



研究与开发

平台化服务网络——新型移动通信系统架构研究

王晓云¹, 段晓东², 孙滔²

(1. 中国移动通信集团有限公司, 北京 100053;

2. 中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053)

摘要: 5G 的部署让网络从服务个人向服务产业扩展。分析了移动通信系统的演进历程, 提出了新的架构发展方向——平台化服务网络。面向网络碎片化这一产业互联网发展中的根本性挑战, 新的架构中通过平台化解决成本问题, 通过“服务化”实现异构能力, 通过二者的协同实现网络可靠、可保障。给出了平台化服务网络的定义、总体架构及数学模型。结合 5G 服务化架构 (service-based architecture, SBA) 设计的创新实践, 提出了服务设计的原则, 并进而给出了层次化的设计思路。

关键词: 系统架构; 平台化服务网络; 服务化架构

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023008

Service-based network as a platform: research on a new information communication network architecture

WANG Xiaoyun¹, DUAN Xiaodong², SUN Tao²

1. China Mobile Communications Co., Ltd., Beijing 100053, China

2. China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China

Abstract: The deployment of 5G enables the network to expand from serving individuals to the industry. The evolution of mobile communication system was analyzed, and a new architecture development direction—service-based network as a platform was proposed. Facing the fundamental challenge of diversified requirements of industrial scenarios, the new architecture employed “platform” to address the generalization and scalability obstacles, and employed “service” to address heterogeneous characteristics of the network. The network service level assurance could also be guaranteed. The definition, overall architecture and mathematical model of “service-based network as a platform” were given. Based on the innovative practice of 5G service-based architecture (SBA) design, the principles of service design were proposed, and then the hierarchical design ideas were given.

Key words: system architecture, service-based network as a platform, service-based architecture

收稿日期: 2022-12-05; 修回日期: 2023-01-07

通信作者: 孙滔, suntao@chinamobile.com

基金项目: 国家重点研发计划项目 (No.2020YFB1806801, No.2020YFB1806800)

Foundation Items: The National Key Research and Development Program of China (No.2020YFB1806801, No.2020YFB1806800)

0 引言

(1) 系统架构是移动通信网络领域的关键核心技术

数字化已经成为各行业乃至整个社会变革的重要驱动力。代表处理能力的计算机、代表接入能力的移动通信、代表连接能力的互联网，正逐渐发展为数字化时代最具代表性的三大基础技术领域。相应地，“计算机系统结构”“移动通信系统架构”“互联网体系结构”是支持相关技术领域发展和变革的基础，可以说是数字世界的“三大架构”。

从数据总流量、服务的终端和用户数的发展来看，移动通信已成为数字世界最主要的接入方式。截止到2022年8月，62.06%的网站流量通过移动终端访问实现，92.1%的互联网用户通过手机访问互联网^[1]。预计移动网络活跃用户数将持续增长，从当前超过80亿户到2027年超过90亿户，其中5G终端占比逐渐上升。移动用户数量分布预测如图1所示^[2]。

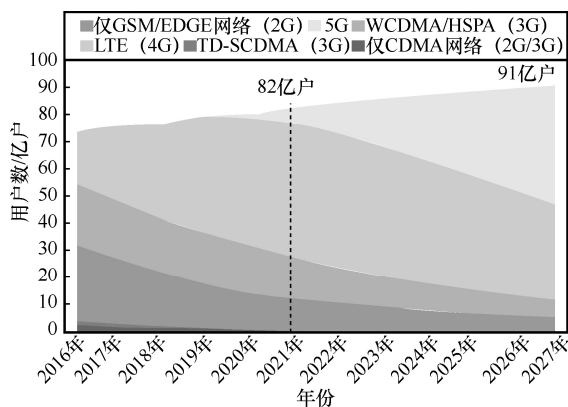


图1 移动用户数量分布预测^[2]

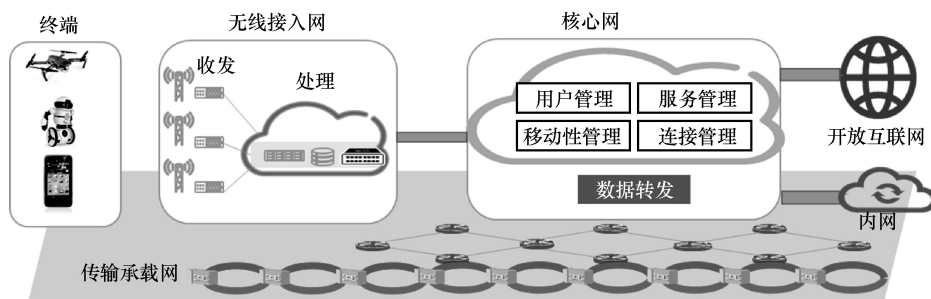


图2 移动通信系统架构

网络架构是新型信息通信基础设施的骨骼和中枢。架构的变革既能带动整体网络的系统性创新，又能牵引全产业链及业务服务的升级换代。和其他类型的基础网络相比，移动通信网络面向业务，一些新的设计理念、新的协议往往更早在移动通信系统应用。

移动通信是复杂的巨系统，其架构的设计极具挑战。从全球范围来看，该系统由百亿终端、千万基站、万套核心网设备构成。无线接入网（由基站组成）支持终端接入、切换、寻呼，是移动通信网络的神经系统。核心网实现移动性管理、连接管理、用户管理、服务管理等，起到统领全局、承上启下的作用，是移动通信网络的核心。新一代信息通信网络的演进需要体系化、全局化地进行系统架构设计。移动通信系统架构如图2所示。

(2) 移动通信系统架构的演进脉络

从1G以来，移动通信系统架构随着服务对象的拓展及新技术的引入而不断演进，呈现出端到端IP化—云化—服务化的发展脉络，这3次技术变革分别从连接、资源、功能3个方面进行，使得移动通信网络更加灵活，而移动通信系统也向软件化、可定义方向发展。移动通信系统架构演进脉络如图3所示。

- IP化实现连接的柔化。IP技术的引入不但增强了移动通信系统网络承载的底座，也为上层通信业务提供了柔性的连接基础。IP技术在移动通信系统中的应用起步于

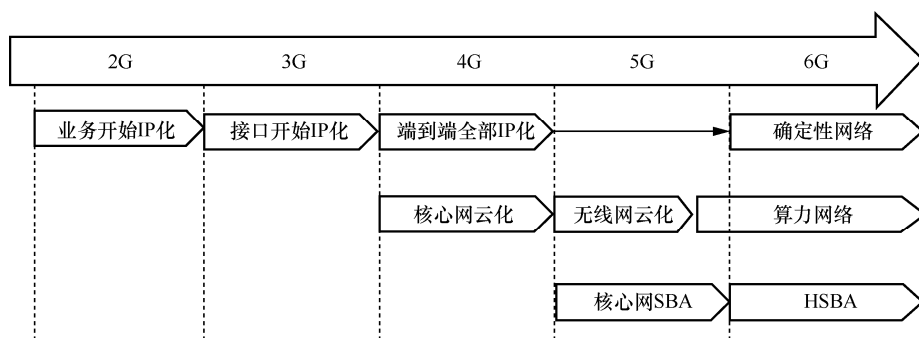


图3 移动通信系统架构演进脉络

2G 时分复用（time-division multiplexing, TDM）时代，核心网、无线接入网的网元、接口、协议先后完成 IP 化，进而在 4G 实现了端到端 IP 化。在 5G 时代，新的 IP 技术（如确定性 IP）也被引入移动通信网络，增强移动网服务垂直行业的能力。

- 云化实现资源柔化。虚拟化、云计算技术的发展，打破了传统通信设备形态专用、资源固化的束缚。以中国运营商为例，从 4G 核心网开始实现软/硬件解耦，而 5G 核心网则直接部署在云上。在此基础上，云化的触角逐渐向无线接入网拓展。可以预见，以“算力网络”为代表的新的云计算演进技术，也将反映在 5G-Advanced 及 6G 网络中，实现网络与计算资源的协同优化。
- 服务化实现功能柔化。基于柔性的连接、资源，5G 核心网采用“服务”定义其逻辑功能，通过应用程序接口（application programming interface, API）调用实现服务的访问。网络能力（即网络的处理逻辑）的软件化、服务化不仅让网络上层的业务设计更加适应底层云资源，同时也让网络进一步开放、让定制成为可能。

当前，以交换为主的传统通信网络正发生向新型信息通信网络转变的重大变革。如何定义系统架构，对未来信息通信网络的发展具有至关重要的作用。本文从移动通信系统架构变革的历程

出发，以服务为目标提出系统架构演进的规律和方向，首次系统化提出“平台化服务网络”的发展理念，并对其建模及设计方式进行了完整的阐述。基于服务化架构（service-based architecture, SBA）的 5G 网络是“平台化服务网络”的初步实践，6G 将会实现对其的进一步深化拓展。

1 平台化服务网络的定义

1.1 移动通信网的功能向平台化、服务化拓展

移动通信系统在逐代演进中，不断丰富其自身的能力，发展出“通信业务”“数据接入”“信息服务”3 个重要的角色。首先，移动通信网络自成体系，提供完整的“通信业务”（语音、短消息）：这是 1G、2G 语音服务时代移动通信发明的初衷。再者，随着移动互联网的迅速发展，3G、4G 是流量服务时代，如前文所述，移动通信成为“数据接入”最重要的手段。近年，随着数字化的深化，5G、6G 时代单一性的网络和业务已经不能满足通信需求，多要素的综合信息服务既是移动通信自身发展的要求，也是其服务对象的需求，移动通信将成为提供综合“信息服务”的载体。移动通信网络在全球互联网中的角色如图 4 所示。

1.2 平台化服务网络的定义

平台化、服务化是移动通信网络服务能力拓展的必然要求。如第 1.1 节所述，移动通信对人们生产生活的影响越发广泛，信息通信网络的业务

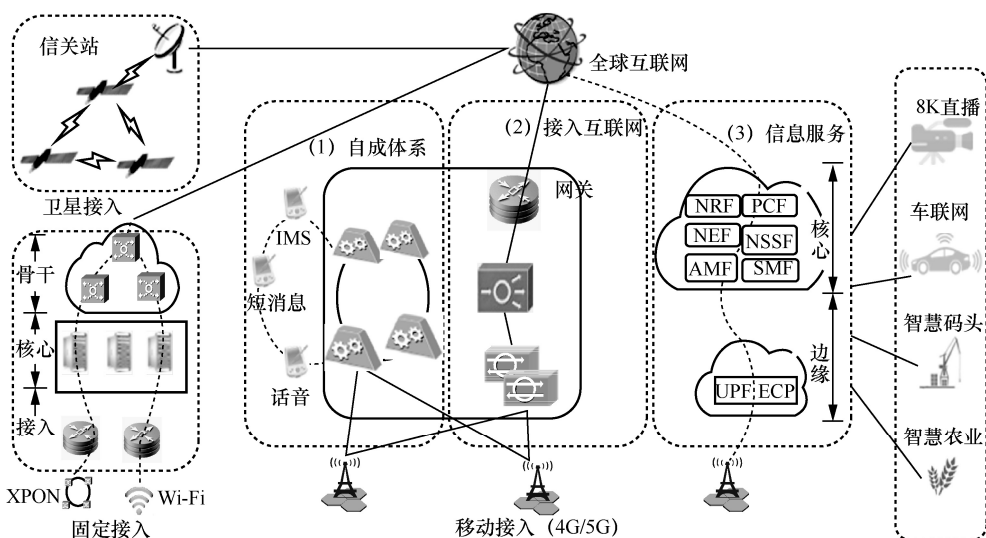


图4 移动通信网络在全球互联网中的角色

能力和服务对象不断拓展，在 5G 时代发生了跃变。这表现在以下几个方面。一，移动通信、数字化向各行业的渗透和应用逐渐深化，通信网络从服务“人”向服务“物”的行业场景拓展，后 5G 及 6G 时代，这个服务的边界将继续扩展；二，网络从单一的语音、数据转发“业务”，向多样化的信息加工、处理、存储等“服务”转变。网络成为多要素融合信息服务的载体，连接、算力、智能、感知、安全、数据等能力依托网络触及生活的各个角落；三，网络成为连接数字空间和物理空间的媒介，元宇宙等新的业务场景需要网络提供算力、安全、数字身份认证等方面的能力，网络空间也成为与陆、海、空、天并列的第五大主权空间^[3]，网络将助力物理空间与数字空间的协同融合。

移动通信系统在个人市场的成功得益于其强大的规模效益。面向千行百业的差异化需求的网络异构能力、有服务等级协定（service level agreement, SLA）保障的网络可靠质量、易部署可规模化的网络成本效益，是网络服务的“能力三角”。然而，这似乎已成为通信网络的“不可能三角”。本文创新性地提出“平台化服务网络”，即通过平台化的机制、灵活复用，解决成本问题，

实现网络可扩展；通过服务化的功能模块设计解决异构问题，实现网络可定制；通过二者的协同解决网络服务质量的可靠保障问题。

本文将“平台化服务网络”定义为：通过资源的池化、能力的“原子化”、控制的柔性化实现网络的“服务化”，以其为技术基础，网络成为聚合相关业务能力的“平台”，为用户提供按需的信息服务。

上述定义阐述了网络演进为以“服务化”的机制提供信息服务的“平台”这一发展理念。该“平台”是指面向用户的、泛在的、聚合信息服务能力的环境。

2 平台化服务网络架构及建模

2.1 “演化还原理论”的设计方法

全球漫游、全程全网、跨代共生是移动网络最典型的特征，也是其赖以生存发展的生命线。2G 以来，“全球漫游”的特点大大提高了移动通信产业链的规模效益，是移动通信蓬勃发展、全球部署的核心要素。移动网络从终端、接入网、核心网形成“全程全网”的端到端连接控制及业务逻辑，是其服务质量超越“尽力而为”的方式，实现可保障的技术基础。新一



代网络架构的变革需要考虑现有网络的过渡和演进,“跨代共生”是移动网从 2G 到 5G 以来逐代发展成功的关键,保障了其系统平滑地演进和过渡。

移动通信网络的上述特点决定了新的系统架构设计需要兼顾现有系统,同时要对新的元素展现出包容和开放性。基于此出发点,本文提出了“演化还原理论”的新型系统架构设计方法。“还原理论”的思想认为复杂的系统、事务、现象可以通过将其化解为各部分之组合的方法,加以理解和描述。通过“还原论”将现有网络的复杂巨系统解构,拆解为“原子服务”,作为基础网络平台的组件。以“演化”为重要特性,设计开放化、灵活的网络能力,支持网络动态的发展。这需要在架构的接口及协议方面进行设计,为不断引入的新的网络能力提供支撑。“演化”与“还原”看似是相互矛盾的两个理念,实际上反映的是系统平滑迭代的协同和统一。

2.2 总体架构

本文提出平台化服务网络的总体架构,如图 5 所示。该架构是一个层次化的设计,包括资源层、服务层、应用层。服务层是本架构的核心特征,其之于总体网络,如同操作系统之于计算机。具体如下。

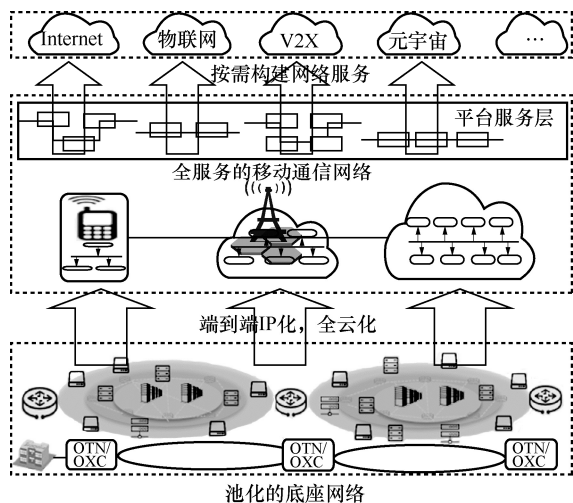


图 5 平台化服务网络的总体架构

(1) 池化的资源基础。提供池化的网络、计算、存储资源,为上层逻辑提供可扩展、可按需调用的资源基础。端到端的 IP 化和云化是这些资源能够流通、灵活调度的保证。

(2) 基于服务构建、面向服务设计。以服务构建、以服务定义功能和接口。从终端、接入到网络侧,提供全服务化的能力^[4]。通过 API 定义网络、计算、数据服务。使用者不需要关心其实现细节,方便调用。服务的形式可以是多样的,根据不同场景,融合(或一体化)的要素服务与解耦的服务可同时存在。

(3) 网络即平台。可扩展的池化资源、可按需调用的服务使网络的灵活性得到极大的提升。网络从传统的信息传输的通道,变成一个可提供多种数据承载能力、多种信息服务能力的“平台”,也就是网络和信息服务的综合体。

平台化服务网络的“服务”由服务的定义、服务的组织、服务的交互刻画。

(1) 服务的定义:服务是网络的基本单元,一个“原子服务”提供某种特定逻辑处理功能并存储相应的状态数据。服务定义的难点在于合适的服务粒度的设计。

(2) 服务的组织:以构成整个网络为目标,对服务进行编排、管理,让分解后的原子服务能构成一个有机的整体,提供完整的信息传输和处理的机制——这也是网络的“操作系统”。

(3) 服务的交互:服务间通过 API 进行调用,接口的协议栈需要兼顾易读性和效率,在不同的服务的域内,其接口协议可以不同。

本节所阐述的架构是整体网络的设计愿景。以平台化服务网络为目标,其在网络演进实现的过程中是逐步深化的。在基础网络的上层,如移动通信的核心网是平台化、服务化的突破点。一方面云化和虚拟化技术为资源的平台化打下了坚实的基础,另一方面其不同场景下的差异化控制更易于通过软件化的模块实现。

2.3 系统架构的数学模型

一个移动通信系统 $\bar{S}$ 可定义为一组服务集合 S 按照业务逻辑所构成的一个映射空间:

$$\bar{S} = s_1 \oplus \cdots \oplus s_i \oplus \cdots \oplus s_{|S|} \quad (1)$$

其中, 集合 S 由 $|S|$ 个服务 s_i 构成, 即:

$$S \equiv \{s_1, \cdots, s_i, \cdots, s_{|S|}\} \quad (2)$$

将一个业务流程 p (如寻呼流程、终端切换流程) 定义为一组服务的序列调用, 即:

$$p \equiv \{s_{p1}, \cdots, s_{pi}, \cdots, s_{p|p|}\}, \forall s_{pi} \in S \quad (3)$$

在移动通信系统 $\bar{S}$ 中, 所涉及的业务流程的集合为:

$$P(\bar{S}) \equiv \{p_{\bar{S}1}, \cdots, p_{\bar{S}i}, \cdots, p_{\bar{S}|P(\bar{S})|}\} \quad (4)$$

那么该系统 $\bar{S}$ 的“话务模型” $\overline{P(\bar{S})}$, 即在一定时间内平均所执行的业务流程 P 的频率, 可以描述为:

$$\overline{P(\bar{S})} \equiv \{\bar{p}_{\bar{S}1}, \cdots, \bar{p}_{\bar{S}i}, \cdots, \bar{p}_{\bar{S}|P(\bar{S})|}\}, \forall \bar{p}_{\bar{S}i} \in (0, 1], \quad (5)$$

$$\text{且 } \sum_{\bar{S}i=1}^{|P(\bar{S})|} \bar{p}_{\bar{S}i} = 1$$

一般情况下, 话务模型依赖于部署场景 (面向个人、面向某种行业专网)。为简化描述, 本文不作额外区分。

定义 A 为服务关联矩阵, 其元素 a_{ps} 表示流程 p 中调用服务 s 的次数。

$$A(\bar{S}) = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1|S|} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{|P(\bar{S})|1} & \cdots & a_{|P(\bar{S})||S|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ \vdots \\ s_{|S|} \end{bmatrix} \quad (6)$$

定义执行一个服务 s_i 的代价为 $C(s_i)$, 此处的代价函数 C 可按系统设计的目标需求, 定义为执行服务所需时间、消耗的计算量/碳排放、服务的复用度等。那么系统设计的目标即, 得到一组最优的服务设计, 使得系统 $\bar{S}$ 性能 (效用函数) 最优:

$$\arg \min_{\bar{S} \in \{S\}} \eta(\bar{S}), \eta(\bar{S}) \equiv \overline{P(\bar{S})} A(\bar{S}) C(\bar{S}) \quad (7)$$

3 平台化服务网络的设计

3.1 服务设计的原则

平台化服务网络以面向资源的一组“服务调用”替代传统面向流程的“信令交互”, 需要从现有流程中寻找服务定义的方式。即把若干种交互的消息, 分成 $|S|$ 个服务 (子消息集合), 每个服务的消息互不重复。这是一个“分堆问题” (set partitioning problem), 如人们所知, 这类问题是 NP 难问题。在不考虑其他约束的情况下, 其候选的分配数量 $\propto |S|^{|M|}$ 。在 4G 系统中^[5], 常用的交互类消息超过 200 个, 4G 系统消息数量见表 1。那么, 系统设计中的服务组合方式的数量已经超过了宇宙中的原子总数 (即 $10^{78} \sim 10^{82}$)。因此, 必须找到一种降低搜索空间的设计方式, 也就是找到合适的服务大小 (即消息归类、原子化服务的粒度) 定义的原则。

表 1 4G 系统消息数量

类型	消息数量	常用消息估计
GTP	135	84
Diameter	34	30
NAS	60	40
SIAP	71	50
合计	300	204

注: GPRS 隧道协议 (GPRS tunnel protocol, GTP), 非接入层 (non access stratum, NAS), SI 应用协议 (SI application protocol, SIAP)

从服务的定义出发, 可以得到如下 3 个服务定义的原则。

引理 1 自包含原则。一个服务的执行, 不应必然依赖于其他服务的执行。

定义服务的目的是灵活地按需配置, 如果一个服务 B 的执行必然依赖于另一服务 C, 即 B 和 C 在逻辑处理中是强耦合关联的, 则把 B 和 C 定义为不同的服务, 在增加服务调用链 (调用次数) 的长度的同时, 没有提升系统的灵活性。即若对任意 $A \rightarrow B$, 都会导致 $A \rightarrow B \rightarrow C$, 那么 B 和 C 应该合并为同一个服务。



引理 2 可重用原则。一个服务如果没有被一个以上的服务使用者调用，则其不应单独作为一个服务。

如本文第 1.2 节所定义，平台化服务网络的目标是通过平台化的能力，按需调用服务、构建网络。若某一“原子服务”A 单独存在，仅仅被唯一的服务 B 调用（在当前及可预期的业务逻辑下），这和服务的定义相违背。从系统的优化方面来看，服务 A 和任一服务融合在降低服务的数量（简化了系统设计）的同时，不会降低系统的平台化能力。因此优化设计的方案是不将 A 列为一个“服务”，其逻辑处理可与任一服务融合。

引理 3 独立性原则。不同服务间逻辑处理所涉及的状态存储是相互独立的。

不同服务间的状态独立存储，服务 A 的逻辑处理操作所更新的状态存储在服务 A 中，其状态数据不会存储在服务 B 中。在独立性原则下，服务可以进行独立的生命周期管理，即不同服务可以独立地部署、升级、迁移等。

“自包含”“可重用”“独立性”是服务设计的 3 个必要原则，可以避免过细的服务粒度设计，但会导致高的系统复杂性。在实际系统的设计时，可以基于上述三原则进行服务的初始优化设计，基于服务设计三原则优化服务粒度流程如图 6 所示。

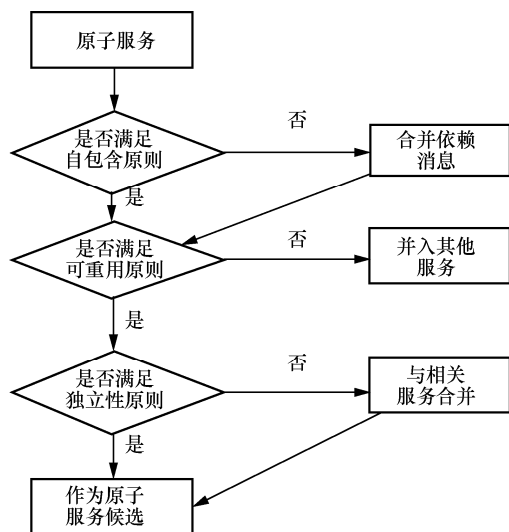


图 6 基于服务设计三原则优化服务粒度流程

3.2 核心网实践——5G 服务化架构

5G 独立组网架构实现了端到端 5G 能力，被认为是 5G 的目标方案。独立组网的标志性特征是有一个新的“网络大脑”——SBA 定义的核心网。在该设计中，通过“拆”将功能解耦为原子服务；通过“组”实现原子服务的有机组合；通过新型的 API 调用和协议栈实现灵活的“连”。对 5G 架构尤其是核心网的控制面进行了全新设计。5G 的 SBA 是平台化服务网络理念的第一个实践，也是移动通信系统历代架构的最大变革。

(1) SBA 的层次化设计

平台化服务网络是一个新的网络体系架构，传统网络以设备而非服务构成网络的基本元素。为实现网络从单体网元设备向服务的转变，首先将 4G 的网元的设备功能进行解耦重构。例如，对服务网关（serving gateway, S-GW）和分组数据网网关（packet data network gateway, P-GW）进行控制面和用户面的分离，对移动性管理实体（mobility management entity, MME）进行移动性管理和会话管理的分离，对用户的状态进行逻辑和处理分离（引入对结构化和非结构化两类数据标准化的存储结构）。

为避免服务种类过多而带来的系统复杂性，可以将相关的逻辑处理进行聚合，这是基于网络业务的消息交互机制进行设计的。在第 3.1 节所述三原则基础上，形成从服务操作到整个系统的层次化设计。这包括对状态机进行处理（称为“操作”）、多个对同一状态机进行的操作组成“服务”（本文也称为原子服务）、多个完成相关能力的服务组成“功能”、多个功能的有机组合形成“系统”（即总体网络架构）。SBA 中的层次化定义如图 7 所示。

(2) SBA 的服务框架

支撑网络以服务为基础构建成平台需要一套框架体系，用以实现服务的注册、发现、授权。服务管理框架功能示意图如图 8 所示。在 5G 的

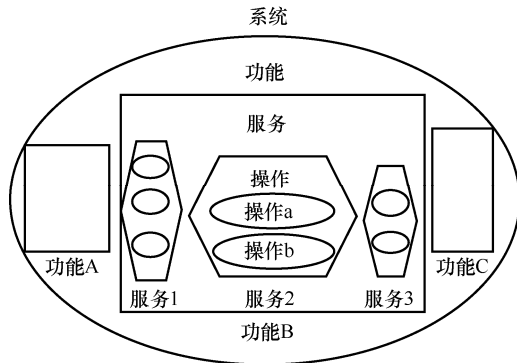


图7 SBA中的层次化定义

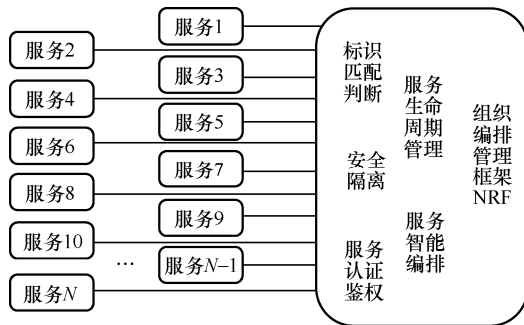


图8 服务管理框架功能示意图

服务化网络架构中，该框架以服务化的方式，通过引入网络存储功能（network repository function, NRF）解决该问题。网络服务能力原子化后，网络服务间交互数量剧增，服务快速寻址成为难点。基于 NRF 的服务管理框架可实现原子服务高效管理，包括能力敏捷扩展、业务流程实时可靠、交互安全隔离。服务框架具有如下 3 个方面的主要功能。

- 服务快速寻址，支持新服务快速上线：原子服务一旦部署，将自动注册到 NRF 供全网功能按需调用，NRF 对服务进行注册、更新等全生命周期管理。
- 对服务调用进行编排，实现业务流程实时可靠：编排面向多场景的业务流程，建立消息携带机制，提高交互效率及可靠性。
- 根据服务请求信息筛选查找结果，实现服务访问安全隔离：建立基于用户身份、位置、服务类型、切片标识的服务认证和授权机制，实现专网间服务差异化与隔离。

（3）SBA 服务的交互

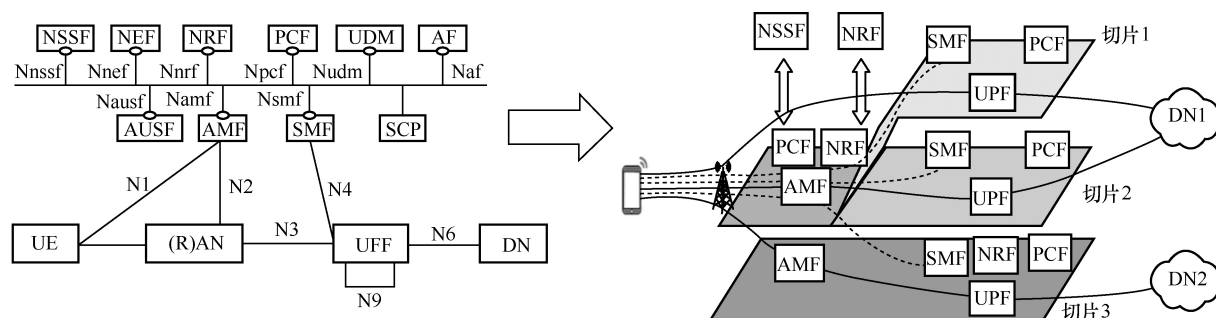
SBA 采用 API 调用、模块化的原子模块、基于 HTTP/HTTP2 的协议体系，通过 IT 化的架构、CT 化的机制，重构功能和连接，实现平台化的服务能力。将流程消息型接口完全打破，通过基于 HTTP/HTTP2 的协议将服务间的交互用 API 调用方式实现，通过 API 实现能力的自由调度和服务封装。

3.3 服务化架构的应用

SBA 是 5G 最重要的标志性创新之一，也是 5G 全面赋能垂直行业的基石。以 SBA 为基础，可以灵活设计差异化网络切片，按需生成不同行业专网，快速组建轻量级边缘计算网络^[6]。这些能力正是平台化服务网络的设计目标。5G SBA 及网络切片架构如图 9 所示。

5G 服务化架构对核心网的重构使得更灵活的分流控制、更分布式的数据转发成为可能。得益于此，“边缘计算”成为 5G 原生的能力。在 4G 时代，核心网的 S-GW 和 P-GW 是兼具控制面、用户面的复合网元，其部署位置也往往处于省中心等集中地点，不论是从成本还是机制上都无法实现网络边缘处的本地灵活分流。控制面的服务化，使得会话控制的功能从 4G 的 S-GW 和 P-GW 分离出来，形成相对简单的 5G UPF，并使得连接更加灵活。

网络切片是 5G 服务垂直行业的另一个代表性的能力。它通过定制化的功能组合、网络的隔离及 SLA 保障提供虚拟专网的服务。基于 SBA 按需编排网络服务，使得切片成为 5G 服务垂直行业的基本框架。在网络切片的实现中，如何确保终端正确、快速地选择相应的网络切片、实现终端业务隔离是其关键。除了按场景（如低时延网络、低功耗网络、大流量网络等功能）的定义，SBA 还定义了“NSSF 服务”，实现网络切片灵活选择。NSSF 具备全域的网络切片部署信息，基于终端上报的网络切片标识，判断当前终端可用切片列表并告知终端。通过网络切片标识将 5G 网



注：网络开放功能（network exposure function, NEF），网络仓库功能（network repository function, NRF），网络切片选择功能（network slice selection function, NSSF），策略控制功能（policy control function, PCF），会话管理功能（session management function, SMF），统一数据管理（unified data management, UDM），统一数据存储（unified data repository, UDR），用户面功能（user plane function, UPF），应用功能（application function, AF），用户设备（user equipment, UE），（无线电）接入网（radio access network, (R)AN），服务通信代理（service communication proxy, SCP）

图9 5G SBA及网络切片架构

络切片进行端到端连通，以切片为粒度进行资源保障和隔离，并实现管理与控制协同。

4 结束语

网络技术体系的变革发展一直是产业界关注的热点^[7-9]。性能的“确定性”往往导致资源分配问题成为NP难问题，而IP互联网所倡导的“尽力而为”则通过目标软化，使得应用极大便捷和丰富。数字化的发展使得信息通信网络的使命发生跃变。作为一个复杂的巨系统，其在不断扩展服务对象和范围边界的同时，网络体系结构的有序扩展、追求尽可能低的“网络结构熵”是整个产业界和学术界面临的重大挑战。

本文给出了移动通信变革性的设计模式，提出平台化服务网络的设计方向。5G是架构“服务化”的开始，SBA是控制面的服务化。6G将进一步深化平台化服务网络的实现，在面向5G-Advanced及6G发展过程中，已经呈现出服务化扩展的趋势，“服务化”在不同领域的设计和实现会有所不同。在用户面，UPF在3GPP的Release 18引入了服务化的信息开放接口^[10]。服务化的RAN也引发了广泛的研究和思考^[11]，其服务的设计、服务间交互的协议会随着接入网本

身性能和特点的不同而有所差异。“专网”是5G最主要的业务能力，是网络“平台化”的初步体现。5G网络架构的新设计影响深广，已经超越了移动通信系统本身。SBA、网络切片、边缘计算等技术，所引入的定制化、差异化、分布式能力，对网络运营平台、传输网络、互联网协议、云网络架构的发展都起到了巨大的促进和参考作用，这是前几代移动通信系统所没有做到的。

距离平台化服务网络的设计目标仍有很长的路要走。第一，网络的可定义性需要增强，网络服务提供商（运营商）提供平台服务，而用户应该成为网络的主人，基于服务的网络二次开发的能力仍然有限；第二，面向业务层的网络服务能力的开放需要增强，服务化网络的目标是支持丰富的网络应用形态，支持不断增强的多要素信息服务，这都依赖于通过面向业务层的服务提供给用户；第三，“平台化服务网络”的设计理念在5G核心网的控制面有了最先的突破，但其在移动通信系统的其他领域，用户面的转发、无线电接入网的基带处理、终端的灵活可定义都需要结合其领域技术的特点实现技术和应用的深化。

参考文献:

- [1] JOSH H. Internet traffic from mobile devices[R]. 2022.
- [2] Ericsson mobility report[R]. 2022.
- [3] United States Department of Defense. Strategy for operating in cyberspace[R]. 2011.
- [4] WANG X Y, SUN T, DUAN X D, et al. Holistic service-based architecture for space-air-ground integrated network for 5G-Advanced and beyond[J]. China Communications, 2022(1): 19.
- [5] 3GPP. General packet radio service (GPRS) enhancements for evolved universal terrestrial radio access network (E-UTRAN) access: TS 23.401 V14.2.0[S]. 2016.
- [6] 3GPP. System architecture for the 5G system: TS 23.501 V16.2.0[S]. 2019.
- [7] 刘韵洁, 黄韬, 汪硕. 关于未来网络技术体系创新的思考[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(1): 38-45.
LIU Y J, HUANG T, WANG S. Thoughts on innovation of future network architecture[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(1): 38-45.
- [8] 邬江兴. 论网络技术体制发展范式的变革——网络之网络[J]. 电信科学, 2022, 38(6): 3-12.
WU J X. Revolution of the development paradigm of network technology system—network of networks[J]. Telecommunications Science, 2022, 38(6): 3-12.
- [9] SCHURGOT M R, WANG M, CONWAY A E, et al. A dispersed computing architecture for resource-centric computation and communication[J]. IEEE Communications Magazine, 2019, 57(7): 13-19.
- [10] 3GPP. Study on UPF enhancement for exposure and SBA: TR 23.700-62[S]. 2022.
- [11] MAHMOUD H, AMER A A, ISMAIL T. 6G: a comprehensive survey on technologies, applications, challenges, and research problems[J]. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 2021: 1-14.

[作者简介]



王晓云 (1968—), 女, 中国移动通信集团有限公司教授级高级工程师、技术部总经理, 原创技术策源地总师, 新一代宽带无线移动通信网副总师, 新一代移动信息通信技术国家工程研究中心负责人, 主要研究方向为超大规模移动通信系统架构与组网等。



段晓东 (1977—), 男, 中国移动通信有限公司研究院正高级工程师、副院长, IMT-2030 (6G)推进组网络技术组组长, 主要研究方向为 5G/6G 网络架构、IP 新技术、IPv6、算力网络等。



孙滔 (1981—), 男, 博士, 中国移动通信有限公司研究院正高级工程师、首席专家, 3GPP SA2 副主席, 中国科学技术协会第十届全国委员会委员, 长期从事移动通信网架构、IP 新技术研究及国际标准化工作。