



面向视频云综合承载的 SRv6 的研究与实践

解冲锋¹, 蒋文洁², 马晨昊¹, 严皓², 王思斐², 李聪¹, 陈运清¹

(1. 中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209;

2. 中国电信股份有限公司四川分公司, 成都 610041)

摘要: SRv6 是新近出现的一种基于源路由机制的新型传送技术, 通过在扩展报头中携带指令来支持网络的可编程能力, 满足业务快速开通等多种需求。在四川省现网进行 SRv6 试验的基础上, 重点论述了 SRv6 应用于综合视频云场景下的组网方案, 验证了 SRv6 在业务敏捷性、安全隔离、带宽弹性及跨域部署方面的优势。同时, 也给出了 SRv6 未来面临的挑战及相关发展建议。

关键词: SRv6; 视频云; 网络可编程; 安全隔离

中图分类号: TN915

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019291

Research and practice of SRv6 for integrated carrying of video cloud

XIE Chongfeng¹, JIANG Wenjie², MA Chenhao¹, YAN Hao², WANG Sifei², LI Cong¹, CHEN Yunqing¹

1. China Telecom Research Institute, Beijing 102209, China

2. China Telecom Sichuan Branch, Chengdu 610041, China

Abstract: SRv6 is newly emerging, source routing-based technology, which aims to realize network programmability by steering a packet through an ordered list of instructions in the IPv6 extension header, so as to meet multiple requirements, such as fast service provisioning. Based on the field trial of SRv6 in the production network in Sichuan province, the SRv6 solution for integration the video clouds in multi-domain networks was illustrated, which had shown the advantages of SRv6 in service agility, secure separation, bandwidth elasticity and inter-domain deployment. In addition, the challenges of SRv6 were listed and development policy was given in the end.

Key words: SRv6, video cloud, network programmability, secure separation

1 SRv6 技术产生背景

SRv6 是基于 IPv6 协议^[1]扩展出的一种源路由机制的传送协议, 其源节点通过在报文头封装

指令列表来指导转发, 在数据分组显示规定了数据分组要经过的路由节点, 因此只在网络边缘维持状态。SRv6 支持软件定义网络 SDN 架构, 从而具有良好的网络可编程能力, 其独特的特性近

收稿日期: 2019-10-28; 修回日期: 2019-12-17

基金项目: 国家重点研发计划基金资助项目 (No.2018YFB1800400)

Foundation Item: The National Key Research and Development Program of China (No.2018YFB1800400)

几年来受到互联网界的高度关注。在设计上,SRv6使用嵌入IPv6数据分组中的SRH报头实现源路由,作为新的路由扩展报头,SRH报头^[2]位于IPv6基本报头之后。在SRH扩展报头中包含有序的SID(segment ID)列表,SID就是SRv6中的网络指令,其采用IPv6地址格式作为段标识,SID由Locator、Function以及Argument 3部分组成。

- Locator,即定位器,主要承担SID的路由功能,要求域内唯一。
- Function,即标识设备内的任何功能,如underlay转发功能、overlay业务如L2VPN/L3VPN VM等,其长度是可变的。
- Argument,即SID的功能在运行过程中所使用的参数,其是可选的。

由于128位的IPv6地址具有海量的地址空间,SID除了可标识网络类功能外,可以标识任何功能、对象、内容等,有利于实现网业分离,有利于实现网业分离,同时支持根据业务的需求在网络中灵活调度流量。

目前,SRv6在国际IETF上的标准体系已趋于完善,涵盖架构、网络编程^[3]、SRH、基础协议扩展(IGP和BGP)、VPN业务支持、多播BIER^[7]、控制器南向接口(BGP-LS和PCEP),OAM/iOAM/PM、SFC、YANG^[8]以及互通等,已有相应成熟的方案文稿。另外,基本特性文稿(NP、VPN、ISIS、BGP-LS)已经基本稳定,目前在IETF进入了工作组接收请求。另外,一些重要的场景中的应用文稿,如网络切片和移动用户面支持,已经被IETF接收为工作组文稿。在标准化推进的同时,SRv6的生态系统发展得很快,全球的大型厂商(如华为、思科等)已经开始全面支持SRv6,均已推出SRv6的商用版本或试商用版本,国际上的运营商,如日本软银积极推动利用SRv6承载5G的方案,SRv6技术理念基本得到业界的认可和支持。

本文在分析SRv6技术发展及产业化现状的

基础上,以视频云综合承载场景进行了SRv6方面的现网试验,分析其对于运营商网络的优势及发展趋势。

2 组网场景及需求

作为一种通用的网络转发技术,SRv6在多种场景下具有应用的潜力,本文给出的只是其中的一种。SRv6现网实验场景如图1所示,本试验围绕基于SRv6的视频云综合承载展开,该场景需要在大网上构建视频云专网,而且要进行跨多个自治系统(域),从而把位于不同地市的视频平台跟省中心视频平台互连成一个云池,实现省中心和地市视频平台间的互访。本应用场景有如下几个基本需求。

(1) 快速开通

满足业务灵活快速发放诉求,克服传统方式的跨域配置量大、协调工作量大带来的业务开通相对较慢的缺点。

(2) 充足带宽

由于需要在视频云市中心和省中心做视频同步,所以对平台之间管道的带宽较高,可以支撑业务从GE到10GE按需发展,而且带宽最好能做到敏捷扩缩容,要具有一定的弹性。

(3) 安全隔离

由于该视频业务本身对于安全性有较高的要求,因此需要实现业务与其他公网业务的隔离,保障数据安全。

(4) 运维简单

在确保业务承载质量的同时,也要满足支持业务负载、网络使用情况的端到端可视能力,并实现故障的快速诊断。

3 SRv6试验组网方案

针对跨地市的视频互连及传输需求,本试验采用了一个轻量级、快速部署的跨域专线方案——SRv6 overlay,其思路是在视频云市中心平台和视频

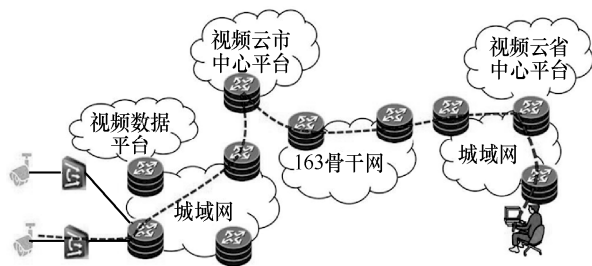


图1 SRv6 的现网试验场景示意

云省中心平台之间配置专线, 该专线需要跨域骨干网和城域网, 并要求底层全面支持 IPv6。为了配置 SRv6 overlay 专线, 需要在专线首尾两个节点所在 DC (地市 DC 和省会 DC) 分别部署两台 PE 路由器, 并开启 IPv6 和 SRv6 能力, 然后跨越骨干网络快速打通一条基于 IPv6 的 overlay 业务路径。此专线的隧道采用 SRv6-BE, 原始报文在入口 PE 采用 SRH 封装入 SRv6-BE 隧道, 封装 IPv6 头; 中间网络按照 IPv6 公网的常规 IPv6 转发, 报文达到出口 PE 后, 剥掉 SRv6-BE 隧道封装, 将 IP 报文在私网 VRF 内转发。最后在目的节点解封装并到达目的地址, 从而实现 L3VPN over SRv6 BE, 如图 2 所示。

由于包括中国电信在内的国内电信运营商已实现了 IPv6 的规模部署^[1-2], 中国电信的城域网和骨干网路由器已全面开启 IPv6 协议栈^[3], 为 SRv6 的试验部署创造了良好的 IPv6 基础网络条件。本试验需要跨域中国电信的多个城域网和 163 骨干网, 目前省内城域网到 163 骨干网有 Tbit/s 级别的预留带宽, 因此整个业务发放只需要配置首尾两端, 由于 SRv6 是基于 IPv6 转发的, 中间节点

不需要任何重新的规划和配置改动, 也不涉及跨域的设置, 从而达到业务快速开通的目的。为了支持以上转发和域间互通功能, 本试验在路由方面做如下的配置。

在域内路由方面, 由于当前的公网和 DC 内已经部署了 IPv6, DC 间 IPv6 转发已经打通, 两个 DC 出口设备 DC-GW 已经互相学习到对端发的汇聚路由。新增 PE 接三层交换机或者 DC-GW, 采用和当前网络一致的域内路由 IS-IS/OSPF 协议, IPv6 地址和 DC 内的 DC-GW 在同一网段, 设备 IPv6 回环地址和 SRv6 Locator 网段路由采用不同的 IPv6 子网段, IPv6 回环地址和 SID 用的 Locator IPv6 网段路由需要引入 IGP, 同理本地需要学习到对端 PE 路由。

在域间路由方面, 两端 PE 两两互相建立 EBGp 对等体关系, 传递 VPN 私网路由, 可以采用多 RD+团体属性+本地优先级规划方式进行选路, 具体 import/export 配置如图 3 所示。DC-GW 公网 IGP 和 BGP 互引的路由继承当前网络的路由策略, DC-GW 和 163 网络采用 EBGp IPv6 对等体关系, 实现了和公网 IPv6 路由互通, 不需要为 SRv6 做专门修改。

在本试验中, 控制器作为 SRv6 设备配置和业务布放的核心控制单元, 其将用户的业务需求进行参数模板化, 同时根据用户的需求进行网络路径选择, 并在面向底层 PE 设备中自动创建和配置标识相关参数, 实现端到端业务快速发放, 其典型的配置流程示例如图 4 所示。此外, 控制器还

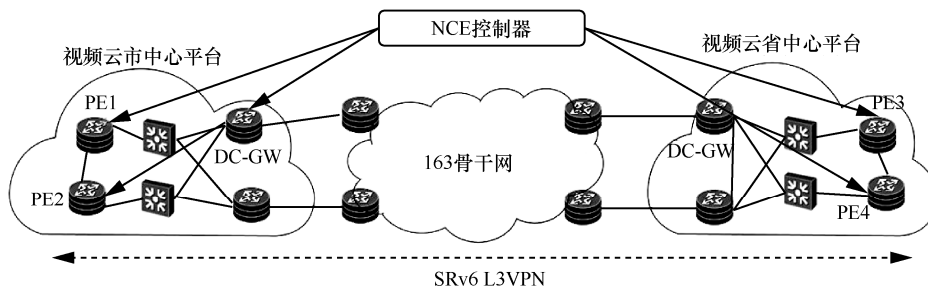


图2 SRv6 overlay 方案示意

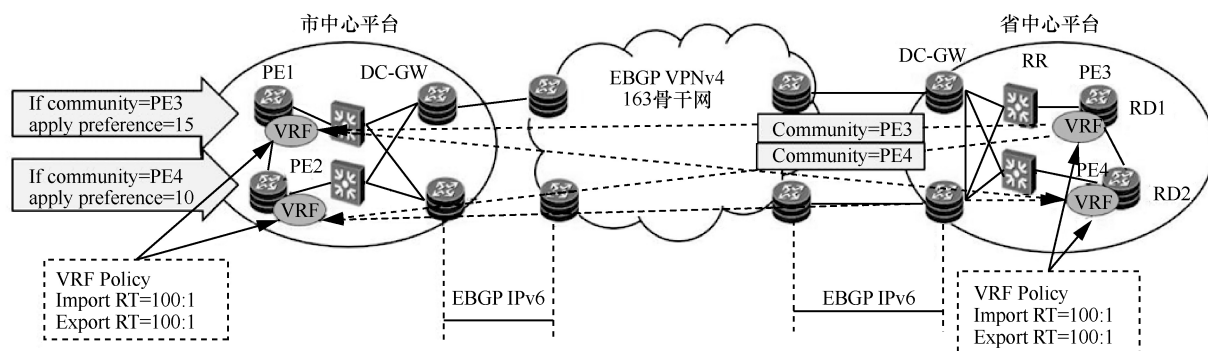


图3 域间路由设计示意

负责网络调优,在链路拥塞时进行自动均衡优化,实现拥塞自愈。除了SRv6的相关功能外,控制器还进行数据采集,满足实时分析需求,包括:网络的性能、流量、质量的展示和分析以及仿真的故障、流量、路由等仿真分析等。

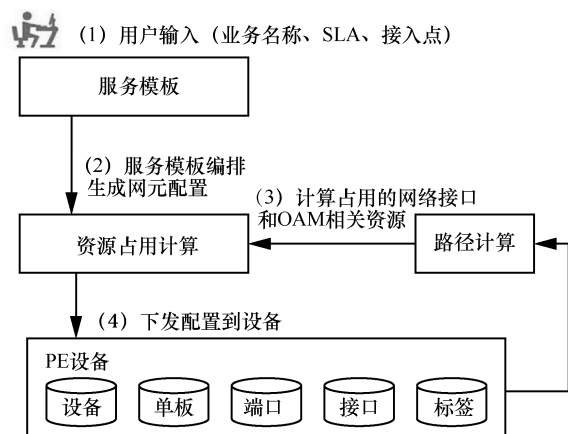


图4 利用控制器进行业务配置的流程示意

4 现网试点的效果总结

试验系统上线后,利用SRv6专线承载的视频业务运行良好,业务时延、抖动、分组丢失指标完全可以满足视频平台互联业务的需求。通过本次试验,展现了如下3方面的效果。

SRv6可以在现有IPv6网络上增量部署,有利于业务的敏捷开通。部署SRv6需要适配现有网络时,只需要对新增节点进行升级,实现按需增量式部署,例如,本试点方案在单日完成

硬件安装,在单日完成业务配置、调试、开通。而传统的专线方案则需要经过多个城域和骨干网,需要多个团队协同完成业务预受理和业务开通流程,业务提供周期相对较长,实施周期甚至达到月级。

SRv6在进入数据中心方面具有优势,难度相对MPLS要小。数据中心只需支持基本的IPv6转发即可。其次,SRv6可以提供统一的业务链方案,从核心网或者App或者源PE封装SRH,各种VAS支持SRv6的业务链,简化对DC内设备的要求。

SRv6可以实现业务端到端的业务路径编程能力,由于SRv6可充分利用三层编址空间可寻址、可扩展含义、可携带用户信息,并在网络层定义丰富的功能,上层应用能够根据SLA业务诉求,自助式指定网络、应用,提供灵活的可编程能力;其次,SRv6可通过更简洁的方式提供流量工程(TE)、快速重路由(FRR),更好地满足智慧化运营要求。

5 目前遇到的问题及发展策略建议

尽管SRv6展现了良好的应用前景,但其技术发展和规模应用还存在一些挑战。目前的方案中,SRv6封装引入的协议开销比较大,由于追求的功能多样,分段对应的操作也比较复杂,因此对网络设备要求也较高,因此产业界还需要对SRv6在协议开销、承载效率、MTU和对硬件要求方面



进行优化。目前,业界也提出了压缩性的 SRv6 方案,如华为的 C-SRH^[9]、思科的 uSID^[10]和 Juniper 的 CRH 方案,但方案的多样性为 SRv6 的标准化进程带来了一定的不确定性,也影响了 SRv6 的规模推广进程。因此,推动 SRv6 的部署仍有较长的路要走。未来要处理好如下几个问题。

- SRv6 是将许多功能定义承载在扩展报头 SRH 里,但建议不要把所有的功能要求都承载在 SRH 上,否则会增加协议和节点处理的复杂度,进而增加设备的成本,而且与 SRv6 的简化协议的初衷背道而驰。另外,建议 SRv6 协议优化设计时可考虑综合利用 IPv6 已有的能力,如基本报头里面的流标识字段功能,避免对于 SRH 的无节制扩张。
- 压缩性的 SRv6 方案出现是必然趋势,但估计标准化的周期会比较长,在当前已部署 SRv6 的情况下,要求希望将来的压缩性的 SRv6 方案和当前的 SRv6 保持后向兼容,支持新方案与 IPv6/SRv6 网络的无缝互操作,这样一方面满足了当前的业务发展需要,另一方面可保护运营商的投资。
- 由于 SRv6 支持 SDN 架构,因此结合场景和业务的需求,在 SDN 的控制器增加对于 IPv6 和 SRv6 的支持,并在新兴的业务场景,如云网融合,加强试点和应用,不但充分使用 SRv6 的特性,也可发挥 IPv6 在无 NAT 时的端到端优势。
- SRv6 与网络安全的关系,由于 SRv6 强调面向应用的可编程性,可能也存在着受到主机攻击的风险。对于存在的管理风险,建议全网统一规划 SRv6 Locator 范围,在边缘节点入口通过 ACL 进行过滤,屏蔽不安全的流量。杜绝用户恶意的 SID 操作,防止 SID 成为攻击网络和用户信息的工具。

6 结束语

从本文的现网试验可以看出,SRv6 展现了其 VPN 业务自动发放和跨域部署方面的优势,使得 SRv6 VPN 非常易用端到端部署,中间节点只需要支持原生 IPv6 转发,可以是 overlay VPN 部署,对中间网络几乎无依赖;基于 SRv6 的方案无需部署跨域配置,简化跨域节点的复杂配置,降低对中间的跨域设备要求。总体而言,未来 SRv6 在提高 IPv6 网络的智能化方面将会发挥重要作用,是一种很有前景的技术。但在部署过程中,要综合考虑技术成熟度、承载效率、与 SDN 系统的协同、安全性等多方面,确保在有限资源情况下发挥最大作用和效果。

参考文献:

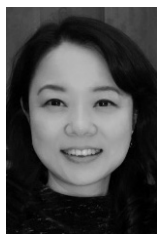
- [1] 毛东峰,田竑,吴伟. 运营商部署下一代互联网所面临的挑战[J]. 电信科学, 2011, 27(4): 20-23.
MAO D F, TIAN H, WU W. The challenge ISP face when deploying next generation Internet[J]. Telecommunications Science, 2011, 27(4): 20-23.
- [2] 王会,杨家海,李淼. IPv6 网络过渡策略及 CERNET 的 IPv6 部署实践[J]. 电信科学, 2011, 27(4): 24-28.
WANG H, YANG J H, LI M. Transition strategy from IPv4 to IPv6 and CERNET's IPv6 deployment practice[J]. Telecommunications Science, 2011, 27(4): 24-28.
- [3] 赵慧玲,陈运清,解冲锋,等. 可演进的下一代互联网架构[J]. 电信科学, 2013, 29(Z1): 1-4.
ZHAO H L, CHEN Y Q, XIE C F, et al. Evolvable next generation Internet architecture[J]. Telecommunications Science, 2013, 29(Z1): 1-4.
- [4] DEERING S, HINDON R. Internet protocol, version 6 (IPv6) specification: IETF RFC8200[S]. 2017.
- [5] FILSFILS C, DUKES D, PREVIDI S. IETF draft, IPv6 segment routing header (SRH), draft-ietf-6man-segment-routing-header-23[Z]. 2019.
- [6] FILSFILS C, CAMARILLO P, LEDDY J, et al. IETF draft, SRv6 network programming, draft-ietf-spring-srv6-network-programming-03[Z]. 2019.
- [7] XIE J, GENG L, MCBRIDE M, et al. IETF draft, encapsulation for BIER in Non-MPLS IPv6 networks, draft-xie-bier-ipv6-encapsulation-00[Z]. 2019.
- [8] LITKOWSKI S, QU Y, LINDEM A. IETF draft, yang data model for segment routing, draft-ietf-spring-sr-yang-14[Z]. 2019.

- [9] LI Z, LI C, PENG S. IETF draft, compressed SRv6 network programming, draft-li-spring-compressed-srv6-np-00[Z]. 2019.
- [10] FILSFILS C, CAMARILLO, CAI D, et al. IETF draft, network programming extension: SRv6 uSID instruction, draft-wmsaxw-6man-usid-id-use-00[Z]. 2019.

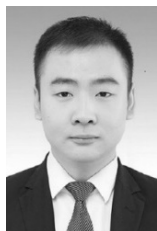
[作者简介]



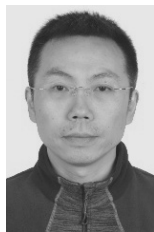
解冲锋（1974—），男，博士，中国电信股份有限公司北京研究院新兴信息技术研究所教授级高级工程师，主要研究方向为 IP 网络架构、IPv6、SDN/NFV、物联网、网络移动性、物联网及互联网安全等。



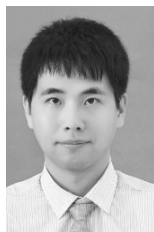
蒋文洁（1970—），女，中国电信股份有限公司四川分公司网络发展部总经理、高级工程师，主要研究方向为电信网络架构演进、新型网络技术、智能运营系统等。



马晨昊（1993—），男，中国电信股份有限公司北京研究院新兴信息技术研究所 IP 与未来网络研究中心工程师，主要研究方向为 IPv6/SRv6、未来网技术等。



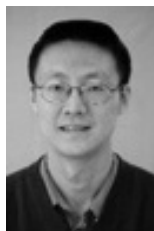
严皓（1973—），男，中国电信股份有限公司四川分公司网络发展部一级专家，主要研究方向为电信网络架构演进、SDN/NFV、IPv6、智能运营系统等。



王思斐（1985—），男，中国电信股份有限公司四川分公司网络发展部工程师，主要研究方向为 IP 网络架构、新型 IP 网络技术等。



李聪（1993—），女，中国电信股份有限公司北京研究院新兴信息技术研究所 IP 与未来网络研究中心工程师，主要研究方向为未来网络架构、新型网络技术等。



陈运清（1964—），男，中国电信股份有限公司北京研究院院长、教授级高级工程师，CCSA“网络 5.0 技术标准推进委员会”副主席，主要研究方向为未来网络架构、新型 IP 网络技术等。