

DOI:10.12158/j.2096-3203.2019.06.002

基于泛在电力物联网的换流站在线监测系统优化综述

吕继伟

(国家电网有限公司直流技术中心,北京 100052)

摘要:为解决当前换流站在线监测系统在运行中存在的可靠性、安全性以及误告警频发等问题,文中基于泛在电力物联网技术对系统进行优化重构。首先,通过构建平台层,将系统接入物联管理平台以及数据中台,实现数据的融通共享,减轻云端存储压力,提升服务响应。其次,设计基于边缘计算的物联智能终端,实现站内设备的安全接入和泛在物联,该装置作为边缘计算节点通过集成深度学习算法,实现站端数据的采集存储、计算分析与异常识别,提高了告警的准确性和系统运行的可靠性。因此,基于泛在电力物联网的换流站在线监测系统架构优化为后续工程实践提供了一种新的建设应用模式。

关键词:泛在电力物联网;边缘计算;在线监测;深度学习;换流站

中图分类号:TM734

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2019)06-0009-07

0 引言

换流站在线监测系统是针对站内主设备(包括换流变、换流阀、电抗器等)运行状态开展集中监测和预警分析的重要系统,目前该系统已接入国内在运的10座特高压换流站主设备在线监测数据,后续常规直流、背靠背、柔直以及新建特高压工程主辅设备数据也将全部接入。随着数据接入规模和类型不断增加,系统运行的稳定性、可靠性和安全性面临突出问题,同时,系统运行过程中频繁出现无效告警、重复告警也给监视人员的分析诊断带来极大干扰。目前,在线监测数据的实时性和准确性尚不能满足设备状态监测预警及分析诊断的需求。

针对输变电设备在线监测系统故障诊断的问题,国内学者进行了大量的研究,主要通过改进各类检测算法和优化模型来提升异常检测的准确率,相较于传统的阈值判断法,能够作为系统故障诊断识别的有效补充手段^[1-4],但系统本身依然面临数据实时性差以及运行稳定性和安全性等一系列问题。为了进一步提升在线监测数据的可靠性,并解决在线监测系统运行安全稳定的问题,除了采用更有效的异常检测算法,对系统进行架构优化也是重要手段之一。2019年,国网公司在“两会”上提出建设万物互联、全面感知、数据共享的泛在电力物联网这一战略目标^[5]。在此背景下,泛在电力物联网的提出为解决目前系统运行出现的问题,并进一步优化系统的应用提供了思路 and 方向。

文中针对目前一体化在线监测系统存在的主要问题进行分析,并基于泛在电力物联网总体架构

及边缘计算等技术对在线监测系统进行优化和重构,通过引入平台化架构,实现数据融合共享,满足海量数据的接入及存储需求。同时,文中将设计边缘物联智能终端,依托边缘计算技术解决现场海量数据采集计算面临的实时性和安全性等问题,并在边缘计算框架下通过融合人工智能、机器学习等算法,提升设备异常状态监测和预警的准确率。

1 换流站在线监测系统存在问题分析

目前换流站在线监测系统架构采用传统的“云端”模式,如图1所示。

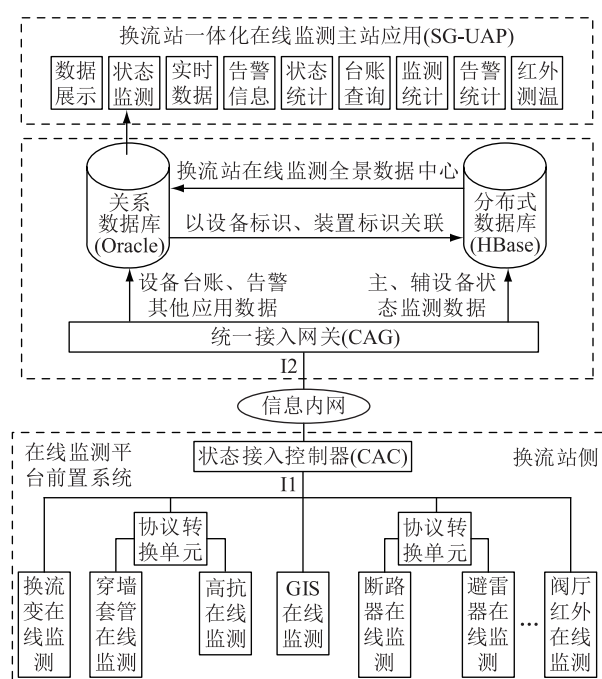


图1 基于“云端”模式的换流站在线监测系统架构
Fig.1 The architecture of converter station online monitoring system based on "cloud-end" mode

主站应用、数据库以及统一接入网关(condition acquisition gateway, CAG)均部署在国网直流中心云,主站应用基于国网统一应用平台开发,具体包括数据汇集与存储、服务响应、决策分析、告警分类、全景展示以及综合统计等。站端前置系统主要包括状态接入控制器(condition acquisition controller, CAC)、设备在线监测装置以及协议转换单元,负责在线监测数据采集和转发,但不对数据有效性和异常性进行判断,同样也不存储历史数据^[6]。

目前单个特高压换流站的在线监测数据点位多达700~1300个,10个站数据增量已达到500MB/d,后续还要接入40多座换流站在线监测数据以及各类辅助设备信号,对主站系统的计算和存储压力非常大,且随着数据激增,系统维护及优化也面临较大风险。因此,“云-端”模式的在线监测系统面临以下几个问题:

(1) 实时性问题。换流站主设备结构复杂、电压等级高,设备运行状态信息多,对部分强调实时响应的数据,如果分析和决策等应用功能部署在“云”上,就无法实现毫秒级的响应。

(2) 安全性问题。目前各类在线监测数据不加区别都送往主站,一旦通过入侵主站获取设备运行状态信息就能获得生产过程的重要数据,更严重的可以通过系统直接下达控制指令,对设备运行造成严重影响。

(3) 可靠性问题。主站要实时对站端上送的数据进行识别,并基于各站设备不同的告警阈值进行判断,由于各站上送的数据经常存在重复、空值及无效数据等,占用了主站极大的资源去处理和分析,致使重复或者无效告警频发,给监视人员诊断分析带来困难,而过长的服务链条也降低了生产数据和控制指令的及时性和可靠性。

(4) 通道阻塞问题。随着大量传感器节点的接入以及视频、红外图谱等非结构化数据的传输,海量数据在传输和等待处理时会产生阻塞,带来的时延、抖动和数据丢失对电网生产影响巨大。

(5) 系统扩容改造成本问题。如果各站采集数据全部在主站完成分析,那么海量数据的传输、处理和存储都必然给用户带来沉重的成本压力。

鉴于目前系统存在的突出问题,当前系统架构只能通过不断优化应用本身以及扩大硬件资源来提升服务响应,但对于告警可靠性、系统安全性以及数据实时性等问题无法有效解决。因此,基于泛在电力物联网技术路线,对现有系统进行重构优化,同时依托边缘计算技术^[7],设计一种物联终端,

实现站端数据的采集存储、分析计算以及安全接入等功能,并融合数据挖掘及深度学习算法,开展源端数据治理从而支撑分布式在线监测业务,提升告警的可靠性及准确性,更好地实现云边协同^[8]。

2 系统架构优化研究与设计

2.1 基于边缘计算的在线监测应用场景研究

边缘计算作为泛在电力物联网的重要技术,其实质是一种分散式运算架构。在这种架构下,将对实时性、安全性和可靠性有严格要求的应用、数据与服务的运算,由原网络中心节点迁移部署至网络边缘,让数据在最短的服务链条内得到处理,不需穿越多个节点使数据失真或丢失,同时将重要数据限制在最小的网络范围内以提高安全性。数据在网络边缘进行聚合、存储和分析,自然会减少网络拥塞,也降低了成本^[9]。

因此,将原系统云上承担的数据汇集、分析、计算等业务合理化解耦并部署至站端,进而缓解主站系统压力,进一步提升系统响应和告警的可靠性。同时,通过引入边缘计算进而支撑泛在电力物联网在输变电设备状态监测领域的关键应用^[10-12]。具体场景包括:

(1) 实现海量设备异构连接。在网络边缘(站端)支持各类感知设备的异构连接,并能够对各类数据进行标准化处理。

(2) 支持高实时性业务。从数据产生到控制闭环的响应时间可以达到毫秒级,从而使远程控制功能更具实用化。

(3) 数据清洗与聚合。在边缘计算框架下引入数据挖掘以及深度学习算法,对无效数据、噪声数据进行识别和清理,有效提取异常数据,建立异常数据样本库并实现告警阈值动态设定的自主训练。

(4) 支持边缘智能业务。原先部署在主站侧的业务可以转向边缘部署,并根据需求对个别业务进行定制化调整,不用担心影响主站其他的业务应用。

(5) 实现“最小化”安全防护。由于在边缘部署,该框架能够对边缘管理范围接入的设备、网络和数据提供端到端的可识别的、可定制的保护。

2.2 系统总体架构设计

根据《泛在电力物联网建设大纲》,引入平台层和边缘层对系统进行重构,实现系统“边端分离、边管共用”,总体架构如图2所示^[13-15]。

由图2可知,系统整体架构分为4层。

(1) 应用层,主要为换流站在线监测系统原主站端部分业务应用,包括数据全景展示、统计分析

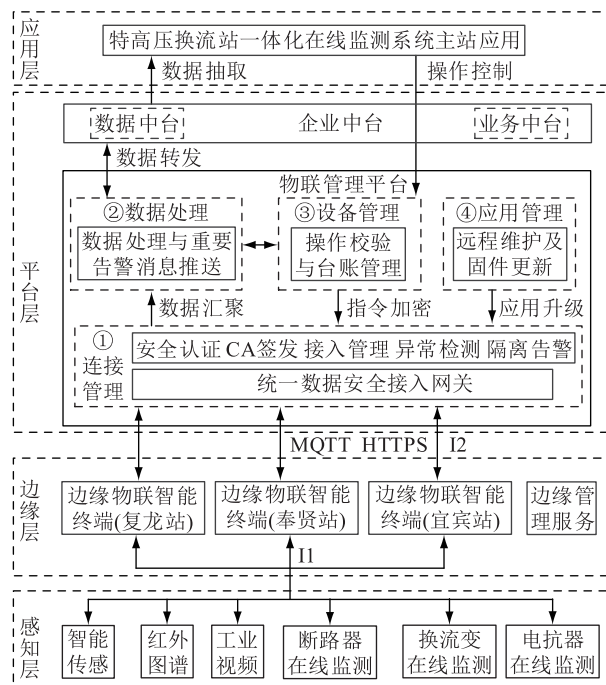


图2 基于泛在电力物联网换流站在线监测系统总体架构

Fig.2 The overall architecture of online monitoring system for converter station based on ubiquitous power IoT

以及远程控制等核心功能,对于数据存储、计算分析等占用系统资源较大的业务通过边缘服务进行解耦和释放,交由平台层、边缘层进行。

(2) 平台层,包括企业中台和物联管理平台。通过接入国网统一物联管理平台,对下实现各站边缘计算节点数据的统一汇集,对上向中台、业务应用提供标准化数据与服务。通过接入国网企业中台,实现业务聚合和数据融通共享。平台层的引入极大地减轻了原系统主站的数据存储压力并降低硬件扩容成本。主站端可以专心于业务应用的融合和拓展,不必考虑基础资源的限制,通过平台架构,使得直流运检大数据共享成为现实^[13]。

(3) 边缘层,位于平台层和感知层之间,向下支持各类感知设备的接入,向上与平台或应用对接,具体包括边缘计算节点和边缘管理服务。边缘计算节点实质为具备边缘计算功能的物联智能终端,是承载边缘计算业务的核心。该终端部署在站内,集成原站内CAC全部功能,同时具备网管、存储和计算功能。一方面,该终端将感知层设备采集的数据进行汇集,经过存储和计算分析,支撑就地分布式在线监测业务,同时可以与其他站内边缘计算节点级联,实现多边缘节点自由组网和协议转换,进而提升海量数据吞吐、可靠传输与安全通信能力;另一方面,终端将采集的数据和事件消息通过物联网协议向平台和业务应用进行转发,实现数据共享。

边缘管理服务主要为软件架构,依托网络设备以平台化的方式实现对各边缘计算节点的统一管理。

(4) 感知层,包括各类在线监测设备以及智能传感等,实现对设备运行状态的深度感知。具体监测设备包括换流变、交直流滤波器、断路器等主设备,以及辅助电源、水冷、消防设施等辅助设备。各类采集设备将感知数据通过专用物联协议上送至边缘物联智能终端,从而与物联管理平台进行交互,实现换流站主辅设备状态各专业、各状态信息量的多维展示及智能分析,立体多维度对换流站运行主辅设备进行监测。

3 边缘物联智能终端设计

3.1 功能需求分析

边缘物联智能终端通过引入边缘计算框架,提供相应计算和服务支撑,实现站端设备的泛在物联,有效提升换流站在线监测质量。

边缘物联智能终端需支持多类型设备的异构接入和实时交互,具体包括作业巡检、在线监测、视频监控、红外成像等感知型设备及各类传感器。考虑到换流站设备现场升级成本高、难度大,物联智能终端需支持固件或应用的远程升级,同时需具备安全接入和异常检测功能,并提供本地计算和存储能力,能够和云端应用及平台服务进行协同。

3.2 总体架构设计

参考《边缘计算参考架构2.0》,结合系统功能需求对边缘物联智能终端的总体架构进行设计^[9],如图3所示。

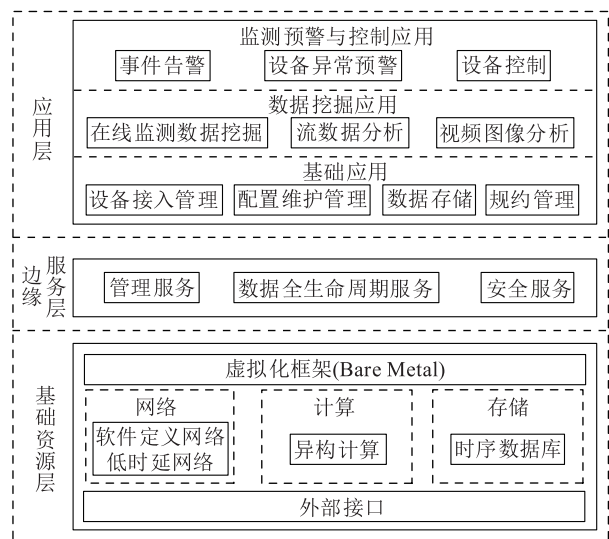


图3 边缘物联智能终端总体架构

Fig.3 The architecture of edge IoT intelligent terminal

边缘物联智能终端在总体架构上分基础资源层、应用层和边缘服务层。其中,基础资源层主要

提供对外接口并实现基础的网络、计算和存储功能,为应用层的功能实现以及边缘服务提供支撑,从而实现边缘计算框架;应用层主要提供各类应用服务,具体包括基础应用、数据挖掘应用以及监测预警与控制应用功能3类,实现设备状态感知、数据分析以及实时预警控制等在线监测的主要功能。同时,边缘物联智能终端在边缘计算框架下融合数据挖掘和深度学习算法,提升元数据质量,优化现有的系统告警机制从而提升设备状态预警的及时性和准确率。边缘服务层包括基础管理服务、数据管理服务以及安全接入与数据传输加密服务,同时支撑平台层以及应用层的云边协同^[16-17]。

3.2.1 基础资源层设计

(1) 外部接口。边缘物联智能终端在对外接口上支持各类现场感知型设备的直接接入,通信方式支持 PLC、RS485、Zigbee、LoRa 等,且具备足够的输入输出节点容量,确保现有设备接入并满足后续扩展,还应具备丰富的网络接口,支持各站终端以光纤、以太网以及专用 VPN 等方式进行网络级联。

(2) 网络。随着设备、传感器的不断接入,对网络管理、控制以及时延等要求会越来越高,特别是要能够保障那些带有控制功能的设备响应,传统的 CAC 不具备网络管理功能,对于设备的接入均为手工配置,也无法对设备控制指令进行实时响应。因此,在网络管理上引入软件定义网络架构,实现网络匹配业务的快速变化,并通过控制器对网络进行统一管理,使得网络可以根据定制化业务进行灵活配置,同时为上层平台及应用提供标准的北向接口,实现应用层面的快速集成和对接,并通过时间敏感网络提升工业以太联接的实时性。

(3) 计算。面对大量异构设备的实时数据,边缘物联智能终端既要处理流式数据,也要处理非结构化数据。因此通过集成“CPU+GPU”或“CPU+FPGA”等异构计算单元,实现不同指令集和体系架构融合,支撑异构设备协同大数据计算场景。另外,将深度学习等人工智能算法在边缘侧与异构计算核心进行融合,通过引入轻量级的学习模型或经过训练的学习模型来提升计算效率和质量^[18]。

(4) 存储。时序数据库(time series database, TSDB)是广泛应用于物联网设备监控系统以及电力监测系统等行业场景的专业数据库,为了确保数据的准确和完整性,TSDB 需要不断插入新的时序数据,而不是更新原有数据。经过实际测试验证,TSDB 对于节省存储空间以及降低 I/O 占用均有显著改善,这一数据库特性对于提升边缘侧海量数据

查询、计算、分析效率效果显著。

(5) 虚拟化框架。虚拟化框架主要解决边缘计算服务框架对不同硬件平台的适配,通过虚拟化技术降低系统开发和部署成本,并支持实时性要求较高的嵌入式系统。基于边缘物联智能终端对于实时性需求和各站当前前置系统运行的操作系统差异化的实际情况,考虑采用裸金属架构,即将虚拟机管理器(Hypervisor)直接运行在系统硬件平台上,然后运行操作系统和虚拟化功能。

3.2.2 应用层设计

基于对海量数据即时分析处理的需求,边缘物联智能终端需能满足对事件的快速响应,加速对流数据持续分析。针对流数据大量、连续、快速、随时间变化快等特点,流数据分析需能过滤重复、失效或噪声数据,并对异常数据进行聚合分组,通过多元特征量数据异常检测模型快速识别设备异常状态,并及时发送状态预警信息。具体实现以变压器在线监测为例,在边缘计算框架引入 K-means 及 Canopy 等聚类算法,建立多元特征量数据点的异常检测模型,通过基于时间序列和滑动窗口对多维的变压器在线监测数据进行筛选,记录异常点的发生时间和类型,建立候选异常数据集合的判断模型,判断异常时刻与异常类型,实现在线监测数据的分类与异常数据提取,相较于现有的基于阈值判断的告警方式,能够提升一体化在线监测告警事件报送的准确率^[1-4]。基于边缘计算框架和深度学习算法的在线监测异常数据处理流程如图 4 所示。

由图 4 可知,站端的感知装置将采集的数据发送至边缘物联智能终端,终端对上送的数据进行解析和识别,并根据解析出的数据类型判断采用何种异常检测模型对数据进行异常识别,若经检测模型判断出现异常数据,则直接调用深度学习算法库已训练好的故障识别模型对该数据进行判断,同时结合历史数据进行多判据分析,从而诊断出异常数据标识状态的异常类型。如果是故障状态或者传感器异常状态,则直接生成相应的告警事件,并优先传送至平台进行发布;若识别为噪声数据则直接丢弃,从而有效降低在线监测的告警误报率。

另外,对海量非结构化数据,在边缘侧提供实时图像特征提取,关键帧提取等基础功能支持,引入卷积神经网络算法实现终端设备对图像图形的学习、识别及判断,尤其可对主设备红外热成像开展多判据融合分析,实现超温精确预警^[19-21]。

3.2.3 边缘服务层设计

边缘服务层通过调用基础资源层为各类应用

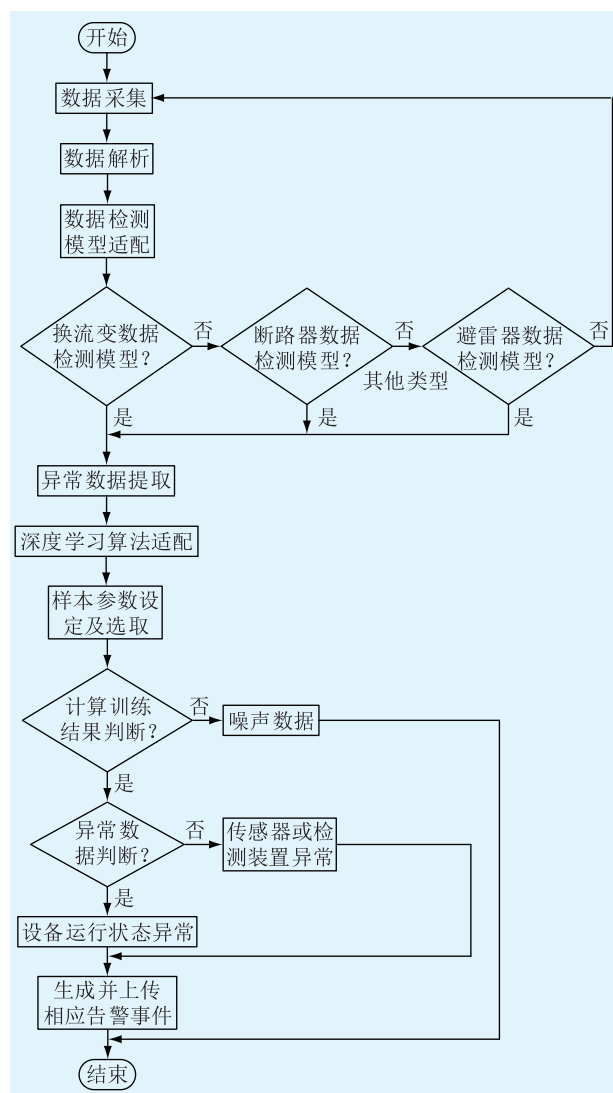


图4 基于深度学习算法的在线监测异常数据检测流程

Fig.4 The process of on-line monitoring anomaly data detection based on deep learning algorithm

功能提供服务及响应,其实质是基于基础层的应用管理,实现支持函数计算、规则引擎和流计算的边缘计算框架,提供图像识别、设备状态预测与判断的智能服务,实现数据协同、管理协同、服务协同等云边协同体系。具体包括:安全服务、管理服务以及数据全生命周期服务^[22-24]。具体如下:

(1) 管理服务。支持面向终端设备、网络设备、服务器、存储以及数据业务与应用的隔离、安全、分布式架构的统一管理服务。

(2) 数据全生命周期管理。边缘数据是在网络边缘侧产生的,包括运行数据、环境数据以及系统数据,数据全生命周期管理主要针对以上数据提供完整的数据服务,包括:数据预处理、数据分发与策略执行以及数据可视化及存储等。

(3) 安全服务。提供设备安全接入以及信息交互的安全通道,由于边缘物联智能终端承载了本地

数据的计算及存储,其安全需求也进一步提升。终端要充分考虑各类设备的安全接入认证以及数据传输的安全防护,站内接入的设备种类多,安全防护标准不统一,一旦设备被恶意控制,就会影响业务的正常开展并对整个网络进行攻击和破坏,造成严重影响。因此,基于异构设备安全接入的防护原则应严格按照最小化原则执行,即建立接入设备的白名单,并能够对已接入终端的异常状态进行监测和隔离。设备安全接入认证流程如图5所示^[22]。

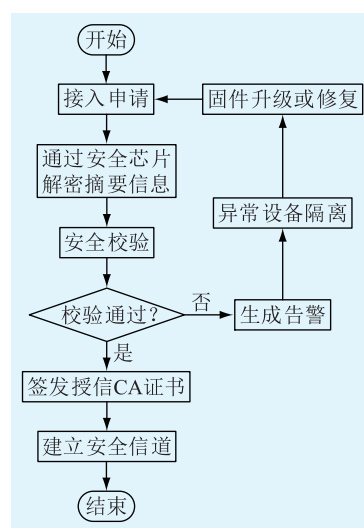


图5 基于安全芯片的终端接入异常识别流程

Fig.5 The process of terminal anomaly access identification based on the security chip

由图5可知,感知采集装置以及物联智能终端接入系统必须要加装安全芯片,同时要在物联管理平台进行注册,通过注册验证的设备,均由物联管理平台统一签发证书,之后才能建立数据传输通道,实现数据安全传输。一旦设备的固件或应用被篡改,则经安全芯片生成的摘要无法通过平台验证,并直接触发平台告警,提示装置异常,隔离相应设备,拒绝其发起的任何请求。只有将设备固件、应用恢复或更新,并解除平台对于该设备的锁定,方能再次进行认证。通过对设备加装安全芯片并部署可信证书签发服务,实现感知层、边缘层与平台层的双向互信认证,严格可信设备接入,有效识别并隔离异常设备。

4 结语

(1) 首先结合换流站在线监测系统在运行中的突出问题进行研究,基于泛在电力物联网构建在线监测新的应用场景并对现有系统进行重构。其次,研究并设计了面向海量传感接入和支撑边缘聚合计算的智能物联终端,通过接入物联管理平台和企

业中台,实现了系统架构由“云-端”模式向平台化、边缘化转变。最后在边缘计算框架下融合深度学习算法实现业务智能分布式应用,有效支撑设备泛在物联、动态感知、数据共享以及安全接入等需求。

(2) 文中以换流站在线监测系统改造为例,构建了泛在电力物联网在直流变电领域全新的应用场景,创新了输变电领域设备泛在物联、数据融通共享的应用模式,实现了“边端分离、云边协同”的建设目标,降低了数据存储压力,提升了服务效率,为输变电领域在线监测系统优化提供了新思路。

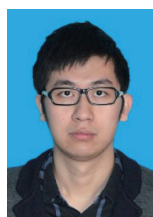
(3) 未来泛在电力物联网全面建设,输变配用等电力系统多个环节将实现全面感知和智慧共享,但针对输变电领域统一边缘物联型终端的接入标准和交互规范,以及统一的信息采集及处理模型仍需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 熊浩,孙才新,廖瑞金,等. 基于核可能性聚类算法和油中溶解气体分析的电力变压器故障诊断研究[J]. 中国电机工程学报,2005,25(20):162-166.
XIONG Hao,SUN Caixin,LIAO Ruijin, et al. Study on Kernel-based possibilistic clustering and dissolved gas analysis for fault diagnosis of power transformer[J]. Proceedings of the CSEE, 2005,25(20):162-166.
- [2] 齐波,张鹏,徐茹枝,等. 基于分布模型的变压器差异化预警值计算方法[J]. 高电压技术,2016,42(7):2290-2298.
QI Bo,ZHANG Peng,XU Ruzhi, et al. Calculation method on differentiated warning value of power transformer based on distribution model[J]. High Voltage Engineering,2016,42(7):2290-2298.
- [3] 严英杰,盛戈峰,刘亚东,等. 基于滑动窗口和聚类算法的变压器状态异常检测[J]. 高电压技术,2016,32(12):4020-4025.
YAN Yingjie, SHENG Gehao, LIU Yadong, et al. Anomalous state detection of power transformer based on algorithm sliding windows and clustering[J]. High Voltage Engineering,2016,32(12):4020-4025.
- [4] 荣智海,齐波,张鹏,等. 基于油中溶解气体 Canopy 高维模型的变压器异常状态快速识别方法[J]. 中国电机工程学报,2018,38(13):3987-3996.
RONG Zhihai, QI Bo, ZHANG Peng, et al. Anomalous state detection of dissolved gases in transformer oil based on the canopy hyper sphere model[J]. Proceedings of the CSEE,2018,38(13):3987-3996.
- [5] 寇伟. 守正创新,担当作为,奋力开创世界一流能源互联网企业建设新局面[R/OL]. (2019-01-20) [2019-07-01]. http://www.sgcc.com.cn/html/sgcc_main/col2017021230/2019-01/17/20190117230510074872247_1.shtml.
KOU Wei. Keeping in good faith and taking responsibility as a new situation in building a world-class energy Internet enterprise [R/OL]. (2019-01-20) [2019-07-01]. http://www.sgcc.com.cn/html/sgcc_main/col2017021230/2019-01/17/20190117230510074872247_1.shtml.
- [6] 国家电网公司生产技术部. 输变电设备状态监测系统技术导则: Q/GDW 561—2010[S]. 北京:中国电力出版社,2010. State Grid Corporation Production Technology Department. Technical guide for power transmission and transformation equipment condition monitoring system: Q/GDW 561—2010 [S]. Beijing: China Electric Power Press, 2010.
- [7] 赵诣,侯英洒,曹文东. 边缘计算在超高压变电站综自系统中的应用探究[J]. 电力大数据,2019,22(3):44-48.
ZHAO Yi, HOU Yingsa, CAO Wendong. Study on application of edge computing in EHV substation SCADA system[J]. Power System and Big Data, 2019,22(3):44-48.
- [8] 杨挺,翟峰,赵英杰,等. 泛在电力物联网释义与研究展望[J]. 电力系统及其自动化,2019,43(13):9-18.
YANG Ting, ZHAI Feng, ZHAO Yingjie, et al. Interpretation and research prospect of ubiquitous power internet of things[J]. Automation of Electric Power Systems,2019,43(13):9-18.
- [9] 工业互联网产业联盟. 边缘计算参考架构 2.0[J]. 自动化博览,2018(2):54-56.
Industrial Internet Industry Alliance. Edgecomputing reference architecture 2.0 [J]. Automation Expo, 2018(2): 54-56.
- [10] 谢玮,夏水斌,何行,等. 基于边缘计算的电力末端融合系统的优化[J]. 电测与仪表,2019,56(16):61-66.
XIE Wei, XIA Shuibin, HE Xing, et al. Optimization of power end fusion system based on edge computation [J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2019,56(16):61-66.
- [11] 江秀臣,刘亚东,傅晓飞,等. 输配电设备泛在电力物联网建设思路与发展趋势[J]. 高电压技术,2019,45(5):1345-1351.
JIANG Xiuchen, LIU Yadong, FU Xiaofei, et al. Construction ideas and development trends of transmission and distribution equipment of the ubiquitous power internet of things[J]. High Voltage Engineering, 2019,45(5):1345-1351.
- [12] 刘建明,赵子岩,季翔. 物联网技术在电力输配电系统中的研究与应用[J]. 物联网学报,2018(1):88-102.
LIU Jianming,ZHAO Ziyang,JI Xiang. Research and application of internet of things in power transmission and distribution system[J]. Chinese Journal on Internet of Things,2018(1):88-102.
- [13] 国网互联网部. 泛在电力物联网建设大纲[EB/OL]. (2019-03-10) [2019-07-01]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1627631245232851888&wfr=spider&for=pc>.
State Grid Internet Department. Ubiquitous power internet of things construction outline [EB/OL]. (2019-03-10) [2019-07-01]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1627631245232851888&wfr=spider&for=pc>.
- [14] BU Fanyu, WANG Xin. A smart agriculture IoT system based on deep reinforcement learning[J]. Future Generation Computer Systems,2019,99:500-507.
- [15] 王洪勉,孙慧,郑利斌,等. 泛在电力物联网智联单元设计与实现[J]. 供用电,2019,36(6):5-9,28.

- WANG Hongmian, SUN Hui, ZHENG Libin, et al. Design and implementation of wisdom unit in the ubiquitous internet of things in Electricity [J]. Distribution & Utilization, 2019, 36(6):5-9,28.
- [16] 蔡月明,封士永,杜红卫,等. 面向泛在电力物联网的边缘节点感知自适应数据处理方法[J]. 高电压技术, 2019, 45(6):1715-1722.
- CAI Yueming, FENG Shiyong, DU Hongwei, et al. Novel edge-ware adaptive data processing method for the ubiquitous electric power internet of things[J]. High Voltage Engineering, 2019, 45(6):1715-1722.
- [17] 黄云程,高阿娜,王翌,等. 变压器油色谱在线监测数据甄别与清洗技术[J]. 电力科学与工程, 2019, 35(6):37-43.
- HUANG Yuncheng, GAO Ana, WANG Yi, et al. Screening and cleaning technology of transformer oil chromatographic online monitoring data[J]. Electric Power Science and Engineering, 2019, 35(6):37-43.
- [18] 苗莉. 边缘计算环境下安全防御模型及算法研究[D]. 北京:北京科技大学, 2019.
- MIAO Li. Research on security defence model and algorithm in edge computing [D]. Beijing: Beijing University of Science and Technology, 2019.
- [19] 葛畅,白光伟,沈航,等. 基于边缘计算的视频监控框架[J]. 计算机工程与设计, 2019, 40(1):32-39.
- GE Chang, BAI Guangwei, SHEN Hang, et al. Edge computing based video surveillance framework [J]. Computer Engineering and Design, 2019, 40(1):32-39.
- [20] 肖云飞. 基于边缘计算和深度学习的车道保持系统设计与实现[D]. 南京:南京大学, 2018.
- XIAO Yunfei. The design and implementation of lane-keeping system based on edge computing and deep learning [D]. Nanjing: Nanjing University, 2018.
- [21] ZHAO Xianlong, YANG Kexin, CHEN Qimei, et al. Deep learning based mobile data offloading in mobile edge computing systems [J]. Future Generation Computer Systems, 2019, 99:346-355.
- [22] 华为技术有限公司. 物联网安全技术白皮书(2018版):安全架构的不断演进[R/OL]. (2018-10-23) [2019-07-01]. https://www.huawei.com/minisite/iot/img/iot_security_white_paper_2018_v2_cn.pdf.
- Huawei Technologies Co., Ltd. IoT security technology white paper (2018 Edition): the evolution of security architecture [R/OL]. (2018-10-23) [2019-07-01]. https://www.huawei.com/minisite/iot/img/iot_security_white_paper_2018_v2_cn.pdf.
- [23] 张佳乐, 赵彦超, 陈兵, 等. 边缘计算数据安全与隐私保护研究综述[J]. 通信学报, 2018, 39(3):1-21.
- ZHANG Jiale, ZHAO Yanchao, CHEN Bing, et al. Survey on data security and privacy-preserving for the research of edge computing [J]. Journal on Communications, 2018, 39(3):1-21.
- [24] 殷树刚,许勇刚,李祉岐,等. 基于泛在电力物联网的全场景网络安全防护体系研究[J]. 供用电, 2019, 36(6):83-89.
- YIN Shugang, XU Yonggang, LI Zhiqi, et al. Research on full-scenario network security protection system adapted to the ubiquitous internet of things in electricity [J]. Distribution & Utilization, 2019, 36(6):83-89.

作者简介:



吕继伟

吕继伟(1987),男,硕士,工程师,从事电网调控自动化、信息化运行管理工作(E-mail: jiwei_lv@163.com)。

Optimization survey of online monitoring system for converter station based on ubiquitous power IoT

LYU Jiwei

(State Grid Co., Ltd. DC Technology Center, Beijing 100052, China)

Abstract: In order to solve the problems of reliability, safety and frequent false alarms in the current operation of the online monitoring system of converter station, a system based on the ubiquitous power IoT advanced technology is reconstructed in this paper. By constructing the platform layer, the system is connected to the IoT management platform and the enterprise mid-station, which realizes the fusion sharing of DC device operation data, reduces the cloud data storage pressure and improves the system service response. Secondly, the intelligent terminal based on the edge computing framework to realize the safe access and ubiquitous connection of various online monitoring devices is designed. The device is deployed as an edge computing node, integrating the algorithm of deep learning to realize the station-side data acquisition, storage, analysis and anomaly identification, which improves the accuracy of the alarm and system operation reliability. Therefore, the optimization of the online monitoring system architecture of the converter station based on the ubiquitous power IoT provides a typical application model for subsequent engineering practice.

Keywords: ubiquitous power internet of things; edge computing; online monitoring; deep learning; converter station

(编辑 方晶)