

基于人工智能的5G/6G通信网络资源智能调度算法研究

曹华林

浙江省通信产业服务有限公司杭州市分公司 浙江 杭州 310000

摘要：本文聚焦基于人工智能的5G/6G通信网络资源智能调度算法。先阐述5G/6G网络特性、资源调度基础与挑战，接着剖析人工智能在资源调度中的应用原理，包括算法设计、性能评估等。深入探讨5G网络中智能调度算法的应用场景、典型算法及优化改进，还探索6G网络对资源调度的新要求与AI算法创新，为5G/6G网络资源智能调度提供理论支持。

关键词：人工智能；5G/6G通信网络；资源智能调度算法

1 5G/6G 通信网络资源调度基础

1.1 5G/6G通信网络概述

5G通信网络作为第五代移动通信技术，具备高速率、低时延、大容量等显著特性。它采用了毫米波通信、大规模天线阵列（MassiveMIMO）、新型网络架构（如SDN/NFV）等关键技术。毫米波通信提供丰富的频谱资源，可实现超高速数据传输；MassiveMIMO技术通过增加天线数量，提高频谱效率和信号覆盖范围；SDN/NFV技术实现网络的灵活控制和资源的高效利用。5G网络的应用场景广泛，包括增强移动宽带（eMBB）、超可靠低时延通信（URLLC）和海量机器类通信（mMTC），为智能交通、工业互联网、虚拟现实等领域的发展提供了有力支撑^[1]。6G通信网络是5G的演进和升级，将在5G的基础上进一步提升性能。6G网络将实现更高的数据传输速率，预计可达5G的数十倍甚至上百倍；更低的时延，满足未来智能社会对实时性的极致需求；更广泛的覆盖范围，包括海洋、太空等极端环境。6G还将融合人工智能、区块链、量子通信等前沿技术，构建一个更加智能、安全、高效的通信网络，推动人类社会进入万物智联的新时代。

1.2 资源调度基本概念

资源调度是指在网络中对有限的资源进行合理分配和管理的过程，其目的是优化网络性能，提高资源利用率，满足不同用户和业务的需求。在5G/6G通信网络中，资源主要包括频谱资源、功率资源、计算资源等。频谱资源是无线通信的基础，合理的频谱分配可以提高频谱效率，减少干扰；功率资源影响着信号的传输距离和质量，需要根据用户位置和业务需求进行动态调整；计算资源则用于处理网络中的各种数据和业务，保障网络的正常运行。资源调度需要遵循一定的原则，如公平性、效率性、实时性等。公平性要求确保每个用户都能获得

一定的资源，避免出现资源垄断的情况；效率性要求最大化资源的利用率，提高网络的整体性能；实时性则要求根据业务的需求及时调整资源分配，满足实时业务的时延要求。

2 5G/6G 网络中的资源调度挑战

2.1 高速数据流与实时性需求

随着5G/6G网络的发展，高速数据流成为常态。例如，在虚拟现实（VR）和增强现实（AR）应用中，需要实时传输大量的图像和视频数据，对网络的带宽和传输速率提出了极高的要求。同时，这些应用对实时性也非常敏感，任何微小的延迟都可能导致用户体验下降，甚至出现眩晕等不适症状。因此，资源调度算法需要能够快速、准确地分配资源，确保高速数据流的实时传输，满足用户对高质量通信的需求。

2.2 大连接数与设备管理

5G/6G网络支持海量机器类通信（mMTC），这意味着网络中将连接大量的设备，如智能传感器、物联网终端等。这些设备数量众多、分布广泛，且具有不同的业务需求和通信特性^[2]。如何对如此大量的设备进行有效的管理，合理分配资源，是一个巨大的挑战。资源调度算法需要考虑设备的优先级、业务类型、信道质量等因素，实现资源的优化分配，同时还要具备可扩展性，以适应未来设备数量的进一步增长。

2.3 低时延要求与复杂网络环境

超可靠低时延通信（URLLC）是5G/6G网络的重要应用场景之一，如智能交通、工业自动化等领域对通信的时延要求极高，通常需要在毫秒甚至微秒级别。然而，5G/6G网络的环境非常复杂，存在多径衰落、干扰、移动性等问题，这些问题会导致信号传输时延增加，影响通信的可靠性。资源调度算法需要在复杂的网络环境下，快速找到最优的资源分配方案，降低时延，保障通

信的可靠性。

3 基于人工智能的资源调度算法原理

3.1 人工智能在资源调度中的应用

人工智能凭借其卓越的数据处理与决策能力,在资源调度领域展现出巨大潜力。它能够深入海量数据之中,精准学习并挖掘出隐藏的模式与规律,进而为资源调度量身定制智能化解决方案。在资源调度过程中,机器学习算法发挥着关键作用。通过对网络历史数据的细致分析,它能够精准预测用户的业务需求走向以及网络状态的动态变化。以深度学习算法为例,它可对不同业务的流量模式构建精细模型,不仅能捕捉到流量的周期性变化,还能洞察到突发流量产生的规律。基于这些预测结果,资源调度系统能够提前规划资源分配,确保在业务需求高峰来临前,将足够的资源合理分配到相应区域,避免出现资源短缺或闲置的情况,有效提升网络的整体运行效率和服务质量。

3.2 智能调度算法设计

智能调度算法的设计是一个复杂且严谨的过程,必须充分考虑网络自身的独特特点以及多样化的业务需求。设计伊始,要精准确定算法的目标函数,这是算法设计的核心导向。目标函数可能涵盖多个方面,如最大化资源利用率,让每一份资源都能得到充分施展,减少浪费;最小化时延,确保数据能够以最快的速度传输,满足实时性业务的需求;提高用户满意度,从用户的角度出发优化资源分配,提升用户体验。在明确目标函数后,需依据其特性选择合适的人工智能算法,像神经网络擅长处理复杂的非线性关系,决策树能清晰呈现决策过程,遗传算法则适合解决优化问题。算法的复杂度和实时性也不容忽视,要保证算法能在短时间内快速给出合理的资源分配方案,可采用分布式的人工智能算法,将大问题拆解为多个小问题并行处理,提高算法效率。

3.3 算法性能评估指标

为了科学、全面地评估智能调度算法的性能,构建一套完备的评估指标体系至关重要。常见的评估指标包括资源利用率、时延、吞吐量和公平性等。资源利用率是衡量网络对资源利用程度的关键指标,其数值越高,意味着资源得到了更充分的利用,浪费现象越少,网络运营成本也就越低。时延作为数据从发送端到接收端所需的时间,直接反映了通信的实时性。时延越低,数据传输越迅速,对于实时性要求极高的业务,如视频会议、在线游戏等,能够提供更流畅的体验。吞吐量表示单位时间内网络成功传输的数据量,它体现了网络的传输能力,吞吐量越高,网络在单位时间内能够处理的数

据就越多,整体性能也就越强。公平性则聚焦于不同用户或业务获得资源的公平程度,公平性越高,表明资源分配越合理,避免某些用户或业务过度占用资源,而其他用户或业务资源匮乏的情况,保障网络的公平性和稳定性。通过对这些指标的综合评估,能为算法的优化和改进提供坚实依据^[3]。

4 基于 AI 的 5G 网络资源智能调度算法研究

4.1 智能调度算法在5G网络中的应用场景

智能调度算法在5G网络中有着极为广泛且关键的应用场景。在增强移动宽带(eMBB)场景里,用户对于高速数据传输有着强烈需求,像高清视频的流畅播放、大型文件的快速下载等。智能调度算法能够实时感知用户的业务需求以及网络当下的状态,包括信号强度、频谱占用情况等。依据这些信息,动态且精准地分配频谱资源和功率资源。在超可靠低时延通信(URLLC)场景中,像工业自动化控制、远程医疗手术等关键业务,对通信的时延和可靠性要求极高。智能调度算法会优先保障这些关键业务的资源需求,为其开辟专属的快速通道,降低数据传输时延,确保通信的可靠性。在海量机器类通信(mMTC)场景下,会有大量设备接入网络,智能调度算法可对这些设备进行细致分类管理,依据设备的优先级和业务类型合理分配资源,实现设备的高效接入与管理。

4.2 典型算法分析

4.2.1 基于目标优先级的资源调度算法

此算法依据不同业务的目标优先级来合理分配资源。以URLLC业务为例,时延和可靠性是该业务的核心目标,一旦出现时延过长或可靠性不足的情况,可能会导致严重的后果,如工业生产中的设备故障、医疗手术中的操作失误等。因此,算法会优先为这类业务分配资源,确保其需求得到满足。具体操作时,算法先对各类业务进行详细分类,并为每个业务设置相应的优先级权重,权重越高代表业务越重要。然后,结合当前的资源状况,如频谱的剩余量、功率的可用范围等,为业务分配频谱、功率等关键资源。这种算法能有效保障关键业务的运行,但也可能存在弊端,即可能会导致低优先级业务因资源分配不足而无法正常工作,影响部分用户的体验。

4.2.2 基于能量效率的资源调度算法

随着5G网络设备的大量部署,能量效率问题愈发凸显,成为网络运营中不可忽视的重要因素。基于能量效率的资源调度算法的核心目标是在满足业务需求的前提下,最大程度地最小化网络的能量消耗。算法通过多种方式优化资源的分配。当用户距离较近且信道质量良

好时,适当降低发射功率,既能保证通信质量,又能避免不必要的能量浪费;当用户距离较远或信道质量较差时,则提高发射功率。算法还会选择合适的调制编码方式,以提高能量利用效率。通过这些优化措施,有效降低网络的能耗,实现绿色通信。

4.2.3 结合多种调度算法的混合策略

为了充分发挥不同调度算法的优势,弥补单一算法的不足,采用混合策略是一种行之有效的方法。在实际应用中,不同的业务场景对优先级和能量效率的侧重点有所不同。在关键业务较多的场景下,基于目标优先级的算法能确保关键业务获得足够资源;而在对能耗较为敏感的场景中,基于能量效率的算法则能发挥重要作用。混合策略可以根据网络的实际状态和业务需求,动态调整不同算法的权重。当网络负载较轻且对能耗要求较高时,适当提高基于能量效率算法的权重;当有重要业务接入时,则增加基于目标优先级算法的权重,从而实现资源的优化分配,提升网络的整体性能。

4.3 算法优化与改进

为了进一步提升基于AI的5G网络资源智能调度算法的性能,可从多个关键方面进行优化和改进。一方面,可以引入更多丰富且精准的特征信息。例如,考虑用户的移动性,当用户处于高速移动状态时,其网络连接稳定性会受到影响,算法可根据这一特征提前调整资源分配策略;网络拓扑结构也是一个重要因素,不同的拓扑结构会影响信号的传播和资源的分配效率,将其纳入算法考量范围可提高算法的适应性。另一方面,采用更先进的人工智能算法是关键。深度强化学习算法具有强大的学习能力和决策能力,它能够通过不断与网络环境交互,学习到最优的资源分配策略,从而更好地应对复杂的网络环境和多变的业务需求。此外,通过算法的并行化和分布式实现,可将复杂的计算任务分解到多个处理单元上同时进行,提高算法的实时性,同时增强算法的可扩展性,以适应5G网络不断增长的业务量和设备数量。

5 基于 AI 的 6G 网络资源智能调度算法探索

5.1 6G网络对资源调度的新要求

6G网络的高速率、低时延、大容量等特性对资源调度提出了新的要求。首先,6G网络需要支持更高的数据

传输速率,这意味着资源调度算法需要更加高效地分配频谱资源,提高频谱利用率。其次,6G网络对时延的要求更加严格,需要实现微秒级别的时延保障,资源调度算法需要能够快速响应网络变化,实时调整资源分配^[4]。另外,6G网络将融合更多的新技术,如人工智能、区块链、量子通信等,资源调度算法需要与这些技术深度融合,实现更加智能、安全的资源管理。

5.2 6G网络资源调度中的AI算法创新

为了满足6G网络的新要求,需要在AI算法上进行创新。一方面,可以探索新的深度学习架构,如图神经网络(GNN),用于处理6G网络中的复杂拓扑结构和关系数据。GNN能够学习节点之间的相互关系,为资源调度提供更准确的决策依据。另一方面,可以结合强化学习和联邦学习等技术,实现分布式的学习和决策。联邦学习可以在保护用户隐私的前提下,利用多个设备的数据进行模型训练,提高算法的泛化能力。强化学习则可以根据网络的实时反馈不断优化资源分配策略,实现资源的动态自适应调度。

结束语

本文围绕基于人工智能的5G/6G通信网络资源智能调度算法展开研究。通过对5G/6G网络特点、资源调度挑战的剖析,以及人工智能在其中的应用原理探讨,明确了智能调度算法的重要性和发展方向。在5G网络算法应用与优化基础上,对6G网络提出新要求并探索AI算法创新。未来,随着技术发展,该领域研究将不断深入,推动通信网络性能持续提升。

参考文献

- [1]戴传祇,陈冲.基于最优资源算法的5G通信网络信号覆盖优化方法[J].信息与电脑(理论版),2021,33(21):163-165.
- [2]韦皓仁.基于5G网络的无线通信资源分配技术探究[J].中国新通信,2023,25(16):10-12.
- [3]惠聪.基于流量预测的5G通信网络资源分配方法[J].信息技术,2023,(07):71-76
- [4]黄宗伟.基于人工智能的5G无线网络通信速率优化系统设计[J].电子设计工程,2022,30(22):165-168+173.