



基于 5G 切片专线的组网技术和实现方法

张艳

(中国电信股份有限公司福建分公司, 福建 福州 350001)

摘 要: 随着 5G 技术在 2B 用户组网应用的逐步推进, 固移协同组网、DICT 技术相融合是未来发展趋势。研究了从 5G 网络无线接入到 2B 用户站点或云内系统的固网段专线, 应用固网 STN 专线、OTN 专线, 并应用 3GPP 定义的 5G 网络切片, 比较了 5G 切片专线组网 5G-STN、5G-STN 入云、5G-OTN 3 种实现方式的组网特点, 以及提供的端到端特定网络能力。将固移协同组网方案应用于运营商网络测试, 验证了 5G 切片专线组网技术, 驱动 5G 切片专线组网技术的落地实施, 加速推动“5G+”与实体经济融合。

关键词: 5G 网络切片; QoS; 专线; 固移协同组网; 端到端

中图分类号: TN929

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2021230

Networking technology and implementation method based on 5G slice private line

ZHANG Yan

Fujian Branch of China Telecom Co., Ltd., Fuzhou 350001, China

Abstract: With the progressive application of 5G technology in 2B user network, the integration of fixed and mobile collaborative networking and DICT technology is the trend of future development. The establishment of fixed line from 5G network wireless access to 2B user site or cloud system, was analyzed the STN line, OTN line of fixed network, and the 5G network slice defined by 3GPP were used to study and compare the networking characteristics of 5G-STN, 5G-STN into cloud and 5G-OTN of 5G slice line, and the end-to-end specific network capabilities. The fixed-mobile collaborative networking scheme was tested on the operator's network to consolidate and verify 5G slicing private line networking technology, drive the implementation of 5G slicing private line networking technology, and accelerate the integration of “5G+” and the real economy.

Key words: 5G network slice, QoS, private line, fixed and mobile cooperative networking, end-to-end

1 引言

5G 时代万物智能、万物互联。相比 4G 网络, 5G 不仅考虑人与人, 还考虑人与物、物与物的连

接。不同行业丰富的应用场景带来不同业务对网络多样化的需求, 而 5G 网络 3 种典型场景 eMBB、uRLLC、mMTC 拥有大带宽、低时延、广连接的性能优势, 5G 网络切片提供了网络资源的灵活分



配、网络能力的灵活组合,为 5G 时代打造多样化、差异化服务提供了有力保障。在 5G 2B 组网中应用 5G 网络切片技术,应用固网组网的智能传送网 (smart transport network, STN) 技术、光传送网络 (optical transport network, OTN) 技术,按需定制组网,满足不同行业用户的多样化需求。运营商通过 5G 切片专线组网与 2B 行业用户组网、业务应用相结合,加速推动“5G+”与实体经济融合,支撑工业、制造、物流等行业进行数字化、网络化、智能化的发展转型^[1]。

2 5G 网络切片

5G 网络切片 (network slice) 可以实现在 5G SA 架构中,将同一基础设施的物理网络划分为多个按需定制的端到端、专用虚拟网络,物理隔离或逻辑隔离。对每个虚拟专用网络配置不同的功能,实现网络在时延、速率、连接数等方面的不同性能,满足不同行业丰富、多样化的需求^[2]。

5G 网络端到端切片涵盖了无线网、承载网和核心网^[3],对接模型如图 1 所示。

5G SA 新增签约切片标识 (S-NSSAI),网络侧确定相应的组网配置逻辑,以实现 5G 网络对该切片业务的端到端承接。

2.1 无线网络切片

5G 无线网络的切片资源包括空口资源和设备资源,空口资源在调度时能提供资源预留或基于优先级的资源抢占,设备资源可以在调度时被某切片专用,或者基于设置的切片优先级与其他切片通过抢占的方式共享使用,如 CPU、内存、队列等^[2]。上述通过设置优先级,抢占式共享资源来实现调度,即软切片的方式,而资源隔离,实现专用调度为硬切片的方式。

无线网络切片技术在运营商提供的网络能力应用上,考虑业务需求和组网成本,当前应用较多的是基于 QoS 机制的 GBR/Non-GBR 类 5QI 提供不同业务等级的软切片方式,承载网、核心网提供 QoS 协同。在实现上,打通终端接入切片网络的端到端流程,通过新增签 S-NSSAI 与 VLAN (承载接入) 绑定,以及与业务场景对应 TAC (来自用户订阅或核心子网切片实例信息) 绑定,以支撑 UE 注册、会话建立等阶段的切片选择和接入。在硬切片方式中,可通过 RB 资源预留、RB 资源独享、载频独享、基站独享的方式实现通用或特定行业切片。

2.2 承载网切片

5G 承载网 STN,采用 FlexE 技术可实现硬管道的业务隔离,通过不同硬切片分配独享的接口

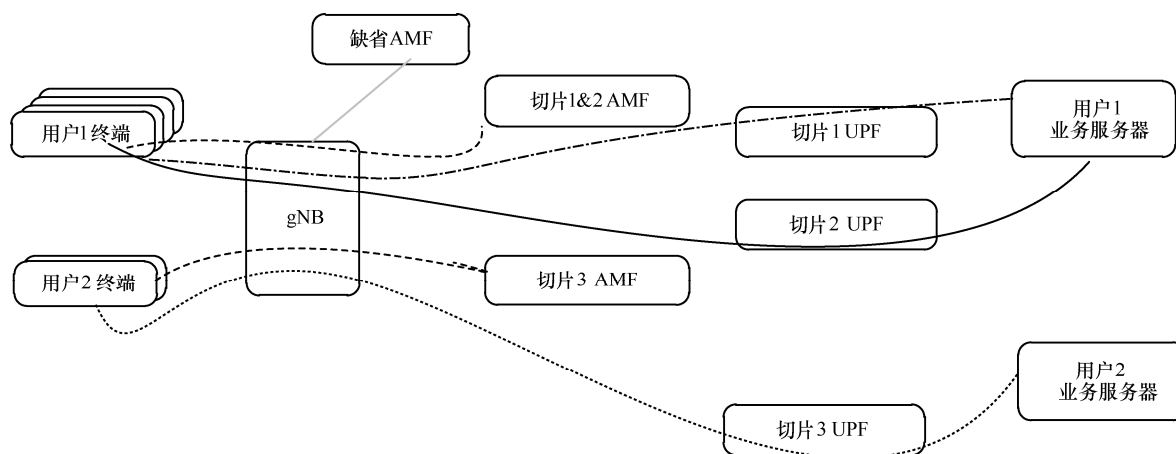


图 1 5G 网络端到端切片对接模型

资源。还可采用 PQ 队列调度或 WFQ 队列调度, 通过不同 QoS 的软切片为不同等级的业务提供差异化保障。

5G 切片专线端到端组网通过切片映射 VLAN 的方式实现, 无线基站所有 2B 业务 S-NSSAI 映射到承载网 2B 通道的同一 VLAN。承载网融合网关到 5G 核心网 UPF N6 口之间规划 VLAN ID 范围, 按用户来分配使用, 不同 VLAN 的子接口在承载网绑定不同的软/硬通道, 与 S-NSSAI 对应。

2.3 核心网切片

SA 网络架构下, 核心网的各网络功能被拆分成众多细颗粒的模块化组建, 最小的模块化组件即微服务^[2]。根据业务使用所需时延或带宽等要求的不同, 可以将切片的微服务灵活部署在网络的不同位置。各微服务可以被切片独享或不同切片共享, 独享时每个切片各有一套核心网, 也可以根据业务需求部分共享、部分独享, 如核心网用户面 UPF 共享、UPF 下沉用户园区独享, 以降低时延和实现数据本地卸载。

5G 切片组网通过 S-NSSAI 和 VLAN 映射实现无线网、承载网、核心网的端到端打通。在此基础上, 考虑经济性, 应用 QoS 端到端映射、调度的软切片, 可在带宽、时延、丢包率、抖动等网络指标方面提供差异化保障。其中, 基于 QoS 的 GBR/Non-GBR 类 5QI 端到端映射关系规划见表 1。

根据不同业务场景对速率、时延等的差异化需求, 选择配置不同的 5QI 参数, 满足业务端到端的需求。

3 5G 切片专线端到端组网设计

结合现网常见 2B 用户业务场景, 应用固网 STN 专线、STN 入云专线、OTN 专线, 及 5G 切片技术, 搭建 5G 切片专线, 即从 5G 核心网 UPF 设备到 2B 用户固网侧站点或云内系统的固网段专线。

3.1 STN

IPRAN 以 IP/MPLS 协议及其关键技术为基础, 面向移动基站业务、通道类业务承载。STN 是一种结合 IPRAN 及 PTN 技术的增强型分组组网技术, 一方面实现 3G/4G/5G 等移动回传业务, 5G 承载更进一步引入大容量 STN 设备和 SRv6/FlexE 等新技术; 另一方面, STN 技术叠加在基站业务承载网上, 可实现对 2B 客户业务场景的智能分组化传送, 提供灵活的业务接入和灵活配置带宽的能力, 运营商应用 STN 技术打造端到端高可靠保障的三层以太智能专线产品^[4], 为 2B 客户提供以太专线、云专线、云网等业务的融合承载^[5]。

通过 U 设备内置测试或仪表测试发现, STN 专线可提供 0~1 000 km 单向时延≤25 ms、1 000~2 000 km 单向时延≤35 ms、2 000~3 000 km 单向时延≤50 ms 的能力, 接入汇聚端口速率能力

表 1 5QI-DSCP/TC-EXP 映射关系

业务类	资源类型	5QI	DSCP	业务 TC	转发 TC	EXP
视频直播类	GBR	71	34	136	128	4
超低时延类	GBR	83	34	136	128	4
通用类	GBR	4	46	184	160	5
视频类	Non-GBR	—	—	—	—	—
低时延类	Non-GBR	—	—	—	—	—
通用类	Non-GBR	6	46	184	160	5



可达 10 Gbit/s。应用 STN 专线、STN 入云专线，可实现从 5GC 到 2B 客户固网侧站点或云内系统的通信。

3.2 OTN

OTN 技术结合了光域传输和电域处理的优势，可提供端到端的刚性透明管道，具备长距离、大容量的传输能力，以及强大的组网能力，可提供 100 Gbit/s 以上的接入汇聚端口速率^[6]。大带宽场景下，可提供骨干网单向时延不超过 5.5 ms/1 000 km 的能力。运营商应用 OTN 技术为 2B 客户提供高质量、大带宽、低时延的专线产品。

3.3 5G 切片专线组网

将 STN 技术、OTN 技术、5G 切片技术应用与 5G 切片专线组网，实现 5G 接入与 STN、OTN 接入方式组合的多种点到点/入云专线，支持多个 5G 侧终端共用一条专线，具体如下。

(1) 5G-STN 组网方式

5G 网络与 STN 拼接，通过网络切片与 QoS 统一调度，提供多个 5G 终端和 STN 固网接入的点到点专线连接。专线一端通过 5G 无线接入，另一端用户固网站点通过以太专线的 U 设备有线接入。

入。5G-STN 组网方案如图 2 所示。

5G 切片专线 5G-STN 组网场景为用户提供多种速率的非物理隔离管道，带宽可复用、成本低、接入方便。

(2) 5G-STN 入云方式

5G 网络与 STN 拼接，通过 STN 在云侧的延伸，提供 5G 终端到云内 VPC 的点到点连接。专线一端为 5G 无线接入，另一端接入云。5G-STN 入云组网方案如图 3 所示。

5G 切片专线 5G-STN 入云方组网式适用于用户应用系统部署在云上的场景，专线能力同 5G-STN 场景。

(3) 5G-OTN 组网方式

5G 网络与 OTN 拼接，通过网络切片与 QoS 统一调度，提供多个 5G 终端和 OTN 固网接入的点到点专线连接。专线一端通过 5G 无线接入，另一端通过 OTN 专线的 CPE 设备有线接入。

5G-OTN 组网方案如图 4 所示。

5G 切片专线 5G-OTN 组网方式，可提供更高质量、更大带宽、更低时延的专线能力，物理隔离、保证带宽，适用于用户刚性管道需求的场景。

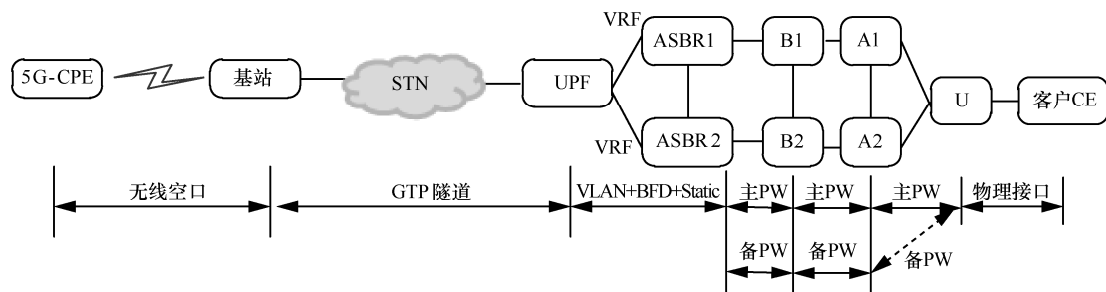


图2 5G-STN 组网方案

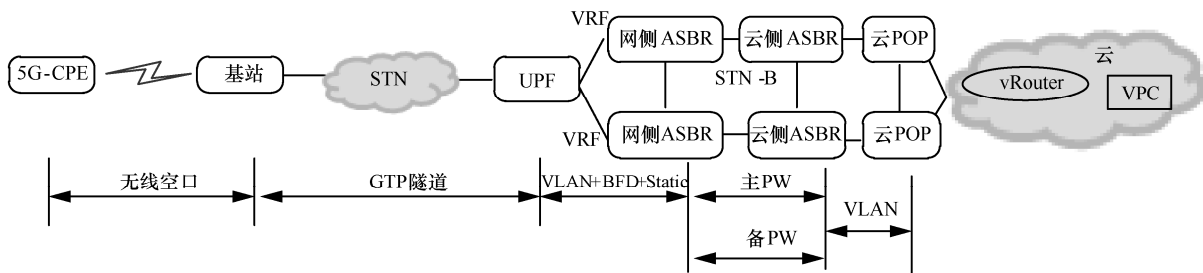


图3 5G-STN 入云组网方案

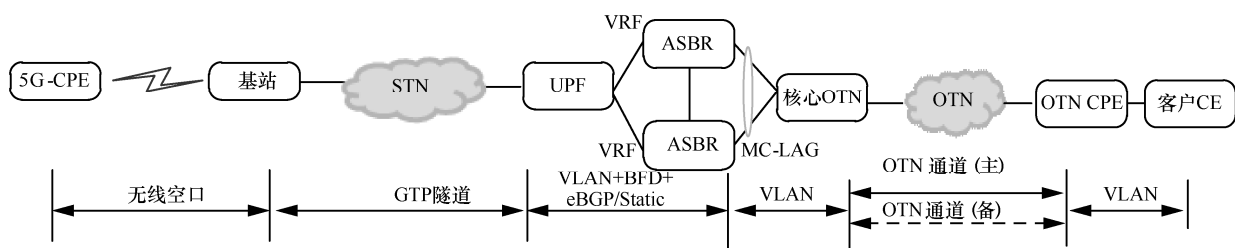


图 4 5G-OTN 组网方案

5G 切片专线组网有 5G-OTN、5G-STN、5G-STN 入云 3 种实现方式,可提供本地专线和长途专线。其中,STN 专线、STN 入云专线、OTN 专线均为用户提供端到端透明传输能力,均不参与用户业务端路由协议。但在可提供的端口速率上 OTN 更高,同时,OTN 专线可提供物理隔离、带宽独占的刚性管道,而 STN 专线主要提供非物理隔离、带宽可复用的管道。实际应用中可根据速率、刚性独占、是否访问云资源等需求选择组网方式。

4 5G 切片专线组网关键配置

5G 切片专线在核心网上的配置分为网络基础配置和 5G 切片专线业务配置两部分,网络基础配置内容根据运营商提前规划好的信息先做全局配置,5G 切片专线业务配置内容根据每条专线的不同业务需求进行个性化配置。其中,网络基础配置主要包括全局 QoS 映射、UDM/PCF 用户签约模板预配置、UPF-N3 口配置等。5G 切片专线业务配置主要包含切片配置、DNN 配置、终端地址池配置、UPF-N6 口(如 VPN、路由等)配置、码号签约专线业务配置等涉及每开通一条专线时需要增加的配置。

5G 切片专线在承载侧的配置分为两部分:第一部分主要包含从基站到 5GC UPF 段移动回传网络部分的配置,主要是 S-NSSAI 和 VLAN 映射、QoS 端到端映射的配置,以实现 5G 网络 2B 通道的打通和软切片的 QoS 保障;第二部分主要是从 UPF 到固网专线侧的配置。即 5GC 与融合网关设

备、固网专线本身的配置,实现 5G 切片专线从无线网、承载网到核心网端到端的打通。

5G 切片专线在无线网络的配置主要包括:5QI 参数的配置,并根据表 1 中 5QI-DSCP/TC-EXP 映射关系,配置到承载网 DSCP/TC 的映射;每个用户所使用的 S-NSSAI 在无线基站侧的配置,以及切片与基站出口 2B 通道 VLAN 的绑定关联。

5 5G 切片专线组网测试

按照上述组网方案进行数据配置,在运营商机房就近部署,搭建测试环境。5G-STN 场景测试环境如图 5(a)所示,5G-STN 入云场景测试环境如图 5(b)所示,5G-OTN 场景测试环境如图 5(c)所示。

按照如图 5 测试环境完成网络配置后,开展网络接入测试、业务连通性测试及切片限制业务接入区功能测试,本次测试在运营商机房就近部署测试环境,考虑不同类专线性能特点已明确,在现网中应用成熟,故测试主要围绕固移协同组网的网络接入、业务连通性、5G 切片设置有效性开展,具体测试步骤如下。

5.1 网络接入测试

(1) 测试步骤

在 5G 终端上设置定制 DNN 测试,观察 5G 终端是否可以正确获取 IP 地址以及网络连接是否正常。

(2) 测试结果记录

用签约的 DNN 接入后,终端可正确获取到地址,网络状态正常。验证 5G 切片专线 5GC 可正常分配终端 IP 地址,5G 网络通信正常。

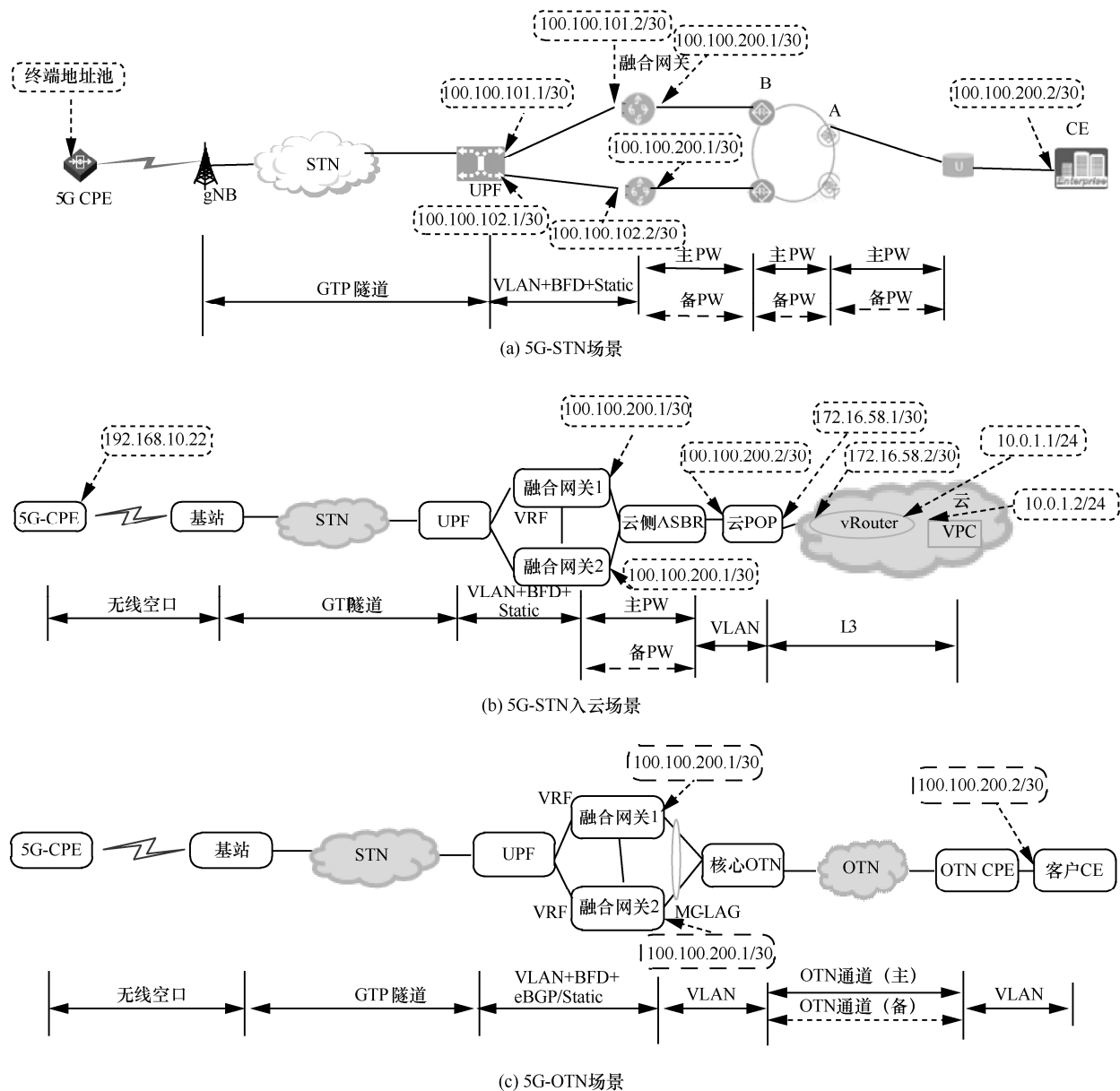


图5 测试环境

网络接入测试验证了 5G 切片专线 5GC 可正常分配终端 IP 地址,终端接入 5G 网络通信正常。

5.2 业务连通性测试

(1) 测试步骤

从 5G 终端到固网终端进行 ping 测试,观察是否 ping 通无丢包。

(2) 测试结果记录

5G 终端使用签约的 DNN 接入,可以 ping 通固网终端的 IP 地址,未丢包,如图 6 所示。

业务连通性测试验证了 5G 切片专线端到端通信正常,固移协同组网方案和数据配置可实施。

5.3 5G 业务接入区功能测试

(1) 测试步骤

选取两个基站,一个基站配置切片信息,作为业务区,另一个基站配置区域限制接入切片信息,作为非业务区。在业务区切片下签约定制 DNN,测试终端分别在不同基站下接入网络。

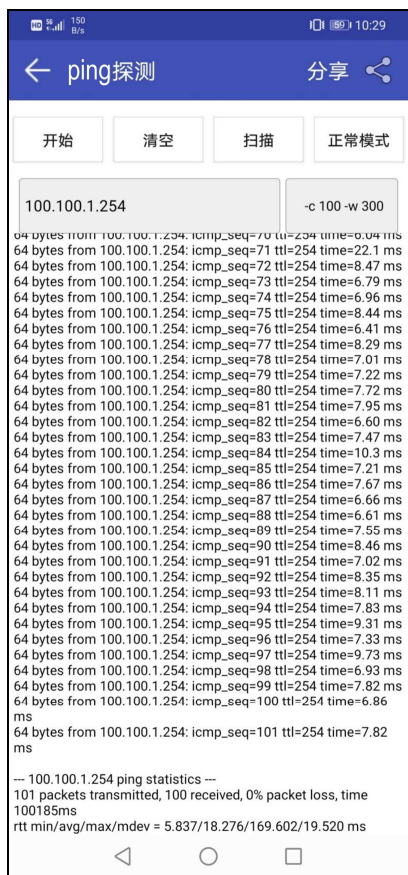


图6 终端 ping 测试

(2) 测试结果记录

- 将 5G 终端配置定制 DNN，在 5G 业务区接入，终端获取地址成功，接入成功，核心网 N4 口消息记录如图 8 所示。终端互相 ping 测试地址成功，如图 9 所示。

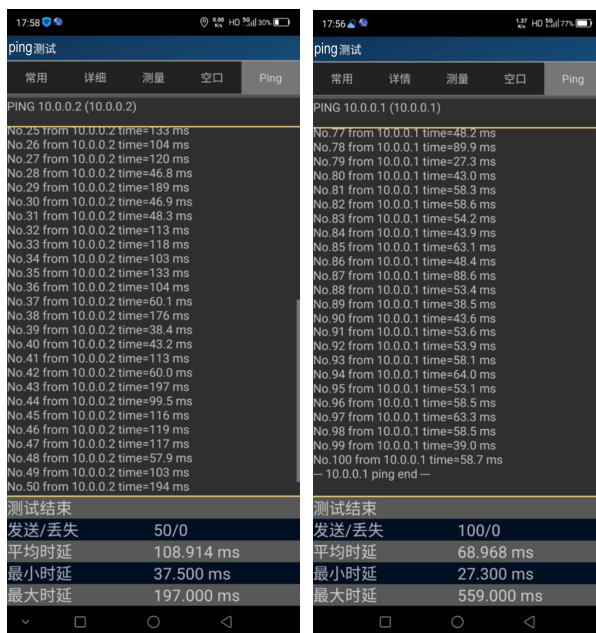


图8 终端在业务区接入时的互相 ping 测试

- 将 5G 终端移动至非业务区，终端获取地址失败、接入失败，核心网接口消息显示非接入区的 TAC 切片不支持接入，记录如图 10 所示。ping 测试不成功，如图 11 所示。终端在非业务区接入时获取 IP 地址失败如图 12 所示。

5G 业务接入区功能测试，验证了可通过配置不同切片限制区域接入访问。通过本次测试，验证了 5G 切片专线组网技术和数据配置方案的可落地实施，为 5G 终端访问用户内部固网侧站点提供了专线接入的固移协同解决方案，并利用 5G 切

3049	upf51	UPF	2021-06-21 17:24:08.074	N4/Sx	PFCP_Session_Establishment_R...	接收
T_DNN:						
IE Type: 33068					00 00 03 00 11 7A 24 0E 01 80 01 A0 06	
IE Length: 13					00 01 00 00 02 41 24 0E 01 80 01 A0 06	
Enterprise ID: 3902					00 01 00 00 00 00 22 65 22 65 03 00 80	
acDNN: 5gyx.fj.iot					02 F4 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0C F0	
T_RAT_TYPE:					00 11 01 24 0E 01 80 01 A0 00 10 00 00	
T_SERVICE_CHARGE_MODE:					00 02 41 00 39 00 19 01 86 A8 00 00 00	
T_PCC_SESSION_POLICY_IND:					24 0E 01 80 01 A0 00 10 00 00 00 01 00	
T_SUBSCRIBER_ULI:					00 01 00 B6 00 38 00 02 00 01 00 10 00	
T_CHARGINGID:					FF FF 00 02 00 31 00 14 00 01 00 00 15	
T_SNSSAI:					03 00 16 00 03 02 4E 33 00 50 00 05 02	
IE Type: 32952					01 00 83 00 01 03 00 7C 00 01 01 81 2F	
IE Length: 7					3E 35 00 A0 00 01 0B 00 5F 00 02 06 00	
Enterprise ID: 3902					04 20 00 00 01 00 6D 00 04 20 00 00 01	
btSdFlg: 0					10 73 76 63 72 75 6C 65 5F 7A 75 6E 78	
ucSST: 1					67 00 6A 00 11 69 6F 74 5F 75 70 5F 33	
aucSD: 4 20 0 (HEX)					30 30 30 30 30 81 63 00 10 0F 3E 81	
					0F 3E 00 81 53 00 03 0F 3E 80 00 A3 00	
					00 00 00 A3 00 04 00 00 00 00 00 A4 00	

图7 终端在业务区接入时核心网的消息记录



3510	FJ-XM-HXXXL-RP...	xGW-C	2021-06-21 18:00:01.485	N7	Npcf_SMPolicyControl_Update R...	发送	[240es
repPolicyCtrlReqTriggers: ["SAREA_CH"] userLocationInfo nrLocation tai plmnId tac: "5E8204" B2 00 00 49 00 A6 EC 00 00 00 01 05 86 D0 60 00 00 01 92 06 40 24 0E 01 80 01 A0 00 10 00 00 01 00 00 02 40 24 0E 01 80 00 00 01 00 00 00 00 00 00 03 80 55 20 1F 00 04 3E D6 26 00 00 00 50 00 10 00 6C 7C 00 00 00 00 6E 01 04 00 02 11 83 86 04 B9 62 AA C9 2A C8 A6 B3 D0							

片设置测试了区域限制接入功能。测试结果说明了 5G 切片专线应用在业务接入时,可提供范围灵活选择和网络端到端个性化服务上的价值,为后续网络切片在 5G 固移组网场景中进一步提供丰富的网络能力应用奠定了基础。

6 结束语

5G 切片专线利用固移协同组网技术,通过切片标识与 VLAN 映射打通终端接入切片网络的端到端流程,实现 5G 接入访问用户固定站点、云内系统、多种接入类型站点互通等组网方式。

在 5G 切片应用上,结合各行业 5G 切片专线组网需求,现阶段以软切片的实现方式为主,通过无线网、承载网、核心网协同基于 QoS 机制的 GBR/Non-GBR 类 5QI 提供不同业务等级,通过逻辑隔离的方式按需提供端到端的差异化服务,较易实现。而网络切片要实现无线网专用、承载网 FlexE 通道、核心网 5GC 或部分 5GC 专用的端到端物理隔离,成本代价较高,还需结合用户实际业务场景的需求评估成本,按需提供。

5G 网络切片以原生云超分布式架构为基础,5G 切片专线组网在切片运营、专线搭建和开通、管理流程上,通过全领域自动化编排、配置,可以快速部署网络服务能力^[7]。5G 切片专线组网还可以利用边缘计算、雾计算等技术,进一步优化生产效率和制造成本,提升行业智能竞争力^[8]。万物互联时代,基于 D2D 的网络接入可考虑在巨量终端场景应用^[9],而新兴的全息通信及工业自动化场景,还可进一步研究智能开放的 6G 技术,以适应多元化服务、异构网络的需求^[10]。

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) Propellant Group. White paper on 5G vision and requirements[R]. 2014.
- [2] 中国信息通信研究院. 5G 端到端切片 SLA 行业需求研究[S]. 2020. China Academy of Information and Communication Technology. Research on 5G end-to-end slicing SLA industry demand[S]. 2020.
- [3] IMT-2020(5G) 推进组. 5G 网络技术架构白皮书[R]. 2015. IMT-2020 (5G) Propellant Group. White paper on 5G network technology architecture [R]. 2015.
- [4] 尹远阳, 卢泉, 孙嘉琪, 等. STN 承载以太智能专线跨域部署方案研究[J]. 移动通信, 2017, 41(14): 45-49. YIN Y Y, LU Q, SUN J Q, et al. Research on the cross-domain deployment scheme of STN Ethernet intelligent line[J]. Mobile Communications, 2017, 41(14): 45-49.
- [5] 马培勇, 吴伟, 张文强, 等. 5G 承载网关键技术及发展[J]. 电信科学, 2020, 36(9): 122-130. MA P Y, WU W, ZHANG W Q, et al. Key technologies and development of 5G bearer network[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(9): 122-130.
- [6] 荆瑞泉, 李俊杰, 唐建军. 基于 OTN 的 5G 承载技术和方案探讨[J]. 信息通信技术与政策, 2018(9): 31-35. JING R Q, LI J J, TANG J J. Study on OTN-based 5G transport technologies and network architecture[J]. Information and Communications Technology and Policy, 2018(9): 31-35.
- [7] IMT-2020(5G)推进组. 基于 AI 的智能切片管理和协同白皮书[R]. 2019. IMT-2020 (5G) Propellant Group. White paper on intelligent slice management and collaboration based on AI [R]. 2019.
- [8] ZHOU Y Q, TIAN L, LIU L, et al. Fog computing enabled future mobile communication networks: a convergence of communication and computing[J]. IEEE Communications Magazine, 2019, 57(5): 20-27.
- [9] SUN Q, TIAN L, ZHOU Y Q, et al. A two-layered incentive scheme for cooperation in sliced 5G D2D networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2020, 69(11): 13289-13304.
- [10] ZHOU Y Q, LIU L, WANG L, et al. Service-aware 6G: an intelligent and open network based on the convergence of communication, computing and caching[J]. Digital Communications and Networks, 2020, 6(3): 253-260.

[作者简介]



张艳(1989-),女,中国电信股份有限公司福建分公司工程师,主要从事全省政企客户 5G 2B 项目组网技术支持工作。