

面向边缘计算的网路资源分配策略

皇甫先鹏¹ 易群燕²

1 湖南省军区动员局 2 长沙学院艺术设计学院

DOI:10.32629/acair.v3i4.18120

[摘要] 伴随着物联网技术及5G的普及,自动驾驶、虚拟现实等新兴应用对网络latency、可靠性的要求也在不断的提升。传统的云计算由于其数据传输的综合路径长、带宽占用高这一缺陷,很难进一步满足新时代的发展需求。边缘计算通过将资源下沉至网络边缘,能缓解上述问题。但由于边缘节点资源受到限制且用户需求呈现动态变化等特点,使得网路资源的分配逐渐成为了后期落地的核心挑战。由此,本文针对“面向边缘计算的网路资源分配策略”展开探究,全面分析分配中存在的优势和劣势,指出其未来发展的研究方向,为后期的发展提供重要的参考。

[关键词] 边缘计算; 网路资源; 分配策略; 核心挑战

中图分类号: G623.58 **文献标识码:** A

Network resource allocation strategy for edge computing

Huangfu Xianpeng¹ Qunyan Yi²

1 Mobilization Bureau of Hunan Military Region

2 School of Art and Design, Changsha University

[Abstract] With the popularization of IoT technology and 5G, the requirements for network latency and of emerging applications such as autonomous driving and virtual reality are also continuously improving. Traditional cloud computing is difficult to further meet the development needs of the new era due to its comprehensive long transmission path and high bandwidth occupation. Edge computing alleviates the above problems by sinking resources to the edge of the network, but due to the limited resources of edge nodes and the dynamic of user demands, the allocation of network resources has gradually become the core challenge of later implementation. Therefore, this paper explores the "network resource allocation strategy for edge computing", analy the advantages and disadvantages of the allocation in detail, points out the research direction for future development, and provides an important reference for later development.

[Key words] Edge computing; resource; Allocation strategy; Core challenge

引言

传统的云计算通过将数据传至远端数据中心进行处理,不仅latency相对较高,而且还会占用大量的核心网络带宽。这种模式很难适配新兴的应用需求。而对于边缘计算来说,通过将存储、计算等多种资源部署在靠近使用者和数据源的网络边缘,能够更快速的对数据进行处理,在很大程度上降低了latency,同时也能够减少带宽所带来的消耗,成为解决此问题的核心技术。但是,边缘节点大多存在分布分散、资源有限等弊端,并且使用者需求呈现动态变化等情况,而如何能够在此环境下高效的分配网路资源,对边缘计算的服务质量与资源利用率具有非常直接的影响,也是目前急需解决的重要问题。

1 边缘计算网络架构与资源分配的核心要素

1.1 边缘计算网络的主要架构

对于边缘计算网络来说,其主要是在传统云计算架构的基础上,依托“云-边-端”这三层协同进而实现资源的高效调度。在这当中,“云端”作为核心的管控层,主要负责全局的资源统筹以及长期的任务规划;“边缘层”则主要是针对资源分配予以执行,在这当中包含基站、边缘服务器、路由器等设备,这些节点大多部署在交通枢纽、城市商圈及工业园区等用户的密集区域,具备本地化的存储、计算以及网络转发能力,并且能够更直接的处理终端设备的实时请求;“终端层”则主要包含物联网传感器、智能化手机、自动驾驶车辆等各种不同类别的设备,这些既是资源需求的发起者,部分具备计算能力的终端,也可作为“边缘侧延伸节点”,参与轻量级任务处理。这三种不同的架构主要核心优势是“分级处理”:针对latency要求为毫秒级的任务,通过边缘层直接响应;针对处理周期相对较长、数据量庞大

的非实时任务,则可以直接上传至云端进行处理;而终端层仅承担简单的数据采集与指令接收工作,既降低了终端设备的硬件成本,也减少了无效的数据传输^[1]。

1.2 资源分配的核心要素

边缘计算当中的网络资源分配,大多围绕“需求-资源-目标”这三个不同的维度展开,其主要核心要素则可以划分为以下四个类别:首先,资源的类型,边缘节点资源具有“异构性”和“有限性”的特点,主要包含三类不同的内容:计算资源、带宽资源和存储资源。其次,用户的需求,其核心依据是“动态性”与“差异性”,从其需求的类型上则主要可以划分为:实时交互类需求、数据传输类需求、离线处理类需求。除此之外,使用者的移动性也会导致需求呈现动态变化。接着,分配目标,资源分配大多需要进一步平衡多维度目标,最常见的目标包括服务质量(QoS)保障、资源利用率提升和能耗优化^[2]。最后,约束条件,资源分配往往需要在特定的约束之下来进行,主要包括硬件约束和环境约束这两种。

2 面向边缘计算的主流网络资源分配策略

2.1 优化理论的资源分配主要策略

首先,对于线性规划策略而言,主要适用于目标函数及约束条件是线性的场景,这一策略的主要优势则是计算逻辑比较清晰,能够求解全局最优解,并且结果的可解释性相对较强,便于运维人员去理解和调整^[3]。但是也存在着一一定的局限性:例如仅适用于线性场景,无法处理非线性约束;其次是当用户数量或者边缘节点数量增加时,计算复杂度会显著上升。其次是非线性规划策略。针对线性规划当中所存在的局限性,非线性规划策略则可以处理目标函数及约束条件为非线性的场景,这一策略的优势在于适用范围更广,能处理边缘计算中常见的非线性问题。而其所表现的缺点则是很容易陷入局部最优解。

2.2 机器学习的资源分配策略

伴随着边缘计算当中用户需求及环境所表现的动态性增强,传统的优化理论策略也会因为“依赖固定数学模型、难以适应动态变化”所表现的短板逐渐凸显出来。机器学习的策略主要通过数据驱动这一方式,让系统自主学习资源分配规律,适用于相对复杂、动态化的边缘网络环境,主要包含两大类:一、强化学习;二、深度学习。强化学习策略主要是将资源分配过程视为“智能体与环境的交互过程”。在这个过程中,边缘节点作为“智能体”,主要通过不断尝试资源分配方案,进而从环境的反馈中获取“奖励”,逐步学习最优分配策略。主要核心是Q-learning、深度强化学习(DRL)等算法,其中DRL通过神经网络拟合Q函数,能对高维度的状态空间进行处理。这一策略的主要优势则是动态适应性比较强,不需要预先构建数学模型,就能够自主的应对相应的环境变化;但是缺点则是训练的成本相对比较高,需要大量的历史数据,且在后期训练过程当中有可能出现“探索期不稳定”这些问题。深度学习策略则主要是通过神经网络对资源的需求与分配方案的映射关系来进行建模。这一策略所表现的优势在于预测精度高,能够提前规划资源分配,

不断减少实时调整的频率;但是所表现出来的局限性则主要是对数据的时效性要求比较高,如果历史数据与当前场景的差异比较大,预测结果则会出现偏差,进而影响最终的分配效果。

2.3 博弈论的资源分配策略

首先,非合作博弈策略适用于使用者或节点之间无协作意愿的场景,其所表现的核心内容则是进一步构建“用户-资源”的博弈模型,每一个用户作为“博弈方”,通过“自身QoS最大化”为目标选择资源请求策略,边缘节点作为“裁判”,依据各方请求与资源约束,制定出相应的分配规则。这一策略所表现的优势则主要在于能够充分考虑个体化利益,规避“大锅饭”方式的分配进而导致的用户不满;但是所表现的缺点则是可能出现“资源浪费”这一情况。合作博弈策略则适用于使用者或者节点之间可通过相互协作进而提升整体收益的场景,其主要的核心则是构建“联盟”,联盟内的成员通过资源共享,实现整体利益最大化,再通过Shapley值等方法将收益公平分配给各成员。这一策略所表现的最大优势则是能够提升整体资源的利用率,进而实现多方共赢;但是局限性则主要在于联盟构建难度大,需建立信任机制与收益分配规则,且当联盟成员数量过多时,收益分配的计算复杂度会显著上升。

3 边缘计算网络资源分配策略的挑战与问题

3.1 动态性与实时性之间存在的矛盾

边缘计算网络所表现的动态性主要体现在两个不同的方面:首先是用户的移动性;其次则是需求的波动性。而目前现有的策略则很难同时满足“动态适应”与“实时响应”这两者的需求。即便是优化理论策略能求解最优解,但是计算所消耗的时长较长,在用户快速移动这一场景之下,解出的方案可能已经过时;机器学习策略虽然动态性比较强,但是训练之后的模型在应对“从未见过的场景”,相应的时间往往会从100ms延长至500ms以上,很难满足实时性的需求。

3.2 多目标优化的冲突

边缘计算资源分配的主要目标往往同样存在某种冲突。在现有的策略表现当中,大多采用“加权求和”的方式平衡多目标,例如将“资源利用率”与“QoS达标率”分别赋予权重,构建综合目标函数。但是这样一种方式往往存在着两个不同的问题:首先是权重设置大多依赖人工经验,各不相同的场景之下所表现出来的最优权重差异性相对比较大;其次则是无法处理“极端冲突”,进而导致策略失效。

3.3 异构边缘节点的协同难题

基于边缘计算网络当中所表现的节点具有异构性特点。但是现有的策略在协同方面往往存在着一定的不足。首先,缺乏相对统一的资源调度协议,各不相同的厂家所展现的边缘节点很难直接交互资源信息,进而导致协同的效率相对较低;其次,任务拆分算法往往不够成熟,会出现降低整体效率的弊端。

4 边缘计算网络资源分配策略的未来研究方向

4.1 融合动态实时优化技术

在未来的发展过程当中,则会进一步融合优化理论和机器

学习的优势,进而构建出具有“动态实时优化框架”:首先,利用机器学习的预测能力,提前感知用户需求与环境变化;其次,基于预测结果,采用轻量化优化算法快速求解最优分配方案,将求解时间控制在50ms以内。

4.2 构建多目标智能决策机制

针对多目标冲突问题,往往需要构建“多目标智能决策机制”,主要核心是突破传统“加权求和”的单一模式,实现动态、场景化的目标优先级调整。首先,对“场景分类模型”进行引入,依托机器学习对边缘计算场景进行自动化的归类设置。其次,运用“多目标进化算法”来替代传统的遗传方法,这一类算法能够在以此计算当中去生成多个“帕累托最优解”——即不存在“某一目标提升而其他目标不下降”的方案集合,然后再结合场景优先级从解集中筛选最终方案。最后,逐渐融入“反馈调节模块”,对检测分配效果进行实时检测并动态化修正目标权重,如果发现某一场景当中的QoS达标率持续低于阈值,系统则会自动提升其QoS权重;如果资源的利用率长期低于50%,则适当提高利用率权重,避免资源闲置。这种机制能让多目标优化从“静态设定”转向“动态适配”,预计可将多目标冲突导致的策略失效概率降低至10%以下。

4.3 完善异构节点协同调度体系

解决异构边缘节点协同难题,往往需要从“协议统一”“任务智能拆分”“资源池化管理”这三个不同维度构建协同调度体系。在协议这一层面上,往往需要制定“边缘节点资源交互标准协议”,统一资源信息的描述格式与传输接口。在任务拆分这一层面上,研发“场景化任务拆分算法”,并结合异构节点所表现出来的资源优势和任务子模块的需求特征展开匹配。在资源管理这一层面,则需要进一步推行“边缘资源池化”,并将异构节点的分散资源整合为“逻辑资源池”。通过软件定义网络(SDN)与网络功能虚拟化(NFV)技术,对不同节点的算力、带宽、存储进行抽象化封装,屏蔽硬件差异,形成统一的资源调度接口。

4.4 融入安全与隐私保护

伴随着边缘计算在医疗、金融等敏感领域的应用,资源分配

过程当中逐渐凸显出安全与隐私问题,未来则需要将安全与隐私保护深度融入资源分配策略。首先,搭建“安全感知的资源分配模型”,将节点安全性作为资源分配的重要约束。通过“节点信任评估模块”,基于节点的历史行为、硬件安全等级、网络环境,为每一个边缘节点打分(0-100分)。同时,引入“动态隔离技术”,为不同安全等级的任务划分独立的资源分区(如算力分区、带宽通道),防止恶意任务通过资源共享窃取数据。其次,采用“隐私计算技术”实现“数据可用不可见”的资源分配,进而不断加强安全与隐私的保护。

5 结论

综上所述,对于边缘计算来说,其作为支撑5G、物联网等新兴技术落地的核心架构,所表现的网络资源分配效率及合理性对后期服务质量、资源价值都带来了非常重要的影响,由此,本文主要针对边缘计算“云-边-端”三层架构及资源分配的核心要素,梳理了基于优化理论、机器学习、博弈论的三类主流策略,发现当前策略在动态实时性、多目标平衡、异构协同、安全隐私等方面仍存在短板。在未来的发展过程当中,也会进一步通过多种方式和方法来加强安全隐私保护、完善异构节点协同调度体系等等,进而不断优化其后期的发展与运用。

[参考文献]

- [1]孙欢欢.移动边缘计算网络中基于任务转移的负载均衡优化方案[J].计算机与数字工程,2024(06):1759-1762+1768.
- [2]袁昕旺,谢智东,谭信.无人机边缘计算中的资源管理优化研究综述[J].计算机科学,2022(11):234-241.
- [3]崔岩,姚叶.移动边缘计算系统中无人机和用户的分层博弈优化方法[J].通信技术,2020(09):2189-2194.

作者简介:

皇甫先鹏(1982-),男,汉族,河南商丘人,博士,研究方向:计算机网络、信息安全。

易群燕(1985-),女,汉族,株洲醴陵市人,本科,讲师,研究方向:设计理论与网络应用。