

文章编号:1671-6833(2022)05-0104-07

智慧换流站云边协同数据交互方法

刘 昊¹, 张景超², 毛万登¹, 马士棋³, 姜 欣³, 金 阳³

(1. 国网河南省电力公司 电力科学研究院, 河南 郑州 450052; 2. 国网河南省电力公司, 河南 郑州 450052; 3. 郑州大学 电气工程学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 智慧换流站作为泛在电力物联网建设中的关键一环, 在建设过程中面临数据共享不充分、未能充分发掘数据价值等问题, 为此, 面向智慧换流站建设提出了一种基于云边协同的数据交互方法。首先, 以边缘计算与容器化技术为基础, 以时延最短为目标, 结合基于权值算法的本地通用服务器计算资源分配策略, 提出一种边缘物联代理模型。在此基础上, 以时延最短为目标, 提出基于任务规模大小的边缘计算任务卸载至云端的任务卸载策略, 确定云边协同策略。最后以河南省内某换流站监测系统为例, 油色谱数据经站内边缘物联代理预处理后, 上传至远程云平台, 通过本地数据预处理与远程数据分析与挖掘, 最终开发出掌上油色谱微应用, 数据传输的完整率与准确率均为 100%, 数据传输时延控制在 150 ms 左右, 并且上下浮动在 15 ms 以内, 达到实际工程应用的要求, 验证了所提方案的准确性, 使得专业人员能够及时准确地把握站内变压器运行情况, 提高了换流站运行的稳定性与安全性, 提升了数据价值。

关键词: 电力物联网; 智慧换流站; 边缘物联代理; 云边协同; 数据交互

中图分类号: TN919.1

文献标志码: A

doi:10.13705/j.issn.1671-6833.2022.05.017

0 引言

随着泛在电力物联网^[1]建设的推进以及状态监测技术的发展, 换流站产生了规模庞大的监测数据。受换流站本地软硬件资源的限制, 这些监测数据蕴含的价值未能充分发掘。云边协同技术^[2]的发展, 为上述问题的解决提供了思路。在靠近设备侧, 部署边缘物联代理, 对采集终端监测的数据进行简单处理, 提高数据处理的实时性。经过处理的数据进一步上传至远程云端, 依托云平台丰富的软硬件资源, 可以对数据进行深度挖掘和规模化处理, 进一步提升换流站的运行效率。

20 世纪 90 年代, Akamai 公司提出的“内容分发网络”可视为边缘计算的起源^[3]。自 2015 年边缘计算首次进入到高德纳公司的技术成熟度曲线(hype cycle), 边缘计算技术在通信、制造业高速发展起来^[4]。2017 年, 丰田、英特尔等公司成立了汽车边缘计算联盟(automotive edge computing consortium, AECC), 为构建汽车互联网奠定了技术和产业基础, 包括智能驾驶、实时地图和

基于云计算的驾驶辅助, 帮助汽车大数据管理更加智能和高效^[5]。

相比于边缘计算技术在通信制造行业的快速发展, 直到近年, 关于边缘计算与云边协同技术在构建电网智慧物联体系作用的研究才逐渐增加。孙浩洋等^[6]阐述了边缘计算在构建配电网中的重要作用; 王振刚等^[7]从分布式控制的角度, 构建微电网 CPS 模型, 并提出评估其稳定性的指标; 龚钢军等^[8]提出了基于边缘计算的主动配电网 PTN 物理架构模型; 面向智慧物联体系的边缘节点感知自适应数据处理方法, 蔡月明等^[9]提出了感知自适应数据处理方法; 白昱阳等^[10]分析了边缘计算技术在解决电力系统面临的实时性高、数据周期短、任务复杂等难题可行性与实用性, 总结了相应方案。但是, 基于云边协同技术, 尚缺乏对换流站监测数据进行深度挖掘以提升换流站数据交互能力方面的研究。

本文针对上述问题, 提出了一种面向智慧换流站建设的数据交互方法。首先, 以边缘计算与容器化技术为基础, 以时延最短为目标, 结合基于权值算法的本地通用服务器计算资源分配策略,

收稿日期: 2021-12-01; 修订日期: 2022-04-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(52177223); 国网河南省电力公司科技项目(52170220009H)

通信作者: 金阳(1989—), 男, 河南洛阳人, 郑州大学教授, 博士, 主要从事储能技术研究, Email: yangjin@zhu.edu.cn。

提出一种边缘物联代理模型。在此基础上以时延最短为目标提出基于任务规模大小的边缘计算任务卸载至云端的任务卸载策略,确定云边协同策略。最后以河南省内某换流站监测系统为例,油色谱数据经站内边缘物联代理预处理后,传输至远程云平台,通过本地数据预处理与远程数据分析与挖掘,最终开发出掌上油色谱微应用,数据传输时延控制在 150 ms 左右,验证了本文所提方案的准确性。

1 智慧换流站数据通信架构

智慧换流站建设已有一定基础,即国家电网公司先前推进的智能换流站建设工程。典型的智能换流站架构是 3 层 2 网架构^[11],如图 1 所示。

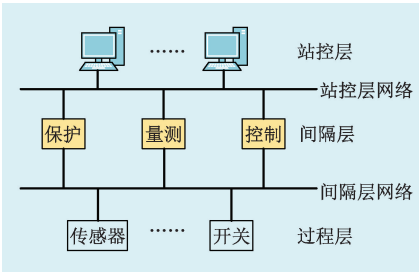


图 1 智慧换流站 3 层 2 网架构

Figure 1 Three-layer two-network architecture of intelligent converter station

由图 1 可知,站控层包括各种监控主机,用以汇集全站各类量测信息,加以分析处理;间隔层包括各种二次设备,具有保护、量测、控制等功能;过程层包括各种一次设备,例如开关、刀闸、传感器等。2 网包括站控层网络与过程层网络。站控层网络负责站控层与间隔层以及站控层内部的通信;过程层网络负责过程层与间隔层之间的通信^[11]。

3 层 2 网架构实现了站内数据及时高效流动,但仍存在以下不足:监测数据不全面,主要监测换流站各主辅设备运行状态;数据仅局限在站内流动,未能实现共享;数据价值未能充分发掘^[12]。

基于以上分析,参考一般物联网架构,并根据换流站感知内容可大致分为设备监测、环境监测以及人员作业监测 3 类特点,本文制定如图 2 所示的智慧换流站数据通信架构,自下至上分别为感知层、网络层、平台层、应用层^[13]。数据传输过程如下:感知层中的采集终端负责监测换流站中主辅设备、人员作业、内外环境等信息,将监测得到的数据向上传输至感知层中的边缘物联代理,经过边缘物联代理本地处理完成部分决策,数据

经边缘物联代理通过网络层传输至平台层与应用层,完成远程云端的设备管理、数据存储与应用开发等高级功能。

基于图 2 智慧换流站的整体数据架构,在数据传输过程中需对以下两方面加以分析:①构建恰当的边缘物联代理模型以减少处理来自采集终端的多任务时延;②在边缘物联代理向云平台传输数据的过程中,确定适用于智慧换流站的云边协同机制以减小数据传输时延。

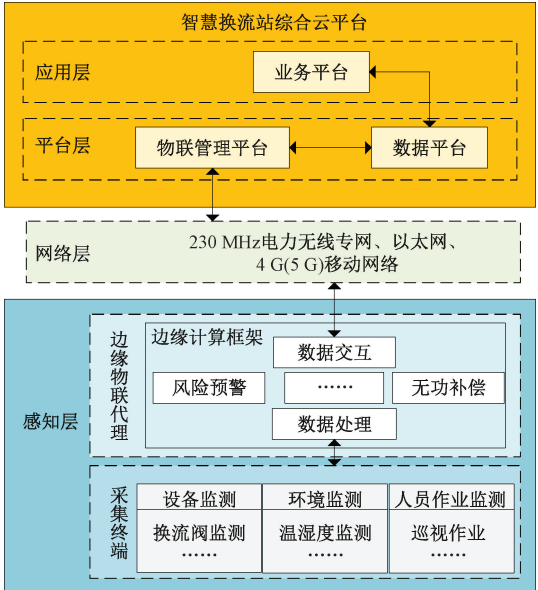


图 2 智慧换流站整体数据架构

Figure 2 Architecture of intelligent converter station

2 边缘物联代理模型

2.1 边缘计算与容器

智慧换流站中,边缘物联代理^[14]部署在通用服务器架构上,结合边缘计算与容器技术调配服务器软硬件资源,实现监测数据就地处理,缩短处理时延,提高运行效率,边缘物联代理架构如图 3 所示。

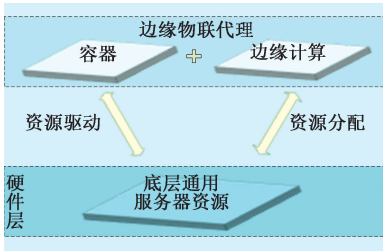


图 3 边缘物联代理架构

Figure 3 Framework of edge Internet of Things agent

容器可将操作系统资源合理划分并打包,与 APP 概念相结合,通过把各功能模块运行在不同的容器里,使各个 APP 之间相对独立,可以缩短单个功能的响应时间,减少资源使用^[15]。

边缘计算负责完成本地决策处理,实现中小规模数据本地处理^[16]。由于采集终端数量众多,在一段时间内,边缘物联代理会接收到大量数据处理任务,故其核心在于多任务处理过程中的计算资源分配策略,恰当的计算资源分配策略会减少数据处理时间,提升换流站运行效率。

2.2 基于权值算法的本地通用服务器计算资源分配策略

智慧换流站内监测终端众多,以换流站中油色谱监测系统为例,各主变、备用主变、换流变等各装备上均配有相应监测系统,实际测点可达几百个,需制定合理的本地服务器计算资源分配策略以减小任务计算时间以及传输时延,故本节提出如下假设:

设换流站内有一组采集终端,共 $n+1$ 个,在某段时间内,每个采集终端向边缘物联代理发送一个计算任务,总计 $n+1$ 个任务,可表示为 $M = \{M_0, M_1, \dots, M_n\}$,根据换流站实际运行需求可得到 $n+1$ 个任务基于优先级的排序序列 $A_{c\lambda}$, c 为任务序号, λ 为计算任务的优先级,对 $n+1$ 个任务进行优先级排序, λ 为 $0 \sim n$ 的自然数,并且 0 代表优先级最高, n 为最低,则优先级序列可记为 $\{A_{a_1 0}, A_{a_2 1}, \dots, A_{a_n n}\}$,计算资源为 R_c ,则有^[17]

$$\begin{cases} R_{c0} = \lambda_1 R_c; \\ R_{c1} = \lambda_2 R_c; \\ \vdots \\ R_{cn} = \lambda_n R_c. \end{cases} \quad (1)$$

式中: R_{cn} 为第 $n+1$ 个优先级任务得到的计算资源。

根据式(1)可知,采集终端产生的任务最终分配得到的计算资源由 λ 决定,故通过引入权值算法以计算系数 λ 的大小。由前述可知,对于 λ 系数,可以有以下结论:

$$\begin{cases} 0 \leq \lambda_n < \dots < \lambda_1 < \lambda_0 \leq 1; \\ \lambda_0 + \lambda_1 + \dots + \lambda_n = 1; \\ \lambda_n = \frac{A_{a_x n}}{\sum_{k=0}^n A_{a_x n}} \cdot \frac{d_{Ba_x}}{R_c} \cdot \frac{d_{Ba_x}}{\sum_{k=0}^n d_{Ba_x}} \cdot \delta. \end{cases} \quad (2)$$

式中: δ 为 λ_k 的归一化系数; $k \in [0, n]$ 且 $k \in N$ 。

根据上述的计算就可以对计算的资源进行合理的分配,达到资源的最大使用率。

任务所需时间表示为

$$t_c = \max \{t_{c0}, t_{c1}, \dots, t_{cn}\}. \quad (3)$$

式(3)中没有计及算取排序序列和调取任务

的时间。

由于各功能模块在不同容器中运行,各容器相对独立,因此各计算任务也相对独立,这样,减小计算任务处理时间问题可转化为目标集合内最优解问题,所以,时延的数学模型可以表示为

$$\min t_c = \begin{cases} R_{ck} = \lambda_n R_k; \\ 0 \leq \lambda_n < \dots < \lambda_1 < \lambda_0 \leq 1; \\ \lambda_0 + \lambda_1 + \dots + \lambda_n = 1; \\ \lambda_n = \frac{A_{a_x n}}{\sum_{n=1}^k A_{a_x n}} \cdot \frac{d_{a_x}^D}{R_c} \cdot \frac{d_{a_x}^D}{\sum_{n=1}^k d_{a_x}^D} \delta; \\ \sum_{k=0}^n b_k^T \leq B. \end{cases} \quad (4)$$

式中: $d_{a_x}^D$ 为计算数据的大小; $a_x \in [0, n]$; b_k^T 为任务 T 计算时请求的传输链路的带宽; B 为传输链路的总带宽; $k \in [0, n]$ 且 $k \in N$ 。

本节的思想是通过上述约束,为换流站采集终端产生的计算任务分配恰当的权值计算资源来达到总任务处理最小化时延的结果,具体步骤如下。

(1)由换流站运行经验或专业人员计算得到优先级序列和任务数据量参数。

(2)采用归一化系数结合有关参数来设定任务的加权值。

(3)基于权值算取各任务分配的计算资源。

3 云边协同策略

将部分边缘计算任务卸载至云端,是为了利用云端丰富的计算资源缩短任务处理时延。基于此,本节提出了基于时间尺度的边缘计算任务是否卸载至云端的判定方法。设在某段运行时间内,边缘物联代理有一待执行任务 T ,在边侧执行任务计算需用时间为 t_T ;若任务卸载到云平台执行,所需运算时间为 t_c ;自边侧任务卸载组件进行卸载至边侧收回云端计算结果为 t_r ,当上述变量满足式(5)关系式时可以选择对本地任务进行计算卸载调用^[18]:

$$t_T > t_c + t_r. \quad (5)$$

在上述变量中, t_T 和 t_r 与边缘物联代理实时运行状态和通信网络实时状况息息相关,无法提前确定数值用于式(5)的计算以判定是否进行边缘计算任务卸载。因此,本节通过寻找基准函数,设边侧设备的 CPU 时钟周期为 C ,边缘物联代理对任务 T 计算所需时钟周期数为 C_T ;计算参考任

务 R 的运算时间为 t_R , 计算任务 R 所需时钟周期数为 C_R , 有

$$\begin{cases} C_T C = t_T; \\ C_R C = t_R. \end{cases} \quad (6)$$

式(6)中两式相除得

$$\frac{C_T}{C_R} = \frac{t_T}{t_R}. \quad (7)$$

设 R_a 为边缘物联代理计算任务 T 与计算任务 R 所需时钟周期数之比, 得

$$t_T = t_R R_a. \quad (8)$$

换流站运行时, 边缘物联代理执行任务卸载至收到云端计算结果时间 T_r 可通过预演得到, 比值 R_a 可通过基准函数确定单元计算得到。由此, t_T 可计算得到估测值; 同理, 参考任务 R 的运算时间 t_R 可计算得到估测值, 最后通过式(5)判断是否进行边缘计算任务卸载至云端进行。

4 算例分析

衡量数据通信质量的指标主要包括数据传输速率及误码率^[19], 本节参考以上指标, 并以计算简便为原则, 提出下述衡量本文数据交互方法可行性的标准并对本文框架下数据传输的效果加以分析。

4.1 准确性

为验证本文数据交互方案的准确性, 定义以下 2 个公式对数据传输质量进行评估。

数据完整率^[19]:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^{100} x_i}{\sum_{i=1}^{100} r_i} \times 100\%。 \quad (9)$$

式中: x_i 表示第 i 台设备上传至物管平台的数据量; r_i 表示第 i 台设备本地产生的原始数据总量; B 表示系统上传数据的完整率。

数据完整率表征的是数据传输过程中数据本身有无丢包现象, 数据完整率越高, 表明数据传输质量越高。

数据准确率^[19]:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^7 n_i}{N} \times 100\%。 \quad (10)$$

式中: n_i 表示第 i 种气体上传至物管平台准确的数据量; N 表示所有监测气体上传至物管平台的数据总量; A 表示某一设备的数据准确率。数据准确率表征的是数据传输过程中抵抗干扰的能力, 准确率越高, 表明传输过程抗干扰能力越强,

数据传输质量越高。

图 4 为编号 17M00000000061978 的油色谱设备在某段时间氢气边侧与云端数据对比图, 计 30 条数据。经对比, 边缘物联代理装置发出的数据与云平台所收到的数据量相同, 因此数据完整率达到了百分之百。边缘物联代理装置发出的数据与物联管理平台所收到的数据信息也相同, 因此数据准确率也达到了百分之百。

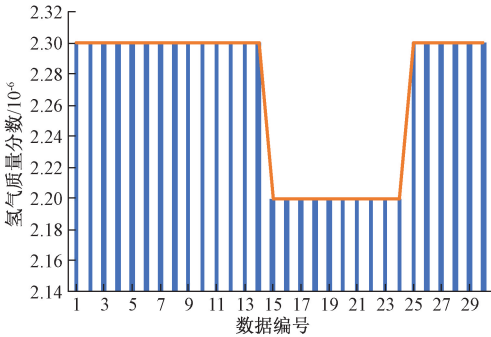


图 4 编号 17M00000000061978 数据
Figure 4 Data of Id 17M00000000061978

在该换流站内随机抽取 50 台油色谱设备, 利用式(9)、式(10)对每台设备某一时段内数据传输的数据完整率与数据准确率进行计算, 得到如图 5 所示的计算结果。由图 5 中结果可知, 50 台油色谱设备的数据完整率与数据正确率均为百分之百, 数据的准确性得到了可靠的保证。

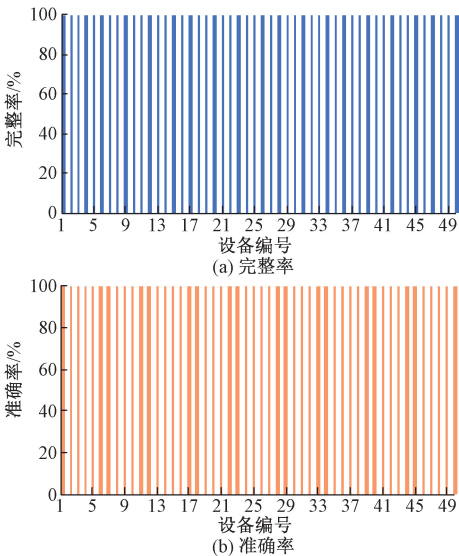


图 5 油色谱数据传输正确性分析
Figure 5 Analysis of oil chromatography data transmission

4.2 时延

数据传输过程的另一主要指标为时延, 本文定义以下公式对数据传输时延进行分析。

最大时延:

$$t_{\max} = \max(t_1, t_2, \cdots, t_n)。$$
 (11)

式中: t_1, t_2, \cdots, t_n 为这组数据中传输每项数据的时延大小,取其中最大值得到最大时延 t_{\max} 。最大时延用以表征数据传输过程中所需的最大时间。最大时延越小,数据传输所用时间越短。

平均时延:

$$t_{\text{ave}} = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{k}。$$
 (12)

式中: t_i 为这组数据中传输每项数据的时延大小; k 为数据量。平均时延 t_{ave} 表征的是传输一组数据所用时延的平均值,平均时延值越小,数据传输的速率越高。

时延标准差:

$$t_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (t_i - t_{\text{ave}})^2}{k}}。$$
 (13)

时延标准差 t_s 表征的是在传输一组数据过程中,传输单个数据时延偏离平均时延程度的大小,时延标准差越小,数据传输的稳定性越好。

图 6 是一油色谱设备传输数据一组数据时延分布图。边缘物联代理装置传输数据的时延分布在 150~200 ms 之间,可以满足数据实时处理的需求。

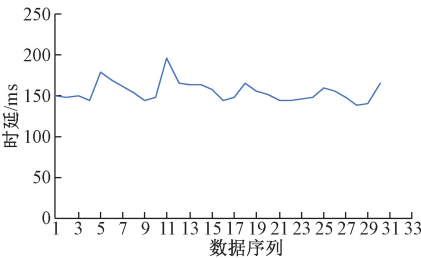


图 6 编号 17M0000000061978 传输时延
Figure 6 Transmission delay of Id 17M0000000061978

对该组数据传输时延的最大时延、平均时延与时延标准差进行计算得到如表 1 所示的结果,数据传输速率与稳定性均达到较高水平^[20]。

表 1 数据传输时延分析

Table 1 Cloud edge interactive theme			ms
最大时延 t_{\max}	平均时延 t_{ave}	时延标准差 t_s	
197	155	12	

随机抽取 30 台油色谱设备,分别对某段时间内的平均时延与时延标准差进行计算,得到如图 7 所示结果。根据图 7 中结果显示,30 台设备的平均时延分布在 149~160 ms,时延标准差分布在 9~15 ms,可满足数据传输实时性与稳定性的要求。

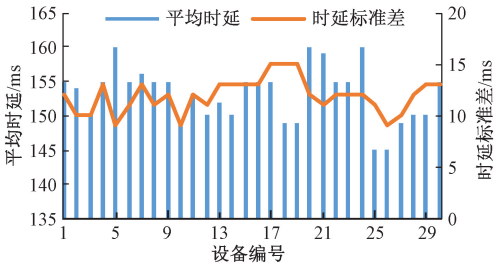


图 7 30 台设备时延分布
Figure 7 Delay distribution of 30 devices
4.3 掌上油色谱 APP 应用

如图 8 所示,掌上油色谱应用主要功能包含了油色谱在线监测数据展示和对在线监测数据的历史数据的曲线展示(灰色标注表示该气体不在此设备监测范围)。

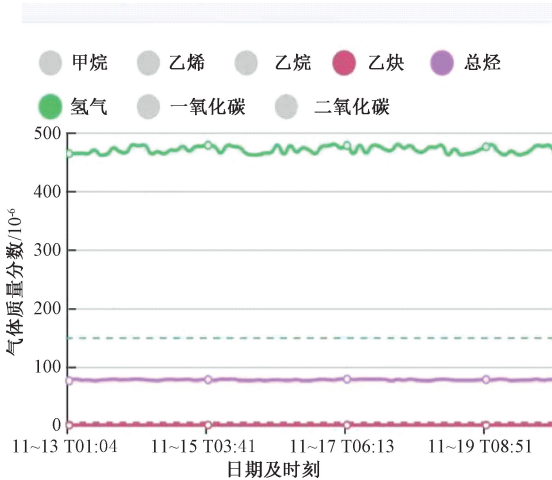


图 8 油色谱应用界面
Figure 8 Oil chromatography application interface

5 结论

本文研究了面向智慧换流站的信息交互技术。首先分析了适用于智慧换流站的边缘物联代理技术,提出基于边缘计算与容器技术的边缘物联代理模型;确定以时延最小为目标的边缘计算任务卸载至云端的云边协同机制。本文研究的智慧换流站信息交互方法,有利于推进国家电网公司智慧物联体系建设在变电侧的应用,提升换流站的综合管理水平与效率。在未来智慧物联体系建设中还需进一步研究边缘物联代理装置的配置方式,云边协同技术,深入展开适用于源网荷储等电力系统各个组成部分的智慧物联框架,推进相关场景的示范应用,助力“碳达峰、碳中和”目标的实现^[21]。

参考文献:

[1] YAN Z, ZENG L, XI C, et al. Study of architecture

- of power internet of things[C]//IET International Conference on Communication Technology and Application. London: IET, 2012:718-722.
- [2] MOON J, CHO S, KUM S, et al. Cloud-edge collaboration framework for IoT data analytics[C]//2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC). Piscataway: IEEE, 2018:162-171.
- [3] PALLIS G, VAKALI A. Insight and perspectives for content delivery networks[J]. Communications of the acm, 2006, 49(1): 101-106.
- [4] 曹乐. 多接入边缘计算架构下可靠性保障的计算卸载算法研究[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2020.
- CAO L. Research on computational offloading algorithms with reliability guarantee in multi-access edge computing [D]. Xiangtan: Xiangtan University, 2020.
- [5] 施巍松, 张星洲, 王一帆, 等. 边缘计算: 现状与展望[J]. 计算机研究与发展, 2019, 56(1): 69-89.
- SHI W S, ZHANG X Z, WANG Y F, et al. Edge computing: state-of-the-art and future directions[J]. Journal of computer research and development, 2019, 56(1): 69-89.
- [6] 孙浩洋, 张冀川, 王鹏, 等. 面向配电物联网的边缘计算技术[J]. 电网技术, 2019, 43(12): 4314-4321.
- SUN H Y, ZHANG J C, WANG P, et al. Edge computation technology based on distribution Internet of Things[J]. Power system technology, 2019, 43(12): 4314-4321.
- [7] 王振刚, 陈渊睿, 曾君, 等. 面向完全分布式控制的微电网信息物理系统建模与可靠性评估[J]. 电网技术, 2019, 43(7): 2413-2421.
- WANG Z G, CHEN Y R, ZENG J, et al. Modeling and reliability assessment of completely distributed microgrid cyber physical system[J]. Power system technology, 2019, 43(7): 2413-2421.
- [8] 龚钢军, 罗安琴, 陈志敏, 等. 基于边缘计算的主动配电网信息物理系统[J]. 电网技术, 2018, 42(10): 3128-3135.
- GONG G J, LUO A Q, CHEN Z M, et al. Cyber physical system of active distribution network based on edge computing[J]. Power system technology, 2018, 42(10): 3128-3135.
- [9] 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]. 高压技术, 2019, 45(6): 1715-1722.
- CAI Y M, FENG S Y, DU H W, 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.
- [10] 白昱阳, 黄彦浩, 陈思远, 等. 云边智能: 电力系统运行控制的边缘计算方法及其应用现状与展望[J]. 自动化学报, 2020, 46(3): 397-410.
- BAI Y Y, HUANG Y H, CHEN S Y, et al. Cloud-edge intelligence: status quo and future prospective of edge computing approaches and applications in power system operation and control[J]. Acta automatica sinica, 2020, 46(3): 397-410.
- [11] 陈宏, 夏勇军. 智能变电站自动化系统结构综述[J]. 湖北电力, 2010, 34(增刊1): 66-67.
- CHEN H, XIA Y J. Overview of intelligent substation automation system structure [J]. Hubei electric power, 2010, 34(S1): 66-67.
- [12] 杨挺, 翟峰, 赵英杰, 等. 泛在电力物联网释义与研究展望[J]. 电力系统自动化, 2019, 43(13): 9-20, 53.
- YANG T, ZHAI F, ZHAO Y J, et al. Explanation and prospect of ubiquitous electric power Internet of Things [J]. Automation of electric power systems, 2019, 43(13): 9-20, 53.
- [13] 吕军, 栾文鹏, 刘日亮, 等. 基于全面感知和软件定义的配电物联网体系架构[J]. 电网技术, 2018, 42(10): 3108-3115.
- LYU J, LUAN W P, LIU R L, et al. Architecture of distribution Internet of Things based on widespread sensing & software defined technology[J]. Power system technology, 2018, 42(10): 3108-3115.
- [14] 汪恺, 张功萱, 周秀敏. 基于容器虚拟化技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2015, 25(8): 138-141.
- WANG K, ZHANG G X, ZHOU X M. Research on virtualization technology based on container[J]. Computer technology and development, 2015, 25(8): 138-141.
- [15] 杨勇. 基于容器云平台的任务调度优化研究[D]. 桂林: 桂林理工大学, 2021.
- YANG Y. Research on task scheduling strategy based on container cloud platform [D]. Guilin: Guilin University of Technology, 2021.
- [16] 杜羽, 张兆云, 赵洋. 边缘计算在智能电网中的应用综述[J]. 湖北电力, 2021, 45(3): 72-81.
- DU Y, ZHANG Z Y, ZHAO Y. Application review of edge computing in smart grid[J]. Hubei electric power, 2021, 45(3): 72-81.
- [17] 吴设军, 何辅江, 吴高波, 等. 边缘计算技术在变电站施工网络中的新型应用技术[J]. 电子测量技术, 2020, 43(23): 178-182.
- WU S J, HE F J, WU G B, et al. New application technology of edge computing technology in substation

construction network [J]. Electronic measurement technology, 2020, 43(23): 178-182.

[18] 陈航. 云-端模式下的移动计算卸载研究与实现 [D]. 广州: 华南理工大学, 2018.

CHEN H. Research and implementation of mobile computation offloading in cloud-end mode [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2018.

[19] 冯振华. 中短距光纤通信系统关键技术研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2017.

FENG Z H. Investigation of key techniques for short-to-medium reach optical fiber communication system [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2017.

[20] 高亮, 罗威, 孙乾. 一种基于云边协同的电力业务时延优化方法 [J]. 电力信息与通信技术, 2021, 19(8): 32-38.

GAO L, LUO W, SUN Q. A delay optimization method for power business based on cloud edge collaboration [J]. Electric power information and communication technology, 2021, 19(8): 32-38.

[21] 刘晓龙, 崔磊磊, 李彬, 等. 碳中和目标下中国能源高质量发展路径研究 [J]. 北京理工大学学报 (社会科学版), 2021, 23(3): 1-8.

LIU X L, CUI L L, LI B, et al. Research on the high-quality development path of China's energy industry under the target of carbon neutralization [J]. Journal of Beijing institute of technology (social sciences edition), 2021, 23(3): 1-8.

Cloud Edge Collaboration Data Interaction Method of Intelligent Converter Station

LIU Hao¹, ZHANG Jingchao², MAO Wandeng¹, MA Shiqi³, JIANG Xin³, JIN Yang³

(1. Electric Power Research Institute of State Grid Henan Electric Power Co., Ltd., Zhengzhou 450052, China; 2. State Grid Henan Electric Power Co., Ltd., Zhengzhou 450052, China; 3. School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: As a key in the construction of power Internet of Things, intelligent converter station. faces the problem of insufficient data sharing and fails to fully explore the value of data. Therefore, based on cloud-edge collaboration, this study proposed a data interaction method for the construction of intelligent converter station. Firstly, based on edge computing and container, an edge Iot agent model was proposed, which aimed at the shortest time delay. It used the local universal server computing resource allocation strategy based on weight algorithm. On this basis, the cloud-side collaboration strategy was determined to minimize the time delay. It used the unloading strategy of edge computing tasks to cloud based on task size. Finally, taking the converter station monitoring system in Henan province as an example, the oil chromatographic instrument APP is eventually developed through the local data pretreatment and remote data analysis and mining. The data is firstly pretreated by the station edge Iot agent and then uploaded to the remote cloud platform. The integrity of the data transmission rate and accuracy were 100%. The data transmission delay was controlled in 150 ms with the float up and down in 15 ms. The performance meets the requirements of practical engineering application and verifies the accuracy of the proposed scheme. The method proposed in this paper enables professionals to timely and accurately grasp the transformer operation situation in the station, also improves the stability and safety of the converter station operation, and enhances the data value.

Keywords: power Internet of Things; intelligent converter station; edge Internet of Things agent; cloud-edge collaboration; data interaction