



5G 关键技术与标准综述

王庆扬, 谢沛荣, 熊尚坤, 魏垚, 刘昱, 李文苾, 吴锦莲
(中国电信股份有限公司广州研究院, 广东 广州 510630)

摘要: 在全球业界的大力推动下, 5G 技术快速发展, 当前已进入标准制定与技术验证的关键阶段。基于此, 主要介绍了 5G 关键技术及其最新标准化进展, 包括大规模天线、新型无线网络架构、超密集组网、边缘计算、网络切片、网络按需定制、4G 和 5G 互操作等以及行业组织和运营商动态, 然后提出了一些思考和建议。

关键词: 5G; 大规模天线; 无线网络架构; 超密集组网; 边缘计算; 网络切片; 服务化架构

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017312

Key technology and standardization progress for 5G

WANG Qingyang, XIE Peirong, XIONG Shangkun, WEI Yao, LIU Yu, LI Wenyi, WU Jinlian
Guangzhou Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

Abstract: Under the impetus of the global industry, the 5G technology develops rapidly and has entered the critical stage of standard setting and technical verification. Based on this, the key technologies of 5G and its latest standardization progress was introduced mainly, including massive MIMO, new radio network architecture, ultra dense network, edge computing, network slicing, networking on-demand, 4G and 5G interworking, as well as industry organization and operator dynamics, and ended with some thoughts and suggestions.

Key words: 5G, massive MIMO, radio network architecture, ultra dense network, edge computation, network slice, service based architecture

1 引言

2017 年 3 月, 3GPP RAN#75 次会议通过了将部分 5G 标准提前完成的决定^[1], 即在 2017 年 12 月首先完成面向增强移动宽带场景(包括对低时延的支持)的 NSA(non-standalone, 非独立组网) Option 3 系列选项的 Stage 3 相关工作, 而对于 NSA 的 Option 7 系列选项以及 SA(standalone,

独立组网)的 Option 2 和 Option 4 等选项仍维持在 2018 年 6 月完成的计划。提前完成 Option 3 系列选项的动力主要来自于日本、韩国等对 5G 最为激进的国家, 但是该系列选项是一种短期过渡性的网络部署方案, 商用价值不高, 真正具有商用价值的 Option 2、Option 4、Option 5 和 Option 7 等方案仍按原计划制定标准, 因此不会影响 5G 的总体进展和我国对 5G 的战略引领。本文主要介

收稿日期: 2017-08-07; 修回日期: 2017-11-08

基金项目: 国家科技重大专项基金资助项目 (No.2016ZX03001009, No.2017ZX03001001)

Foundation Items: The National Science and Technology Major Project of China (No.2016ZX03001009, No.2017ZX03001001)

绍了 5G 关键技术及其最新标准化进展、行业组织和运营商动态，并提出了一些思考和建议。

2 关键技术研发进展

2.1 大规模天线

随着 LTE 系统对物理层关键技术的深度挖掘，系统容量已经逼近香农极限，5G 频谱效率和系统容量的突破需另辟蹊径。大规模多入多出 (massive MIMO) 概念是在 2010 年由贝尔实验室的 Marzetta 首次提出的^[2]，理论假设基站侧通过部署大规模阵列天线，当天线数远远大于用户终端数时，利用波束成形技术使天线能量集中在一个较窄的方向上传播，多用户传输信道趋于正交，从空间域的维度实现频谱资源复用，能够数倍提高小区容量和频谱效率。大规模天线标准化进展如图 1 所示。

MIMO 技术在 3GPP LTE 早期版本即出现，随着容量需求和技术的发展，天线数随版本演进不断增多，16 天线可以认为是进入多天线“大规模”的门槛。为了实现全维发射，R12 中首先完成了针对 6 GHz 以下频段的 3D 化的信道及应用场景建模工作，通过球面体传播模型替代传统的平面传播模型，垂直维度的波束能够实现高楼覆盖，扩展了多天线的应用场景；紧接着 R13 中，3GPP 定义了能够支持最多 16 个端口的 FD-MIMO 方案；R14 对 6~100 GHz 频段的信道和应用场景进行了建模，同时提出了支持 32 个端口的 eFD-MIMO，支持非周期的 CSI-RS 和上行 DM-RS 增强。2017 年 3 月 3GPP RAN #75 次全会

正式开启了 R15 版本的 5G 标准制定，并在 RAN1 的物理层新空口立项中针对大规模天线技术细节开展工作，包括多天线方案、波束管理、CSI 获取、参考信号设计和 QCI 等。

大规模天线因具备提升系统容量、频谱效率、用户体验速率、增强全维覆盖和节约能耗等诸多优点，而被认为是 5G 最具潜力的无线网关键技术，甚至有商业案例将其引入 4G 系统，增强 LTE 系统能力和生命力。然而，大规模天线技术的发展和应用还需要解决诸多问题，如对于不具有上下行互易性的 FDD 系统，如何有效地实现信道估计是业界一大挑战；在现网环境中大多突发业务是小分组业务，持续并发的数据流有限，多流配对和算法执行效果不理想，小区容量增益提升将大打折扣，因此科学评估和客观对待引入大规模天线对网络带来的实际效益，如何在网络中发挥其独特的技术优势尤为重要。

2.2 新型无线网络架构

5G 新型无线网络架构重新划分了 BBU 和 RRU 功能，实现基带资源的集中化处理，并设计新前传接口实现网络架构的灵活部署，从而进一步提高资源利用率、降低基站能耗以及网络建设和运营成本。

5G 新型无线网络架构由分布单元 (distributed unit, DU)、集中单元 (central unit, CU) 以及连接两者的新一代前传接口组成。DU 包含了原本 RRU 的射频部分和原本 BBU 一部分的基带处理功能；CU 则包含了其余的基带处理功能，实现基带资源的部分集中或全部集中处理。这种新型架



图 1 大规模天线标准化进展



构一方面降低了原有架构对前传接口的带宽和时延要求；另一方面利用基带资源的集中化，实现资源共享和多小区的灵活协作调度，便于平台虚拟化，提高资源利用率，降低网络建设及运营成本。当前 3GPP 中关于新型无线网络架构的讨论范围主要集中在 CU/DU 的功能划分上，共给出了 8 种潜在的功能划分选项，并在 3GPP 中进行讨论^[3]，如图 2 所示。目前，业界倾向在无线架构中同时包含两种功能划分方案：网络兼容性更好、传输要求更低的高层功能划分方案和具有更好协助调度的低层功能划分方案。其中，3GPP 在 2017 年 4 月已确定将 Option 2(在 PDCP 与 RLC 之间进行划分)作为高层功能划分方案并开展相关标准化工作；低层功能划分由于业界无法达成共识，当前在 3GPP 只以研究项目(SI)做讨论，业界倾向于将 Option 7(物理层内划分)作为实际的低层功能划分方案。

在 5G 新型无线网络架构中，前传接口除了需要更高带宽和更低时延，以满足大规模 MIMO 等 5G 新技术带来的高带宽及低时延需求外，还需支持数据分组化以实现针对不同业务场景的 CU/DU 灵活部署。早期对下一代的前传接口研究工作以中国移动推动的 NGFI 为主，并在 IEEE 成立了相关工作组^[4,5]；而原有的前传接口规范制定者 CPRI 联盟(包括爱立信、华为、NEC 和诺基亚)则已在 2017 年 8 月发布其新一代的前传接口——eCPRI。

通过 CU 部分的虚拟化并配合高性能和开放

性的前传接口，5G 无线网络可以支持更为灵活的部署。运营商希望在此基础上实现无线网络的开放化和软硬件分离，从而进一步降低网络建设和运营成本，但是在现实中运营商将面对前传接口异厂商互通难度大、特定场景对传输网络带宽时延要求高以及如何结合应用场景优化资源部署 CU/DU 等挑战。因此，运营商有必要更为深入地研究新型无线网络架构对网络建设和运营的影响，主动投入新架构和前传接口的标准工作中，联合业界推动创新产品的研发工作。

2.3 超密集组网

5G 无线网主要从 3 个维度考虑更高数据速率的实现：更宽的频谱，空口增强，网络密集化^[6]。超密集组网(ultra dense network, UDN)就是通过更加“密集化”的无线网络部署，将站间距离缩短为几十米甚至十几米，使得站点密度大大增加，从而提高频谱复用率、单位面积的网络容量和用户体验速率。

目前 IMT-2020、3GPP 等组织对超密集组网的需求和组网场景进行了研究。3GPP 虽暂无 UDN 技术专题，但在 TR38.913 提出的室内场景、室外密集场景就是典型的 UDN 场景^[7]，UDN 理念实际上已糅合在整个 5G 无线网系统设计的过程之中。

超密集组网在提升容量的同时，也面临同频干扰、移动性管理、多层网络协同、网络回程等一系列影响用户体验或网络部署的技术问题。目前 IMT-2020 成立了专门的 UDN 工作组，针对超密集组网可能面临的问题提出了一些解决方案，

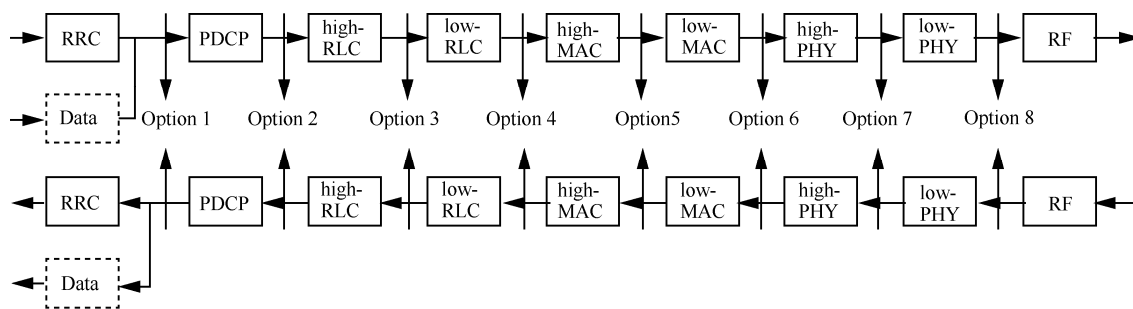


图 2 3GPP 中 CU 与 DU 的潜在功能划分方案选项^[3]

典型的包括干扰管理、小区虚拟化、接入和回程设计。

干扰管理是通过基于网络侧或终端侧的手段降低小区间同频干扰,提升网络性能。网络侧可以通过频域、时域、码域、功率域和空域等角度进行干扰规避,或者通过多小区协同将干扰信号变为有用信号,利用多个小区为同一个用户提供服务。在终端侧,目前研究较多的是干扰对齐(interference alignment)技术,利用干扰信道信息设计编码与译码矩阵,在接收机侧把多个干扰信号抑制到较低干扰空间^[8]。

小区虚拟化是指以用户为中心,将多个实体小区虚拟为一个逻辑小区,通过传输节点间协作为用户提供一致、连续的服务^[8],并通过控制层与数据层分离,避免用户频繁切换。虚拟化可以在一定程度上改善移动性能,降低小区间控制信道干扰,平滑用户体验。

接入与回程联合设计主要是为了解决超密集网络部署过程中可能面临有线回程资源不足的问题,一个建议的方案是使用自回程技术,即回程链路和接入链路使用相同的无线传输技术,通过时分/频分复用同一频带资源。无线回程可大大提高节点部署的灵活性,但需要在链路容量提升、灵活的资源分配、路径优化等方面进行增强,具

体方案还在讨论中。

2.4 边缘计算

ETSI 最早研究移动边缘计算(mobile edge computing, MEC)技术,随后 3GPP 扩大了该技术的适用范围不局限于移动网络,为边缘计算(edge computing, EC),ETSI 也在规范制定过程中将其改为多接入边缘计算(multi-access edge computing)。边缘计算技术就是指在网络边缘位置部署通用服务器,提供 IT 业务环境和云计算能力,其目的是降低业务时延、节省网络带宽、提高业务传输效率,从而为用户带来高质量的业务体验^[9]。

为此,国际标准组织 ETSI 于 2014 年 9 月成立了 MEC 工作组,于 2015 年 9 月发布了第一版 MEC 白皮书——《Mobile edge computing a key technology towards 5G》^[9],完成了需求和框架的标准工作,正式发布需求、架构等三册规范^[10-12]。ETSI 定义的 MEC 系统框架基于虚拟化平台,具备很好的开放性以及自动生命周期管理能力,同时 MEC 平台支持本地应用导入、本地分流策略执行等 MEC 的关键能力,具备 MEC 近距离部署、低时延、位置感知以及无线网络上下文信息感知等特点。多接入 EC 系统框架如图 3 所示。

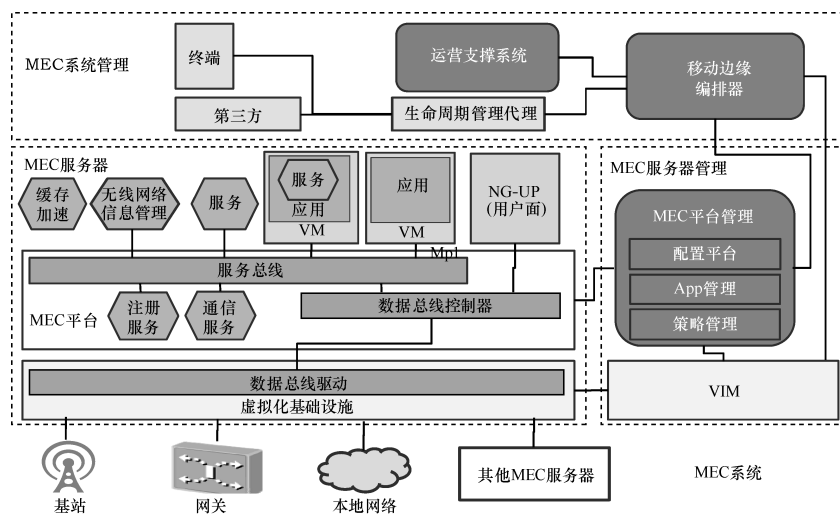


图3 多接入 EC 系统框架^[12]



MEC 系统独立部署,可以部署在无线接入侧,或者传输汇聚点,或者移动网络的核心网边缘(如分布式 DC 的网关侧)。MEC 的应用场景可以是增强现实、智能视频加速、车联网、位置相关业务等。

ETSI 的主要工作集中在 MEC 系统本身,对于 MEC 系统在移动网络中的具体应用则由 3GPP 来完成。3GPP 在技术规范中规定,边缘计算作为 5G 的高层特征之一,遵循 5G 的整体架构,并满足如下功能:本地路由、话务分流、会话和业务连续性、用户面选择和重选、网络能力开放、QoS 和计费^[13]。5G 核心网基于用户签约数据、位置、业务规则、运营商策略等为边缘计算业务选择靠近 UE 的、合适的用户面功能(user plane function, UPF)模块,然后 UPF 将用户数据转发到本地数据网络中的服务器。多接入 EC 系统在 3GPP 网络架构中的位置如图 4 所示。

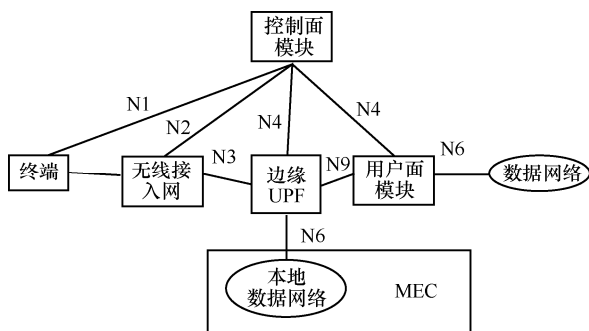


图 4 多接入 EC 系统在 3GPP 网络架构中的位置

通过 EC 可以实现一种新的生态系统和价值链。运营商除了为移动用户就近提供业务计算和数据缓存能力,还可以对可信的第三方开放自己的无线接入网络边缘,灵活快速地部署业务,实现网络从接入管道向信息化使能平台的关键跨越,是运营商未来有效部署业务的新技术之一。随着技术的逐渐成熟和业务需求的逐渐明确,EC 应用会越来越广泛,但是目前 EC 才刚刚起步,标准还不完善,与第三方及行业客户合作的商业模式也需时间和经验来摸索,因此推动 EC 的标

准化工作,研究对 EC 设备的监管、安全及计费问题,考虑 EC 与无线网、核心网整体端到端协调等,是今后 EC 方面的工作重点。

2.5 网络切片

业界对于 5G 提出了需求各异的应用场景,如高带宽、广覆盖的 eMMB;低功耗、大连接的 mMTC;低时延、高可靠的 uRLLC。这些场景的需求差异极大,已经很难用一张统一的网络来满足所有的业务需求,因此引入了网络切片(network slice)技术。

网络切片就是一个按需求灵活构建的、提供一种或多种网络服务的端到端独立逻辑网络。用户使用何种业务,就接入提供相应业务的网络切片。网络切片还是 NFV(网络功能虚拟化)应用于 5G 的关键特征,虽然网络切片在理论上并非必然要使用虚拟化技术,但只有基于虚拟化,网络切片技术才具有商用可行性与商业效益。网络切片示意如图 5 所示。

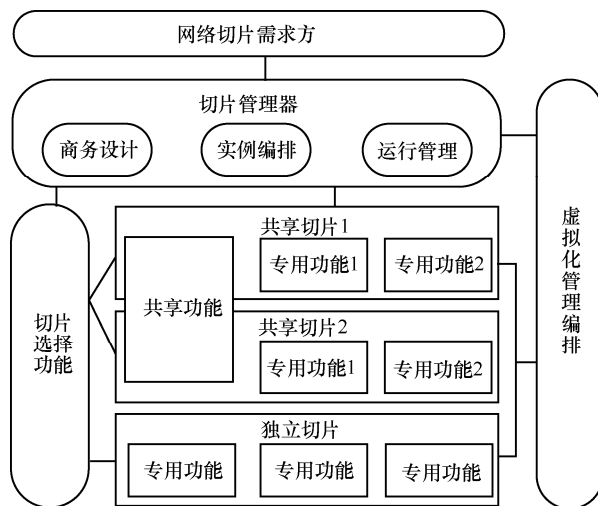


图 5 网络切片示意^[14]

为了实现网络切片,在传统网络基础上新增了切片管理器与切片选择功能两个网络功能,介绍如下。

- 切片管理器包含商务设计、实例编排和运行管理这 3 个依次工作的环节。首先在商

务设计环节, 由网络切片需求方输入切片的相关参数; 然后在实例编排环节, 切片管理器将切片描述文件输出到 MANO, 实现网络切片的实例化; 最后在运行管理环节, 切片管理器监控并动态管理各网络切片。切片管理器主要在 3GPP SA5 组进行研究, 目前切片编排研究报告 (TR28.801) 已经完成, 即将开始相关标准的制定。

- 切片选择功能: 在网络切片运行过程中, 根据用户需求与用户签约信息, 为用户选择接入的网络切片。

根据网络切片控制面功能的共享情况, 网络切片可以有 3 种不同的组网架构^[15], 且这 3 种架构在实际组网时可以混合使用。

- 完全不共享: 每个切片完全独立, 分别拥有各自完整的控制面与用户面功能实体。此架构的切片隔离性最好, 但用户在同一时间只能接入一个网络切片。
- 控制面功能部分共享: 部分控制面功能 (如移动性管理、鉴权功能) 在切片间共享, 其余的控制面功能 (如会话管理) 与用户面功能则是各切片专用的。此架构支持用户在同一时间接入控制面功能部分共享的多个网络切片。
- 控制面功能完全共享: 各切片的控制面功能完全共享, 只有用户面功能是各切片专用。此架构的隔离性最差, 只在用户面实现了隔离, 此架构也支持用户在同一时间接入控制面功能完全共享的多个网络切片。

网络切片技术目前正处于标准制定阶段, 其中 3GPP SA2 负责切片的总体架构与技术方案, 技术点主要包括切片选择、切片的漫游支持、切片的共存等方面。而 SA3 则负责研究切片的安全、隔离方案, 此外 SA5 负责切片的编排与管理的标准化网络切片除了带来技术上的重大突破, 使得用户可以按需接入最合适的网络外,

同时也将为运营商的商用模式、运维模式带来革命性变革, 移动网络由原来的用户/业务适配网络转变为网络适配用户/业务, 原来的单一网络运营方式也逐渐转变为多重网络的动态管理。因此运营商还需要从部署策略、运维模式等方面着力, 加强网络切片的划分、切片与用户/业务的对应策略、切片的上下线流程等关键问题的研究。

2.6 网络按需定制

网络按需定制, 是指网络针对不同应用场景的服务需求引入不同的功能设计, 终端接入时按需选择合适的网络功能实体。

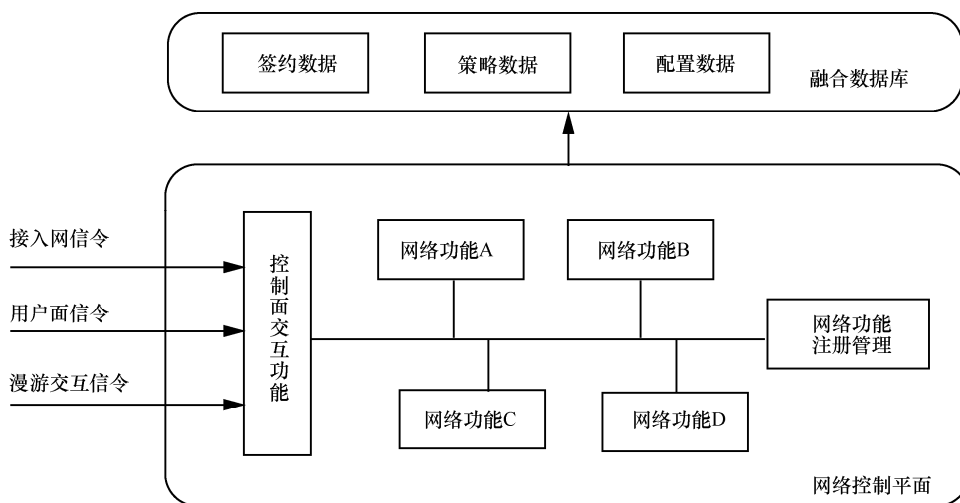
网络按需定制在具体实现上, 会把整个移动网络分为很多功能相对独立的功能实体, 如移动性管理、会话管理、鉴权授权等, 每种功能实体依据业务需求的不同又可以分为不同的小组件, 如移动性管理功能按照对移动性要求的不同, 可以分为低移动性组件与高移动性组件, 其中, 低移动性组件可应用于对位置不敏感的海量物联网终端, 而高移动性组件则用于普通 5G 智能终端。

网络按需定制已经成为 3GPP 制定 5G 核心网标准的核心理念之一, 虽然 3GPP 的 5G 网络架构标准并没有把网络按需定制作为一个专题进行独立研究, 但其思想已经充分体现在 5G 总体架构、移动性管理、会话管理等多个 5G 技术专题研究中。

按需定制的移动网络架构示意如图 6 所示。

在该架构中, 要实现网络按需定制, 需要具备以下 4 个关键特性^[14]。

- 网络功能注册管理: 实现网络功能实体的发现、注册、维护、分配等管理功能。在 3GPP 的 5G 系统架构标准^[13]中定义了 NRF (NF repository function, NF 注册功能) 来负责该项功能。
- 融合数据库: 数据库需为各功能实体提供

图6 按需定制的移动网络架构示意^[14]

用户签约数据、用户上下文等实时数据共享服务。为实现网络功能的灵活定制，5G 功能实体一般采用无状态的设计，因此各功能实体间需要通过数据库进行用户数据的实时交互。为此，3GPP 定义了 UDM (unified data management, 统一数据管理) 用以存储用户签约数据，同时还定义了 UDSF (unstructured data storage function, 非结构化数据存储功能) 用于存储用户上下文等实时数据。

- 控制面交互功能：主要负责核心网控制信令的对外收发。目前 3GPP 主要使用 AMF 与 SMF (session management function, 会话管理功能) 来完成该功能。
- 服务化的架构 (service based architecture, SBA) 与中立接口：功能实体通过统一的、服务化的中立接口对外提供服务。在传统的移动网络间，任意两个需要通信的网元间的接口都是定制的。而在 5G 架构中，由于划分了较多的功能实体，如果仍沿用原来的接口方式，将引入很多定制接口，大大增加了网络的复杂度。为此根据 IT 中微服务的理念，提出了服务化的架构与中立接口的概念，即每个功能实体对外只提供

一个统一的接口，通过该统一接口对外提供服务。

网络按需定制与前述的网络切片均充分体现了网络适配用户的思想，其中，网络切片是为用户选择合适的网络，而网络按需定制则是为用户选择合适的功能实体。网络按需定制中的功能实体划分、网络功能注册管理、服务化架构与接口等关键技术都是 3GPP 标准制定的研究热点，3GPP 5G 核心网第一版的 Stage 2 标准 (即架构及总体流程部分) 根据计划会在 2017 年内制定完成。

2.7 4G 与 5G 互操作

4G 与 5G 网络的互操作研究主要在 3GPP 的 5G 项目中进行，在 RAN 组和 SA 组的前期研究中汇总了 8 种 5G 网络的部署选项，根据大部分主流运营商和设备商的探讨，现在主要聚焦 4 种选项的规范制定^[16]，分别介绍如下。

2.7.1 Option 2 选项

Option 2 是 NR 独立组网的典型部署选项，即端到端纯 5G 网络，如图 7 所示。这种部署选项可用于两种具体场景：4G 网络和 5G 网络并存，各自独立，可以视业务需求通过 5GC (5G core, 5G 核心网) 与 EPC 互连实现两网的互操作；4G 已经退网，只有 5G 网络单独存在并承载所有业务。

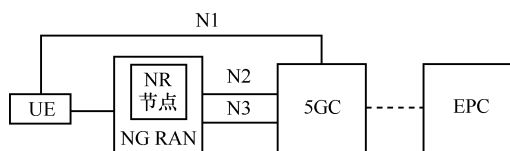


图7 Option 2选项

2.7.2 Option 3系列选项

Option 3系列选项是一系列的NR非独立组网部署选项，核心网采用EPC、UE和网络之间的控制信令锚定在LTE空口和S1-MME接口上传输，用户面具有NR和LTE双连接能力。Option 3的用户面有3种方式接入EPC，所以Option 3系列有3种具体选项：第1种选项称为Option 3，eNode B和NR节点的用户面在eNode B汇聚后再接入EPC，NR节点不需支持S1-U接口；第2种选项称为Option 3a，eNode B和NR节点的用户面各自接入EPC；第3种选项称为Option 3x，eNode B和NR节点的用户面在NR节点汇聚后再接入EPC。Option 3系列选项如图8所示。

Option 3系列选项可用于5G网络部署早期，即在5G标准和5GC设备尚未成熟前，为了快速支持eMBB业务和对4G的容量补充，只引入5G新空口、暂不引入5GC，而且NR节点只起到分

担用户面流量的作用，所有的消息和控制权都在EPC。

2.7.3 Option 4系列选项

Option 4系列选项是一系列的NR独立组网特殊部署选项，是在5G网络架构下将eNode B升级成为演进型eNode B，借助其用户面实现NR和LTE双连接能力。根据用户面的不同接入方式，Option 4系列有2种具体选项：第1种选项称为Option 4，即演进型eNode B和NR节点的用户面在NR节点汇聚后再接入5GC；第2种选项称为Option 4a，即演进型eNode B和NR节点的用户面各自接入5GC。Option 4系列选项如图9所示。

Option 4系列选项主要用于5G网络部署后期，此时5G网络已建设完成并在特定区域内提供连续覆盖，4G网络仍然具有广覆盖和一定的容量能力，因此可利用4G网络分担一部分业务流量，所有的消息和控制权都在5GC。

2.7.4 Option 7系列选项

Option 7系列选项是将Option 3系列选项的核心网由EPC改为5GC，5G业务由5GC控制，eNode B也必须升级为支持5G网络接口的演进型

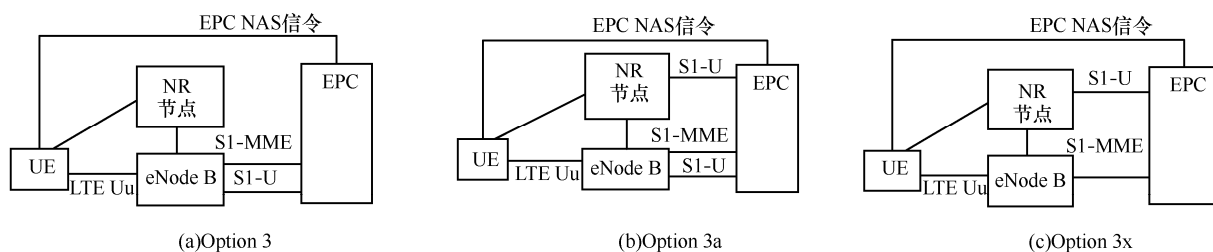


图8 Option 3系列选项

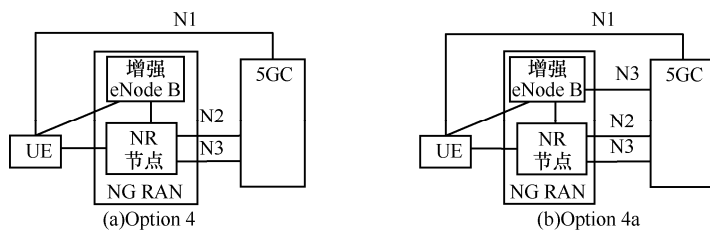


图9 Option 4系列选项



eNode B。Option 7 系列选项如图 10 所示。

这种部署方式可用于 5G 网络部署初期、引入 5G 核心网之后。由于部署初期 5G 网络的覆盖有限,为发挥 4G 网络的覆盖优势,该系列选项升级 UE 和 eNode B 接入 5GC, UE 和网络之间的控制信令锚定在 LTE 空口和 N2 接口上传输,所有的消息和控制权在 5GC, NR 节点的目的仍然是快速支持 eMBB 业务和对 4G 的容量补充,具有分担用户面流量的作用。

探讨 4G 与 5G 的互操作,首先需要明确的是,5G 网络对 4G 网络不是颠覆和替代的关系,而是 4G 网络如何向 5G 网络演进以及两网如何融合发展的过程。根据 3GPP 的路标, LTE 还有很长的生命周期, LTE 的网络能力还能满足相当多的应用场景和基本的容量需求。同时, 5G 在发展过程中出现了“5G 技术 4G 化”的现象,如大规模 MIMO 在 4G 网络中的应用等。因此,应结合业务需求和网络演进的需求,摆脱单纯的 4G 网络或者 5G 网络的框架束缚,从技术本身的特性和现实网络的客观存在出发,兼收并蓄,兼顾 4G 的持续发展和 5G 新技术的引入,从全网发展的角度考虑移动网络的演进路径和互操作关键技术的研究。

3 行业组织和运营商动态

每一代移动通信技术的诞生和推广,都意味着一个重新分配产业利益的重大机遇。虽然 5G 标准化工作尚未完成,4G 商用取得成功的美国、日本、韩国等领先运营商出于国家战略、市场竞

争或自身技术创新的需求,纷纷发布激进的 5G 商用计划,希望在新一轮全球竞赛中继续取得先机,呈现出“你追我赶”的态势,总体聚焦在 eMBB 场景。

为在 5G 产业上取得先机,美国联邦通信委员会(FCC)在全球率先颁布 5G 频率,均为 24 GHz 以上,共 11 GHz 带宽,包括授权频段 3.85 GHz 带宽(包括 28 GHz、37 GHz、39 GHz)和非授权频段 7 GHz 带宽(包括 64 GHz 和 71 GHz)。美国第一大移动运营商 Verizon 更是“虚张声势”,2016 年 7 月发布了其企业的 5G 规范,更豪言 2017 年开始商用部署。由于 Verizon 的 5G 计划远早于最早可用的 3GPP 5G 版本发布时间(2018 年 6 月),引起业界担心 Verizon 的 5G 将与 3GPP 的 5G 在标准和产业上出现分裂,使得 5G 技术碎片化。然而, Verizon 的 5G 只是一个增强的固定无线接入系统,在用户侧依靠 Wi-Fi 解决室内覆盖,无法与 3GPP 的 5G 标准相提并论。出于美国国内市场竞争需要, AT&T 和 T-Mobile 也相继宣布了他们的 5G 计划,不过两者更为务实,将基于 3GPP 标准来与业界同步推进。AT&T 虽然宣布 2016 年开始测试 5G 用于家用宽带服务,但表示 2018 年才开始部署。T-Mobile 展示了丰富的 5G 业务愿景,表示如此丰富的移动应用需要等到 2020 年。

日本、韩国作为历代移动通信技术发展的急先锋,在 5G 发展上也不例外。韩国两大运营商 SK Telecom (SK 电讯)和 KT 急于在 2018 年 2 月冬奥会期间展示其 5G 移动通信服务,已在 28 GHz 高频段开展试验,近期 SK 电讯还发布了 5G

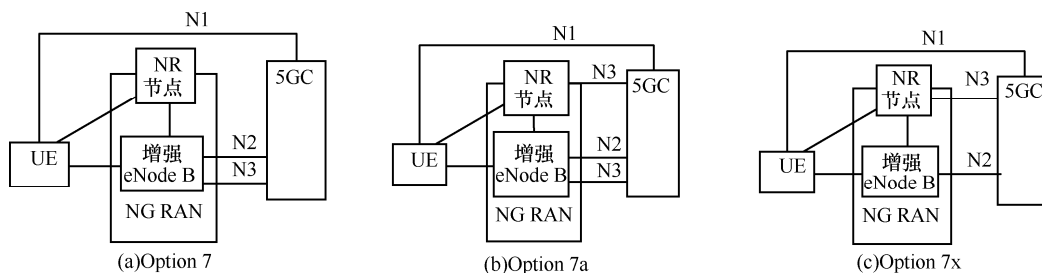


图 10 Option 7 系列选项

商用设备的招标。日本则计划在2020年东京奥运会前实现5G商用,目前DoCoMo正在组织验证5G关键技术以推动实现初期的5G商用目标,之后计划推动“5G+”来支持更为丰富的业务场景。

欧洲是3G/4G标准化的领导者,但是4G的发展偏慢,在5G的发展上也趋于稳健,目前更多的是希望能继续在5G时代主导推进标准。受美国5G激进计划的影响,欧盟在2017年9月公布了5G行动计划,给出了比较完整的5G工作时间表:在2017年3月公布具体的测试计划并开始测试,2017年底制定完整的5G部署路线图,2018年开始预商用测试,2020年各个成员国至少选择一个城市提供5G服务,2025年各个成员国在城区和主要公路、铁路沿线提供5G服务。同时,欧盟也在推动在2017年底之前确定6GHz以下和6GHz以上的频率划分,以支持高低频融合的5G网络部署。

中国政府也已明确积极推进5G于2020年商用,工业和信息化部从2015年9月至2018年底主导5G关键技术试验,三阶段试验包含关键技术验证、技术方案验证和系统验证。3个运营商在近期都公布了自己的实验室、外场和部署计划,逐步推动产业成熟,实现2020年商用或试商用。不过受国内高频器件产业弱势的限制,中国更重视6GHz以下频率的5G应用,首发的5G应用频段很可能为3.5GHz和4.8GHz频段。

全球而言,国际电信联盟(ITU)早在2015年就发布了5G愿景和需求定义,并于2016年正式将下一代移动蜂窝通信系统命名为“IMT-2020”,2018年底启动5G技术评估及标准化,旨在2020年第一季度完成技术评估并最终决定技术方案。另一方面,5G的商用将与3GPP的5G标准发展对应,在2020年左右首先启动eMBB业务场景的商用,而后再逐步支持更为丰富的业务场景^[17-19]。

4 结束语

移动通信系统不断向统一的制式演进,在4G

时代已经统一到3GPP制定的FDD和TDD两种LTE制式,4G终端普遍同时支持尽可能多的主流频段,4G核心网更是遵从统一的一套3GPP标准,而5G的技术标准由3GPP统一制定,5G将延续4G的这种模式得到发展。随着业务不断从2G、3G向4G迁移,将来承载移动通信业务的主流制式将是4G和5G,产业链将比3G和4G时代更加聚焦和同质化。但是因为4G网络的巨大成功,在发展5G时除了需要考虑拓展垂直应用的需求,还要充分考虑现有移动网络的演进需求。4G现网工作频率低、覆盖能力强、用户体验速率较低,而5G工作频率高、覆盖能力弱、用户体验速率较高,因此如何将两者融合起来以实现优势互补、为用户提供更好的体验,是无线组网方面需要重点研究的课题,具体涉及空口采用单连接还是双连接、各种业务的承载策略以及终端实现上的技术和成本问题。5G核心网在理论上具备网络切片、按需定制等能力,目标是实现网络对业务的适配,但是目前业界对于网络切片的内涵、切分及应用场景存在不同的理解和需求,服务化架构的具体实现存在挑战,这些都是需要业界共同努力去研究解决的课题。

在讨论5G时还需要考虑5G和Wi-Fi的关系,两者相近的方面包括工作频率都包括6GHz以下和6GHz以上相关频段,都支持MU-MIMO等关键技术,在室内5G和Wi-Fi的能力相近,应用场景将发生较多重叠,两者差异化的方面包括Wi-Fi具有成本低、终端支持度高、后向经营商业模式较为成熟等优势,而5G具有服务保障、网络安全等优势,将来5G应该采取何种商业模式、5G如何与Wi-Fi形成优势互补,都是需要尽早开展研究的课题。

5G首次在移动宽带以外对其他场景提出了相应的技术方案,功能更为丰富,性能大幅提升,拓展了对各种垂直应用的支持,因此5G网络不再像前几代移动网络那样单纯和僵硬,同时随着

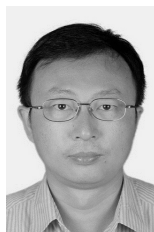


NFV 成为网络部署的主流方式以及移动网络的商业模式面临变革, 5G 网络的运营体系也需要及时做出相应的调整。在这样的大背景下, 电信运营商的理念必须及时由“业务适配网络”向“网络适配业务”转变, 面向以 eMBB、URLLC 以及 mMTC 3 种典型场景为顶点构成的综合场景, 考虑移动宽带和各种垂直应用对网络的需求, 充分利用 4G 现有网络和各级云计算基础资源, 综合运用 5G 和 NFV 的各种关键技术, 实事求是、因地制宜地制定 5G 网络部署方案。

参考文献:

- [1] 3GPP. RP-170741 way forward on the overall 5G-NR eMBB workplan[S]. 2017.
- [2] MARZETTA T L. Noncooperative cellular wireless with unlimited numbers of base station antennas[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2010, 9(11): 3590-3600.
- [3] 3GPP. Study on new radio access technology; radio access architecture and interfaces (release 14): TR38.801, V14.0.0[S]. 2017.
- [4] China Mobile Research Institute. C-RAN the road towards green ran. white paper, version 3.0[R]. 2013.
- [5] China Mobile Research Institute. White paper of NGFI (next generation fronthaul interface) version 1.0[R]. 2015.
- [6] ITU-R. Recommendation ITU-R M.2083: IMT vision-framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond[S]. 2015.
- [7] 3GPP. Study on scenarios and requirements for next generation access technologies (release 14): TR38.913[S].
- [8] IMT-2020. 超密集网络 (UDN) 技术研究报告[R]. 2015. IMT-2020. Research report on ultra dense network technology[R]. 2015.
- [9] ETSI. White paper No.11 mobile edge computing a key technology towards 5G[S]. 2015.
- [10] ETSI. GS MEC 001 V1.1.1 mobile edge computing (MEC) terminology[S]. 2016.
- [11] ETSI. GS MEC 002 V1.1.1 mobile edge computing (MEC); technical requirements[S]. 2016.
- [12] ETSI. GS MEC 003 V1.1.1 mobile edge computing (MEC); framework and reference architecture[S]. 2016.
- [13] 3GPP. System architecture for the 5G system (release 15): TS23.501, V1.5.0[S]. 2017.
- [14] IMT-2020(5G)推进组. 5G 网络架构设计白皮书[R]. 2016. IMT-2020 (5G) Propulsion Group. White paper of 5G network architecture design[R]. 2016.
- [15] 3GPP. Study on architecture for next generation system (Release 14): TR23.799, V1.0.1[S]. 2016.
- [16] 3GPP. Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA) and NR; multi-connectivity; stage 2 (release 15): TS37.340, V1.0.0[S]. 2017.
- [17] 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.
- [18] 陈山枝. 发展 5G 的分析与建议[J]. 电信科学, 2016, 32(7): 1-10. CHEN S Z. Analysis and suggestion of future 5G directions[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(7): 1-10.
- [19] 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]



王庆扬 (1973-), 男, 博士, 中国电信股份有限公司广州研究院移动通信研究所所长、高级通信工程师, 主要研究方向为移动通信系统的关键技术及应用、移动网络规划和优化。

谢沛荣 (1977-), 男, 中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师, 长期从事移动通信核心网络标准与技术研究工作。

熊尚坤 (1977-), 男, 博士, 中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师, 长期从事移动通信新技术标准研究和试验工作, 现专注于 5G 演进的标准、技术方案研究和试验工作。

魏焱 (1984-), 男, 博士, 中国电信股份有限公司广州研究院工程师, 主要研究方向为 LTE、5G 无线通信系统关键技术。

刘昱 (1984-), 男, 博士, 中国电信股份有限公司广州研究院工程师, 主要研究方向为无线网络架构及新技术。

李文苒 (1972-), 女, 中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师, 主要研究方向为各种制式的移动核心网技术和组网。

吴锦莲 (1977-), 女, 中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师, 主要研究方向为移动通信系统新技术。