑,由外至内分层隔离与防护。① 外部攻击防护:入口部署防火墙,防止类似 DDos 攻击,内部硬件资源合理划分、预留,实现应用流控。② 领域隔离:硬件隔离,增加独立防火墙,内部按照 RAN、核心网、自有应用及三方 APP 划分 3 个 VDC 区域。③ MEC 子域及应用隔离:划分 UPF 及应用子域,APP 部署于不同的主机组,隔离 I 层资源,根据实际需求确定是否增加 VFW。④ NFV 安全:通过可信启动、动态度量等实现软硬件防篡改,具备硬件防替换、软件逆向工程等安全防护措施。

(3) 第三方应用集成安全防护。① 统一管理自有和三方应用。② 使用数字签名验证部署。③ 自有应用和三方非可信应用部署在不同位置,采取不同的安全策略,隔离非可信应用。

(4) 工作链路安全防护。终端数据经 5G 基站,通过 MEC 边缘计算设备直达智能服务器(图 4),无互联网物理链路,提升企业私网的安全性。

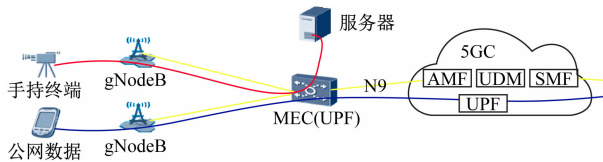


图 4 工作链路信令

5 5G 网络在露天煤矿的应用

(1) 故障诊断。采用物联网、AI 等先进技术,基于传感器、监控等附加模组实时采集设备运行状态数据,分析设备关键运行参数,预测数据未来发展趋势、超限时间,预判未来可能发生的故障及存在的安全隐患,实现设备运行分析、故障预警及诊断。

(2) 远程控制。生产过程可视化远程控制是露天煤矿实现少人、无人智能开采的一大难题,是支撑安全、高效、绿色、智能矿山建设的关键技术。实现露天煤矿主要采剥设备(如电铲、钻机、推土机、平路机等)远程控制对网络低时延特性的要求非常高,目前受传感器、激光雷达、毫米波雷达等传统感知技术和网络技术的局限性,我国露天煤矿主要采剥设备仍未实现可视化远程控制。5G 网络的低时延等特性结合边缘计算等技术,能够将时间敏感型数据分析处理应用迁移至边缘,以提高数据访问及处理速度,结合多样化感知技术,可实现对露天煤矿三维地质建模、工况监测、作业环境真实呈现、主要采剥设

备关键部件监测及故障诊断等。

(3) 无人驾驶。目前无人驾驶技术趋于成熟,但受露天煤矿环境影响,矿用重型自卸卡车无人驾驶对网络时延、带宽等要求极高。5G 网络能为露天煤矿通信提供足够的带宽、准确的定位能力和极低的时延,有利于实现车辆自主感知,主动绕行、错车和避障,路径自动规划,采区地图实时更新等功能,从而实现坑下卡车无人驾驶、自主运行。

6 结语

目前,露天煤矿 5G 网络建设迎来了空前的发展机遇^[13],要充分运用“云大物智移”等先进技术,在露天煤矿实现智能感知、AI 决策与数字孪生展现。露天煤矿 5G 网络建设为智能化技术在露天煤矿的发展和应用起到了桥梁和纽带作用,对露天煤矿智能化建设具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 王国法,任怀伟,庞义辉,等. 煤矿智能化(初级阶段)技术体系研究与工程进展[J]. 煤炭科学技术,2020,48(7):1-27.
- [2] 丁震,赵永峰,尤文顺,等. 国家能源集团煤矿智能化建设路径研究[J]. 中国煤炭,2020,46(10):35-39.
- [3] 王国法,庞义辉,任怀伟,等. 煤炭安全高效综采理论、技术与装备的创新和实践[J]. 煤炭学报,2018,43(4):903-913.
- [4] 袁亮. 煤炭精准开采科学构想[J]. 煤炭学报,2017,42(1):1-7.
- [5] 王俊,艾育华. 5G 赋能垂直行业应用[J]. 张江科技评论,2020(1):42-45.
- [6] 丁震,孟峰. 矿用无人卡车国内外研究现状及关键技术[J]. 中国煤炭,2020,46(2):42-49.
- [7] 汪国辉. 面向 5G 超实时网络传输技术研究[D]. 成都:电子科技大学,2016.
- [8] 孙继平,陈晖升. 智慧矿山与 5G 和 WiFi[J]. 工矿自动化,2019,45(10):1-4.
- [9] 孙继平,张高敏. 矿用 5G 频段选择及天线优化设置研究[J]. 工矿自动化,2020,46(5):1-7.
- [10] 孙继平. 煤矿智能化与矿用 5G[J]. 工矿自动化,2020,46(8):1-7.
- [11] 黄元元,冯小芳. MEC 部署分析及建议[J]. 电信快报,2020(1):42-46.
- [12] 朱京毅. 面向 5G 网络边缘计算的安全技术方案与研究[J]. 通信技术,2020,53(1):210-214.
- [13] 李艺,刘春平,武晓雪. 基于 5G 技术的智能矿山研究及应用[J]. 中国煤炭,2020,46(11):42-48.