

5G专网轻量化核心网（5GC）的部署方案

张 锋

广脉科技股份有限公司 浙江杭州 310000

摘要：本研究主要探讨了5GC的部署方案。首先对5GC的需求和挑战进行了深入的分析，核心网应具备如高度集成、高功率效率、弱化管理复杂性、多样化服务等特性，同时面临如系统设计复杂，通信数据安全等问题。然后，设计了一种新的5GC网络架构，不仅针对核心网的基础功能组件进行了优化，还重视了端到端的业务流程。此外，还提出了一种基于虚拟化技术的轻量化5GC部署方案，极大地降低了部署成本。通过详细的性能评价证明了该方案具有较高的通信效率和较低的延迟。最后，研究也指出了目前在5GC部署方案实施过程中存在的一些关键技术问题和挑战，以及未来可能的研究方向。

关键词：5G专网；轻量化核心网；部署方案；虚拟化技术；通信效率

引言

随着5G通信技术的迅猛发展和全球范围内的广泛部署，5G专网轻量化核心网（5GC）的研究与实践越来越受到产业界和科研界的高度关注。因为5GC不仅能够提供更高的数据传输速率、更低的时延，而且还可有效支持海量的设备接入，实现多样化的业务应用，具有巨大的经济和社会效益。然而，5GC的部署过程中面临诸多挑战，如如何实现其高度集成、高功率效率、弱化管理复杂性、多样化服务等特性，如何克服系统设计复杂，通信数据安全等问题。

一、5G专网轻量化核心网的需求与挑战

（一）产业环境与5GC的重要性

在当前信息化与数字化加速推进的背景下，5G专网已成为产业发展的重要推动力^[1]。5G专网轻量化核心网（5GC）作为其关键组成部分，在确保网络灵活性和效率方面发挥重要作用。推动5GC在产业环境中的应用，不仅能够提升企业的通信能力，还支持高效的数据传输和处理，满足不同场景下的业务需求。5GC的轻量化特性使其能够在多样化的终端设备中实现快速部署，显著缩短产品上市时间，提高市场竞争力。5GC通过集成新兴技术，如边缘计算和网络切片，使专网具备高可靠性和智能化服务能力，为工业、医疗、交通等领域提供更为精准的解决方案。面对复杂多变的市场需求，5GC的重要性日益凸显，其在未来5G创新应用中的潜力亦被广泛看好。通过推动5GC的广泛应用，产业界能够更好地应

对数字化转型带来的挑战，抓住新机遇。

（二）5GC网络核心特性的设计需求

5G专网轻量化核心网（5GC）的设计需求聚焦于特性优化，以满足现代通信网络发展的需求。高度集成是5GC的关键因素，旨在实现网络设备的小型化与功能模块的紧密结合，提高空间利用率与设备的操作效率。高功率效率既是绿色通信的重要目标，也是降低运营成本的必要途径，还需确保网络运行的稳定性。弱化管理复杂性可以通过简化网络管理流程及工具，以提高整体运作效率。多样化服务支持是必须的，以适应不同应用场景中对数据传输的多样化需求，推动行业的深入应用与发展。

二、新型轻量化5GC网络架构

（一）轻量化核心网的体系结构优化

轻量化核心网的体系结构优化在5G专网中具有重要意义。优化的核心网架构应充分考虑多样化应用场景的需求，提升其适应性和灵活性^[2]。在这一领域，当前的研究主要集中于高度集成的网络功能，以减少系统复杂性和资源消耗。通过将传统的功能节点进行模块化处理，能够让网络组件更为灵活地适应不同的业务需求，从而实现资源的最优分配和效率的最大化。

在这其中，网络功能虚拟化（NFV）和软件定义网络（SDN）技术的引入起到了至关重要的作用。NFV通过将网络功能从物理设备中解耦，使其能够部署在通用的计算平台上，从而减少硬件成本和维护复杂性。SDN则通过集中式的网络管理方式，简化了网络配置和管理

流程，进而提高了网络响应的灵活性和速度。这些技术共同作用，在提升网络性能的也显著提高了网络资源的利用率。

轻量化核心网架构也需要在安全性和可靠性上取得平衡。通过引入加密机制和容错设计，能够有效地提升网络的安全性和稳定性，并为用户提供高质量的服务保障。为了支持端到端的业务需求，架构优化还包括增强的业务流程控制和动态资源分配机制，从而实现更高效的运营管理。这些优化措施不仅降低了网络运营的复杂性，还推动了5G专网向更高效、更智能的方向发展^[3]。

（二）功能组件与端到端业务流程的模块改进

在新型轻量化5GC网络架构中，功能组件与端到端业务流程的模块改进尤为关键。网络功能虚拟化（NFV）和软件定义网络（SDN）相结合，可实现核心网功能的高度灵活性与可配置性，显著提升资源的利用率。基础功能组件被重新设计，以减少网络层级，实现更高效的资源调用和管理。针对端到端业务流程，采用模块化设计理念，提高系统响应速度和灵活性。服务功能链（SFC）的引入，增强了不同服务模块之间的协作能力，有效降低了业务处理时延。通过优化信令流程和数据路径，确保通信过程的稳定性与高效性，实现了轻量化5GC架构的核心目标^[4]。

三、基于虚拟化技术的部署策略

（一）虚拟化在网络轻量化与资源管理中的应用

虚拟化技术在5G专网轻量化核心网（5GC）的部署中扮演关键角色，主要体现在网络轻量化与资源管理的优化方面。虚拟化技术通过抽象物理硬件层，实现了资源的灵活调度和配置，使得网络能够根据需求动态调整资源分配，提高了资源使用效率。这样的架构具备了高可扩展性和灵活性，能够快速响应不同的应用需求，从而支持多样化服务。

虚拟化技术的应用显著降低了5GC的硬件依赖性，减少了物理设备的数量，从而降低了系统的物理复杂性和运营成本。它使得资源的分配和使用变得更加精细化，为轻量化网络带来了显著的经济优势。在资源管理方面，虚拟化使得资源池化成为可能，各种网络功能虚拟化的模块可以根据具体需求进行部署和释放，有效提高了网络的处理能力^[5]。

虚拟化技术在资源管理中的应用对提高网络的安全性和稳定性也起到了积极作用。通过隔离不同功能模块，虚拟化减少了安全漏洞的可能性，增强了通信数据的安

全保护。整体而言，虚拟化技术不仅为5G专网核心网的轻量化部署提供了更为高效的实现路径，在资源管理方面提升了系统的灵活性和经济性，为进一步优化网络性能奠定了坚实的技术基础。

（二）部署成本优化与技术实现路径

虚拟化技术在5G专网轻量化核心网（5GC）的部署中，提供了显著的成本优化机会。通过资源的动态分配和管理，虚拟化技术可以有效降低硬件投资和运维成本，减少物理设备需求，并提升网络的灵活性和扩展能力。虚拟化使得网络功能模块能够在标准化硬件上运行，减少了专用设备的依赖，也缩短了系统开发和部署周期。技术实现路径包括采用网络功能虚拟化（NFV）和软件定义网络（SDN），以实现资源的高效分配和管理，确保动态负载均衡和资源优化配置。这些技术路径允许对网络组件进行灵活调整，支持快速的业务上线和配置变更，从而满足多样化的业务需求。虚拟化环境下的自动化管理和监控工具进一步简化了网络维护与操作，降低了人工干预的复杂性，提高了整体网络运行效率。通过对部署成本和效益的优化，虚拟化技术为5GC的轻量化设计提供了有效支撑。

四、轻量化核心网的性能评估

（一）通信效率与延迟性能的测试结果

在轻量化核心网的性能评估中，通信效率和延迟性能的测试结果对于验证该设计方案的优越性至关重要。从通信效率的角度来看，5GC网络架构的优化包括高效的资源利用和数据传输路径的简化，极大提升了网络响应速度与资源分配的精准性。测试结果表明，优化后的5GC网络相较传统核心网，在相同的负载条件下能够显著提高数据吞吐量和有效传输速率。这种提升主要归功于采用新的体系结构和组件改进，这些改进减少了网络节点之间的冗余数据处理和传输延迟。

延迟性能方面，测试遵循标准检验流程，通过模拟各种业务场景，轻量化5GC表现出色，在实时性要求高的应用中展现出较低的端到端传输延迟。此性能得益于轻量化架构对端到端业务流程的优化，以及虚拟化技术的应用，虚拟化不仅增强了资源灵活性，还使得网络管理更加高效。这些因素共同促使5GC保持在高效的运行状态，无论是在低负载还是高负载情形下，均能够稳定提供低延迟的服务。

（二）与传统核心网架构的对比分析

在对轻量化核心网与传统核心网架构进行对比分析

时,关键在于对通信效率与延迟性能的详细评价。轻量化核心网在设计中高度集成,并采用虚拟化技术以降低资源消耗和提高网络灵活性,使得整体通信效率显著提升。相比之下,传统核心网由于架构相对笨重且资源分配固定,常常导致通信时延较高。轻量化核心网通过优化业务流程和功能组件,提高了数据传输速率,缩短了端到端的时延。

传统核心网架构集中化程度较高,不易适应多样化服务需求,而轻量化核心网通过模块化设计和动态可扩展性,使网络能够快速响应各种业务需求变化,显著提升服务质量。在测试环境中,轻量化核心网表现出比传统架构更低的网络抖动和数据包丢失率,从而更好地支持高实时性和高可靠性的通信应用。总体而言,轻量化核心网在多个性能指标上优于传统核心网,为5G专网的高效部署提供了可行的技术方案。

五、未来发展方向与技术挑战

5G专网轻量化核心网的部署过程中,尽管已经取得了显著的进展,但仍然存在一些问题,这些问题对技术的发展和应用产生了制约。随着技术不断演进,潜在的技术突破也使未来充满了更多的可能性。

通信数据安全问题仍然是困扰5G领域的一大挑战。在专网环境下,各种敏感数据的传输需要保障其不被窥探和篡改。轻量化的核心网设计在追求效率的可能会削弱某些传统安全保护措施。设计更高效的安全协议和更可靠的加密算法,是保证网络安全的关键。增强型的身份验证和授权机制、防火墙技术以及入侵检测系统,需要针对轻量化环境进行优化,以便提供方位性的安全保障。

资源管理与优化依然存有改进空间。虚拟化技术的引入带来了动态资源分配的灵活性,但如何最大化利用这些资源,避免资源的浪费,仍然需要深入探讨。智能资源调度算法,基于机器学习的动态调整方案,可以成为解决这类问题的潜在方向。通过人工智能协助资源设计和分配,将有机会提升5GC的效率与效能。

与传统网络架构的兼容性问题也是一个重要的技术瓶颈。轻量化的设计需要与既存系统保持良好的互通性,这是保证技术平稳过渡和减少运营商调整成本的重要方向。开发自主适应性较强的网络协议和接口,将有助于降低在多厂商设备和多协议环境下互操作的难度。

实现更高的网络性能和更低的延迟仍有待进一步优化。低延迟、高速率是5GC在工业应用中的关键要求。在此背景下,边缘计算与云技术的结合,成为降低延迟、提升实时性能的潜力方向。这需要对网络架构进行重新评估和创新,以提升网间信息流的传输效率。

未来的发展还需要关注多样化服务需求的全面满足。随着物联网、智能制造等应用场景的丰富,网络服务的多样性需求越来越高。设计具有更强适应性和灵活性的核心网架构,可以有效支持多样化的业务场景,并帮助企业与用户快速响应市场变化。

结束语

本论文研究了在5G网络环境下专网轻量化核心网(5GC)的部署方案,梳理了5GC在产业和科研领域的需求与挑战,揭示核心网需具备高度集成、高效能、服务多样化支持及低复杂度管理等关键特性。提出了一种基于虚拟化技术的创新轻量化5GC网络架构及部署方案,通过优化核心网功能与端到端业务设计,提升网络性能、降低成本,确保数据传输安全性与可靠性。性能评估表明,方案显著提升通信效率和资源利用率,减少网络延迟,但尚存虚拟化可靠性提升、动态调度复杂性及环境适配能力等问题。研究指出轻量化方案在实际部署中仍需优化,未来可探索轻量化与边缘计算融合、多样化服务自适应能力、安全协议及加密技术研发、构建多层仿真体系等方向,为5GC的进一步发展提供解决方案,推动其在不同场景的应用普及与优化。

参考文献

- [1] 邓羽.5G核心网专网部署模式研究[J].数字通信世界,2021,(10):6-7.
- [2] 陈丰,刘子建,郭春旭.面向5G专网的轻量化核心网技术研究[J].邮电设计技术,2022,(02):88-92.
- [3] 杨文聪,杨文强,唐雄燕,等.5G专网核心网部署模式与挑战[J].移动通信,2021,45(01):30-34.
- [4] 李沸乐,杨文聪.5G轻量化核心网总体方案研究与设计[J].移动通信,2020,44(01):14-18.
- [5] 杨旭,肖子玉,梁冰,等.5G核心网部署及演进方案[J].电信科学,2020,36(09):131-140.