

4G/5G异构网络融合下的无线资源管理与优化

张 超

贵州省邮电规划设计院有限公司 贵州 贵阳 550003

摘 要: 4G/5G异构网络融合下的无线资源管理与优化是提升网络性能、保障用户体验的关键。文章探讨了4G与5G网络在频谱资源、信道干扰和功率资源等方面的协同管理策略,以及基于机器学习和大数据分析的无线资源优化方法。通过跨层优化与联合资源管理,实现了无线资源的高效利用和性能优化。本文的研究为4G/5G异构网络融合下的无线资源管理提供了新思路,对于推动移动通信技术的发展具有重要意义。

关键词: 4G/5G异构网络;无线资源管理;网络融合;优化策略

1 4G/5G 异构网络融合概述

1.1 4G与5G网络的技术特点

4G与5G网络作为移动通信技术的两个重要发展阶段,各自具有鲜明的技术特点。4G网络的技术特点主要体现在几个方面:首先,4G网络具有较高的数据传输速率,理论峰值下载速度可达100Mbps左右,足以满足日常的网络使用需求。其次,4G网络具有广泛的覆盖范围,几乎可以覆盖到所有的城市和乡村地区,提供了稳定的网络连接。另外,4G网络还支持丰富的多媒体应用,如高清视频通话、在线游戏等,极大地丰富了用户的网络体验。4G网络在面对大规模连接和超高速率需求时,仍存在一定的局限性。相比之下,5G网络的技术特点更为突出,5G网络的理论峰值下载速度可以达到惊人的20Gbps,是4G网络的数十倍,这意味着用户可以更快地下载和上传数据。5G网络的延迟极低,可以低至1毫秒以下,几乎可以实现实时响应,这对于游戏、自动驾驶等需要高实时性的应用场景至关重要。在覆盖范围方面,虽然5G网络目前还相对有限,但随着技术的不断发展和普及,其覆盖范围正在不断扩大。更重要的是,5G网络还支持大规模连接,可以满足物联网、智慧城市等新兴领域对连接数量的需求。

1.2 4G/5G异构网络融合架构

在4G/5G异构网络融合架构中,用户签约数据、业务策略数据以及业务连续性是需要优先考虑的问题。为了实现这些目标,3GPP定义了专用于跨系统互操作的4G/5G融合网元,包括MME+AMF、HSS+UDM、PCRF+PCF、PGW-C+SMF和PGW-U+UPF等。这些融合网元通过内部接口实现4G和5G网络之间的交互流程,简化了互操作业务处理流程。4G/5G异构网络融合架构还支持单注册和双注册两种注册模式,单注册模式下,用户设备(UE)在同一时间内仅保持一种激活的移动性管理

状态,可以是5GC的注册管理状态或EPC的EPS移动性管理状态之一^[1]。双注册模式则允许UE同时独立处理到5GC和EPC的注册流程,并存储5G-GUTI和EPC-GUTI。这两种注册模式的选择取决于运营商的网络部署情况和业务需求。在4G/5G异构网络融合架构中,还涉及到一个重要的可选接口——N26接口。N26接口的存在能够支持在互操作过程中,在源网络和目标网络之间传送移动性管理状态和会话管理状态。

2 无线资源管理的关键技术

2.1 频谱分配与调度技术

频谱是无线通信中的关键资源,频谱分配技术是将频谱资源划分为不同的频段并分配给不同的通信系统或用户,以实现频谱资源的合理利用。静态频谱分配是按照不同的频段将频谱资源分配给各个通信系统,由各个系统自主管理和使用。这种方法适用于少量通信系统或较低密度的用户环境,但在高密度用户和不同类型通信系统混合使用的情况下,会导致频谱碎片化问题。为了解决频谱碎片化问题,动态频谱分配技术应运而生。动态频谱分配技术是根据实际的通信需求情况,动态地对频谱资源进行分配。动态频谱分配技术可以分为基于协调的频谱共享和基于认知无线电的频谱感知两种。频谱调度技术则是指根据通信系统用户的需求和网络状态,动态地将频谱资源分配给不同的用户,以实现各个用户的公平性、容量优化和扩展性。动态频谱调度技术能够根据用户的动态需求和网络状态进行实时调度,实现用户间的公平性和资源的高效利用。常用的动态频谱调度算法包括最小接入点算法、最大信噪比算法和最小干扰算法等。

2.2 信道干扰管理技术

信道干扰管理技术主要包括干扰迁移、干扰对齐、干扰译码和干扰协调等。干扰迁移的原理是通过引进移

动热点,实现数据分流,使一个高负载小区的干扰转移到另一个低负载小区,从而既保证了每个小区正常使用无线通信,又解决了干扰问题。干扰对齐则是将同一信道内由不同干扰源产生的干扰信息作对齐压缩处理,当压缩到足够小的信号维度后,干扰效果可以忽略,从而达到干扰管理的目的。干扰译码则是通过特定的算法对干扰信号进行解码和处理,以降低其对有用信号的影响。而干扰协调则是通过协调不同小区之间的发射功率和频谱使用,以减少小区间的干扰。多点协同传输技术也是一种有效的信道干扰管理技术,它能够将各个小区之间存在的干扰信号转化为可重新利用的信号,对增强系统整体性能有一定帮助。

2.3 功率控制技术

功率控制技术是无线网络中实现信号的覆盖和干扰控制的关键技术。在无线网络中,通过合理调整发射功率可以有效提高网络的覆盖范围和信号质量,避免与其他用户之间的干扰。功率控制技术的实现需要考虑多个因素,包括用户的距离、信道条件、干扰情况等。通过动态调整发射功率,可以在保证网络覆盖范围和信号质量的同时,降低对其他用户的干扰。功率控制技术还可以与频谱分配和调度技术相结合,进一步优化网络性能^[2]。

2.4 时/空资源优化技术

时/空资源优化技术是通过优化时间和空间资源的利用来提高网络性能的关键技术。在时间资源优化方面,可以通过时分多址(TDMA)、频分多址(FDMA)等技术实现用户之间的并行通信,提高网络的容量和吞吐量。通过动态调整时隙分配和传输速率,可以进一步优化时间资源的利用。在空间资源优化方面,可以通过多天线技术、波束成形等技术实现空间复用和干扰抑制。多天线技术可以在相同的时频资源上传输多个数据流,从而提高网络的容量。波束成形则是通过调整天线的发射方向和权重,将信号能量集中在特定的方向上,以减少干扰并提高信号质量。另外,时/空资源优化技术还可以与频谱分配和调度技术相结合,实现更精细的资源管理和优化。

3 4G/5G 异构网络融合下的无线资源管理策略

3.1 频谱资源的协同管理

在4G/5G异构网络融合的背景下,频谱资源的协同管理成为提升网络性能和用户体验的关键。由于4G和5G网络在频谱使用上存在重叠和互补,如何高效、公平地分配和管理这些频谱资源成为亟待解决的问题。首先,频谱资源的协同管理需要建立跨网络的频谱共享机制,这意味着4G和5G网络需要在频谱使用上进行协调,避免频

谱资源的浪费和冲突。其次,频谱资源的协同管理还需要考虑频谱的复用和干扰管理,在异构网络中,不同网络之间的频谱复用可能会导致干扰问题。因此需要采用先进的干扰协调技术,如干扰对齐、干扰消除等,来降低干扰对网络性能的影响。同时还需要建立频谱资源的动态监测和调度机制,实时跟踪频谱资源的使用情况,确保频谱资源的合理分配和高效利用。另外,频谱资源的协同管理还需要考虑频谱资源的可扩展性和灵活性。

3.2 信道干扰的协同抑制

在4G/5G异构网络融合中,信道干扰的协同抑制是提升网络性能的重要手段。可以采用多天线技术和波束成形技术来抑制信道干扰,通过调整天线的发射方向和权重,可以将信号能量集中在特定的方向上,从而降低对其他用户的干扰。多天线技术还可以实现空间复用和干扰抑制的双重效果,提高网络的容量和性能。可以采用协作多点传输技术来抑制信道干扰,协作多点传输技术通过多个基站之间的协作,共同为用户提供服务,从而降低用户之间的干扰^[3]。这种技术可以显著提高网络的覆盖范围和信号质量,提升用户体验。还可以采用先进的信号处理算法来抑制信道干扰,这些算法的应用可以显著提高网络的抗干扰能力和性能。

3.3 功率资源的协同优化

在4G/5G异构网络融合中,功率资源的协同优化是提升网络能效和降低能耗的重要手段。由于异构网络中不同网络之间的传输特性和功率需求存在差异,因此需要对功率资源进行协同优化,以实现能效的最大化。可以采用动态功率控制技术来优化功率资源的使用,根据网络负载和用户需求动态调整发射功率,可以降低不必要的能耗和干扰。还可以采用功率分配算法来优化不同用户之间的功率分配,实现功率资源的公平和高效利用。可以采用节能技术和绿色通信理念来优化功率资源的使用,这些技术的应用可以显著提高网络的能效和环保性能。还可以采用跨层优化和联合资源管理技术来优化功率资源的使用。通过综合考虑不同网络层之间的相互影响和约束条件,可以实现功率资源的最优配置和利用。

4 4G/5G 异构网络融合下的无线资源优化方法

4.1 基于机器学习的无线资源优化

在4G/5G异构网络融合中,基于机器学习的无线资源优化方法成为提升网络性能和智能化水平的重要手段。首先,可以采用监督学习方法来优化无线资源的使用,通过收集和分析历史网络数据,可以建立预测模型来预测未来的网络状态和用户需求。可以根据预测结果动态调整无线资源的分配和调度策略,实现资源的最优配置

和利用。其次,可以采用强化学习方法来优化无线资源的使用,强化学习是一种通过试错和反馈来优化策略的方法。在异构网络中,可以通过设置合适的奖励函数和惩罚机制来引导网络智能地选择最优的无线资源分配和调度策略。这种方法可以适应复杂多变的网络环境,实现无线资源的动态优化和智能化管理。另外,还可以采用深度学习等先进的机器学习技术来优化无线资源的使用。深度学习技术可以通过多层神经网络对复杂的数据进行建模和分析,实现对无线资源的精细化和智能化管理。

4.2 基于大数据分析的无线资源优化

大数据分析技术可以通过对海量数据的挖掘和分析,发现网络中的潜在规律和趋势,从而实现对无线资源的智能优化和调度。首先可以利用大数据分析技术来预测网络流量和用户需求的变化趋势。通过对历史网络数据的分析和挖掘,可以发现网络流量和用户需求的周期性、季节性等规律。然后可以根据这些规律来预测未来的网络流量和用户需求变化,从而提前调整无线资源的分配和调度策略,提高网络的响应速度和性能。其次可以利用大数据分析技术来优化无线资源的分配和调度策略,通过对网络数据的实时分析和挖掘,可以发现网络中的瓶颈和热点问题。然后可以根据这些问题来动态调整无线资源的分配和调度策略,实现资源的均衡利用和性能的优化^[4]。另外,还可以利用大数据分析技术来优化网络的安全性和可靠性。通过对网络数据的实时监测和分析,可以发现潜在的安全威胁和故障隐患。然后可以采取相应的措施来加强网络的安全防护和故障排查,提高网络的可靠性和稳定性。

4.3 跨层优化与联合资源管理

在4G/5G异构网络融合中,跨层优化与联合资源管理是实现无线资源高效利用和性能优化的重要手段。可以

采用跨层优化方法来优化无线资源的使用,通过综合考虑物理层、数据链路层和网络层之间的相互影响和约束条件,可以实现无线资源的最优配置和利用。可以采用联合资源管理方法来优化无线资源的使用,通过将不同网络层之间的资源进行统一管理和调度,可以实现资源的协同优化和高效利用。还可以采用分布式优化和协同优化等方法来优化无线资源的使用,分布式优化方法可以将优化问题分解为多个子问题,分别在不同的网络节点上进行求解和协调;而协同优化方法则可以通过多个网络节点之间的协作和交互来实现全局最优解。这些方法的应用可以进一步提高无线资源的利用效率和性能水平。

结束语

随着移动通信技术的不断发展,4G/5G异构网络融合已成为必然趋势。在无线资源管理与优化方面,提出了一系列创新性的策略和方法,旨在实现无线资源的高效利用和性能优化。随着网络环境的不断变化和用户需求的日益增长,无线资源管理仍面临诸多挑战。未来,将继续深入研究,探索更加先进的无线资源管理与优化技术,为移动通信网络的发展贡献力量。

参考文献

- [1]高鹏.引入智能参数平台实现参数优化集中化——“集中参数智能优化管理平台”成果在中国移动通信集团黑龙江有限公司的应用[J].农场经济管理,2021,(12):55-56.
- [2]左扬.基于人工智能的5G无线网络智能规划和优化[J].电信科学,2020,36(S1):15-23.
- [3]李慧楠,张滨,袁捷.“5G安全网络”护航新基建行稳致远[J].中国信息安全,2021,(02):22-26.
- [4]杨光.5G提升网络确定性支持产业数字化转型[J].通信世界,2020,(17):14-15.