



专栏：云网智联，万物在线

5G 网络部署模式选择及演进策略

杨旭, 肖子玉, 邵永平, 宋小明

(中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080)

摘要: 独立部署(SA)和非独立部署(NSA)是5G网络引入初期必须考虑的关键问题。首先介绍了3GPP标准中的部署架构选项并对重点部署架构进行了深入分析和比较,然后在此基础上提出了5G网络部署的两大演进线路,最后从核心网角度给出了5G核心网部署模式及演进策略,为5G网络部署模式及演进路径选择提供参考。

关键词: 5G; SA; NSA; 5G核心网

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018188

Deployment mode selection and evolution strategy of 5G network

YANG Xu, XIAO Ziyu, SHAO Yongping, SONG Xiaoming

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

Abstract: Standalone (SA) deployment and non-standalone (NSA) deployment are the key issues considered in the early stage of 5G network introduction. Firstly, the deployment architecture options in 3GPP standard were introduced and the key deployment architectures were analyzed and compared. Then two evolution routes of 5G network deployment were put forward. At last, the deployment mode and evolution strategy of 5G core network were given, which provided references for the deployment mode and evolution path selection of 5G network.

Key words: 5G, standalone, non-standalone, 5G core network

1 引言

ITU-T定义了5G的“三大类应用场景”(eMBB(增强移动宽带)、mMTC(海量机器类通信)、URLLC(超高可靠低时延通信))和“八大标志性能力指标”(体验速率、峰值速率、流量密度、连接密度、网络能效、频谱效率、移动性、时延),5G多样化的业务需求对网络提出了严峻的挑战。

3GPP标准第一个商用版本R15于2018年6月完成,主要满足eMBB和部分URLLC业务场景需求。目前国际上多数主流运营商计划在2020年正式开展5G网络商用^[1]。5G网络建设采用何种部署模式及演进路径是各运营商首先需要考虑的重要问题。

3GPP标准定义了独立(standalone, SA)组网和非独立(non-standalone, NSA)组网两大类

收稿日期: 2018-04-08; 修回日期: 2018-05-30

部署模式^[1]。在2017年3月召开的3GPP RAN第75次全体大会上,3GPP正式通过了5G加速的提案,即计划于2017年12月完成、2018年3月冻结非独立5G新空口标准(option3),于2018年6月完成、9月冻结独立5G新空口标准^[2]。

本文在对于3GPP标准中提出的独立部署和非独立部署架构充分分析的基础上,对于5G网络整体部署架构、演进路径选择以及核心网部署模式等方面关键问题进行阐述。

2 5G组网部署模式架构选项

3GPP TSG-RAN第72次全体大会上,RP-161266提出了12种5G系统整体架构(涉及8类option)^[3],这些架构选项是从核心网和无线角度相结合进行考虑的,部署场景涵盖了未来全球运营商部署5G商用网络在不同阶段的部署需求。在3GPP TR23.799核心网标准中同样提到了这8个option^[4],其中option1/option2/option5/option6为SA架构(LTE与5G NR独立部署架构),option3/option4/option7/option8为NSA架构(LTE与5G NR双连接部署架构)。部署架构选项如图1所示。

其中option1是传统4G网络架构,LTE连接EPC。option6是独立5G NR仅连接到EPC,option8/option8a是非独立5G NR仅连接到EPC,仅是理论存在的部署场景,不具有实际部署价值,标准中不予考虑。option2/option3/option4/option5/option7是3GPP标准以及业界重点关注的5G候选组网部署方式,其中option3/option4/option7是在3GPP TR38.801中重点介绍的LTE与NR双连接的网络部署架构选项^[5]。

2.1 非独立部署架构

3GPP R12中已经提出了双连接技术,与传统LTE双连接有3种承载类型(MCG(master cell group,主小区组)承载、SCG(secondary cell group,辅小区组)承载、MCG分离承载)相比,LTE-NR跨系统双连接新增了SCG分离承载。

MCG承载是协议栈都位于MN(master node,主节点)且仅使用MN资源的承载;SCG承载是协议栈都位于SN(secondary node,辅节点)且仅使用SN资源的承载;分离承载是指协议栈同时位于MN和SN节点且同时使用MN和SN资源的承载,MCG分离承载是指仅MN与核心网数据面相连,数据由MN分流至SN;SCG分离承

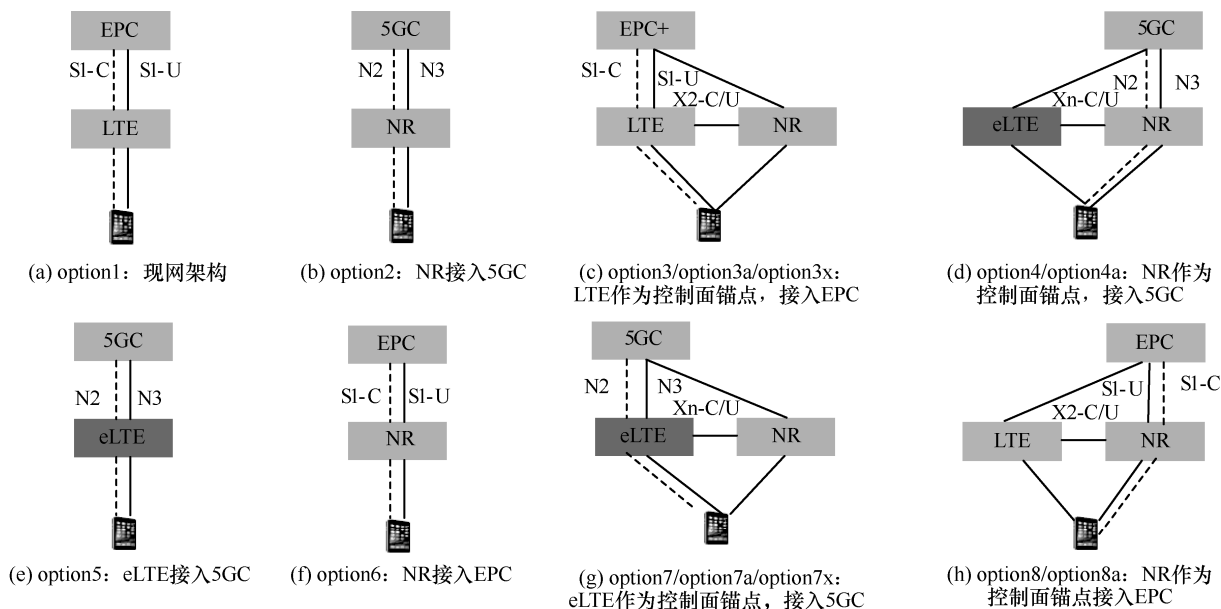


图1 3GPP标准的8个option架构选项



载是指仅 SN 与核心网数据面相连，数据由 SN 分流至 MN。具体如图 2 所示。

MCG 分离承载、SCG 承载、SCG 分离承载分别对应 option3/option3a/option3x 的 3 个部署选项以及 option7/option7a/option7x 的 3 个部署选项，MCG 分离承载、SCG 承载分别对应 option4/option4a 两个部署选项（不存在 option4x 部署选项）。

候选的非独立部署架构 option3/option7/

option4 具体介绍及优劣势分析如下。

(1) option3/option3a/option3x

option3/option3a/option3x 部署架构如图 3 所示。

LTE 作为 MN 提供连续覆盖（LTE 作为控制面锚点），NR 作为 SN 热点区域部署，升级 EPC 核心网，实现增强的业务体验。option3、option3a 和 option3x 的主要区别在于用户面路径不同，用户面分别经由 LTE eNB、EPC、NR 进行分流。

协议架构如图 4 所示。

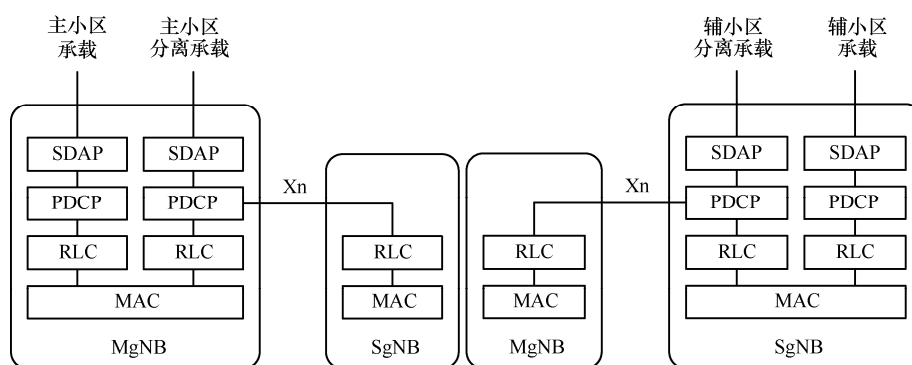


图 2 双连接 4 种承载类别示意

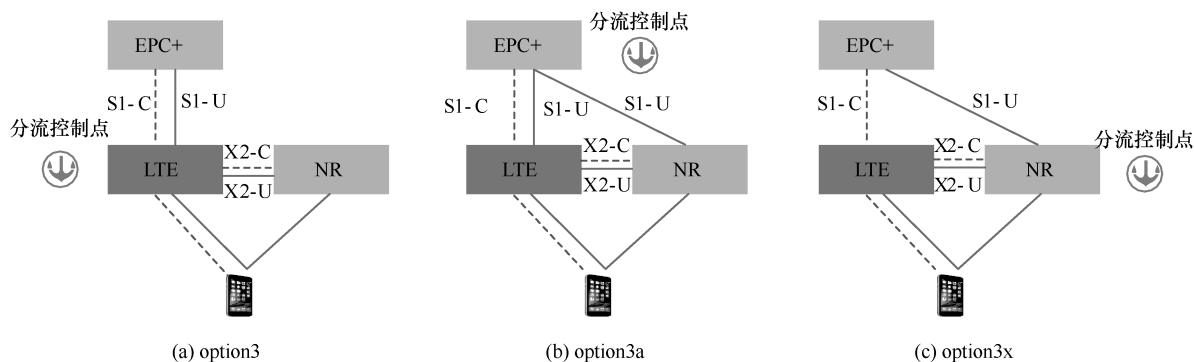


图 3 option3/option3a/option3x 部署架构

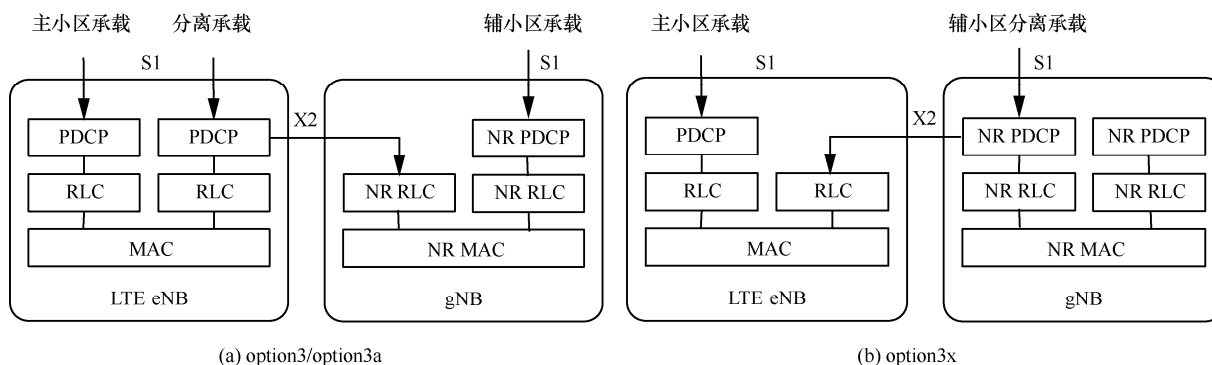


图 4 option3/option3a/option3x 协议架构^[6]

优势：NSA option3/option3a/option3x 标准化完成时间最早，可较早提供 5G 高速率，有利于市场宣传；对 NR 覆盖无要求，支持 5G NR 和 LTE 双连接，可以带来流量增益；网络改动小，建网速度快，投资相对少。

劣势：该方案可能需要新建 5G NR 与现有 LTE 基站的设备厂商强绑定；由于连接到 EPC 核心网，无法支持 5G 核心网引入的相关新功能和业务。

适用场景：LTE eNB 作为 MN，NR gNB 作为 SN，适合于 5G 商用初期热点部署，能够实现 5G 快速商用。

(2) option7/option7a/option7x

option7/option7a/option7x 部署架构如图 5 所示。

eLTE 作为 MN 提供连续覆盖（eLTE 作为控制面锚点），NR 作为 SN 在热点区域部署；LTE 基站升级改造为 eLTE 接入 5G 核心网。option7、option7a 和 option7x 的主要区别在于用户面路径不同，用户面分别经由 LTE eNB、5GC、NR 进行分流。

优势：对 NR 覆盖无要求，能够有效利用现有大规模 LTE 资源；支持 5G NR 和 LTE 双连接，带来流量增益；引入 5G 核心网，支持 5GC 新功能和业务。

劣势：eLTE 是指通过升级改造连接到 5G 核心网的演进 LTE 基站，涉及 LTE 基站的改造较

大，并可能涉及硬件的改造或替换（需提升容量及峰值速率、降低时延，并需要升级协议栈、支持 5G QoS 等），且产业成熟时间可能会相对较晚；新建 5G NR 可能需要与升级的 eLTE 设备厂商绑定。

适用场景：eLTE 作为 MN，NR 作为 SN，适合于 5G 部署初期及中期场景，由升级后的 eLTE 基站提供连续覆盖、NR 作为热点覆盖提高容量。

(3) option4/option4a

option4/option4a 部署架构如图 6 所示。

NR 作为 MN 提供连续覆盖（NR 作为控制面锚点），eLTE 作为 SN 提供流量补充；引入 5G 核心网。option4、option4a 的主要区别在于用户面路径不同，用户面分别经由 gNB、NGC 进行分流。因 NR 作为 MN 且 NR 带宽大于 eLTE，因此标准架构中没有考虑 option4x 架构选项。

优势：支持 5G NR 和 LTE 双连接，带来流量增益；引入 5G 核心网，支持 5G 新功能和业务。

劣势：eLTE 涉及现网 LTE 无线的改造量较大，且产业成熟时间可能会相对较晚；新建 5G NR 可能需要与升级的 eLTE 设备厂商绑定。

适用场景：NR 作为 MN，eLTE 作为 SN，由 NR 提供连续覆盖，适合于 5G 商用中后期部署场景。

2.2 独立部署架构

候选的独立部署架构选项包括 option2 和 option5，如图 7 所示。

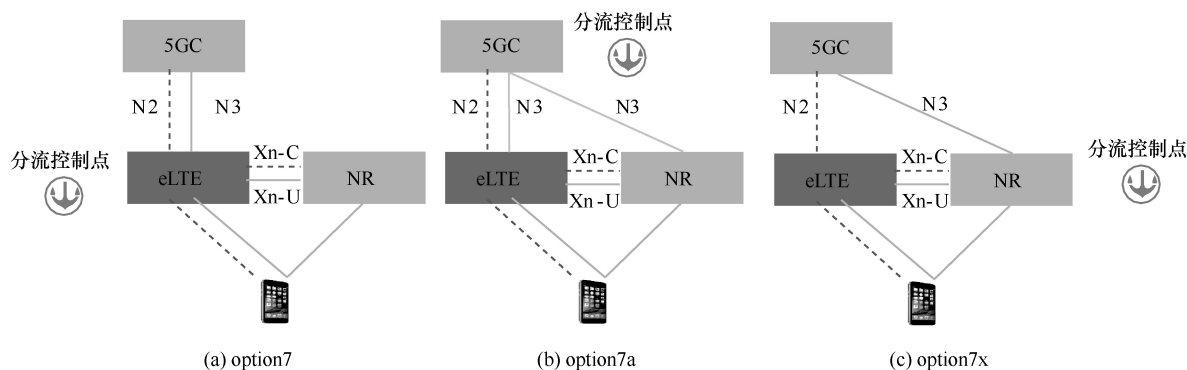


图 5 option7/option7a/option7x 部署架构

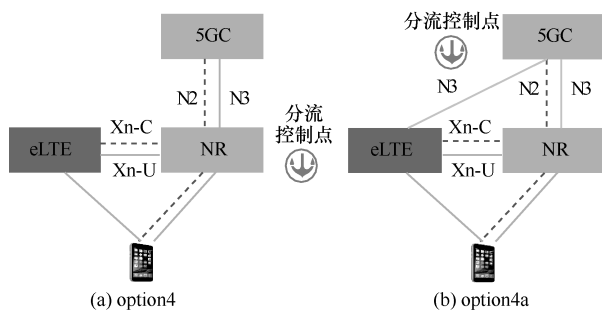


图6 option4/option4a 部署架构

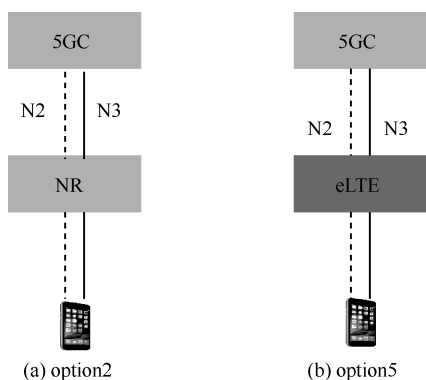


图7 option2 和 option5 部署架构

(1) option2

option2 通过部署 NR 接入 5GC，是独立 5G 架构，也是业界公认的 5G 目标架构。

优势：一步到位引入 NR 和 5GC，不依赖于现有 4G 网络，演进路径最短；全新的 NR 和 5GC，能够实现全部的 5G 新特性，能够支持 5G 网络引入的所有相关新功能和业务。

劣势：5G 频点相对 LTE 较高，初期部署难以实现连续覆盖，会存在大量的 NR 与 LTE 系统间切换；初期部署成本相对较高，无法有效利用现有 LTE 基站资源。

适用场景：该架构作为 5G 系统的目标架构和最终形态，适合在整个 5G 商用周期内进行部署。

(2) option5

option5 方案中，LTE 需要升级改造为 eLTE，接入 5G 核心网。

优势：能够有效利用现有大规模 LTE 资源。

劣势：eLTE 涉及现网 LTE 无线的改造量相对较大；升级现网 LTE 为 eLTE，厂商绑定。

option 2 与 option 5 比较：两者主要差别在空口层面，5G NR 采用新型波形和多址、新帧结构、新信道编码等技术，能够实现更高速率、更低时延和更高效率，改造后的 eLTE 与 NR 相比在峰值速率、时延、容量等方面依然有明显差别。NR 底层的优化和后续的演进，eLTE 都不一定支持。因此不推荐现网部署 option5 架构。

2.3 非独立部署架构与独立部署综合比较

从包括核心网和无线连接、覆盖方式、提供的业务和功能、互操作和切换、终端和协议等多个方面，对于重点部署架构选项 option3/option7/option4/option2 进行归纳总结，具体见表 1。

对于非独立部署的 3 种数据承载方式，MCG 分离承载、SCG 承载和 SCG 分离承载的分析总结如下。

(1) MCG 承载

采用 option3、option4、option7 部署架构是通过 MN 在 PDCP 层进行数据分流，由 MN 控制在 SN 和 MN 之间进行动态分流，同一承载可以通过 MN 和 SN 进行传送。对于 MN 有额外的容量处理需求以及数据缓存需求（尤其是 option3 和 option7 是以 LTE 和 eLTE 作为 MN，要求较高），对于 MN 和 SN 之间的回传链路有一定吞吐量和时延要求。

(2) SCG 承载

采用 option3a、option4a、option7a 部署架构是通过核心网进行数据分流，对于同一承载只能分别从 MN 或 SN 进行数据转发，MN 和 SN 之间无数据链路和传送需求，当仅有一个承载或两个承载数据流量差异较大时增益较低（如 CMNet APN 和 CM-IMS 承载）。

(3) SCG 分离承载

由于 LTE 与 NR 相比带宽差距较大，采用 option3x 以及 option7x 架构是通过 NR (SN) 在 PDCP 层进行数据分流，由 SN 控制在 SN 和 MN 之间进行动态分流，同一承载可以通过 SN 和 MN

表 1 5G NSA 和 SA 重点架构选项比较

5G 重点 option 比较	NSA			SA
	option3/option3a/ option 3x	option7/option7a/ option7x	option4/option4a	option2
无线覆盖 （与获得频率相关）	LTE 提供连续覆盖, NR 提供容量补充	eLTE 提供连续覆盖, NR 提供容量补充	NR 提供基础覆盖, eLTE 提供容量补充	NR 独立组网, 同时提供覆盖和容量
对现有核心网/无线要求	EPC 核心网需要升级, LTE 需要软件升级	LTE 基站需要升级改造为 eLTE 基站（涉及硬件改造或替换）	eLTE 基站（涉及硬件改造或替换）	—
新业务和功能支持情况	受限于 EPC, 提供新业务和功能受限	引入 5G 核心网, 支持 5G 引入的相关新业务和新功能, 如网络切片、新型 QoS 等		
option */a/x 选项建议	建议分别选择 option3x、option7x、option4, 共同原因是: NR 支持流量大、性能高, 作为用户面锚点, 可以降低对于 LTE 基站用户面转发要求和改造成本			
互操作和连续性	非独立组网是双连接方式进行, 可以实现无缝切换, 切换过程中不会造成业务中断, 从而能够保证业务连接性			两张独立网络, 需通过重选和切换等方式互操作
终端要求	5G 双连接终端、LTE NAS	5G 双连接终端、N1 NAS	5G 双连接终端、N1 NAS	5G 终端、N1 NAS
	为满足 5G 网络不同建设期及漫游要求, 建议尽量采用非独立组网和独立组网共平台化设计, 保证 5G 终端的适用性			
定位及适用场景	过渡部署架构; 适用于 5G 部署初期, NR 热点部署	过渡部署架构; 适用于 5G 部署初期及中期, NR 热点部署	准目标部署架构; 适用于 5G 部署中后期, NR 连续覆盖	5G 目标部署架构; 适用于 5G 部署全生命周期, NR 连续覆盖

进行传送。将容量更大、性能更高的 NR 作为分流节点, 可以降低对于 LTE/eLTE 基站的网络容量处理需求以及数据缓存需求, 无需对现有 LTE 无线进行大量的升级改造。对于 MN 和 SN 之间的回传链路有一定吞吐量和时延要求。

因此当需要考虑部署 option3/option3a/option3x、option4/option4a、option7/option7a/option7x 时, 建议分别选择 option3x、option4、option7x 架构选项。

3 5G 网络部署路线选择分析及建议

根据运营商 5G 商用部署进度计划、可用频谱资源、终端和产业链成熟情况、总体建网成本等, 运营商可以选择不同的组网部署演进路线。由于 NSA 标准化完成时间早于独立部署, 因此运营商可以选择优先部署 5G 无线网络, 或 SA 成熟时直接部署 NR 和 5GC。SA option2 部署架构作为 5G 部署的终极目标架构, 总体可以归纳为两大类部署演进路线^[2], 如图 8 所示, 每大类又可以细分

为多个典型的迁移路径供选择。

(1) 5G 商用初期直接选择独立部署架构

迁移路径一(一步走方案): option1→option2。

option1→option2, 如 5G 建设初期具备直接部署 option2 的条件, 则可以一步到位新建 NR 接入新建 5GC, 能够体现 5G 网络全部性能优势; 不需要改动现网 LTE/EPC (需要支持 N26 接口互操作)。

5G 建网初期实现 5G NR 连续覆盖难度较大, 成本较高。

(2) 5G 商用初期选择非独立部署架构, 再向独立部署架构演进:

迁移路径二(分步走方案): option1→option3x→(option7x)→(option4)→option2。

采用非独立部署可以有 option3/option7/option4 共 3 种部署方式, 不同组合方式下的迁移路径可能有多种选择, 可以根据运营商具体情况进行合理选择, 最终演进到 option2 目标架构。

5G NR 优先引入, 基于 NSA option3 开始部

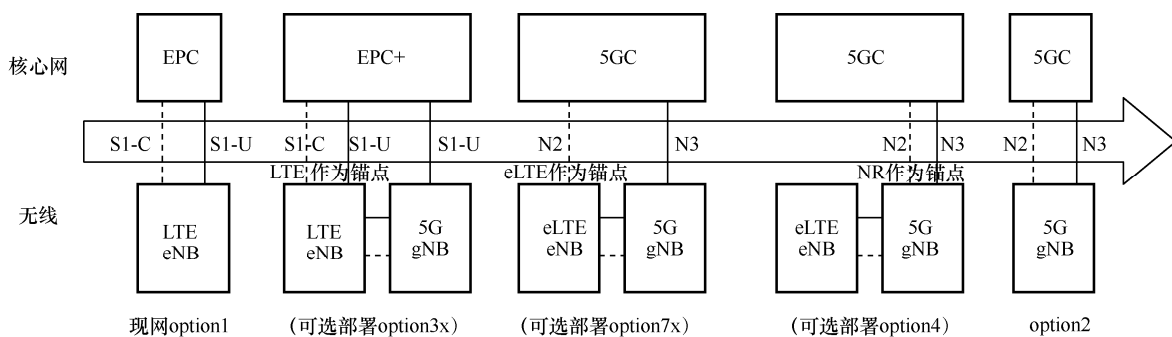


图8 5G网络部署模式迁移路径示意

署，升级 EPC 为 EPC+；后续引入 5GC，可选部署 option7x/option4；可同时部署多个 option，如 option3x（满足 eMBB 需求）+option2（热点部署，满足部分垂直行业需求）；终端形态较多，需要支持多种制式。

部署 option3x：5G 商用部署的频率（6 GHz 以下频段主要是 3.5 GHz 和 4.8 GHz）相比 LTE 频率（2.6 GHz 频段）会高，因此 NR 覆盖范围相比 LTE 会有所减小。5G 商用初期主要为了满足 eMBB 业务需求，可以充分利用现有 LTE 无线和 EPC 实现连续覆盖和移动性，NR 覆盖提升用户面容量。

可选部署 option7/option7a/option7x；可以在 option3/option3a/option3x 部署后迁移到 option7/option7a/option7x，将 LTE 升级到 eLTE，新建 5G 核心网；也可以直接在 5G 商用初期跳过 option3/3a/3x 直接部署 option7/option7a/option7x。该方案优势在于，在利用 eLTE 广覆盖优势的同时，可以使用 5G 核心网的相关高级特性。

可选部署 option4/option4a：option4/option4a 部署架构较大可能在 5G 部署中后期采用，随着 5G NR 逐渐实现连续覆盖，同时又可以将其现网 eLTE 利用起来作为容量补充。

由非独立部署架构演进到独立部署架构的可选路径示意如图 9 所示，5G NR 逐步由热点覆盖演进到 5G NR 连续覆盖，实现 5G 独立组网架构。

SA 架构 option2 是 5G 网络建设的终极目标，能够体现 5G 的全部技术优势并提供全部的 5G 网络服务，NSA 架构作为 5G 部署的演进过程，最大优势是在演进过程中充分利用现有 LTE 网络资源，并能够实现快速部署。但在建网过程中也应尽量避免过长的 5G 整体演进路线，需要对网络进行频繁升级和改造才到 SA，整体投资成本也会更高。各运营商应根据自身情况进行选择，并推动产业链的成熟。

4 5G 核心网部署模式及演进策略

基于 5G 整体网络部署演进路线选择，核心

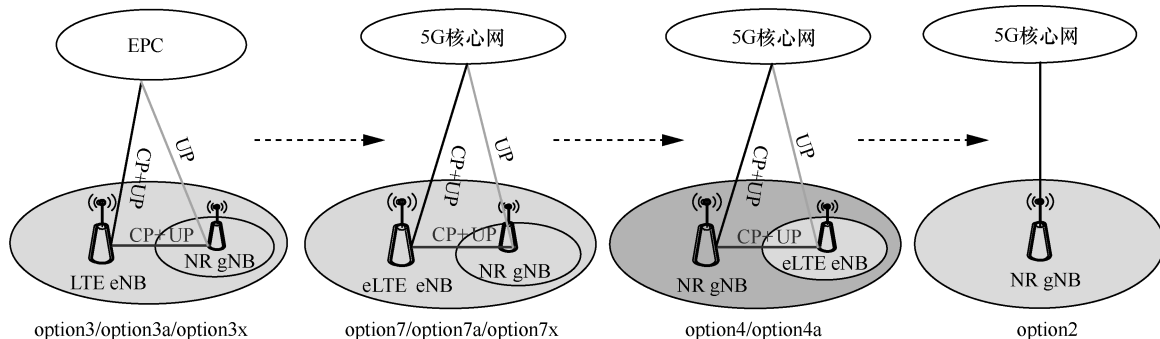


图9 option3/option7/option4/option2 部署路线演进示意

网有两种部署方式选择：如果采用 option3/option3a/option3x 部署架构，需要将现网 EPC 升级为 5G NSA；如果采用其他部署架构选项（option2、option4/option4a、option5、option7/option7a/option7x），则均需要新建 5G 核心网。

（1）EPC 升级为 5G NSA

如果采用 option3/option3a/option3x 作为 5G 商用初期的重点可选部署方式，则建议选择 option3x。需要对 EPC 进行软件升级（含 MME、SAE-GW、PCRF、HSS、CG 等网元），主要包含支持双连接、QoS 扩展、5G 签约扩展、NR 接入限制、计费扩展等方面。

为实现统一的数据管理和策略管理，需要对于现网全部 HSS、PCRF 进行升级；为尽量减少对于现网无线 LTE 基站的升级改造，建议升级 pool 内全部 MME 设备；可按需升级改造部分 SAE-GW 设备（MME 和 DNS 根据 UE-NR-capability 为 5G-enabled 的 UE 选择 NSA-GW）支持 5G NSA 功能及 5G 大数据带宽，并按需升级部分 CG 设备。

云化的 5G NSA 核心网后续可进一步平滑演进到 5G 核心网。

（2）引入 5G 核心网

5G 核心网采用服务化架构、支持网络切片、分布式部署^[7]，需基于 NFV 云化形式部署。基于

云化新建方式及 vEPC 向上升级方式，部署 AMF、SMF、PCF、UPF、UDM、NEF、NRF、NSSF 等 5GC 网络功能，如图 10 所示。

- 基于不换卡不换号原则，为实现统一的数据管理和策略控制，5G 核心网引入之初需要首先考虑实现融合 UDM/HSS、融合 PCF/PCRF，涉及现网存量 HSS 和 PCRF 设备。
- 部署融合 SMF/PGW-C 实现统一会话管理锚点，部署融合 UPF/PGW-U，实现统一用户面锚点保证业务连续性。AMF 和 MME 之间通过 N26 接口进行控制面互通，传递上下文等互操作信息，以实现 5G 核心网与 EPC 的互操作。

（3）5G 核心网与 EPC 融合演进，实现统一核心网

5G 部署中后期，随着 5G 业务发展及传统 EPC 设备的老旧退网，核心网逐步实现全云化，EPC 逐步向 5G 核心网迁移。EPC 和 5G 核心网能够部署在相同的云化基础设施上，vEPC 向上升级支持相应 5G 核心网功能，新建 5G 核心网向下兼容相应 EPC 网元功能，最终实现统一融合核心网，通过网络切片满足三大业务场景需求。5G 与 EPC 融合核心网同时支持 NSA 和 SA 多种接入方式，具体如图 11 所示。

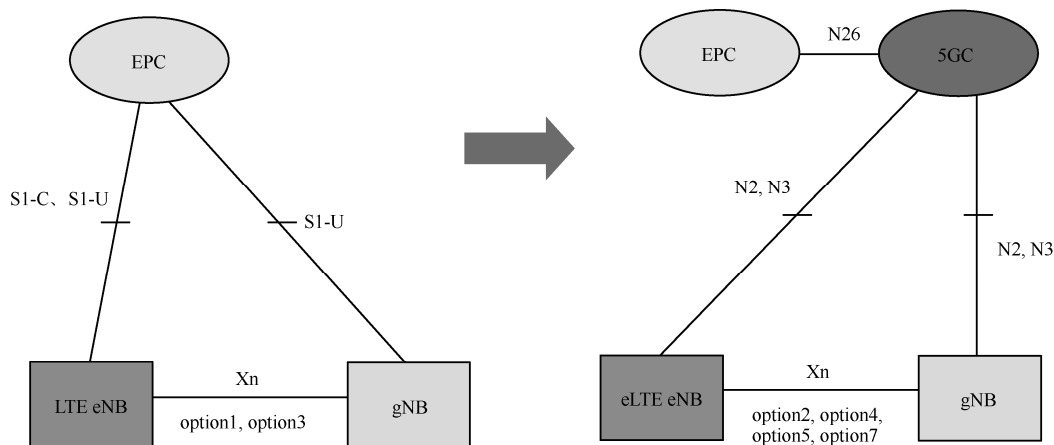


图 10 核心网部署方式及演进路径

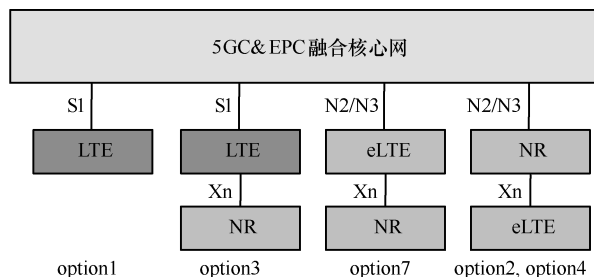


图 11 融合核心网统一支持多接入

5 结束语

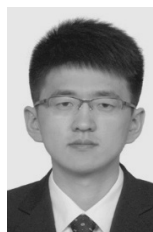
3GPP R15 标准作为 5G 商用的第一个版本于 2018 年中完成, 2018 年下半年各运营商可基于 R15 正式标准开展 5G 网络试点验证。5G 网络选择独立部署还是非独立部署及演进路线, 是各运营商在引入 5G 网络时必须面临的关键问题。各运营商应根据自身网络情况、5G 商用部署时间计划、终端及芯片产业链支持情况、频率资源和覆盖策略、建网成本等多方面关键因素进行权衡考虑, 选择适合自身的 5G 整体演进路线, 为用户提供更优质的网络服务。

参考文献:

- [1] 王庆扬, 谢沛荣, 熊尚坤, 等. 5G 关键技术与标准综述[J]. 电信科学, 2017, 33(11): 112-122.
WANG Q Y, XIE P R, XIONG S K, et al. Key technology and standardization progress for 5G[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(11): 112-122.
- [2] 朱浩, 项菲. 5G 网络架构设计与标准化进展[J]. 电信科学, 2016, 32(4): 126-132.
ZHU H, XIANG F. Architecture design and standardization progress of 5G network [J]. Telecommunications Science, 2016, 32(4): 126-132.
- [3] 3GPP. Study on architecture for next generation system (release 14): TR23.799 V14.0.0 [S]. 2016.
- [4] R3-161809. Analysis of migration paths towards RAN for new RAT[R]. 2016.

- [5] 3GPP. Study on new radio access technology: radio access architecture and interfaces (release 14): TR38.801 V14.0.0 [S]. 2017.
- [6] 3GPP. Study on new radio access technology: radio interface protocol aspects (release 14): TR38.804 V14.0.0 [S]. 2017.
- [7] 3GPP. System architecture for the 5G System (release 15): TR 23.501 V1.0.0[S]. 2017.

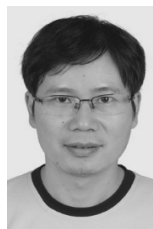
[作者简介]



杨旭 (1985-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司工程师, 主要研究方向为 5G 核心网、NFV、分组域核心网、物联网等。



肖子玉 (1969-), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司教授级高级工程师, 中国通信学会高级会员, 主要研究方向为 NFV/SDN、5G、IMS、网络安全和信息安全等。



邵永平 (1978-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师, 主要研究方向为移动通信核心网、NFV、网络和信息安全等。



宋小明 (1985-), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司工程师, 主要研究方向为移动通信核心网、信令网、NFV 等。