

基于边缘计算的气象大数据运维优化与高效网络传输策略研究

陈辰

西南空管局

DOI:10.12238/acair.v3i2.13538

[摘要] 随着气象观测技术的不断发展,气象大数据呈现出爆发式增长,对气象大数据的运维管理与网络传输提出了更高要求。边缘计算作为一种新兴的计算模式,具有低延迟、高带宽利用率和本地数据处理等优势,为气象大数据运维优化与高效网络传输提供了新的解决方案。本文分析了边缘计算在气象大数据领域的应用优势,剖析了当前面临的问题,通过资源优化与协同计算、数据一致性与同步、安全与隐私保护、运维管理优化、高效网络传输等针对性解决策略,旨在提高气象大数据的运维效率和传输质量,为气象业务的精准化、智能化发展提供有力支撑。

[关键词] 边缘计算; 气象大数据; 运维优化; 网络传输

中图分类号: P412.1 **文献标识码:** A

Research on operation and maintenance optimization of meteorological big data based on edge computing and efficient network transmission strategy

Chen Chen

Southwest Air Traffic Management Bureau

[Abstract] With the continuous development of meteorological observation technology, meteorological big data has seen explosive growth, placing higher demands on its operation and management as well as network transmission. Edge computing, as an emerging computing model, offers advantages such as low latency, high bandwidth utilization, and local data processing, providing new solutions for optimizing the operation and efficient network transmission of meteorological big data. This paper analyzes the application advantages of edge computing in the field of meteorological big data, examines the current challenges, and proposes targeted strategies for resource optimization and collaborative computing, data consistency and synchronization, security and privacy protection, operation and management optimization, and efficient network transmission. The aim is to enhance the operational efficiency and transmission quality of meteorological big data, thereby supporting the precise and intelligent development of meteorological services.

[Key words] edge computing; meteorological big data; operation and maintenance optimization; network transmission

在气象领域,气象大数据对防灾减灾等意义重大。政策层面,《气象高质量发展纲要(2022—2035年)》指出,气象事业是科技型、基础性、先导性社会公益事业。党的十八大以来,以核心的党中央坚强领导下,各地区各有关部门不懈努力,推动我国气象事业发展取得显著成就。然而,传统的气象大数据处理模式往往依赖于集中式的云计算中心,存在诸多问题,难以满足气象业务对数据快速响应和精准分析的需求。因此,本文将边缘计算技术应用于气象大数据领域,优化气象大数据的运维管理,提升网络传输效率,对于提升气象业务的服务水平和应对极端天气事件的能力具有重要价值。

1 边缘计算在气象大数据领域的应用优势

1.1 降低网络延迟

气象业务对于数据的实时性有着近乎严苛的要求。在面对暴雨、台风这类极具破坏力的极端天气时,每一秒都关乎着无数人的生命财产安全,若能及时且准确的数据处理和分析,能够为相关部门争取到极为宝贵的时间,以便提前部署应对措施,降低灾害损失。而边缘计算节点凭借其独特的部署优势,被安置在靠近气象观测设备或数据采集点的位置,能在数据产生的源头就迅速展开初步处理和分析,仅将关键结果或经过精心压缩的数据传输至中心服务器。此外,数据在网络中的传输距离和传输量大幅减少,网络延迟显著降低,气象数据处理的实时性也随之大幅提升。

1.2减轻网络带宽压力

气象大数据呈现出数据量极为庞大且增长态势迅猛的显著特征。在气象监测网络不断拓展、观测设备日益增多的当下,各类原始气象观测数据不断涌现。若将这些数据全部传输至中心服务器进行处理,无疑会给网络带宽带来难以承受的巨大压力,导致网络拥堵,影响数据传输效率^[1]。而边缘计算技术的引入,能在本地对气象数据进行细致的预处理、精准的过滤和有效的聚合,仅将真正有价值的信息传输出去,减少了数据传输量,有效缓解了网络带宽瓶颈问题,让有限的网络资源得以更高效地利用,有力保障了气象数据的稳定传输。

1.3提高数据处理效率和可靠性

边缘计算节点具备一定的计算和存储能力,可以在本地对气象数据进行快速处理和分析,无需将所有数据都传输到中心服务器进行处理,提高了数据处理效率。同时,由于边缘计算采用分布式架构,即使部分边缘节点出现故障,也不会影响整个系统的运行,其他正常节点仍然可以继续处理数据,提高了系统的可靠性和容错性,保障了气象业务的连续性。

2 基于边缘计算的气象大数据运维与网络传输存在的问题

2.1边缘节点资源受限

在气象大数据处理的体系中,边缘计算节点虽发挥着重要作用,但常面临诸多现实困境。它们通常被部署在资源受限的环境里,像气象观测站往往地处偏远,移动监测车也受空间和设备条件限制,在这样的环境下,边缘节点的计算能力、存储容量以及能源供应都相对捉襟见肘,直接限制了边缘节点能够处理的数据规模和复杂程度。同时,对于一些气象数据处理任务而言,比如高分辨率数值预报模式的计算,需要海量计算资源,边缘节点受自身条件所限,难以独立完成,而这种协同模式又进一步增加了整个系统架构的复杂性,给气象数据处理带来新的挑战。

2.2数据一致性与同步问题

在边缘计算环境里,数据分散存储于多个边缘节点和中心服务器上,保证数据一致性成了亟待攻克的关键难题。网络状况时常出现网络延迟,使得边缘节点与中心服务器之间的数据同步难以实时完成,进而产生延迟甚至错误,导致数据出现不一致的情况。而节点故障更是不定时炸弹,一旦发生,数据同步便会陷入混乱,严重影响气象数据分析的精准度,让决策的科学性大打折扣^[2]。不仅如此,不同边缘节点之间可能因各自独立运行,缺乏有效协调,从而产生数据冲突和重复的问题,随时可能阻碍气象大数据处理工作的高效开展,凸显出建立有效数据同步和冲突解决机制的迫切性。

2.3安全与隐私问题

在气象大数据领域,数据安全与隐私保护是重中之重。气象大数据里涵盖着大量敏感信息,像精确的地理位置、细致的气象观测数据等,一旦泄露或遭篡改,后果不堪设想。在边缘计算环境下,数据需在多个节点间频繁传输和存储,使其暴露在更多的安全威胁之下。而且边缘节点往往资源受限,难以配备复杂且强

大的安全防护措施,使得气象大数据在边缘计算环境中面临更高的安全风险。此外,如何确保气象大数据在这样复杂的环境下实现安全传输和可靠存储,防止其被非法获取与恶意篡改,已成为当下亟待攻克的难题。

2.4运维管理复杂度高

边缘计算架构涉及大量的边缘节点,这些节点分布在不同的地理位置,运行环境各异,增加了运维管理的难度。这种分布特点使得运维管理难度陡增,如何对如此众多的边缘节点实现统一监控,实时掌握其运行状态;如何进行高效的配置管理,确保各节点参数设置合理;怎样快速精准地进行故障诊断,及时排除隐患;又该如何顺利开展软件升级,保障节点功能更新,都是亟待解决的难题^[3]。此外,边缘计算与云计算协同工作时,还缺乏有效的运维管理机制,难以实现资源的高效调度和系统的整体优化,进一步加大了气象大数据运维的复杂程度。

2.5网络传输质量不稳定

在气象数据采集与传输体系中,网络连接问题成为一大阻碍。气象观测设备常被部署于野外、山区等环境复杂之地,这些地方自然条件恶劣,网络连接质量难以得到有效保障,如出现信号弱、丢包率高、带宽波动等问题,进而导致信号弱、丢包率高、带宽波动等状况频发。在此情况下,气象数据在传输过程中常出现延迟、错误甚至丢失的情况,严重损害了数据的完整性和准确性。而且,不同网络运营商之间的网络存在差异,进一步对气象大数据的网络传输造成不利影响,增加了气象数据稳定传输的难度。

3 基于边缘计算的气象大数据运维优化与高效网络传输策略

3.1资源优化与协同计算策略

为应对气象大数据处理中边缘节点资源受限及计算需求多样的问题,提出针对性策略。具体而言,根据气象数据处理任务的需求和边缘节点的实时资源状况,动态调整计算资源、存储资源和网络资源的分配。例如,对于计算密集型任务,可以将任务分配到资源相对充足的边缘节点或中心服务器进行处理;对于数据密集型任务,则优先在数据源附近的边缘节点进行预处理,减少数据传输量。同时,构建边缘计算与云计算协同的混合计算架构,充分发挥边缘计算的实时处理优势和云计算的强大计算能力^[4]。将实时性要求高、数据量相对较小的气象数据处理任务放在边缘节点完成,而对于需要大规模计算和复杂分析的任务,则上传到中心服务器进行处理,实现边缘计算与云计算的优势互补,提高整体系统的性能和效率。

3.2数据一致性与同步策略

在气象大数据处理中,首要任务是采用分布式数据管理系统,对分布在边缘节点和中心服务器上的气象数据进行统一管理,在多个节点保存数据副本,增强数据容错能力,保障数据可靠存储,并运用数据分片技术,将数据拆分成小片分散存储,提高数据访问效率,让数据读取更迅速。同时,建立数据版本控制机制,详细记录数据的每一次变更,当数据出现不一致状况时,

可依据版本记录精准回滚到正确状态,实现数据恢复。此外,设计高效的数据同步算法,减少边缘节点与中心服务器之间的数据同步延迟和错误^[5]。例如,采用增量同步技术,只同步发生变化的数据,而不是整个数据集,降低网络传输量。不仅如此,引入冲突检测和解决机制,当不同节点对同一数据进行修改时,能够及时发现冲突并采取合理的解决策略,保证数据的一致性。

3.3 安全与隐私保护策略

在气象数据传输和存储过程中,采用先进的数据加密技术对数据进行加密处理,确保数据的保密性和完整性。例如,使用对称加密算法(如AES)对大量气象观测数据进行加密传输,使用非对称加密算法(如RSA)对密钥进行安全交换,并在边缘节点和中心服务器上对加密数据进行存储,防止数据在存储过程中被非法访问。同时,建立严格的身份认证和访问控制机制,对访问气象大数据的用户和设备进行身份验证,确保只有授权的用户和设备能够访问数据,并采用多因素身份认证技术,如用户名/密码+数字证书+动态口令等,提高身份认证的安全性。此外,部署安全审计和监控系统,对气象大数据的访问行为、数据操作等进行实时监控和记录,定期对边缘计算环境进行安全评估和漏洞扫描,及时发现并修复安全漏洞,提高系统的安全防护能力。

3.4 运维管理优化策略

为提升气象大数据边缘计算环境中边缘节点的运维管理水平,保障其稳定运行,应构建集中式运维管理平台,实现对众多边缘节点的统一管控与实时监控。运维人员借助该平台,能随时随地获取边缘节点的运行状态、资源占用详情以及故障信息等关键数据^[6]。基于此,可对边缘节点开展远程配置管理、软件升级和故障诊断工作,打破地域限制,提高运维响应速度。同时,充分利用自动化运维工具,将日常重复性的运维任务转化为自动化流程,减少人工干预,不仅提升运维效率,还能有效降低运维成本。此外,引入人工智能和机器学习技术,开展智能故障诊断与预测,通过实时监测节点运行状态,结合数据分析结果,提前洞察潜在故障隐患,及时发出预警,让运维人员有足够时间采取应对措施,提高边缘节点的可靠性与可用性。

3.5 高效网络传输策略

针对网络传输质量不稳定的问题,采用多链路冗余技术,如当一条链路出现故障或性能下降时,能够自动切换到其他可用链路,确保数据的可靠传输。同时,结合负载均衡技术,根据链路

的实时带宽、延迟等性能指标,动态分配数据流量,提高网络传输效率和带宽利用率。不仅如此,在气象数据传输前,采用高效的数据压缩算法对数据进行压缩处理,减少数据传输量。例如,针对气象观测数据中的重复信息和冗余数据,采用无损压缩算法进行压缩;对于一些对精度要求不高的数据,可以采用有损压缩算法进一步降低数据量。此外,开发网络自适应传输技术,使气象数据传输能够根据网络状况自动调整传输参数。例如,根据网络带宽的变化动态调整数据传输速率,确保在网络环境不佳的情况下仍然能够保证数据的可靠传输和实时性。

4 结语

综上所述,边缘计算为气象大数据运维优化与高效网络传输提供了新的思路和方法,具有显著的应用优势。然而,在实际应用中,边缘计算在气象大数据领域也面临着边缘节点资源受限、数据一致性与同步、安全与隐私、运维管理复杂度高以及网络传输质量不稳定等诸多问题,并提出针对性策略,提高气象大数据的运维效率和传输质量。随着边缘计算技术的不断发展和完善,通过不断探索和创新,将进一步推动气象业务向精准化、智能化方向发展,为保障人民生命财产安全和社会经济发展提供更加有力的气象服务支撑。

[参考文献]

- [1]肖文名.气象数据的智能化处理与应用[J].大数据时代,2025,(02):6-8.
- [2]于慧琴.现代气象观测技术的发展与创新趋势研究[J].农业灾害研究,2025,15(02):164-166.
- [3]赵梦玉,刘晓敏,李佳燕.基于大数据技术的气象预测精度提升的研究[J].农业灾害研究,2025,15(02):289-291.
- [4]陈炳杰.基于边缘计算的大数据实时处理机制探索[J].互联网周刊,2025,(03):36-38.
- [5]陈松.基于边缘计算的边缘云智能运维管理平台研究[D].南昌大学,2024.
- [6]杨代才.气象大数据云平台的网络安全防护体系设计[J].信息安全研究,2023,9(07):701-706.

作者简介:

陈辰(1987—),男,汉族,河北人,大学本科,主任工程师,论文方向(具体):计算机AI。