



面向 5G 的核心网演进规划

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: 首先概述了 5G 标准及产业进展, 梳理了 5G 核心网架构、主要关键技术及互操作架构, 在此基础上, 提出了面向 5G 核心网的分阶段演进规划思路及部署建议, 为现网引入 5G 核心网提供参考。

关键词: 5G 核心网; 5GC; EPC; 演进; 选项

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018210

Core network evolution planning oriented 5G

YANG Xu, XIAO Ziyu, SHAO Yongping, SONG Xiaoming

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

Abstract: Firstly, the 5G standard and industrial progress were summarized, and the 5G core network architecture, key technologies and interworking architecture were combed. On this basis, the idea of phased evolution planning and deployment suggestions for the 5G core network were proposed to provide reference for the introduction of the 5G core network in the present network.

Key words: 5G core network, 5GC, EPC, evolution, option

1 引言

第一个 5G 标准 (3GPP R15 版本) 在 2018 年 6 月冻结, 完整的 5G 标准 (3GPP R16 版本) 预计将于 2019 年年底冻结。其中 R15 又分为两个阶段, 第一阶段在 2017 年年底完成 5G 新空口非独立组网 (option3), 第二阶段在 2018 年中期完成 5G 新空口独立组网标准 (option2) 和其他 NSA 标准 (option4 和 option7 预计会延期到 2018 年年底完成)^[1], 如图 1 所示, 其中, Q_1 、 Q_1 、 Q_3 、 Q_4 分别代表第一季度、第二季度、第三季度和第

四季度。

终端和芯片: 主流芯片厂商从 2018 年下半年陆续推出支持 NSA/SA 的芯片, 商用终端一般晚于芯片 6 个月左右。

产品进展: 大部分厂商在 2018 年年底开始推出基于 R15 的 NSA/SA 核心网产品, 2019 年年底产品逐步成熟。

产业进展: 全球通信发达地区主流运营商均计划 2020 年前后开始商用部署 5G 网络, 早于 2020 年商用部署的均以采用 NSA 部署模式为主。

现有 EPC (evolved packet core) 网元采用传

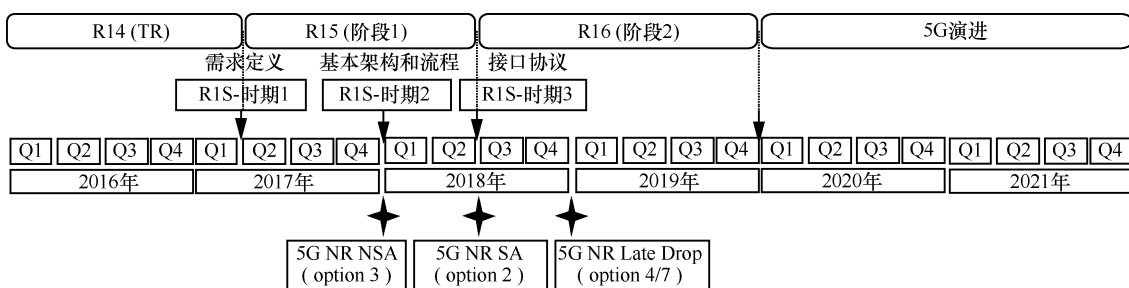
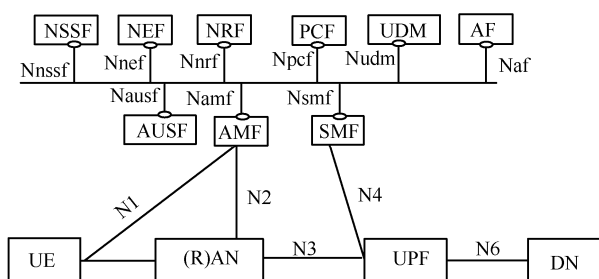


图1 3GPP 5G 核心网标准进展

统方式并以集中化部署在省中心为主,面向2020年5G网络商用部署,运营商需要考虑如何基于现有EPC核心网现状进行提前布局,引入5G核心网并使核心网平滑演进,本文将基于对5G网络架构及主要关键技术的介绍,对于5G核心网引入及演进等问题进行分析并给出规划建议。

2 5G 网络系统架构及互操作架构

与4G网络相比,5G网络变革主要包括SBA (service-based architecture) 架构、CP/UP (控制平面与用户平面) 分离、网络切片、支持边缘计算等多个方面^[2]。3GPP标准5G网络SBA架构如图2所示。

图2 5G 网络系统架构^[3]

5G网络引入服务化功能设计,将EPC等主要网元进行解耦重构和模块化设计,5G核心网新增网络功能及与EPC相关网元对比见表1。

主要关键技术能力包括SBA架构、网络切片、CP/UP分离以及边缘计算,概述如下。

(1) SBA 架构

5G核心网控制平面采用服务化架构,控制平面功能解耦重构为多个网络功能,每个控制面NF

表1 5G NF 与 EPC 网元对比

5G 网络功能	中文名称	类比 EPC 网元
AMF	接入和移动性管理功能	MME 中 NAS 接入控制功能
SMF	会话管理功能	MME、SGW-C、PGW-C 的会话管理功能
UPF	用户平面功能	SGW-U+PGW-U 用户平面功能
UDM	统一数据管理	HSS、SPR 等
PCF	策略控制功能	PCRF
AUSF	认证服务器功能	HSS 中鉴权功能
NEF	网络能力开放	SCEF
NSSF	网络切片选择功能	5G 新增,用于网络切片选择
NRF	网络注册功能	5G 新增,类似增强 DNS 功能

细分为多个服务,网络功能服务遵循自包含、可重用、独立管理三原则。采用基于服务化的接口,使能每一个网络功能能够直接与其他网络功能交互,3GPP已确定采用以TCP、HTTP2、JSON、OpenAPI3.0、RESTful的组合为基础,对5G核心网协议进行标准化,N1/N2/N3/N4/N6/N9等接口仍然使用参考点接口。采用云原生及互联网技术,能够实现快速部署、连续集成和发布新的网络功能和服务,且便于运营商自有或第三方业务开发。

(2) 网络切片

网络切片是端到端的逻辑功能集合和其所需的物理或虚拟资源,包括接入网、核心网、传输网等。网络切片架构由基础设施层、网络切片层和网络切片管理层组成。网络切片管理架构自上而下包含三层,分别为CSMF (通信服务管理功能)、NSMF (网络切片管理功能)、NSSMF (网



络切片子管理功能)。CSMF 聚焦商业,面向垂直行业提供切片业务管理;NSMF 聚焦跨域,跨域协同提供 E2E 切片设计与生命周期管理和编排;NSSMF 聚焦单域,面向各域分别提供切片设计与生命周期管理。网络切片管理功能需要跨域协同(接入网、核心网、传输网等),实现整体端到端切片管理和编排,资源管理由 MANO 完成^[4]。

(3) C/U 分离及边缘计算

5G 网络架构继承 4G CUPS(控制面与用户面分离)架构,相比 4G 用户面为 SGW-U 和 PGW-U,5G 用户面归一化为 UPF。边缘计算作为 5G 的原生特性,由 ETSI 提出,逐渐被 3GPP、IMT-2020 等标准组织接纳并重视,成为 5G 关键议题。边缘计算服务垂直行业、满足差异化应用场景,应用场景包括本地视频业务、车联网、物联网和本地能力开放等。5G 会话管理机制在设计之初即考虑了对边缘计算的支持,包括用户面的灵活部署和数据路由的本地疏导和业务连续性,定义 2 种支持边缘计算的架构:UL-CL 本地分流和 IPV6 多归属。

3GPP 标准互操作架构如图 3 所示。

3GPP 包括单注册(single registration)和双注册(dual registration)两种功能互操作模式。单

注册模式是终端必选特性,终端只能在 5G 或 4G 任意一个系统上注册,仅保存一套 NASMM 状态;双注册模式终端独立注册在 5G 和 4G 系统,EPC 与 5GC 保持独立的 NASMM 状态。互操作流程包括基于 N26 接口的互操作流程和无 N26 接口的互操作流程,对于单注册模式,连接态执行切换流程,包括 5GS 到 EPS 切换和 EPS 到 5GS 切换,空闲态从 5GS 到 EPS 执行 TAU 流程,从 EPS 到 5GS 执行注册流程。对于单注册模式建议采用基于 N26 接口的互操作模式,通过提前在目标网络预留资源,能够实现无缝的会话连续性,无 N26 接口的模式需要重新接入网络和建立连接,会有秒级的业务时延及中断。

4G 和 5G 将在相当长的时间内共存,E-UTRAN 接入 EPC,NG-RAN 接入 5G 核心网,EPC 与 5G 核心网进行互通。在 AMF 与 MME 之间引入 N26 接口,传递移动性管理和会话管理等相关互操作信息,可提前在目标网络预留资源,接入“UDM+HSS”“PCF+PCRF”“SMF+PGW-C”“UPF+PGW-U”融合功能,实现 5G 和 EPC 核心网互操作,5G UE 的会话需要锚定在 5G 融合核心网。

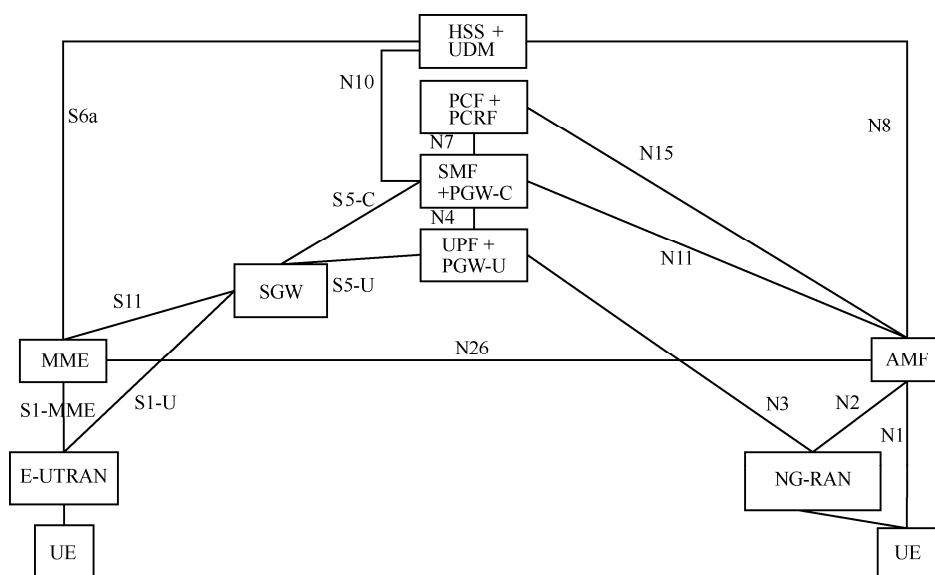


图 3 5G 与 4G 互操作标准架构^[3]

3 面向 5G 核心网商用部署的规划建议

以 5G 商用部署为重要时间节点, 将分为 3 个阶段进行论述^[5], 如图 4 所示。

- 阶段 1: 面向 5G 商用的现有分组域核心网演进建议。
- 阶段 2: 5G 核心网商用初期引入策略及建议。
- 阶段 3: 5G 核心网部署中后期, 5G 核心网与 EPC 融合演进。

3.1 面向 5G 商用的分组域核心网演进策略

3.1.1 布局电信云数据中心, 尽快推动现有分组域核心网云化

建议各省按照核心和边缘两级电信云 DC 进行规划建设, 以满足未来 5G UPF 的分布式部署, 边缘计算设备可按需部署在更低的接入节点。

控制平面集中部署: 在核心 DC 主要部署 5G CP、MME、PCRF 等控制平面网元以及 HSS/UDM 等数据面网元, 实现更集中的控制和更灵活的网络调度, 另外还包括可在省中心集中部署或在省中心所在本地网部署的 5G UPF 用户平面设备。

用户面分布式部署: 在边缘 DC 主要部署 5G UPF、GW-U 等用户平面网元, 以实现流量快速卸载, 优化流量和用户体验, 提高网络效率。

电信云数据中心布局示意如图 5 所示。

推动网元向通用平台、软件化演进是功能灵活部署和编排能力的基础, NFV 作为 5G 的重要使能技术, 需要先于 5G 核心网部署, 并积累分组域核心网的 NFV 运维经验, 通过管理与编排系统, 支持全局资源编排和调度。

稳步推进 EPC 核心网 MME、SAE-GW (建议基于 C/U 分离进行验证, 包含 GW-C 和 GW-U)、

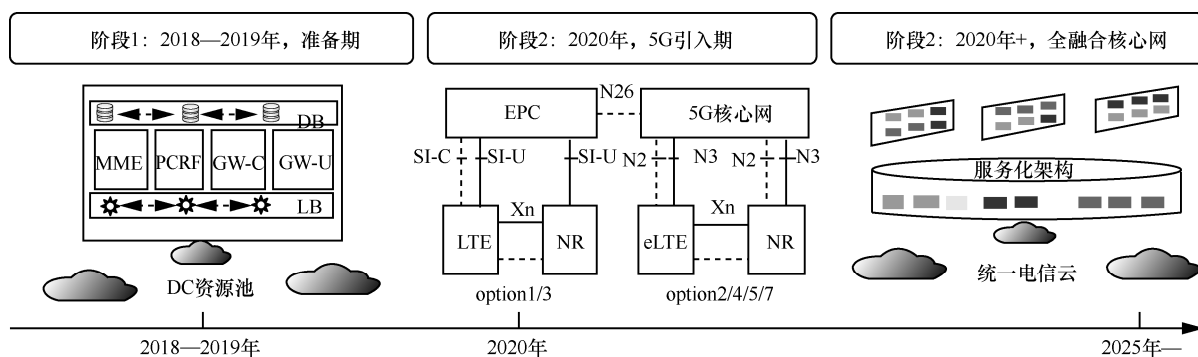


图4 面向 5G 的核心网规划演进策略

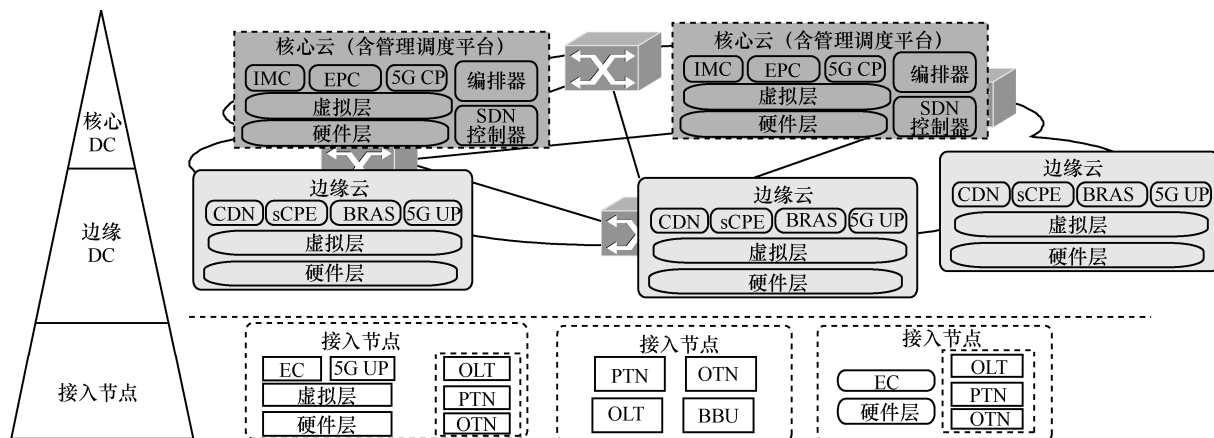


图5 电信云数据中心布局示意



PCRF、CG 以及 HSS 等主要网元的 NFV 云化试点验证。试点验证成熟后,可对于分组域核心网新增容量及老旧替换设备容量全部按照 NFV 云化设备形态考虑,云化 vEPC 核心网可以进一步平滑演进为 5G 融合核心网。

3.1.2 网关 C/U 分离,用户平面按需下沉部署

考虑规划期数据流量的快速发展、融合 CDN 下沉以及面向 5G 核心网的分布式部署需求,并结合省中心核心网机房资源情况及电信云规划布局,适时调整现有核心网架构布局,网关用户面逐步下沉至各地市,以优化数据流量流向,提升用户体验,为 5G 核心网分布式部署架构进行架构布局。3GPP R14 定义的基于 EPC 的网关 C/U 分离架构如图 6 所示^[6]。

(1) 以 NFV 云化方式部署

NFV 云化是 5G 部署的前提,建议网关直接以 NFV 云化方式下沉部署,可以向 5GC UPF 平滑演进。

(2) 以 C/U 分离方式部署

根据 C/U 分离厂商产品成熟度,建议直接部署 C/U 分离的 NFV 云化网元,便于向 5G UPF 平滑演进。

(3) 分步骤下沉

为保障网络安全及保护现有传统设备投资,建议采用分步骤下沉方式,逐步下沉至各地市。

3.1.3 5G 核心网试点验证

3GPP R15 标准作为 5G 商用的第一个版本在 2018 年 6 月完成,2018 年下半年开始运营商将开展基于 R15 正式标准的 5G 网络试点验证,端到端验证 5G 网络功能和特性,为 5G 核心网商用做技术验证和技术储备。

3.2 5G 核心网商用初期引入策略

3GPP 标准定义了独立组网(SA)和非独立组网(NSA)两大类部署模式^[7]。基于 5G 整体网络部署演进路线,从核心网角度来看,核心网有两种部署方式选择:如果采用 option3/3a/3x 部署架构^[8],需要将现网 EPC 升级为 EPC+;如果采用其他部署架构选项(option2、option4/4a、option5、option7/7a/7x),则均需要新建 5G 核心网。

3.2.1 EPC 升级为 EPC+ (可选)

为支持 option3x 部署架构,EPC 核心网需要升级支持 EPC+,初步建议现网 HSS、PCRF 需要全部升级,现网 MME 全部升级和可选部分 SAEGW 升级。具体分析见表 2。

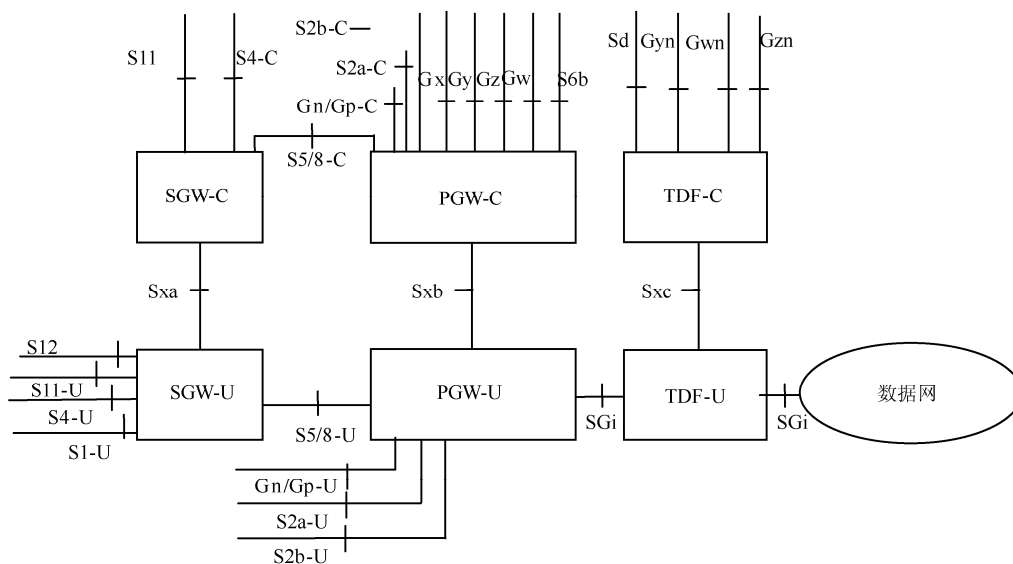


图6 3GPP 定义 C/U 分离架构

表2 EPC核心网主设备改造范围分析及建议

EPC网元	升级改造范围分析	建议
MME	全部升级：不需要支持 DECOR 功能，RAN 维持现网的 MME/SGSN 选择方式不变；MME pool 内设备负载均衡 部分升级：需要 RAN 和 MME/SGSN、HSS 支持 DECOR 为 5G 使能的 UE 选择具备 NSA 能力的 MME，或者 eNB 定制升级根据 UE 能力选择 MME（方案非标，不建议）；MME pool 内设备负载不均衡	业务开通范围内，以 pool 为单位全部升级
SAE-GW	SAE-GW 可部分升级支持 NSA，MME 和 DNS 根据 UE-NR-capability 为 5G 使能的 UE 选择 NSA GW	按需部分升级
PCRF	PCRF 只需配置新的 5G 带宽参数，PCRF 需要全网配置，DRA 维持现网的 PCRF 选择方式不变	业务开通范围内全部升级
HSS	为实现统一的数据管理，需要全部升级	业务开通范围内全部升级
CG	与 SAE-GW 方案保持一致，可以部分升级	按需部分升级

为支持 option3/3a/3x 部署模式，EPC 需要在支持双连接、QoS 扩展、5G 签约扩展、NR 接入限制、计费扩展等方面进行升级，升级网元包括 HSS、PCRF、MME、SAE-GW、CG、DNS 等，部署 option3x 需要新增与 5G NR 之间的 S1-U 接口，并增强 SAE-GW 设备用户面处理性能。具体如图 7 所示。

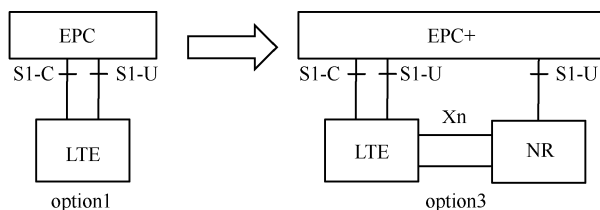


图7 初期引入 option3 部署架构

3.2.2 部署 5G 核心网

无论是从直接部署 option2 独立组网方式，还是从 option3/3a/3x 架构演进到 option2、option7/7a/7x 或 option4/4a，均需要部署 5G 核心网。引入 option2/4/5/7 后整体网络部署架构如图 8 所示。

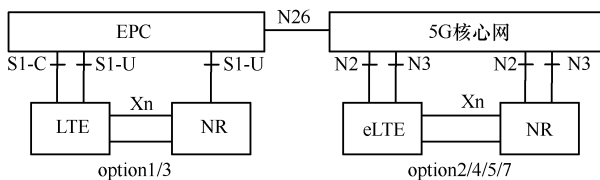


图8 引入 5G 核心网后整体网络部署架构

(1) 为实现 5G 核心网和 EPC 核心网的互操

作，标准中对于以下 5GC 网络功能需要与 EPC 相应网络功能实现融合。

- 融合 UDM/HSS：统一签约管理，保证用户数据一致性。
- 融合 PCF/PCRF：统一策略管理，保证策略一致性和连续性。
- 融合 SMF/PGW-C：统一会话管理锚点。
- 融合 UPF/PGW-U：统一用户面锚点，移动锚点不变保证业务连续性。

(2) HSS 与 UDM 用户数据融合、PCF 与 PCRF 实现策略面融合：以不换卡不换号为原则，涉及统一用户数据和策略，需要考虑现网传统 HSS 和 PCRF 设备存量全部替换和平滑过渡两种方案，初期 UDR 内涉及的不同数据部署形态可分可合。具体分析见表 3。

(3) 升级现网 MME 支持与 AMF 之间通过 N26 接口互操作，传递移动性管理和会话管理相关上下文，提供无缝的会话和业务连续性。随着 5G 核心网与 EPC 的逐步融合，N26 接口将逐步演变为内部接口。建议 AMF/MME 融合部署，能够提升互操作效率、优化用户体验、共享资源、简化运维。4G 和 5G 将在相当长的时间内共存，有 N26 接口的互操作架构，可以支持 4G/5G 融合组网和平滑演进以及业务的平滑迁移。



表 3 数据域和策略控制融合部署分析

建议	方案一：云化新建（全部替换）方案	方案二：现网平滑过渡方案
方案概述	云化新建全量的 UDM/HSS、PCF/PCRF、UDR，替换现网 HSS、PCRF，一次性割接入网	需要 BOSS 和 DRA 配合（或厂商私有方案），实现新增 5G 用户在 HSS、PCRF 和 UDM、PCF 的逐步迁移
优势	<ul style="list-style-type: none">• 目标方案，一次性建设到位；• 支持服务化接口，不涉及现网厂商绑定	<ul style="list-style-type: none">• 保护现有设备投资；初期投资和云化资源需求少；• 网络割接风险相对较小
劣势	<ul style="list-style-type: none">• 一次性投资大，云化资源需求大；• 割接风险较大	<ul style="list-style-type: none">• 涉及厂商私有方案，现网厂商绑定；• 网络调整时间最长，日常维护复杂

(4) 建设 5G 信令网，建议与 DRA 融合演进：3GPP 规范尚未对 5G 核心网信令设备做明确要求，但 TS23.501 在不同章节提到了类似 DRA 的信令 proxy 设备必要性。3GPP 已将 5G 控制面协议确定为 HTTP2.0，使用 HTTP proxy 可以实现简化组网、负载均衡、流量控制、会话绑定和拓扑隐藏等功能。面向 5G 信令网部署，可采用 Diameter/HTTP 融合组网方式，重用当前分省级和大区级的 DRA 两级组网模式，便于 4G/5G 信令网平滑演进。5G 信令网部署分析见表 4。

建议采用 DRA 和 HTTP proxy 融合部署，示意如图 9 所示。

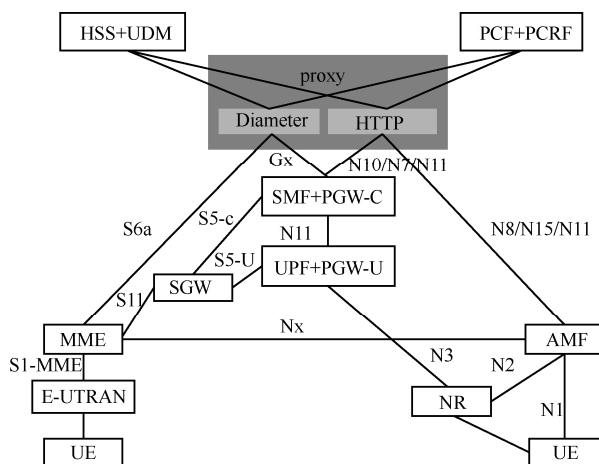


图 9 基于 DRA 的 5G 融合信令网

(5) 3GPP 已经明确将基于 IMS 提供语音业务，5G phase1 不提供和 2G/3G 语音的直接互操作。3GPP R15 不对 IMS 网络进行架构上的改变，根据 5G 总体部署方案选择，对现网 IMS 平滑演进。5G 语音基于 EPC 部署 (option3)：沿用现有 4G 网络语音处理流程，IMS 不需要发生任何变化。5G 语音基于 5GC 部署 (option2/4/5/7)：需要对 IMS 系统进行接口及功能增强，以支持 VoNR。终端在 5G 覆盖内使用 VoNR，终端在 4G 覆盖内使用 VoLTE，3GPP 已定义 EPC 和 5GC 之间的 HO 方案。IMS 核心网演进支持 VoNR 语音如图 10 所示。

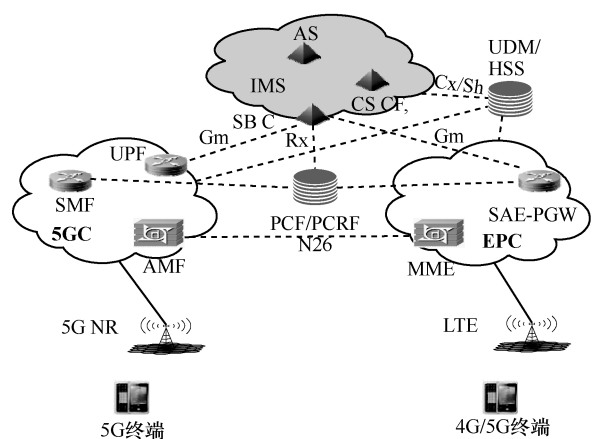


图 10 IMS 核心网演进支持 VoNR 语音

表 4 5G 信令网部署分析

分析维度	独立部署	融合部署
5G 语音绑定业务	AF 需识别用户所在网络将消息路由到不同信令设备；或 DRA 需要识别并中转 5G 用户消息给 HTTP proxy	可以共享绑定数据
设备利用率	低，4G 用户会逐步向 5G 迁移	高，共享会话绑定数据及路由数据
日常运维	需要维护两套数据	可以维护一套数据

终端支持单注册为必选要求,网络侧建议必选部署单待终端切换方案(可选部署单待回落方案)。5GC和EPC的紧耦合部署,可以保证5G和4G之间的语音连续性,5G语音业务的连续性依赖于4G网络VoLTE的覆盖率。

3.3 5G核心网与EPC融合演进,实现统一核心网

随着EPC核心网逐步云化以及传统ATCA设备的陆续退网,核心网将会逐步平滑演进至全云化融合核心网,EPC和5G核心网能够部署在相同的基础设施上,vEPC可向上升级支持5GC融合功能,新建5GC向下兼容EPC融合网元功能,通过网络切片满足多样化的业务场景需求,如图11所示。

4 结束语

为满足5G分布式部署架构,运营商应尽早开展NFV电信云基础资源布局,包括省中心DC、地市DC及位置更低的边缘DC,满足边缘计算部署需求。根据5G互操作架构,需要考虑现网HSS、PCRF设备分别和对应的5GC NF进行融合部署,需在5G商用前对于EPC主要网元进行充分的云化试点验证,并积累vEPC现网云化运维经验。

在3GPP R15标准冻结后可积极开展5G核心网外场试点验证,并根据频率资源、覆盖策略等因素确定合适的5G网络部署架构及整体演进路线。随着分组域核心网逐步实现NFV全云化以及5G业务的不断发展,将最终实现统一的核心网,同时满足多种业务需求。

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. System architecture for the 5G system(release 15); TR 23.501 V1.0.0 [S]. 2017.
- [4] 项弘禹,肖扬文,张贤,等. 5G 边缘计算和网络切片技术[J]. 电信科学, 2017, 33(6): 54-63.
XIANG H Y, XIAO Y W, ZHANG X, et al. Edge computing and network slicing technology in 5G[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(6): 54-63.
- [5] 杨旭,肖子玉,邵永平,等. EPC向5G核心网架构演进探讨[C]//面向5G的LTE网络创新研讨会, 2017年8月17日, 北京. [出

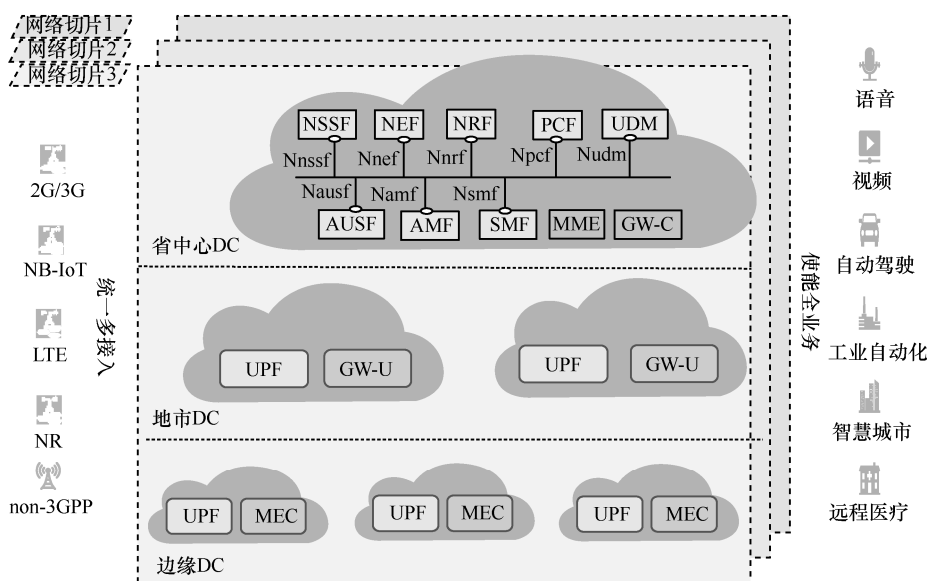


图11 5G统一核心网组网示意

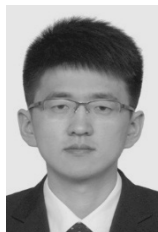


版地不详: 出版者不详], 2017.

YANG X, XIAO Z Y, SHAO Y P, et al. Discussion on the evolution of EPC to 5G core network architecture[C]//5G Oriented LTE Network Innovation Symposium, Aug 17, 2017, Beijing, China. [S.l.:s.n.], 2017.

- [6] 3GPP. Architecture enhancements for control and user plane separation of EPC nodes(release 15); TS23.214 V15.2.0 [S]. 2018.
- [7] 3GPP. Study on architecture for next generation system (release 14): TR23.799 V14.0.0 [S]. 2016.
- [8] 3GPP.Study on new radio access technology: radio access architecture and interfaces (release 14): TR38.801 V14.0.0 [S]. 2016.

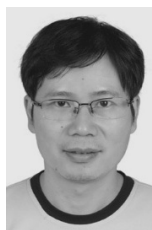
[作者简介]



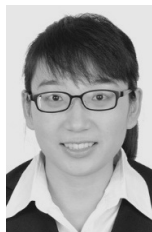
杨旭（1985-），男，中国移动通信集团设计院有限公司工程师，主要研究方向为 5G 核心网、NFV、分组域核心网、物联网等。



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，美国北卡罗莱纳州立大学访问学者，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。