

边缘计算在分布式用电信息采集监控中的应用探讨

张 雨

内蒙古电力（集团）有限责任公司薛家湾供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 010399

摘 要：本文聚焦边缘计算在分布式用电信息采集监控中的应用。先概述分布式用电信息采集监控系统及其面临的挑战，包括数据传输处理压力、系统可靠性与稳定性问题、数据安全与隐私保护等。接着探讨边缘计算在数据实时处理、设备状态监测、故障预警与定位、能源管理与优化等场景的应用，并构建基于边缘计算的监控模型，涵盖总体架构、边缘节点、通信协议与云层平台设计。

关键词：边缘计算；分布式用电；信息采集；应用探讨

1 分布式用电信息采集监控系统概述

分布式用电信息采集监控系统是电力行业迈向智能化、精细化管理的重要技术支撑，它依托先进的通信、计算机和自动化控制技术，实现对广域范围内用电信息的实时、精准采集与高效监控。该系统采用分布式架构，将数据采集终端分散部署于各个用电节点，如居民用户、工商业用户等，通过多种通信方式（如无线公网、光纤专网等）将采集到的用电数据，包括电量、电压、电流、功率因数等，上传至主站系统。主站系统作为核心处理单元，具备强大的数据存储、分析和处理能力，能够对海量用电数据进行深度挖掘和分析，为用户提供用电情况统计、负荷预测、异常用电报警等多样化功能。通过分布式设计，系统有效解决了传统集中式采集系统在数据传输延迟、系统可靠性等方面的难题，提高了数据采集的实时性和准确性^[1]。同时，该系统实现了对用电设备的远程监控和智能化管理，电力部门可依据实时数据优化电力调度，提高供电可靠性和电能质量；用户也能及时了解自身用电情况，合理安排用电计划，降低用电成本。分布式用电信息采集监控系统已成为构建智能电网、实现节能减排目标的关键环节。

2 分布式用电信息采集监控面临的挑战

2.1 数据传输与处理压力

分布式用电信息采集监控系统面临数据传输与处理的重压。用电设备增多、采集频率提升，大量智能采集终端持续采集数据，需在规定时间内准确传至监控中心，这对通信网络带宽和稳定性要求极高。带宽不足或网络故障，会引发数据传输延迟、丢包，影响系统实时性与可靠性。监控中心接收海量数据后，要及时有效处理分析以提取有价值信息。但传统数据处理方式难应对庞大数据量，导致处理速度慢，无法满足实时监控与决策需求。数据多样性和复杂性也带来挑战。系统采集的数据

不仅有数值型电量、电压等，还有图像、视频等多媒体数据。不同类型数据处理要求不同，如何实现多种数据高效传输与统一处理，是当前系统亟待解决的难题。

2.2 系统可靠性与稳定性问题

分布式用电信息采集监控系统的可靠性与稳定性关乎电力系统安全和用户正常用电。系统分布广，涉及众多采集终端和通信节点，任一环节故障都可能影响整体运行^[2]。采集终端可能因环境或老化问题，导致数据采集不准或中断；通信网络易受外界干扰或拥塞，造成数据传输失败或延迟；监控中心服务器可能因硬件、软件或人为失误宕机，影响监控服务。同时，软件架构和算法设计也影响系统可靠性与稳定性。软件有缺陷或漏洞，会使系统运行出现死机、数据错误等问题；不合理算法设计，会让系统处理复杂数据时性能下降甚至崩溃。

2.3 数据安全与隐私保护

分布式用电信息采集监控系统涉及大量用户用电信息，包含用电习惯、能耗等敏感数据，还涉及个人隐私和商业机密，保障数据安全与隐私至关重要。数据传输时，面临被窃取、篡改威胁，黑客可能截获、篡改数据干扰系统运行。数据存储若缺乏防护，会因设备故障、病毒感染等泄露或丢失。系统内部人员不当操作或恶意行为，如违规访问、泄露数据，也会威胁数据安全。为保护数据安全与隐私，需采取数据加密、访问控制等技术措施，同时建立健全数据安全管理制度，加强对操作人员的安全培训与管理，提高全员数据安全意识，从技术和管理两方面共同保障数据安全。

3 边缘计算在分布式用电信息采集监控中的应用场景

3.1 数据实时处理

在分布式用电信息采集监控系统中，数据的实时处理至关重要。传统的数据处理方式通常是将采集到的数据全部传输至云端进行处理，这种方式不仅会导致数据

传输延迟,增加通信网络的负担,还可能因云端处理能力有限而无法满足实时性要求。边缘计算技术的引入,有效解决了这一问题。通过在靠近数据源的边缘节点部署数据处理能力,边缘计算可以实现对采集到的用电数据的实时处理和分析。这种实时处理能力使得系统能够快速响应电力系统的异常变化,及时采取措施避免事故的发生,大大提高了系统的安全性和可靠性。另外,边缘计算还可以对采集到的数据进行初步的筛选和聚合,只将有价值的数据传输至云端,减少不必要的数据传输量,降低通信网络的负担,提高数据传输效率。

3.2 设备状态监测

分布式用电信息采集监控系统中涉及大量的用电设备,如变压器、断路器、智能电表等,这些设备的运行状态直接影响着电力系统的安全稳定运行。边缘计算技术可以实现对这些设备的实时状态监测,为设备的维护和管理提供有力支持。通过在设备附近部署边缘节点,并安装相应的传感器,边缘计算可以实时采集设备的运行参数,如温度、振动、噪音等,并对这些参数进行分析和处理。通过建立设备状态模型,边缘计算可以实时评估设备的健康状况,预测设备可能出现的故障,提前发出预警信息,以便运维人员及时进行设备检修和维护,避免设备故障扩大化,减少设备停机时间,提高设备的可靠性和使用寿命。

3.3 故障预警与定位

在分布式用电信息采集监控系统中,快速准确地定位故障位置并及时进行修复是保障电力系统正常运行的关键。边缘计算技术可以结合实时数据采集和分析,实现故障的预警与定位。当电力系统发生故障时,边缘节点可以迅速感知到故障信号,如电压突变、电流异常等,并通过分析故障特征,判断故障类型和可能的位置。边缘计算可以利用分布式计算能力,对多个边缘节点采集到的数据进行联合分析,提高故障定位的准确性。一旦确定故障位置,系统可以立即将故障信息发送给运维人员,指导其快速到达故障现场进行修复,缩短故障抢修时间,减少停电范围和停电时间,提高用户的用电满意度^[3]。

3.4 能源管理与优化

边缘计算在分布式用电信息采集监控系统中还可以应用于能源管理与优化。通过对用电设备的实时数据采集和分析,边缘计算可以深入了解用户的用电习惯和能耗情况,为用户提供个性化的能源管理方案。边缘计算可以根据用户的用电负荷曲线,结合电价政策,制定合理的用电计划,引导用户在电价较低的时段增加用电,

在电价较高的时段减少用电,实现用电成本的最小化。同时,边缘计算还可以对分布式能源(如太阳能、风能等)进行实时监测和管理,优化分布式能源的发电和储能策略,提高分布式能源的利用率,促进能源的可持续发展。例如,在一个工业园区中,边缘计算可以实时监测园区内各个企业的用电负荷和分布式能源的发电情况,根据能源供需平衡原则,合理调配能源资源,实现园区能源的高效利用和优化配置。

4 基于边缘计算的分布式用电信息采集监控模型构建

4.1 模型总体架构设计

基于边缘计算的分布式用电信息采集监控模型采用分层架构设计,主要包括感知层、边缘层、网络层和云层四个层次。感知层位于模型的最底层,由各种智能采集终端和传感器组成,负责采集用电设备的原始数据,如电压、电流、功率、电量等。这些设备通过有线或无线方式与边缘节点相连,将采集到的数据实时传输至边缘节点。边缘层是模型的核心处理层,由多个边缘节点构成。边缘节点具备一定的计算、存储和通信能力,能够对感知层采集到的数据进行实时处理和分析,实现数据实时处理、设备状态监测、故障预警与定位等功能。同时,边缘节点还可以对数据进行初步筛选和聚合,将有价值的数据通过网络层传输至云层。网络层负责边缘层与云层之间的数据传输,它采用多种通信技术,如有线以太网、无线公网、无线专网等,确保数据能够可靠、高效地传输。网络层还可以根据数据的重要性和实时性要求,选择不同的传输策略,如实时传输、定时传输等。云层是模型的上层管理和分析平台,它接收边缘层传输过来的数据,并进行深入分析和挖掘。云层可以提供丰富的应用功能,如用电统计、负荷分析、能源管理优化、设备运维管理等,同时为用户提供直观、便捷的监控界面,方便用户对电力系统进行远程监控和管理。

4.2 边缘节点设计与实现

边缘节点是基于边缘计算的分布式用电信息采集监控模型的关键组成部分,其设计与实现直接影响到系统的性能和功能。在硬件设计方面,边缘节点需要选择合适的处理器芯片,以满足数据处理和计算的要求。同时,还需要配备足够的内存和存储设备,用于存储采集到的数据和运行程序。另外,边缘节点还应具备多种通信接口,如以太网接口、串口、无线通信模块等,以便与感知层的采集终端和云层进行数据交互。在软件设计方面,边缘节点需要运行实时操作系统,以确保系统的实时性和稳定性。同时,还需要开发相应的数据处理和分析算法,实现对采集数据的实时处理和分析。边缘节

点的软件架构通常采用模块化设计,将不同的功能模块(如数据采集模块、数据处理模块、通信模块等)进行独立开发和测试,提高软件的可维护性和可扩展性。边缘节点还需要具备安全防护机制,如数据加密、身份认证、访问控制等,以保障数据的安全和隐私。同时边缘节点还应具备自诊断和自恢复能力,能够在出现故障时自动进行诊断和修复,提高系统的可靠性。

4.3 通信协议与数据交互

在基于边缘计算的分布式用电信息采集监控模型中,通信协议与数据交互是实现各层次之间信息传递和共享的关键。由于模型涉及多个层次和多种设备,因此需要选择合适的通信协议,以确保数据能够准确、可靠地传输。在感知层与边缘层之间,通常采用现场总线协议(如Modbus、Profibus等)或无线传感器网络协议(如ZigBee、LoRa等)进行数据传输。这些协议具有简单、可靠、低成本等特点,适合于近距离、低速率的数据传输。在边缘层与云层之间,可以采用互联网协议(如TCP/IP、HTTP等)或物联网协议(如MQTT、CoAP等)进行数据传输。这些协议具有广泛的兼容性和扩展性,能够实现远程、高速的数据传输。为了实现高效的数据交互,还需要设计合理的数据格式和交互机制。数据格式应具有简洁、规范、易于解析等特点,以便不同层次之间的设备能够准确理解 and 处理数据。数据交互机制应明确数据的传输方向、频率、触发条件等,确保数据能够按照预定的规则进行传输和处理。

4.4 云层管理与分析平台

云层管理与分析平台是基于边缘计算的分布式用电信息采集监控模型的上层管理和决策中心,它为用户提供了全面的电力系统监控和管理功能。云层平台通常采用云计算技术,具备强大的计算能力和存储能力,能够对海量数据进行深入分析和挖掘。云层平台的主要功能

包括数据存储与管理、数据分析与挖掘、可视化监控、应用服务等。数据存储与管理功能负责对边缘层传输过来的数据进行存储和管理,建立完善的数据仓库,为后续的数据分析和挖掘提供数据支持。数据分析与挖掘功能采用数据挖掘、机器学习等先进技术,对存储的数据进行深入分析,挖掘数据背后的规律和价值,为用户提供决策依据^[4]。可视化监控功能通过直观的图表、报表等形式,将电力系统的运行状态和数据分析结果展示给用户,方便用户进行实时监控和管理。应用服务功能为用户提供各种实用的应用服务,如用电统计、负荷预测、能源管理优化、设备运维管理等,满足用户多样化的需求。云层平台还应具备安全防护机制,保障数据的安全和隐私。同时,云层平台还应具备良好的扩展性和兼容性,能够与其他系统进行集成,实现信息的共享和交互。

结束语

边缘计算为分布式用电信息采集监控带来新契机,有效应对了数据传输处理、系统稳定及数据安全等挑战,在多场景实现高效应用。通过构建基于边缘计算的监控模型,提升了系统性能与管理水平。未来,随着技术发展,边缘计算在该领域的应用将不断深化,为构建智能电网、实现节能减排目标提供更有有力支撑,推动电力行业智能化发展。

参考文献

- [1]刘晨光.用电信息采集在用电监察管理中的现状研究[J].模型世界,2023(36):56-58.
- [2]牛继伟.浅析新形势下用电信息采集在用电监察中的应用[J].建筑工程技术与设计,2021(29):2102-2103.
- [3]余丽娟,喻一帆.电力用户用电信息采集系统设计与改进[J].信息技术时代,2023(17):45-47.
- [4]陈新武.加强用电信息采集系统运维管理要点分析[J].通讯世界,2022(20):198-199.