**5G核心网网络架构及关键技术**

张宏宇

（上海邮电设计咨询研究院有限公司，上海 200092）

【摘 要】5G时代将是一张网络满足多样化业务需求，基于NFV/SDN技术，采用通用硬件，实现网络功能软件化和基于差异化业务的资源编排。业务及网络平台运营通过数字化平台实现网络能力和业务需求的对接，开放网络能力，按用户面部署，减小业务时延。降低传输网压力，打破传统数据仅能从省级出口的路径，用户及业务数据下沉到本地，高频和低频混合组网。5G核心网与NFV基础设施结合，为普通消费者、应用提供商和垂直行业需求方提供网络切片、边缘计算等新型业务能力。5G核心网将从传统的互联网接入管道转型为全社会信息化的赋能者。

【关键词】 网络架构；网络演进；5G核心网

中图分类号：TN929.533 文献标识码：A

5G core network network architecture and key technologies

Zhang Hongyu

(Shanghai Posts & Telecommunications Designing Consulting Institute Co., Ltd. Shanghai 200092, china)

【 Abstract 】G era will be a network to meet diversified business requirements. Based on NFV/SDN technology, common hardware is adopted to realize software-oriented network functions and resource arrangement based on differentiated services. Business and network platform operation realize the connection between network capacity and business requirements through digital platform, open network capacity, deploy according to users, and reduce business delay. Reduce transmission network pressure, break the traditional data only from the provincial exit path, user and business data sink into the local, high frequency and low frequency mixed network. 5G core network is combined with NFV infrastructure to provide new business capabilities such as network slicing and edge computing for ordinary consumers, application providers and vertical industry demanders. The core network of 5G will transform from the traditional Internet access pipeline into an enaber of the whole society's informatization.

[Key words]: network architecture network evolution 5G core network

# **1引言**

5G核心网的创新驱动力源于5G业务场景需求和新型ICT使能技术，旨在构建高性能、灵活可配的广域网络基础设施，全面提升面向未来的网络运营能力。5G时代要求未来能形成虚拟化、分层化的核心网络，以及资源开放、适宜开发新业务的网络架构，从而能够提供从网络运营到业务服务的经济和可持续发展的模式。随着5G标准冻结，商用部署提上议程，5G需求中所描绘的未来美好的全社会信息化生活正在从畅想变得触手可及。作为连接万物，赋能业务的社会化信息基础设施的重要环节，移动核心网在5G阶段实现架构、功能和平台的全面重构。相比于传统4G EPC核心网，5G核心网采用原生适配云平台的设计思路、基于服务的架构和功能设计提供更泛在的接入，更灵活的控制和转发以及更友好的能力开放[1]。

# **2 5G核心网的网络架构**

## 2.1 两种5G核心网络架构呈现方式

5G核心网采用控制转发分离架构，同时实现移动性管理和会话管理的独立进行，用户面上去除承载概念，QoS参数直接作用于会话中的不同流。通过不同的用户面网元可同时建立多个不同的会话并由多个控制面网元同时管理，实现本地分流和远端流量的并行操作，5G的核心网络架构分为两种架构呈现，即参考点方式呈现和服务化架构方式呈现，如图1所示：

**图1 （a）5G核心网的参考点方式架构**



**图1 （b）5G核心网的服务化架构**

服务化架构是在控制面采用API能力开放形式进行信令的传输，在传统的信令流程中，很多的消息在不同的流程中都会出现，将相同或相似的消息提取出来以API能力调用的形式封装起来，供其它网元进行访问，服务化架构将摒弃隧道建立的模式，倾向于采用HTTP协议完成信令交互[2]。

## 2.2 两种5G核心网络状态模型

5G网络架构借鉴IT系统服务化和微服务化架构的成功经验，通过模块化实现网络功能间的解耦和整合，解耦后的网络功能可独立扩容、独立演进、按需部署；控制面所有NF之间的交互采用服务化接口，同一种服务可以被多种NF调用，降低NF之间接口定义的耦合度，最终实现整网功能的按需定制，灵活支持不同的业务场景和需求。

5G核心网络定义了两种状态模型，即注册管理模型和连接管理模型。

1. 注册管理模型

5G核心网定义以下两种注册管理状态，用于反映UE与AMF间的注册状态，UE的不同接入（如3GPP和N3G）有不同的注册管理上下文。AMF给UE分配的RM上下文包括：一个在3GPP和非3GPP之间共用的临时身份标识，该临时身份标识全球唯一；每种接入类型(3GPP/Non-3GPP)有各自的注册状态；每种接入类型的注册区域（RA）；3GPP接入类型的周期性注册计时器，非3GPP不需要周期性注册；Non-3GPP的隐式去注册定时器。此外3GPP和非3GPP的注册区域是独立的，在同一PLMN或者equivalent PLMN中后续注册的接入侧继续使用前一接入侧使用的临时标识，UE可以通过3GPP侧触发处在IDLE态的非3GPP侧的去注册。

注册管理状态如图2所示：



**图2注册管理状态图（UE&网络侧）**

1. 连接管理模型

5G核心网定义以下两种连接管理状态，用于在UE和AMF间通过N1接口实现信令连接的建立与释放。

空闲态：UE与AMF间不存在N1接口的NAS信令连接，不存在UE N2和N3连接。UE可执行小区选择、小区重选和PLMN选择。空闲态AMF应能对非MO-only模式的UE发起寻呼，执行网络发起的业务请求过程。

连接态：UE所属的AN和AMF间的N2连接建立后，网络进入连接态

连接管理状态如图3所示：



**图3 （a）连接管理状态图（UE侧）**

****

**图3 （b）连接管理状态图（网络侧）**

# **3 5G核心网的关键技术**

## 3.1 5G核心网的Qos机制

5G QoS参数分为A-Type和B-Type两种。A-type为预设值，B-Type是实时下发的，其可选功能和Reflective QoS由核心网决定是否激活，由UE产生，可通过用户面和信令面传给UE，用户面有SMF发给UPF，UPF在N3接口消息中加入RQI（QoS indicator），然后发给RAN，再发给UE，信令面为SMF通过N1信令直接发给UE，UE收到后生成衍生的QoS规则，并把上行数据和QoS流进行映射，对上行流也进行QoS处理。衍生规则包括packet filter、QFI、优先值。

5G核心网的QoS是基于QoS流的框架，QoS Flow是5G核心网QoS控制的最小粒度。5G系统中采用QoS Flow ID（QFI）来标识QoS流。一个PDU会话中QFI保持唯一，具有相同QFI的用户面业务流获得相同的转发处理方式。QFI封装在N3接口报头内，可以被用于不同类型的净荷，如IP数据包、非IP数据包和以太网帧。RAN可以根据策略，让多个Qos Flow共用1个DRB，比如GBR Qos Flow使用一个DRB，Non-GBR Qos Flow使用一个DRB。5G核心网的Qos机制原理图如图4所示：

**图4 5G核心网的Qos机制原理图**

5G核心网的Reflective Qos机制是指UE侧根据下行数据包推演出上行数据的QoS规则，无需SMF通过NAS提供上行QoS规则。5G核心网的Reflective Qos机制主要体现在控制机制和退出机制两个方面。

1. 控制机制

控制机制分为控制面和用户面，在控制面当SMF确定激活reflective QoS机制时，SMF发送包含RQI的SDF QoS控制信息给UPF，并发送包含 RQA 的QoS profile给AN。在用户面当UPF接收SDF对应的数据包，在数据包的隧道中包含RQI；AN根据数据的RQI设置空口数据包头包含RQI；UE接收到包含RQI的数据，确定本地无对应数据的上行QoS规则，则生成一个UE derived的QoS规则，并启动一个定时器。确定本地有对应数据的上行QoS规则，则重启定时器。定时器超期时，删除UE derived的QoS规则。如果本地有对应数据的上行Qos规则但下行数据的QFI不同，UE则更新Qos规则对应的QFI。

1. 退出机制

退出机制分为控制面和用户面，在控制面，当5GC决定不再对某SDF使用Reflective Qos时，SMF通过N4接口移除提供给UPF的相应SDF的RQI。在用户面当UPF接收到此SDF的指令时，UPF不再在N3参考点的报文头中设置RQI。UPF将在一定时间内（运营商可配）在最初授权的QoS Flow上继续接收该SDF的UL业务。

## 3.2 5G核心网的网络切片技术

网络切片将一个物理网络分成多个虚拟的逻辑网络，每一个虚拟网络对应不同的应用场景。网络切片可以按需网络定制，在通用的物理基础设施上（可包含外部用户）提供具有不同特性和弹性能力的定制化网络。

网络切片分为公共部分和独立部分。公共部分是可以共用的功能，一般包括签约信息、鉴权、策略等相关功能模块。独立部分是每个切片按需定制的功能，一般包括会话管理、移动性管理等相关功能模块。

为了能够正确的选择网络切片，3GPP协议中引入了S-NSSAI（单一网络切片选择辅助信息）标识，S-NSSAI包括：切片业务类型（SST），指示所需切片的业务特性与业务行为。切片租户标识（SD），在切片业务类型的基础上进一步区分接入切片的补充信息UE可提供网络切片选择的信息，以网络侧的决定为准。

不同的网络切片中，可以根据不同的应用类型，灵活、动态的定义与之相匹配的网络能力。这样不仅可以提升应用的体验，适配应用的快速创新，也可以通过减少不必要的能力降低网络的成本和复杂度。网络隔离和SLA保障，通过资源隔离生成网络切片以向租户提供SLA保障的专有网络，实现新商业模式的关键因素。切片是端到端网络，包括RAN（Radio Access Network 无线接入网），传输网和核心网，需要跨域的切片管理系统。切片需要实现资源隔离，安全隔离和OAM隔离，不同域可以采用不同的技术，如CN采用虚拟化技术，此外切片是可以定制的，目前R15只定义了eMBB。网络切片有利于运营商按垂直行业的需求对网络进行定制，从而优化网络性能。

5G支持端到端网络切片包括无线接入网络，核心网控制面，核心网用户面，不同网络切片的网络功能可共享，典型的共享包括：基站共享（Slice A&B&C)；控制面功能共享，如AMF共享(Slice A&B)；核心网用户面功能不共享。UE可同时接入共享AMF的多个网络切片(Slice A&B)，例如UE最多可同时接入8个切片，目前只定义了三种类型的网络切片即eMBB，uRLLC，mIoT

5G核心网网络切片架构图如图5所示：



**图5 5G核心网网络切片架构图**

切片功能相当于VPN，但是比VPN灵活，例如VPN不管怎么设置，还是需要满足一整套的Internet协议，而切片可以只包括部分，不用的可以不要，需求可以定制，可以共享[5]。

## 3.3 5G核心网的边缘计算技术

边缘计算，也称Edge Computing（EC），边缘计算技术使得运营商和第三方业务能够部署在靠近UE附着的接入点，因而能降低端到端时延和传输网的负载，实现高效的业务交付。5G核心网支持边缘计算的能力包括：本地路由即5G核心网选择UPF引导用户流量到本地数据网络；流量加速即5G核心网选择需引导至本地数据网络中应用功能的业务流量；支持会话和业务连续性，支持QoS与计费；EC服务兼容移动性限制要求；用户面选择和重选，如基于来自应用功能的输入。

5G引入MEC一方面可以降低E2E时延，提升用户体验，另一方面通过本地泄流，可以减小回传网络开销，降低网络成本。MEC将移动网和互联网进行深度融合，开启了业务重回网络的契机，对运营商和设备商都有重要的战略意义。

MEC的引入对网络架构的影响主要体现在用户面，包括业务的分流、连续性的保障、UPF的选择和重选，此外对能力开放、QoS和计费等也有影响。

除此之外SMF可以控制PDU会话的数据路径，使得PDU会话可以同时对应于多个N6接口。同一个PDU会话的不同UPF提供对同一DN的访问。在PDU会话建立中分配的UPF与PDU会话的SSC模式相关联，并且在同一PDU会话中分配的附加UPF（例如，用于选择性地向DN路由）独立于PDU会话的SSC模式。选择性DN业务路由支持将一些选定的业务转发到某个与UE更近的的DN的N6接口。

## 3.4 5G核心网的网络能力开放

基于EPC里的网络能力开放层SCEF的设计理念，结合5G需求和网络架构的特点，提出了5G网络能力开放架构。5G网络将构建端到端的业务域、平台域和网络域的能力开放。

其中业务域包含第三方业务提供商，虚拟运营商，终端用户，或运营商的自营业务。业务域可以向平台域输入网络能力的需求信息，并接受平台域提供的网络能力，也可以向平台域提供网络域需求的能力信息，实现反向的能力开放。

平台域则需要具备第三方业务的签约管理，对业务域的API开放和计费功能，以及对网络域的能力编排和能力调度功能。构建具有良好的互通能力，管理能力和开放能力的平台域是5G网络能力开放的重要研究内容。

网络域则主要考虑BSS/OSS和MANO能力的结合实现对网络切片的统一编排管理，以及对平台域的能力开放。网元实体实现具体的网络控制能力，监控能力，网络信息，以及网络基本服务能力的开放。大数据分析平台实现对网络基础数据的大数据分析，并将分析结果上报给平台域。

# **4 5G核心网的演进思路**

5G核心网发展兼顾EPC演进和NGC部署两种情况，选择EPC还是直接上NGC，取决于如下因素：

（1）3GPP核心网标准及产品成熟度；RAN产品成熟度和部署策略，若NR先于NGC成熟则考虑优选EPC增强，反之建议直接上NGC；

（2）SDN/NFV基础设施部署成熟度，5G核心网需要通过NFV/SDN基础设施上实现“自上而下” 按需、灵活的网络切片定制；

（3）IMS语音成熟度，5GC必须且只支持VoLTE语音业务。

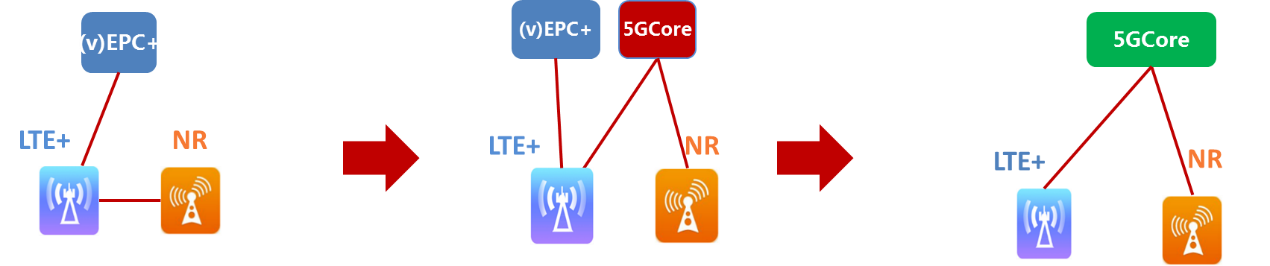
## 4.1 NSA（Non-Stand Alone非独立组网）与SA（Stand Alone独立组网）混合组网

SA方案的标准于2018年6月冻结。采用SA方案，5G网络可支持网络切片、MEC等新特性，4G 核心网MME需要升级支持N26接口，4G基站仅需较少升级（如增加与5G切换等参数），4G/5G基站可异厂家组网，终端不需要双连接。

NSA是将5G的控制信令锚定在4G基站上，通过4G基站接入EPC或5GC（5G核心网），NSA方案要求4G/5G基站同厂家，终端支持双连接。基于EPC的NSA标准已经在2017年12月冻结。采用这种方案，不支持网络切片、MEC等新特性，EPC需升级支持5G接入相关的功能，4G基站需要升级支持与5G基站间的X2接口。采用这种方案，5G网络可以支持网络切片、MEC等新特性，但4G基站需升级支持5G协议[9]。

NSA非独立组网方案在5G启动之初以eMBB和mMTC业务为突破口。在业务上，重点应用场景以eMBB和mMTC为切入点；在核心网侧，eMBB业务和mMTC业务通过演进的EPC架构支持；在无线侧，用户面以4G基站作为5G基站的锚点接入EPC网络，5G站点视为对当前容量的提升，mMTC业务的接入通过4G增强技术进行，在4G基础上演进的网络和5G新网络共同进行eMBB业务的接入。NSA架构在网络性能、投资成本及5G初期商用等方面具有先发优势。首先，从网络性能上来看，NSA架构的5G载波可看作在现有4G网络上增加的新型载波，可用于热点区域扩容；基于双连接特性，可以保证5G与4G之间的业务连续性，有利于保障用户体验。其次，从投资及建设成本来看，NSA架构在现有的网络资源基础设施上整合新的5G网络，网络升级所需投资门槛低，既有利于LTE投资的收回，又有利于5G初期低成本部署。最后，从5G商用需求来看，NSA架构使得运营商。有选择性地灵活建设5G网络，便于快速推出5G新业务[8]。

5G核心网的演进要分阶段分步骤进行。第一阶段主要针对部分eMBB业务首先要升级EPC网络，对接LTE和NR，重点实现控制转发分离，采用虚拟化技术实现vEPC。第二阶段在原有的EPC增强的基础上实现PGW-C/U、HSS、PCRF等平滑升级，支持NGC，实现上述网元的合设，新建5G AMF网元与MME实现对接，支持与EPC的无缝切换，实现网络架构的搭建，承载部分专网业务。第三阶段扩建5G核心网并支持接入所有4G和5G基站，逐步淘汰专有硬件的EPC网元，将vEPC资源释放，实现NGC网元重构，将大部分eMBB、mMTC和uRLLC等业务迁移到5G网络[7]。演进示意图如图6所示：



**图6 5G核心网的演进示意图**

# 5 结束语

5G已来，万物互联已展现在眼前。未来多样化的业务将提供更多智能化的物联网服务。这些多样化的业务需求使得5G核心网在基本性能上提出了更高的要求。比如，10G bit/s以上的高峰值速率；连接密度达百万的大连接，毫秒级别的低时延等。5G网络承载的多样化业务，需要新一代网络架构灵活地适配不同的业务需求。为引领5G时代，在5G启动之际，组网方式的选择已经成为运营商首要考虑的问题。运营商需要基于发展愿景和当前网络特点，选择合适的组网方式，通过新的网络架构，承载灵活的网络功能，同时实现现有网络的逐步演进及与5G网络的融合互通。

**参考文献**

[1]马超.5G移动通信技术下的物联网时代[J].通讯世界,2018(09):68-69.

[2]邢金柱,芦翔.5G关键技术Massive MIMO及NOMA技术综述[J].电子世界,2018(02):31-32+35.

[3]王光鹏.5G网络通信技术及核心网架构的研究[J].数字通信世界,2019(01):63.

[4]毛斌宏.5G网络切片管理架构设计探讨[J].移动通信,2018,42(10):13-18.

[5]许志虎.5G网络新技术及核心网架构[J].电子技术与软件工程,2018(17):10.

[6]刘超,王丹.5G服务化网络架构研究[J].信息通信技术与政策,2018(11):31-35.

[7]曹祥风.5G核心网关键技术[J].电子技术与软件工程,2019(04):16.

[8]中国电信5G技术白皮书.

[9]R15 TS23.501 5G的系统架构.

**参考文献**

[1]马超.5G移动通信技术下的物联网时代[J].通讯世界,2018(09):68-69.

[2]邢金柱,芦翔.5G关键技术Massive MIMO及NOMA技术综述[J].电子世界,2018(02):31-32+35.

[3]刘芳.下一代无线通信网络的移动性管理完全解决方案[J].山东通信技术,2003(04):16-19.

[4]王光鹏.5G网络通信技术及核心网架构的研究[J].数字通信世界,2019(01):63.

[5]毛斌宏.5G网络切片管理架构设计探讨[J].移动通信,2018,42(10):13-18.

[6]许志虎.5G网络新技术及核心网架构[J].电子技术与软件工程,2018(17):10.

[7]刘超,王丹.5G服务化网络架构研究[J].信息通信技术与政策,2018(11):31-35.

[8]曹祥风.5G核心网关键技术[J].电子技术与软件工程,2019(04):16.

作者简介

****

张宏宇，现任职于上海邮电设计咨询研究院有限公司，主要从事无线网规划和设计工作。