

# 智能城域网多业务承载硬切片

Practice of Smart MAN Multi-service Carrying  
Based on Hard Slicing Technology

## 技术实践

刘立刚<sup>1</sup>,张建忠<sup>1</sup>,吕文琳<sup>1</sup>,陈成运<sup>2</sup>,孙梅<sup>2</sup>(1. 中国联通山东分公司,山东 济南 250001;2. 山东省邮电规划设计院有限公司,山东 济南 250101)

Liu Ligang<sup>1</sup>,Zhang Jianzhong<sup>1</sup>,Lü Wenlin<sup>1</sup>,Chen Chengyun<sup>2</sup>,Sun Mei<sup>2</sup>(1. China Unicom Shandong Branch,Jinan 250001,China; 2. Shandong Planning & Designing Institute of Post &Telecommunication Co.,Ltd.,Jinan 250101,China)

### 摘要:

随着企业数字化转型升级,越来越多的用户对智能城域网承载网提出了新的要求,包括用户差异化服务保障、确定性带宽和时延等。利用硬切片技术,可将智能城域网切割为带宽、性能各异的虚拟网络,满足不同用户SLA需求。结合现网资源情况,着重阐述了2种硬切片技术部署方案,为承载网规模部署切片技术提供了工程实践经验。

### 关键词:

多业务;网络切片;FlexE

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.04.006

文章编号:1007-3043(2022)04-0030-05

中图分类号:TN919

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

With the digital transformation and upgrading of enterprises, more and more users put forward new requirements for the smart MAN carrying network, including user differentiated service guarantee, deterministic bandwidth and delay, etc. By using hard slicing technology, the smart MAN can be divided into virtual networks with different bandwidth and performance to meet the SLA requirements of different users. Combining with the resources of the existing network, two hard slicing technology deployment schemes are emphatically expounded, which provides engineering practice experience for the large-scale deployment of slicing technology in the carrying network.

### Keywords:

Multi-service; Network slicing; FlexE

**引用格式:**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.

## 1 概述

《“十四五”数字经济发展规划》指出数字经济是继农业经济、工业经济之后的主要经济形态。规划要求加快建设信息网络基础设施,推进云网协同和算网融合发展,有序推进基础设施智能升级,加快企业数字化转型升级,深化重点行业、产业园区和集群数字化转型,培育转型支撑服务生态。可以预见,以算力为基础的数字经济将进入全面扩展期,网络对算力的支撑作用也日渐凸显,算力和网络融合成为大势所

趋。

中国联通以SR-MPLS/SRv6、EVPN、SDN/NFV等技术为基础,构建了一张以通信云DC为核心的智能城域网,实现了固定宽带、政企业务和移动业务的综合承载<sup>[1-2]</sup>,是以算网一体为重要特征的新一代数字基础设施,为千行百业的数字化发展提供了坚实的基础。

随着经济社会全面数字化转型,越来越多的业务对智能城域网等承载网提出了新的要求,不仅需满足大带宽、低时延、高可靠的网络性能要求,还需满足差异化服务保障、确定性带宽要求<sup>[3-6]</sup>。

为了在一张物理网络中同时满足各类不同业务

收稿日期:2022-03-10

的差异化需求,网络切片应运而生。网络切片(Network Slicing)是指在同一网络基础设施上,将物理网络划分为多个端到端、虚拟的、隔离的(物理隔离/逻辑隔离)、按需定制的专用逻辑网络,每个虚拟网络具备不同的功能特点,可以灵活定义自己的逻辑拓扑、SLA需求、可靠性和安全等级,以满足不同客户对网络能力的不同要求,如时延、带宽、连接数等。

## 2 智能城域网切片技术

### 2.1 相关标准进展情况

切片概念由运营商联盟 NGMN 提出<sup>[7]</sup>, 3GPP、ITU、IETF 等标准组织都开展了网络切片的标准化研究工作。其中 3GPP SA2 和 SA5 定义了无线网子切片、核心网子切片的业务功能及管理功能, ITU-T 和 IETF 定义了承载网子切片的业务功能及管控功能及信息模型。

中国通信标准化协会(CCSA)成立的“5G 网络端到端切片特设项目组(SP2)”<sup>[8]</sup>制定了《端到端网络切片的总体技术要求》《基于 IP 承载网络的端到端切片对接技术要求》等行业标准,打破了标准分层分域独立制订的历史,实现了跨域协同。

### 2.2 相关切片技术

智能城域网已全面部署 VPN+QoS, 实现了业务软隔离切片服务, 业务在使用 VPN 承载时, 不同业务打上不同的 QoS 优先级标识, 根据优先级的标识匹配不同的 QoS 策略, 保证业务带宽及服务质量。运营商可根据业务种类规划不同优先级的隧道, 将业务 VPN 绑定或者引流到指定的隧道上, 实现差异化承载。

智能城域网也可根据客户要求提供硬切片隔离服务, 主要实现方式如下。

a) 基于物理设备的硬隔离: 对特定业务使用专有设备进行切片承载, 部署独立的 BGP、IGP 协议。

b) 基于 FlexE 的硬隔离: FlexE 的核心功能通过在 MAC 层与 PHY 层引入 Shim 层实现, 它可以将 FlexEgroup 中每个物理以太接口划分为多个时隙(slot)的数据承载通道。FlexE 用户(client)数据流中的以太网帧以 64/66 B 编码为单位切分为数据块, 通过 FlexE Shim 实现在 FlexEgroup 中的多个物理接口与时隙之间的分发。利用 FlexE 的划分多数据通道能力, 可以将物理以太接口的带宽划分给多个不同的网络切片使用, 并可以隔离不同切片之间流量的相互影响。在协议层面, 将不同切片的子接口放入不同的 BGP PEER

以及 IGP 进程中, 根据业务的优先级选择不同的切片承载<sup>[9]</sup>。

c) 基于物理端口的硬隔离: 根据需求在设备上使用以太物理端口做切片, 并配置独立的传输资源, 每个切片使用不同的物理端口实现隔离。运营商可通过捆绑或解捆绑端口调整切片带宽, 灵活增删切片。在协议层面, 将不同切片的端口放入不同的 BGP PEER 以及 IGP 进程中, 根据业务的优先级选择不同的切片承载。

## 3 智能城域网硬切片部署实践

### 3.1 切片设计

不同用户、行业对网络的时延、覆盖、可靠性、速率、连接密度、连接成本等特性需求不同, 智能城域网侧的切片在设计时应重点考虑隔离度、时延、带宽等因素。

从性能指标、功能差异、对网络的需求、运维模式等方面, 智能城域网可划分为 3 个切片, 即面向公众用户的 2H/2C 切片、面向普通行业用户的 2B 切片、面向垂直行业用户的切片。

a) 2H/2C 切片: 面向个人用户、家庭宽带提供的业务, 保证一致或更好的用户体验。

b) 2B 切片: 面向普通行业用户, 存在一定的隔离、业务质量保障需求, 在连接管理等方面有定制化差异。

c) 垂直行业切片: 面向具有高度隔离或者高业务质量保障等特殊需求的用户, 安全等级要求极高。

### 3.2 硬隔离切片部署方案

根据前述硬切片技术, 结合客户需求及目前智能城域网设备部署情况、建设成本, 智能城域网硬隔离切片部署实施时可主要采用基于 FlexE、基于物理端口和 FlexE 组合的方案。

#### 3.2.1 基于 FlexE 的硬隔离切片部署方案

基于 FlexE 的切片技术在应用部署时, 遵从 OIF 论坛发布的 FlexE 2.1 标准, 分别将 2H/2C 业务、2B 业务、垂直行业业务对应不同的 FlexE 子通道, 共需 3 套网络资源(IP 地址、SID 标签、子接口配置、BGP 邻居、IGP 进程等)。部署方案如图 1 所示。

智能城域网核心(MCR)、汇聚(MER)、接入(MAR)各层面 FlexE 硬隔离切片部署如下。

a) 核心汇聚层之间, 根据需求将端口模式切换到 FlexE 模式, 部署 3 个 FlexE 硬隔离切片。

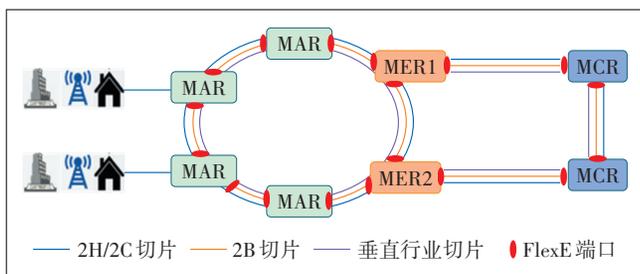


图1 基于FlexE的硬隔离方案示意图

b) 现有接入层如采用100GE速率端口组网, 根据需求将端口模式切换到FlexE模式, 部署3个FlexE硬隔离切片。

c) 现有接入层如采用10GE速率端口组网, 将接入环升级到100GE, 并部署3个FlexE硬隔离切片。

d) 新建接入层时, 采用100GE速率端口进行组网, 并部署3个FlexE硬隔离切片。

### 3.2.2 基于物理端口和FlexE混合的硬隔离切片部署方案

根据智能城域网部署情况, 核心汇聚层面采用基于以太物理端口的硬隔离技术, 接入环之间采用FlexE硬隔离技术(遵从OIF发布的FlexE 2.1标准)。部署方案如图2所示。

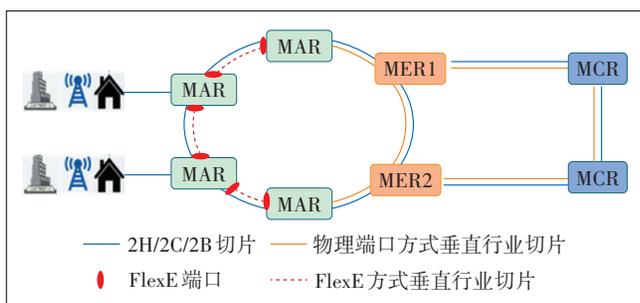


图2 基于物理端口和FlexE混合的硬隔离方案示意图

考虑到资源占用情况, 部署该方案时, 可对切片分类进行调整, 配置2个硬隔离切片, 分为2H/2C/2B切片、垂直行业切片, 不同切片的以太物理接口互相独立或对应不同的FlexE子通道, 分别进行网络配置, 共需要2套网络资源(IP地址、SID标签、子接口配置、BGP邻居、IGP进程等)。

智能城域网核心(MCR)、汇聚(MER)、接入(MAR)各层面的硬隔离切片部署如下。

a) 核心、汇聚层在现有100GE速率端口组网的基础上, 再采用独立的10GE/100GE端口及传输资源, 组成1个新的硬隔离切片, 原有100G环切片承载2H/2C/2B业务, 新增10G/100G环切片承载垂直行业切片。

b) 接入层部署切片时, 与MER对接的MAR设备新占用1个独立的10GE/100GE以太物理端口, 新增10G/100GE互联链路, 组成1个新的硬隔离切片。原有物理端口切片承载2H/2C/2B业务, 新增10G/100G物理端口切片承载垂直行业业务。

c) 现有接入层MAR之间采用100GE组网时, 按需将端口模式切换到FlexE模式, 部署2个FlexE硬隔离切片。

d) 现有接入层MAR之间采用10GE组网时, 将接入环升级到100GE, 并部署2个FlexE硬隔离切片。

e) 采用独立物理端口切片时, 以太端口配置为LAG模式, 便于后续扩容带宽增加端口。

### 3.3 硬隔离切片配置方案

#### 3.3.1 基于FlexE的硬隔离切片配置

a) loopback配置: 每台设备配置3套loopback地址, 从0起, 逐一递增对应不同切片, 即loopback0对应2H/2C切片, loopback1对应2B切片, loopback2对应垂直行业用户切片。

b) IGP配置: 创建3个ISIS进程, 每切片对应1个ISIS进程, 各切片的loopback地址分别绑定对应的ISIS进程号。相邻切片之间进程号间隔100, 即2H/2C切片的ISIS进程号采用现有环网ISIS进程号, 2B切片ISIS进程号在2H/2C切片ISIS进程号基础上加100, 垂直行业用户切片的ISIS进程号在2H/2C切片的ISIS进程号基础上加200, 链路cost值相同。同一个切片内接入环与核心汇聚环均分为2个ISIS进程, 进程号不重复。切片内每个接入环对应汇聚设备间一对子接口, 子接口编号和ISIS进程号保持一致。每个切片中汇聚设备间接口开启N+1个子接口(N为接入环数量), 面向接入侧的N个子接口分别与N个接入环属于同一ISIS进程, 面向核心侧的子接口与核心设备同属于一个ISIS进程。

c) BGP配置: 考虑到后续维护便利, 仍采用现有的BGP进程, 对外1个AS号。接入和汇聚之间、汇聚和核心设备之间使用loopback建立3个BGP PEER, 对应3个切片, 按需配置VPNv4、VPNv6、EVPN等地址族, 切片之间使用BGP PEER隔离, 独立发布路由及对应loopback地址。BGP PEER根据切片策略, 对切片扩展团体属性进行过滤, 实现路由和切片链路的映射。

d) 切片RT配置: 根据不同的出RT引流到不同切片, 切片RT取值范围为6XXXX:1010—6XXXX:1200, 步长为10, 依次对应2H/2C、2B、垂直行业用户切片

等。其中 2H/2C 切片为 6 XXXX: 1010, 2B 切片为 6XXXX: 1020, 垂直行业用户切片为 6XXXX: 1030。在设备上配置 BGP 路由策略,用于匹配经 BGP 协议反射至 3 个 BGP PEER 的切片 RT,根据匹配结果选择允许路由通过或丢弃。

e) 带宽配置:考虑到现阶段业务主要承载在默认 2C 切片,2C 切片带宽预留最大,2B 切片、垂直行业用户切片带宽按需配置,随着业务承载情况动态调整。

### 3.3.2 基于物理端口的硬隔离切片配置

采用基于物理端口切片的配置与基于 FlexE 硬隔离切片在 loopback、IGP、BGP、RT 的配置思路一致,根据切片数量取前 2 个参数。

### 3.4 现网部署应用实践

为满足某垂直行业用户业务承载的需求,某省联通在智能城域网上全局部署了 3 个 FlexE 硬切片分片,部署方案如图 3 所示。

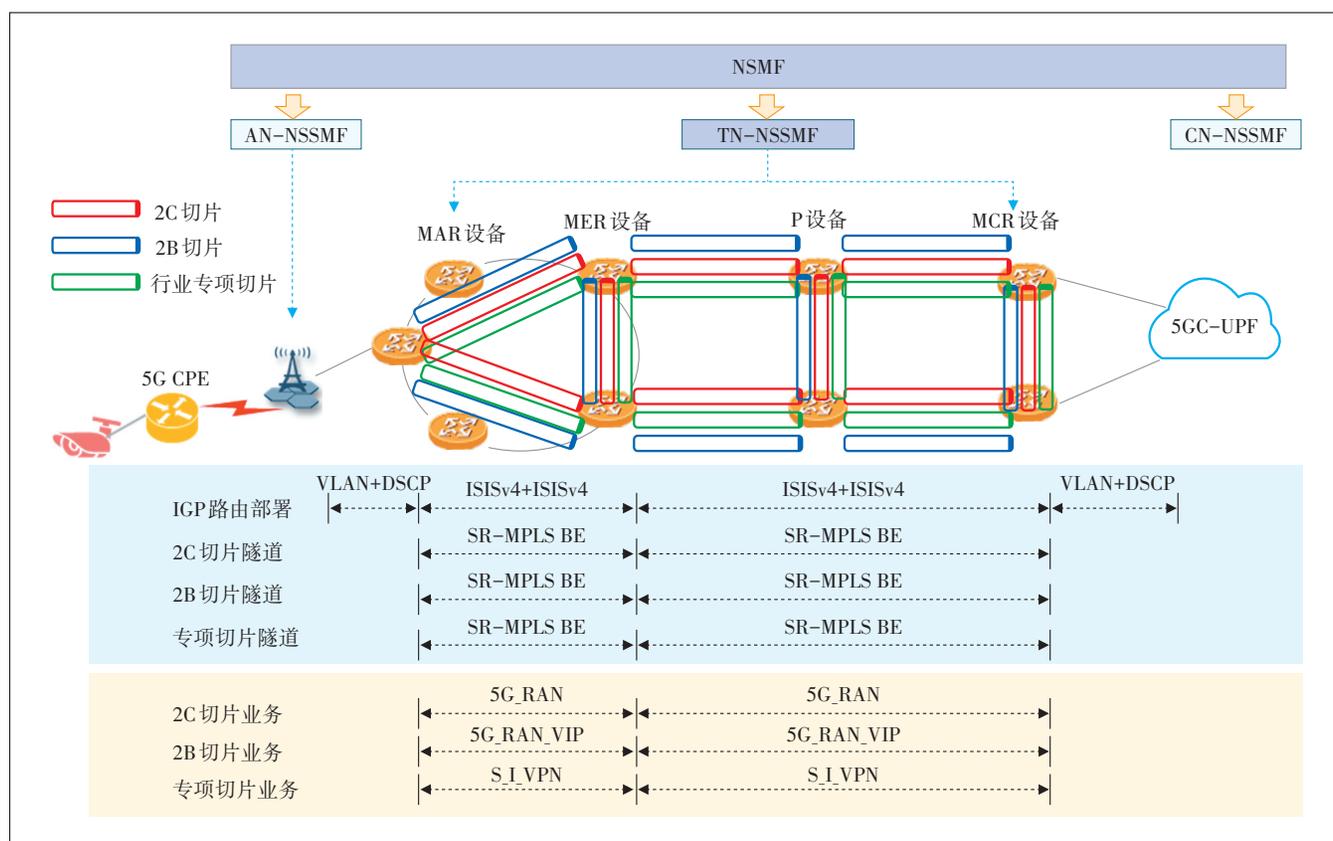


图3 现有智能城域网硬切片部署承载方案

智能城域网切片具体配置如下。

a) 端到端网络切片实例由 NSMF 下发给 AN-NSSMF、TN-NSSMF、CN-NSSMF。

b) 智能城域网域东西向与无线、核心网对接,基于 VLAN 标识加入 FlexE 硬切片,基于 DSCP 标识加入 QoS 队列。

c) 全局配置 3 个 FlexE 硬切片分片,分别对应 2C 业务、2B 业务、行业专项业务,由 IGP 多进程方案约束切片拓扑。

d) 全局配置 3 套 IGP 进程 (ISISv4),均采用 SR MPLS 隧道。

e) 全局规划 3 套 Loopback v4 地址,并在行业专项切片中为该用户规划一个生产业务 VPN(S\_I\_VPN)。

f) 2C 切片的 BGP PEER 通过 loopback v4 地址建立,2B 切片的 BGP PEER 通过第 2 个进程的 loopback v4 地址建立,行业专项切片的 BGP PEER 通过第 3 个进程的 loopback v4 地址建立。

在业务加载之前,某省联通进行了外场安全测试,涵盖了无线、智能城域网、核心网专业以及端到端各个环节。智能城域网中 FlexE 硬切片之间的隔离性测试、同一切片内不同业务隔离/优先级测试均达到了预期效果。

## 4 智能城域网切片部署建议

### 4.1 与OTN传输设备对接时部署建议

FlexE 标准化组织对于 FlexE 在光传输网络中的映射定义了 3 种模式, 如表 1 所示, 建议使用 Unaware 模式。

表 1 路由器 FlexE 接口与 OTN 对接模式

对接模式	具体描述	优劣势	结论
Termination	FlexE 在 OTN 入口处终结, 光传输网络感知 FlexE 接口并恢复出 FlexE Client 数据流, 与传统以太网接口在光传输网络上的承载一致, 可在光传输网络中实现对不同 FlexE Client 流量的疏导	路由器和 OTN 无法解耦, OTN 需要感知路由器 Client 接口; DCN 等协议也在 OTN 终结	不建议
Unaware	OTN 承载映射按照 Bit 透明传输机制实现	部署简单, 主流 OTN 已经支持	建议
Aware	OTN 设置为 Bit 透明模式, OTN 感知 FlexE 帧格式, 并删除无效的数据块	和 Unaware 类似, 但主流 OTN 单板当前不支持	不建议

目前智能城域网核心汇聚设备之间部分互联链路采用 OTN 传输承载, 部署 FlexE 时, 需要将 OTN 端口设置为 BIT 透明模式, 采用这种模式对接时, OTN 设备无法再处理 1588V2 信号报文, 可采取以下解决方案。

a) 在现有 OTN 承载的链路之外, 核心汇聚设备之间单独增加 1 条 10GE 光纤链路传递 1588v2 信号, 可尝试使用长距光模块进行 10GE 光纤直连。

b) 核心汇聚设备之间使用长距光模块光纤直连, 如 100GE/80 km, 不通过 OTN 传输。

c) 在汇聚设备处对接传输设备获取时间源信号, 不再从核心设备传递时间。因此在对接点需另外占用 1 个 10GE/1GE 端口, 并设为 MAC 透明模式, 单独传递时间信号。

### 4.2 软硬切片部署建议

从技术角度看, 在实现业务承载、保障业务质量方面, 软硬切片均可满足业务要求。通过合理 QoS 规划和队列调度, 在拥塞场景下软切片在网络性能指标(时延、丢包率)与硬切片测试结果基本无差异。

由于网络切片的选择与网络逻辑架构的设计、承载协议的部署等密切相关, 在部署硬切片时, 建议规划好切片数量, 确定好架构, 尽量避免增删切片增加配置复杂度。切片带宽根据业务需求灵活调整, 切片内部采用不同优先级对业务进行差异化调度, 实现业务承载的差异化。

目前智能城域网中网络切片应主要采用软切片

(VPN+QoS), 针对行业用户的特殊要求, 可考虑垂直行业要求按需部署硬切片。某省联通根据重点业务需求已实施多个地(市)不同设备类型的硬切片规模化改造及应用试点, 同时完成了 5G 专网安全及端到端切片 SLA 性能测试, 相关技术指标得到行业用户及业内专家的一致认可。

## 5 结束语

智能城域网是城域层面面向 5G 时代固移融合、算网一体的新型承载网络, 已高质量地实现了 5G 业务的承载。某省联通在智能城域网进行多业务承载硬切片技术实践, 满足了不同行业、不同用户的差异化需求, 积累了切片部署工程经验。随着我国千行万业数字化转型进入深水区, 高速泛在、智能敏捷、算网一体的智能城域网将助推企业数字化转型和数字经济发展。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 马培勇, 杨广铭, 吴伟. STN 向城域网演进浅析[J]. 移动通信, 2021, 45(4): 128-134.
- [4] 唐雄燕, 张帅, 曹畅. 夯实云网融合, 迈向算网一体[J]. 中兴通讯技术, 2021, 27(3): 42-46.
- [5] 王巍, 王鹏, 赵晓宇, 等. 基于 SRv6 的云网融合承载方案[J]. 电信科学, 2021, 37(8): 111-121.
- [6] 乔建, 李忠超, 高丽华. 面向云网融合的新型城域网架构关键问题研究[J]. 电信快报, 2021(8): 22-25.
- [7] 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.
- [8] 张晶, 李芳. 5G 端到端网络切片技术与应用[J]. 移动通信, 2021, 45(3): 40-43.
- [9] 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.
- [10] 尹远阳, 林贵东, 杨广铭, 等. 面向 5G STN 承载网络 FlexE 切片技术[J]. 电信科学, 2021, 37(7): 126-133.

### 作者简介:

刘立刚, 高级工程师, 主要从事数据网规划及研究工作; 张建忠, 高级工程师, 主要从事数据网规划及研究工作; 吕文琳, 高级工程师, 主要从事 5G/F5G 创新、传送网规划及项目管理工作; 陈成运, 高级工程师, 主要从事数据网相关咨询设计工作; 孙梅, 高级工程师, 主要从事传送网相关咨询设计工作。