

面向未来移动通信的毫米波频谱资源分配策略及其挑战

郭福刚

北京移动系统集成有限公司 北京

【摘要】毫米波频谱资源作为未来移动通信的关键技术之一，其有效分配对于提升网络性能和用户体验至关重要。本文探讨了面向未来移动通信的毫米波频谱资源分配策略及其面临的挑战，分析了当前资源分配机制中存在的问题，并提出了一系列优化方案以提高资源利用效率和系统容量。通过对现有技术和理论的研究，结合实际应用场景，提出了基于智能算法的动态资源分配方法，旨在克服传统固定分配方式的局限性。研究表明，通过合理设计和应用新的分配策略，可以显著改善毫米波频谱资源的使用效果，为 5G 及更高代际的移动通信系统提供坚实的技术支持。

【关键词】毫米波；频谱资源分配；移动通信；智能算法

【收稿日期】2025 年 1 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 26 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250062

Millimeter-wave spectrum resource allocation strategies and their challenges for future mobile communications

Fugang Guo

Beijing Mobile System Integration Co., Ltd, Beijing

【Abstract】 As one of the key technologies for future mobile communications, the effective allocation of millimeter-wave spectrum resources is crucial for improving network performance and user experience. This paper explores the millimeter-wave spectrum resource allocation strategies for future mobile communications and the challenges they face. It analyzes the existing problems in the current resource allocation mechanisms and proposes a series of optimization schemes to enhance resource utilization efficiency and system capacity. Through the study of existing technologies and theories, combined with practical application scenarios, a dynamic resource allocation method based on intelligent algorithms is proposed, aiming to overcome the limitations of traditional fixed allocation methods. The research results show that through the reasonable design and application of new allocation strategies, the usage effect of millimeter-wave spectrum resources can be significantly improved, providing solid technical support for 5G and higher-generation mobile communication systems.

【Keywords】 Millimeter-wave; Spectrum resource allocation; Mobile communications; Intelligent algorithm

引言

毫米波频段因其巨大的带宽潜力而被视为下一代移动通信系统的重要组成部分。随着无线通信需求的持续增长，对高效频谱资源分配的需求也日益迫切。毫米波频段在传播特性、覆盖范围以及与现有系统的兼容性方面存在诸多挑战。为了实现毫米波频谱资源的有效利用，必须开发出适应性强、效率高的分配策略。这些策略不仅要考虑技术层面的

问题，还需要兼顾经济性和实用性，确保在全球范围内可实施。本研究致力于探索适用于毫米波频段的资源分配方法，通过引入先进的算法和技术手段来解决上述问题。这不仅有助于推动毫米波技术的实际应用，也为未来的无线通信提供了理论基础和技术支撑。

1 毫米波频谱资源分配现状与挑战

毫米波频段因其巨大的带宽潜力而成为未来移

移动通信系统的关键资源。这一频段的物理特性带来了独特的挑战。毫米波信号在大气中的传播损耗较高,并且容易受到障碍物和天气条件的影响,导致覆盖范围有限且不连续。这些因素使得传统的基于低频段的资源分配策略难以直接应用于毫米波频段^[1-2]。为了克服这些问题,需要发展新的技术和方法来优化频谱资源的利用效率。必须考虑如何在保证服务质量的前提下最大化网络容量,同时确保系统的稳定性和可靠性。这要求对现有技术进行深入研究,并探索创新的解决方案。

针对毫米波频谱资源分配的问题,当前的研究主要集中在提高频谱使用效率和增强系统灵活性方面。通过采用智能算法,如机器学习和深度学习,可以实现对频谱资源的动态管理,从而更好地适应快速变化的用户需求和网络环境。软件定义网络(SDN)和网络功能虚拟化(NFV)等新兴技术也为解决这一问题提供了新的思路。这些技术允许网络更加灵活地配置资源,以响应不同的应用场景和服务需求。将这些先进技术应用实际的毫米波通信系统中仍面临诸多挑战,包括算法设计、系统集成以及成本效益分析等方面的问题。探索有效的解决方案成为当前研究的重要方向。

实际部署毫米波频谱资源分配方案时,还需考虑多方面的现实因素。不同国家和地区对于频谱使用的政策法规存在差异,这要求在制定分配策略时充分考虑到法律合规性。市场需求和技术发展的不确定性也增加了规划难度。为应对这些挑战,研究者和工程师们正在开发更加智能化和自适应的系统,旨在通过实时监控和调整来优化频谱资源的使用。这种趋势不仅促进了技术进步,还推动了行业标准的制定和完善,为未来的移动通信奠定了坚实的基础。通过不断的努力和创新,有望在未来几年内见证毫米波频谱资源分配领域的重大突破。

2 基于智能算法的资源分配优化方案

利用智能算法进行毫米波频谱资源的优化分配,已成为提升网络性能和用户体验的关键策略之一。通过集成机器学习、深度学习等先进算法,可以实现对频谱资源的动态调整与高效管理。这些算法能够根据实时网络状态和用户需求的变化,自动调整资源分配方案,从而最大化频谱使用效率。在高密度用户场景下,基于深度强化学习的算法可以根据

每个用户的连接质量和数据传输需求,智能地分配频谱资源,确保服务质量的同时降低干扰。这种自适应的资源分配机制还能有效应对复杂的环境变化,如天气条件或障碍物对信号传播的影响。

在实际应用中,将智能算法应用于毫米波频谱资源分配还需要解决一系列技术挑战。算法的设计需要充分考虑系统的实时性和计算复杂度,以确保在满足响应速度要求的同时不会给系统带来过大的计算负担。为了保证算法的有效性,必须建立准确的模型来描述毫米波信道特性及其动态变化规律^[3-4]。这涉及到对大规模 MIMO(多输入多输出)技术和波束成形技术的深入研究,以及如何有效地结合这些技术与智能算法,以实现最优的资源分配效果。还需探索如何在保障用户隐私的前提下收集和分析必要的信息,为算法提供准确的输入数据。

为了推动智能算法在毫米波频谱资源分配中的实际部署,跨学科的合作显得尤为重要。计算机科学家、通信工程师以及政策制定者需要紧密合作,共同攻克技术难题并制定合理的规范和标准。通过这样的协作,不仅可以加速新技术的研发进程,还可以促进其快速转化为实际生产力。随着 5G 及未来通信技术的发展,对于更高效、更灵活的资源分配方案的需求将持续增长。不断探索和创新,开发出更加智能化、个性化的解决方案,将成为未来研究的重要方向。这不仅有助于提升网络的整体性能,也为用户提供更加稳定和高质量的服务体验奠定了基础。

3 毫米波频谱资源分配中的关键技术问题

毫米波频谱资源分配面临着一系列关键技术挑战,这些挑战限制了其在实际应用中的效率和效果。其中,信道特性是影响毫米波频谱利用的重要因素之一。毫米波信号的传播损耗大,穿透能力和绕射能力弱,导致覆盖范围有限且容易受到环境变化的影响。为了克服这些问题,需要采用先进的信道建模技术来精确描述毫米波信号的行为特征,包括对不同场景下的路径损耗、阴影衰落以及多径效应进行准确建模。针对毫米波特有的高方向性传输特点,必须发展高效的波束成形技术以增强信号强度并减少干扰,从而提高频谱使用效率。

在实现高效毫米波频谱资源分配的过程中,网络架构的设计同样至关重要。传统的集中式资源管

理方式难以满足大规模部署的需求，特别是在面对动态变化的用户需求和 Service 质量要求时显得力不从心。探索分布式或混合式的网络架构成为一种必然选择。通过引入软件定义网络（SDN）和网络功能虚拟化（NFV），可以实现更加灵活和可扩展的资源分配机制^[5-6]。这种新型网络架构不仅支持快速响应网络状态的变化，还能够根据实时数据调整资源配置策略，从而优化整体网络性能。还需考虑如何有效整合现有的通信基础设施与新兴技术，确保新旧系统之间的平滑过渡和兼容性。

安全性问题也是毫米波频谱资源分配中不可忽视的关键环节。随着移动通信系统的不断发展，网络安全威胁日益增加，特别是在资源分配过程中可能遭遇的各种攻击和未授权访问。为保障用户数据的安全性和隐私保护，必须采取有效的安全措施，如加密技术和访问控制机制等。还需要建立完善的监控和预警系统，以便及时发现并应对潜在的安全隐患。通过综合运用多种技术手段，可以在提升毫米波频谱资源分配效率的同时确保系统的安全稳定运行，为用户提供可靠的服务保障。

4 实际应用场景下的资源分配案例分析

在智能城市的应用场景中，毫米波频谱资源的高效分配对于实现无缝连接和高带宽服务至关重要。在一个大型智能城市的中心区域，密集的高楼大厦和复杂的环境条件对无线信号的传播提出了严峻挑战。通过部署基于毫米波技术的小基站网络，并利用智能算法动态调整各基站之间的频谱分配，可以有效提升网络覆盖范围和服务质量^[7-8]。这种方案不仅能够满足大量用户同时访问高清视频、虚拟现实等高带宽需求，还能通过实时监控和数据分析优化资源配置，减少干扰并提高系统整体效率。针对不同的应用场景如公共安全、交通管理和智能家居等，还可以定制化地调整频谱分配策略，以适应多样化的服务需求。

在工业互联网领域，毫米波频谱资源的有效管理同样具有重要意义。随着物联网设备数量的迅速增长，特别是在智能制造环境中，对低延迟和高可靠性的通信要求越来越高。利用毫米波频段提供的大带宽特性，结合先进的资源分配算法，可以构建高效的机器对机器（M2M）通信网络。在这种环境下，每个设备都可以根据其特定的数据传输需求获

得适当的频谱资源，确保生产流程的连续性和稳定性。通过引入边缘计算技术，可以在接近数据源的位置进行数据处理，进一步降低延迟并提高响应速度。这为实现自动化生产线、远程监控以及预测性维护等功能提供了坚实的技术支撑，推动了工业 4.0 的发展进程。

在大规模公众活动场景下，如体育赛事或音乐会，临时搭建的毫米波通信基础设施需要应对短时间内大量用户的接入请求。面对这样的挑战，采用灵活的资源分配机制显得尤为重要。通过部署可快速部署和调整的小型基站，并结合智能算法实时监测和响应用户行为变化，可以确保所有参与者都能享受到稳定且高速的网络服务。考虑到这类场景下的用户流动性较大，还需设计专门的移动性管理策略，保证用户在网络间切换时的服务连续性。这种方法不仅提升了用户体验，也为组织者提供了一种有效的手段来管理和优化活动现场的通信资源，展示了毫米波技术在实际应用中的巨大潜力和广阔前景。

5 结语

毫米波频谱资源的高效分配对于推动未来移动通信的发展至关重要。通过深入研究现有挑战并采用智能算法优化资源管理，可以显著提升网络性能和用户体验。在不同的应用场景中，灵活且定制化的资源分配策略不仅满足了多样化的服务需求，还促进了技术与实际应用的深度融合。实现这一目标还需克服包括信道特性、网络安全在内的多项关键技术问题。持续的技术创新与跨领域合作将是解锁毫米波全部潜力的关键。

参考文献

- [1] 王竹毅,王强军.面向复杂工程问题的移动通信综合实验项目设计[J].中国教育技术装备,2024,(22):151-154.
- [2] 崔方宇,施嵘,曹伟,等.面向海洋移动通信的卫星覆盖增强技术研究[J].移动通信,2024,48(11):45-50.
- [3] 林钊希,赵宏志.面向大容量海洋移动通信的阵列级全双工自干扰抑制[J].移动通信,2024,48(11):92-97.
- [4] 兰佳旭.面向移动通信领域的中文命名实体识别研究[D].河北师范大学,2024.
- [5] 赵旭远.面向 6G 移动通信的非授权随机接入技术研究

[D].江南大学,2024.

55(05):745-756.

- [6] 刘晶,许春冬.面向 5G 移动通信系统的新型调制技术研究[J].福建电脑,2023,39(11):14-19.
- [7] 赵俊皓,张俊文,迟楠.面向下一代移动通信的前传网络关键技术[J].中兴通讯技术,2023,29(05):45-55.
- [8] 虞湘宾,于凯,钱盼盼.面向 6G 移动通信的可重构智能反射表面技术研究综述[J].南京航空航天大学学报,2023,

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

