



专栏：5G 商用和演进

5G 核心网部署及演进方案

杨旭¹, 肖子玉¹, 梁冰², 李乐³

- (1. 中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080;
2. 中国移动通信集团设计院有限公司安徽分公司, 安徽 合肥 230011;
3. 中国移动通信集团设计院有限公司浙江分公司, 浙江 杭州 311215)

摘要: 首先结合国内运营商的 5G 商用情况分析非独立 (non-standalone, NSA) 组网的劣势, 建议控制 NSA 投入, 以独立 (standalone, SA) 组网为目标开展 5G 网络建设; 然后基于 5G 核心网标准进展及 R16 标准的主要变化, 分析 5G SA 核心网商用部署及后续 2G/4G/5G 融合演进规划部署建议, 包含 5G 边缘计算节点的商用部署建议以及后续的规划建设建议。建议以终为始、尽早统筹开展 2G/4G/5G 融合组网规划建设, 以有效保护投资、降低组网和维护复杂度, 实现控制面全云化部署、用户面分布式下沉部署的目标架构; 为 5G SA 核心网建设提供参考借鉴。

关键词: 5G 核心网; SA; 融合组网; 演进

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020268

5G core network deployment and evolution scheme

YANG Xu¹, XIAO Ziyu¹, LIANG Bing², LI Le³

1. China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China
2. Hefei Branch of China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Hefei 230011, China
3. Zhejiang Branch of China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Hangzhou 311215, China

Abstract: Firstly, the disadvantages of NSA networking based on the 5G commercial situation of domestic operators were analyzed, it was suggested to control NSA investment and carry out 5G network construction with SA as the goal. Then based on combing the progress of 5G core network standard and the main changes of R16 standard, the commercial deployment of 5G SA core network based on regional network cloud and the following 2G/4G/5G convergence evolution planning and deployment proposal was analyzed, it included the commercial deployment suggestions of 5G edge computing nodes and the subsequent planning and construction suggestions. It was suggested that the planning and construction of 2G/4G/5G integrated networking should be carried out as soon as possible, in order to effectively protect investment, reduce the complexity of networking and maintenance, realize the target architecture of full cloud deployment of control plane and distributed sinking deployment of user plane. It provides reference for the construction of 5G SA core network.

Key words: 5G core network, SA, integrated networking, evolution



1 引言

3GPP 标准定义了 SA 和 NSA 两大类部署模式。NSA 的最大优势在于 5G 先发优势，满足 SA 商用前的 eMBB（增强移动宽带）大带宽需求^[1]。2019 年国内运营商已启动部分重点城市的 NSA 商用建设工作，对 5G 网络预商用城市 4G/5G 同一覆盖区域相关的 EPC 网络进行升级改造，支持 5G NSA 功能。5G NSA 网络建设主要影响分析如下。

（1）无线投入大

NSA 组网无线改造量及网络优化工作量大，不仅涉及 5G 站点升级，还涉及现网区域全量 4G 站点版本升级、挂接调整和 OMC 升级，对现网用户影响大，涉及大量投资费用。

（2）网络能力及业务体验差异

NSA 上行能力与 SA 网络存在较大差距，NSA 组网制约 NR MM（大规模天线技术）能力的发挥，SA 作为目标网，能够提供包括网络切片、边缘计算在内的 5G 的特性和业务能力。

（3）核心网投入

可以省去核心网现网 EPC 升级及流量补偿相关投入。

（4）计费及业务开展受限

NSA 无法区分 4G/5G 计费及内容计费，市场

开展业务受限。

在核心网 SA 作为目标网络具备商用条件时，没有必要继续进行 NSA 投入，NSA 用户规划发展将成为 SA 网络的负担，不利于网络长期演进。建议控制 NSA 发展规模，以 SA 为目标，全面支撑 5G+ 战略。

2 标准进展及 5G 核心网架构

5G 标准分两个阶段：R15 主要聚焦 eMBB，可以满足大带宽及部分低时延场景；R16 聚焦三大业务场景进行功能增强。3GPP 标准进展如图 1 所示。

3GPP R15 只完成了低时延基本功能，R16 核心网引入 uRLLC（超高可靠低时延通信）高可靠、低时延特性。uRLLC 业务期望指标：低时延（<5 ms）、高可靠（>99.999%）、低抖动（<100 μs），包括端到端用户面冗余、切换业务连续性、实时 QoS 监测。

（1）端到端用户面冗余传输机制满足 uRLLC 业务超高可靠性

双 PDU 会话连接，应用数据冗余发送，提高端到端的用户面传输可靠性；UE 和 RAN 需支持双连接、以及去重和重排序等处理。

（2）切换流程满足低时延要求，保证业务连续性

在切换过程中 UPF 在 source/target RAN 之间

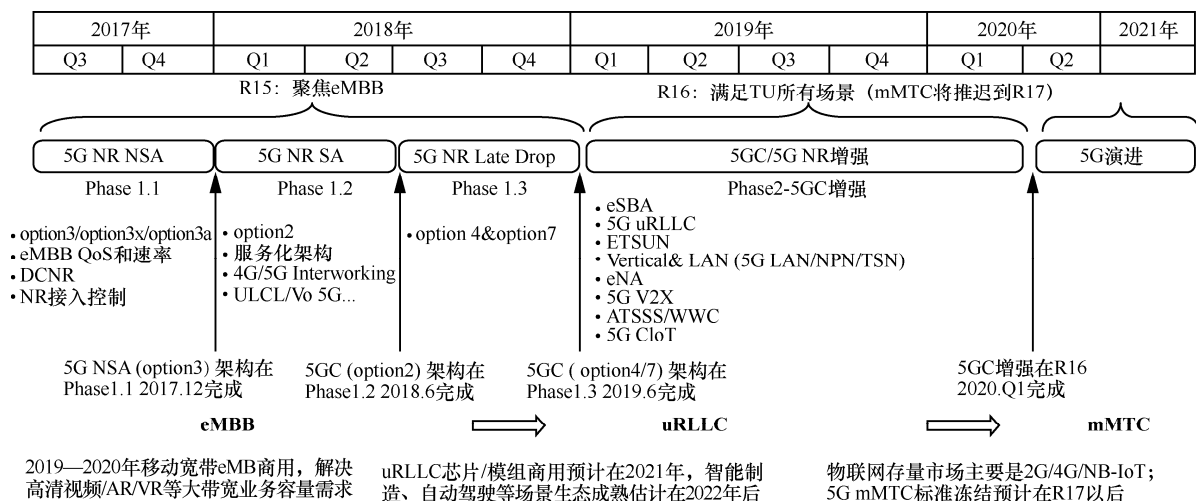


图 1 3GPP 标准进展及三大场景部署节奏分析

的双 N3 隧道进行数据双播^[2], 避免 X2 转发路径引起的时延; 支持 SSC mode3 通信模式, 保证业务连续性; UE 和 RAN 需支持 DC、去重和重排序等处理。

(3) 业务实时 QoS 监测机制

5GC UPF 对 uRLLC 业务发起 E2E 实时时延、分组丢失率和抖动等测量, 并向控制面上报监控结果; 支持 QoS flow 级别的空口和 N3 接口时延、分组丢失率和抖动等测量。

5G SA 规模商用需要提前部署 R16 引入的 I-SMF^[3]功能, 对于 SMF 和 UPF 进行拓扑增强, 解决 SMF 跨域移动问题, 以及非本地用户无法访问集

中部署的业务网关, 如专有 APN、物联网等业务, 插入 I-SMF 服务区域内的 ULCL、访问本地网络。R16 标准引入 I-SMF 系统架构, 如图 2 所示。

3 5G SA核心网商用部署规划及演进建议

全面支撑 5G+战略, 基于 NFV 网络云集中部署核心网控制层、数据层、信令层, 用户转发层按需下沉地市及边缘节点部署, 布局边缘计算, 通过网络切片支撑 2C 和 2B 业务发展, 服务 2G/4G/5G 协同和万物智联。5G 核心网目标架构如图 3 所示, 包括如下 5 个方面。

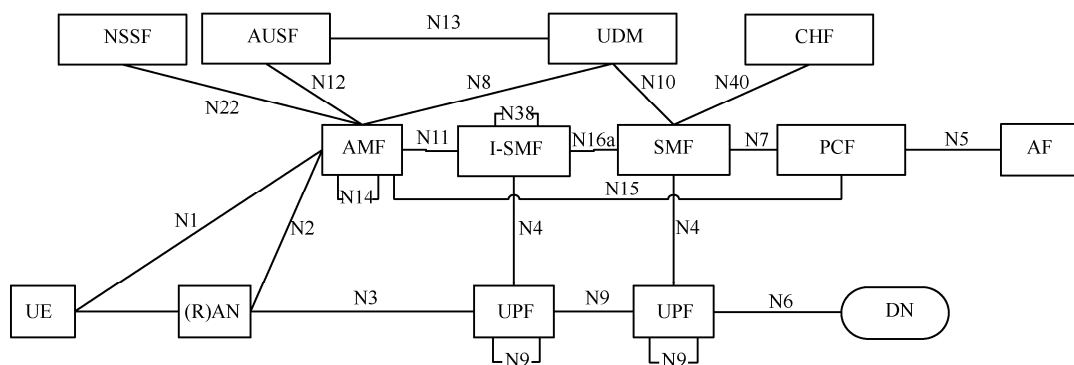


图2 R16引入I-SMF系统架构

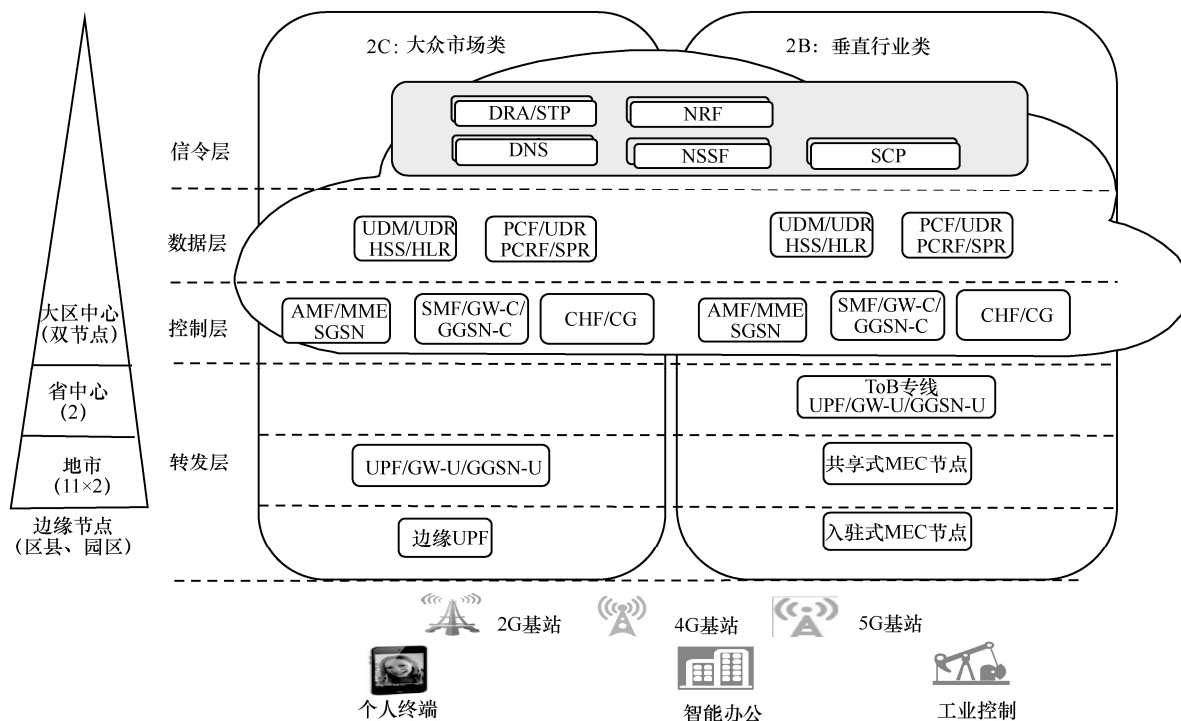


图3 5G核心网目标架构



(1) 集中的网络云：应用层、信令层、数据层和控制层集中化部署。

(2) 2G/4G/5G 融合核心网：构建面向 2C 的 2G/4G/5G 融合核心网。

(3) 融合数据层：面向 2C，为支持不换卡、不换号，需实现 2G/4G/5G 用户数据、策略数据融合。

(4) 分布式部署的转发层：用户面下沉分布式部署，满足低时延、大带宽等业务需求。

(5) 边缘计算使能垂直行业：MEC 按需部署至地市、区县、园区等。

3.1 5G 核心网融合组网分析及建议

考虑业务需求和产品成熟度，2020 年 5G 商用初期将部署控制层、信令层、数据层、应用层、媒体转发层 5 类、8 种网元；控制层、信令层、数据层、应用层网元全部采用虚拟化方式，基于网络云集中部署；媒体转发类网元靠近用户部署，降低时延、提升体验。2G/4G/5G 独立组网与融合组网架构，如图 4 所示。

(1) UDM/HSS、PCF/PCRF：为支持用户不换号不换卡使用 SA，UDM/UDR、PCF/UDR 采用 2G/4G/5G 融合方式，以省（地市/号段）为单位考虑数据融合。

(2) NSSF、NRF、SMF 3 种网元为 5GC 特有网元，采用 5G 独立设置方式，NSSF 与 NRF 多切片共享网元。

(3) AMF、SMF、UPF 3 种网元，有独立设置和 2G/4G/5G 融合两种方案；其中 AMF/MME、SMF/GW-C 建议以覆盖区域连续的大本地网为单位进行组 pool 规划、用户面 UPF/GW-U 以地市为单位下沉部署。

融合建网在资源利用率、规划建设、管理维护等方面均优于独立建网，建议规划期尽早以融合建网方式统筹 2G/4G/5G 规划建设。

(1) 规划建设、维护复杂性高：4G、5G 需要分别进行规划、建设、维护 4G/5G 两套网络，人力资源投入高、重复工作量大。

(2) 维护难度大、网络割接风险和工作量增加：地市维护量薄弱，如地市的 GW-U 和 UPF 再独立组网，势必要应对两套网络，对地市冲击更大。独立组网下，4G 业务需要先从传统 EPC 割接到 vEPC，再 vEPC 在线升级为 2G/4G/5G 融合核心网。相比直接融合组网，vEPC 带现网业务在线升级涉及产品架构、功能划分、接口设计等重大变化，会带来较大的割接风险。而如果不带业务升级，则会造成地市的二次割接。根据现网维护经验总结，网络割接造成的故障和投诉远高于新版本上线问题，建议从组网设计上尽量减少割接工作。

(3) 网络资源浪费多：独立组网需要为 SMF/PGW-C、UPF/PGW-U 等网元额外配置 5G 回落 4G 的软件 license 及相关硬件资源；网络设

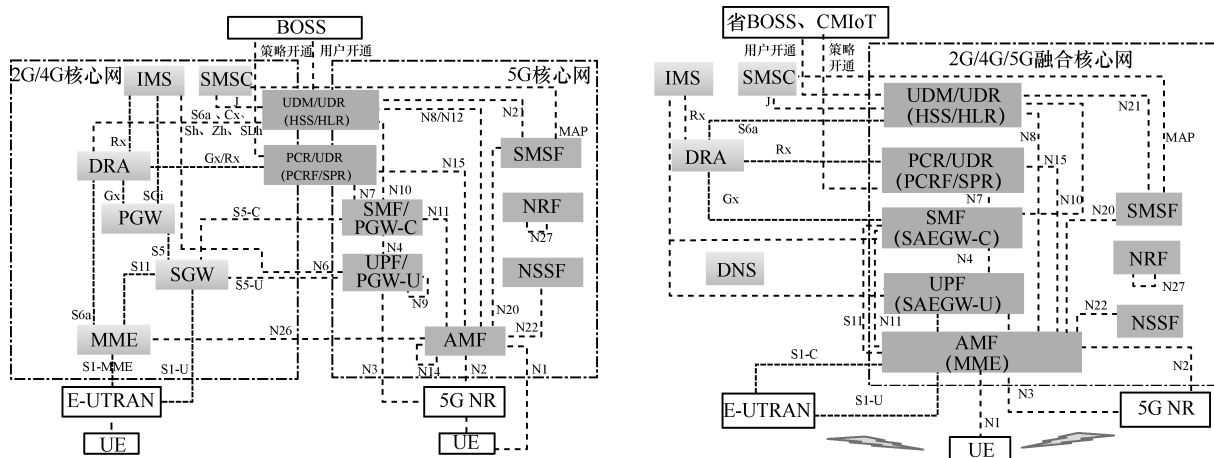


图 4 2G/4G/5G 独立组网与融合组网示意图

表1 5G商用初期各VNF部署分析

网元类型	5G SA 网元	提供的网络功能	EPC 对应网元	组网部署
控制层	AMF	AMF	MME	覆盖区域连续的 本地网组 pool
	SMF	SMF	SAEGW-C	
		BSF	5G 特有	大区、多切片共用
	NSSF	NSSF	5G 特有	
信令层	NRF	NRF	5G 特有	
应用层	SMSF	SMSF	5G 特有	
数据层	UMD/UDR	AUSF	HSS/HLR	省份, 按号段
		UDM		
		UDR		
	PCF/UDR	UDR	PCRF/SPR	
		PCF		
媒体转发层	UPF	UPF	SAEGW-U	本地网组 pool

备、三同步等周边设备均独立建设,且随着4G用户逐渐向5G转化,无法做到资源互补,导致机房空间及动力等资源功耗大。

(4) 不利于网络长期演进:初期4G/5G独立规划,未能以终为始考虑网络长期演进及组网布局,初期如果是异厂商,后续实现4G/5G融合组网涉及的资源浪费、网络调整难度等会更大。

(5) 业务体验差异:AMF与MME之间的N26接口切换成功率进一步提升。

考虑当前2G/4G/5G融合网络的标准成熟度和产品支持情况无法满足商用需求,2020年5G SA商用初期2G/4G与5G核心网原则上独立建设,并积极开展2G/4G/5G融合试点,2021年开始2G/4G/5G融合网络建设,2G/4G/5G融合组网整体规划演进路径建议如图5所示。

3.2 5G控制层部署建议

建议优先选择5G业务量大的先进地市进行2G/4G/5G融合建网,同时考虑同厂商组网因素以及地市局房条件等,确定2G/4G/5G融合组网节奏及U面下沉地市节奏。AMF/MME以多个连续覆盖的本地网为单位组pool,根据5G业务发展及云化节奏、分年度逐步实现全省2G/4G/5G融合核心网^[4],主要涉及AMF/MME/SGSN-C、SMF/SAEGW-C/GGSN-C、CHF/CG融合网元。

(1) 2020年:采用4G/5G独立组网方式进行部署,新建5GC承载全网5G用户业务。4G业务由集中虚拟化vEPC和省内pEPC承载。

(2) 2021年:开始以地市为单位进行2G/4G/5G融合建网,考虑网络稳定性,建议对于已经云化的vEPC地市考虑在后续再升级改造支

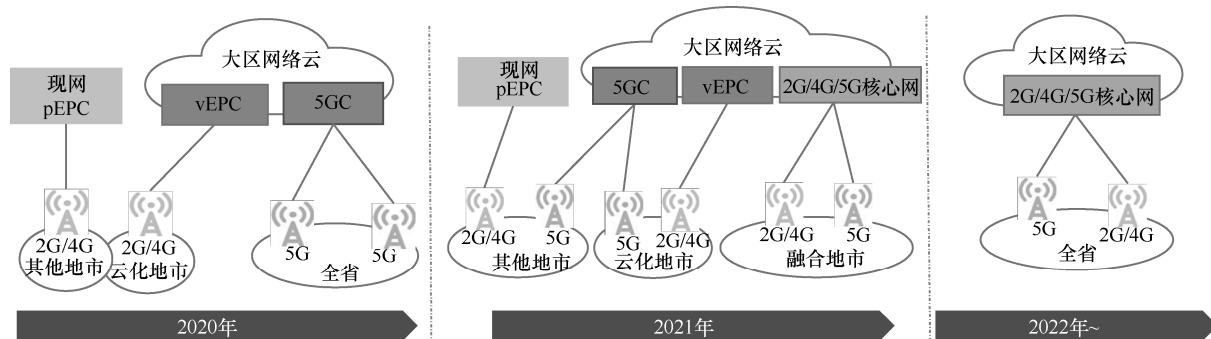


图5 2G/4G/5G融合组网整体规划演进路径建议



持 5GC/EPC 融合组网。

(3) 2022 年：将省内剩余地市迁移至 5GC/EPC 融合核心网，按照目标方案进行 pool 覆盖区域调整，逐步实现全省 2G/4G/5G 融合核心网。

3.3 5G 转发层部署建议

为更好满足 5G 业务发展，结合各地市 2G/4G/5G 融合部署节奏，建议 2020 年全面启动转发层网元下沉地市部署工作，2021 年开始以地市为单位逐步开展 2G/4G/5G 融合组网，融合用户面下沉部署在地市核心机房、异局址容灾，预计 2022 年以后将可实现全部融合转发层网元下沉部署工作，省中心传统 SAEGW 设备将逐步退网，并腾退整合机房资源供省中心转发层等网元部署使用。转发层网元下沉部署建议，如图 6 所示。

建议尽量面向长远考虑地市核心机房需求，提供 2 个异局址机房，满足容灾要求。

(1) 面向大众市场切片，部署 ToC 通用 UPF，原则上不作进一步下沉；面向垂直行业切片，部署 ToB 共享式边缘 UPF。

(2) 各地市需加快机房准备，远期机架按照目标需求单机房不少于 50 架左右。

(3) 单机架平均功耗 5 kW 考虑；直流 -48 V 或交流 220 V。

3.4 5G 数据层部署建议

为支持现有手机用户不换号、不换卡使用 SA，需要进行用户数据四融合和策略控制两融合的建设。

3 种技术方案各有优劣势和适用场景，用户数据建议新建替换作为目标方案、结合同厂商混合组网及 IWF 方案，分年度逐步实现数据域 100% 云化融合。用户数据融合部署架构对比，如图 7 所示。

用户数据具体方案比选，见表 2。

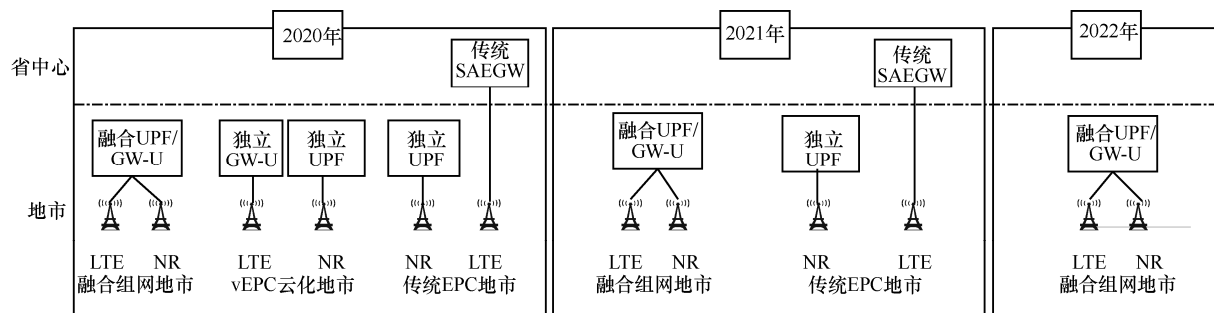


图 6 转发层网元下沉部署建议

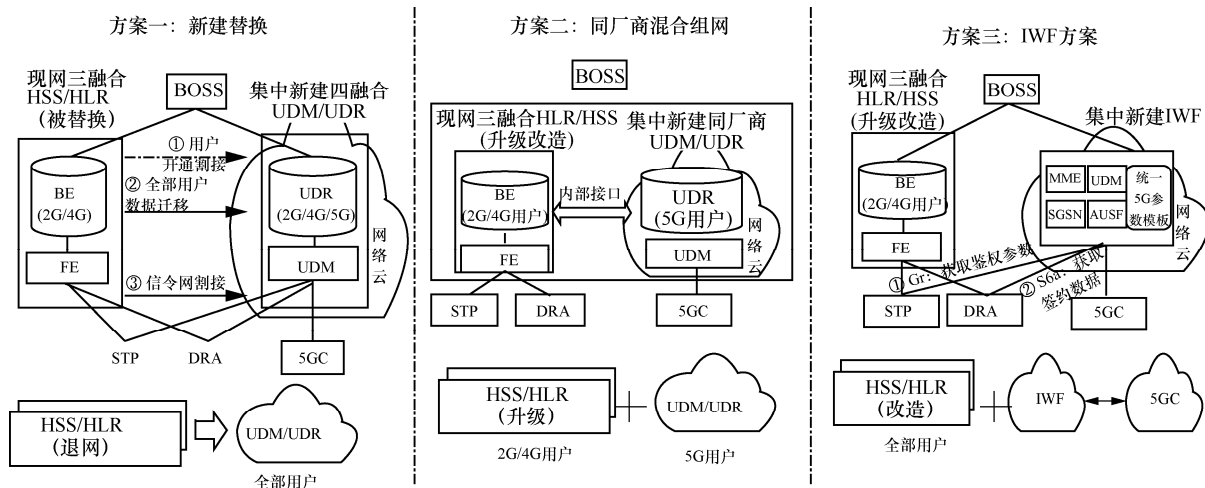


图 7 用户数据融合部署方案示意图

表2 用户数据方案比选

方案比较	方案一：新建替换	方案二：同厂商混合组网	方案三：IWF 方案
业务能力	好，支持 SA 所有功能与业务		一般，对灵活切片等 5G 特色功能支持差
运营开通	好，可支持自动开通和默认开通	较好，仅支持自动开通	一般，仅支持全量默认开通
厂商支持情况	好，国际标准，各厂商设备均计划支持	好，各厂商设备均计划支持	一般，产品正在研发，成熟度有待验证
支持现网用户不换号使用 SA 的进度	最慢，全量用户数据搬迁、信令链路割接、用户开通调整，周期较长、进度慢	较快，通过同厂商内部接口混合组网支持用户使用 SA，进度较快	最快，无须用户迁移，支持 SA 进度最快
安全风险	相对较高，对已迁移用户 2G/4G/5G 业务均有影响	较低，对 5G 用户的业务有影响	最低，5G SA 故障不影响用户现有业务
网络演进	目标方案，一步到位	时间较长，5G 用户逐渐增长，实现全融合及虚拟化、集中化，需要较长时间	过渡方案，为实现用户数据虚拟化、集中化，后续仍需对现网设备进行替换
投资	一次性投资高	初期投资较小	初期投资最小

数据业务控制策略个性化强，异厂商替换工作量大、周期长、易出错，为保障 SA 商用进度和网络安全可靠，建议负责数据业务的 PCRF/SPR 采用同厂商混合组网方式，分年度逐步实现数据域 100%云化融合。策略数据方案架构示意图如图 8 所示。

3.5 5G 信令层部署建议

3GPP R16 23.501 系统架构中已经定义了 4 种

模式，R15 NF 之间互通模式采用模式 A/B，也即直连模式；R16 引入模式 C/D，引入 SCP (service communication proxy)，由 SCP 负责 NF 之间的非直连通信路由。option C (SCP 无代理服务发现) NRF 负责服务发现，SCP 负责非直连通信路由。option D (SCP 代理服务发现) NF 不进行服务发现，SCP 向 NRF 进行代理服务发现，并负责路由非直连通信。R16 引入 SCP 组网方式如图 9 所示。

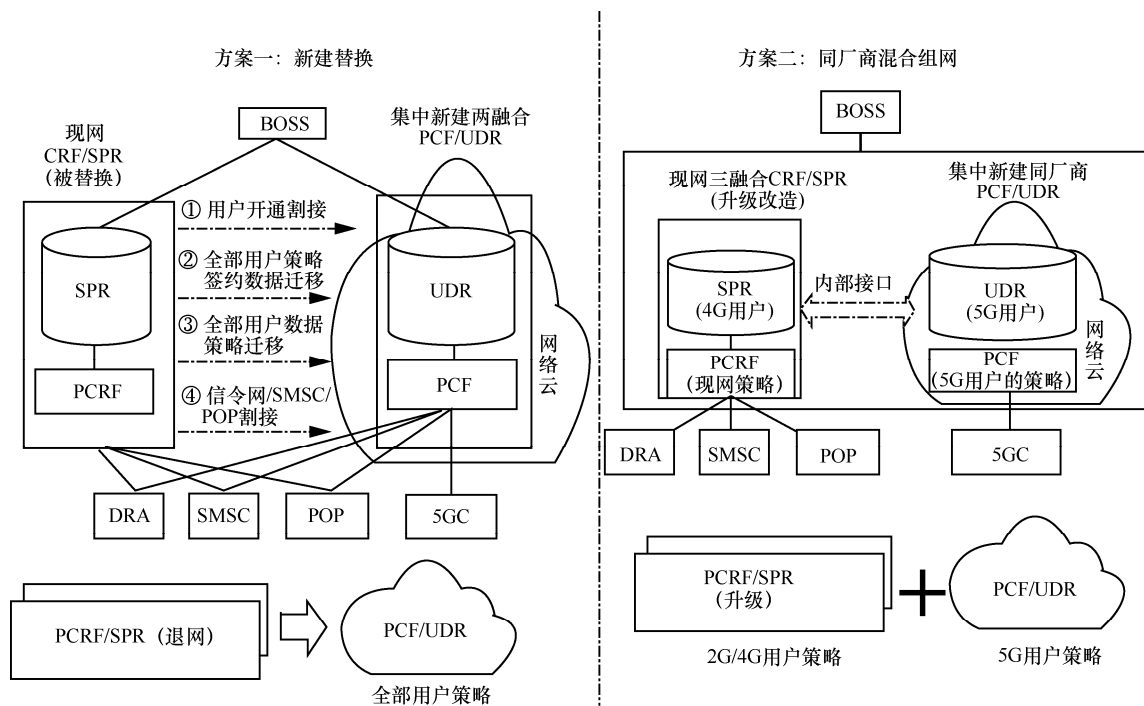


图8 策略数据方案示意图

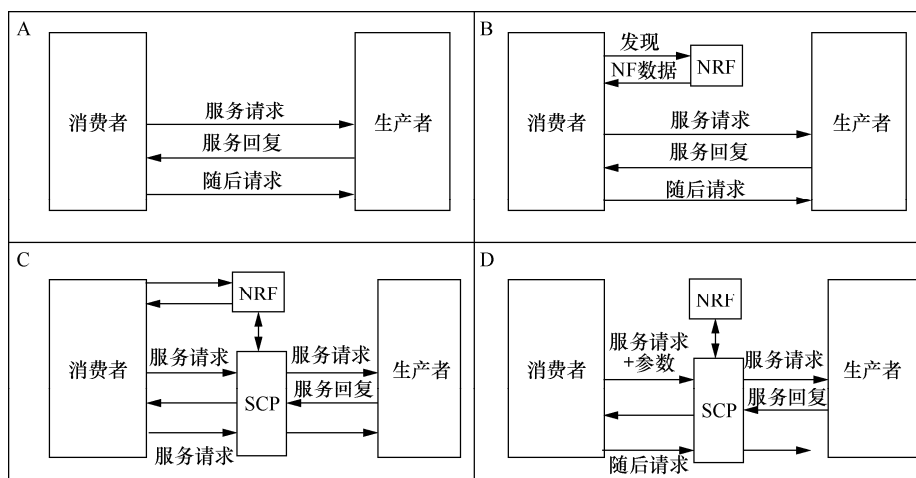


图9 R16引入SCP组网方式

5G SA 建网初期，NF 数量不多、网络规模较小、NRF 处理能力不受限，且在 R16 标准中引入的 SCP 信令网元标准规范尚未成熟，信令网组网建议采用 NRF 独立组网方案。包括全网集中新建 HNRF，大区间 LNRF 通过 HNRF 转接方案以及大区分别集中新建 LNRF，大区间 LNRF 通过全互联方案。待后续 SCP 标准及产品成熟后、NF 网络规模大，NRF 和 SCP 协同完成 5G 信令路由功能，实现简化组网、负载均衡等功能，降低对 NRF 的性能消耗。

(1) 无用户号码归属关系的服务采用 NRF 寻址，如 AMF 寻址 SMF，类似于 4G 网络的 DNS。

(2) 有用户号码归属关系的服务采用 SCP 寻址，如 AMF 寻址 UDM/PCF、SMF 寻址 UDM/PCF/OCS。

3.6 5G 边缘计算部署建议

统筹考虑业务时延、建设维护成本、覆盖范围、安全容灾、规模效益、产业成熟度等多方面因素，以“筑巢引凤”的方式在机房条件相对最好的地市核心机房统一建设共享式 MEC（移动边缘计算）节点，满足时延>20 ms 的业务需求，以“网随业动”“按需建设”的方式在企业园区等位置部署入驻式 MEC 节点，满足 uRLLC 等更低时延业务需求以及数据不出厂等需求，打造标准化

解决方案及组网方案，快速满足 MEC 建设需求，抢占边缘行业市场。边缘 MEC 节点组网架构示意图如图 10 所示。

地市共享式 MEC 节点部署建议如下。

(1) 部署位置：在地市核心机房异局址部署，优先与 ToC UPF 共机房（与 ToC UPF 共用 CMNet 路由器、IP 承载网 CE 等出口层设备）。

(2) 部署形式：网络云边缘节点，网+云，当前为网云一体形式，边缘 UPF+MEP+App 服务器等），具备分流+计算能力。

(3) 容灾方案：异局址组 pool 容灾。

入驻式 MEC 节点部署建议如下。

(1) 部署位置：根据用户需求，一般以入驻到园区为主。

(2) 部署形式：根据用户需求，仅提供边缘 UPF 分流能力，或增强一体化 UPF 提供分流+计算能力。

(3) 容灾方案：根据用户需求及成本，设置单点无容灾、N+1 主备容灾（入驻式节点与共享式主备容灾）、入驻式异局址组 pool 容灾等。

以地市共享式 MEC 节点以及园区入驻式 MEC 节点为主，打造标准解决方案，构建自动化、智能化支撑手段；规划期持续丰富 MEP 服务能力、逐步引入 5G LAN 等新技术，基于端到端

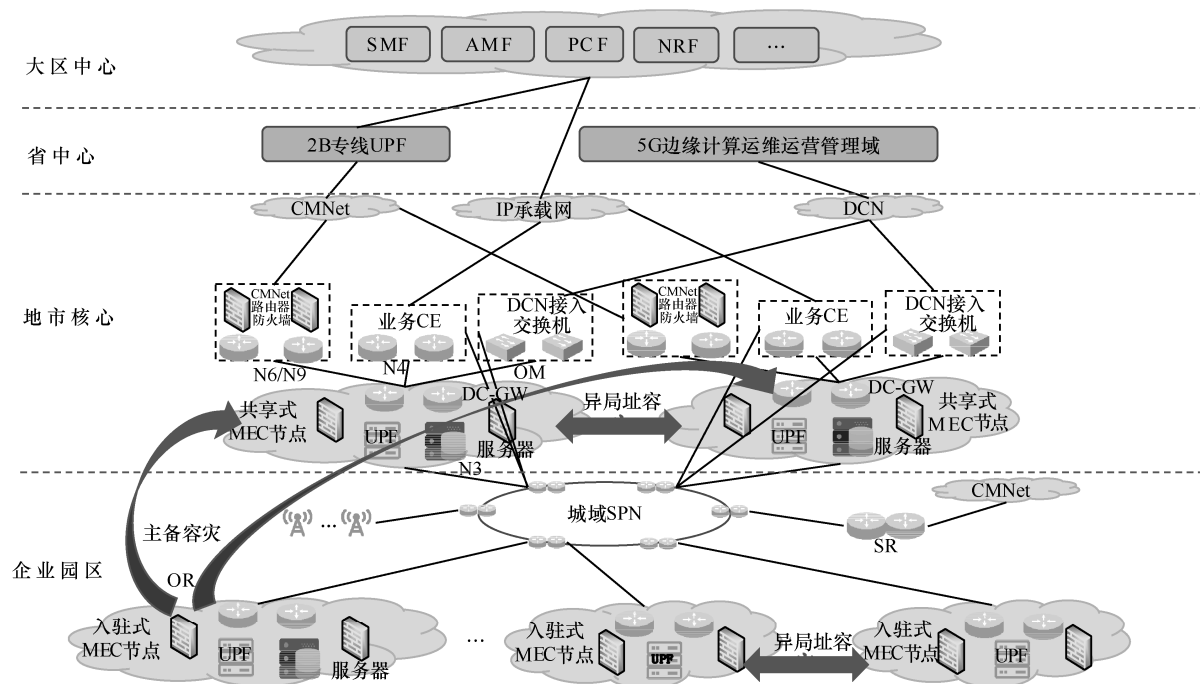


图10 MEC节点组网部署架构示意图

网络能力持续挖掘产商品能力。边缘计算总体部署架构示意图如图11所示。

结合产业成熟度及浙江企业诉求，从分流到计算，从局域到广域，逐步推进5G行业商用解决方案；2B是边缘计算基石，围绕港口、码头、园

区等，打造行业样板，并进行复制推广；2B2C容易爆发增长，围绕游戏、文娱、场馆，挖掘市场需求、探索商业模式。入驻式MEC节点部署建议如下。

(1) 边缘网新技术引入策略：对于R16引入

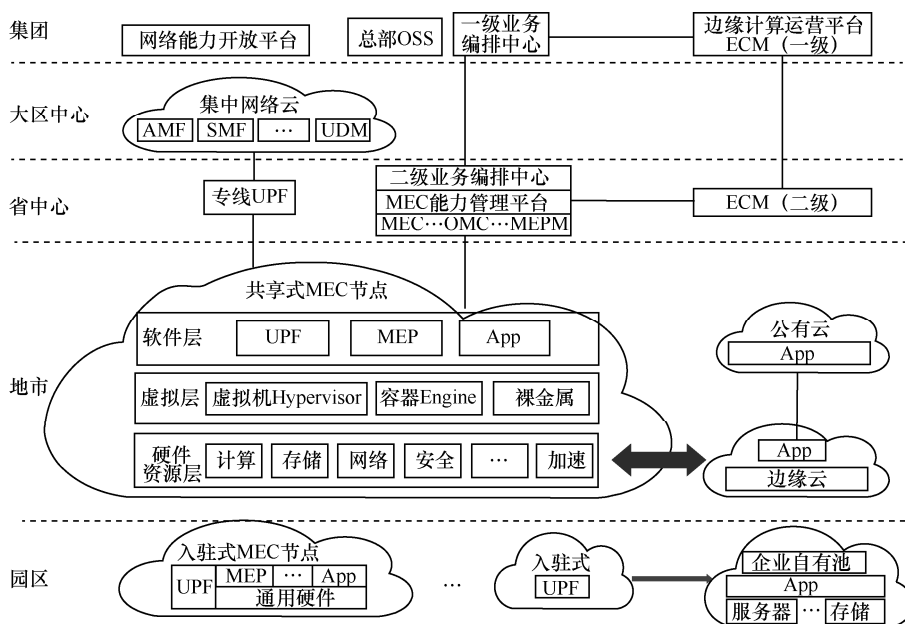


图11 边缘计算部署总体部署架构示意图



的 5G 新技术,根据优先级推动 5G LAN 等迫切新技术逐步落地,对于 TSN(时间敏感性网络)、eNA(使能网络自动化)以及车联网等涉及端到端协同的新技术,需要结合技术成熟度及产业成熟度,逐步积极推动引入及商用落地;推动 N4 接口解耦。

(2) MEP 发展策略:结合业务需求,持续丰富行业场景 MEP 服务能力,同时引入 3rd 服务并统一开放,构筑 MEP 竞争力。

(3) 商品化能力引入策略:目前,核心网能够提供基于业务的 QoS 加速、基于 DNN 业务隔离、MEC ULCL(上行分流)分流、MEP 服务能力以及网络切片等多项原子能力,对应 BAF 优享、专享、尊享模式提供增值网络功能;未来可提供基于 LADN(本地局域数据网)及 IPv6 多归属分流能力以及 5G LAN 等多项网络能力,将核心网增值功能与业务需求紧密结合持续发布新的产商品。

(4) 边缘云发展策略:云平台解耦开放,边缘网络云与边缘移动云协同发展,发挥各自优势,共同满足边缘计算需求。

4 结束语

以支撑业务发展和网络演进为核心,未来 5G 核心网建设将以 NFV 网络云建设和 5G SA 融合核心网建设为抓手,加快推进传统核心网 NFV 云化转型及 5G SA 成熟商用,不断优化网络架构、构建 2G/4G/5G 云化融合核心网。结合核心网目标架构,建议提前做好基础设备布局,统筹 5G 核心网各层网元需求进行区域中心、各省、各地市及边缘层面的基础资源规划建设。

参考文献:

- [1] 杨旭,肖子玉,邵永平,等. 5G 网络部署模式选择及演进策略[J]. 电信科学, 2018, 34(6): 138-146.

YANG X, XIAO Z Y, SHAO Y P, et al. Deployment mode selection and evolution strategy of 5G network[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(6): 138-146.

- [2] 3GPP. Procedures for the 5G system (Release 15): TS23.502 V15.5.1 [S]. 2019.
- [3] 3GPP. System architecture for the 5G system (Release 15): TS23.501 V15.5.0[S]. 2019.
- [4] 杨旭,肖子玉,邵永平,等. 面向 5G 的核心网演进规划[J]. 电信科学, 2018, 34(7): 162-170.
- YANG X, XIAO Z Y, SHAO Y P, et al. Core network evolution planning oriented 5G[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(7): 162-170.

[作者简介]



杨旭(1985-),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/SDN 网络云、边缘计算等。



肖子玉(1969-),女,中国移动通信集团设计院有限公司总工程师、教授级高级工程师,主要从事通信工程咨询、设计和研究工作。



梁冰(1981-),男,中国移动通信集团设计院有限公司安徽分公司工程师,主要研究方向为移动通信核心网、边缘计算等。



李乐(1993-),女,中国移动通信集团设计院有限公司浙江分公司助理工程师,主要研究方向为移动通信核心网、NFV 等。