

智慧城市中边缘计算与云计算协同模型构建

郑 洲

公诚管理咨询有限公司浙江分公司 浙江 杭州 310000

摘要: 本文探讨智慧城市中边缘计算与云计算协同模型构建。先阐述边缘计算与云计算基础理论及互补性,接着分析智慧城市对数据处理、资源优化和服务质量的协同需求。随后设计协同模型架构,包括总体架构、功能模块与工作流程。最后研究协同模型关键技术,如任务分配与调度、数据交互与管理、异构资源协同技术,为智慧城市高效运行提供计算支持。

关键词: 智慧城市; 边缘计算; 云计算; 协同模型; 关键技术

引言: 智慧城市发展对计算能力提出更高要求。边缘计算与云计算作为两种重要计算模式,各有优势与局限。边缘计算能快速处理本地数据,但计算能力有限;云计算具备强大算力,却存在延迟问题。在智慧城市复杂场景下,单一计算模式难以满足需求。构建边缘计算与云计算协同模型,整合两者优势,成为提升智慧城市运行效率与服务质量的必然选择。

1 边缘计算与云计算基础理论

1.1 边缘计算概述

边缘计算是一种新型计算模式,通过在网络边缘处理数据,减少延迟并提高响应速度。其定义强调在靠近数据源的地方进行数据处理,而不是将所有数据发送到远程数据中心。边缘计算具有分布式、低延迟和高带宽的特点,能够有效支持实时应用。架构上,边缘计算由边缘设备、边缘节点和云端构成。边缘设备负责采集数据并执行初步处理,边缘节点则位于网络边缘,提供更强大的计算能力,进一步处理数据后上传至云端。关键技术包括边缘设备的高效能处理器、边缘节点的智能调度算法以及边缘智能技术,如机器学习模型的本地训练与推理。边缘计算在智慧城市中广泛应用,例如智能交通系统利用边缘计算快速处理路况信息,提升交通安全与效率;智能家居设备通过边缘计算实现本地化控制,保护用户隐私。

1.2 云计算概述

云计算是基于互联网的计算服务模式,允许用户按需使用计算资源。云计算分为基础设施即服务(IaaS)、平台即服务(PaaS)和软件即服务(SaaS)三种主要服务模式。IaaS为用户提供虚拟化的计算资源,PaaS提供开发和部署应用程序的环境,而SaaS则直接提供软件应用。根据部署方式,云计算可分为公有云、私有云和混合云^[1]。公有云面向公众开放,私有云专供单一组织使

用,混合云结合两者优势。核心技术包括虚拟化技术,使得物理资源能够被抽象成多个逻辑资源;分布式存储系统,确保数据的安全性和可靠性;并行计算框架,加速大规模数据分析。在智慧城市中,云计算用于集中管理城市运营数据,支持复杂的数据分析任务,但也面临挑战,如高延迟、带宽限制及隐私问题。

1.3 边缘计算与云计算的互补性分析

从技术特性角度看,边缘计算擅长处理局部、实时性强的任务,而云计算则更适合处理大规模、非实时性的数据分析。边缘计算的低延迟特性使其成为实时应用的理想选择,但受限于边缘设备的计算能力和存储容量。相比之下,云计算拥有几乎无限的计算和存储资源,可以处理复杂的长期分析任务。应用场景方面,边缘计算适用于需要快速响应的场景,如自动驾驶车辆的即时决策;云计算则适用于对时间不敏感但对计算能力要求高的任务,如城市规划的大规模模拟。资源调度上,两者可以形成互补关系,边缘计算优先处理本地数据,减轻云端负担,仅将必要数据上传至云端进行深度分析。边缘计算还可以作为云计算的缓存层,预先处理和过滤数据,减少不必要的数据传输,优化整体系统性能。这种协同工作方式不仅提高了系统的响应速度和效率,还增强了数据安全性和隐私保护能力。通过合理分配计算任务,边缘计算与云计算共同构建了一个灵活且高效的计算环境,满足了智慧城市多样化的需求。

2 智慧城市中边缘计算与云计算协同需求分析

2.1 数据处理需求

智慧城市运行产生多源异构数据,交通流量监测、环境传感器、安防监控等场景持续输出大量信息,对数据处理的实时性与高效性提出挑战。若将所有数据传输至云端处理,长距离通信链路必然造成传输延迟,无法满足智能交通信号灯动态调控、工业设备故障实时预警

等应用场景需求。边缘计算在数据源头执行预处理，通过本地节点快速过滤无效信息、提取关键特征，仅将必要数据上传至云端。云计算凭借大规模集群算力，对边缘处理后的数据进行深度挖掘与全局分析，例如通过城市交通数据建模优化路网规划。两者分工协作构建分级处理体系，既减少网络传输压力，又实现数据价值的充分释放，满足智慧城市对数据处理速度与深度的双重要求。

2.2 资源优化需求

城市计算资源分布存在区域化差异，核心商业区、工业园区等区域计算需求集中，部分公共区域资源利用率却较低。边缘计算凭借分布式部署，将计算能力下沉至需求热点区域，于智慧物流园区部署边缘服务器处理货物分拣与调度任务，减少数据跨区域传输^[2]。云计算依托虚拟化技术整合分散资源，构建可弹性伸缩的资源池，依据业务峰值动态分配计算、存储资源。协同模型打破资源孤岛，实现边缘与云端资源动态调度。非高峰时段，云计算资源支援边缘节点处理复杂任务；业务激增时，边缘节点承担本地实时处理，缓解云端压力。这种模式避免资源冗余配置，降低硬件采购与运维成本，提升资源使用效率，以经济高效的方式支撑智慧城市持续运行。

2.3 服务质量需求

智慧城市应用对服务质量要求严苛，智能交通系统需在毫秒级内完成自动驾驶决策，智慧医疗远程手术要求数据传输零延迟、零丢包。单一计算模式难以满足此类需求，云计算虽具备强大算力，但其集中式架构导致长距离传输延迟；边缘计算虽可实现本地快速响应，却缺乏复杂任务处理能力。协同计算整合两者优势构建多层次服务质量保障体系。在智能交通场景，边缘节点实时分析道路障碍物信息，第一时间触发车辆紧急制动，云计算则基于全域交通数据预测车流趋势，优化交通信号策略。智慧能源管理领域，边缘设备实时监测电网节点状态，异常时立即启动本地保护机制，云计算对全网数据进行负荷预测与优化调度。通过边缘实时处理与云端全局优化的协同，智慧城市应用兼顾响应速度与服务质量稳定性，实现低延迟、高可靠的服务质量目标。

3 边缘计算与云计算协同模型架构设计

3.1 总体架构设计

协同模型采用分层架构，分为感知层、边缘层、云层与应用层，各层功能相互衔接。感知层由各类终端设备构成，负责采集城市环境中的多源数据，如交通摄像头捕捉道路图像、传感器监测能耗信息。边缘层部署分布式边缘节点，具备本地计算与存储能力，对感知层数

据进行实时预处理，过滤冗余信息、提取关键特征，降低数据传输压力。云层作为核心处理枢纽，依托大规模计算集群与存储资源，接收边缘层上传的处理后数据，执行复杂运算与全局分析任务，如城市交通流量预测、能源消耗趋势建模。应用层面向智慧城市具体场景，将云层分析结果转化为实际服务，驱动智能交通调度、能源优化管理等应用运行，实现数据价值向业务能力的转化。

3.2 功能模块设计

任务分配与调度模块负责依据任务特性动态划分执行节点，根据任务实时性、计算复杂度等属性，将实时性要求高的任务，如安防视频异常检测，分配至边缘节点快速处理；复杂数据挖掘与全局优化任务，如城市交通网络规划，则提交至云端执行。该模块通过智能算法优化任务分配策略，确保资源高效利用。数据交互与管理模块构建边缘与云之间的数据传输通道，协调数据流动^[3]。在边缘层对数据进行压缩、加密处理后上传，减少传输带宽占用；在云层建立数据存储与管理机制，支持结构化与非结构化数据存储，保障数据一致性与可追溯性。此外，该模块对数据生命周期进行管理，控制数据的采集、传输、存储与销毁流程。资源协同管理模块整合边缘与云端资源，实现动态调度。通过监控边缘节点与云服务器的负载状态，当边缘资源不足时，将部分任务迁移至云端执行；云端资源空闲时，可支援边缘节点处理复杂任务。该模块优化资源分配策略，平衡计算负载，提升整体资源利用率。安全与隐私保护模块为数据全流程提供防护。在数据传输阶段采用加密协议防止泄露；在边缘与云端部署访问控制机制，限制敏感数据的访问权限；针对隐私数据，通过差分隐私、联邦学习等技术实现数据可用不可见，确保用户信息安全。

3.3 协同工作流程设计

协同工作流程始于应用层任务发起。以智能交通系统为例，当需分析某路段实时交通状况时，任务分配与调度模块依据任务实时性、计算复杂度等属性进行判断，将实时视频流分析这类对响应速度要求高的任务，直接下发至靠近数据源的边缘节点。边缘层接到任务后，凭借本地算力对视频数据进行处理，快速识别车辆数量、行驶速度等信息，并对数据进行过滤与特征提取，仅将关键数据上传至云层。云层接收边缘层传输的数据后，结合全域交通历史数据，运用深度学习模型对交通趋势进行预测，进而生成优化策略。在此过程中，资源协同管理模块实时监控云端计算资源使用情况，根据负载状态动态调整任务执行优先级，确保计算资源得到高效利用。最终，生成的优化策略反馈至应用层，驱

动交通信号灯调控、路径规划等服务的执行,形成从任务发起、分配、执行到反馈的完整闭环流程,实现边缘计算与云计算在任务处理上的高效协同与深度融合。

4 协同模型关键技术研究

4.1 任务分配与调度技术

动态任务分配算法是实现高效协同的核心,其依据任务特征与资源状态对计算任务进行智能划分。对于实时性强的任务,像智慧交通中车辆轨迹追踪,采用就近分配原则下发至靠近数据源的边缘节点,借助本地计算资源快速响应;而复杂的全局分析任务,如城市交通流量预测,则提交至云端处理。该算法通过持续监测边缘节点与云服务器的负载情况,动态调整任务分配策略,避免单一节点过载,实现计算资源的均衡利用。优先级调度策略进一步优化任务执行顺序,基于任务的时间敏感性、重要程度等属性赋予优先级标签。以智慧安防场景为例,火灾预警任务优先级高于普通视频监控分析,系统优先调度资源处理紧急任务,确保关键服务的时效性。策略引入动态优先级调整机制,根据任务执行进度与环境变化,灵活变更任务优先级,保障整体系统的高效运行。

4.2 数据交互与管理技术

数据传输协议优化是保障数据可靠交互的基础。针对边缘与云端通信的特性,对传统传输协议进行改进,采用轻量化协议减少数据传输开销。在数据传输前,通过边缘节点对数据进行压缩与预处理,降低传输数据量;同时引入自适应传输机制,根据网络带宽与延迟状况,动态调整数据传输速率,避免网络拥塞^[4]。数据一致性维护技术确保边缘与云端数据的同步与准确。在数据更新时,采用分布式共识算法,协调多个边缘节点与云服务器间的数据变更操作,防止数据冲突与不一致。针对边缘节点可能出现的断连问题,建立本地缓存机制,在网络恢复后自动同步数据,保证数据的完整性与连续性。通过版本控制与数据校验技术,对传输与存储的数

据进行实时监控与验证,确保数据的可靠性。

4.3 异构资源协同技术

边缘与云端异构资源整合面临设备类型多样、计算能力差异大等挑战。通过建立统一资源描述模型,对边缘设备的计算、存储、网络资源与云端资源进行标准化建模,实现资源的统一管理 with 识别。在此基础上,采用虚拟化与容器化技术,将异构资源封装为标准化单元,便于灵活调度与分配。资源调度与管理方法通过动态感知资源状态,实现高效利用。实时监控边缘节点与云服务器的CPU、内存、存储等资源使用情况,结合任务需求,采用启发式算法或强化学习算法,制定最优资源分配方案。例如,当边缘节点计算资源不足时,将部分任务迁移至云端执行;当云端资源空闲时,分配资源支援边缘节点处理复杂任务。通过这种动态调度机制,有效提升整体资源利用率,降低系统能耗与成本。

结束语

智慧城市中边缘计算与云计算协同模型的构建,为城市高效运行提供了有力支撑。通过合理设计架构、研究关键技术,实现了数据处理的高效性、资源的优化配置以及服务质量的提升。未来,随着技术的不断发展,协同模型将不断完善,进一步推动智慧城市建设迈向新高度,为城市居民创造更便捷、舒适、安全的生活环境。

参考文献

- [1]刘洋,刘林,李相国.探索智慧城市的云边缘协同技术体系与创新应用框架[J].网络安全技术与应用,2023(12):76-79.
- [2]胡楚丽,程萍,程一凡,等.城市网格化综合管理服务的云边缘协同计算框架[J].测绘与空间地理信息,2023,46(9):1-5.
- [3]刘钊.物联网和边缘计算技术在智慧城市建设中的应用[J].数码设计,2024(6):43-45.
- [4]聂涛,杨佳宁.基于边缘计算的智慧供热网络实时数据处理与优化策略[J].互联网周刊,2024(17):38-40.