



网络

5G SA 核心网融合计费方案设计与实践

毛东峰, 姜松, 王晴

(中国电信集团有限公司, 北京 100033)

摘要: 针对大型 SA 网络直接通信组网及运营商融合计费面临的挑战, 在分析现有标准无法满足大型运营商融合计费需求的基础上, 提出了 SCP 和定制 CG 联合组网的核心网融合计费方案, 比较了几种组网方案的优缺点并给出了目标演进方案。最后, 描述了融合计费方案在商用网络中规模部署的实践经验。

关键词: SCP; 融合计费; CG; CHF; 5G SA

中图分类号: TN929.5

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022114

5G SA converged charging project design and practice

MAO Dongfeng, JIANG Song, WANG Qing

China Telecom Group Co., Ltd., Beijing 100033, China

Abstract: There are some challenges of direct communication and converged charging in large SA network construction to be solved. A converged charging project based on SCP and customized CG was proposed, following by analysis of how to meet converged charging requirements of large operators. Technology details of several cases and presents target evolution were compared. Finally, the deployment practice in commercial construction was described.

Key words: SCP, converged charging, CG, CHF, 5G SA

0 引言

5G 作为众多新兴产业的基石技术、新型经济发展的支柱, 成为国家“新基建”的先行基础设施代表。独立组网 (standalone, SA) 的技术标准, 更是对移动通信革命性的演进。虽然 SA 支持网络切片、边缘计算等新特性, 具有赋能垂直行业的天然优势。但是, SA 核心网基于原生云的服务化架构, 在变革传统“烟囱”架构的同时, 也给部署和运营带来了

诸多挑战。

2019 年 9 月冻结的 3GPP SA 核心网 Rel-15 版本规范了核心网元间采用直接通信模式, 该模式适合规模较小的网络, 对于大型 SA, 全互联的网元连接数量多, 导致组网复杂、可靠性难保障、维护管理难度大等问题。另一方面, 全新的融合计费模式使得网络侧没有全量话单, 影响计费的准确性。针对上述问题, 本文在标准演进基础上, 结合运营商自身特点, 提出了大型 SA 融合计费方案, 率先引入 SCP 和

自主创新 CG, 并进行了规模商用实践, 验证了方案的有效性和先进性。

1 大型 SA 面临的挑战

1.1 直接通信规模组网复杂

3GPP Rel-15 版本作为 5G 的阶段 1, 主要聚焦在 5G 功能的最小集, 重点围绕服务化架构 SBA 基础功能和基本业务功能展开标准化, 目标是提供一个可运转的系统。标准定义了 SA 核心网络初期采用直接通信模式^[1], 由服务消费者和服务生产者直接交互业务, 通过 NRF 服务管理实现网元间的直联通信。该模式对于业务量小、规模较小的网络来说, 提高了通信效率, 具有一定优势。但对于大型 5G 运营商来说, 存在以下问题和风险。

(1) 组网复杂, 网元所需资源规划难度大

大型运营商移动网络覆盖广、网元数量多, 一般采用分地域部署的方式。不同网元数量对应的互联连接数见表 1, 仅以 AMF/SMF 与 UDM/PCF 互联的服务化接口为例, 可看出网元间全互联连接数量大、组网复杂。另一方面, 云化部署促使每个网元需要根据连接数规划网元内部虚拟化处理资源, 而传统网元规划方法一般按用户业务容量确定所需虚机数量, 导致实际部署的虚机所能提供的连接数不满足与外省网元互联连接数要求, 还需要额外部署一定数目的虚机满足连接数要求, 这给网络资源规划和扩容带来了难题。

(2) 网络故障无法隔离

单网元故障全网感知如图 1 所示, 在某省 UDM 单网元故障的情况下, 与其互联的网元包括

其他省的 AMF/SMF 都将感知, 告警数量成倍增加, 尤其在漫游等场景下故障定界定位需要基于多网元信令进行关联分析, 给现有运行维护机制带来了挑战。

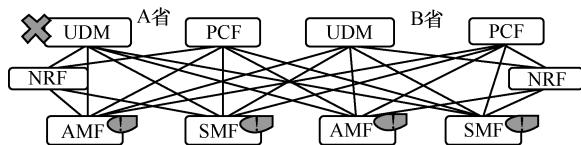


图 1 单网元故障全网感知

(3) 路由控制分散, 网元间耦合度高

直联方式难以进行统一的路由策略控制、信令采集跟踪管理。当网络中单一网元业务变更时, 涉及对端网元也需要进行对接调整, 单网元在直联时还需要考虑跨厂商的差异性, 协调管理难度大。

(4) 网络安全风险

直接通信的网元仅具备基本防护和流控策略(如总的速率、总的请求数等), 无法针对单个连接部署精细安全防护及负载均衡策略, 因此网络单点故障或局部流量异常将影响全网, 甚至产生网络信令冲击, 存在巨大隐患。

1.2 融合计费新要求

5G SA 计费架构较 4G 发生了巨大变化, 由在线计费与离线计费分离的模式向融合计费演进^[2], 通过新引入的 CHF 网元提供在线和离线计费功能, 从而 Gy 和 Ga 口统一为服务化接口 Nchf。4G 与 5G 计费架构对比如图 2 所示, 计费消息由核心网 SMF 产生后统一发送给 CHF 处理^[3]。之所以采用新的融合计费架构, 主要是 SA 提供超过 1 Gbit/s 的下行速率、上行速率达到 100 Mbit/s 以上, 将为自动驾驶、远程医疗和工业物联网等应用高度依赖高可靠和低时延的网络连接提供高速公路。

表 1 不同网元数量对应的互联连接数

UDM/PCF 数量 m	AMF/SMF 数量 n	直接通信连接数 (假设每个网元和对端平均建 16 个连接, 含客户端和服务端)	平均每网元连接数
100	200	$100 \times 200 \times 16 = 320\,000$	$320\,000 / 300 = 1\,067$
300	500	$300 \times 500 \times 16 = 2\,400\,000$	$2\,400\,000 / 800 = 3\,000$



传统在线离线分离的计费框架以及 4G 高性价比流量套餐为主的计费模式, 已无法满足这些业务通信场景的需求, 且不易凸显 5G 的价值。因此, 借助融合计费架构, 实现多量纲计费、多层次的新模式(如定价量纲、计量量纲、管道控制量纲等), 是运营商充分体现 5G 业务品牌以及服务差异化的关键手段。

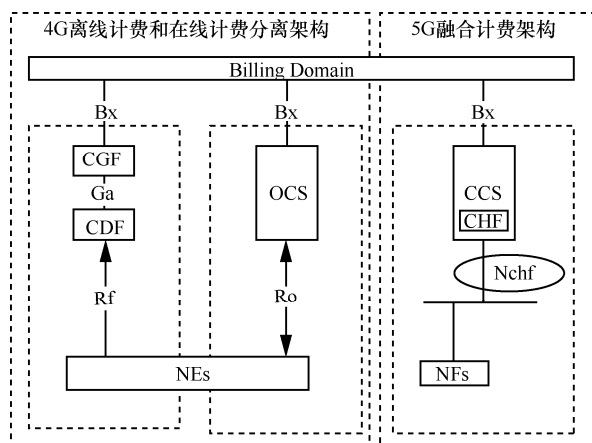


图2 4G与5G计费架构对比

一直以来, 计费由于直接影响客户体验, 运营商对计费有严格的流程, 包括异常话单计费、审计稽核、计费对账、漫游结算等方式确保计费的准确性、时效性。然而, 现有 SA 计费新架构中, 核心网侧没有存储原始话单的网元, 在网络异常或漫游场景下存在计费信息丢失、跨省漫游无法结算等问题, 成为规模商用亟待解决的重要问题之一。

2 大型 SA 网络中融合计费方案设计

综上所述, SA 融合计费架构对核心网侧提出

了挑战。一方面, 核心网侧缺乏原始话单, 无法满足电信级计费的严格要求; 另一方面, 核心网侧计费触发 CTF (charging trigger function) 网元与计费域 CHF 之间的全互联通信方式, 不可避免面临直接通信的各种风险, 且涉及跨两个管理域, 问题更为严峻。因此, 有必要对大型 SA 网络中的融合计费方案进行创新设计。

2.1 融合计费方案思路

根据 3GPP 标准定义, SA 计费信息从核心网侧产生, 只有在近源端, 才能保证话单更准确, 因此有必要在核心网侧部署相关网元来存储原始话单。借鉴 4G 网络结构, 在 SA 核心网中部署 CG 网元, 但区别于 4G CG 只存储离线计费话单功能, SA 中的 CG 需支持离线计费和在线计费的原始话单生成, 从计费触发功能 CTF 接收计费消息, 生成 CDR 并存储话单, 为异常场景下计费准确性提供稽核手段。

同时为了解决计费消息跨核心网域和计费域转发的复杂性和安全风险, 可以在计费接口上先行引入 SCP 网元。考虑到我国 SA 商用部署早于 Rel-16 冻结时间, 整理架构和网元功能主要基于 Rel-15 展开, 无法完全参照 Rel-16 定义的间接通信模式, 因此需要对计费接口涉及网元和 SCP 的功能和流程进行简化和定制, 满足 5G 业务快速上线需求。

2.2 融合计费组网方案

在确定引入 SCP 和 CG 以后, 结合中国电信核心网分省部署特点, 并考虑后续信令网的演进, 总结出以下 3 种组网方案。

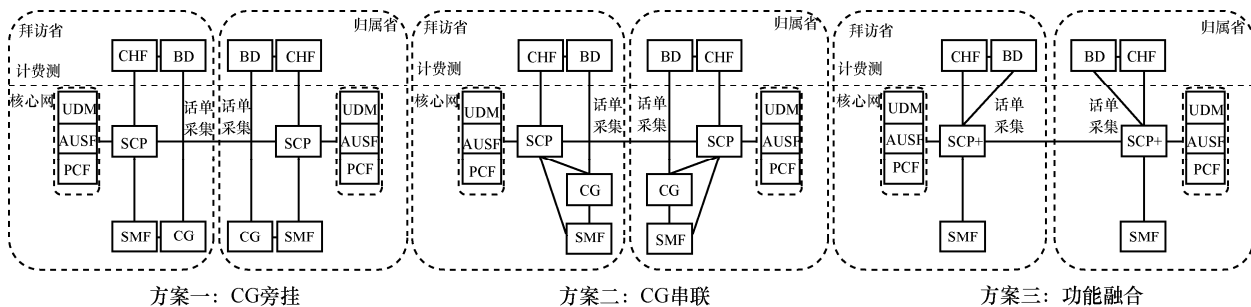


图3 3种组网方案

方案一中, CG 继承 4G 部署, 采用旁挂 SMF 的方式存储话单; SCP 串联在 SMF 和 CHF 之间, 实现计费消息路由转发, 后续 SCP 可以接入信令网其他网元, 符合标准定义的间接通信机制。该方案的架构最合理, 且易于核心网整体演进到间接通信组网, 但 SMF 需要新增与 CG 的非标准接口与流程实现, 短期内无法提供对应产品, 无法满足商用时间要求, 因此, 可以作为目标架构进行推进。方案二中, CG、SCP 均串联在 SMF 和 CHF 之间, 而信令网其他网元后续可直接连接 SCP, SMF 除了需要静态配置下一跳, 基本上没有额外的功能要求。因此, 该方案是初期部署比较合适的选择, 定制功能集中于 CG, 其他网元为 Rel-15 标准网元, 融合计费业务能够快速上线, 便于未来向核心网间接通信演进。方案三, SCP 融合 CG 存储话单的功能, 接连核心网各网元, 虽然从组网上最简洁, 但功能融合后, 对后续演进有较大影响, 因此, 暂不考虑。SCP 和 CG 组网方案对比见表 2。

通过技术研判, 商用初期采用方案二更有优势, 因此电信对 SCP 和 CG 的功能实现作了进一步的增强和细化, 通过静态配置方式避免了对现网 SMF 的影响, 解决了网络面临的困境。在 3GPP Rel-16 版本框架下, 企标规范了 SCP 在融合计费消息流程的功能性能, 并引导主流设备提供商进行了研发。同时, 为了满足大网运营维护要求,

定义了 SCP 的负载均衡、过载保护等机制用于抵御信令风暴各种网络异常, 提升了网络健壮性和业务保障能力, 也为后续核心网 4/5 融合演进、网络切片等 5G 新特性支持提供基础。而 CG 缺乏现有标准支持, 企标在吸取 4G 网络和运维经验基础上结合 5G 场景, 对 CG 核心功能 (CDF、CGF、CMF 等)、计费流程实现、融合计费原始话单生成、异常话单处理机制等均进行了详细规范, 以满足审计稽核、计费对账、漫游结算等需求, 推动厂商设备尽快研发及落地, 其事实成果可向国际标准输出, 为大型运营商运营提供借鉴。

3 融合计费方案部署实践

中国电信的 SA 网络于 2020 年 11 月在全国 300 多城市正式商用, 满足 3.5 亿多 4G/5G 用户升级 SA 需求, 促进了 5G 套餐的快速增长。商用网络中, 采用的融合计费架构如图 4 所示。SA 核心网元分省部署, 每个省份的 SMF 作为 CTF 产生融合计费消息, 并转发给 CG 网元。CG 网元根据业务量部署多套, 支持计费数据功能 CDF (charging data function)、计费网关功能 CGF (charging gateway function)、计费消息功能 CMF (charging message function) 等功能, 存储计费话单, 并将融合计费消息转发给 SCP。其中, CMF 支持路由转发 SMF 与 CHF 之间的计费消息, 同时支持将消息发送给 CDF 产生 CDR; CDF 根据

表 2 SCP 和 CG 组网方案对比

方案	方案一	方案二	方案三
组网方式	CG 旁挂方式	CG 串联方式	SCP 与 CG 功能合一为 SCP+网元
架构	类似 4G 架构, CG 是话单存储网元, 旁挂对计费消息主转发路径无影响, 网元功能定位清晰	CG 作为话单存储网元, 串接在计费消息转发路径上, 需要支持消息转发功能	话单存储、路由转发功能合一, 组网简单
功能	需要定制 SMF 网元接口, 支持 CG 旁挂计费消息的复制等功能	SMF 无需定制, 只需定制 CG 网元	SCP+需要定制, 功能融合影响后续 SCP 网元演进
计费	满足计费全消息交互、异常计费、省间漫游结算需求, 时延相对较小	满足计费全消息交互、异常计费、省间漫游结算需求, 时延由于 CG 的串联, 略大	满足计费全消息交互、异常计费、省间漫游结算需求, 时延相对较小
安全	故障点少, 可靠性高	CG 故障仅影响计费消息, 通过优化设计容灾方案提升可靠性	故障点少, 可靠性高



计费消息产生相应的 CDR；CGF 从 CDF 接收 CDR，生成话单文件并存储。

各省根据业务量至少部署两台 SCP，通过 1+1 负荷分担进行容灾备份，各省 SCP 间网状互联，并根据 SUPI 号段、IP 地址段等信息对计费消息进行路由，转发 SMF 和 CHF 之间的计费消息，实现用户计费消息转发回归属省的计费要求。

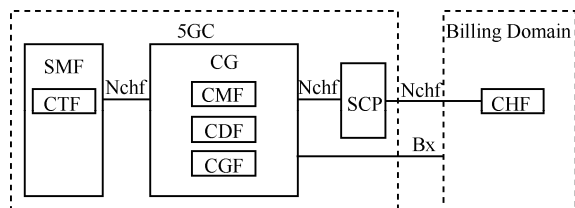


图4 融合计费架构

SCP 和 CG 与核心网其他网元一样，采用虚拟化和服务化架构，基于通用的硬件设施实现硬件资源共享，软硬件模块化，互不依赖。网元具备弹性能力，灵活进行资源调配。具备自动远程将软件运营安装到通用硬件上并进行自动管理的能力，相比传统物理平台部署实现了极大效率提升。

（1）网络连接数大幅降低

如果采用直接通信， m 套 SMF 和 n 套 CHF 之间的连接数将达到 $16mn$ 个，而部署 r 套 SCP 汇聚后，SMF 和 CHF 之间的连接数仅为 $16 \times (m+n) + 8 \times r \times (r-1)$ 个。直接通信与间接通信网络连接数随网络规模变化情况如图 5 所示，部署的 SCP 数量分别为 1、5、10、20 的情况下（一般 r 远小于 m 和 n ），随着网络规模不断增长，直接通信连接数成指数级增长，而间接通信连接数增长缓慢。相同网络规模下，SCP 部署后网络连接数量大幅减少 70% 以上。

（2）支持实时融合计费

在线计费消息和离线计费消息，端到端转发时延均在百毫秒以内，为后续 5G 大带宽、低时延新连接应用的灵活计费策略提供保障。

（3）故障隔离提升可靠性

当 CHF 故障时，仅直连 SCP 感知故障并产生

告警，CG 等其他网元没有感知，相比直接通信组网，告警量大幅减少。根据 SCP 和 CG 的告警统计可知，当 CHF 故障时，只有 SCP 产生告警，CG 不会产生告警，实现了故障隔离。

（4）统一负载均衡

SCP 侧统一配置 CHF 的负载均衡策略，无须全网 CG/SMF 支持，实现更简单。同时，SCP 支持 CHF 主备、负荷分担等多种容灾机制，当 CHF 网元割接或者容灾方式发生调整时，仅需要 SCP 配合，无须周边网元协同，可将影响范围控制到最小。

（5）提升网络安全性

通过 SCP 可区分计费侧和网络侧 VPN，实现跨网络间的逻辑隔离独立，同时可屏蔽计费侧异常对核心网侧的影响。SCP 作为信令汇聚点，易于叠加信令过滤、策略控制等功能，进一步提供信令防火墙的能力，增强了网络的安全性。

（6）路由数据集中配置

全网路由数据集中于 SCP 进行配置，减少其他网元配置和缓存的必要性，降低其他网元设备消耗和误配概率，有效提升网络资源效率。

4 结束语

在 SA 商用初期，中国电信率先将 SCP 引入融合计费信令组网方案中，是对间接通信技术的有益探索和实践，核心网域 CG 的部署为融合计费方案提供了更多的解决思路。随着 3GPP Rel-16 标准的冻结和 SA 信令网元对间接通信的功能支持，拥有大型 SA 网络的运营商将会选择在信令网中引入间接通信（欧美主要运营商已经将 SCP 纳入网络建设必选），利用 SCP 作为控制面信令转发枢纽，协同网管、第三方平台集中增强 E2E 运维，在信令监控、统一运维、安全等领域构筑能力，进一步提升运维效率，为 SA 高效组网发挥关键作用。中国电信基于现有成果，已先行开展基于间接通信的核心网架构演进的研判与验证，包括信令网重构、间接通信与直接通信混合

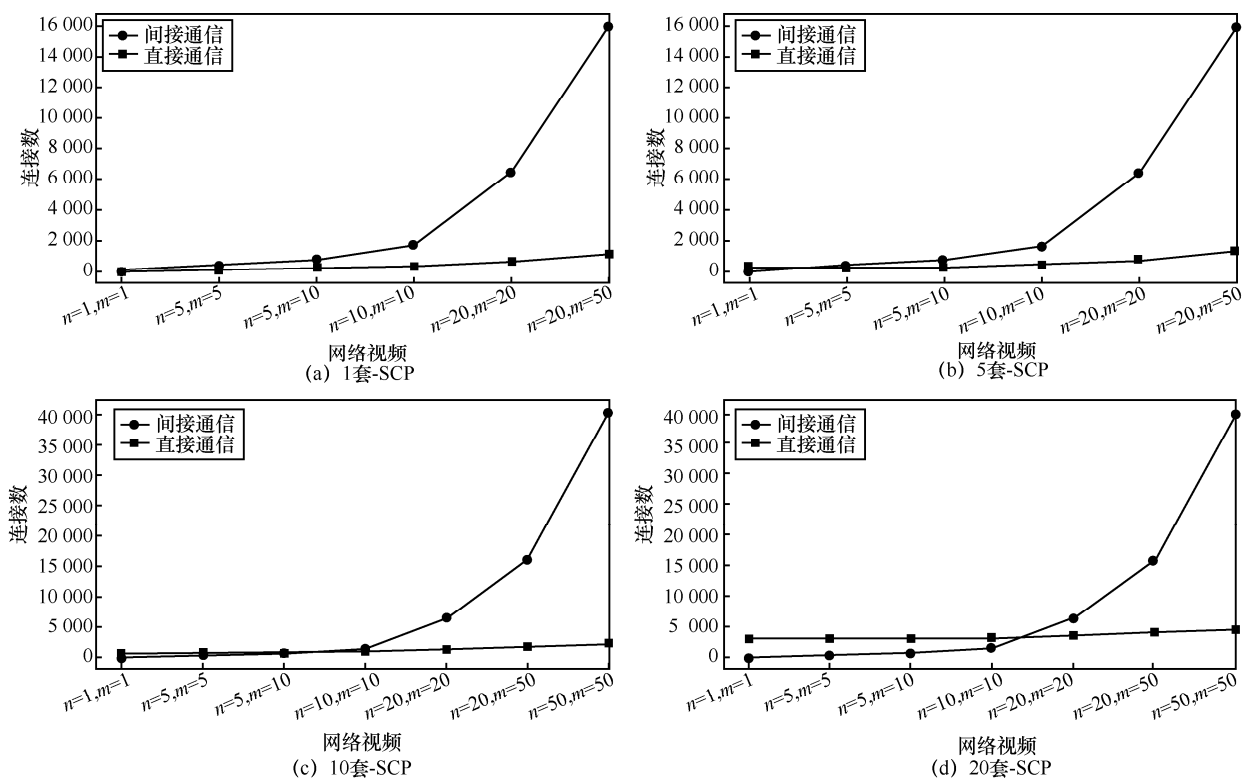


图5 直接通信与间接通信网络连接数随网络规模变化情况

组网、信令域与计费域融合组网、4G/5G 融合组网、间接通信容灾组网等，明确将在信令网部署间接通信，持续引领 SA 核心网创新实践。

另一方面，针对 SA 互联网应用及垂直行业的多量纲计费场景（如网络切片、MEC 等）需求，中国电信也已开展整个计费域重构的研判与试点，依托“青年一派”品牌推广，通过建设全国集约新销售平台，屏蔽省间差异，实施全网灵活、统一的计费策略（如时段、位置、特定业务、QoS 等级等），实现计费域的同步演进。相关成果都将体现完善在企业标准中，并向国际标准进行推广输出。

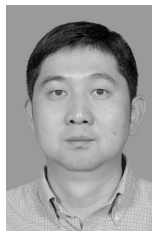
参考文献：

- [1] 3GPP. 3rd Generation partnership project; technical specification group services and system aspects; system architecture for the 5G system stage 2 (release 15): TS 23.501 V15.4.0[S]. 2018.
- [2] 3GPP. 3rd generation partnership project; technical specification group services and system aspects; telecommunication management; charging management; charging architecture and principles (Release 16): TS 32.240 V16.0.0[S]. 2019.

principles (Release 16): TS 32.240 V16.0.0[S]. 2019.

- [3] 3GPP. 3rd generation partnership project; technical specification group services and system aspects; telecommunication management; charging management; 5G system charging service Stage 3 (Release 16): TS 32.291 V16.1.1[S]. 2019.
- [4] 3GPP. 3rd Generation partnership project; technical specification group services and system aspects; system architecture for the 5G system stage 2 (Release 16): TS 23.501 V16.6.0[S]. 2020.

[作者简介]



毛东峰（1973—），男，中国电信集团有限公司云网运营部副总经理，主要研究方向为移动通信、云网融合、数据通信等。

姜松（1978—），男，中国电信集团有限公司云网运营部处长，主要研究方向为移动通信、云网融合、数据通信等。

王晴（1983—），女，中国电信集团有限公司云网运营部高级项目经理，主要研究方向为移动通信、云网融合、数据通信等。