

5G通信网络智能资源调度与云网融合关键技术

包航鸣 周佩

内蒙古电力(集团)有限责任公司通信分公司 内蒙古呼和浩特 010020

摘要: 随着5G通信网络的快速发展,传统的静态资源调度方法已无法满足高并发、多业务和低时延的复杂需求。本文提出一种融合人工智能与机器学习技术的智能化资源调度体系,构建涵盖数据采集、预处理、神经网络模型训练以及实时反馈优化的完整框架。通过对历史与实时网络数据的融合分析,模型能够实现资源需求的精准预测,并在高负载场景下动态调整任务优先级与资源分配策略,从而有效降低延迟、提高带宽利用率并优化网络稳定性。

关键词: 5G通信网络;智能资源调度;云网融合;负载均衡

引言

5G通信技术作为新一代信息基础设施,其核心特征包括高带宽、低时延和大规模连接,为智慧城市、工业互联网及车联网等应用提供了坚实支撑。然而,随着网络规模的持续扩张和业务类型的日益多样化,传统依赖静态规则和阈值判断的资源调度方法暴露出严重不足。一方面,网络流量与用户需求呈现强波动和不确定性,导致固定策略无法适应瞬时变化;另一方面,资源分配过程中缺乏全局视角与动态调整机制,使得部分节点过载而其他节点资源闲置,造成网络利用率低下。

一、传统网络资源调度方法的不足

1. 静态调度机制的局限性

传统网络资源调度方法多依赖静态规则或阈值策略,这种方式在早期较低负载的网络环境下尚能发挥一定作用,但在5G场景中已显得力不从心。静态规则假设网络状态相对稳定,无法适应突发性流量和高并发请求的动态波动。当网络流量在毫秒级发生剧烈变化时,静态阈值难以及时反映实时负载,从而导致资源分配滞后或冗余。结果是部分节点持续过载,出现传输时延增大、丢包率上升等现象,而另一些节点则资源闲置,造成整体利用率下降。此外,静态方法无法结合用户多样化需求和应用差异性,忽略了业务层面的服务等级要求,最终使得网络性能与用户体验双重受限。

2. 网络状态感知不足

传统方法在数据采集与状态感知方面存在明显缺陷,往往仅关注带宽使用率或连接数等基础指标,而忽略了网络设备负载、协议传输特性及用户行为模式的综合影

响。这种片面化的监测方式导致系统无法全面认知网络态势,更无法准确预测资源需求。当网络出现突发流量高峰或局部拥塞时,调度算法因缺乏前瞻性而产生不当分配,造成性能劣化。尤其在多用户高并发条件下,设备间负载差异未被有效识别,使得部分节点成为瓶颈,而其他节点资源闲置,严重破坏了网络的均衡性与稳定性。缺乏对状态的精细化感知还使系统难以构建有效的预测模型,导致调度依赖经验参数而非数据驱动决策。

3. 负载均衡与资源利用率低下

在缺乏智能优化的情况下,传统调度策略往往导致网络资源分配不均衡。一方面,高负载节点因处理能力不足而频繁出现任务阻塞或延迟,甚至影响链路稳定性;另一方面,低负载节点资源空闲,形成明显浪费。此种失衡直接削弱了网络整体吞吐量和带宽利用效率,并使业务质量(QoS)难以保障。更为严重的是,资源分配不均往往呈现连锁效应,过载节点可能诱发链路拥塞和丢包,从而降低端到端的可靠性。缺乏全局优化视角也使得系统难以在动态环境中调整策略,导致调度决策滞后。

二、基于5G通信的网络资源调度管理与云网融合系统研究

1. 数据收集

在5G通信网络的资源调度与云网融合系统研究中,数据收集是构建智能决策模型的前提环节。传统方法仅依赖于有限的网络统计参数,而在大规模并发环境下,这类数据往往难以揭示复杂的网络动态特征。因此,必须建立覆盖历史数据与实时数据的多层次采集机制。历史数据能够反映长期趋势与周期性波动,便于对带宽、时延和吞吐量等核心指标进行宏观建模,从而识别潜在

的资源分配瓶颈。与此同时,实时数据采集则更关注瞬时负载与节点运行状态,通过对流量变化、CPU与内存使用率、链路质量及丢包情况的即时监测,能够动态刻画网络运行全貌。特别是在边缘计算和物联网场景下,设备数量庞大且负载差异显著,仅依赖历史统计数据已无法满足调度需求,实时监控则为资源预测和调度优化提供了必需支撑。为了保证数据采集的广度与深度,系统需要引入分布式监测架构,通过交换机、路由器和服务器日志等多源信息交叉验证,以提高数据的可信度与完整性。

2. 数据预处理

原始网络数据在采集过程中不可避免地受到环境干扰、设备故障或异常流量的影响,若直接输入模型往往会导致训练偏差和调度决策失真。因此,科学的数据预处理环节在智能资源调度系统中具有至关重要的地位。首先,噪声处理是预处理的关键步骤之一。由于网络运行涉及大量非平稳信号,采集数据中常含有随机波动和突发异常,若不加以清理,将直接影响模型的收敛速度与预测精度。通过标准化变换与归一化操作,不仅能减少不同维度特征值间的量纲差异,还能避免部分数值过大特征在训练中产生不合理的权重放大效应。其次,异常值识别同样不可忽视。由传感器失灵、输入错误或极端事件引起的异常数据会对模型分布假设产生干扰,常用的四分位距方法能够在保证整体数据结构稳定的前提下剔除或修正异常点。对于平稳数据集,可采用均值替换策略减轻偏差风险。再次,在进行特征提取前,还需确保数据的时间序列一致性与完整性,避免因丢包或时序不对齐而导致模型输入不稳定。

3. 特征神经网络模型训练

在5G通信网络资源调度与云网融合研究中,特征神经网络模型的训练是实现智能预测和动态优化的核心环节。5G网络环境中存在高维度、多源异构的数据,这些数据包括流量负载、带宽占用率、设备计算资源使用情况及用户行为模式等复杂特征。传统的线性模型难以捕捉其中的非线性关联,因此需要利用神经网络的深层结构完成对特征的自动抽象与深度表达。在模型设计阶段,网络结构通常包括输入层、多个隐藏层和输出层。输入层负责接收经过归一化与特征筛选后的数据向量,隐藏层通过激活函数进行非线性映射,逐层学习潜在规律和复杂关系。输出层则给出资源需求预测或调度策略建议。在训练过程中,采用反向传播算法对网络参数进行迭代

更新,以最小化预测值与真实值之间的均方误差为优化目标。

4. 实时监控与反馈优化

实时监控与反馈优化是保障智能资源调度系统稳定运行的重要环节。随着5G网络连接规模的迅速扩大,网络状态呈现出瞬时变化和高度复杂的特征,单一的离线预测模型无法满足动态管理的需求。因此,系统需要构建多维度的实时监控机制,对时延、带宽利用率、吞吐量及节点负载等关键指标进行持续采集与分析。通过对网络链路运行状态的实时观测,能够快速发现潜在瓶颈并识别异常波动,例如突发拥塞或局部节点过载。一旦监测数据偏离预设阈值,系统即可触发反馈优化过程,将最新的网络状态作为输入重新传入神经网络模型,实现调度策略的自适应更新。这一闭环机制使模型能够不断修正预测结果,并在动态环境中保持较高的准确度与鲁棒性。

三、基于5G通信网络的资源调度分配策略

1. 任务升序排序

在多业务并发与瞬时波动显著的5G环境中,按资源需求强度进行任务升序排序能够在有限算力与带宽条件下最大化整体吞吐。做法是先以神经网络对任务的资源向量进行预测,涵盖CPU、内存与链路带宽等维度,再依据综合占用量从小到大排列,优先调度轻量作业以减少排队阻塞与链路抢占,从而降低因大任务占坑造成的长尾时延。为避免热点节点形成次生拥塞,排序后的作业应优先落在空闲或低负载节点,以分散峰值压力并缩短冷启动等待。该策略兼顾效率与公平性,小任务快速完成可回收碎片资源,进而为中等规模任务让路,形成正向循环。与静态阈值法相比,升序排序更能适配毫秒级负载起伏,并能在不改变现有控制面的前提下获得可观收益,是面向云网一体资源池的易落地方案,能在全局层面提升调度效率并降低过载风险。

2. 实时更新网络数据

资源编排若缺乏新鲜而全面的状态信息,任何离线最优都可能在线上后迅速失效。因而需要以连续遥测与日志汇聚构建网络数字画像,重点追踪带宽占用、链路拥塞度、节点CPU与内存利用率以及存储与缓存命中等关键指标。系统应将这些指标在控制面形成可查询的全局视图,并在检测到带宽逼近瓶颈或节点负载攀升时,及时刷新资源映射与路由路径,触发带宽配额调整与实例迁移,避免瓶颈固化为长期拥塞。对于业务侧需求的

昼夜周期与突发峰谷，也需以滑动时间窗动态更新阈值，以兼顾敏感度与稳定性。通过高频率的小步调整，调度器可以在业务波动到来前完成预配与再均衡，既压低丢包与排队时延，也减少资源空转。

3. 动态调整调度顺序

仅凭预排序无法覆盖运行期的状态漂移，调度器需在执行过程中结合实时观测对任务优先级进行再配置。当部分节点出现负载抬升或链路速率下降时，应将小占用任务下沉至该类节点，以快速释放排队压力，并将高带宽或重计算作业迁往负载较轻资源域，避免局部饱和与扩散为系统性拥塞。若监测到带宽利用率接近上限，可延后大流量任务或改道至低利用链路，以稳定端到端时延与抖动。该过程依赖持续的状态回传与轻量级重排策略，通过最少的队列扰动换取最大的全局收益。与一次性静态编排不同，动态顺序调整在确保服务等级目标的同时抑制热点与空闲并存的失衡局面，提升作业完成率与资源利用率。

4. 动态调整调度顺序

在5G网络环境中，业务需求和网络状态呈现出高度动态化，仅依靠任务的初始排序无法适应实时变化。为此，调度系统需要在运行过程中结合实时观测数据，对任务优先级进行动态调整。当监控模块检测到某些节点的CPU、内存或链路利用率持续攀升时，系统应快速将资源消耗较小的任务分配到这些高负载节点，以缓解过载造成的延迟扩散，同时将计算量大或带宽需求高的任务迁移至低负载节点，实现资源的再均衡。若检测到某些链路的带宽接近饱和，则应推迟或重定向大流量任务，以防止链路拥塞进一步恶化。

5. 资源分配策略的优化

在5G通信网络中，资源分配不仅要满足不同业务的时延、带宽和可靠性要求，还需要兼顾公平性与利用率最大化。优化资源分配策略的核心是引入智能化算法，实现对任务和资源的全局协调管理。首先，应基于神经网络预测结果确定任务优先度，使重要或时延敏感型业务优先获得核心资源，如关键业务通信可优先分配高速链路和高性能计算单元。其次，可结合遗传算法、模拟退火算法等智能优化方法，解决多任务并发下的资源冲突问题。这类算法通过搜索最优解空间，减少任务间的

资源等待与竞争，提高整体调度效率。同时，应注重空闲资源的回收与复用，通过缩短资源空置周期，使每一节点在完成的任务后迅速进入下一轮调度，从而降低整体延迟并提高网络利用率。

6. 负载均衡与优化

负载均衡是5G资源管理的核心目标之一，其目的是在保证性能稳定的同时避免资源过度集中或闲置。在实际运行中，当某一节点的任务量持续过高时，系统应通过任务迁移机制将部分计算或流量分配给其他压力较小的节点，实现任务在空间维度上的重新分布。此举不仅可以降低过载节点的延迟和丢包率，还能避免热点链路成为全局瓶颈。为增强系统鲁棒性，应建立容错机制，在部分节点发生故障或异常时，能够自动将任务转移至备用节点，确保业务不中断。在优化过程中，还需综合考虑任务的重要程度和资源消耗特征，对高优先级任务赋予更高保障，同时利用实时监测信息评估各节点状态，实现负载的持续均衡调整。

结语

本文围绕5G通信网络的智能资源调度与云网融合展开研究，从传统方法的不足切入，提出了基于人工智能模型的动态调度体系。通过多维度数据采集与预处理，结合神经网络模型实现对资源需求的精准预测，并在实时监控与反馈机制支撑下完成闭环优化。进一步地，构建了面向5G网络的多层次资源分配策略，包括任务升序排序、实时数据更新、动态调度调整、优化算法应用以及负载均衡等关键环节，有效缓解了多用户高并发条件下的网络拥塞问题。

参考文献

- [1] 张升峰, 陈硕, 刘从丰, 等. 基于多源异构数据的智能通信网络资源分配与调度优化方法研究[J]. 电子元件与信息技术, 2025, 9(04): 136-138+145.
- [2] 陈家璘, 孙志峰, 曾铮, 等. 5G电力调度通信网络的ME-SDM算法设计[J]. 微型电脑应用, 2024, 40(12): 152-155+160.
- [3] 李子达. 基于智能反射表面的无线供电通信网络资源调度研究[D]. 河北工程大学, 2024.