

基于5G承载网硬切片部署 方案研究及测试验证

Research and Test Validation of Hard Slicing
Deployment Schemes in 5G Bearer Networks

张旭¹,屠礼彪²,郭胜楠²,任枫华¹(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033)

Zhang Xu¹, Tu Libiao², Guo Shengnan², Ren Fenghua¹(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China; 2. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China)

摘要:

为满足5G业务的差异化服务需求,推进5G承载网网络差异化能力构建,提出基于5G承载网的网络切片部署方案,并通过模拟测试论证了方案可行性,实现了异厂家技术解耦。该方案在实现业务差异化承载的同时,满足用户的定制化需求,推动网络高质量发展和业务综合承载。

关键词:

5G;硬切片;FlexE;差异化服务

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2026.01.006

文章编号:1007-3043(2026)01-0024-05

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

To meet the differentiated service requirements of 5G services, and promote the construction of differentiated capabilities of 5G bearer networks, it proposes a network slicing deployment scheme based on 5G bearer networks. It verifies the feasibility of the scheme through tests, and realizes technical decoupling among different vendors. While achieving differentiated bearing of services, the scheme meets the customized needs of users, and promotes the high-quality development of networks and the integrated bearing of services.

Keywords:

5G; Hard slicing; FlexE; Differentiated services

引用格式:张旭,屠礼彪,郭胜楠,等. 基于5G承载网硬切片部署方案研究及测试验证[J]. 邮电设计技术, 2026(1): 24-28.

1 概述

中国联通以SR/SRv6、EVPN等技术为依托,构建了一张以通信云DC为核心的5G承载网,实现了固定宽带、政企业务和移动业务的综合承载。随着社会全面数字化转型,越来越多的业务对承载网络提出了新要求,承载网络不仅需满足低时延、高可靠的网络性

能要求,还需满足差异化服务保障要求。

为满足不同业务的差异化需求,网络切片应运而生。目前5G承载网已全面部署VPN+QoS的软切片技术,实现了业务软隔离。随着智能城域网2B/2C/2H综合承载业务的发展,业务数量和流量逐渐增多,业务隔离和差异化服务要求逐步提高,软切片技术已无法满足现网业务多样化的承载需求。为了更好地满足用户需求、保障业务数据隔离、实现网络安全保障,中国联通制定了基于5G承载网的硬切片部署方案并完

收稿日期:2025-12-08

成了POC测试,实现了异厂家硬切片技术解耦。该方案为推进现网硬切片部署提供了宝贵经验,可指导省分在对现网业务影响最小的情况下进行硬切片部署,推动硬切片技术应用落地,拓展硬切片在5G承载网的应用实践。

2 硬切片技术简介

为满足业务的资源隔离和SLA保障需求,硬切片技术需具备带宽资源隔离能力,支持将物理网络中的转发资源按照需要的粒度进行划分,分别提供给不同的业务、行业或客户使用^[1]。当前主流的硬切片技术有灵活以太网(Flexible Ethernet, FlexE)和以太独立端口技术。

2.1 FlexE技术介绍

FlexE技术使用IEEE 802.3以太网物理层标准,在MAC层与PCS层中引入了全新的FlexE Shim层,实现MAC层和PHY层的解耦,可将物理接口切分为不同速率的业务接口(逻辑接口)从而形成切片。FlexE技术原理基本结构如图1所示。

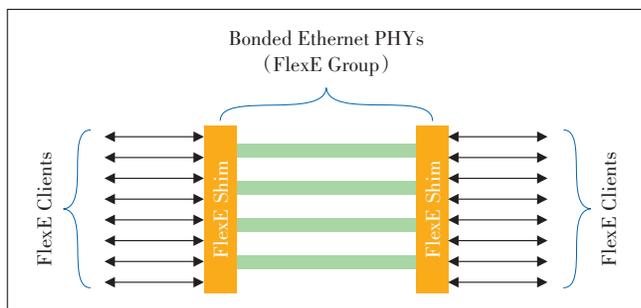


图1 FlexE技术原理基本结构

FlexE接口分为物理接口和业务接口。FlexE物理接口为灵活以太网模式的物理接口,可以加入FlexE Group, FlexE Group带宽等于所有物理接口带宽的总和。利用FlexE Shim把FlexE Group中的每个100GE PHY划分为20个时隙(Slot)数据承载通道,每个Slot

所对应的带宽为5 Gbit/s。以Block原子数据块为单位对FlexE Client中的以太网帧进行切分,原子数据块通过FlexE Shim在FlexE Group中的多个PHY与时隙之间的分发,理论上可以按照5 Gbit/s的速率颗粒度进行任意数量的组合设置。因此, FlexE Group可以按需将以5 Gbit/s为颗粒度的任意带宽分配给FlexE业务接口,从而针对不同业务分配不同带宽,实现更加灵活的业务承载^[2]。

2.2 以太独立端口切片技术介绍

以太独立端口切片技术是指通过使用独立的以太端口,并配置多套传输资源,不同的业务使用独立的端口及传输链路隔离来实现切片,以太独立端口切片带宽颗粒度取决于以太端口的带宽^[3]。以太独立端口硬切片带宽分配示意如图2所示。

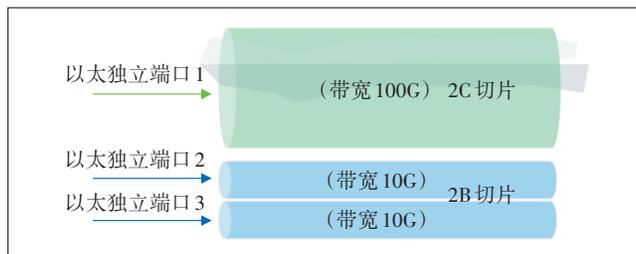


图2 以太独立端口硬切片带宽分配示意

以太独立端口以物理端口为颗粒度切片,端口颗粒度为GE、10GE、50GE、100GE等,可通过捆绑或解捆绑端口来调整切片带宽,如2B切片带宽为20G,由2个10G端口捆绑而成,若要将2B带宽调整为30G,则捆绑3个10G端口即可。

3 硬切片部署方案

3.1 技术方案

现网大部分城市5G承载网以SR-MPLS为基础协议栈,在此基础上部署的硬切片如图3所示。全局共规划了2个切片(2C基础切片、2B增值切片),2个

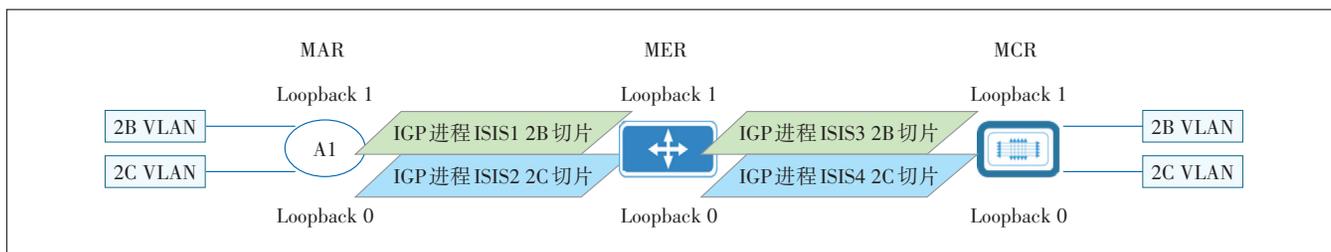


图3 中国联通5G承载网SR-MPLS切片示意

IGPv4进程,2套loopback地址,2个IGP进程分别绑定2C、2B切片^[4]。接入和汇聚、汇聚和核心设备之间建立2套BGP PEER,对应2个切片,按需配置VPNv4、VPNv6地址族。切片之间使用BGP PEER及IGP进程进行隔离,独立发布路由及对应的loopback地址。

SR协议栈下使用切片RT对业务进行引流。在业务VPN中配置切片RT,在MER的入方向和出方向配置BGP路由策略,通过策略匹配BGP协议反射至2个BGP PEER的切片RT,若匹配则允许路由通过,反之则丢弃。通过配置切片RT与BGP路由策略,将VPN业务引流至规划的切片。

现网部分城市5G承载网设备已完成SRv6的升级改造,在此基础上部署的硬切片如图4所示。全局规划2个切片(2C基础切片、2B增值切片),2个IGPv6进程,2套locator地址,1套IPv6 loopback地址配置在2C切片进程中。2个IGP进程分别绑定2C、2B切片,每台设备(MAR/MER/MCR)的所有IGP进程使用1套IPv6 loopback地址(配置在2C进程中)建立BGPv6 PEER。

SRv6协议栈下业务可以使用locator和Color引

流。使用locator引流时,2C切片、2B切片的业务分别匹配对应的locator地址,从而实现业务与切片的绑定,但使用locator引流业务仅能迭代至SRv6 BE隧道。Color引流是通过路由策略对业务路由增加扩展团体属性Color(颜色属性),即对业务路由着色,也可使用路由策略对整个VPN中的路由进行着色,在隧道配置中配置Policy隧道颜色属性。业务头端设备通过路由携带的Color+下一跳IP地址与Policy的Color+目的IP地址进行匹配,使业务流量迭代至规划的Policy隧道上。

3.2 5G承载网部署FlexE硬切片

中国联通5G承载网^[5]现网部署FlexE切片示意如图5所示。在该方案中,设备的端口模式切换为FlexE模式,根据规划的切片带宽配置FlexE Client带宽,如2B切片带宽为20G,则分配4个时隙组成Client(FlexE接口)供2B切片使用。同时,在FlexE接口上进行子接口、IP、VLAN、MTU、VRF等相关配置。

在现网已配置1个IGP进程的基础上,若配置2个切片,需新配置1个IGP进程,使2B切片与2C切片分

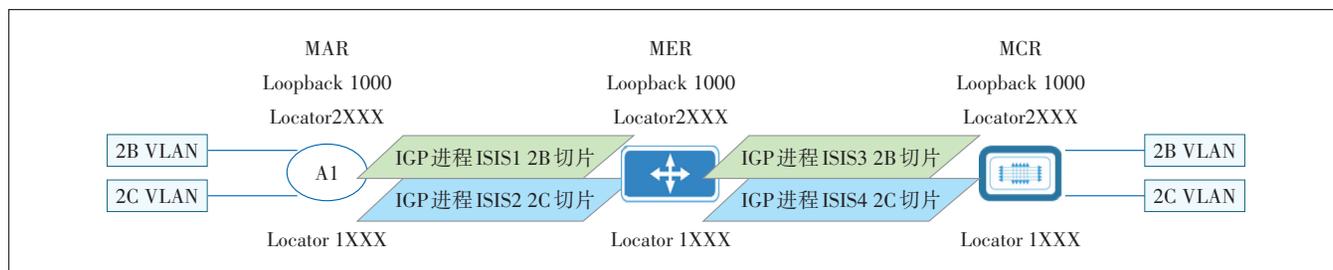


图4 中国联通5G承载网SRv6切片示意

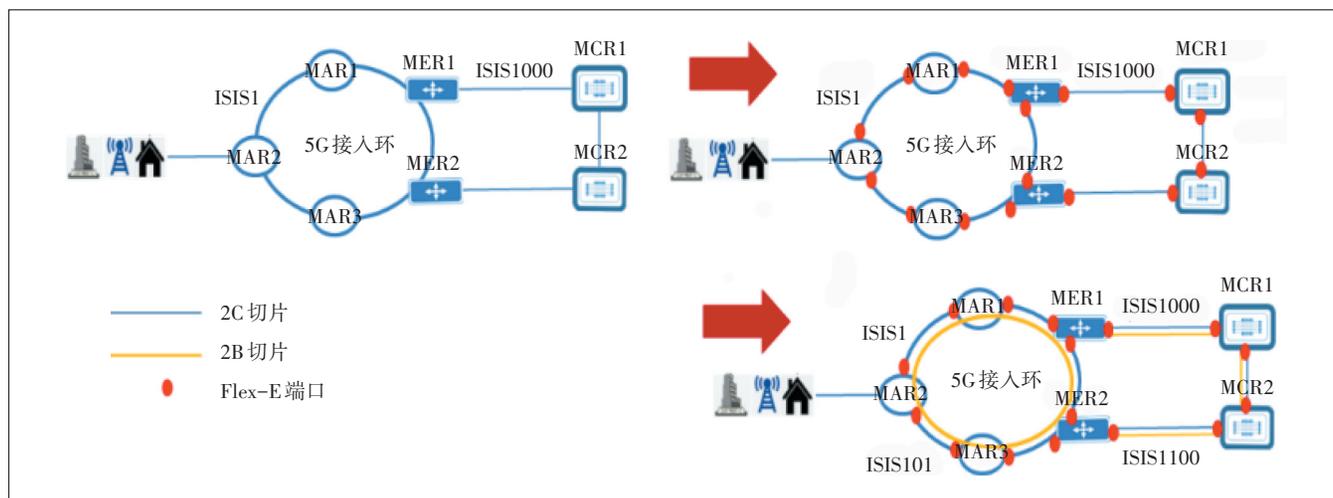


图5 中国联通5G承载网部署FlexE切片示意

别对应1个IGP进程,其中2B切片的ISIS进程号在2C切片ISIS进程号的基础上加100,链路cost值相同。此外,需提前规划切片,并根据切片带宽需求配置链路^[6]。

3.3 5G承载网部署以太独立端口切片

中国联通5G承载网部署以太独立端口切片示意图如图6所示。现网设备的以太端口配置为LAG模式,以便后续增减LAG成员。在以太端口上进行子接口、IP、VLAN、MTU、VRF等相关配置。

当中国联通5G承载网现网部署以太独立端口切

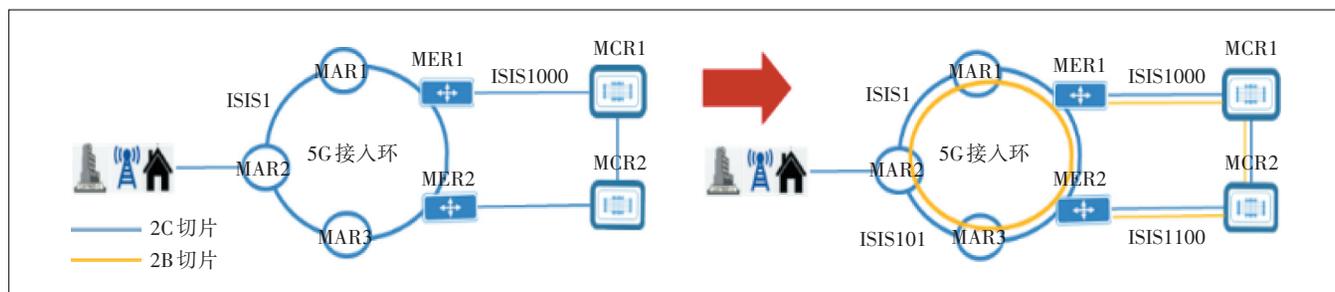


图6 中国联通5G承载网部署以太独立端口切片示意

片时,端口模式为以太端口LAG模式,IGP、子接口、IP、VLAN、MTU、VRF、cost等配置与第3.2节一致。

4 方案测试

为验证硬切片技术方案的可行性并推动异厂家技术解耦,实现硬切片部署落地,中国联通通过模拟现网实际情况^[7],根据现网的协议部署和组网方式,完成测试环境的搭建以及技术部署方案的测试^[8]。

4.1 测试拓扑

测试拓扑基于中国联通5G承载网简化架构进行设计,以环的方式进行接入与汇聚连接,汇聚与核心口字型连接。接入环内接入设备之间采用50GE和100GE链路互连,模拟现网的50GE、100GE接入环,汇聚与汇聚之间使用100GE互联。根据分片需要,汇聚与核心之间使用100GE、50GE/10GE端口进行互连,核心与核心之间使用100GE端口进行互连。

单厂家组网测试需提供2台MCR、2台MER、3台MAR的设备资源,测试拓扑如图7所示。

通过对现网异厂家组网情况的调研,设计异厂家组网网络架构拓扑,对异厂家解耦涉及的组合场景进行测试。中国联通5G承载网硬切片异厂家解耦测试拓扑如图8所示。

4.2 测试配置要求

测试共规划3种切片,切片1为基础切片(2C),切片2为增值切片(2B),切片3为专享切片。同时,规划切片的RT值,2C切片为64 500:1 010,2B切片为64 500:1 020,专享切片为64 500:1 300。对于不涉及

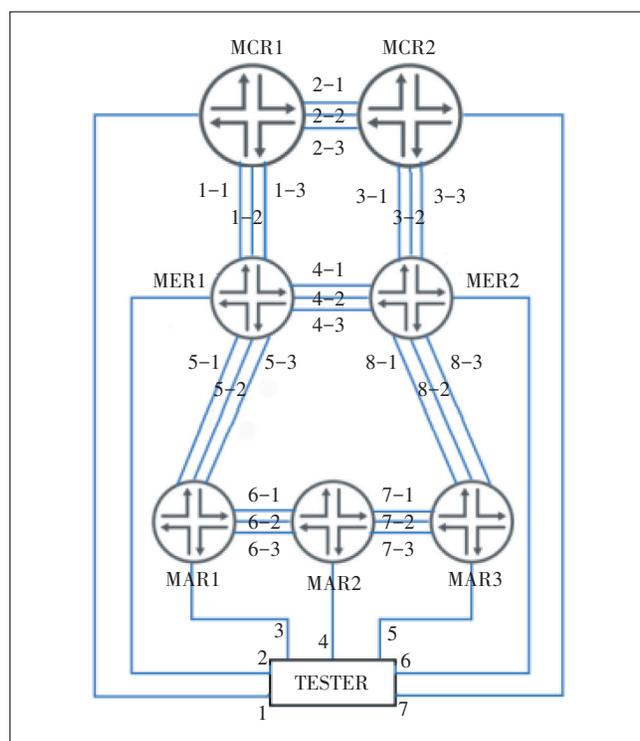


图7 中国联通5G承载网硬切片单厂家组网测试拓扑

专享切片的案例,切片初始化带宽分配占比为80:20;对于涉及专享切片的案例,初始化带宽分配占比为80:10:10^[9]。

4.3 测试组合及项目

现网有A、B、C、D 4个厂家的设备,测试结合现网设备组合情况,除AAA、BBB、CCC、DDD 4种单厂家组合外,选取现网应用较多的ADD、BCB、DBB、BAA、

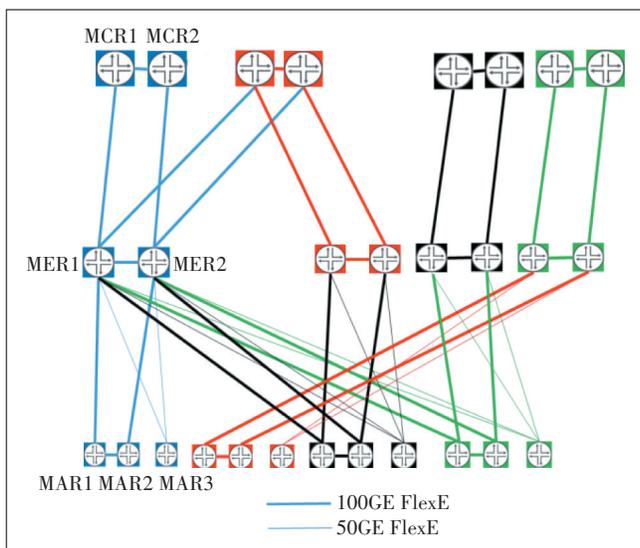


图8 中国联通5G承载网硬切片异厂家解耦测试拓扑

CCD、ABB、ACC 7个组合进行异厂家互通测试。结合现网EVPN L2 VPN和EVPN L3 VPN业务的应用场景,测试设计了切片颗粒度、切片初始化部署、切片基本功能、时钟同步、OAM、保护倒换六大类测试项目。综合考虑典型业务承载方案、业务承载隧道、设备性能等因素,共设计20余个详细案例进行测试。

4.4 测试结果

经过长达2年的测试,中国联通完成了4个设备厂商,30余款设备, FlexE/以太2种模式, 2B、2C、专享3个切片,六大类共20余个测试案例,53条业务的单厂家组网测试和异厂家互通测试。测试验证了厂家设备硬切片的功能、特性,并充分模拟现网部署硬切片的场景,发现并解决技术解耦和落地实施的相关问题20余个,推动现网异厂家间的硬切片技术完成解耦互通。

同时,考虑到5G承载网正在运行的已有业务,针对设备端口模式切换对现网业务的影响,制定针对性测试案例并完成实验室测试,测试案例及结果如表1所示。

由表1可知,部署硬切片时切换端口模式的操作对现网已承载的业务存在一定影响。因此,建议在省

表1 实验室环境验证端口模式切换对运行中业务的影响

序号	测试案例	测试结果
1	切换一台设备端口为LAG模式	影响现网业务
2	引流切片1的业务至切片2	不影响现网业务
3	切换一台设备端口为FlexE模式	影响现网业务

内部署硬切片时,结合业务承载情况和网络建设情况提前将设备端口切换为FlexE/LAG模式,尽量降低对现网业务的影响。

5 结论

对基于5G承载网的硬切片部署方案的研究及测试充分验证了中国联通5G承载网设备具备提供硬切片服务的能力以及应对网络故障时提供业务保护和恢复的能力。测试结果表明硬切片部署方案可以保障业务的带宽及时延,可为5G承载网业务提供差异化、可靠、安全的服务。通过智能城域网硬切片异厂家解耦测试,为中国联通5G承载网部署硬切片积累了经验,推动省分硬切片技术的部署落地,为智能城域网2B/2C/2H业务综合承载以及电网、金融、教育等行业客户构筑差异化服务保障能力,可有效指导省分进行硬切片的部署和应用,推动IPv6+技术落地和应用创新,保持智能城域网技术领先的优势,推进智能城域网业务综合承载进程。

参考文献:

- [1] 刘立刚,张建忠,吕文琳,等. 智能城域网多业务承载硬切片技术实践[J]. 邮电设计技术,2022(4):30-34.
- [2] 段宏,郭昌华,刘文钊. FlexE技术及其在5G承载网中的应用探析[J]. 邮电设计技术,2020(3):80-85.
- [3] 秦壮壮,屠礼彪,臧寅,等. 基于“IPv6+”的5G承载网切片技术与应用[J]. 电信科学,2020,36(8):28-35.
- [4] 刘洋,胥俊丞,屠礼彪,等. 智能城域网统一承载2C、2B、2H业务的研究与应用[J]. 邮电设计技术,2021(8):60-65.
- [5] 屠礼彪,宋盈,马季春,等. 中国联通智能城域网架构探讨与实践[J]. 邮电设计技术,2021(2):11-17.
- [6] 伍嘉,王志会,刘凡栋,等. 5G端到端切片技术实现探讨[J]. 邮电设计技术,2020(9):12-17.
- [7] 刘洋,胥俊丞,屠礼彪,等. 面向云网融合的IPv6+综合承载网创新实践[J]. 邮电设计技术,2022(4):23-29.
- [8] 欧阳春波,李春荣,胡永健,等. 基于FlexE的承载网络分片隔离技术研究和应用[J]. 电信技术,2018(12):12-19.
- [9] 余理,曾颜,徐可,等. FlexE线性保护的设计与实现[J]. 网络新媒体技术,2018,7(6):42-46.

作者简介:

张旭,工程师,硕士,主要从事数据网络规划建设和技术研究相关工作;屠礼彪,正高级工程师,硕士,中国联通网络专家,主要负责IPv6规模部署、IP城域网、智能城域网方面的规划建设和管理工作;郭胜楠,高级工程师,硕士,主要从事中国联通数据网的规划、建设和管理工作;任枫华,高级工程师,硕士,主要从事数据网络规划建设 and 架构研究相关工作。