



5G 端到端网络协同关键技术

刘义亮, 李鑫, 薄开涛

(中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳 518055)

摘要: 5G 网络时代的到来对电信运营商的网络提出了更高要求, 主要从 5G 端到端网络协同关键技术角度阐述无线接入网、承载网、核心网在网络切片方面的现状、整体协调架构及关键能力, 介绍了端到端切片的实际案例场景, 助力运营商网络成功转型, 完成一网多用, 降低网络建设成本, 提升差异化服务能力。

关键词: 端到端网络协同; 网络切片; 切片编排系统; SLA

中图分类号: TN915

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020040

End-to-end network collaboration in 5G networks

LIU Yiliang, LI Xin, BO Kaitao

ZTE Corporation, Shenzhen 518055, China

Abstract: The advent of 5G network era puts forward higher requirements for telecom operators' networks. The current situation, overall coordination framework and key capabilities of wireless access network, bearer network and core network in network slice were mainly described from the perspective of 5G end-to-end network coordination key technology, the actual case scenario of end-to-end slice was introduced, helping operators to successfully transform the network, one network multi-purpose was completed, network construction cost was reduced and differentiated service capacity was improved.

Key words: end-to-end network collaboration, network slicing, slicing orchestration system, SLA

1 引言

5G 网络时代的愿景是推动人类社会迈向万物互联, 打造创新驱动的数字化时代。从 4G 网络的“流量”经营为主体、以“智能手机”为载体的网络需求, 转变为“万物互联”以服务中心的网络需求, 需要同时满足多元化应用的差异化

SLA (service level agreement, 服务等级协议) 需求, 例如自动驾驶、远程医疗、智慧城市、VR (virtual reality, 虚拟现实)/AR (augmented reality, 增强现实)、超高清视频等应用, 并确保同时实现多元化应用的性能要求和高用户体验。

5G 网络 3 种典型的场景为: eMBB (enhanced mobile broadband, 增强移动宽带)、uRLLC

收稿日期: 2019-06-11; 修回日期: 2020-02-10

基金项目: 国家科技重大专项基金资助项目 (No.2017ZX03001016)

Foundation Item: The National Science and Technology Major Project (No.2017ZX03001016)

(ultra-reliable and low latency communication, 超高可靠与低延迟的通信)和 mMTC (massive machine type communication, 海量机器类通信)。

因此需要将网络资源灵活分配、网络能力灵活组合, 基于一张 5G 网络虚拟出多个具备不同特性的逻辑子网络, 提供面向不同场景的按需定制网络服务。

2 网络切片需求

2.1 标准进展

与切片相关的行业组织和标准组织如图 1 所示, 其关系如下。

- 5GAA (5G Automotive Association, 5G 汽

车联盟)、ZVEI 等组织从垂直行业角度描述对切片的需求。

- GSMA、NGMN 和 TMF 等从运营商角度描述对切片的需求。

- 3GPP、BBF、IETF、ETSI 等标准组织主要定义切片的架构、功能、流程和接口等。

其中, 3GPP 主要定义了 AN (access network, 接入网)、CN (core network, 核心网) 的切片以及切片的管理架构。BBF 定义了传输的切片要求和功能。ETSI 描述了网络切片如何与网络服务进行部署映射。标准已经定义的网络管理系统与切片管理对象的关系如图 2 所示。

CSMF 管理通信服务 (CS), 将通信服务模板

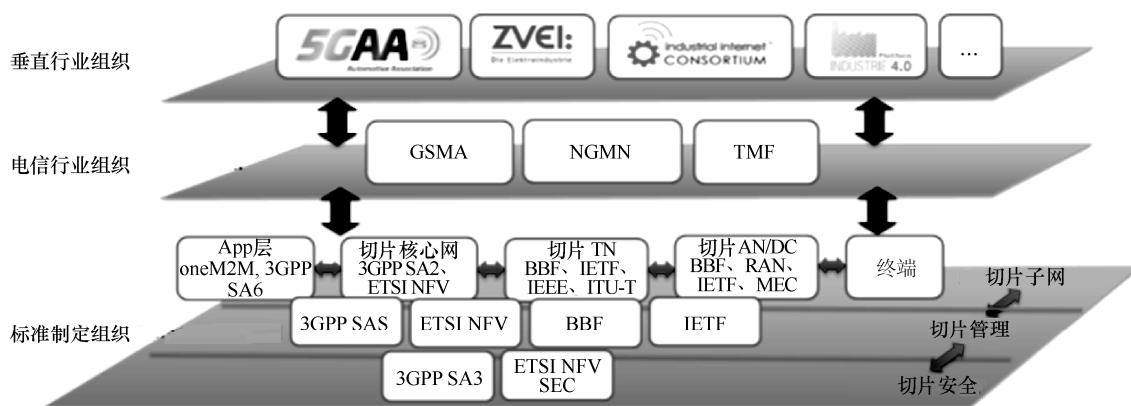


图1 行业组织和标准组织关系

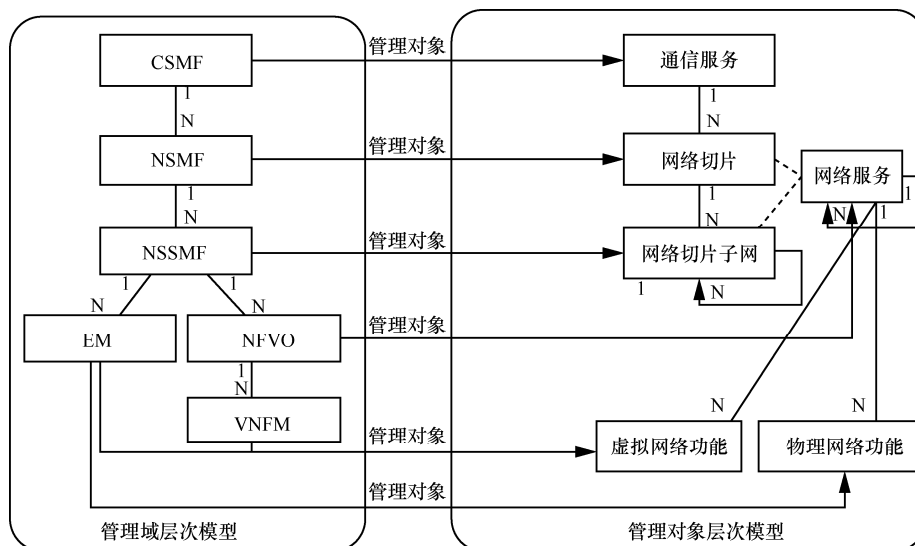


图2 切片管理系统与切片管理对象的关系



定义为 CST，将通信服务实例定义为 CSI。一个通信服务可以由 1~N 个网络切片构成。NSMF 管理网络切片 (NS)，将网络切片模板定义为 NST，网络切片实例定义为 NSI。一个网络切片可以由 1~N 个网络子切片构成。NSSMF 管理网络切片子网 (NSS)，包括 AN、CN 和 TN，将网络切片子网模板定义为 NSST，网络切片子网实例定义为 NSSI。一个网络子切片可包含 0~N 个内嵌子切片。一个网络切片包含 1~N 个网络子切片，涉及的虚拟资源信息最终可映射为 1~N 个网络服务进行部署。NFVO 管理网络服务 (NS)，将网络服务模型定义为 NSD，将网络服务实例定义为 NS。

2.2 切片技术需求

5G 切片可以根据垂直行业（如 AR/VR，车联网）、地域（省市、全国或热点区域）、虚拟运营商等维度进行部署划分，而且切片编排涉及无线网、传输网和核心网等，各网络设备可以由不同的设备厂商提供。

网络切片整体技术需求包括无线、传输、核心网域切片使能技术，网络切片标识及接入技术，网络切片端到端管理技术，网络切片端到端 SLA 保障技术 4 项关键技术。其中，无线、传输、核心网域切片使能技术作为基础支撑技术，实现无线、传输、核心网的网络子切片实例；网络切片标识及接入技术实现网络切片实例与终端业务类型的映射，并将终端注册至正确的网络切片实例；网络切片端到端管理技术实现端到端网络切片的编排与管理；网络切片端到端 SLA 保障技术可以对各域网络性能指标进行采集分析和准实时处理，保证系统的性能满足用户的 SLA 需求。

3GPP 标准定义了切片总体架构，满足资源保障、安全性、可靠性/可用性等多方面的隔离诉求。具体到各技术域，可以支持多种不同的资源隔离与共享方式，以适配不同等级的性能、功能以及隔离诉求。

(1) 无线子切片技术要求

统一空口，支持切片差异化需求、灵活切分和部署、支持和核心网的对接。

(2) 核心网子切片技术要求

实现切片的灵活组网、基于微服务的切片快速构建、切片的智能选择、切片的能力开放、切片漫游。

(3) 承载子切片技术要求

基于 SDN 架构，实现多层次切片，支持多种切片隔离技术、网元节点虚拟化的技术、传输网子切片的安全隔离技术。

2.2.1 网络切片标识及接入技术

切片管理整体分为可视化的切片设计、自动化的端到端切片部署、智能化闭环运维，实现快速业务发放，其中网络切片标识由以下两部分组成。

(1) 切片/服务类型 (slice/service type, SST)，用于描述切片的主要特征与网络表现。

(2) 切片差异化 (slice differentiator, SD) 标识符。

进一步细化差异切片标识，用于标识行业客户对切片的需求。

执行网络切片选择时，终端支持在 RRC 和 NAS 携带网络切片标识的能力。基站支持基于网络切片标识选择核心网网络功能的能力，核心网中引入新的网络切片选择功能 (network slice selection function, NSSF) 并支持接入管理功能 (access management function, AMF) 重定向及选择其他网络功能 (SMF 等) 能力，当执行完网络切片选择后，核心网随之更新终端携带的网络切片标识。

2.2.2 网络切片端到端管理技术

网络切片端到端管理技术可以采集网络切片各技术域的通信状态信息与过程信息，从而对网络切片的功能与资源进行按需调配，使得整个网络的运行更加高效，并对 SLA 进行端到端的管理。

- 负责端到端网络切片实例的生命周期管理。
- 负责切片的端到端跨域资源调配。
- 负责切片的整体策略配置。
- 通过端到端安全方案以及分层(NFVI/App/管理)隔离机制保障切片安全。

2.2.3 网络切片端到端 SLA 保障技术

SLA 的保障在通信网络里一直是非常具有挑战性的问题,在 5G 网络切片基础上,区别于过去的电信网络,移动运营商通过以下 3 方面的协作,实现 SLA 保障。

- 网络资源的 SLA 保证:在网络切片的创建过程中,通过各域的质量保证技术协同,实现网络资源合理分配,基于一定概率提供承诺的 SLA 保证。
- SLA 的监控及可视化:在网络切片的运行过程中,管理面提供基于租户粒度的 SLA 监控、统计、上报等特性;支持 SLA 可视化化管理。
- 端到端 SLA 的闭环:在现有网络运营维护的基础上引入闭环业务保障机制,网络基于可预测的 QoS 及实时上报的性能指标,与应用层配合,及时根据当前业务性能指标对网络进行调整。

3 端到端网络协同子切片

3.1 无线接入网子切片

无线侧的切片能力更多体现在不同的参数配置和调度上。参数配置可以体现在无线资源配置、策略配置、协议栈功能配置等方面。

3.1.1 资源配置

- 切片上/下行保障资源:对于上/下行有保障要求的切片,需为切片配置该参数。
- 切片上/下行最大资源:该配置是对某个切片在上/下行资源使用的限制,避免某些切片优先级较高导致其他切片分配资源过少的情况。
- 最大用户数:切片接入用户的个数限制。

3.1.2 优先级策略配置

优先级策略配置如图 3 所示,可以进行灵活的优先级配置,可以基于切片以及切片内 flow 的 5QI,进行调度优先级的映射。

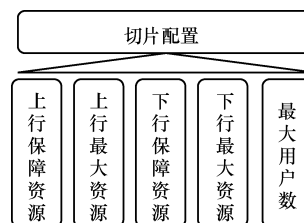


图 3 优先级策略配置

3.1.3 协议栈功能配置

协议栈功能配置见表 1,根据不同的业务场景以及资源情况,可以对无线网进行 AAU/DU/CU 功能的灵活切分和部署。切片业务使用场景如图 4 所示,通常来说,mMTC 场景对时延和带宽都是无要求的,可以尽量进行集中部署,获取集中化处理的优点;eMBB 场景对带宽要求都比较高,对于时延要求,差异比较大,根据时延要求来确定 CU 可以集中部署的位置;而 uRLLC 场景对时延要求极其苛刻,一般都会采用共部署的方式来降低传输时延。

表 1 协议栈功能配置

协议栈	mMTC 类(如传感器、抄表等)	eMBB 类(如视频、网页等)	uRLLC 类(车联网、工业控制等)
RRC	省去切换、测量控制等移动性处理	状态处理优化,减少 RAN/CN 信令开销	状态处理优化,降低状态迁移时延
PDCP	可考虑省略加密及头压缩处理	默认	可考虑省略加密及头压缩处理
RLC	only UM 模式	默认	only UM 模式
MAC	针对覆盖的 HARQ 优化	默认	针对时延的 HARQ 优化, RACH 优先级处理
PHY	针对覆盖、节能的编码做处理优化	针对 IP 长分组做处理优化	针对短分组、时延做处理优化

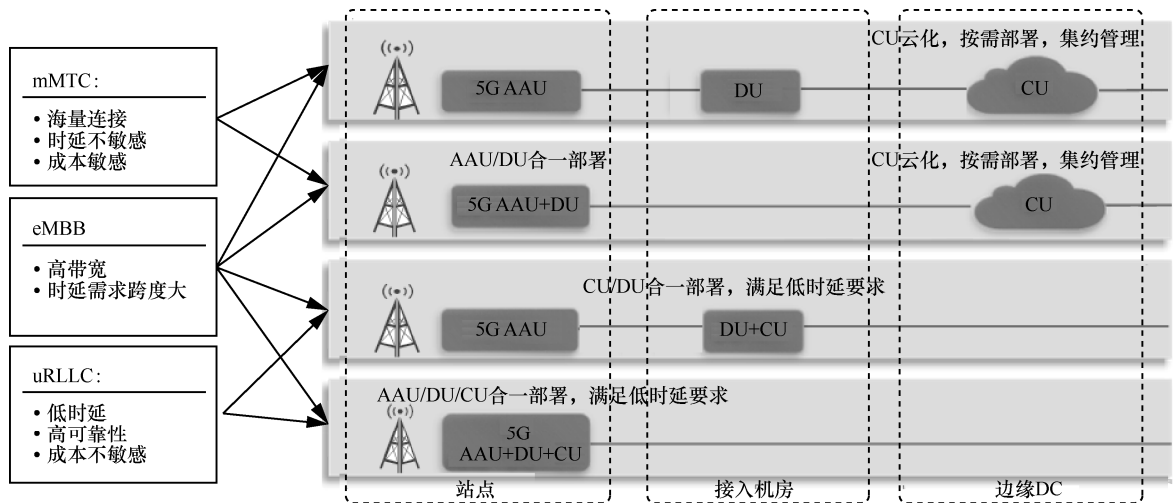


图4 切片业务使用场景

3.2 承载网子切片

传输网子切片，是指对网络的拓扑资源（如链路、节点、端口）及网元内部资源（如转发、计算、存储等资源），进行虚拟化形成虚拟资源，并按需组织形成虚拟网络，是一个包含数据面、控制面、业务管理/编排面的资源子集、网络功能、网络虚拟功能的集合。

网络切片是面向网络链路、节点、端口等网络拓扑资源进行切片和虚拟化，构建虚拟网络（virtual network, vNet）的。虚拟网络具有类似物理网络的特征，切片形成的虚拟网络和物理网络

类似，包括逻辑独立的管理面、控制面和转发面，满足网络之间的隔离特征。

切片后，业务与物理资源解耦。承载于虚拟网络上的业务，看到的就是虚拟网络，其对实际物理网络并不感知，而虚拟网络到物理资源的映射由控制面和转发面完成。同时切片与业务解耦，即切片划分的时候无需感知业务。

传输网切片后，上层的业务与物理资源解耦，同时切片网络与业务解耦，即切片划分的时候无需感知业务。图5为传输网子切片的技术架构，底层的物理网络被切分为多个子切片，业务运行

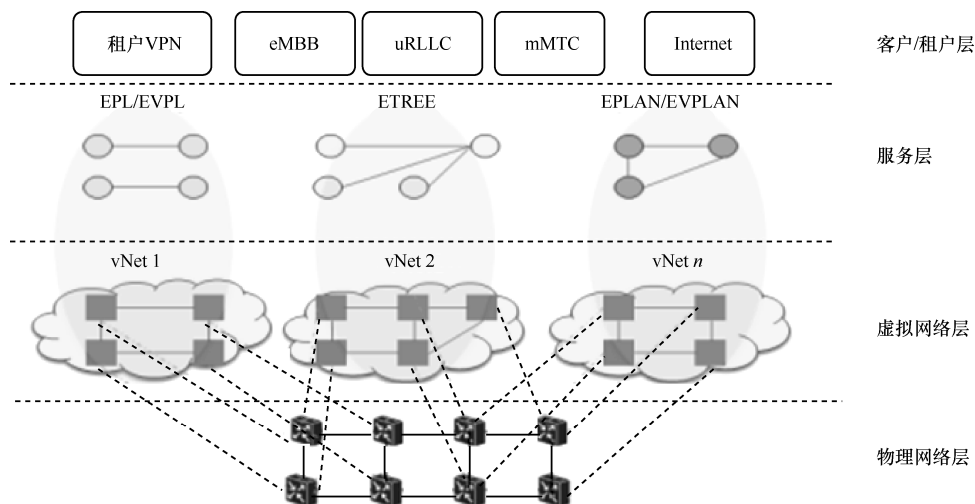


图5 传输网子切片技术架构

于独立的切片上。

从传输网所处的网络位置及网络切片的隔离、运维等要求的角度来看,传输网子切片应支持如下技术特性。

(1) 基于 SDN 架构的传输网子切片

SDN 实现了控制面和转发面的解耦,使得物理网络具有开放、可编程特征,支持未来各种新型网络体系结构和新型业务的创新。控制平面完成网络拓扑和资源统一管理、网络抽象、路径计算、策略管理等功能,借助 SDN 控制面可将物理转发资源抽象成虚拟的设备节点和网络连接,并根据策略将这些虚拟资源进行分组管理,形成独立的逻辑切片 vNet。

(2) 转发面技术

基于设备转发面技术,支持不同类型的隔离,比如在数据面共享资源上的软切片方案或在数据

面专用资源上的硬切片方案,相应的有基于 FlexE 技术的切片、基于 OTN 技术的切片、基于 VPN 技术的切片等方案。

FlexE 标准支持一个时分复用的 FlexE 垫层 (FlexE shim),承载各种 IEEE 定义的以太网业务, FlexE 垫层通过多个绑定的 PHY 来传送。FlexE 垫层在 IEEE 802.3 的协议栈的 RS 和 PCS 层之间,将业务逻辑层和物理层隔开,通过多条 PHY 的绑定来传输大流量的以太网业务,实现逻辑层面的大速率、子速率、通道化功能。FlexE 总体架构如图 6 所示。

FlexE 增强技术如图 7 所示, FlexE 技术可实现带宽的灵活伸缩以及逻辑端口之间的隔离,此外,通过中间传输节点的 FlexE 业务交叉功能,还可以实现节点的低时延传输功能,为需要超低时延的切片提供“一跳直达”的服务。

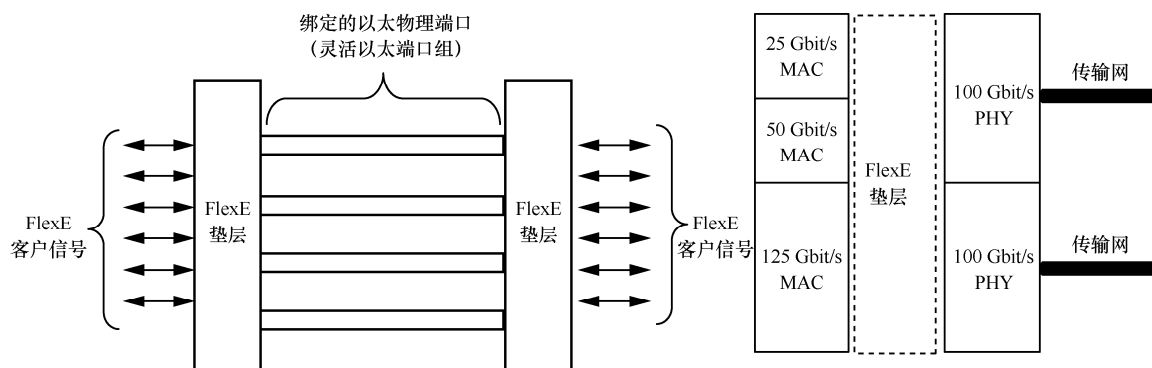


图 6 FlexE 总体架构

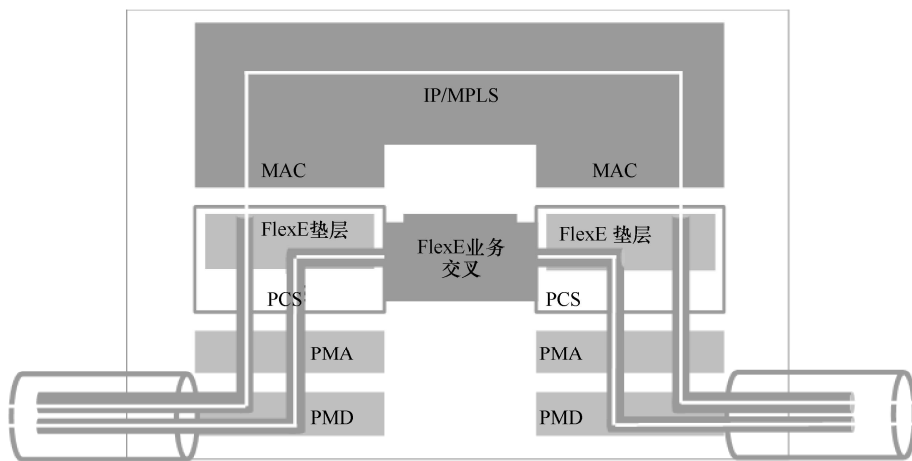


图 7 FlexE 增强技术



3.3 核心网子切片

核心网子切片组成架构如图 8 所示。

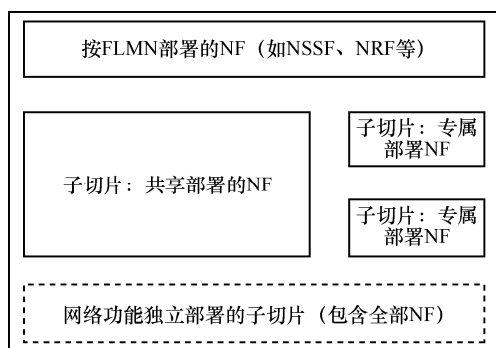


图 8 核心网子切片组成架构示意图

5GC 网络子切片是指为满足不同业务测试场景特性而基于 NFV 平台构建的 5G 核心网逻辑网络。5GC 网络子切片业务类型包括 eMMB 类、MTC 类和 uRLLC 类 3 类。5GC 网络子切片应支持共享和专用网络功能分离的部署模式：

- 子切片共享 NF 主要包括 AMF、UDM、AUSF、UDSF、UDR、PCF 等；
- 子切片专属 NF 主要包括 SMF、UPF 等；
- 按 PLMN 部署 NF 主要包括 NSSF、NRF 等；
- 网络功能独立部署的子切片（如 mMTC、NB-IoT、车联网类）：部署除 NRF/NSSF 外全部的 NF，如 AMF、SMF、UPF、PCF、UDM、AUSF、UDSF、UDR 等。

5GC 网络子切片通信服务功能可以由子切片共享 NF、子切片专享 NF 以及按 PLMN 部署 NF 组合起来提供；也可以根据具体应用场景，直接由网络功能独立部署的子切片提供。

4 端到端网络协同架构及关键技术

4.1 端到端 5G 网络协同架构

4.1.1 逻辑架构

在 3GPP 协议中引入了 5G 切片管理系统来实现切片的端到端编排部署和管理功能，5G 切片管理系统包含相关的管理功能实体和管理对象的对应关系，包括 CSMF、NSMF、NSSMF 等功能实

体，通过 CSMF、NSMF、NSSMF 与 MANO 和 EMS 的交互实现端到端的切片编排与管理，包括切片设计、切片生命周期管理、切片配置与激活及 SLA 的监控与保障。

租户或企业可以通过 CSMF（communication service management function，通信服务管理功能）向运营商订购切片，并提交相关的 SLA 需求（比如在线用户数、平均用户速率、时延需求等），CSMF 则将用户的通信服务需求转换为对 NSMF 的网络切片需求，并转发给 NSMF。CSMF 管理对象为通信服务，每个通信服务由一个或者多个网络切片功能完成。由于 CSMF 主要实现切片购买等功能，一般部署在 BSS 域，本文不做详细要求。

NSMF（network slice management function，网络切片管理功能）负责切片的编排、部署和维护，在 OSS 中对接 CSMF 和 NSSMF，接收从 CSMF 下发的网络切片部署请求，将网络切片的端到端 SLA 需求分解为网络子切片的 SLA 需求，向 NSSMF 下发网络子切片部署请求。NSMF 管理对象为网络切片，每个网络切片可以由一个或者多个网络切片子网组成。

NSSMF（network slice subnet management function，网络切片子网管理功能）负责子切片的编排、部署和维护，在 OSS 中对接 NSMF，接收从 NSMF 下发的网络切片子网部署需求，将网络切片子网的 SLA 需求映射为网络服务的 QoS 需求，向 ETSI NFV 域的 NFVO 系统下发网络服务的部署请求，实现子切片的部署，并通过 EMS 实现网元业务数据配置。NSSMF 管理对象为网络切片子网，每个网络切片子网可以是一个基础的子切片，也可以是多个基础子切片组合成的子切片。每个子切片可以包含一个或者多个网络功能。

NSMF 实现网络切片模板 NST 的管理以及网络切片实例 NSI 的生命周期管理和 FCAPS 管理，

与 NSSMF 配合实现端到端网络切片功能。其包含的功能有：

- 提供蓝图设计功能，通过可视化界面实现 NST 模板的设计、发布和管理；
- NSI 实例的生命周期管理，比如创建、更新、激活、去激活、终止等；
- NSI 的 FCAPS 管理，比如网络切片实例的资源查看、拓扑展现、告警监控和性能分析管理；
- NSI 的策略管理，比如 NSI 的运维监控触发的 NSI 更新等；
- 支持与 NSSMF 之间的接口交互。

NSSMF 实现网络切片子网模板 NSST 的管理以及网络切片子网实例 NSSI 的生命周期管理和 FCAPS 管理，其包含的功能有：

- 提供蓝图设计功能，通过可视化界面实现 NSST 模板的设计、发布和管理；
- NSSI 实例的生命周期管理，比如创建、更新、激活、去激活、终止等；
- NSSI 的 FCAPS 管理，比如网络切片子网的资源查看、拓扑展现、告警监控和性能管理；
- NSSI 的策略管理，比如 NSSI 的运维监控

触发的 NSSI 更新等。

4.1.2 部署架构

由于 5G 端到端的切片涉及接入网、传输网和核心网等多个子切片，因此子切片管理系统 NSSMF 一般分为无线子切片管理系统（radio access network NSSMF，RAN NSSMF）、承载网子切片管理系统（transport network NSSMF，TN NSSMF）和核心网子切片管理系统（core network NSSMF，CN NSSMF），一般建议 NSSMF 下沉到子切片域和 EMS 部署在一起，以适配对不同厂商设备的编排。图 9 为 5G 切片管理系统端到端部署架构。

4.2 端到端网络切片组网

DU/CU 合一部署的 E2E 切片组网架构如图 10 所示，核心网云化网元部署在数据中心，如国家数据中心（national data center）、区域数据中心（regional data center）等，对于低时延的业务，UPF 可以继续下沉到边缘数据中心。

DU 和 CU 分离的场景，对于 eMBB，mMTC 切片 CU-C 和 CU-U 采用云化方式都可以部署在本地数据中心（local data center）。对于低时延的 uRLLC，CU-C 部署在 local DC，CU-U 可以和 DU 采用 PNF 合一部署，组网架构如图 11 所示。

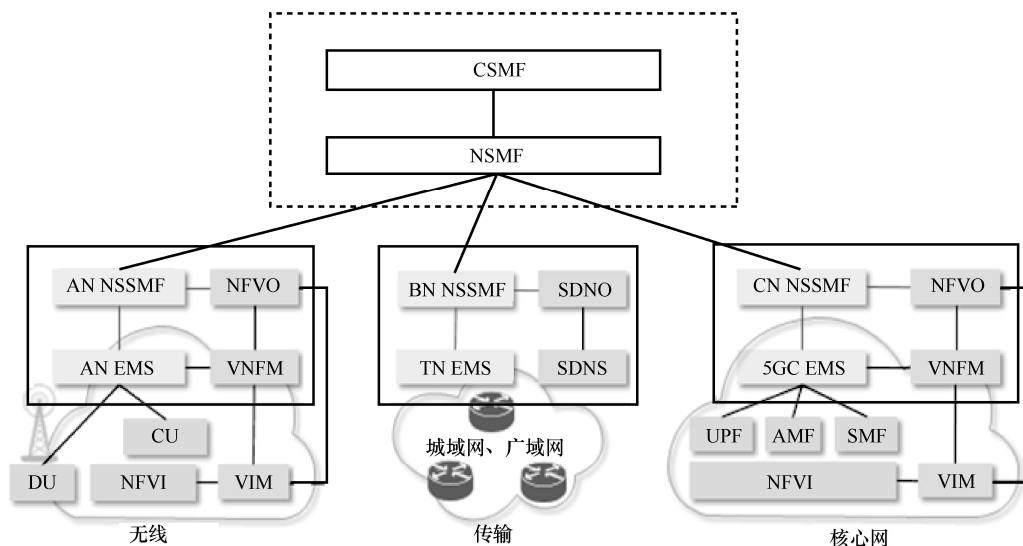


图 9 5G 切片管理系统端到端部署架构

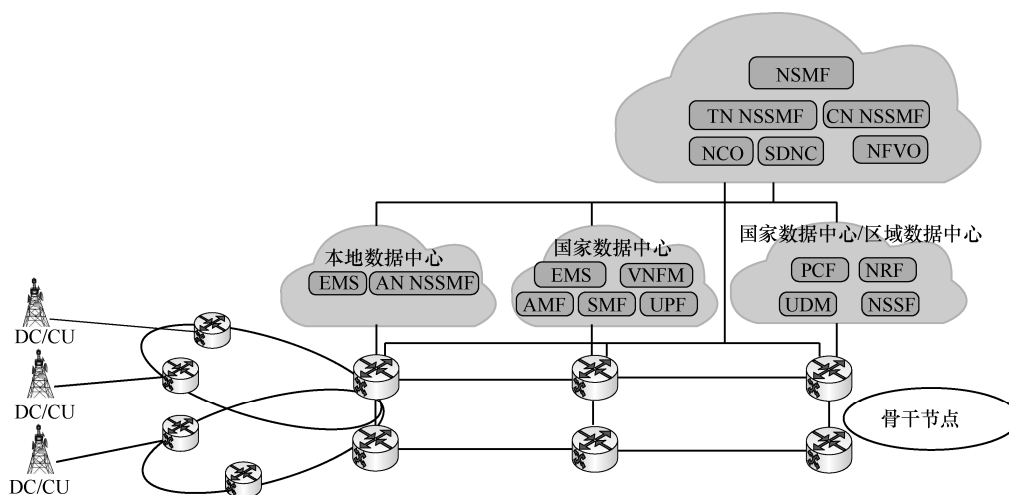


图 10 DU/CU 合部署的 E2E 切片组网架构

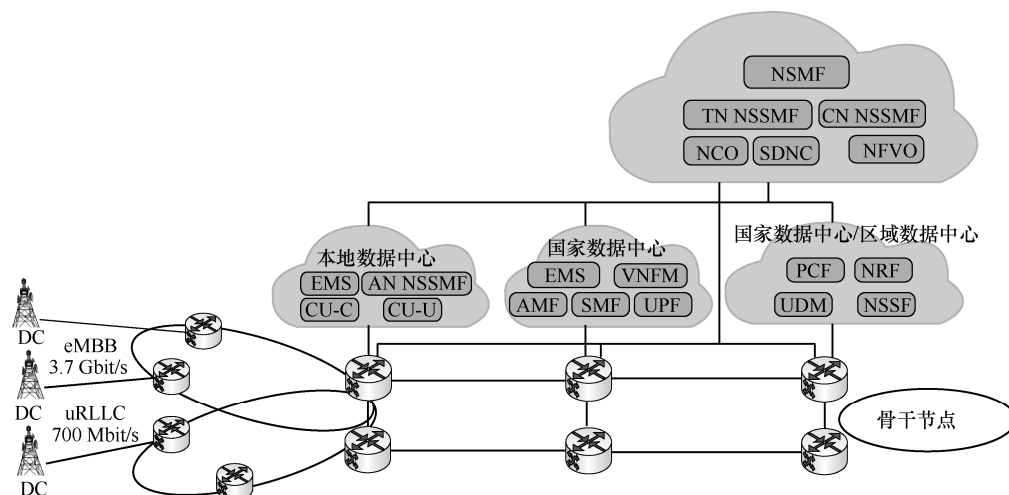


图 11 CU/DU 合一部署

4.3 端到端网络切片选择

在登记时, UE 携带期望登记的切片类型集合 requested-NSSAI (network slice selection assistance information, 请求的网络切片信息), 通过 NR (new radio, 基站) 发送给 AMF (access and mobility management function, 移动接入管理功能), AMF 从 UDM (unified data management, 统一数据管理) 获取签约的切片类型集合 subscribed NSSAI (订阅的网络切片信息)。将上述两个集合发送给 NSSF (network slice selection function, 网络切片选择功能), NSSF 根据当前区域的 TA (target area, 目

标区域)、切片的可用性等策略选择 UE 可以登记的切片类型集合 allowed NSSAI (授权的网络切片信息) 返回给 AMF, AMF 同时从 PCF (policy control function, 策略控制功能) 获取 NSSP (network slice selection policy, 网络切片选择策略), 然后 AMF 发送 allowed NSSAI 和 NSSP 给 UE。

在会话建立的时候, UE 发送会话建立请求, 并且携带切片类型, 如 eMBB=1, AMF 根据切片类型在 NSSF 中选择 eMBB 的切片实例。在切片实例中选择 SMF 建立会话。SMF 再选择切片内的 UPF。

4.4 端到端网络切片映射

切片与承载网的映射方式有物理端口、VLAN、DSCP、VxLAN 等方式, 综合考虑优缺点, 建议采用 VLAN 进行切片的映射, 如图 12 所示。在切片内可以再采用 DSCP、IP/Port 进行业务流的优先级 QoS 控制。

(1) 无线

- DU/CU 合一按 PNF 部署, 每个 DU/CU 的每个切片对应一个 VLAN, 在同一个二层接入环, 不同的 DU/CU 之间的 VLAN ID 不能重复。如果接入环是三层组网, 则不同的 DU/CU 之间的 VLAN ID 可以重复。
- DU/CU 是直接接入承载的接入设备, 中间不通过其他交换机或路由, 即承载可以直接看到 DU/CU 归属的 VLAN ID。

(2) 承载

- 传输的 PE 设备接收到不同的 VLAN ID 后, 映射到不同的 VPN 隧道。
- 传输内部根据隔离程度的要求, 决定 VPN 是否建立在硬切片 (如 FlexE) 或 vNet 上。

(3) 核心网

- 对于切片特有的 NF, 如 UPF, 也采用 VLAN 进行隔离。UPF 业务的 VLAN ID 需要在协议栈 ROSNG 上配置, 如 VLAN31、VLAN41。NFVI 平台, 如 TECS, 在创建外部网络平面时, 自动分配 VLAN ID, 如 VLAN101、VLAN202。这个网络平面对应 MANO 编排的外部网络平面。
- UPF 在发送报文的时候, NFVI 平台采用

QinQ 的方式传递 VLAN ID, 即在业务的 VLAN 的外层再嵌套平台的 VLAN。

- NFVI 分配的 VLAN ID 和业务协议栈的 VLAN ID 在 CE 将被剥离, 在 CE 需要配置新的 VLANID 与其对应, 如 VLAN102、VLAN202。
- 根据新分配的 VLAN ID 映射到承载的 VPN。

5 端到端切片自动化运维

端到端 5G 网络切片解决方案使运营商能够在同一个硬件基础设施上切分出多个虚拟的端到端网络, 为不同类型的 5G 场景提供不同的通信业务和网络能力。网络切片具备以下特征。

(1) 资源共享, 降本增效

在物理上, 多个网络切片运行在统一的网络基础设施上, 可以大大降低建网成本, 提高物理资源的利用率, 降低 TTM (time to the market, 产品交付到市场的时间)。

(2) 逻辑隔离, 安全可靠

在逻辑上, 每个网络切片是安全隔离的, 各自具有独立的生命周期, 一个切片的故障不会影响到其他切片的通信。

(3) 按需定制, 敏捷弹性

网络切片是基于云原生架构面向服务的, 可以根据场景需求按需定制, 支持根据现网实时监控数据对切片资源进行动态调度, 提供有保障的 SLA。

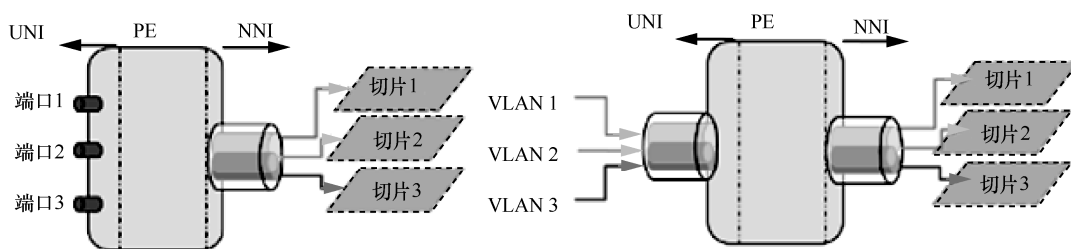


图 12 切片 VLAN 映射



(4) 端到端，全面满足差异化网络需求

网络切片技术是端到端的，每个网络切片实例覆盖终端设备、接入网、传输网和核心网多个领域。

国内部分设备商已有可商用的电信 DevOps 环境，并提供端到端的自动化网络切片运维，其具备以下特点。

(1) 向导式切片设计

向导式图形化界面、拖放式设计模式、丰富的切片模板，支持切片模型快速生成，使运维人员能够轻松完成从业务网元到网络服务再到 5G 网络切片的自定义过程。

(2) 端到端编排，分钟级部署

支持网络切片的一键部署，使业务能够分钟级发布上线。通过在线智能检测模块，全面保障业务上线前的正确性。支持端到端的资源编排和协同，纵向支持业务层、网络层以及资源层的监控和协同；横向支持跨 RAN、传输网、核心网等不同领域的监控和协同，提供实时的切片状态监控，并通过自动化协同保障网络的服务质量。

(3) AI 驱动自动运维

网络切片编排系统具备资源状态感知能力，并根据事先定义的策略自我决策，真正实现 zero-touch（零接触）。

基于大数据分析的策略闭环控制 DevOps 系统，为 VNF/NS 开发者或者运营商服务设计人员提供从开发设计到部署托管全生命周期 DevOps 服务，支持运营商以及合作伙伴向未来敏捷交付的 DevOps 模式转型，使网络具备了自优化以及自愈能力，加速了运维自动化进程。通过“设计—部署—运行—分析—再设计”这种自我进化的能力不断优化客户体验和网络，未来将引入人工智能和机器学习实现智能策略预测，进一步加强运营运维的智能化体系构建。

6 结束语

网络切片技术的引入可以实现网络资源逻辑

上端到端的按需配置，建立从网络切分策略方案的设计实例化至切片网络运营维护的全生命周期管理机制。针对未来多样化应用场景，在接入带宽容量、网络时延、业务可靠性等关键性能方面可能出现不同的风险，提供端到端协同保障。现阶段，对业务功能服务化的定义、切片网络组建方案及资源分配策略等核心问题，暂时还没有业界公认的完善解决方案，有待后期技术研究深入后进一步探索。但是，业界对于切片技术的定义已从纯技术角度延展至贯穿垂直行业整体解决方案，在切片完整性方面也呈现出向网络层面以外的应用、安全及网络智能运维等范畴延伸的泛化趋势。在网络业务创新和技术研发的双重驱策下，对于网络切片的探讨和研究已成为通信界关注的课题，并逐步向垂直行业延伸。未来，网络运营商需要进一步借助网络切片技术开放和挖掘网络能力，提升全网运营效率，拉动垂直行业市场，为用户提供极致的业务体验。

参考文献：

- [1] IMT-2020(5G)推进组. 5G 愿景与需求白皮书[R]. 2014.
IMT-2020 (5G) Promotion Group. 5G vision and requirements white paper[R]. 2014.
- [2] IMT-2020(5G)推进组. 5G 网络技术架构白皮书[R]. 2015.
IMT-2020 (5G) Promotion Group. 5G network technology architecture white paper[R]. 2015.
- [3] 朱建军, 方琰崑. 面向服务的 5G 云原生核心网及关键技术研究[J]. 数字通信世界, 2018(2).
ZHU J J, FANG Y W. Research on service-oriented 5G cloud native core network and key technologies[J]. Digital Communication World, 2018(2).
- [4] IMT-2020 (5G) 推进组. 5G 承载需求白皮书[R]. 2018.
IMT-2020 (5G) Promotion Group. 5G bearer demand white paper[R]. 2018.
- [5] 程日涛, 张海涛, 王乐. 5G 无线网部署策略[J]. 电信科学, 2018, 34(Z1): 1-8.
CHENG R T, ZHANG H T, WANG L. Deployment strategy of 5G wireless network[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(Z1): 1-8.
- [6] 陈山枝. 发展 5G 的分析与建议[J]. 电信科学, 2016, 32(7): 1-10.
CHEN S Z. Analysis and suggestion of future 5G directions[J].

Telecommunications Science, 2016, 32(7): 1-10.

- [7] ETSI. Network functions virtualization (NFV); use cases: GS NFV 001[S]. 2013.
- [8] ETSI. Network functions virtualization (NFV); architectural framework: GS NFV 002[S]. 2014.

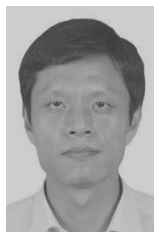
[作者简介]



刘义亮（1984—），男，中兴通讯股份有限公司管控系统规划总工程师，主要从事 5G 端到端网络运维架构、承载网络切片、数据挖掘及网络自动化研究工作。



李鑫（1983—），男，中兴通讯股份有限公司方案规划总工程师，主要从事 5G 承载方案、网络自动化运维等研究工作。



薄开涛（1973—），男，中兴通讯股份有限公司规划总工程师，主要从事承载网络管理、SDN 控制、大数据及人工智能技术研究工作。