

面向5G承载的网络切片架构与关键技术

Architecture and Key Technologies of 5G Transport Network Slicing

王强 / WANG Qiang^{1,2}陈捷 / CHEN Jie^{1,2}廖国庆 / LIAO Guoqing^{1,2}

(1. 中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳 518057;

2. 移动网络和移动多媒体技术国家重点实验室, 广东 深圳 518057)

(1. ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China;

2. State Key Laboratory of Mobile Network and Mobile Multimedia Technology, Shenzhen 518057, China)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2018) 01-0058-004

摘要: 5G承载网作为基础网络, 面临着大带宽、低延时、灵活连接、高精度时间同步和网络切片五大挑战。提出了面向5G承载的网络切片分层架构, 并对涉及的软件定义网络(SDN)控制面切片、基于灵活以太网(FlexE)的转发面硬切片、承载设备切片与虚拟化技术、5G业务的端到端切片编排等关键技术进行了研究。

关键词: 5G承载网; 网络切片; 硬切片; 软切片; FlexE

Abstract: As the basic network, 5G transport network is considered to face five major challenges, such as wide bandwidth, low delay, high-precision synchronization, flexible connection, and network slicing. In this paper, a layer network slicing architecture for 5G transport network is proposed, and some key technologies including soft-defined network (SDN) control plane slicing, flexible Ethernet (FlexE) - based data plane hard slicing, transport device slicing and virtualization, and E2E slicing orchestration for 5G services are studies.

Key words: 5G transport network; network slicing; hard slicing; soft slicing; FlexE

1 5G承载网络切片需求

5G业务呈现出多场景、差异化的特点, 如: 移动上网业务聚焦带宽, 自动驾驶业务需要低延时和抖动保障, 工业控制对可靠性要求苛刻, 物联网业务要支持巨大的连接数量^[1]。对此, 5G的无线接入网和核心网都进行了功能重构, 根据业务类型改变设备处理单元的物理部署位置, 并通过切片在同一物理网络对不同业务构建独立的端到端逻辑网络^[2]。

5G承载网是5G端到端业务路径的一部分, 必须满足多场景下不同业务需求, 同时5G是一个开放网络, 可以提供面向垂直行业和租赁业务的应用需求, 在此场景下要求承载网络支持5G分片网络的业务隔离和独立运维需求, 为不同类型的业务分配不同类型的承载网分片, 每个承载网分片象一个独立的物理网络一样。

如果我们为每种业务服务建立一个专用网络, 成本是无法想象的。网络切片技术可以让运营商在一个

硬件基础设施中切分出多个虚拟的端到端网络, 每个网络切片在转发面、控制面、管理面上实现逻辑隔离, 适配各种类型服务并满足用户的不同需求。对每一个网络切片而言, 网络带宽、服务质量、安全性等专属资源都可以得到充分保证。由于切片之间相互隔离, 一个切片的错误或故障不会影响到其他切片的通信。每个切片内的资源可以由租户自行管理。

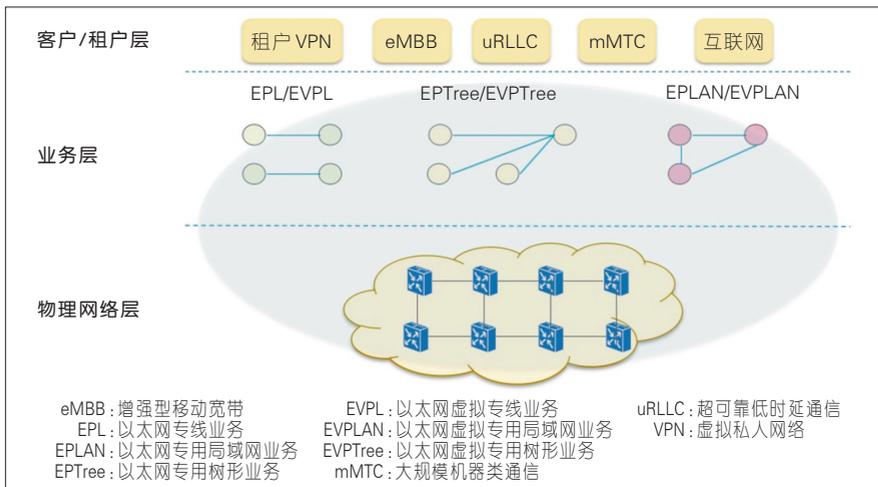
2 承载网络切片分层架构

传统的承载网网络可分为客户/租户层、业务层、物理网络层, 如图1所示。即在物理网络上直接部署业务, 如各种以太网专线业务(EPL)/以太网虚拟专线业务(EVPL)、以太网专用局域网业务(EPLAN)/以太网虚拟专用局域网业务(EVPLAN)、以太网专用树形业务(EPTree)/以太网虚

拟专用树形业务(EVPTree)等, 形成业务层, 从而满足上层的客户租户业务(例如5G业务)的传送需求。在这种架构下, 业务层的各种业务共享物理网络的资源, 没有隔离机制, 存在资源竞争的问题, 并且在管理和控制上也难以实现按照不同业务场景(如5G各种业务)、不同客户/租户等情况下的按需隔离。不能满足未来5G业务承载的精细化管理、控制。因此, 5G承载网引入了网络切片技术。

承载网网络切片是通过对网络的拓扑资源(如链路、节点、端口及网元内部资源)进行虚拟化, 按需组织形成多个虚拟网络(vNet), 即切片网络。在物理网络层之上构建虚拟网络层, 从而形成客户/租户层、业务层、虚拟网络层、物理网络层的分层架构, 如图2所示。vNet具有类似物理网络的特征, 包括独立的管理面、

收稿日期: 2017-12-10
网络出版日期: 2018-01-10



▲图1 传统承载网网络架构

控制面和转发面，各vNet之上可独立支持各种业务。切片后，承载于虚拟网络上的业务看到的就是虚拟网络，对实际物理网络不感知，实现了业务与物理网络资源的解耦。

进一步，通过虚拟网络的递归切片可以支持虚拟运营商、子运营商的运营，以及网络二级租赁等业务。

承载网络切片具有以下特性。

- 按需网络重构：通过虚拟化形成的vNet切片网络在网络拓扑、节点能力方面可以根据业务需求进行重构。每个切片网络具有各自特定的带宽、时延等指标，及生命周期。不同切片网络彼此隔离，拥有各自独立

的拓扑结构、网络资源，从而满足不同的5G业务承载需求。

- 切片网络和物理网络具有相似性：类似于物理网络，切片网络同样向上层业务提供网络资源，屏蔽了切片与物理网络的差异。EPL/EVPL，EPLAN/EVPLAN等业务可直接部署在切片网络之上，就如同部署在物理网络之上一样。

- 业务层与物理网络解耦：业务是建立在vNet切片网络之上，从而业务层与物理网络层解耦，简化了业务的部署，有利于网络的管理和运维。

- 切片网络的转发面隔离：不同切片网络的转发面彼此隔离，而隔离

性取决于采用不同的转发面切片技术。例如：基于Layer 1交换的灵活以太网（FlexE）通道的切片就具有刚性隔离性，称为硬切片；而基于分组交换的传送特性的多协议标签交换（MPLS-TP）通道或分段路由（SR）通道的切片则具有统计复用特性，非刚性隔离，称为软切片。

- 切片网络的控制&管理面隔离：不同切片网络的控制&管理面彼此隔离。

- 切片网络的业务隔离：不同切片之上的业务彼此隔离。

可见，切片网络vNet具有类似物理网络的特征，具有独立的管理面、控制面和转发面，不用业务应用可部署在不同的虚拟网络上，从而满足未来5G差异化的业务特性以及子运营商等的业务租赁的需求。

各网络切片能加载不同的应用协议，支持独立部署和升级。通过切片生命周期的管理，可实现业务的快速部署开通，资源的共享和灵活调度。由于网络切片简化了网络规模和拓扑，也使运维管理更便捷、高效。

3 承载网络切片关键技术

3.1 基于SDN的控制面切片

SDN实现了控制面和转发面的

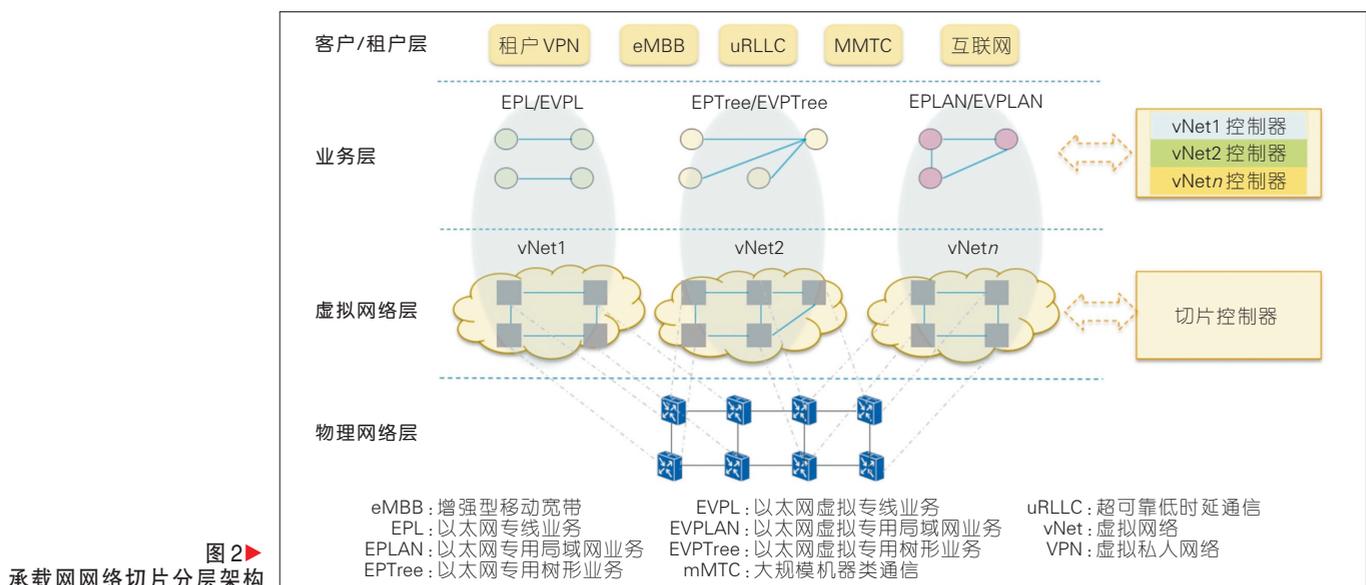


图2 承载网络切片分层架构

解耦,使得物理网络具有了开放、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^[3]。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、虚拟的网络连接,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^[4]。

我们提出实现网络切片/虚拟化的一种特殊软件定义网络(SDN)控制器,即切片控制器,如图2所示。切片控制器负责完成物理网络的虚拟化,按需形成逻辑独立的虚拟网络,即切片网络vNet,并负责vNet虚拟资源到物理网络资源的映射,并将vNet资源信息暴露给vNet控制器。

基于切片的业务与物理网络完全解耦,切片控制器可便捷完成vNet对应的物理资源的迁移、调整或扩容,而vNet上的业务对物理网络不感知,业务不受影响(或短暂影响)。

业务层的vNet控制器是vNet资源的使用者,只能看到分配给自己的vNet资源,支持图形方式呈现虚拟网络资源和拓扑,可以在自己的vNet上创建各种业务(如:L2VPN、L3VPN),并负责业务生命周期控制,与基于物理网络的业务控制类似。每个vNet对应一个独立的vNet控制器,支持vNet间控制面和管理面的隔离。

3.2 基于FlexE的转发面切片技术

承载网转发面的切片技术可分为软切片技术和硬切片技术。软切片是在二层(Layer 2)或以上,基于统计复用的切片技术,如:基于多协议标记交换协议(IP/MPLS)的隧道/伪线技术,基于虚拟专网(VPN)、虚拟局域网(VLAN)等的虚拟化技术。硬切片是在一层(Layer 1)或光层,基于物理刚性管道的切片技术,如:FlexE技术^[5],光传送网(OTN)技术,波分复用(WDM)技术等;在实际应用中,也可以采用混合硬切片、软切片的方案,硬切片方式保证业务的隔离安

全、低时延等需求,软切片方式支持业务的带宽复用。

FlexE可以实现基于物理层的切片转发,提供刚性管道隔离,实现带宽灵活分配。中兴通讯创新性地引入了FlexE Switch,操作管理维护(OAM)和保护这3个关键技术,成功的把FlexE扩展成了一个网络级的技术,即FlexE通道技术。基于FlexE Switch创建的FlexE通道可形成切片网络内部虚拟网元(vNE)之间全新的虚链路(vLink),从而实现切片网络拓扑重构,如图3所示。

FlexE通道将业务隔离从端口级扩展到网络级,可对不同业务实现端到端子信道隔离,为5G承载网络切片提供最佳转发面支撑。基于FlexE通道技术的保护倒换能做到1ms以内,把电信级保护提升到了工业控制级。针对超可靠低时延通信(uRLLC)业务,采用FlexE通道技术,解决了波长穿通方案业务颗粒度过大、承载效率偏低,以及软切片技术时延偏大、无法物理隔离的问题。

对于不同业务的差异化需求,综合考虑成本、安全、运营管理等因素,可以灵活选择网络、设备或者转发面切片。基于SDN控制面,可依据端口、VPN、VLAN、FlexE通道等不同资源进行切片,以满足5G不同业务场景在时延、带宽等方面的业务需求。

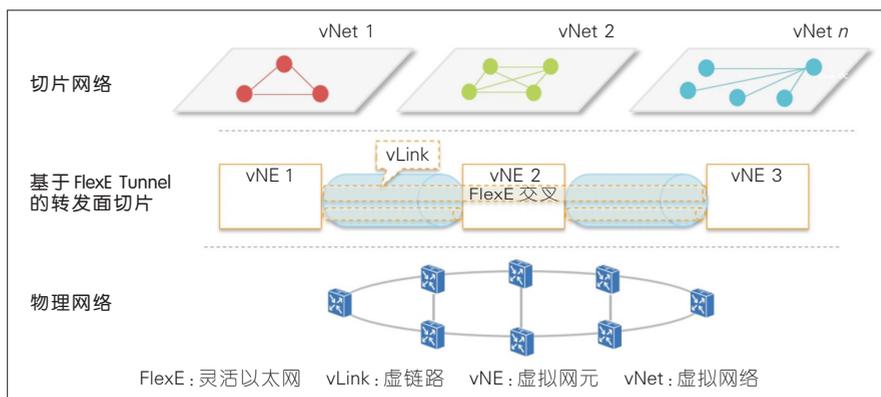
3.3 承载设备切片与虚拟化技术

转发面的切片包括端口、服务质

量(QoS)资源、转发面表项等的隔离,而端口隔离包括物理端口或FlexE子端口隔离,QoS隔离包括带宽、队列和Buffer等的隔离,转发面表项隔离包括媒体接入控制(MAC)表、路由表、标签表、下一跳表、流分类表等的隔离。在转发面切片的基础上,同时对网元内部的计算、存储等资源进行切片/虚拟化,就形成了虚拟网元(vNE),称为设备切片。如图4所示,切片网元之间,在支持软件资源的隔离基础上,支持管理控制通道和配置的隔离,支持切片部署和升级的独立性。因而切片网元具有物理网元的类似特征,包括了各自独立的转发面、控制面、管理面,在设备切片的基础上可以支撑更高层的网络切片。

4 5G业务的端到端切片编排

对于5G业务端到端的网络切片,需要无线网络、核心网和承载网共同配合完成,如图5所示。可根据无线业务的带宽、时延等属性对承载网的切片进行定义;并根据实际情况,灵活选择无线业务的VLAN、可扩展虚拟局域网(VxLAN)的虚拟网络标识(VNI)、业务IP的DSCP等进行无线接入网(RAN)的业务和承载网的切片之间的映射。RAN、核心网、承载网三者之间的协同通过基于SDN/网络功能虚拟化(NFV)架构的切片编排器完成,层次化的SDN控制器和vNet控制器,负责承载网的切片



▲图3 FlexE通道技术方案

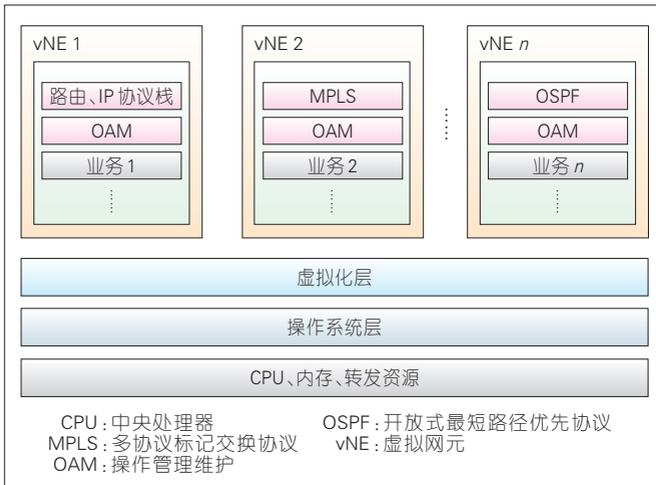


图4 设备切片基本架构

和业务控制,软件定义网络编排器(SDNO)完成跨域的承载业务编排;网络功能虚拟化编排器(NFVO)和虚拟化网络功能管理(VNFM)完成无线及核心网的资源编排和业务编排。而全局编排器完成无线和承载之间跨域的业务协调和编排,从而实现5G业务的端到端切片,并通过各切片的不同功能属性满足5G业务的差异化需求。

5 结束语

通过承载网络的切片,可以基于统一的物理网络设施提供多个逻辑网络服务,以满足不同行业客户或者特定场景的差异化需求,实现资源共

享、业务快速上线。在保证业务性能及安全隔离的前提下,可以实现承载网络资源共享和灵活调度,以及独立的子网管理,并减少运营商承载网络建设的投入。

相比4G、5G的重点是服务于行业应用,从而帮助运营商开拓行业市场、扩展收入渠道。未来的5G网络将会实现灵活的云化业务部署,定制化的安全、路由、计费策略,并且可以很快捷地为垂直行业用户提供从无线、承载到核心网端到端的网络切片,方便行业用户直接管理和运维虚拟网络。垂直行业用户具备较强的排他性,未来的行业市场争夺会变得非常激烈,运营商的网络应提早做好

准备。

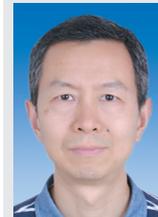
参考文献

- [1] 5G White Paper V1.0[R]. Germany: NGMN, 2015
- [2] Study on Architecture for Next Generation System: TR23.799[S]. France: 3GPP, 2016:12
- [3] SDN Architecture: TR-521[S]. USA: ONF, 2016:2
- [4] Applying SDN Architecture to 5G Slicing: TR-526[S]. USA: ONF, 2016:4
- [5] Flex Ethernet Implementation Agreement: OIF-FLEXE-01.0[S]. USA: OIF, 2016:5

作者简介



王强,中兴通讯股份有限公司承载网产品线规划总工;中兴通讯PTN项目主要负责人之一,曾先后担任SDH/MSTP、PTN、5G承载项目总监,规划部部长等职务。



陈捷,中兴通讯股份有限公司承载网标准总工;曾先后从事研发、项目管理、产品规划工作。



廖国庆,中兴通讯股份有限公司承载网产品线规划经理。

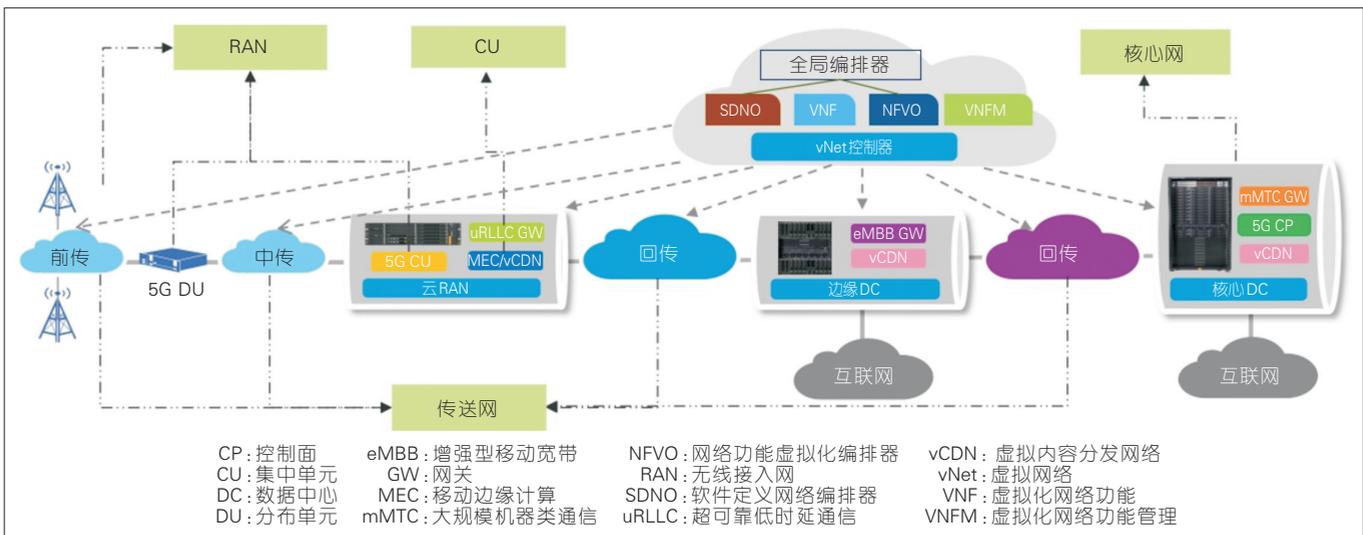


图5 承载网与无线、核心网切片的协同