

基于MEC和LoRa技术的换流站 设备状态信息处理研究

赵世伟, 沈琪尧, 吴新文

(中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局, 云南 昆明 650000)

Research on Equipment Status Information Processing of Converter Station Based on MEC and LoRa Technologies

ZHAO Shiwei, SHEN Qiyao, WU Xinwen

(Kunming Bureau of UHV Transmission Company of China Southern Power Grid Co., Ltd., Kunming 650000)

〔摘 要〕 针对换流站人工巡视采集设备状态信息效率低、难以深度分析和预测设备运行状态的现状, 提出一种基于移动边缘计算(MEC)和LoRa通信技术的换流站设备运行状态信息处理方案。首先, 分析了边缘计算与LoRa的技术优势, 并将前者融入具有物联感知等特征的手持移动终端, 用于采集被巡视设备的运行状态信息; 其次, 基于LoRa通信技术实现前端设备信息采集以及采用4G技术实现前端与后端系统的信息交互; 最后, 通过示例以及人工信息采集方式的对比, 验证了方案的可行性和优越性。

〔关键词〕 换流站; 设备状态信息处理; 手持移动终端; 移动边缘计算; 无线通信

Abstract: In view of the current situation that the manual patrol collection equipment status information of converter station is inefficient, and it is difficult to deeply analyze and predict the operating status of the equipment, a scheme for processing the operating status information of the converter station equipment based on mobile edge computing (MEC) and LoRa communication technologies is proposed. Firstly, the technical advantages of edge computing and LoRa are analyzed, and the former is integrated into the handheld mobile terminals with the characteristics of IoT awareness used to collect the operating status information of the equipment to be inspected. Secondly, based on LoRa communication technology, front-end device information collection is achieved, and 4G technology is used to achieve information exchange between front-end and back-end systems. Finally, the feasibility and superiority of the scheme are verified by cases and the comparison with manual information collection methods.

Key words: converter station; equipment status information processing; handheld mobile terminal; mobile edge computing; wireless communication

中图分类号: TM721 文献标识码: A 文章编号: 1008-6226 (2024) 05-0032-05

0 引言

随着源荷分布不平衡的矛盾日益突出, 具有输送容量大、距离远、损耗低等优点的特高压输电技术得到了快速发展, 并已成为坚强智能电网的重要组成部分^[1]。作为特高压输电重要组成部分的换流站, 其设备运行的可靠性一直备受关注。目前, 换

流站除对设备运行状态进行在线监测外, 还需要人工不断巡视和记录各个设备的运行信息, 尤其是难以在线监测的各类现场表计。由于人工记录效率低、巡视工作强度大, 且存在人为主观因素的影响, 因此, 亟需提高换流站各类设备状态信息的采集效率, 以实现快速、准确评估设备状态, 保障换流站可靠运行。

近年来,在换流站设备运行状态监测和运维方面已开展一些研究,如文献[2]研制了集成可见光、红外、声音功能的机器人云台,结合智能故障诊断专家系统,对设备运行状态进行监测、预警;文献[3]设计了一种边缘物联智能终端,解决了换流站海量数据采集计算面临的实时性和安全性等问题,提高了设备异常状态监测和预警的准确率;文献[4]提出利用阀厅设备巡检机器人代替人工巡检采集设备运行数据,并对设备状态进行监测;文献[5]将具有红外成像仪、可见光摄像机等功能的智能巡检机器人应用到换流站,实现对设备运行状态的监督;文献[6]设计了一种换流站状态管理及远程管控系统,强化了设备带电管理与管控,降低了维护频率和成本。由上述研究可见,在换流站设备状态监测方面,主要侧重于状态监测、运维效率提升和设备运维管控等,而对于多类型设备运行状态数据高效采集处理的研究相对较少。

通过分析移动边缘计算(mobile edge computing, MEC)和 LoRa 通信技术的优势,研究换流站多类型设备运行状态数据采集处理方案,提出利用 LoRa 组建局域网实现设备运行状态数据的就地采集以及采用 4G 实现前端和后端系统的信息交互,并实施验证。

1 MEC 与 LoRa 技术分析

1.1 MEC 技术分析

边缘计算(edge computing, EC)是指在网络前端被采集设备附近进行相关计算。相较于集中式计算,EC 通过将计算分析功能分散到网络边界,在就地对所采集的信息进行处理,可实现快速实时分析和前端业务智能化处理,降低系统信息通信压力,具有信息处理和响应延时短、效率高等优势^[7-8]。

2014 年,欧洲电信标准化协会将 EC 植入移动网络架构,并提出了 MEC 概念。MEC 是将云

服务器的部分云计算功能下放到需求方,在移动网络边缘部署设备,对相关信息进行存储和分析处理,并为移动网络提供所需要的 IT 服务环境和云计算能力,能够在网络边界处为用户提供运算、存储和传输等服务,实现在线实时采集、运算、判断及准确控制等^[9]。

1.2 LoRa 技术分析

LoRa 是 Semtech 公司于 2013 年发布的专门用于无线电调制解调的一种新型、低于 1 GHz 的超长距离和低功耗信息传输技术,具有组网方式多样、信息接收灵敏度高、抗干扰能力强、网络频段全免费、网关支持多个信道数据并行传输处理等优点^[10],非常适合功耗低、距离远、大量连接等物联网应用场景,已成为电力物联网内的一种重要技术,与其他常用无线通信方式对比如表 1 所示^[11-14]。

由于 LoRa 的技术优势,加上可在环境恶劣、偏远等区域进行部署,实现无线专网覆盖,因此,基于 LoRa 技术组建的广域网和局域网可实现不同区域的网络覆盖,有效消除通信盲区。

2 设备状态信息采集处理方案

换流站设备多、数据量大,严重影响数据的实时分析处理和发展预测,因此在前端对数据进行分析处理和初步预测将能大大提高工作效率。

设备状态信息采集处理流程(见图 1)设计如下:首先现场巡视人员采用手持移动终端对具有休眠唤醒功能的传感器进行唤醒,获取设备监测信息,而对于必须人工读取的表计,则利用手持移动终端的图像、数字识别技术对表计进行扫描并获取示数信息;其次,在手持移动终端获取信息之后,对相关数据进行分类存储和边缘计算,初步评估被监测设备的运行状态,再通过液晶屏展示给巡视人员,并将预测结果和重要信息传输至后端系统;后端系统将接收的前端设备运行状态信息与其他信息相融

表 1 常用无线通信方式对比

通信方式	传输速率	传输距离	响应时延	抗干扰能力	网络节点	复杂度	组网方式
4G	>100 Mbps	不限	20 ~ 80 ms	强	>1 000 个	中等	现有网络
5G	<20 Gbps	不限	<1 ms	强	100 万个 /km ²	高	现有网络
LoRa	300 kbps	>10 km	<1 s	强	>300 个	低	LoRa 网关
Wi-Fi	11 Mbps	几十米	<1 s	强	50 个	高	无线路由
ZigBee	<100 kbps	10 ~ 100 m	15 ~ 30 ms	强	255 个	低	ZigBee 网关

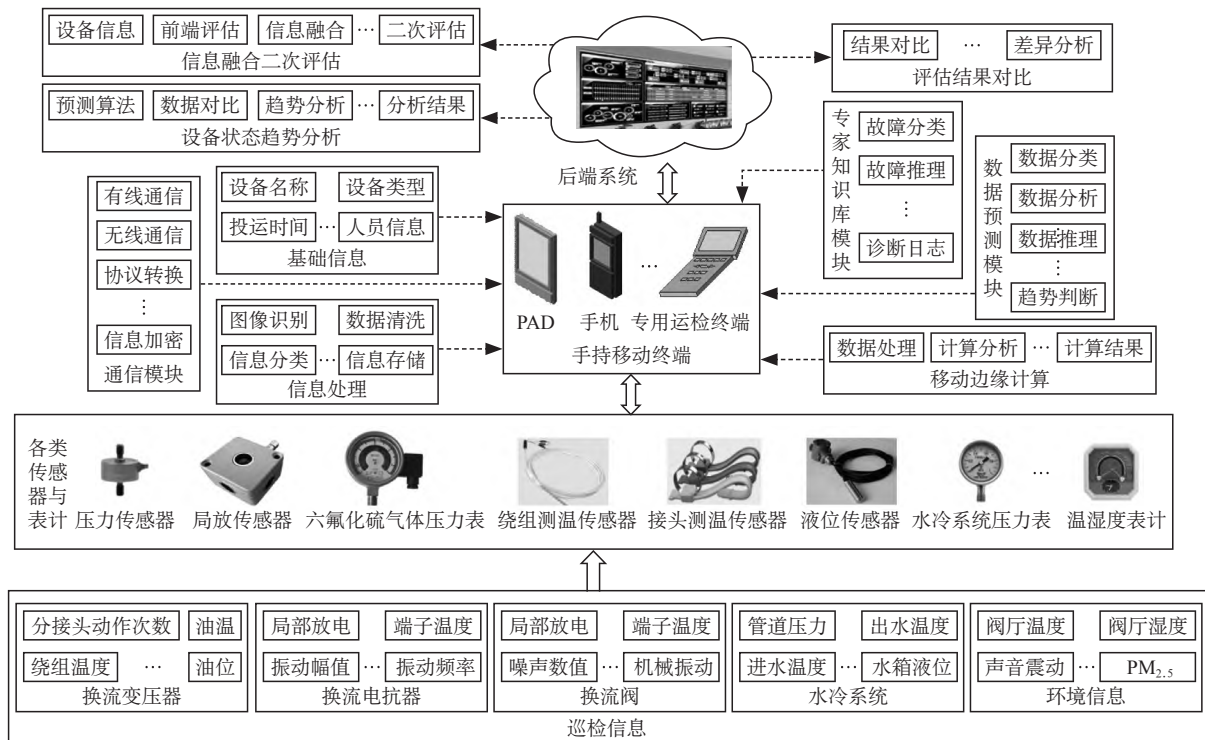


图 1 设备状态信息采集处理流程

合, 对设备运行状态进行二次评估预测, 并与前端结果进行对比; 最后, 若对比结果的差异较大或后端系统需要获取前端更全面的信息, 则后端系统向手持终端发送二次预测结果和召唤指令, 获取其他前端数据, 并给予巡视人员相关处理方案。

3 通信方案设计

3.1 前端通信方案设计

由于换流站中一些设备为高空部署, 如换流阀、换流电抗器、冷却系统管道等, 给设备状态信息数据的获取带来一定难度, 因此在设备现场组建前端 LoRa 通信局域网以便获取设备状态信息, 具体方案如下 (见图 2)。

- 1) 在可实现无线通信的监测装置上安装专用 LoRa 通信模块, 如温湿度传感器、局放传感器等。
- 2) 在手持移动终端内布置 LoRa 通信模块, 现场通过 LoRa 技术与各个监测设备通信, 获取设备运行状态数据。
- 3) 对于机械式或无法通信的表计, 则采用手持移动终端进行扫描以获取所需的设备状态信息。
- 4) 手持移动终端获取设备运行状态信息数据后, 通过内置模块 (如 MEC 模块、专家知识库模

块等) 进行分析处理, 获得设备运行状态评估结果, 对于异常结果则直接向巡检人员发出告警。

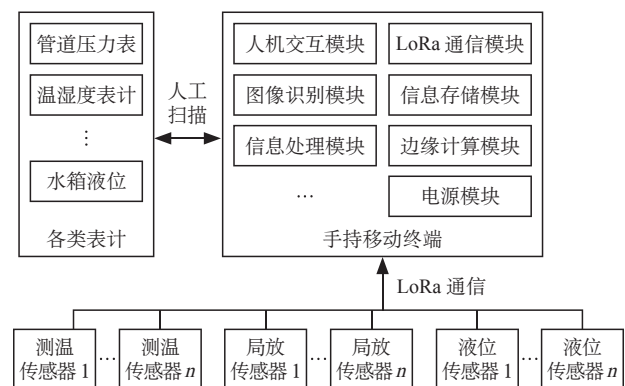


图 2 前端通信设计方案

3.2 后端通信方案设计

为避免换流站受到外部恶意攻击和其他非法操作, 提高信息传输的保密性和便利性, 手持移动终端在对获得的设备运行信息分析处理后, 若评估结果为异常, 则将初步评估结果和所采集的设备状态信息通过 4G 网络经电力综合数据网及隔离加密装置传输至后端系统。后端系统对设备状态信息进行二次分析评估, 并将结果发送至现场的手持移动终端, 为巡检人员下一步工作提供指导。相关设计方

案如图 3 所示。

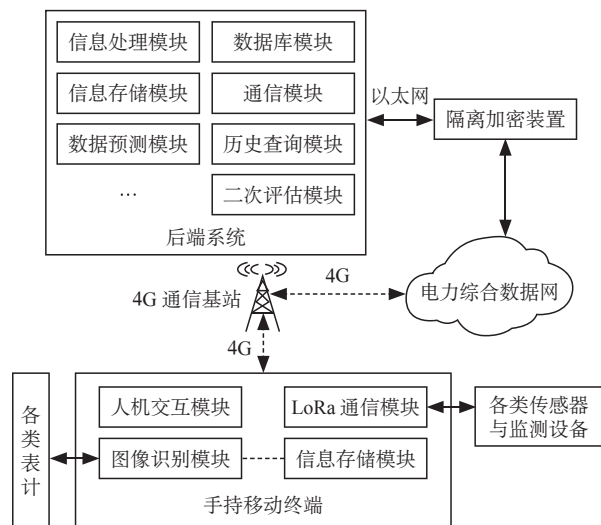


图 3 后端通信设计方案

4 示例分析及方案对比

4.1 示例分析

为验证方案的可行性，开发了以手机为手持移动终端的 App 软件，通过该软件采集某换流站主要设备的运行状态信息。基于手机和后端系统，对换流站全站套管压力和温度进行采集处理，分析统计结果如图 4 所示。

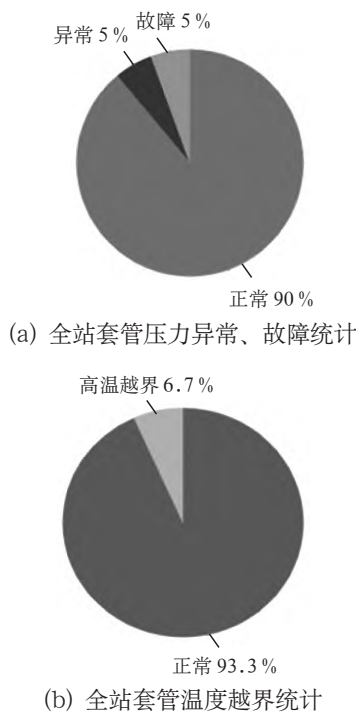


图 4 全站套管压力和温度信息统计

由图 4 可知，该系统可清晰显示设备的状态统计信息，展示设备发生异常的比例，提高了巡视工作效率。

4.2 方案对比

为进一步说明方案实施的优势，与人工巡视采集设备状态信息的模式进行对比，结果如表 2 所示。

表 2 方案对比

项目	设计方案	人工模式
通信速度	高	低
智能化	高	低
采集效率	高	低
工作强度	低	高
设备状态分析	前端 + 后端系统	人工 + 后端系统
异常处理效率	高	低
应用场景	所有巡视场景	人员可到达的巡视场景

由表 2 可知，设计方案具有采集效率和智能化程度高、工作强度低、能够及时对设备运行状态做出分析评估等优势，尤其提高了换流站高空部署设备状态信息采集的便利性，降低了人工采集作业的风险；同时，前端和后端系统相结合的方式实现了设备运行状态的两次评估，进一步提高了评估结果的可靠性，保障设备的稳定运行。

5 结束语

换流站设备类型杂、数量多以及高低空多层部署方式，给传统的人工巡视采集设备状态信息带来了诸多不便和风险，因此提出将 EC 与手持移动终端相结合，并基于 LoRa 技术组建局域网，完成被巡视设备状态信息的现场采集、传输、分析和评估处理，同时利用 4G 技术实现前端与后端系统的通信，完成二次分析评估和指导巡检人员进一步工作。该方案实现了设备状态的智能化分析与评估，降低了工作强度；MEC 与 LoRa 技术的应用，进一步减轻了前后端的通信压力；评估结果及时可靠，可指导巡视人员及时处理异常，保障了换流站的安全可靠运行。

参考文献：

[1] 韩先才，孙 昕，陈海波，等．中国特高压交流输电工程技术发展综述 [J]．中国电机工程学报，2020，40(14)：

- 4371-4386, 4719.
- [2] 沈 赓, 杨寿源, 杨春欢, 等. 换流站阀厅智能巡检机器人系统设计与应用 [J]. 电力安全技术, 2018, 20(8): 28-32.
- [3] 吕继伟. 基于泛在电力物联网的换流站在线监测系统优化综述 [J]. 电力工程技术, 2019, 38(6): 9-15.
- [4] 王 能, 周志新, 程 俊, 等. 换流站阀厅智能巡检机器人运动控制技术研究 [J]. 自动化与仪器仪表, 2018(9): 40-42.
- [5] 杨海亮, 姚日斌, 何 南. 智能巡检机器人的换流站安全监督研究与实践 [J]. 信息技术, 2022(10): 70-75, 84.
- [6] 全晓方, 黄松强, 黄繁朝. 换流站设备状态多方面管理及远程管控系统设计 [J]. 能源与环保, 2022, 44(1): 236-241.
- [7] 刘东奇, 曾祥君, 王耀南. 边缘计算架构下配电台区虚拟电站控制策略 [J]. 电工技术学报, 2021, 36(13): 2852-2860, 2870.
- [8] 李 彬, 贾滨诚, 曹望璋, 等. 边缘计算在电力需求响应业务中的应用展望 [J]. 电网技术, 2018, 42(1): 79-87.
- [9] MACH P, BECVAR Z. Mobile edge computing: a survey on architecture and computation offloading [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017, 19(3): 1628-1656.
- [10] Yao Y, Chen X, Rao L, et al. LORA: loss differentiation rate adaptation scheme for vehicle-to-vehicle safety communications [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2016, 66(3): 2499-2512.
- [11] 赵凤祥. 5G 技术在火电厂输煤系统中的应用探索 [J]. 电力安全技术, 2022, 24(11): 71-73.
- [12] 王旭东, 王雷涛, 武东亚, 等. 基于边缘计算与 LoRa 技术的配电网智能巡检组网方案设计 [J]. 广东电力, 2020, 33(9): 42-48.
- [13] LUO Jian. A ZigBee and sip-based smart home system design and implementation [J]. International Journal of Online Engineering, 2017, 13(1): 42-60.
- [14] 王 敏, 刘中泽, 杨 瑞, 等. 基于 LoRa 的风电场在线式五防系统设计 [J]. 电力安全技术, 2022, 24(8): 35-38.
- 收稿日期: 2023-10-20; 修回日期: 2024-01-17.
- 作者简介:
- 赵世伟 (1997—), 男, 工程师, 主要从事电力系统高压直流输电技术管理工作, email: wlt1234@126.com.
- 沈琪尧 (1999—), 男, 工程师, 主要从事电力系统高压直流输电、运维等技术研究工作。
- 吴新文 (1997—), 男, 工程师, 主要从事电力系统高压直流输电、运维等技术研究工作。

南方电网首个配网 AI 大模型实现实体化应用

近日, 中国南方电网有限责任公司 (简称南方电网公司) 首个自主可控的配网人工智能大模型 (简称配网 AI 大模型) 在广东电网有限责任公司广州供电局发布上线并投入实体化应用, 这是南方电网公司发布电力“大瓦特” (人工智能模型) 以来聚焦配网领域智能巡视场景下的首次工程化实践应用。配网 AI 大模型应用于配网生产运行支持系统 (边侧), 首次将配电 AI 大模型深度嵌入至巡视业务流程与操作步骤, 进一步深化人工智能技术在设备状态评价、缺陷隐患诊断、外力破坏防范等方面的应用。人员层层上报巡视结果的传统模式将逐步转变为兼具规模化、精细化、少人化等特征的智能巡视新模式, 为一线生产人员减负增效赋能。

据了解, 配网 AI 大模型基于南方电网公司“大瓦特” L1 级 30 亿个参数底座, 广州供电局在研发过程中深度聚焦样本供给、算力建设、模型优化等。截至 2024-04-30, 广州其他区局已上线试用配网 AI 大模型, 累计开展 6 项巡视任务, 整体对积水渗漏、小动物侵扰等异常识别率达 80% 以上。此外, 配网 AI 大模型还能高效识别出鸟巢、飘挂物、瓷质绝缘子破损以及绑扎带缺失等 6 项配网典型缺陷隐患, 为配网“机巡替代人巡”提供更优质、更可靠、更便捷的人工智能技术支持。

(来源: 中国南方电网有限责任公司网站 2024-05-17)