



专题：5G

面向商用的 5G 网络关键问题研究及验证

刘玮, 董江波, 任冶冰

(中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080)

摘要: 3GPP 第一版 5G 标准已于 2018 年 6 月冻结, 相关端到端产品也已稳步发展, 面向商用的 5G 网络规模试验工作已经启动, 以支撑明确技术路线及引入策略。首先介绍了全球 5G 产业发展情况, 然后从新技术引入策略、建网方案和业务需求 3 个角度梳理了面向商用的 5G 关键问题, 并对 NSA/SA 架构选择、MEC 部署、频率、覆盖与容量、垂直行业业务需求等典型问题进行分析; 最后介绍了此次 5G 规模试验的基本情况, 包括原则与目标、总体规划与试验内容。

关键词: NSA; SA; 传播损耗; 规划仿真

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018232

Research and verification of key issues in 5G network

LIU Wei, DONG Jiangbo, REN Yebing

China Mobile Communications Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

Abstract: The first edition of 5G technical specification has been frozen on June 2018, and the end to end products have also been steadily developing. The 5G network scale test has been launched, to clear strategy for introducing technology and new technologies. The development of 5G industry in the world was introduced. And then the key issues of 5G were combed from 3 dimensions. Finally, the basic situation of the 5G scale test was introduced, including the principles and objectives, the overall plan and the test content.

Key words: NSA, SA, propagation loss, network planning

1 引言

5G 三大主要应用场景分别是: 连续广覆盖及高容量场景(eMBB)、低时延高可靠场景(uRLLC)以及低功耗大连接场景(mMTC)。面向 eMBB 场景的 5G 技术框架通过 3GPP R15 版本制定, 该版本已于 2018 年 6 月冻结, 而面向 uRLLC 和 mMTC

场景的技术方案将在 3GPP R16 版本中制定, 除此以外, 3GPP R16 版本还将制定一些增强技术方案以持续提升 eMBB 场景的竞争力。

目前, 5G 系统侧主设备厂商主要有华为、中兴、诺基亚、大唐和爱立信, 终端芯片厂商主要有高通、海思、三星、英特尔。由于 5G 非独立组网架构(non-standalone, NSA)标准冻结较独立

收稿日期: 2018-07-22; 修回日期: 2018-08-10

组网架构 (standalone, SA) 早半年, 因此, 主设备厂商和终端芯片厂商对于 NSA 和 SA 两种组网架构的产品研发计划也不同步, NSA 产品研发计划较 SA 产品研发计划早 3~6 个月。当前大部分厂商面向 NSA 组网架构的基站侧设备已于 2018 年第二季度推出, 面向 SA 组网架构的基站侧设备也将于 2018 年第三季度推出, 面向 NSA 和 SA 组网架构的核心网设备将于 2018 年第三季度和第四季度推出。各厂商终端芯片厂商产品研发技术差异较大, 预计在 2018 年第四季度推出面向 NSA 组网架构的终端芯片, 在 2019 年第一季度推出面向 SA 组网架构的终端芯片。因此, 2018 年第四季度将基本具备面向 NSA 组网架构的 5G 芯片级端到端测试条件, 而面向 SA 组网架构的 5G 芯片级端到端测试条件要稍晚。

2 5G 网络商用的关键问题

5G 网络商用关键问题可分为端到端重大方案、无线网、核心网、信令网、传输/承载网、终端、计费、网管编排、能力开放以及安全等 17 大类 82 项, 如 5G 语音方案、4G 与 5G 互通策略、4G 演进与 5G 关系、5G 空口安全等。本文主要论述新技术引入策略、建网方案、业务需求这 3 方面涉及的关键问题。

2.1 新技术引入策略

为了满足 eMBB、uRLLC 和 mMTC 三大场景业务需求, 与 4G 相比, 5G 端到端发生了新的技术变革, 如图 1 所示。业务需求不同、产业进展不同、技术灵活多样, 5G 网络商用面临的第一大问题便是在 5G 不同的发展阶段, 各种

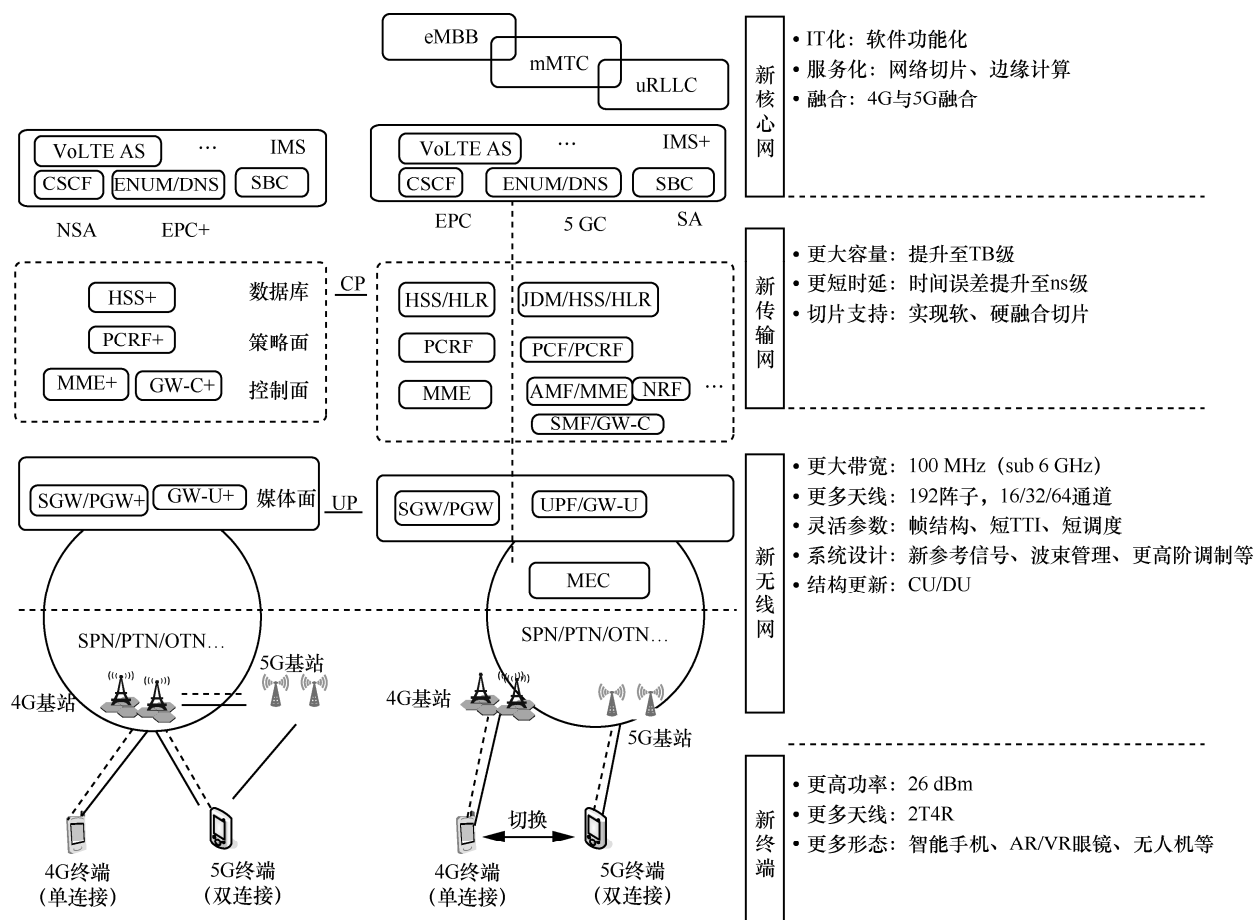


图 1 5G 端到端技术变革



新技术如何选择及准确引入。本文将以对 5G 架构选择与边缘计算（MEC）新技术引入两个关键问题的阐述为例。

如前文所述，5G 提供两种组网架构：NSA 非独立组网与 SA 独立组网。由于 NSA 组网架构中核心网沿用 4G 核心网，无法应用网络切片、控制面/用户面分离等 5G 核心网新的技术，因此 NSA 架构虽然能够规避 5G 核心网成熟较晚的时间风险，能够实现快速部署，但是会带来仅能满足初期 eMBB 大带宽高容量补充的业务需求；而 SA 作为全新的 5G 组网架构，能够实现 5G 网络全部功能，更好地支持 5G 的新业务与新特性，但是要承担 5G 端到端成熟的时间风险。两种组网架构的选择要综合频谱资源、无线覆盖能力、端到端成熟时间与业务发展匹配等因素。

- 选择方案一：直接部署 SA。商用初期即要同时满足大带宽和低时延两种业务需求，且与 5G 端到端成熟时间相匹配，此外，5G 频段划分和新技术应用能够满足连续组网需求，满足上述条件则选择直接部署 SA。
- 选择方案二：先部署 NSA，后续演进至 SA。商用初期的业务需求主要是大带宽业务，5G 端到端特别是核心网成熟较晚，5G 频段划分和新技术应用无法满足连续组网需求，则选择先部署 NSA，后续演进至 SA 方案。此时，LTE 无线网和 EPC 核心网均

会面临二次改造。

MEC 是指核心网络和业务能力下沉，通过本地分流和预处理达到降低时延、节省带宽和提升用户体验的目的，属于典型的时延驱动型分布式架构。MEC 部署位置有多种选择，如图 2 所示，地市核心机房、骨干汇聚机房和基站机房，部署成本依次抬升，但是时延依次降低，因此，MEC 部署位置的选择脱离不了业务的应用需求，特别是垂直行业的业务需求。

NSA/SA 架构、MEC 部署的选择与引入策略除了理论分析以外，均需要通过规模技术试验进行实践与验证，其他新技术也是如此。因此，5G 规模试验设计了大量的测试样例用于支撑 5G 新技术引入策略的判断，是 5G 规模试验最为首要的内容之一。

2.2 建网方案

与以往 3G、4G 类似，建网方案的确定是网络商用面临的关键问题之一。以无线侧为例，建网方案需要考虑频谱问题、覆盖问题与容量问题。

频谱的选择对网络建设方案影响巨大，直接影响网络规模、无线网络质量、组网方案等。2017 年 11 月 9 日，工业和信息化部下发了《工业和信息化部关于第五代移动通信系统使用 3 300~3 600 MHz 和 4 800~5 000 MHz 频段相关事宜的通知》（工信部无[2017]276 号），

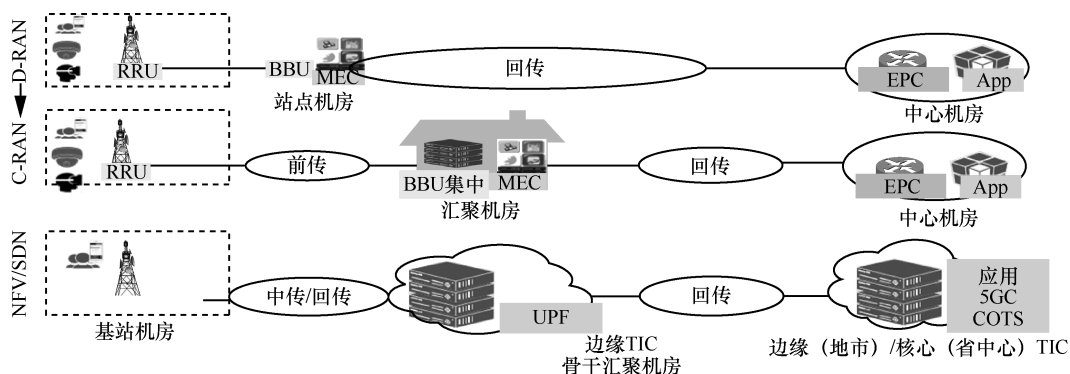


图 2 MEC 多种部署位置

确定了 6 GHz 以下 5G 可以使用的频率。由于全球 6 GHz 以下频谱聚焦 3.5 GHz 频段, 4.9 GHz 设备成熟度较 3.5 GHz 晚 0.5~1 年左右, 且与 4.9 GHz 相比, 3.5 GHz 电波传播损耗较低、性能较好。从建网方案角度考虑为了更好地利用好这些频段资源, 需要认真分析不同频段下网络性能。

网络覆盖问题中, 电波传播特性的研究是核心。3.5 GHz/4.9 GHz 将带来更大的传播损耗, 通过在济南、阳泉、杭州等多地的测试验证工作, 发现在城区场景, 3.5 GHz 传播损耗比 D 频段高 4~6 dB, 4.9 GHz 较 3.5 GHz 传播损耗高 5~6 dB。考虑 64T64R 天线增益、发射功率、接收机灵敏度的影响, 通过仿真可以得出, 5G 的 3.5 GHz 覆盖能力与 D 频段相当, 这一结论还需要在 5G 规模试验中进一步实践与验证。5G 网络覆盖问题中, 由于上下行天线通道数差异性较大, 由此带来的上下行覆盖差异的问题也是重点关注问题之一。如果不考虑任何覆盖增强技术, 通过仿真可以看出, 相同覆盖半径条件下, 3.5 GHz 64 通道下行边缘速率为 55 Mbit/s, 而上行边缘速率仅为 178 kbit/s。为了解决这个问题, 5G 主要的引入技术有 SUL 与 CA, 两者的本质均是为小区边缘用户提供了使用低频资源的能力, 从而提高边缘用户的体验, 但 CA 条件下下行方向使用低频资源, 但 SUL 不行。上行业务的感知将会直接影响 5G 网络商用的节奏, 因此在 5G 规模试验中对上行增强方案的验证将对 5G 网络上行业务感知的提升起到重要的促进作用。5G 不同频段的覆盖性能、上行增强技术带来的效果也是 5G 规模试验的重点测试内容之一。

大带宽、多天线技术的引入, 使得 5G 与 4G 相比, 容量性能将会有显著提升。同样通过理论仿真, 可以初步看出 5G 小区下行/上行平均吞吐量为 4G 网络的 13 倍/20 倍, 剔除单载波带宽 5 倍增益, 频谱效率提升 2~4 倍; 下行 4 流, 上行

双流时, 5G 单用户上行峰值速率约为 285 Mbit/s, 约为 4G 网络的 19 倍, 下行峰值速率约为 1.5 Gbit/s, 约为 4G 网络的 17 倍。16 通道以及 64 通道多天线技术与产品的选择除了影响网络性能, 对于建网成本与建网难度都有影响, 因此选择与业务场景匹配的方案将更为合理, 在 5G 网络真正商用之前通过试验网进行评估能为技术选择提供科学技术依据。

2.3 业务需求

从上文的阐述中, 可以看出, 5G 网络面对的业务需求更加丰富多样。因此, 在 5G 网络商用之前就要考虑与判断这张网络服务的对象是谁, 这个对象对网络的需求具体是什么。经过初步研究与分析, 5G 网络在起步阶段的主要业务是高清及超高清视频、AR/VR、云端游戏, 属于 eMBB 场景范畴; 发展阶段将会产生工业制造、自动驾驶、远程医疗和智慧交通等 uRLLC 场景的业务; 后续到达成熟期, 则会面临海量物联网的大规模应用与连接需求。本文将从中筛选出智能网联车、远程控制、AR/VR/高清视频、智能制造四大垂直行业, 其对于网络的需求具体见表 1。

针对不同业务的应用示范, 将在 12 个示范城市完成相关测试验证工作, 测试工作将与 5G 规模试验工作同步进行。

3 5G 规模试验

3.1 原则与目标

5G 规模试验的总体目标是通过 5G 规模试验, 验证关键技术与性能, 支撑明确技术路线及引入策略, 完成网络规划建设方案制定、摸索优化运营经验, 推动端到端产业成熟, 力争实现 5G 全方位引领, 同时为运营商今后 5G 建设和运营培养储备人才。

5G 规模试验在杭州、广州、苏州、武汉、上海分别选择华为、中兴、爱立信、大唐、诺基亚



表 1 垂直行业对网络的要求

		带宽需求	时延需求	其他
智能网联车	V2V（车车通信）		<5 ms	可靠性 99.999%
	V2I（车路协同）		<10 ms	
	V2P（行人告警）		<10 ms	
	V2N（车上娱乐）	100 Mbit/s~1 Gbit/s		
远程控制		100 Mbit/s~1 Gbit/s	<20 ms	
AR/VR/高清视频	标准 4K	45 Mbit/s	<20 ms	
	2K VR	22 Mbit/s	<20 ms	
	4K VR	75 Mbit/s	<16 ms	
	10K VR	863 Mbit/s	<12 ms	
智能制造	实时控制	kbit/s	5~50 ms	
	工业穿戴	100 Mbit/s~1 Gbit/s	<100 ms	
	无线调度与定位	kbit/s	50 ms~1 s	
	传感/表计采集	<Mbit/s		连接：几百~几千平方米； 采集频次：次/秒~次/天

开展，逐步建成每城市百站规模试验环境，考虑测试结果的完备性，每城市至少测试两种品牌终端产品。每城市均划分无线网、核心网、传输网、终端 4 条测试线并行测试，提高效率。5G 规模试验遵循先内后外的原则，即先开展实验室测试，具备一定条件后，进行外场规模试验。

3.2 总体规划

5G 规模试验总体规划分为两个阶段，各有侧重。第一阶段主要是验证关键功能及性能验证，用于支撑技术路线决策，推动设备性能稳定，形成初步的端到端组网能力；第二阶段面向商用，进行网络规划、组网、优化、网管、运营、异厂商互通、网元融合等测试，全面达到商用水平，发展友好用户。考虑端到端产业进度，5G 规模试验第一阶段优先启动 NSA 组网架构相关测试，再进行 SA 组网架构相关测试。

3.3 试验内容

5G 规模试验内容分为无线网、核心网、传输网、终端四大类。目前，无线网和终端测试内容已经明确，分为基本性能对比、NSA 专项、多天线关键技术、室内外多频段、CU/DU 部署

方案、5G 覆盖增强技术、终端测试 8 项内容。

其中，基本性能主要从覆盖、吞吐量、时延、可靠性等方面分别对 NSA 组网架构和 SA 组网架构条件下的 5G 网络性能进行评估，为 NSA 与 SA 的路线决策提供支撑；NSA 组网架构商用面临 LTE 锚点频段选择等问题，NSA 专项旨在验证 NSA 上述多种方案的基本性能，指导未来商用建设方案的选择，同时验证 LTE 与 5G 共存能力；多天线关键技术则是为了测试验证不同通道天线产品适用的场景、在不同场景下的多天线配置方案及其性能；室内外多频段则是为了通过不同频段组网方案的测试验证，为未来 5G 频率选择提供支撑；CU/DU 部署方案的目的在于验证 CU-DU 分离与合设的性能差异；5G 覆盖增强技术则是为了验证 SUL、CA 等增强技术对于 5G 覆盖、容量性能的提升效果、适用的场景及成本代价；终端测试的意义在于优化终端实现，推动终端产品成熟。

4 结束语

本文首先介绍了全球 5G 产业发展情况，然后

从新技术引入策略、建网方案和业务需求 3 个角度梳理了面向商用的 5G 关键问题,并对 NSA/SA 架构选择、MEC 部署、频率、覆盖与容量、垂直行业业务需求等典型问题进行分析;最后介绍了此次 5G 规模试验的基本情况,包括原则与目标、总体规划与试验内容。

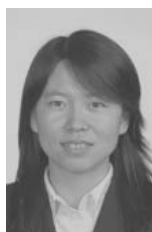
参考文献:

- [1] 3GPP. Base station (BS) radio transmission and reception (release 15): TS38.104 V15.1.0[S]. 2008.
- [2] 3GPP. Physical channels and modulation (release 15): TS38.211 V15.1.0[S]. 2008.
- [3] 倪善金, 赵军辉. 5G 无线通信网络物理层关键技术[J]. 电信科学, 2015, 31(12): 48-53.
NI S J, ZHAO J H. Key technologies in physical layer of 5G wireless communications network[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(12): 48-53.
- [4] 张建敏, 谢伟良, 杨峰义, 等. 移动边缘计算技术及其本地分流方案[J]. 电信科学, 2016, 32(7): 132-139.
ZHANG J M, XIE W L, YANG F Y, et al. Mobile edge computing and application in traffic offloading[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(7): 132-139.

[作者简介]



刘玮(1986-),女,中国移动通信集团设计院有限公司工程师,长期从事移动通信网络规划、优化等新技术研究与工具开发工作。



董江波(1978-),女,博士,中国移动通信集团设计院有限公司教授级高级工程师,长期从事移动通信网络规划、优化等新技术研究工作。



任冶冰(1987-),男,中国移动通信集团设计院有限公司工程师,长期从事移动通信网络规划、优化等新技术研究与相关通信软件研发工作。