

边缘计算赋能物联网数据实时处理路径探索

杭依函

河北科技学院, 河北省保定市, 072550;

摘要: 物联网设备规模化部署带来海量数据, 传统云端集中式处理模式在延迟、带宽占用上的局限愈发明显, 无法满足数据实时处理需求。边缘计算作为分布式计算范式, 将算力下沉至数据源头, 成为摆脱这一困境的有效路径。本文立足边缘计算与物联网融合的核心逻辑, 分析其赋能物联网数据实时处理的核心优势与现存瓶颈, 探索全流程实施路径, 涵盖基础设施优化、处理流程重构、技术协同适配及保障体系完善, 明确各环节具体实施要点, 为物联网数据实时处理落地应用提供可操作的理论与实践支撑。

关键词: 边缘计算; 物联网; 数据实时处理; 路径优化; 算力下沉

DOI: 10.69979/3029-2700.26.02.084

引言

物联网技术深度普及后, 终端设备已广泛渗透到各领域, 数据产生的速度与规模呈爆发式增长, 且兼具实时性、突发性、异构性特征。这些数据的价值挖掘高度依赖即时处理, 而传统云端集中处理模式存在远距离传输延迟、带宽占用过高的局限, 无法适配自动驾驶、工业实时控制等场景需求。边缘计算通过在靠近终端的边缘节点部署算力, 实现数据“就近采集、就近处理、就近反馈”, 成为赋能物联网数据实时处理的核心支撑。深入探索其具体赋能路径, 破解实施难题, 能够切实推动物联网产业高质量发展。

1 边缘计算赋能物联网数据实时处理的核心基础

1.1 边缘计算的核心架构与功能定位

边缘计算的核心架构采用“终端—边缘—云端”三级协同模式。终端层主要负责采集传感器、智能终端等设备产生的原始数据; 边缘层作为整个架构的核心枢纽, 通过部署边缘网关、边缘服务器等硬件设备, 就近完成数据处理、本地存储与实时指令下发, 其部署范围通常距数据源 1~100 公里, 可保证低时延响应; 云端层则承担全局调度优化、海量数据长期存储与 AI 模型迭代更新, 一般不直接参与实时业务处理。

边缘计算的定位是对云端算力的延伸与补充, 核心价值在于将高实时性、中等复杂度的数据处理任务下沉至边缘节点, 形成“实时处理优先、云端协同兜底”的运行模式, 在保证数据处理即时性的同时兼顾全局管理规范, 为物联网场景下大规模实时数据处理提供可靠的架构支撑^[1]。基于边缘计算的工业物联网实时数据处理系统架构采用分层设计思想, 将系统划分为感知层、

边缘层、传输层、云端层以及应用层五个功能层次, 实现从数据采集到分析应用的全流程管理。感知层由分布在工业现场各类传感器以及控制设备组成, 负责采集生产运行数据, 边缘层由部署在工业现场的边缘服务器与网关以及工业 PC 构成。这些设备执行数据预处理与过滤以及初步分析, 云端层进行深度分析与长期存储以及复杂计算, 应用层为用户提供数据可视化以及业务应用接口, 包括生产监控与设备管理以及决策支持等功能。

1.2 物联网数据实时处理的核心需求与特征

物联网数据实时处理的核心需求集中体现在即时响应、精准处理与稳定运行三个方面。尽管不同应用场景下的具体需求存在差异, 但普遍要求系统具备低延迟、高可靠与高适配的共性能力。从数据特征来看, 物联网实时数据具有显著的异构性, 既包含传感器采集的数值型数据, 也涵盖视频流、设备状态等多模态信息, 同时呈现出突发性强、生命周期短、价值密度不均等特点。与传统数据处理模式不同, 物联网数据实时处理并不追求对全量原始数据的长期存储与深度挖掘, 其核心在于快速过滤冗余无效数据、高效提取关键特征、及时生成控制指令, 从而在极短时间内将数据价值转化为实际业务效能。这一应用需求也决定了边缘计算成为支撑物联网数据实时处理的优选技术方案。

1.3 边缘计算与物联网数据实时处理的适配逻辑

边缘计算与物联网数据实时处理的适配性, 本质上源于二者在技术逻辑与需求导向的高度契合。物联网数据实时处理对低延迟的需求, 恰好对应边缘计算“就近处理”的核心优势, 通过缩短数据传输距离, 避免云端传输带来的延迟叠加, 实现数据处理与指令反馈的即时性。边缘计算的分布式架构能够适配物联网终端分散部

署的特点,可针对不同区域、不同类型的终端设备,灵活部署边缘节点,实现数据的分布式处理与协同管理。

2 边缘计算赋能物联网数据实时处理的现存瓶颈

2.1 边缘基础设施部署不均衡且适配性不足

边缘基础设施是边缘计算赋能物联网数据实时处理的基础载体,当前其部署与适配仍存在明显短板。基础设施部署呈现不均衡态势,工业制造、大型智慧城市等重点领域,边缘节点部署密度较高、配置较完善,而农村地区、偏远场景以及中小型物联网应用场景,边缘节点部署稀缺,部分区域甚至依赖云端集中处理,无法实现数据实时处理^[2]。边缘设备与物联网终端的适配性同样存在不足,不同厂商的边缘节点、终端设备采用不同的通信协议与技术标准,缺乏统一规范,导致部分终端设备的数据无法顺利接入边缘节点,或接入后出现数据丢失、处理异常等问题,影响实时处理效能,部分边缘节点硬件配置与处理需求也存在不匹配问题,要么配置过高造成资源浪费,要么配置不足无法承载海量实时数据处理任务。

2.2 数据处理流程不规范且协同效率偏低

边缘计算赋能物联网数据实时处理的核心在于流程的规范性与协同性,当前这一环节存在较为突出的短板。部分应用场景中,边缘节点的数据处理流程缺乏统一标准,数据采集、过滤、分析、反馈等环节衔接不畅,存在数据采集不及时、过滤标准不明确、分析逻辑不严谨等问题,导致实时处理的精准度与效率大打折扣^[3]。边缘层与终端层、云端层的协同效率偏低,终端层数据向边缘节点传输时缺乏有效的优先级划分,大量无效数据占用传输带宽与处理资源,影响关键数据的实时处理;边缘层与云端层的协同缺乏高效的交互机制,边缘节点处理后的关键数据无法及时同步至云端,云端的模型更新与指令调整也无法快速下发至边缘节点,形成“信息孤岛”,难以发挥三级架构的协同优势。

2.3 技术适配与核心能力存在明显短板

边缘计算为物联网数据实时处理提供算力下沉、就近响应支撑,但其高效落地需多类技术协同,当前技术适配与核心能力仍有较大提升空间。数据处理上,边缘节点实时分析能力不足,缺乏物联网异构数据轻量化处理算法,对视频流、音频流等大数据量实时数据处理有限,易出现延迟、失真问题。通信方面,户外、工业现场等复杂环境中,网络波动频繁,导致数据传输中断或

延迟,影响实时处理连续性。安全与管理上,边缘节点部署分散、环境开放,易遭网络攻击引发安全风险,而现有安全防护体系不完善,难以保障数据实时处理的安全性及可靠性。

3 边缘计算赋能物联网数据实时处理的核心路径

3.1 优化边缘基础设施部署,提升适配性与实用性

边缘基础设施优化是实现赋能的首要路径,立足场景需求推动部署均衡,使适配标准与配置合理,结合物联网应用场景分布特点统筹边缘节点部署,重点向偏远地区、中小型应用场景倾斜,采用轻量化边缘网关、便携式边缘服务器等设备降低部署成本,实现边缘节点全域覆盖。适配层面需建立边缘计算与物联网终端统一通信标准,规范协议接口促成不同厂商设备互联互通,保障终端数据顺畅接入边缘节点,优化边缘节点硬件配置,依据不同场景数据处理需求精准匹配CPU、内存、存储等资源,规避资源浪费与配置不足问题。

3.2 重构数据实时处理流程,强化三级协同效能

规范高效的处理流程是实时处理能力的核心,重构“采集—过滤—分析—反馈—同步”全流程,强化终端、边缘与云端的协同联动。数据采集环节优化终端设备采集机制,定时采集与触发式采集相结合,保障数据及时准确,为不同类型数据划分优先级,围绕关键业务数据采集,压缩无效数据产生空间。数据过滤与分析环节应确立统一过滤标准,筛除无效及冗余数据,减轻边缘节点处理负荷,部署轻量化异构数据处理算法,为各类数据匹配适配分析逻辑,快速提炼关键信息并生成即时处理指令。反馈与同步环节应搭建边缘节点与终端设备的快速反馈通道,保障处理指令高效下发至终端,实现数据价值即时转化,搭建高效云边协同交互平台,完成边缘与云端的数据同步及指令互通,云端承担全局数据汇总与模型优化职责,边缘节点负责实时处理与本地执行,构建协同高效的处理体系。

3.3 强化技术协同适配,补齐核心能力短板

技术协同适配是破解赋能瓶颈的关键,应聚焦数据处理、通信传输、安全防护三大核心领域补齐能力短板。数据处理领域需研发适配边缘节点的轻量化异构数据处理算法,降低算法复杂度以减少硬件资源消耗,提升视频流、音频流等大数据量数据的实时处理效能,引入边缘AI推理模块,将压缩优化后的AI模型部署至边缘节点,实现数据智能分析与精准处理。通信传输领域应

结合5G、窄带物联网等技术优化边缘场景网络部署,提升稳定性与传输速率,依托网络切片技术为物联网实时数据处理划分专用通信通道,避免带宽占用冲突,保障数据低延迟传输;安全防护领域应构建分布式边缘安全防护体系。在边缘节点部署本地防火墙与入侵检测系统,覆盖数据传输、处理、存储全流程安全监控,搭配数据加密、设备认证等手段,防范数据泄露与网络攻击。

4 边缘计算赋能物联网数据实时处理的保障措施

4.1 完善标准体系建设,规范赋能实施流程

边缘计算赋能物联网数据实时处理的规范化发展,需要以标准体系作为核心保障。行业协会、企业与科研机构需协同发力,构建覆盖基础设施、数据处理、通信协同、安全防护的全领域标准框架。要明确边缘节点的硬件配置、通信协议及数据格式标准,以保障不同设备与场景下的互联互通;同步完善数据实时处理的流程与质量评估标准,规范采集、过滤、分析、反馈各环节操作,提升处理效能;健全云边协同的接口与数据同步标准,强化三级架构的协同联动^[4]。也要强化标准落地执行,引导企业依据标准部署边缘基础设施、开展数据实时处理,建立标准符合性评估机制,及时排查并整改实施中的不规范问题,推动赋能流程实现标准化与规范化。

4.2 强化人才培养与技术研发,提升核心支撑能力

人才与技术是边缘计算赋能物联网数据实时处理的核心支撑,构建“研发—应用—运维”一体化人才培养体系补齐人才短板,高校与科研机构优化专业设置,增设边缘计算、物联网数据处理等相关方向培育具备跨学科知识的复合型人才,企业强化员工培训,着力提升技术人员边缘节点部署、数据处理、安全运维等实操能力,同步引进高端技术人才组建专业研发团队,加大科研投入围绕边缘计算与物联网融合的关键技术、核心算法开展攻关,突破轻量化处理算法、云边协同技术、边缘安全技术等瓶颈,强化技术创新合作促成不同领域技术融合,提升整体赋能效能。

4.3 推动场景化应用落地,强化实践验证与优化

场景化应用落地是检验赋能路径可行性、优化完善路径的核心,结合不同行业场景需求开展边缘计算在物联网数据实时处理环节的实践应用,在工业制造场景部署边缘节点完成生产设备数据的采集与分析,识别设备

运行异常并生成维护指令,保障生产流程稳定运转。智慧交通场景通过路侧边缘节点处理摄像头与雷达获取的实时数据,完成交通状况监测与预警,优化交通管理工作^[5]。民生服务场景利用边缘节点处理智能家居、健康监测设备相关数据,实现快速响应与服务推送,改善民生服务水平,搭建场景化应用反馈机制,收集应用实施过程中暴露的各类问题,对边缘基础设施配置、处理流程及技术方案开展定向优化,持续强化边缘计算赋能成效。

5 结语

边缘计算依托算力下沉与就近处理的核心特征,可有效突破传统云端集中处理模式在物联网数据实时处理环节存在的局限,成为物联网产业高质量发展的重要依托。当前边缘计算在实际赋能过程中仍面临基础设施建设、数据处理流程、核心技术应用等层面的制约,相关研究围绕设施布局优化、处理流程重塑、技术体系协同、运行保障强化等方向展开具体探索。边缘计算对物联网数据实时处理的赋能具备系统性特征,行业发展要在标准建设、人才储备、场景应用层面形成合力,深化数据价值挖掘,为多领域数字化转型进程提供坚实助力。

参考文献

- [1]唐玥.基于边缘计算的工业物联网实时数据处理系统设计与实现[J].长江信息通信,2025,38(07):225-227.
- [2]王威,解玉文,郑鹏超,等.基于MAPPO的电力物联网边缘计算任务卸载算法[J].中国测试,2025,51(S2):227-233.
- [3]陈玉飞,吴迪.边缘计算环境下基于区块链的农村养老数据安全方案[J].贵阳学院学报(自然科学版),2025,20(04):36-39.
- [4]戈偲云.边缘计算与人工智能融合的实时水质监测技术在智慧水务中的应用研究[J].水上安全,2025,(24):64-66.
- [5]张群,刘珂,谷占新,等.高能光源二维探测器数据采集与实时处理系统[J].激光与光电子学进展,2025,62(24):258-267.

作者简介:杭依函(2004.6.19),女,汉族,籍贯:河北省保定,学历:本科,研究方向:物联网工程。