

面向5G的新型城域承载网的建设思路探讨与实践


Discussion and Practice on the Construction of 5G Oriented New MAN

薛强¹,屠礼彪²(1. 中国联通广东省分公司,广东 广州 510627;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033)
Xue Qiang¹, Tu Libiao²(1. China Unicom Guangdong Branch, Guangzhou 510627, China; 2. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China)

摘要:

首先介绍了5G业务发展节奏及要求,然后对网络结构,包括接入层、核心汇聚层,进行了详细的分析,并给出演进建议,其次对网络协议的选择进行了详细分析,并给出了演进的建议,最后,对广东联通现有城域网进行了分析,并结合智能城域网建设,给出了新型承载网与原有承载网、城域网的融合发展建议。

关键词:

5G; 新型承载网; SR; EVPN
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.01.006
文章编号: 1007-3043(2020)01-0025-07
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:

Firstly, the development rhythm and requirements of 5G service are introduced, then the network structure, including access layer and core convergence layer, is analyzed in detail, and some suggestions are given. Secondly, the selection of network protocol is analyzed in detail, and the evolution suggestions are given. Finally, the existing MAN of Guangdong Unicom is analyzed, and combined with the construction of intelligent MAN, the integration development suggestions of the new bearer network and the original bearer network and MAN are given.

Keywords:

5G; New bearer network; SR; EVPN

引用格式:薛强,屠礼彪. 面向5G的新型城域承载网的建设思路探讨与实践[J]. 邮电设计技术, 2020(1): 25-31.

1 新型承载网的网络结构及要求

1.1 5G业务发展节奏以及要求

5G的业务发展分为3个阶段。

第1阶段为eMBB+NB-IoT:时间点在2019—2020年,主体业务为2C业务,如视频/上网/4K/VR/AR, 2B业务为NB-IoT类业务。业务的特点是带宽相比4G提高较多,初期业务量还不是很大,在大多数区域,10GE接入环即可满足要求,在个别热点区域,带宽较大,50GE接入环可满足带宽要求。时延要求10ms以上,现在的网络即可满足要求。

第2阶段为eMBB+mMTC:时间点在2021—2022年。2C业务(视频/上网/4K/VR/AR)和智慧园区业务开始增多,部分区域初期的10GE接入环满足不了业务的带宽需求,需要将接入环变成50GE环,当然还有很多的区域不用改变。部分汇聚层的带宽需要升级到100GE。时间延迟在10ms以上,要求确定性时延。VR/AR/直播等场景存在分片需求。

第3阶段为eMBB+uRLLC+mMTC,时间点在2022年以后。这个阶段会新增V2X业务、自动驾驶业务,智慧工厂业务逐渐增多。时间的延迟要求在3~10ms,要求确定性的时间延迟。局部垂直行业存在分片需求。

1.2 接入层建议

在第1阶段10GE接入环即可满足要求,但是如果

收稿日期:2019-11-11

接入环的CSG数量过多,则需要将超大环改造为多个小环,满足接入环的带宽不超过10G,这样不用增配10GE的板卡即可满足带宽需求。接入层的拓扑由业务的实际情况决定,有以下几种场景。

1.2.1 大环裂小环

接入环大环组网如图1所示。

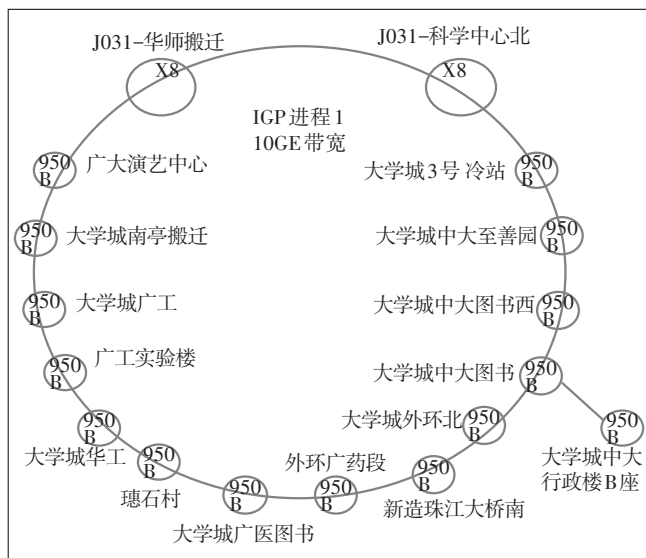


图1 接入层大环示意图

分裂后组环如图2所示。

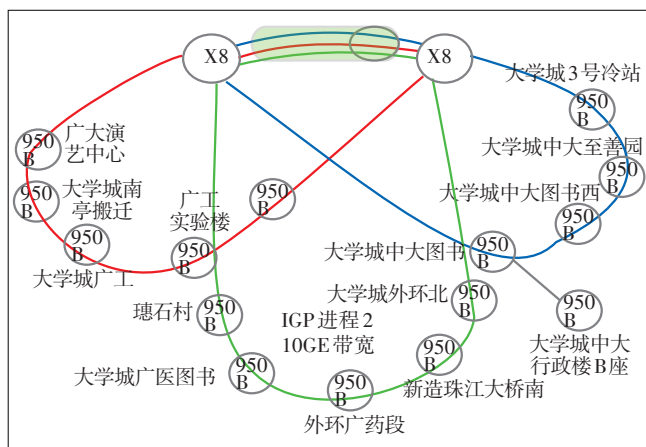


图2 大环裂小环示意图

1.2.2 环带环

环带环的场景中如果在部分节点上不进行改造,接入环的带宽会超过10G,建议对如图3所示环带环进行改造。改造为如图4所示的拓扑。

1.2.3 GE环改造

对于部分GE环,在初期可以给接入层ATN设备

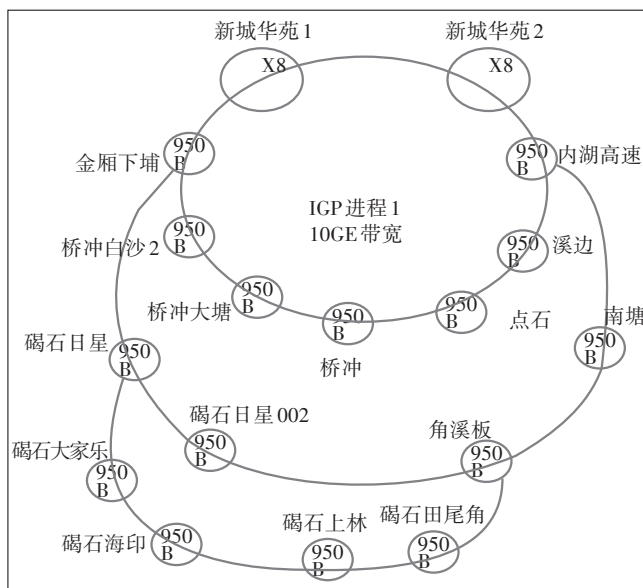


图3 环带环场景

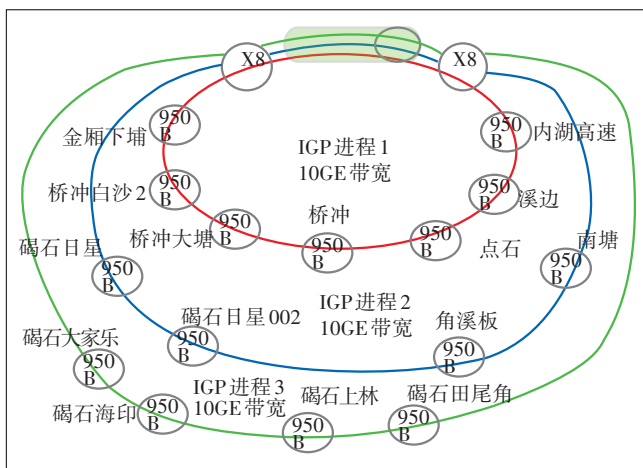


图4 环带环改造后的拓扑

增配10GE板卡来实现10GE接入网,以保护现网投资。

1.3 汇聚核心层的演进建议

汇聚层核心层有3种网络架构可选择:口字型、双上联和Spine-Leaf架构。

1.3.1 Spine-Leaf架构

Spine-Leaf架构源自Clos架构,如图5所示。Clos架构源自交换机,是一种多级交换架构,这种架构是为了在输入输出增长的情况下尽可能减少中间的交叉点数。

二层Spine-Leaf架构(见图6)是由三层Clos架构沿中间层折叠而成。

Spine-Leaf架构特点:多个Spine节点的胖树结

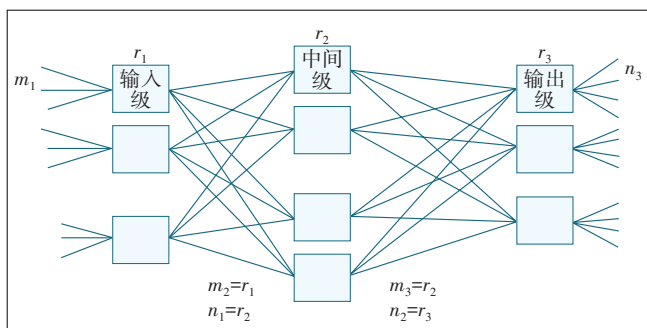


图5 Clos架构

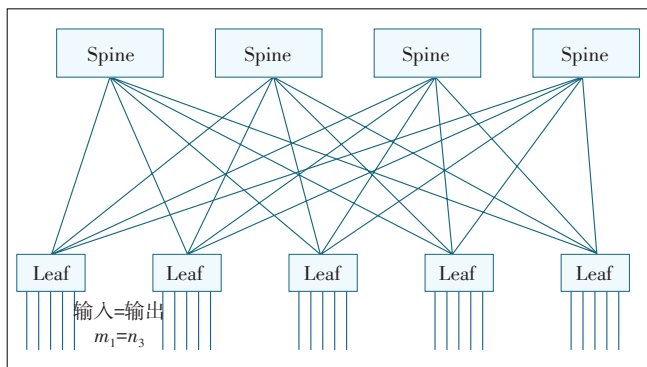


图6 Spine-Leaf架构

构,通过新增Leaf节点,实现横向弹性扩容,Spine下行端口数决定Leaf节点数和网络规模。

标准的Spine-Leaf会给IPRAN网络带来如下问题。

a) 对于核心节点:每增加1对核心节点,核心汇聚层光纤数量就要翻1倍;流量落地设备需跟核心节点建立full-mesh连接;多核心节点会占用更多的核心机房空间和电源。

b) 对于汇聚节点:新增汇聚节点要跟核心节点建立BGP邻居配置,会增加核心节点压力;新增1台汇聚节点,要增加8条光纤(上下行),消耗光缆资源;新增汇聚节点要增加核心节点支持的端口密度,影响设备形态;新增汇聚节点,要配套增加汇聚机房空间和电源,占用机房资源。

c) 对于保护:接入层故障,下行流量绕行核心节点,隧道硬收敛秒级丢包;核心网AC侧故障,上行流量持续丢包,VPN路由硬收敛。

1.3.2 双上联架构

IPRAN采用的近“Spine-Leaf”架构,去掉了Spine-Leaf架构的便于横向拓展的核心需求,称为“双上联”架构,如图7所示,双上联在口字型基础上增加了交叉线,本质上是一种改进的口字型架构。

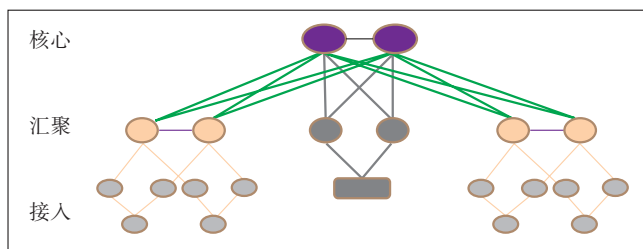


图7 双上联架构

双上联架构的特点如下:

- a) 城域内只用一对Spine节点,非胖树结构。
- b) 汇聚节点数量相对固定,扩容时采用节点容量扩容和链路带宽扩容方式,核心节点的背板容量决定了扩容总容量。
- c) 成对的汇聚Leaf节点之间需横连线,做接入层保护路径。
- d) 核心Spine节点之间需横连线,做核心网侧AC链路故障保护路径。

1.3.3 架构比较以及建议

Spine-Leaf和双上联架构之间的区别如表1所示。

表1 Spine-Leaf和双上联架构的区别

对比项	Spine-Leaf	双上联	备注
收敛比	Leaf到Spine设计无收敛或1:2的收敛比	接入到汇聚设计1:5或以上的收敛比	DC内强调无阻塞,收敛比设计小于IPRAN,IPRAN统计复用削峰填谷的效果明显,设计较大的收敛比
流量方向	东西向为主,南北向为辅	南北向为主,东西向为辅	DC内东西向流量为主,IPRAN南北向流量为主
扩容方式	增加Leaf节点数,横向拓展	Leaf节点数固定,链路带宽扩容	Leaf节点相当于汇聚机房,IPRAN汇聚机房数量固定,一般采用链路带宽扩容
建网思路	强规划式建网,Spine节点下行端口数决定网络规模和总容量,Leaf节点间需考虑对称设计	非强规划式建网,按需建网扩容,Leaf节点建设不考虑对称	规划式和对称式建网,满足了DC内虚拟机任意迁移场景需求;DC内无光纤、波长等网络资源限制,IPRAN建网需考虑用户数和网络资源,不需要考虑各汇聚节点之间的对称
网络架构	东西向胖树设计,Spine节点数目多	东西向非胖树设计,一般只需1对Spine节点	胖树设计满足东西向为主的业务需求
业务场景	主要业务节点虚拟机意迁移	无业务节点迁移的需求	IPRAN接入节点接入汇聚节点后不会迁移,DC内有虚拟机意迁移诉求
其他区别	Spine节点间无互联链路,Leaf节点间无互联链路	Spine节点兼做RSG场景,Spine节点间需规划互联链路;成对的Leaf节点间需规划互联链路	IPRAN场景RSG之间互联链路作为核心网AC侧故障绕行链路,ASG之间互联链路作为接入层故障绕行链路

新型城域承载网的汇聚和核心层拓扑建议选取双上联架构或者口字型架构,具体选择哪种架构本文从以下几个角度来比较。

核心至汇聚的需求带宽是100GE时,组网拓扑如图8所示。

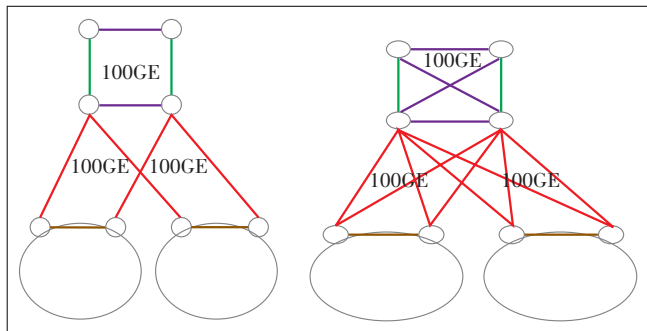


图8 目标带宽为100GE时的2种组网拓扑

核心至汇聚需求带宽是200GE时,组网拓扑如图9所示。

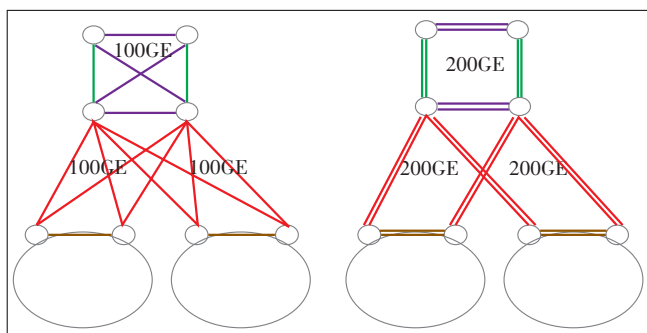


图9 目标带宽为200GE时的2种组网拓扑

上述2种需求带宽下不同组网拓扑的比较如表2所示。

新型承载网可以根据不同的目标带宽,选择口字型或双上联架构,需求带宽100G时建议选择口字型架构,需求带宽200G时建议选择双上联架构。

2 新型承载网的网路协议选择

2.1 SR与现有RSVP-TE/LDP的关系及演进策略

2.1.1 SR与RSVP-TE/LDP

现存的网络隧道LDP和RSVP-TE各有其优势和弊端。LDP部署简单,但需要专门的LDP协议,且无法进行路径控制。RSVP-TE可以进行路径控制,但部署复杂且存在Full Mesh的N2问题。同为转发隧道,SR在控制面不再需要RSVP、LDP等协议。同时,在转发平面,SR保留了MPLS的标签转发机制。SR的源路由

表2 2种需求带宽下口字型及双上联拓扑的比较

对比项	汇聚核心100G	汇聚核心200G	备注
端口数量	双上联长距端口需求是口字型的2倍	双上联和口字型基本持平	从建网成本分析,目标100G带宽优选口字型,目标200G带宽两者相差无几;同样的规律,300G带宽优选口字型,400G带宽两者几乎一样;运营商需考虑评估目标带宽,选择建网架构
光纤及波长	双上联光纤和波长需求都是口字型的2倍	双上联和口字型几乎持平	
扩容方面	双上联首次建网成本高,跨代扩容,扩容压力小于口字型		基本能力持平,双上联架构负载分担略有优势
负载分担	双上联和口字型,主备BGP转发平面效果相同,IGP层面负载分担双上联有优势		
保护路径	接入层故障,保护路径和跳数相同;汇聚层故障,双上联比口字型保护路径少一跳		双上联架构汇聚层保护路径略有优势

机制使它通过源节点即可控制数据包在网络中的转发路径,满足了未来SDN智能网络对路由灵活控制的需求。

2.1.2 SR演进策略

在面向5G的新型城域网中,隧道演进总体策略如下:初期完成部分链路带宽升级,快速完成5G基站开通与业务上线,达成5G首发目标,隧道选择LDP/RSVP-TE;2020年之后随着新型承载网的新建或者优化,核心汇聚层的设备都能支持SR协议,这时可以启用新的隧道协议,并同步将传统的网管系统升级为SDN控制器设备,然后从核心汇聚层到接入层逐步切换传统隧道到SR,完成智能化演进升级。

2.1.3 SR演进步骤

SR隧道演进过程,按照先演进核心汇聚层再演进接入层的顺序进行。

a) 核心汇聚层演进:

- (a) 汇聚核心层升级版本支持SR/EVPN特性。
- (b) 汇聚核心层使能SR-TE/SR-BE隧道。
- (c) 汇聚层上行隧道切换SR,修改ASG隧道策略,优选SR,次选MPLS。下行隧道切换SR,修改RSG隧道策略,优选SR,次选MPLS。

b) 接入层演进:

- (a) 接入层设备升级新版本或者新建接入环。
- (b) 接入层使能SR-TE/SR-BE隧道。
- (c) 接入层上行隧道切换SR,修改新版本CSG的隧道策略,优选SR,次选MPLS。
- (d) 接入层下行隧道自动切换SR,无需修改ASG的隧道策略。

c) 清理RSVP-TE/LDP配置:

(a) 全网升级新版本,且接入汇聚核心都部署优选SR隧道后,删除TE/LDP配置。

(b) 汇聚设备下挂V5接入环,此类ASG不能删除TE/LDP配置。

(c) 先修改隧道策略迭代顺序,删除迭代顺序中的MPLS隧道,再删除其他配置。

(d) 按照先删除接入层再删除汇聚层的顺序清理RSVP-TE/LDP隧道。

2.2 SR MPLS与SRv6的关系及演进策略

2.2.1 SR-MPLS与SRv6

SR-MPLS与SRv6的本质区别在于前者Segment ID使用MPLS Label,后者使用IPv6地址。正是这一本质区别,使得SRv6在诸多方面都比SR-MPLS表现出强大的优势,并成为“可预见的终极方案”。

SR-MPLS和SRv6的对比如表3所示。

2.2.2 SRv6演进策略

表3 SR-MPLS和SRv6的对比

对比项	SR-MPLS	SRv6
控制面	IPv4/v6	IPv6
数据面	MPLS	IPv6
转发性能	MPLS封装头小,以封装L3VPN为例,最少只要8B、2层MPLS标签;SR流量工程每增加1个SID,增加4B;转发效率高	以封装L3VPN为例,最少只要40B的IPv6头;SR流量工程每增加1个SID,增加16B
跨域部署	复杂,跨AS域只能使用SR-TE,需要依赖跨域控制器,PE需要远端PE的loopback主机路由	容易,跨域既有SRv6-BE也有SRv6-TE;利用IPv6可达性,跨AS域部署容易,不需要跨域扩散主机路由,引入汇聚路由即可,大幅减少了扩散路由数量和路由策略复杂度
大规模部署	复杂(SID空间有限,设备SID统一规划和维护复杂)	容易(SID采用IPv6地址空间,适合大网规划)
SR栈层数	3层标签:VPN/BGP/SR	1个IPv6报文头;统一业务标识和传输隧道
与传统网络互通	困难(IPv6 MPLS/BGP-LU)	容易(Only IPv6)
控制&管理	支持SDN	支持SDN
可编程性	困难	灵活,业务编排器或各种APP能够根据SLA及业务诉求指定网络和应用(业务链),提供灵活的可编程能力
可靠性	TI-LFA、SRv4-TE采用端到端保护技术,大规模组网BFD会话开销大	TI-LFA、SRv6-TE采用局部保护技术,无需部署复杂的E2E BFD检测技术
ECMP	复杂(插入Entropy标签,有标签栈层数限制)	简单(基于Flow label进行负载分担)
云网协同	困难,数据中心网络,包括VM一般不支持MPLS协议	容易,数据中心网络设备一般都支持IPv6
终端协同	困难,终端设备支持MPLS困难	容易,终端设备一般都支持SRv6;Linux4.10版本开始支持SRv6,4.14版本支持SRv6 Function大部分功能

SRv6兼容现网MPLS VPN的演进方案如下:

a) RSG设备升级支持SRv6。

b) RSG设备与存量CSG设备建立传统MPLS VPN BGP peer, RSG与已升级支持SRv6的CSG设备建立SRv6 VPN BGP Peer。

c) 东西向流量采用传统MPLS隧道,南北向流量具备SRv6能力的设备优选SRv6,不具备SRv6能力的设备采用MPLS隧道。

SRv6替换现网MPLS VPN的演进方案如下:首先将现网的L3VPN业务建立在RSVP-TE/LDP上,为L3VPN业务建立双栈SRv6隧道,然后通过配置隧道优选策略,用SRv6隧道承载L3VPN业务,最后删除MPLS隧道和ipv4-family vpnv4地址族配置。

尽管主流设备厂家已支持SRv6,但SRv6的相关标准还未完全成熟,因此新型的城域承载网要视建设的时间点决定采用SR-MPLS还是SRv6,2020年初可

以先上SR-MPLS。

2.3 EVPN与L3VPN、VPLS的关系及演进策略

2.3.1 EVPN与VPLS、L3VPN

EVPN通过扩展BGP协议使不同站点的二层网络间的MAC地址学习和发布过程从数据平面转移到控制平面。EVPN解决了传统VPLS不支持双归网络负载分担的问题,避免了公网PE间的全连接,实现了快速收敛。同时,EVPN作为统一的VPN架构,全面支持L2及L3VPN。

2.3.2 EVPN演进策略

路径1:现网L3VPN进行EVPN改造,移动业务通过EVPN承载,演进步骤如图10所示。

路径2:现网L3VPN不进行EVPN改造,L3VPN承载4G和5G NSA业务,EVPN承载5G SA业务,演进步骤如图11所示。

路径3:现网PW不进行EVPN改造,PW专线和

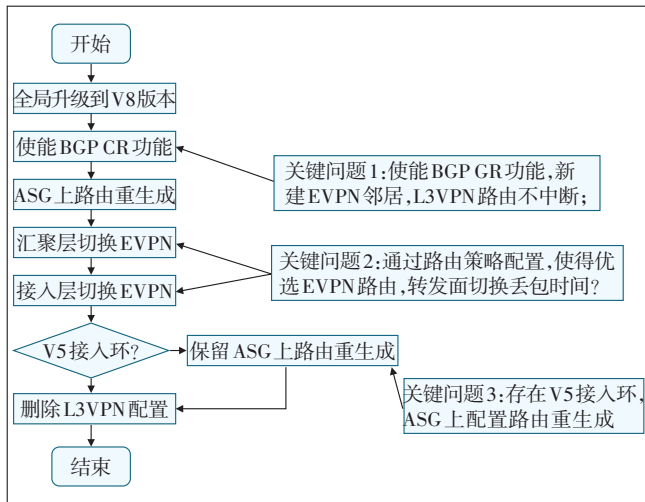


图10 L3VPN向EVPN改造步骤

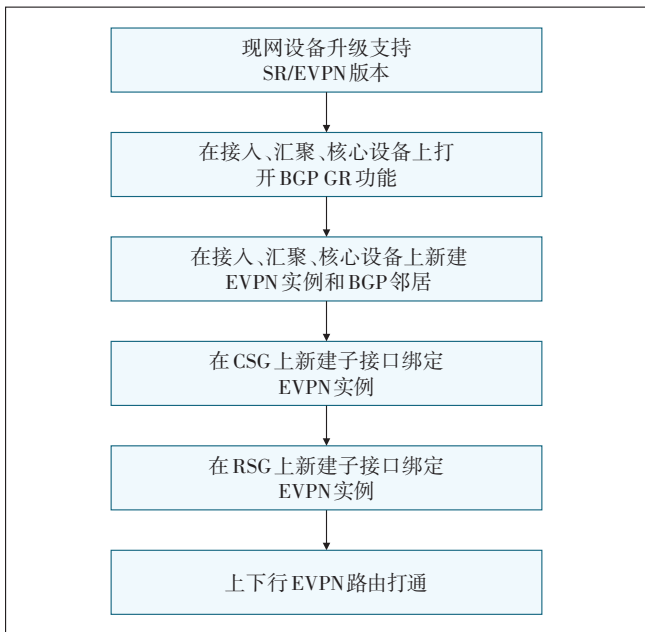


图11 EVPN承载5G SA示意图

EVPN专线并存;分层PW专线和EVPN专线不是一个控制面学习MAC地址,不存在改造的过程,在一个设备上共存也没有冲突;已开通的分层PW专线承载方案不变,新开通专线选择分层的EVPN专线方案承载,不同专线之间也没有互通要求。

3 现有网络形态分析及融合策略

3.1 承载网

3.1.1 承载网架构分析

现有承载网如图12所示,是数据网、传送网、接入网等多专业网络混合组网,相同专业又分多个不同功能的网络。现有网络已难以适应云、高速、低时延、个

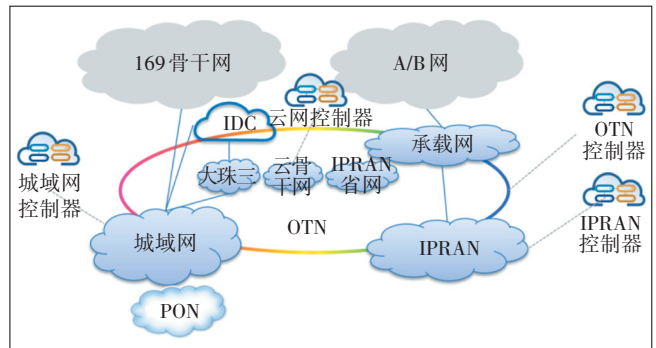


图12 承载网现状

性化等业务需求。

现有承载网主要存在以下几个问题。

- 端到端结构复杂,用户体验差:移动、大客户、宽带业务贯穿核心、数据、传输、接入、基站等多个网络。
- 网络冗余重叠、网络效率低:本地承载网(CE网络)与IP-RAN网络纵向重叠,大珠三/云骨干/UTN省干横向重叠。
- 智能化不足、协同难:部分网络未SDN化,部分网络独立部署SDN控制,无法实现统一协调管控。
- 网络效能低、投资大:网络架构的冗余会增加机房、电费及维护等运营成本,同时需要较大的扩容投资。

3.1.2 承载网协议分析

IP-RAN和城域网的MPLS采用的是LDP协议,LDP协议用于标签分配,但LDP协议较复杂,有11种不同类型的消息,如果LDP和IGP协议不及时同步会出现路由黑洞,同时LDP不具备流量工程能力。

业务层对VLL业务采用的是Remote LDP协议,L3VPN业务采用的是MP BGP协议。业务层的协议不统一。

3.2 现有网络的整合与互通

为适应5G网络及云业务发展的需求,对现有网络进行了相应改造,满足了5G初期发展的需求,提高了网络的效率。

3.2.1 IP-RAN与CE网络的整合

骨干网层面,随着核心网的下沉和去属地化,承载B网的功能逐步减弱,B网与A网进一步融合。具体演进思路如图13所示。

业务承载思路如下:

- 本地CE网络不再建设,充分利旧。
- 新增4G/5G业务通过IP-RAN2.0设备承载。

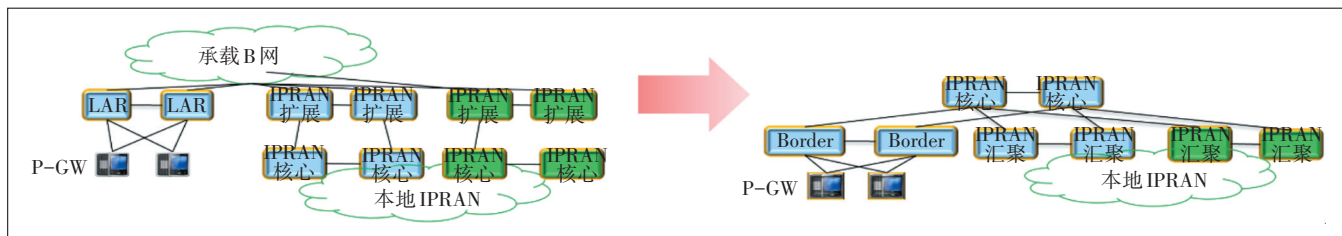


图13 5G承载IPRAN的演进思路

- c) 原有3G/4G业务逐步割接至IPRAN网络。网络融合步骤如下。
 - a) IPRAN网络核心直连核心网出口路由器。
 - b) IPRAN核心、MCE融合为1对本地核心。
 - c) IPRAN跨厂家互通,进行解耦组网。

3.2.2 IPRAN与城域网的互通

以业务为导向,在汇聚层横向打通本地城域网及IPRAN网络,实现双网有机互联,如图14所示,结合云骨干(省内原有的小省网改造而来)的统一调度,满足PON入云、智享专车等业务快速承载开通。

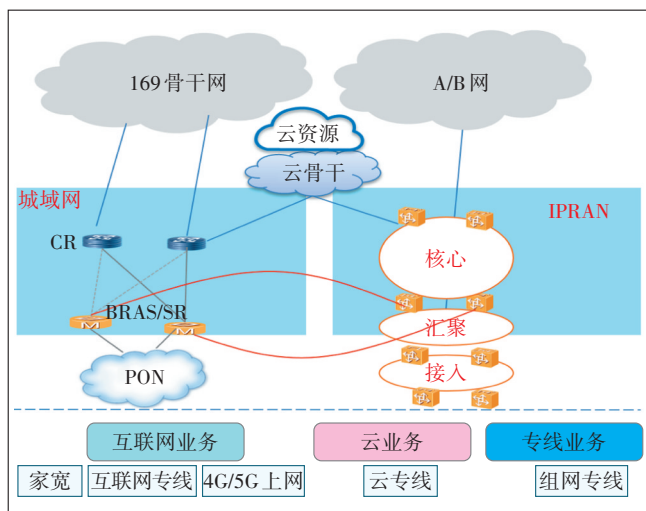


图14 本地城域网与IPRAN有机互联

通过以上手段,可以实现以下业务:

- a) PON入云:OLT经过BRAS/SR后由各地(市)城域网CR与云骨干网打通,实现快速入云。
- b) IPRAN上互联网:IPRAN的汇聚层设备就近与IP城域网的BRAS/SR通过GE/10GE互联,实现智享专车等互联网专线业务的快速开通。

以上业务在广东联通都已实现,满足不同场景下用户上网、上云的需求,并取得了不错的经济效益。

3.3 新型城域网承载网的发展之路

新型承载网的设计目标是确定的,即网络结构

上:核心、汇聚层之间采用Mesh架构,接入层采用树型或环型,树型接入PON网络,环型接入移动基站,全网采用SR+EVPN协议,统一承载5G、宽带、专线等业务。

广东联通已经完成广州、深圳智能城域网的测试,从结构、协议等多方面,进行了多业务承载测试,结果证明4G/5G业务、宽带拨号、互联网专线、组网专线、云专线等业务,完全可以在一张网络中承载。

随着集采的推进,设备形态即将确定,新建的智能城域网将直接满足5G的承载需求,后期会整合原有的IPRAN网络,原有的汇聚、接入层能力达到要求的,直接改挂新核心即可,不符合的通过新建替换,割接原有的业务,逐步将IPRAN消化掉,形成一张统一的移动承载网络。然后再考虑将169城域网的汇聚层改挂到智能城域网核心,并最终融合。相信,通过一系列可行的优化、整合措施,承载综合业务的新型城域网将会在近几年实现。

参考文献:

- [1] 张传福,赵立英,张宇. 5G移动通信系统及关键技术[M]. 北京:电子工业出版社,2018.
- [2] 杨峰义,张建敏,王海宁. 5G网络架构[M]. 北京:电子工业出版社,2017.
- [3] 万芬,余蕾,况璟. 5G时代的承载网[M]. 北京:人民邮电出版社,2018.
- [4] CLARENCE F, KRIS M, KETAN T. Segment Routing 详解 第一卷[M]. 苏远超,蒋治春,译. 北京:人民邮电出版社
- [5] BGP MPLS-Based Ethernet VPN: RFC7432[S/OL].[2019-10-08]. <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc7432/>.

作者简介:

薛强,毕业于中山大学,博士,主要从事数据网络的规划与建设工作;屠礼彪,毕业于北京邮电大学,硕士,主要从事IP城域网、智能城域网的规划与建设工作。

