

文章编号:1671-251X(2023)S1-0128-03

基于无线基站的煤矿智能电力监控系统设计

姚军龙

(国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 清水营煤矿, 宁夏 银川 750004)

摘要:煤矿电力系统智能化改造或建设应实现高效率传输、低成本维护的应用与管理,有很多煤矿未建设电力监控系统或只符合智能化建设的部分标准要求,系统功能单一,只能进行实时数据显示及远程控制,在煤矿井下生产工作面快速推进、设备频繁搬迁及复杂环境下,电力监控系统的数据传输可靠性与维护工作量成为首要解决问题。以国家能源集团宁夏煤业有限责任公司清水营煤矿为研究对象,采用行业内新型智能技术和理论,结合清水营煤矿现有技术条件,设计了一种基于无线基站的煤矿智能电力监控系统。详细介绍了煤矿智能电力监控系统的整体架构和关键技术的应用。该系统融合了智能矿山、边缘计算、无线采集终端、设备精确定位、GIS、无线互联、智能故障诊断等概念,将智能化技术与煤矿电力监控系统的基础功能进行深度融合,为煤矿智能化设计理论提供了技术保障。

关键词:煤矿智能电力监控;无线基站;边缘计算;精确定位;采集终端

中图分类号:TD636 文献标志码:A

Design of coal mine intelligent power monitoring system based on wireless base station

YAO Junlong

(Qingshuiying Coal Mine, CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Yinchuan 750004, China)

0 引言

煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑。目前,我国一些煤矿正在开展智能化建设工作,但存在基础理论研究滞后、技术标准与规范不健全、平台支撑作用不够、技术装备保障不足等问题。开展智能化煤矿建设是矿山技术发展水平的最高形式,只有实现了智能化才能从根本上实现最优的生产方式、最佳的运行效率和最安全的生产保障。因此,建设煤矿智能电力监控系统已成为必要工作。

煤矿电力系统智能化改造或建设应实现高效率传输、低成本维护的应用与管理,有很多煤矿未建设电力监控系统或只符合智能化建设的部分标准要求,系统功能单一,只能进行实时数据显示及远程控制,在煤矿井下生产工作面快速推进、设备频繁搬迁及复杂环境下,电力监控系统的数据传输可靠性与维护工作量成为首要解决问题。

针对上述问题,以国家能源集团宁夏煤业有限责任公司清水营煤矿为工程背景,设计了一种基于无线基站的智能电力监控系统,实现了矿井供电统一调度、矿井供电系统运行安全和预警联动等功能。

1 基于无线基站的智能电力监控系统设计

1.1 整体架构

基于无线基站的智能电力监控系统主要包括智能电力监控管理系统、无线基站系统、边缘计算终端、IoT 工业云平台,如图 1 所示。系统通过边缘采集终端与巷道无线基站设备进行无线互联,以 Server 的模式将设备数据进行计算分析、信息存储、打包封装,发送至距离最近的无线基站,无线网络系统将数据分别发送至 IoT 工业云平台和电力监控管理系统。

智能电力监控系统采用 Springboot+ MySQL + Redis + Shiro 架构,该架构自下而上分为 4 层,分别是采集控制层、数据处理层、智能平台层和诊断预警层,独立于其他系统,主要负责系统呈现与操作。通过该系统可实现对接入设备的监测和管理。该系统同时集成了服务注册中心、接口网关,支持高并发高可用的分布式架构。

无线通信协议选择常用的 LoRa、NB-IoT、ZigBee、WiFi、蓝牙和 BLE。在井下巷道内现有安装好的无线基站条件下,开发物理层驱动,构成工业

收稿日期:2023-07-17;责任编辑:王晖。

作者简介:姚军龙(1984—),男,甘肃定西人,工程师,硕士,研究方向为煤矿信息化与智能化融合,E-mail:15001824@ceic.com。

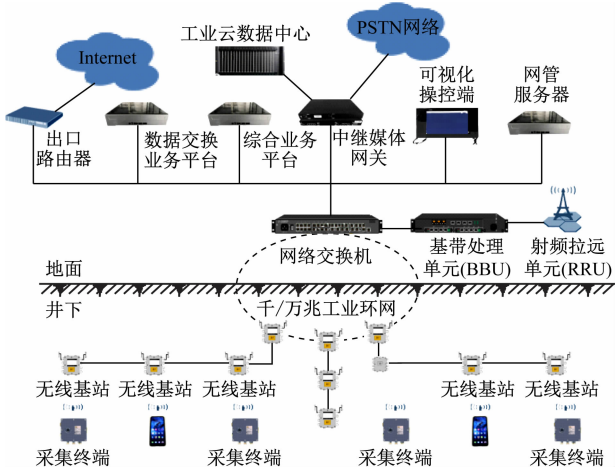


图1 智能电力监控系统整体架构

无线物联网,与设备采集终端通过LTE协议建立连接并定时主动请求数据,由核心网络交换机将数据传送到电力监控管理系统和IoT工业云服务器。

采集终端采用ARM架构标准型开发板,符合本安型要求,具有边缘计算能力,根据实际应用情况可定制通信驱动开发,采集模块接口常用方式有GPIO、SPI、I²C、串口、LCD、CAN等,内置先进的云边端业务平台,具有鉴权、解析、转发、信息发布等功能,终端系统支持各种工业传感器扩展。

基于人工智能的IoT工业云平台可根据业务需求进行扩展,支持同用户自身的专用物联网云平台进行同步对接。IoT工业云平台支撑系统主要用于对各系统功能模块提供服务支撑,包括以下支持内容:身份服务、认证服务、日志服务、统计服务、监控服务、配置服务、消息服务、存储服务、支撑服务和中间件服务的集成;数据长期存储,支持物理备份和逻辑备份,安全可靠;服务和系统方便扩展,一次性系统联调成功后,后续的检测系统只需安装采集设备即可实现监控系统的扩展。

1.2 边缘计算终端及无线通信架构

电力系统对安全性、可靠性、低时延的要求相对较高,边缘计算具有灵活、低时延、安全可靠的特点,广受采集终端厂家的青睐。目前国内比较常用的边缘计算系统架构种类较多,本文采用鸿蒙+ARM+容器运行时+HTTP的架构作为高低压配电开关的采集终端,终端支持现场部署服务器和Web、APP服务器,在本地实现监测和故障诊断服务。

采集终端采用鸿蒙系统作为操作系统,采集终端操作系统运行时支持Docker;边缘集群编排使用KubeEdge,包括云部分的CloudCore、边缘部分的EdgeCore和边缘集群存储SQLite。采集终端设备服务层负责与南向设备交互,核心服务层介于北向与南向之间,作为消息管道并负责数据存储。数据流实现原理如图2所示。

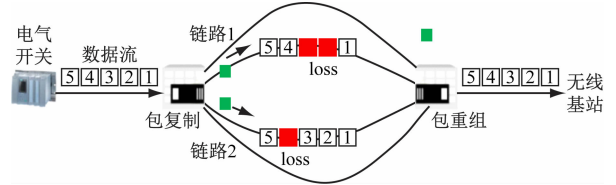


图2 数据流实现原理

采集终端具有人机接口能力强的特点,每个采集终端在网络离线情况下可执行采集、计算、数据存储、故障监测等功能,并可使用专用移动设备或便携计算机进行访问;具有图像处理和计算机视觉处理能力,可安装视频装置,针对矿井电气检修作业人员进行视频AI安全预警或联动,例如带电作业识别、违章识别、带电搬迁等。

采集终端采用精确定位技术与电力监控系统进行深度融合,定位模块采用雷达定位技术、ZigBee技术、生物识别及唯一性检测技术等,实现设备精准位置识别,形成GIS模式的数据来源,与人员定位系统进行融合联动,在设备检修时通过算法对设备与人员位置的距离关系进行安全分析,形成安全预警预判提示。

采集终端与无线基站采用点对点通信方式,处于网络结构中的数据链路层和网络传输层,终端通信模组选项有WiFi模块、4G模块、蓝牙模块、NB-IoT模块、LoRa模块;通信模组的底层驱动开发方向主要为协议栈嵌入式软件,采集终端设计支持常用协议栈,如WiFi模组IEEE802.11b/g/n协议栈及TCP/IP协议栈、4G模组LTE空中接口与协议栈。针对矿井应用场景,采集终端设计3种工作模式:实时在线模式、间歇性休眠模式、睡眠模式。

边缘计算终端的主要算力体现在异构系统的打通、网络协议的转换、数据链路层、网络层、应用层。无线基站的作用体现在数据网络载体、高传输带宽与速率方面,两者密不可分。

1.3 智能电力监控管理系统设计

智能电力监控管理系统采用先进的物联网技术、云边端技术、精确定位技术、数字孪生技术、机器学习及增强学习技术、GIS仿真模拟技术、分布式计算技术,根据井下供电设备特性数据、生产工艺数据等特征参数,建立AI与机理相融合的故障诊断模型,结合设备当前实际工况及设备状态,给运行、运维、维修提出策略和指导意见,为实现基于设备状态的精准运维提供专业支撑,可与设备管理系统相融合,实现设备全生命周期的闭环管理,保障设备长期保持在安全、稳定、最佳运行状态。系统主要功能模块包括供配电监测、五遥功能、视频分析与联动、故障定位、设备精确定位、低压防越级、智能诊断与预警、语音播报、抄表计量等模块。

智能电力监控管理系统利用组网技术、云边端技术对矿井高低压配电系统的实时数据、开关状态及远程控制、五遥功能进行集中管理,通过 GIS 技术与精确定位技术实现高度可视化能力。其中 GIS 平台采用业界领先的 3D 融合可视化引擎技术,结合主流 Web 技术,支持多平台、多终端、多浏览器、无插件快速访问。通过封装大量功能组件,实现对煤矿井下高低压配电设备安全运行管理要素的空间信息和属性信息的认知、获取、处理、表达、存储、可视化、分析,进而提供可视化操作画面,实现空间分析与电力监控融合业务平台功能。系统开发采用模块化设计实现 GIS 数据、模型、空间分析、网络分析算法等可复用,将底层打包为一个整体,支持应用界面与业务逻辑的快速组件化构建,能够满足各类智能化应用的功能与性能需要。

智能电力监控管理系统业务模块部署在云服务器上,布置有物联网通信模块、大型数据库、GIS 定位模块、视频 AI 分析模式、智能诊断模块、智能设备故障预测与联动模块等多任务集成化的人工智能系统。采用 Web 可视化组态平台,支持应用界面与业务逻辑的快速组态化构建,能够满足煤矿电力监控系统应用的功能与性能需要,通过大数据技术对现场设备采集的工业数据进行系统性分析,实现业务功能模型与系统性分析紧密结合,将分析结果送至操作端人机接口,微机监测人员只需根据设备基本状态与智能化决策结果进行操作。矿井供电设备有疑似故障时,云服务器执行故障诊断模型,将计算结果及时推送消息至人机接口。系统具有先进、易操作的 UI,支持多平台、多终端、多浏览器访问,远程访问与远程维护。现场运行情况的监视不再受

(上接第 127 页)

4 结语

智磁节电器是一款调节变压器磁通的能量控制设备,是一款降低负载降耗的智能节电设备,是一款能使变压器和负载都提高电能效率的控制设备。高效智磁节电器在准能集团的广泛应用,大幅降低了生产成本,为节电降耗提供了新途径。

参考文献:

- [1] 彭绍峰. 电气工程及电气自动化的计算机控制系统应用[J]. 南方农机, 2017, 48(9): 76, 80.
- [2] 单志勇, 李丹美, 姜国兴. 电磁场与波理论基础[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [3] 梁灿彬. 电磁学[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [4] 丁永忠, 李娟, 袁佑新, 等. 可变电抗器的应用研究

地理条件的限制,可随时随地通过浏览器了解现场数据;维护工程师亦可摆脱地理条件的限制,随时上线修改、一键发布。

2 结语

基于无线基站的煤矿智能电力监控系统通过在煤矿电力设备嵌入微型智能化采集终端,比有线方式安装便捷快速,其占比空间能够满足电气开关日常维护检修要求,通过内置工作天线,使工作频率、发射功率、带宽和通信距离等技术参数均满足井下环境。在经济成本方便具有低成本的优势,在开发难度方面较传统模式难度大,但一经开发后期维护工作量较少。煤矿智能电力监控系统的技术应用是煤矿智能化建设中的难点,是煤矿各项智能化应用系统的底层基础。因此,尽早完成矿井电力监控系统的智能化建设,对后续智能化建设起到了事半功倍的作用。

参考文献:

- [1] 张宏科,程煜钧,杨冬,等. 工业网络技术现状与展望[J]. 物联网学报, 2017, 1(1): 13-20.
- [2] 宋泽明. 云边端协同模式下无线传感网可信接入技术研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2022.
- [3] 胡乃钰,王文鹏. 基于无线传感器网络云连接认证的研究[J]. 计算机与网络, 2021, 47(1): 43.
- [4] 梁广俊,王群,辛建芳,等. 移动边缘计算资源分配综述[J]. 信息安全, 2021, 6(3): 227-256.
- [5] 高志鹏,尧聪聪,肖楷乐. 移动边缘计算: 架构、应用和挑战[J]. 中兴通讯技术, 2019, 25(3): 23-30.
- [6] 冯天心. 面向物联网的可持续无线通信关键技术研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2022.
- [7] 中国水运(下半月), 2008, 8(3): 177-178.
- [5] 丁永忠,袁佑新,肖义平,等. 基于功率变换的可变电抗器研究[J]. 武汉理工大学学报, 2008, 30(3): 136-138.
- [6] 唐维,冯丹. 变压器经济运行分析[J]. 四川电力技术, 2003(2): 6-8, 12.
- [7] 蔡丽英. 电力变压器的运转维护与事故解决方法[J]. 民营科技, 2010(1): 18.
- [8] 曾良伟. 浅谈供配电系统经济运行节电技术的应用[J]. 河南科技, 2010(16): 28.
- [9] 李家坤. 配电系统无功补偿技术的研究[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2008(3): 20-22.
- [10] 罗浩. 几种常用节电技术的比较分析[J]. 黑龙江科技信息, 2009(5): 277.
- [11] 张选正,徐智林,张金远. 谐波治理与无功补偿技术问答[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [12] 陈柏超. 新型可控饱和电抗器理论及应用[M]. 武汉: 武汉水利电力大学出版社, 1999.