

5G Ultra Dense Heterogeneous Network Dual Connection Technology Architecture and Solution

Chunli Dong Li Wang

College of Electronic Information Engineering, Nanjing Vocational Technical Institute of Traffic, Nanjing, Jiangsu, 211188, China

Abstract

Dual connection (DC) is an innovative technology that can meet the growing demand for high data rates in 5G ultra dense heterogeneous network (HetNet) systems, this is also the most promising technology in the development of 5G HetNet. The development of 5G networks highly relies on reliable LTE-A core EPS and NR technologies. The NR frequency is expected to be implemented in 5G networks to achieve higher throughput. The current bandwidth cannot meet the growing demand for data transmission. Therefore, NR can be used in 5G mobile networks to meet the requirements of Enhanced Mobile Broadband (eMBB) transmission. This study starts from the general concept of DC technology in 5G HetNet, designs and analyzes 5G Non Independent Access Architecture (NSA), 5G Independent Access Architecture (SA), and analyzes DC-based switching. In addition, the main solutions were discussed and analyzed in detail.

Keywords

5G heterogeneous network; dual connection; non independent access; independent access; handover

5G 超密集异构网络双连接技术架构和解决方案

董春利 王莉

南京交通职业技术学院电子信息工程学院, 中国 · 江苏 南京 211188

摘 要

双连接 (DC) 是一种创新技术, 可以满足 5G 超密集异构网络 (HetNet) 系统对高数据速率日益增长的需求, 这也是 5G HetNet 发展中最具潜力的技术。5G 网络的发展高度依赖于可靠的 LTE-A 核心 EPS 和 NR 技术。NR 频率预计将在 5G 网络中实现, 以实现更高的吞吐量。目前的带宽无法满足日益增长的数据传输需求。因此, NR 可以用于 5G 移动网络, 以适应增强型移动宽带 (eMBB) 传输的要求, 本研究从 5G HetNet 中 DC 技术的一般概念出发, 设计分析了 5G 非独立接入架构 (NSA), 5G 独立接入架构 (SA), 并分析了基于 DC 的切换。此外, 详细讨论分析了主要的解决方案。

关键词

5G 异构网络; 双连接; 非独立接入; 独立接入; 切换

1 引言

根据双连接 (DC) 的定义, UE 可以同时连接到两个 eNB, 并使用不同的接入技术^[1]。3GPP 在其版本 R15 中解释了各种 DC 架构, 并在 5G HetNet 中实现。主要架构包括独立和非独立设计。以下将重点分析这些体系结构^[2]。

在 5G HetNet 中, UE 可以同时连接到 5G NR 接入技术和 4G LTE-A EPC, 该技术被称为 E-UTRAN-NR DC (EN-DC)^[3]。

【基金项目】南京交通职业技术学院高层次人才科研基金项目 (项目编号: No. 440105001)。

【作者简介】董春利 (1964-), 男, 中国山东青岛人, 博士, 教授, 从事下一代无线泛在网络、物联网和智能信号处理研究。

使用 DC 的优势包括获得更高的数据速率、提高可靠性、提高频谱效率以及实现更好的负载平衡和与 4G LTE-A 基础设施的兼容性。在 5G HetNet 中, 使用 DC 的唯一缺点是 RF 信号复杂性的急剧增加。

2 5G 非独立接入架构 (NSA)

尽管 3GPP 的 R15 为 5G 网络系统的开发提出了不同的设计, 但最合适的是 NSA 架构。主要想法是在现有 4G LTE 系统的基础上推出 5G 无线网络。通过在现有 4G-LTE 基础设施中启用 5G 承载, 可以加速向 5G 的转变。NSA 体系结构的主要特征是 DC 的扩展形式, 即 EN-DC。EN-DC 使得作为 MeNB 的 4G LTE-A 的 eNB, 和作为次要 gNB (SgNB) 的下一代节点基站 (gNB), 能够同时为 UE 服务, 并在它们之间共享工作负载。EN-DC 的使用在 5G HetNet 中是合适的, 因为 MeNB 在 LTE-A EPC 基础设施上运行, 而

SgNB 可以使用 5G RAN 信道的 NR。

图 1 解释了在 5G HetNet 中，为 EN-DC 建议的潜在 NSA 架构配置。UE 可以通过四种不同的配置连接到 S-GW。

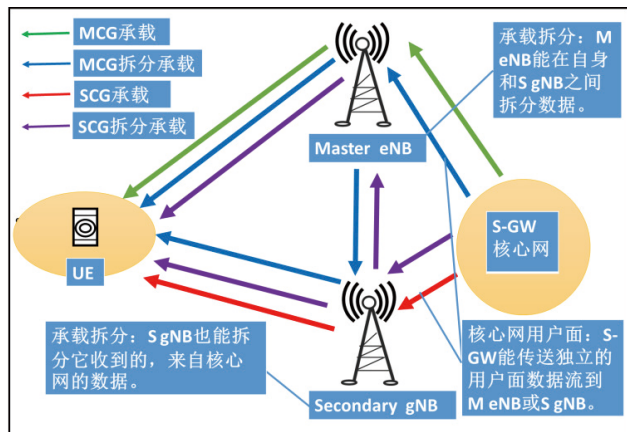


图 1 5G EN-DC 非独立接入 (NSA) 架构

①主蜂窝组 (MCG) 承载：在该配置中，信息从 S-GW 发送到 MeNB，其中 MeNB 直接将信息转发到 UE。由于次要 SgNB 不参与该过程，因此 DC 无法实现。

② MCG 拆分承载：在 MCG 拆分的承载配置中，在 MeNB 处发生承载拆分。数据传输流不仅从 MeNB 直接发送到 UE，而且还通过 SgNB 发送。在 MeNB 接收到的信息可以分为两部分：一部分直接传输给 UE，另一部分传递给 SgNB，SgNB 向 UE 发送该信息。

③次蜂窝组 (SCG) 承载：与 MCG 承载配置类似，SCG 承载配置不使用拆分，数据直接从 S-GW 发送到 SgNB，然后直接发送到 UE。在该特定配置中，UE 由 5G NR 接入技术提供服务。

④ SCG 拆分承载：在本配置中，数据传输分为 SgNB 和 MeNB。然而，大部分数据是由 SgNB 传输的。

很明显，使用拆分承载方法可以实现最高的数据速率。实现 NSA 架构的主要目标是在 5G EN-DC 和现有 LTE 系统中启用 DC。NSA 架构允许下一代 5G 网络系统与现有 4G 网络结合到一起，可以更快地推出使用。

3 5G 独立接入架构 (SA)

5G NR 独立接入部署是最近推出的第一种预定义方法。SA 架构是 5G NR 接入技术的主要部署场景。在该架构中，UE 直接连接到 gNB，并且 gNB 与 5G 核心网络连接。必须建立一个新的核心网络，而不是 LTE-A EPC 网络。5G NR SA 技术必须将 4G RAN 完全升级到 NR 接入技术以及 LTE-A EPC 基础设施完全升级到新的 5G 核心网络架构，才能开始其服务。

其中，图 2 解释了 5G SA 架构，这是一个全新升级的核心网络系统。eNB 被增强为 gNB，5G 核心网络取代了 LTE-A EPC 网络。5G SA 有望建立一个具有 NR 接入技术的智能架构，以提高最终用户的 QoS。5G SA 也有自己的架构，

与现有的 LTE-A EPC 网络不兼容。然而，它允许对小蜂窝进行灵活的部署。

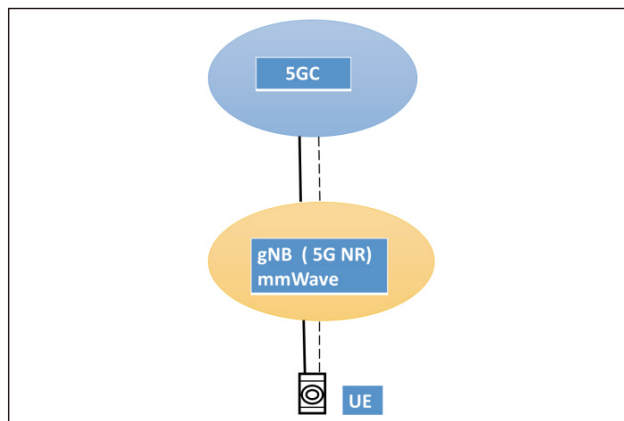


图 2 5G 全新独立接入 (SA) 架构

4 基于 DC 的切换

5G 发展的主要目标是通过在现有 4G LTE-A EPC 网络中，使用 DC 来实现更高的容量和覆盖增益。DC 是一种创新的解决方案，通过利用 NR 频谱，将现有的 4G LTE-A 与下一代 5G 相结合。这意味着 4G 的 LTE-A 20 MHz 频带可以与三倍高的频带同时使用，即 5G 的 60 MHz NR。拆分承载模式可用于同时使用旧频带和 NR。使用 DC 的优点是以低成本、高效益的方法实现更高的吞吐量。

在 5G HetNet 的 DC 过程中，可以预测两种不同的切换场景。第一种是当 UE 在 4G LTE-A 系统中，从旧的 MeNB 移动到新的 MeNB 时；第二种是当 UE 在两个小蜂窝之间切换时，即从现有 SgNB 切换到新的 SgNB。由于小蜂窝的超密集部署及其有限的覆盖区域，预计这些小蜂窝之间会发生频繁的切换和乒乓效应。在该场景中，MeNB 保持连接，而小蜂窝在移动期间切换。在 LTE-A EPC 和 5G HetNet 中，RSRP 在切换过程中发挥着至关重要的作用。如果新 SgNB 的 RSRP 值高于连接的 SgNB，则进行 UE 的切换，否则，连接保持不变。

5 解决方案

移动和切换管理是 DC 的驱动力，使其能够在 5G HetNet 中使用。当 UE 从一个 BS 切换到另一个 BS 时，涉及许多因素，如时间、位置和服务可用性。在相关文献中，已经提出了许多技术，来确保在不同环境和条件下的无缝 UE 移动性。

自组织网络 (SON) 已被提出作为一种自适应和自主的网络模型，以简化移动管理、规划、配置和优化。SON 的主要功能自我调整和自我管理，努力将移动过程中的切换失败降至最低。同样，文献也提出了在 Wi-Fi 网络中应用的自修复方法，以减少切换失败的次数。检测损坏和停止服务的接入点 (AP) 是减少切换失败的合适解决方案。原因是，

一旦知道有故障的 AP, 就可以避免它们, 并且正在进行的连接将连接到其它 AP。在先前检测故障 AP 的尝试中, 服务 AP 的剩余能量可以用于其它分类方法, 如 K 近邻 (KNN) 和支持向量机 (SVM)。

新的聚类方法基于这样的思想, 即必须优先考虑具有较高迁移率的相同聚类小区。这种方法可以解决负载均衡和优化问题。所提出的算法累积每个小区的切换尝试次数, 并更新其位置。在更新过程中, 彼此之间具有高移动性交互的小区获得最近的位置。更新后的位置数据被馈送到 K- 均值算法以观察不同的聚类。文献的作者提出, 如果 UE 在切换过程中发挥更大的作用, 那么可以减少许多链路故障。在下一代 5G 无线网络中, 预计 UE 将选择目标小区来缓解链路故障。文献提出了一种组合预测和分类模型, 以避免链路故障。在预测阶段, 服务和最强相邻 BS 的 RSRP 值被馈送到长短期记忆 (LSTM) 模型, 以预测未来的信号条件。分类过程从前馈神经网络 (FNN) 触发点开始, 该点是服务和相邻 BS 的信号条件处于可比较范围内的点。前馈神经网络 (FNN) 和网络组件分析 (NCA) 算法用于减少切换失败。为了验证所提出的方法, 进行了系统级仿真。在模拟中, 创建了几个切换失败场景, 这些场景具有不同的速度和不同的信道条件。仿真结果表明, LSTM 分类模型可以将切换失败减少 99%。当提前预测故障 AP 时, 其他表现更好的方法也受到关注。由于小蜂窝的特性, 如较低的传输功率, 所有提出的方法都可以应用于 5G HetNet。

5G HetNet 的主要挑战包括 RAT 间切换和网络切换自动化之间的测量差距。测量差距降低了最终用户的总体吞吐量。文献的作者提出了一种在测量间隙期间对切换失败进行分类的技术。为了应用所提出的方法, 已经考虑了 LTE-A 服务小区和毫米波目标小区之间的切换过程。通过 LTE-A 小区估计毫米波小区中的信号条件, 简化了对可能的切换失败的预测。已经引入了部分盲切换来检测这种故障。它们被称为盲切换, 因为测量间隙配置是不必要的。术语“部分”表示在特定时间 (即收集期) 需要特定的测量报告。

文献解释了从历史轨迹预测 UE 移动模式的各种方法, 从而在超密集 HetNet 中实现高效的移动管理。建议 DC 减少由于先断后接切换程序而造成的中断。然而, 这种解决方案存在一些问题, 例如测量报告的复杂性更高、两个小区的网络资源利用率和功耗。建议的方案通过添加人工智能 (AI) 来优化 DC。用户的移动性预测是关键组成部分。

文献提出了一种优化方法, 以增强 HetNets 中的切换参

数。由于小型蜂窝的多样性, 移动性管理似乎是一项极具挑战性的任务。有人建议, 只应在小区聚类的基础上, 观察不同小蜂窝的切换行为, 而不是关注单个切换趋势。该过程可以检测有故障的 BS 并避免错误的切换。K- 均值算法用于对 2000 个小蜂窝进行聚类, 并用于记录切换 KPI, 例如切换尝试的次数。所提出的方法, 每小时记录一次切换尝试。采用了各种机器学习算法来研究切换请求的需求。结果显示明显的变化, 切换次数被准确的最小化。

已经提出了一种基于 SDN 的方法, 通过建立网络的全局视图来管理网络资源。SDN 通过不同的切换方案提高了切换过程中的连续性。文献还提出了一种智能技术, 使用整个网络中 SDN 的全局视图。它将在不同 AP 上检测到的 SINR 值, 作为时间序列数据, 提供给 RNN-HM 模型 AP, 这是切换的最佳选择。RNN-HM 模型的最后一步包括 SoftMax 分类器, 用于预测切换决策对特定 AP 的敏感性。根据仿真分析, 已经使用了 9 个 AP 和 9 个 UE。一个充当 UE 之间的移动对象。所提出的 RNN-HM 可以在吞吐量方法中, 执行较早的触发以恢复切换过程。实验结果表明, 所提出的技术在短距离内拉动了单次切换过程中吞吐量的变化。因此, 提高了提供更高吞吐量的概率。

6 结语

本文进一步强调了在 5G HetNets 中, 实现切换的可接受解决方案。移动性管理建议的解决方案, 主要是机器学习和 SDN。本研究为研究人员提供了良好的移动性管理知识, 这将为建立新的算法和模型, 应对未来 HetNet 的挑战提供指导。

参考文献

- [1] Sajjad Ahmad Khan, Ibraheem Shayea, Mustafa Ergen, Hafizal Mohamad. Handover management over dual connectivity in 5G technology with future ultra-dense mobile heterogeneous networks: A review[J]. Engineering Science and Technology, an International Journal, 2022(35):1-16.
- [2] S.A. Ahmad, D. Datla, Distributed power allocations in heterogeneous networks with dual connectivity using backhaul state information[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2015(8):4574-4581.
- [3] M Agiwal, H Kwon, S Park, H.u. Jin. A survey on 4g-5g dual connectivity: Road to 5g implementation[J]. IEEE Access, 2021(9):16193-16210.