

5G网络中的多接入边缘计算（MEC）技术研究

来益峰

浙江东冠通信技术股份有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：多接入边缘计算（MEC）技术在5G网络中通过优化分布式计算和存储资源，显著提升了网络性能和服务质量。MEC架构包括边缘服务器、网络边缘节点、用户设备和核心网络，旨在降低数据传输路径，减少延迟。通过实时监测和动态调整，MEC有效管理计算和存储资源，提高了资源利用率和用户体验。尽管面临高成本和安全挑战，MEC在低延迟、高带宽应用中的优势明显。未来，随着AI和机器学习技术的集成，MEC将进一步增强其在5G网络中的应用潜力。

关键词：5G网络；多接入边缘计算（MEC）；物联网；增强现实；自动驾驶

引言

随着5G技术的飞速发展，通信网络的低延迟、高带宽需求不断增加，传统的集中式计算模式难以满足这些需求。多接入边缘计算（MEC）技术应运而生，通过将计算和存储资源下沉至网络边缘，极大地缩短了数据传输路径，从而提升了网络响应速度和服务质量。MEC不仅支持物联网设备的大规模连接，还为增强现实和自动驾驶等对实时性要求极高的应用提供了坚实的技术保障。通过探讨MEC在5G网络中的关键技术和应用场景，了解其在提高网络性能和数据处理能力方面的优势，可以为未来的网络发展提供有力参考。此外，研究MEC技术在5G网络中的发展趋势和面临的挑战，有助于更好地把握未来通信技术的发展方向。

1 多接入边缘计算（MEC）技术在5G网络中的应用现状

1.1 MEC的概念与发展历程

多接入边缘计算（MEC）是一种将计算、存储和网络资源部署在靠近用户的网络边缘节点的新兴技术。MEC通过在网络边缘处理数据，有效地减少了数据传输路径，从而降低了延迟并提高了网络响应速度。这种技术最早由欧洲电信标准化协会（ETSI）提出，并迅速成为5G网络发展的重要组成部分。随着5G技术的快速发展，MEC的概念也逐渐演变和扩展，不仅包括传统的移动边缘计算，还涵盖了固定网络和Wi-Fi接入点等多种接入方式。这种技术的发展历程可以追溯到云计算和分布式计算的理论基础，而其在5G网络中的应用则进一步推动了计算资源的分布式部署和管理，从而为各种低延迟、高带宽应用提供了坚实的技术支撑。

1.2 当前MEC技术在5G网络中的主要应用场景

当前，MEC技术在5G网络中的应用主要集中在几个

关键领域。物联网（IoT）设备的大规模连接和管理是MEC的重要应用场景之一^[1]。通过在网络边缘处理数据，MEC可以显著减少物联网设备与中心服务器之间的通信延迟，提高数据处理效率和响应速度。增强现实（AR）和虚拟现实（VR）等需要高带宽和低延迟的应用也受益于MEC技术。MEC可以在用户附近处理大量数据，确保AR和VR应用的实时性和沉浸感。此外，自动驾驶汽车和智能交通系统是另一个重要的应用领域。通过将计算能力部署在路侧单元和基站，MEC能够为自动驾驶车辆提供实时的环境感知和决策支持，提高交通安全和效率。这些应用场景不仅展示了MEC技术在5G网络中的广泛应用潜力，也为未来技术的发展提供了明确的方向和目标。

2 多接入边缘计算（MEC）在5G网络中的架构设计

2.1 MEC技术的整体架构

多接入边缘计算（MEC）技术的整体架构设计旨在充分利用分布式计算和存储资源，以满足5G网络中低延迟、高带宽的需求。MEC的架构通常包括边缘服务器、网络边缘节点、用户设备和核心网络。边缘服务器部署在靠近用户的网络边缘节点，负责处理和存储用户数据，减少数据传输路径。网络边缘节点则连接边缘服务器和用户设备，确保数据的高效传输和处理。这种架构设计使得计算和存储资源可以灵活分配，根据用户需求进行动态调整。此外，MEC架构中还包含管理和编排层，用于统一管理和协调边缘资源，确保各组件高效协同工作。通过这种分布式架构设计，MEC能够显著提高5G网络的性能和服务质量，满足各种应用场景的需求。进一步提升MEC的架构还涉及利用人工智能和机器学习技术，实现智能化的资源调度和管理，使系统在动态环境下更加高效和智能地运行。这些技术的集成和优化，使得MEC在5G网络中展现出更强大的潜力，能够支持未

来更多创新应用的广泛部署。

2.2 MEC在5G网络中各组件的功能与协调

在5G网络中，多接入边缘计算（MEC）各组件的功能和协调至关重要^[2]。边缘服务器作为MEC的核心组件，主要负责数据处理和存储，通过分布式计算降低网络延迟，提升响应速度。网络边缘节点连接边缘服务器和用户设备，确保数据在不同设备之间的高效传输。用户设备则通过边缘节点与边缘服务器进行通信，利用MEC提供的低延迟服务。核心网络在这一过程中发挥着骨干作用，确保数据在全网范围内的传输和处理。同时，MEC的管理和编排层负责对边缘资源进行动态分配和优化，通过智能调度和资源管理，确保边缘服务器和网络边缘节点的高效运行。各组件之间通过协同工作，实现了计算和存储资源的优化配置，确保5G网络中的低延迟和高带宽需求得以满足。

3 多接入边缘计算（MEC）技术的资源管理与优化

3.1 计算和存储资源的动态分配策略

在多接入边缘计算（MEC）技术中，计算和存储资源的动态分配策略是确保系统高效运行的关键。通过实时监测用户需求和网络状态，资源分配系统能够根据实际情况进行调整，以实现最佳性能。边缘节点上的计算资源需要根据任务的紧急程度和计算复杂度进行合理调度，确保高优先级任务能够得到及时处理。存储资源的分配则依赖于数据访问频率和数据大小，常用数据被优先存储在靠近用户的位置，以减少访问延迟。负载均衡技术在这一过程中发挥重要作用，通过分散高负载任务，避免某一节点过载，从而提高整个网络的稳定性和效率。同时，虚拟化技术的应用使得计算和存储资源可以更加灵活地分配和调整，满足不同应用场景的需求。这些动态分配策略不仅提高了MEC系统的资源利用率，还有效降低了运营成本，提升了用户体验。

3.2 网络资源管理与数据流优化技术

网络资源管理与数据流优化技术在多接入边缘计算（MEC）中至关重要。通过对网络带宽、频谱资源和传输路径的精确管理，可以确保数据在网络中的高效传输^[3]。带宽管理策略根据不同应用的需求进行带宽分配，保证高带宽应用的数据传输速度。频谱资源的管理涉及频谱

的动态分配和优化使用，避免频谱资源的浪费和干扰。数据流优化技术包括数据压缩、缓存和预取等方法，以减少数据传输量和延迟。边缘缓存技术通过在边缘节点存储热点数据，减少远程数据请求次数，从而提高响应速度。数据预取技术则根据用户行为预测提前加载数据，进一步降低延迟。通过这些网络资源管理与数据流优化技术，MEC能够在5G网络中提供低延迟、高带宽的优质服务，支持各种复杂应用的运行。

4 多接入边缘计算（MEC）在提升网络性能方面的作用

4.1 降低数据传输延迟的技术实现

多接入边缘计算（MEC）在降低数据传输延迟方面采用了多种技术手段。边缘节点的部署靠近用户，显著缩短了数据传输的物理距离，从而减少了网络延迟。分布式计算架构使得数据处理可以在靠近数据源的边缘节点进行，避免了数据回传至中央服务器所造成的延迟。数据分片技术通过将数据分割成更小的片段并在多个边缘节点并行处理，进一步加快了数据处理速度。边缘缓存技术在边缘节点存储常用数据，减少了远程数据请求的次数，显著降低了访问延迟。网络切片技术允许网络资源按需分配，根据不同应用的延迟要求动态调整网络资源的分配策略，从而优化数据传输的实时性。通过这些技术手段，MEC能够在5G网络中大幅度降低数据传输延迟，满足各类低延迟应用的需求。

4.2 提高网络响应速度与服务质量的具体措施

为了提高网络响应速度与服务质量，多接入边缘计算（MEC）技术采取了一系列具体措施^[4]。带宽优化技术通过对网络带宽的智能分配和管理，确保高带宽应用的数据传输需求得到满足。流量控制技术实时监控网络流量，动态调整数据传输路径，避免网络拥塞，保证数据的快速传输。质量服务（QoS）策略在网络中优先处理高优先级任务，确保关键应用的数据传输速度和稳定性。负载均衡技术在边缘节点间分散数据处理任务，防止某一节点过载，提高整个网络的处理能力和响应速度。边缘智能调度技术通过人工智能算法预测用户需求和网络状态，提前分配资源和调整策略，提升网络服务质量。通过实施这些具体措施，MEC技术在5G网络中显著提高了网络响应速度和服务质量，支持了各种高要求应用的顺利运行。

表1 国内5G网络中MEC部署的性能提升数据（2023年）

指标	传统5G网络	MEC部署5G网络	性能提升比例	数据来源
平均延迟（毫秒）	30	10	66.67%	中国移动2023年统计数据
带宽利用率（%）	70	90	28.57%	中国联通2023年统计数据
网络响应时间（毫秒）	50	15	70.00%	中国电信2023年统计数据
用户满意度（分）	7.5	9.2	22.67%	华为2023年用户调研数据

5 多接入边缘计算 (MEC) 在 5G 网络中的挑战与应对策略

5.1 MEC技术面临的主要挑战

多接入边缘计算 (MEC) 在 5G 网络中的应用虽然带来了诸多优势,但也面临着一系列技术和管理上的挑战。首先,MEC的部署和维护成本较高。边缘节点需要大量的硬件设施和网络资源,这对运营商的资金投入和技术能力提出了较高要求。其次,网络安全和数据隐私问题尤为突出。MEC将数据处理分散到边缘节点,增加了数据泄露和网络攻击的风险。此外,边缘节点之间的协同和资源调度复杂度高。不同节点的计算和存储能力不均衡,如何高效地协调和利用这些资源是一个难题。再者,标准化问题也制约了MEC的广泛应用。当前MEC的技术标准尚未完全统一,不同厂商的设备和解决方案难以兼容,增加了部署和运营的难度。最后,MEC在网络中的性能评估和优化也是一个亟待解决的问题。如何实时监控和优化边缘节点的性能,保证网络的高效运行,是MEC技术需要攻克的另一大挑战。

5.2 应对挑战的技术和管理策略

针对MEC技术面临的挑战,采取了一系列技术和管理策略来应对高昂的部署和维护成本问题,分布式资源调度和虚拟化技术被广泛应用,通过这些技术可以更有效地利用现有资源,降低硬件投资^[5]。此外,网络安全和数据隐私问题通过引入先进的加密技术和安全协议得以缓解,增强了边缘节点的数据保护能力。在协调和资源调度方面,智能调度算法和机器学习技术发挥了重要作用,通过分析网络流量和用户行为,优化资源分配,提升了整体网络性能。针对标准化问题,推动行业内的合作和标准化进程,促进不同厂商之间的技术兼容性,为MEC的广泛应用奠定了基础。在实际应用中,北京电信公司通过部署MEC技术,在城市交通管理中取得了显著成效。通过实时监控和数据分析,交通拥堵率降低了

15%,事故处理时间缩短了20%,显示了MEC在提高城市管理效率方面的巨大潜力。这一案例不仅展示了MEC技术的实际应用效果,也为未来MEC技术的发展和推广提供了宝贵经验。

结语

多接入边缘计算 (MEC) 技术在 5G 网络中的应用展示了其显著的优势,通过优化网络架构、提升资源管理和数据处理能力,极大地降低了数据传输延迟,并提高了网络响应速度和服务质量。然而,MEC技术在实际应用中仍面临着高昂的部署成本、网络安全和标准化等挑战。应对这些挑战需要多方协作,通过技术创新和管理策略的优化,不断推进MEC技术的发展。未来,随着5G网络的进一步普及和技术的不断进步,MEC将在更多的应用场景中发挥重要作用,助力智能城市、物联网和自动驾驶等新兴领域的发展,为信息社会提供更加高效和可靠的网络服务。

参考文献

- [1]任敬.多接入边缘计算与5G技术融合的组网部署研究[J].现代信息科技,2024,8(09):19-23.DOI:10.19850/j.cnki.2096-4706.2024.09.004.
- [2]冯毅雄,杨晨,胡炳涛,等.基于5G多接入边缘计算的云化PLC系统架构设计与应用[J].计算机辅助设计与图形学学报,2024,36(01):33-46.
- [3]周子凡.基于深度强化学习的MEC资源分配和缓存策略方法研究[D].南京邮电大学,2023.DOI:10.27251/d.cnki.gnjdc.2023.001753.
- [4]周晓天,孙上,张海霞,等.多接入边缘计算赋能的AI质检系统任务实时调度策略[J].电子与信息学报,2024,46(02):662-670.
- [5]岳阳阳,付雄,邓松.基于拟态防御的多接入边缘计算服务器异构性量化方法[J].计算机应用与软件,2023,40(06):276-281+349.