



中国联通 5G 服务化网络白皮书

中国联合网络通信有限公司网络技术研究院

2018 年 6 月

目 录

1 5G 服务化网络发展背景	1
1.1 5G 时代多元化的业务需求	1
1.2 当前移动网络面临的困难和挑战	2
2 5G 服务化网络关键功能	3
2.1 服务化网络系统框架	3
2.2 服务化网络的能力开放	5
2.3 服务化网络的管理维护	6
3 5G 服务化网络云化实现	6
3.1 云化架构是服务化网络的基础	6
3.2 服务化网络的 NFV 模版设计	7
4 5G 服务化网络演进思路	9
5 总结与展望	10

中国联通 5G 服务化网络白皮书

1 5G 服务化网络发展背景

1.1 5G 时代多元化的业务需求

5G 时代，移动网络将不仅为传统的人人通信提供支持，同时将提供大量前所未有的新兴行业的后向合作，业务的发展趋势逐渐由基于现有技术和大众市场的核心应用，转向基于全新技术和面向垂直行业研发和探索的应用。

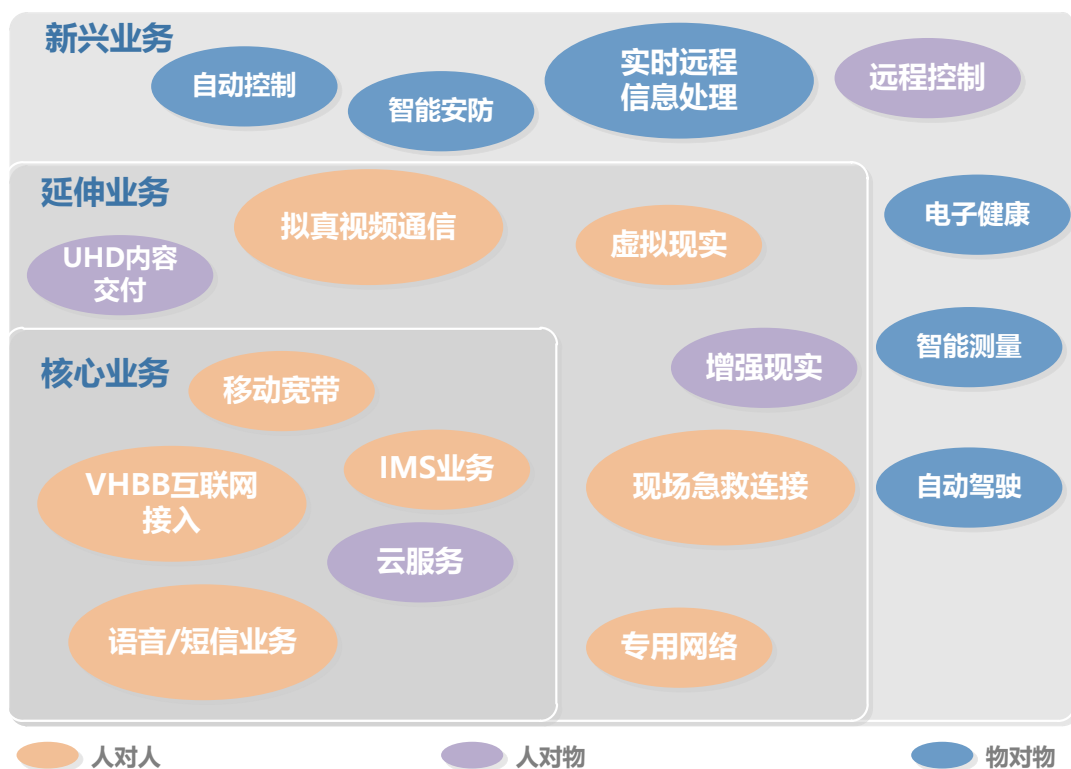


图 1-1 5G 技术框架

未来不同服务对于网络的要求是多样化的，例如智能家居、智能电网、智能农业和智能秒表需要大量的额外连接和频繁传输小型数据包的服务支撑，自动驾驶和工业控制要求毫秒级时延和趋于 100% 的可靠性，而娱乐信息服务则要求固定或移动宽带连接。上述服务需求表明 5G 网络需要更加灵活以支撑不同环境下的业务需求。

为适配未来不同服务的需求，5G 网络需要更灵活更开放的弹性架构，能快速部署和变更，并提供高效灵活的管理能力，以便为未来的不同行业需求做出快速的响应和调整。

1.2 当前移动网络面临的困难和挑战

现有的移动网络架构是为语音通信以及常规的数据业务而设计，而且经历了 3GPP 各个版本的升级，网元众多，网元功能相互重叠，网元间接口复杂，其灵活性不足以支撑 5G 时代的多业务场景

网元功能耦合

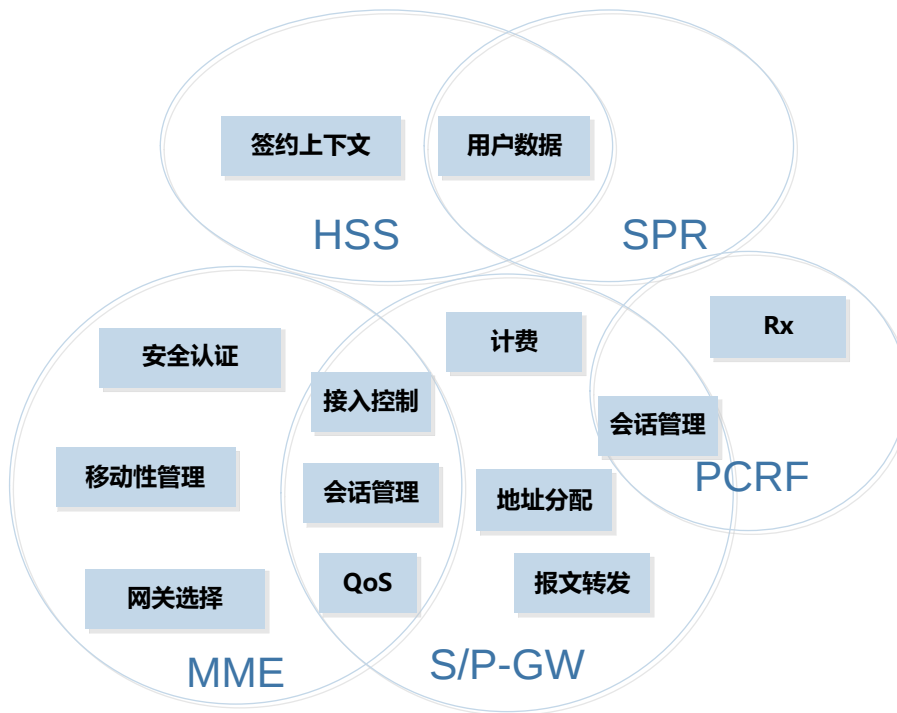


图 1-2 EPC 网元功能分布

3GPP 协议定义的 EPC 网元功能组合复杂，网络功能同网元强耦合，而且存在功能重叠，所有不同的业务共用同一套逻辑控制功能，无法做到为某一种特定的业务类型定制控制功能组合。众多控制功能间的紧耦合性以及复杂接口缺乏必要的灵活性，造成新业务的上线周期长，网络的运维成本高等问题。而灵活组合、个性化定义、动态部署以及灵活扩展能力将是下一代移动网络的必要特性，以现有 EPC 系统的情况，很难适应未来 5G 复杂多变的应用场景。

协议定义固化

EPC 的网络协议多实现为二进制编码格式，基于严格、固定的接口消息格式定义，某些网络协议的传输和编解码开销相对较大。业务的上线周期比较长，这将限制网络和新业务的快速创新能力。而为了满足针对各类业务的快速组网定义和灵活部署，急需网络定义更新、更灵活、更轻量化的网络协议，以实现新业务的部署商用，进而通过网络创造更多的价值。

网络拓扑复杂

现有 EPC 网络下，随着运营商网络的不断发展和迭代，网元和接口功能的复杂度逐步随着接口数量的增加而增加：从 2G、3G 到 4G 网络，每增加一个新的网元，就需要考虑引入该网元的接口，以及其与现有网络兼容的问题，往往一个网元和接口的引入会影响到其他多个现有网元和接口，并进一步影响到后期的端到端的网络维护。传统的“点到点”架构下的固有的连接模式导致后续新网元和新功能的引入容易造成“牵一发而动全身”的问题。在后续功能增强中，一个消息参数的修改需要端到端的考虑整个信令流程的兼容性，导致前向演进的复杂度会随着新版本的产生而增加。

网络运维的人工依赖

现有移动网络的大量运维活动仍然依赖人工参与，自动化程度较低。例如通过人工来打通不同环节，操作部门需要在 EMS 对设备进行维护，维护模式是针对逐个网元设备，并且需要理解大量设备相关信息，操作效率很低。

在 5G 时代，对网络自动化提出了极大的需求，根据需要可以自动定义组网结构、自动部署、灵活扩充。并且，同一张网络中可以存在若干个网络切片，每一个网络切片都将拥有特定的拓扑结构，网络功能以及资源分配模型，如果像当前的网络运维一样大量依赖人工的方式对网络进行设计和部署，将对运营商的运维系统带来极大的挑战。

网络功能开放性

国内外运营商都希望开放网络能力以提供更多增值服务，但至今能力开放的商业成果仍不能满足运营商日益迫切的转型需求。导致这种结果的原因，除了商业模型限制外，还有本身网络架构的局限性。3GPP 前期网络架构在设计的过程中并没有考虑能力开放，虽然通过网元修改也能够实现部分网络能力开放，但无法满足电信级 API 快速创新需求。普通的 Web API 创新周期为几小时或者几天，而由于网络架构的限制，电信级 API 创新周期往往需要数月甚至更长的时间，严重阻碍了网络能力开放的发展。

当前架构中，能力开放使能网元（Enabler）通过私有接口连接各网元，为了增加一个新的 API，往往要修改 Enabler 和提供能力的所有网元，周期很长。另一方面为解决 Multi-Vendor 场景，还面临标准化问题，多数运营商要求商用部署前先标准化，但这种从定义规范、开发产品、网络部署上线流程要经过几年时间，远远无法满足新业务创新需求。

2 5G 服务化网络关键功能

2.1 服务化网络系统框架

在面向业务的 5G 网络架构中，我们可以将现有网络侧的控制面功能进行融合和统一，同时将控制面功能分解成为多个独立的网络服务，这些独立的网络服务可以根据业务需求进

行灵活的组合。每个网络服务和其他服务在业务功能上解耦，并且对外提供统一类型的服务化接口，向其它调用者提供服务，将多个耦合接口转变为单一服务接口，可以有效减少接口数量，并统一服务调用方式，进而提升了网络的灵活性。

服务化网络提供了基于服务化的调用接口，服务化接口基于 TCP/HTTP 2.0 进行通讯，使用 JSON 作为应用层通信协议的封装。基于 TCP/HTTP 2.0/JSON 的调用方式，使用轻量化 IT 技术框架，可以适应 5G 网络灵活组网定义、快速开发、动态部署的需求。在将来，服务化接口还可以使用 QUIC/HTTP 2.0 进行通讯，相比较 TCP/HTTP 2.0 方式，可以获得更高的通讯效率。

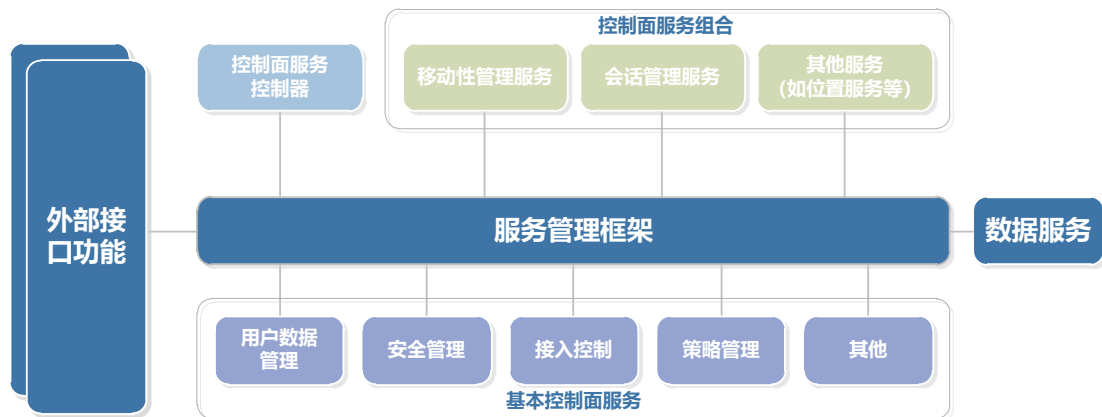


图 2-1 网络功能服务化

在网络功能服务化的应用中，所有的服务调用、交互过程均在服务管理框架内进行，5G 服务化网络在控制面和转发面分离的情况下，进一步对控制面网元进行了“总线式”连接，所谓的“总线”在实际部署中是一台或几台路由器，与目前的 4G 网络中 DRA 不同的是，DRA 本身是感知上层协议的，如用户的号段、签约信息等 3GPP 层消息，并基于这些信息进行消息的转发，但 5G 服务化网络中的控制面“总线”只进行基于路由器 3/4 层协议的转发，而不会感知上层的协议。

服务控制器提供网络服务功能的注册，发现，授权，更新，监控等管理功能，其本身也是网络服务的一种，对应 5GC 标准网元 NRF（Network Repository Function）。服务功能相互独立的特性确保了在新增或升级业务功能的过程中现有的网络服务不受影响，只需要服务控制器针对单个服务进行相应的更新即可。相比现有的紧耦合网络控制功能，服务化的控制面架构通过服务的灵活编排大大简化了新业务的拓展及上线流程，为 5G 网络业务的发展打下了基础。NRF 是 5G 网络能力开放的重要组成部分，也是区别于 4G 网络能力开放的显著标志。NRF 的引入意味着运营商进一步深层次网络能力开放的可能性，通过其提供的功能，第三方可以间接的通过 NRF 提供的服务注册、发现、授权操作获得运营商内部其它网元提供的服务，这里的第三方一方面指 OTT 厂家，另一方面指其它运营商的访问。

网元提供的服务包含接入管理、鉴权管理、会话管理、用户数据管理、策略管理、QoS 管理、计费管理、定位管理等，一方面实现了通过一个融合化接口管理多个不同模块的功能，另一方面第三方可通过能力开放平台访问/调用不同服务，为实现深度网络能力开放打下基

础。

2.2 服务化网络的能力开放

5G 服务化网络的“总线式”设计将使所有控制面网元接口协议的统一成为必然，5G 网路架构将摒弃 GTP-C、Diameter 等传统移动网络协议，采用更灵活、更轻量的 HTTP 协议，使移动网络内外无缝交互成为可能，从而进一步为深层次的 5G 能力开放提供了更方便的 API 开发和调用能力。

面向垂直行业的业务需求将是多样化、定制化的。5G 网络架构的设计需要通过将自身的能力开放给垂直行业和 OTT 应用以满足其灵活的定制化需求。网络能力开放的目的是更好的满足 OTT 的应用业务需求。通过能力开放 5G 网络将应用需求与网络的能力、用户的属性、网络的策略形成双向互动，从而提升用户的端到端体验、增强网络价值、使能更立体的业务场景。

5G 网络架构设计将满足网络的全方位能力开放和 OTT 互动能力。为实现该能力，需要考虑部署专有的能力开放功能，提供一种安全和统一的内部功能开放方法，与外部应用对接，形成特色解决方案。通过服务化网络实现其与其他核心网服务的自动发现和全互联，网络中的各个网元都可以通过能力开放功能开放自身的能力。

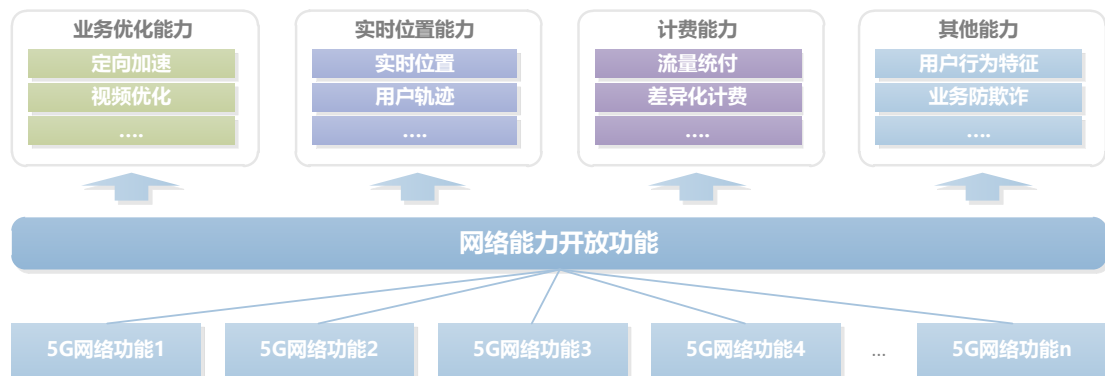


图 2-2 基于服务化网络的 5G 能力开放

5G 服务化网络有助于业务的快速上线，进一步提升能力开放的灵活性。例如通过能力开放功能可以直接对接外部的应用实体，并通过网络内部业务功能实体的服务化接口，灵活地获取和处理统计信息、位置信息、计费信息等，或者干涉内部处理的策略。一方面减少了定制开发的周期和复杂度，另一方面也便于对不同的数据进行组合应用，产生新的商业价值。

2.3 服务化网络的管理维护

服务化网络下，每个控制面网元可以包含多种服务，在网元上线时需要在服务可用之后将服务实例注册到 NRF 上以供服务的消费者获取。完整的服务实例注册的内容至少需要包括服务的名字、服务的数字证书、服务的通信地址、服务的版本号、服务的实例标识。其中服务的数字证书用于服务的身份认证；服务的通信地址是一个 URI，可以包含一个 FQDN、一个 IP 地址或者多个 IP 地址。

具体网元可自己发起到 NRF 的服务实例注册而不是交给 OAM 系统代为注册，这样可以简化 OAM 的管理功能，增加网元管理效率和速度，同时更加方便第三方服务提供者的集成。因为是网元自身发起服务的注册，无法保证在故障时能够及时调用服务的去注册功能，因此需要 NRF 提供服务实例的心跳时间，网元在心跳时间到达之前重复注册。在网元故障时 NRF 可以根据注册实例的有效时长自动释放不可用的资源，避免将不可用的服务实例信息扩散到服务的消费者，增强了系统在异常场景下的可用性。

服务的消费者通过 NRF 发起服务实例发现过程，需要传递的内容包括待发现的服务名称、服务消费者的数字证书。服务消费者的数字证书用于服务消费者的身份认证。NRF 根据服务名称返回已经注册的一个或者多个实例的注册信息。服务的消费者需要根据业务需求从多个注册实例中选择一个或者多个实例发起业务请求。

NRF 无法保证返回给服务消费者的每个服务实例信息都是可用的，因此在服务消费者需要建立多个服务实例的连接并在发现不能和选择的某个服务实例建立业务通道时，需要重新选择其他可用的服务实例。

在网元决定对一个服务进行升级时，需要将已经注册的服务实例去注册，升级完毕后再重新注册。在服务升级过程中，短暂不能提供服务，已经建立连接的服务消费者在连接不可用时，将从 NRF 重新获取服务实例列表，重新选择可用的服务实例保证业务的连续性。

3 5G 服务化网络云化实现

3.1 云化架构是服务化网络的基础

服务化网络将天然适合云化架构，其网络功能需要基于云化平台进行整体变革，使网络更加弹性，业务上线更加灵活，同时满足敏捷、可用性、性能和运维等方面的电信级要求。为实现这一系列要求，云化网络功能需要基于三大原则重新设计系统，分别是前端无状态、横向可扩展性、单点失效不影响业务。

为了满足服务化网络下各网元彼此开放自身的服务能力的需求，需要将业务处理单元和

存储节点进行分离，计算节点不再保存需要持久化的用户状态信息，只负责对到来的信令进行处理。而在业务处理单元前端，需要具备负责业务报文分发和数据面消息负载均衡的组件。业务处理单元，分布式数据库，以及分布式负载均衡，形成了服务化网络云化的优化 VNF 结构。这样的架构保证了单个业务处理节点故障、业务消息被负载均衡分发到其他正常状态的业务处理节点后，新的业务处理节点与后台数据库交互获得用户状态后，仍然可以正常处理用户的业务消息。新扩容的业务处理节点与数据库交互获得用户状态，也能够正常处理用户的业务消息。



图 3-1 服务化网络云化架构

基于三层云化的 VNF 设计，可以实现更快的业务扩展、更高的容错能力和可靠性、以及更加专业的模块设计。

3.2 服务化网络的 NFV 模版设计

服务化架构的重要功能在于每个网元在控制平面上提供不同的“服务”，通过串联不同网元提供的“服务”，最终实现注册、会话管理、移动性管理、鉴权及密钥协商等端到端的移动网络信令流程。每个网元都可以在作为服务请求者的同时为其它 NF 提供服务。网元模块主要包括访问和移动性管理功能、会话管理功能、认证服务器功能、网络曝光功能、NF 库功能、策略控制功能和统一数据管理功能。

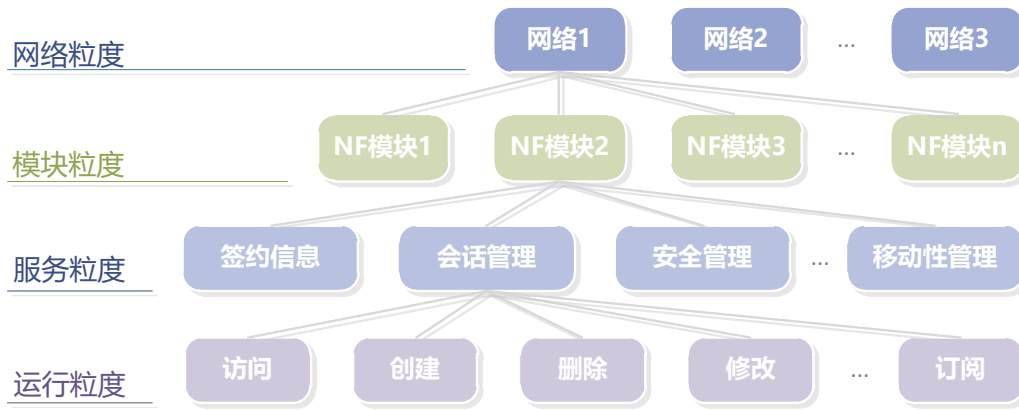


图 3-2 服务化模版设计层次

服务化按能力可以划分成网络、模块、服务、运行四个层级粒度：

网络粒度：是实现不同网络切片的模版，对应于 NFV MANO 中的 NS 模版设计，主要管理网络切片的内部拓扑、VNF 之间的接口关系等。

模块粒度：是用来规定一个网络切片中包含的各种 NF 模块，对应于 NFV MANO 中的 VNF 模版，包括业务处理单元、性能管理单元、网络管理单元等。

服务粒度：是具体到一个 NF 模块下的每个具体的业务处理单元，与原有的 VNF 设计不同，业务处理单元在服务化网络的模版设计中将会被进一步细分出来，按照移动网络不同的信息和功能种类，可以划分成用户签约、会话、移动性、安全、策略等不同的业务处理单元，每个业务处理单元仅对该具体业务相关的信息进行维护和处理，形成一个 NF 下可提供的不同服务类别。

运行粒度：是基于服务粒度，对 NF 内的资源的具体操作进行的进一步区分。按照对 NF 内资源的影响不同，服务化网络中对服务在运行粒度上是按照“改变性”和“完整性”两个方面进行考虑和划分的。“改变性”是指当服务提供者提供服务时，此类服务不会改变服务提供者自身的存储状态。“完整性”服务表示的情况是当服务请求者多次向服务提供者发送相同的指令（可能由于网络堵塞产生），服务提供者每次回复相同的信息。不具有“完整性”的服务是指当服务请求者多次向服务提供者发送相同的指令，服务提供者将多次重复指令且回复不同的信息。例如，当服务请求者多次向服务提供者请求建立新的会话时，服务提供者会多次建立新的不同的会话并将其反馈给服务请求者。

根据服务的“改变性”、“完整性”可以将运行不同资源的 NF 模块提供的服务分为“订阅类”、“访问类”、“创建类”、“修改类”、以及“删除类”：

“订阅类”：服务提供者根据服务请求者的订阅指令为其监视相关的订阅条件，当请求者的订阅条件触发时，服务提供者向服务请求者发送通知消息。

“访问类”：服务提供者只为服务请求者提供相关的数据，此类服务并不会影响到服务提供者的自身存储状态。

“创建类”：服务提供者根据服务请求者的指令为其创建新的诸如“移动性管理”、“会话管理”等上下文数据，但不会改变自身的存储状态。

“修改类”：服务提供者根据服务请求者的指令为其修改已有的诸如“移动性管理”、“会话管理”等上下文数据，即对自身的存储数据进行修改。

“删除类”：服务提供者根据服务请求者的指令为其删除已有的诸如“移动性管理”、“会话管理”等上下文数据，即对自身存储数据进行删除。

一个服务内的不同运行操作可以包含在一个 VM 中也可以包含多不同的 VM 中，具体实现方式视 VM 的计算性能、数据共享能力、亲和性条件等而定。

服务化网络的分层原则决定了在 NFV MANO 中的模版设计需要通过“自上而下”的方式实现，即通过业务需求定义网络特征，并通过网络、模块、服务、运行四个粒度由上而下逐层设计，实现网络实例化。

4 5G 服务化网络演进思路

5G 的服务化网络将网络功能原子化，可以基于云化架构更加灵活的编排，满足网络业务快速拓展的需要，将可灵活编排的 5G 网络功能组合起来，可以支持灵活的网络切片。运营商将以 SDN/NFV 技术为依托，逐步实现网络由传统的烟囱式网络向服务化网络的演进。

服务化网络的演进路线将经历烟囱式网络、云化网络和服务化网络三个阶段。



图 4-1 服务化网络演进思路

烟囱式网络即为目前的 EPC 网络现状，每一个网元都有专用服务器实现，彼此之间的资源无法共享和重用。

云化网络是当前通信产业正在大力推进的网络能力，利用 SDN/NFV 技术实现对虚拟化资源的高效管理以满足不同网元实时、动态的业务处理能力要求。云化网络架构下，网络资源基于虚拟化进行管理，可以在 DC 内部和各 DC 之间灵活的调配，形成对整个网络资源的云化部署。

服务化网络是基于云化网络架构的进一步演进,主要对应用层逻辑网元和架构进行进一步优化,把各网元的能力通过“服务”进行定义,并通过 API 形式供其它网元进行调用,基于服务化定义的应用层逻辑网元和架构将进一步适配于底层基于 NFV/SDN 技术的原生云基础设施平台,真正实现 5G 服务化网络的目标。

当前,移动网络正处于烟囱式网络向云化网络的转变期,利用 NFV/SDN 技术逐步实现对网络资源的动态共享和灵活调配。待云化网络系统搭建完成后,将开始实现应用层向服务化网络的重要改变,实现基于“原子粒度”的服务化网元的实例化和强大的生命周期管理功能,支持网络按需自由组合各网元的能力,实现网络切片服务。

5 总结与展望

5G 服务化网络是一种全新的电信网络设计理念,它可以充分适配 SDN/NFV 基础设施,实现由业务需求到网络资源的灵活匹配,从而以网络切片的形式满足未来 5G 网络中不同垂直行业特定的功能要求。此外,5G 服务化网络也将对未来网络运维、前/后向兼容性以及网络快速适配能力等方面带来非常显著的增益。

5G 服务化网络将有助于运营商解决接口数量不断激增导致的部署和维护成本问题,同时更好地适配未来虚拟化环境下的生命周期管理行为,最大程度上发挥虚拟化技术的优势。

5G 服务化网络也是运营商实现新的盈利模式的重要手段,有助于运营商进一步深化网络能力开放,从而实现第三方 OTT 公司通过服务化接口直接调用相关网元的服务,甚至将自身的 APP 加入进运营商网络中,作为 5G 网络切片的一部分,实现深度的 ICT 合作。