

## 5G 核心网服务化架构演进研究\*

王 恒

(中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209)

**摘 要:** 在 3GPP Release 15 阶段, 服务化架构项目主要完成了服务发现的机制, 但网元间通信采用的还是直接通信方式, 这种点对点的通信方式在未来复杂的网络环境中极难维护, 同时网元本身的可靠性也没有成熟的保障手段。主要研究 5G 核心网服务化架构演进方向, 具体分析基于服务通信代理的间接通信方式, 给出服务通信代理的优势与部署建议; 分析网元集合与网元服务集合的高可靠性机制, 给出网元卸载存储、转发功能以及专注计算的演进方向。

**关键词:** 服务化架构; 5G 核心网

**中图分类号:** TN915.01

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.16157/j.issn.0258-7998.200907

**中文引用格式:** 王恒. 5G 核心网服务化架构演进研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(11): 48-51.

**英文引用格式:** Wang Heng. 5G Core network service-based architecture evolution[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(11): 48-51.

## 5G Core network service-based architecture evolution

Wang Heng

(China Telecommunication Corporation Research Institute, Beijing 102209, China)

**Abstract:** In 3GPP release 15, service-based architecture work item mainly finished the mechanism of service discovery. However, communication between network functions is still in a direct way which adopts point-to-point pattern and is hard for operations in future complicated network environment. At the same time, there is no mature protecting measure for the reliability of network functions. This paper mainly studies on the evolution of service-based architecture in 5G Core. More specifically, it analyzes the indirect communication method based on service communication proxy and gives the advantages and implementation suggestions. Also, it analyzes the high reliability mechanism of the network function set as well as the network function service set and gives the evolution of network functions as focusing on computing and removing the functionalities of storage and switching.

**Key words:** service-based architecture; 5G Core

## 0 引言

服务化架构<sup>[1]</sup>(Service-based Architecture, SBA)是第五代移动通信系统(5G)核心网的重要特征。SBA在第三代合作伙伴计划(the 3rd Generation Partner Project, 3GPP) Release 15 阶段首次被提出, 主要将网络功能划分为可重用的若干个服务, 并且在服务之间使用轻量化接口通信, 目标是实现 5G 系统的高效化、软件化与开放化。在 3GPP Release 16 阶段, 服务化架构增强(enhanced Service-based Architecture, eSBA)项目在 SBA 的基础上继续增强了服务间通信的灵活性与可靠性。本文主要研究实现 eSBA 的关键技术与未来 5G 核心网基于 SBA 架构的演进方向。

## 1 基于服务通信代理的间接通信方式

在 SBA 架构中, 提供服务的一方被定义为生产者(Producer), 接受服务的一方被定义为消费者(Consumer)。

3GPP 定义了 4 种生产者与消费者之间的通信方式, 图 1(a)所描述的直接通信与图 1(b)所描述的基于服务发现的直接通信是相对成熟的两种通信方式, 尽管后者引入了网络存储功能(Network Repository Function, NRF)作为消费者发现特定生产者的一种手段, 然而后续通信过程本质上还是点对点的通信方式。

eSBA 在此基础上, 完善并增强了服务通信代理(Service Communication Proxy, SCP)的功能, 使得服务间的通信方式由直接方式变为间接方式。

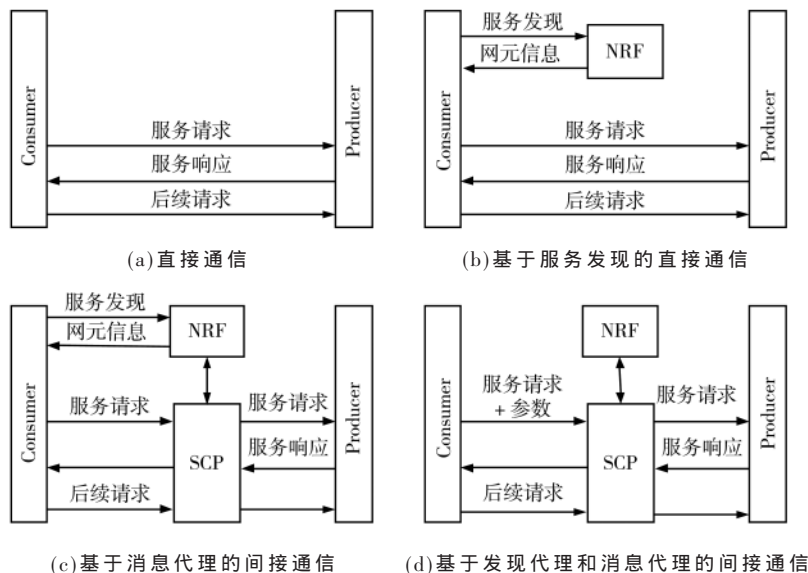
## 1.1 SCP 作为消息代理

如图 1(c)所示, 尽管服务发现的过程与图 1(b)相同, 但生产者与消费者之间不再直接通信, 二者之间的消息经由 SCP 转发以实现间接通信。

具体流程<sup>[3]</sup>如下:

(1) 消费者向 NRF 发送服务发现的请求消息, 消息中包含请求服务的类型、目标网元的类型以及消费者所

\* 基金项目: 国家科技重大专项课题(2017ZX03001015)

图1 SBA架构中的4种通信方式<sup>[2]</sup>

处网元的类型。此外,可以选择性地包含一些特定参数,如:数据网名称(Data Network Name, DNN)、单独的网络切片选择辅助信息(Single Network Slice Selection Assistance Information, S-NSSAI)、跟踪区标识(Tracking Area Identifier, TAI)等,用于选择符合当前业务的生产者。

(2)NRF 基于请求消息中的参数筛选其中存储的服务,将符合要求的网元实例返回给消费者,其中包括一组网元实例以及它们的可用周期,每个网元实例包括网元类型、网元实例 ID、网元实例的 IP 地址等信息。同时,也可选包含每个网元实例的负载、容量、优先级等信息。这些网元实例就是消费者将要通信的生产者。

(3)消费者经由 SCP 向生产者发送服务请求消息去请求相应的服务。如果不是第一次发送消息,消费者可以向 SCP 提供之前接收到的路由绑定指示。

(4)如果消息中携带路由绑定指示,SCP 便根据指示路由其中的消息。否则,基于 SCP 当前可用的路由信息进行路由。

(5)生产者通过 SCP 返回响应给消费者。

可以看出,此种通信方式中,SCP 仅仅体现了路由转发的功能。在实际部署中,SCP 可以起到隐藏两侧网络拓扑、收敛链路的作用。但本质上,服务发现与请求还是两个独立的过程,相对于图 1(b)的改动并不大。

## 1.2 SCP 作为服务发现代理与消息代理

如图 1(d)所示,SCP 不仅转发生产者与消费者之间的消息,还转发消费者向 NRF 发送的服务发现请求。在这种模式下,消费者不再直接给 NRF 发请求,所有从消费者发出的消息都经由 SCP 代理转发。

基于此,消费者可以将服务请求消息中同时携带服务发现的参数,SCP 读取服务发现的参数并构造服务发现消息发送给 NRF。NRF 返回结果后,SCP 直接将服务

请求消息发送给结果中网元实例所代表的生产者,生产者再通过 SCP 返回响应给消费者。

这种模式下,服务发现与请求对于消费者而言不再独立,消费者只关心是否有符合条件的生产者,而不关心这些生产者的位置、状态等信息。如何发现找到生产者以及与其通信的过程全部由 SCP 代理。生产者与消费者间的所有网络拓扑均被隐藏,链路极度收敛于 SCP。此时,所有生产者与消费者以及 SCP 将构成以 SCP 为中心的星型网络。

## 1.3 SCP 的演进方向

在 SBA 架构下,各网元功能趋于独立,导致网元数量增多,网元间交互增多。如果继续采用直接通信的方式,每个网元都需要实现一套独立的分发机制来处理大量的消息交互。而引入 SCP 后,将改善这种状况。

首先,SCP 隐藏了网络拓扑,并且 SCP 可以通过 NRF 知道各网元实例的负载、容量、优先级等状态。因此,各网元可以将负载均衡的分发部分卸载至 SCP,让 SCP 选择当前最优的实例接收消息,而网元本身专注于计算。实际组网中,只要网元与 SCP 连接,便可利用图 1(d)所述机制与 NRF 通信,进而与其他网元通信,这样的组网机制十分灵活。

第二,当众多消费者订阅了同一生产者的同一服务时,生产者在服务事件发生时,只需要向 SCP 发送一条消息,并携带所有消费者,抑或是 SCP 本身就维护了生产者与消费者的关系,SCP 便可以进行多次转发给所有的消费者,从而减少了消息从生产者本身发送的个数。诸如 Kafka、RocketMQ 等高吞吐量的分布式发布订阅消息系统<sup>[4]</sup>,便可实现此功能。

第三,SCP 可以划分用户组,如基于号段。对于一组签约信息相同的用户,SCP 可以使用同样的组策略,如路由方式、服务选择等,这样使得 SCP 在消费者发送请求时不用每次都去 NRF 查询。只要查询一次,SCP 便可以对其他组用户执行同样的操作,从而大幅减少与 NRF 的交互流程。

尽管如此,SCP 故障带来的影响将是灾难性的。由于 SCP 处于网络的中心,一旦发生故障,所有网元将无法基于服务化接口通信。所以,提升 SCP 的可靠性势在必行,一主一备或是多主多备的方式可以在一定程度上解决此类问题,但同时引入了更多的链路,找到它们的平衡点才能从根本上解决问题。

此外,在大规模的消息分发过程中,SCP 需要保证消息的时效性,即在消息转发过程中优先保证基础必选网元的消息收发,从而保证诸如注册、切换等流程的时间,进而保护用户的业务不受影响。而辅助类网元的消息转发可以是异步的,将同样的消息滞后发送至此类网

元,如网络数据分析功能(Network Data Analytics Function, NWDAF),用于大数据分析。

综上,虽然 SCP 带来了诸多便利,使组网更加灵活,但其可用性和可靠性却给网络带来了前所未有的挑战。

## 2 控制面网元高可靠性的实现

在 eSBA 项目中,网元集合(Network Function Set)与网元服务集合(Network Function Service Set)的概念借鉴了传统网元组 Pool 的思想,在软件层面,可以提供良好的负载均衡和容灾机制,提高了控制面网元乃至整个 5G 核心网的可靠性和稳定性。

### 2.1 网元集合

在 SBA 架构中,所有的控制面网元都可以组成网元集合,一个网元集合内的网元实例,在功能上完全相同、可以互相替换、共享上下文。

传统网元组 Pool 时,负载均衡机制发生在网元侧。以 4G 中移动管理实体(Mobility Management Entity, MME) Pool 为例, MME Pool 中所有 MME 需要与服务范围内所有 eNodeB 全互联, eNodeB 根据 Pool 内 MME 的权重,负载信息,选择一个最优的 MME 进行信令交互,而 MME 需要根据负载情况下发不同策略给 eNodeB,从而使 MME Pool 内网络负荷达到平衡。

对于网元集合, SCP 将在外部承担网络负载均衡和容灾的责任。而在其内部,网元集合可以根据当前各实例的负载情况执行不同的操作,根据不同的策略进行灵活的扩缩容。例如:当网元集合内的所有实例负荷均高于 70%,便在集合内拉起一个新的实例;当网元集合内的所有实例负荷均低于 30%,便在集合内删除一个实例。而当一个实例因发生故障不能处理业务时,因为其他正常工作的实例均与其等价,共享上下文,所以可以迅速响应并处理相应的业务。

### 2.2 网元服务集合

网元集合由多个网元实例组成,而一个网元实例中具有相同功能的一组网元服务实例可以组成网元服务集合,如图 2 所示。

网元服务集合的可靠性机制与网元集合相似。当网元服务实例发生故障时,优先从本网元服务集合中重新选择一个等价的网元服务实例;当所处网元服务集合故障时,从本网元集合选择其他等价的网元服务集合,进而选择一个等价的网元服务实例;当所处网元实例也故障时,需要从网元集合中选择其他网元实例,并从该网元实例中选择等价的网元服务集合,进而选择一个等价的网元服务实例。

### 2.3 基于网元集合的会话迁移

在 5G 核心网侧,承载用户会话的网元是用户面功能(User Plane Function, UPF),而控制会话的控制面网元是会话管理功能(Session Management Function, SMF),网元集合概念的引入使得 SMF 间的会话迁移成为可能。

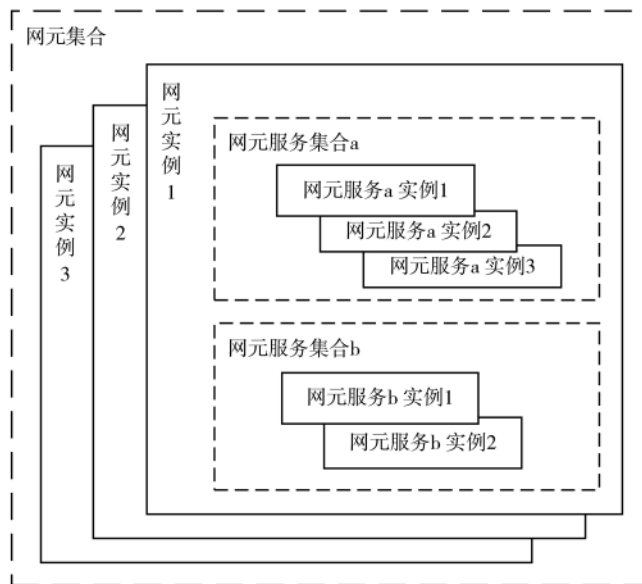


图 2 网元集合与网元服务集合

具体流程如下:

(1)当源 SMF 因某种原因不能再继续控制某个会话时,首先订阅接入与移动管理功能(Access and Mobility Management Function, AMF)中触发会话迁移的服务;

(2)AMF 等待用户设备(User Equipment, UE)进入空闲态或无线资源控制(Radio Resource Control, RRC)连接进入非激活态,通知源 SMF 开始会话迁移流程;

(3)源 SMF 告知 AMF 当前状态, AMF 通知目标 SMF 开始会话重建流程,消息中携带 SMF 改变指示;

(4)源 SMF 将会话上下文传送给目标 SMF,并释放会话,消息中携带期望重建会话指示;

(5)目标 SMF 跟据消息中携带的上下文向相同的 UPF 发起重建会话流程,保持分配给 UE 的 IP 地址不变。

基于上述流程,可以在 UE 无感知的情况下,会话控制由源 SMF 切换到目标 SMF。

### 2.4 控制面网元的演进方向

伴随网络功能虚拟化的引入,5G 网元与物理硬件全面解耦。尽管虚拟化层的可靠性及容灾机制可以在一定程度上维持网元的稳定运行,但网元承载业务的可用性还需要网元本身的机制来保障。

首先,网元集合和网元服务集合的引入更利于网元容器化的发展。在微服务架构<sup>[5]</sup>下,每个网元服务的实例将由独立的镜像生成,使用容器级的弹性资源。在一个网元内部,多个相同或不同网元服务实例运行在同一个 Pod 内,覆盖网元的所有功能。这些功能可以灵活组合,网元服务实例的数量也可以根据当前业务动态调整。当网元集合不能满足当前业务时或者占用的资源冗余时,网元集合可以通过动态的扩缩容来合理地分配业务与控制资源。相比于虚机方案的分钟级扩缩容,这种基于容器架构的动态操作一般在秒级完成,从而在较大



程度上避免业务损失。

第二,网元以网元集合的形式部署不仅可以配合 SCP 卸载传统网元的交换功能,也可以在一定程度上卸载存储功能。由于网元集合内各实例共享上下文,因此存储上下文的部分完全可以独立出来。上下文类的动态数据由于需要频繁地读取或更新,一般以非结构化的数据形式存储在内存或缓存中。当网元间网络足够可靠,那么这些非结构化的数据就可以统一存储在非结构化数据存储功能(Unstructured Data Storage Function,UDSF)中。上下文的读取和修改将以消息交互的形式发生在各网元与 UDSF 之间,网元实例本身将成为无状态化的专注于计算的功能实体,因而当某个网元实例发生故障时,其他实例可以快速承接其业务。

然而,当前有些功能的实现依然需要一些特定条件约束。例如基于网元集合的会话迁移,需要在 UE 处于空闲态时才能触发。这是由于当前机制下,网元集合间的上下文还未共享,会话需要先删后建,上下文需要以消息的形式传递,也就导致如果连接态也采用此种方式,用户的业务一定会中断。

总之,网元集合概念的引入使得网元业务逻辑部分趋于无状态化和微服务化,不仅提高了网元自身的灵活性和可靠性,也有利于网元软件的迭代、灰度发布等。

### 3 结论

未来,5G 将赋能千行百业,5G 核心网的系统架构势

必是灵活易变、稳定可靠的。SBA 架构及其演进的方向使得未来的 5G 核心网将根据行业与客户需求,以多种形式灵活地出现和部署。从架构角度看,各网元功能趋于细化独立,计算、存储、转发边界清晰。从软件角度看,网元集合的机制进一步提高了系统的可靠性与可扩展性。5G 核心网将不仅具备传统通信网络迅速、准确、安全、方便等特征,还同时具备互联网技术使能迭代快、灵活定制、高度自动化等向智能网络发展的特点。

### 参考文献

- [1] 李海民,何珂.持续演进的 5G 服务化网络架构[J].邮电设计技术,2018(11):29-34.
- [2] 3GPP TS 23.501 v16.5.1.System architecture for the 5G system; stage 2[S].2020.
- [3] 3GPP TS 23.502 v16.4.0.Procedures for the 5G system; stage 2[S].2020.
- [4] 刘耀,金跃辉,崔毅东.发布订阅系统中高效消息投递机制的研究[J].网络新媒体技术,2015,4(1):15-23.
- [5] 郝庭毅,吴恒,吴国全,等.面向微服务架构的容器级弹性资源供给方法[J].计算机研究与发展,2017,54(3):597-608.

(收稿日期:2020-09-18)

### 作者简介:

王恒(1993-),男,双硕士,工程师,主要研究方向:5G 核心网、网络功能虚拟化。

(上接第 47 页)

话请求至锚点 SMF,锚点 SMF 选择本省 UPF 做用户面的锚点。通过 I-SMF 和 UPF 的插入,就实现了用户在拜访地接入建立 PDU 会话时,用户流量回归本地的目的<sup>[3]</sup>。

### 6 结论

在 R15 版本的网络上支持 ETSUN 功能,对网络架构没有影响,只需要对 R15 版本的 AMF、SMF 和 UPF 以及彼此之间的接口进行功能增强。AMF 需要根据从 NRF 或其他 AMF 上获取的 SMF 信息,判断是否需要插入 I-SMF,进而发起 I-SMF 发现流程。AMF 与 SMF/I-SMF 之间的 N11 接口需要区分是发给 I-SMF,还是发给锚点 SMF;同时发送至 I-SMF 的激活消息中,需要携带锚点 SMF 的 URI 信息。SMF 功能增强包括在 I-SMF 可被插入、移除或重定位的场景中,作为 I-SMF 服务 PDU 会话,支持 N16a 接口、N38 接口和 N4 接口增强,管理从 UPF 或从外部数据网络获取的 UE IP 地址。I-SMF 管理的 UPF 功能也要加强,包括响应 SMF 的请求,为用户分配 UE IP 地址或 IPv6 前缀。在会话建立时和 TA 发生改变时,作为中间 UPF 被插入。中间 UPF 应支持通过 N3/N9 接口分别连接 RAN 和锚点 UPF,完成数据传输和数据

缓存。

随着 5G 网络的商用,5G 应用场景变得越来越丰富,用户回归本地路由和连续跨区切换的场景越来越多。例如车联网场景中,高速公路上的汽车很容易发生连续跨 SMF 区域的切换;而企业生产数据远程访问和远程办公的需求也越来越普遍。因此,基于 R15 版本引入 ETSUN 非常必要。

### 参考文献

- [1] 3GPP TS 23.726 V16.0.0.Study on enhancing Topology of SMF and UPF in 5G networks(release 16)[S].3GPP.2018.
- [2] 3GPP TS 23.501 V16.5.1.System architecture for the 5G system;stage 2(release 16)[S].3GPP.2020.
- [3] 3GPP TS 23.502.V16.5.0.Procedures for the 5G system; stage 2(release 16)[S].3GPP.2020.

(收稿日期:2020-10-10)

### 作者简介:

邢燕霞(1972-),女,硕士,高级工程师,主要研究方向:移动通信网络架构和关键技术、网络运营与管理。

聂衡(1976-),男,硕士,高级工程师,主要研究方向:移动通信网络架构和技术及其标准化、网络发展规划。

## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所