

中华人民共和国通信行业标准

XX/T XXXXX—XXXX

基于 SRv6 的 VPN 网络测试方法

Testing Method of SRv6-based VPN

(报批稿)

(本稿完成日期：2022 年 05 月 10 日)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1	1
3.2	1
3.3	1
4 缩略语	2
5 测试环境	2
6 测试方法	3
6.1 基于 SRv6 VPN 网络的三层服务测试	3
6.1.1 IPv4 VPN 服务能力测试	3
6.1.2 IPv6 VPN 服务能力测试	4
6.1.3 全球可寻址 IPv4 服务	5
6.1.4 全球可寻址 IPv6 服务	5
6.2 基于 SRv6 VPN 网络的二层服务测试	6
6.2.1 基于 SRv6 VPN 网络的以太网自动发现路由（路由类型 1）测试	6
6.2.2 基于 SRv6 VPN 网络的 MAC/IP 通告路由（路由类型 2）测试	7
6.2.3 基于 SRv6 VPN 网络的集成多播路由（路由类型 3）测试	7
6.2.4 基于 SRv6 VPN 网络的 ES 以太网分段路由（路由类型 4）测试	8
6.2.5 基于 SRv6 VPN 网络的 IP 前缀路由（路由类型 5）测试	9
6.3 基于 SRv6 的 EVPN 功能测试	10
6.3.1 EVPN 中多 PE 接入负载分担测试	10
6.3.2 EVPN 中 PE 双上行负载均衡测试	10
6.3.3 EVPN VPWS 中间路径转发负载分担测试	11
6.3.4 EVPN VPWS QoS 测试	11
6.4 基于 SRv6 的 VPN 性能测试	12
6.4.1 L3VPN 容量测试	12
6.4.2 L3EVPN 容量测试	13
6.4.3 EVPN VPLS 容量测试	14
6.4.4 EVPN VPWS 容量测试	14
6.4.5 L3VPN 场景下 SRv6 转发性能测试	15
6.4.6 EVPN VPLS 场景下 SRv6 转发性能测试	15
6.4.7 EVPN VPWS 场景下 SRv6 转发性能测试	16
参 考 文 献	18

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国通信标准化协会提出并归口。

本文件起草单位：中国电信集团有限公司、华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、中国信息通信研究院、中国信息通信科技集团有限公司、上海诺基亚贝尔股份有限公司

本文件主要起草人：龚霞、袁世章、彭书萍、于树松、刘尧，魏月华、张宇华、张雷、吴洋、尹永胜、周惠琴、陈端、杨冰、朱永庆、阮科

基于 SRv6 的 VPN 网络测试方法

1 范围

本文件规定了基于SRv6的VPN网络测试方法，包括三层服务测试、二层服务测试、基于SRv6的EVPN功能测试、基于SRv6的VPN性能测试等。

本文件适用于支持SRv6 VPN的网络设备。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

IETF RFC2544 网络互连设备的基准测试方法（Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

分段路由 Segment Routing

分段路由是一种应用于MPLS网络或者IPv6网络中的源路由技术，可实现业务路径定制。在MPLS网络中，Segment被编码为MPLS标签。在IPv6网络中，Segment采用IPv6地址格式，通过分段路由头（Segment Routing Header）指示转发路径。

3.2

基于IPv6数据平面的分段路由 segment routing over IPv6 dataplane

基于IPv6数据平面的分段路由（简称为SRv6）是分段路由技术在IPv6网络中的实现。

3.3

分段标识符 segment identifier

分段标识符（简称为SID）表示在分段路由域中的具体分段。在SRv6中，SID由Locator、Function和Argument三部分组成，编码为IPv6地址形式。SID列表表示为<S1, S2, S3>，用于指示报文转发路径。

4 缩略语

以下缩略语适用于本文件。

BGP	边界网关协议	Border Gateway Protocol
DSCP	差分服务代码点	Differentiated Services Code Point
ECMP	等价路由负荷分担	Equal-Cost Multi-Path
EVPN	以太虚拟专用网络	Ethernet Virtual Private Network
IGP	内部网关协议	Interior Gateway Protocol
ISIS	中间系统到中间系统	Intermediate System-Intermediate System
OSPF	开放最短路径优先	Open Shortest Path First
QoS	服务质量	Quality of Service
SID	分段标识	Segment Identifier
SR	分段路由	Segment Routing
SRH	分段路由头	Segment Routing Header
SRv6	IPv6 分段路由	Segment Routing over IPv6
TCP	传输控制协议	Transmission Control Protocol
TOS	服务类型	Type of Service
UDP	用户数据报文协议	User Datagram Protocol
VPN	虚拟专用网络	Virtual Private Network
VPLS	虚拟专用局域网服务	Virtual Private LAN Service
VPWS	虚拟专用线路服务	Virtual Private Wire Service
VRF	虚拟路由转发	Virtual Routing Forwarding
VSI	虚拟交换实例	Virtual Switch Instance

5 测试环境

基于SRv6 VPN网络测试方法，根据SRv6应用部署方式及测试场景，包含如下测试组网拓扑。



图1 测试拓扑1

测试拓扑1：该组网包含3台支持SRv6 VPN功能的路由器，R1和R3充当PE设备，R2充当P设备，如图1所示。设备之间使用10GE和100GE两种接口互联，以验证不同接口类型场景下的SRv6 VPN服务功能。测试仪表T1/T2/T3/T4用于发送和接收SRv6 VPN流量。

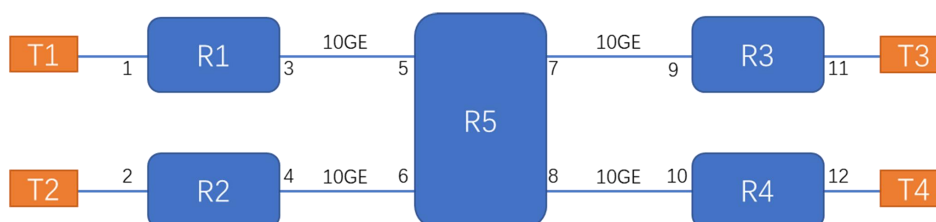


图2 测试拓扑2

测试拓扑2：该组网包含5台支持SRv6 VPN功能的设备，R1、R2、R3、R4充当PE设备，R5充当P设备，用来模拟EVPN多活场景，如图2所示。

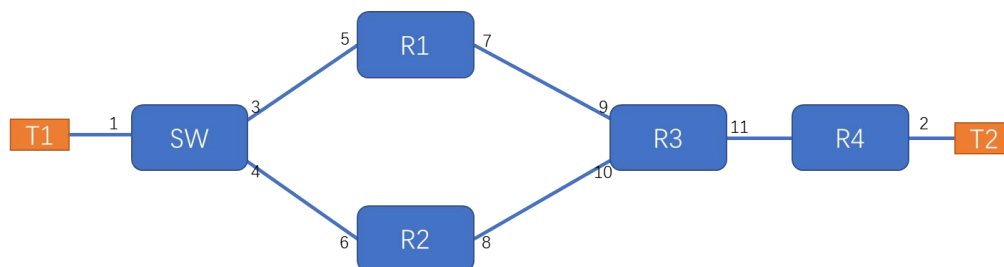


图3 测试拓扑3

测试拓扑3：该组网包含一台交换机，以及4台路由器，R1、R2以及R4充当PE设备，R3充当P设备，T1和T2模拟CE设备，用于多PE接入场景下链路负载分担功能的测试时，即CE单活冗余或者多活冗余模式。

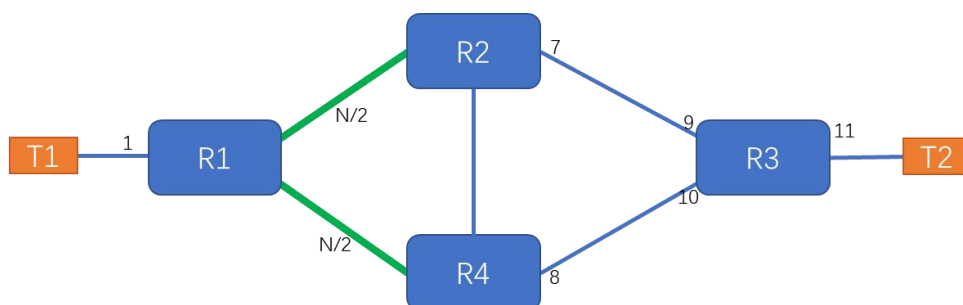


图4 测试拓扑4

测试拓扑4：该组网中，R1、R3充当PE设备，R2、R4充当P设备，T1和T2充当CE设备，在R1与R2以及R1与R4之间，通过多条等价链路相连。该组网是用于PE多上行场景下负载均衡的测试。

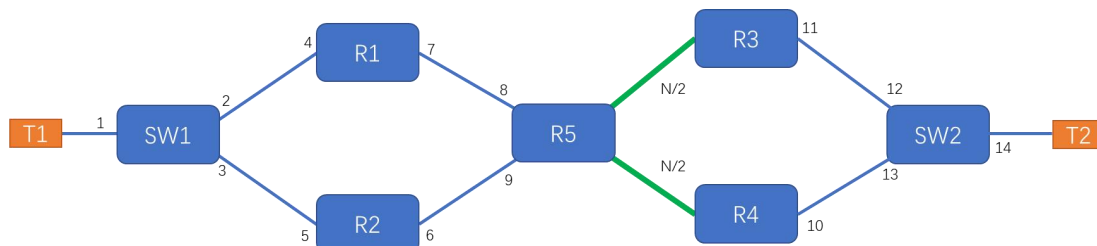


图5 测试拓扑5

测试拓扑5：该组网中，R1、R2、R3和R4充当PE设备，R5充当P设备，T1和T2充当CE设备，在R5与R3以及R5与R4之间，通过多条等价链路相连。该组网是用于EVPN VPWS中间路径转发负载分担测试。

测试应根据实际应用需求选择流量字节大小，建议使用 256 字节的帧进行基准测试。

测试用例中的 VPN 可以采用 per-CE 或 per-VRF 模式。

IGP 协议主要包含 ISIS 协议和 OSPF 协议。

6 测试方法

6.1 基于 SRv6 VPN 网络的三层服务测试

6.1.1 IPv4 VPN 服务能力测试

测试编号：1

测试项目：基于 SRv6 VPN 网络的三层 IPv4 VPN 服务能力测试

测试拓扑: 测试拓扑 1
测试目的: 验证基于 SRv6 VPN 网络的三层 IPv4 VPN 服务能力
预置条件: <ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网; 2. 分别在 PE1、P 和 PE2 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力, 设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3 VPN Function), 在 IGP 实例中引用并通告 Locator。
测试步骤: <ol style="list-style-type: none"> 1. 在 R1 和 R3 上分别配置两个 L3 VPNv4, 其中端口 1 和 11 属于 VPN1, 端口 2 和 12 属于 VPN2, 每个 VPN 下模拟接入 10 个 CE, 假定 VPN 启用 per-CE VPN; 2. VPN1 端口 1、端口 11 分别生成 10 个 End.DX4 条目。VPN2 端口 2、端口 12 分别生成 10 个 End.DX4 条目。 3. 断开 BGP 邻居并重新建立, 在 R2 上抓包, 抓取 BGP Update 报文, 记录各 VPN 对应的 prefix-SID, 记录结果 1; 4. 解析 BGP 的 update 报文, 查看路径属性 MP_REACH_NLRI 的编码格式是否符合《基于 SRv6 的 VPN 网络技术要求》中的定义, 记录结果 2。 5. 测试仪发送流量, 观察接收端流量情况, 记录结果 3
预期结果: <ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1: 10 个 CE 对应使用相同的 prefix-SID; 2. 结果 2: 路径属性 MP_REACH_NLRI 的编码格式正确; 3. 结果 3: 流量在对应 VPN 下正常转发。

6.1.2 IPv6 VPN 服务能力测试

测试编号: 2	测试项目: 基于 SRv6 VPN 网络的三层 IPv6 VPN 服务能力测试
测试拓扑: 测试拓扑 1	
测试目的: 验证基于 SRv6 VPN 网络的三层 IPv6 VPN 服务能力	
预置条件: <ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网; 2. 分别在 PE1、P 和 PE2 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力, 设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3 VPN Function), 在 IGP 实例中引用通告 Locator。 	
测试步骤: <ol style="list-style-type: none"> 1. 在 R1 和 R3 上分别配置两个 L3 VPNv6, 建立 VPNv6 邻居, 其中端口 1 和 11 属于 VPN1, 端口 2 和 12 属于 VPN2, 每个 VPN 下模拟接入 10 个 CE, VPN 启用 per-CE VPN; 2. R1 和 R3 分别为 VPN1 端口 1、端口 11 分别生成 10 个 End.DX6 条目。R1 和 R2 分别为 	

<p>VPN2 端口 2、端口 12 分别生成 10 个 End.DX6 条目。</p> <ol style="list-style-type: none"> 断开 BGP 邻居并重新建立，在 R2 上抓包，抓取 BGP Update 报文，记录各 VPN 对应的 prefix-SID，记录结果 1； 解析 BGP 的 update 报文，查看路径属性 MP_REACH_NLRI 的编码是否符合《基于 SRv6 的 VPN 网络技术要求》中的定义，记录结果 2。 测试仪发送流量，观察接收端流量情况，记录结果 3。
<p>预期结果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 结果 1：10 个 CE 对应使用相同的 prefix-SID。 结果 2：路径属性 MP_REACH_NLRI 的编码格式正确。 结果 3：流量在对应 VPN 下正常转发。

6.1.3 全球可寻址 IPv4 服务

测试编号： 3	测试项目： 基于 SRv6 VPN 网络的三层全球可寻址 IPv4 服务能力测试
测试拓扑： 测试拓扑 1	
测试目的： 验证基于 SRv6 VPN 网络的三层全球可寻址 IPv4 服务能力	
<p>预置条件：</p> <ol style="list-style-type: none"> 按照测试拓扑图组网，使用 3 台路由设备 R1、R2、R3，三台设备均模拟 PE。 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用并通告 Locator。 	
<p>测试步骤：</p> <ol style="list-style-type: none"> 网络采用 SRv6 BE 流量转发方式，设备上配置 VRF 功能。 测试仪 T1、T3 分别往路由器 R1、R3 灌入 1K 的 IPv4 路由，采用 per-VRF 方式分配 SRv6 SID 标签。 分别在 R1 和 R3 上查看路由条目及 SID 表，记录结果 1。 T1、T3 互相打流，抓包查看报文封装格式，记录结果 2。 断开 BGP 邻居并重新建立，在 R2 上抓包，抓取 BGP Update 报文，记录各 VPN 对应的 prefix-SID，解析 BGP 的 update 报文，查看路径属性 MP_REACH_NLRI 的编码格式是否符合《基于 SRv6 的 VPN 网络技术要求》中的定义，记录结果 3。 	
<p>预期结果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 结果 1：路由表中可查看路由条目，其下一跳地址为 End.DT4 SID。 结果 2：流量正常无丢包，报文中封装了 IPv6 头，DA 为 End.DT4 的 SID。 结果 3：路径属性 MP_REACH_NLRI 的编码格式正确。 	

6.1.4 全球可寻址 IPv6 服务

测试编号： 4	测试项目： 基于 SRv6 VPN 网络的三层全球可寻址 IPv6 服务能力测试
----------------	---

测试拓扑：测试拓扑 1
测试目的： 验证基于 SRv6 VPN 网络的三层全球可寻址 IPv6 服务能力
预置条件： <ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网，使用 3 台路由设备 R1、R2、R3，三台设备均模拟 PE； 2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用并通告 Locator。
测试步骤： <ol style="list-style-type: none"> 1. 网络采用 SRv6 BE 流量转发方式，设备上配置 VRF 功能。 2. 测试仪 T1、T3 分别往路由器 R1、R3 灌入 1K 条 IPv6 路由，采用 per-VRF 方式分配 SRv6 SID 标签。 3. 分别查看 R1 和 R3 的路由表以及 SID 表，记录结果 1。 4. T1、T3 互相打流，抓包查看，记录结果 2。 5. 断开 BGP 邻居并从新建立，在 R2 上抓包，抓取 BGP Update 报文，记录各 VPN 对应的 prefix-SID，解析 BGP 的 update 报文，查看路径属性 MP_REACH_NLRI 的编码格式是否符合《基于 SRv6 的 VPN 网络技术要求》中的定义，记录结果 3。
预期结果： <ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1：路由表中可查看路由条目，其下一跳地址为 End.DT6 SID。 2. 结果 2：流量正常无丢包，抓包，能看到报文封装了 IPv6 头，DA 为 End.DT6 的 SID。 3. 结果 3：路径属性 MP_REACH_NLRI 的编码格式正确。

6.2 基于 SRv6 VPN 网络的二层服务测试

6.2.1 基于 SRv6 VPN 网络的以太网自动发现路由（路由类型 1）测试

测试编号：5	测试项目：基于 SRv6 VPN 网络的以太网自动发现路由（路由类型 1）测试
测试拓扑：测试拓扑 1	
测试目的：验证基于 SRv6 VPN 网络的以太网自动发现路由（路由类型 1）	
预置条件： <ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网。 2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用通告 Locator。 	
测试步骤： <ol style="list-style-type: none"> 1. R1、R3 上分别配置两个 EVPN VPWS，建立 EVPN 邻居，其中端口 1 和 11 属于 VPWS1，端口 2 和 12 属于 VPWS2，每个 VPWS 下模拟接入 1 个用户； 2. R1 给端口 1、端口 2 分配 SID 标签：End.DX2_1，End.DX2_2； 	

3. R3 给端口 11、端口 12 分配 SID 标签：End.DX2_11, End.DX2_12;
4. 断开 BGP 邻居并重新建立，抓取 BGP Update 报文，查看路由类型 1 的编码是否符合《基于 SRv6 的 VPN 网络技术要求》中的定义，记录结果 1;
5. 解析 BGP Prefix-SID 属性，查看是否有各节点通告的 End.DX2 SID 信息，记录结果 2;
6. 查看 Local-SID 转发表，每个 VPWS 实例对应生成一个 End.DX2 条目，记录结果 3;
7. 测试仪发送流量，观察接收端流量情况，记录结果 4。

预期结果：

1. 结果 1：可查看到各节点发布的 EVPN AD 路由，且编码正确；
2. 结果 2：可查看到各节点通告的 End.DX2 SID 信息；
3. 结果 3：每 VPWS 实例对应生成 1 个 End.DX2 条目；
4. 结果 4：流量在对应 VPWS 实例下正常转发。

6.2.2 基于 SRv6 VPN 网络的 MAC/IP 通告路由（路由类型 2）测试

测试编号：6	测试项目： 基于 SRv6 VPN 网络的 MAC/IP 通告路由（路由类型 2）测试
测试拓扑： 测试拓扑 1	
测试目的： 验证基于 SRv6 VPN 网络的 MAC/IP 通告路由（路由类型 2）	
预置条件：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网。 2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用通告 Locator。 	
测试步骤：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 在 R1、R3 上分别配置两个 EVPN VPLS，建立 VPLS 通道，其中端口 1 和 11 属于 VPLS1，端口 2 和 12 属于 VPLS2，每个 VPLS 下模拟接入 1 个用户； 2. R1 给端口 1、端口 2 分配 SID 标签：End.DT2U_1, End.DT2U_2; 3. R3 给端口 11、端口 12 分配 SID 标签：End.DT2U_11, End.DT2U_12; 4. 断开 BGP 邻居并重新建立，抓取 BGP Update 报文，查看路由类型 2 的编码是否符合《基于 SRv6 的 VPN 网络技术要求》中的定义，记录结果 1; 5. 抓 BGP update 报文，查看 BGP Prefix-SID 属性，查看是否有各节点通告的 End.DT2U SID 信息，记录结果 2; 6. 查看 Local-SID 转发表，每个 VPLS 实例对应生成一个 End.DT2U 条目，记录结果 3; 7. 测试仪发送双向流量，观察接收端流量情况，记录结果 4 	
预期结果：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1：路由类型 2 的编码格式正确； 2. 结果 2：可查看到各节点通告的 End.DT2U SID 信息； 3. 结果 3：每 VPLS 实例对应生成 1 个 End.DT2U 条目； 4. 结果 4：流量在对应 VPLS 实例下正常转发。 	

6.2.3 基于 SRv6 VPN 网络的集成多播路由（路由类型 3）测试

测试编号：7	测试项目：基于 SRv6 VPN 网络的集成多播路由（路由类型 3）测试
测试拓扑： 测试拓扑 1	
测试目的： 验证基于 SRv6 VPN 网络的集成多播路由（路由类型 3）	
预置条件： <ol style="list-style-type: none"> 按照测试拓扑图组网。 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用通告 Locator。 	
测试步骤： <ol style="list-style-type: none"> 在 R1、R3 上分别配置两个 EVPN VPLS，建立 VPLS 通道，其中端口 1 和 11 属于 VPLS1，端口 2 和 12 属于 VPLS2，每个 VPLS 下模拟接入 1 个用户； R1 给端口 1、端口 2 分配 SID 标签：End.DT2M_1，End.DT2M_2； R3 给端口 11、端口 12 分配 SID 标签：End.DT2M_11，End.DT2M_12； 断开 BGP 邻居并重新建立，抓取 BGP Update 报文，记录路由类型 3（集成多播路由）的编码是否符合《基于 SRv6 的 VPN 网络技术要求》中的定义，记录结果 1； 查看 BGP Prefix-SID 属性，查看是否有各节点通告的 End.DT2M SID 信息，记录结果 2； 查看 Local-SID 转发表，每个 VPLS 实例对应生成一个 End.DT2M 条目，记录结果 3； 测试仪发送流量，观察接收端流量情况，记录结果 4 	
预期结果： <ol style="list-style-type: none"> 结果 1：路由类型 3 的编码格式正确； 结果 2：可查看到各节点通告的 End.DT2M SID 信息； 结果 3：每 VPLS 实例对应生成 1 个 End.DT2M 条目； 结果 4：流量在对应 VPLS 实例下正常转发。 	

6.2.4 基于 SRv6 VPN 网络的 ES 以太网分段路由（路由类型 4）测试

测试编号：8	测试项目：基于 SRv6 VPN 网络的 ES 以太网分段路由（路由类型 4）测试
测试拓扑： 测试拓扑 2	
测试目的： 验证 SRv6 VPN 网络的 ES 以太网分段路由（路由类型 4）	
预置条件： <ol style="list-style-type: none"> 按照测试拓扑图组网； 分别在 R1、R2、R3、R4、R5 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN 功能)，在 IGP 实例中引用并通告 Locator。 R1 和 R2 的端口 1 和端口 2 配置相同的 ESI，R3 和 R4 的端口 11 和端口 12 配置相同的 ESI 	
测试步骤：	

1. 在 R1、R2、R3、R4 上配置相同的 EVPN VPLS，模拟接入 10 个用户；
2. 在 R1、R2 之间和 R3、R4 之间，分别查看 Type4 路由 ESI 信息，记录结果 1。
3. VPN1 端口 1、端口 11 分别生成 10 个 End.DT2U 条目。VPN2 端口 2、端口 12 分别生成 10 个 End.DT2U 条目。
4. 断开 BGP 并重新建立邻居，在 R5 上抓包，抓取 BGP Update 报文，检查以太网分段路由（路由类型 4）的编码格式是否符合《基于 SRv6 的 VPN 网络技术要求》中的定义，记录结果 2。
5. 测试仪发送流量，观察接收端流量情况，记录结果 3。

预期结果：

1. 结果 1：双活的两台路由器上面，Type4 路由的 ESI 信息一致。
2. 结果 2：路由类型 4 的编码格式正确。
3. 结果 2：流量正常转发。

6.2.5 基于 SRv6 VPN 网络的 IP 前缀路由（路由类型 5）测试

测试编号：9	测试项目： 基于 SRv6 VPN 网络的 IP 前缀路由（路由类型 5）测试
测试拓扑： 测试拓扑 2	
测试目的： 验证 SRv6 VPN 网络的 IP 前缀路由（路由类型 5）	
预置条件：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网； 2. 分别在 R1、R2、R3、R4、R5 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用并通告 Locator。 4. R1 和 R2 的端口 1 和端口 2 配置相同的 ESI，R3 和 R4 的端口 11 和端口 12 配置相同的 ESI 	
测试步骤：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 在 R1、R2、R3、R4 上配置相同的 L3 EVPN，模拟接入 10 个 CE，VPN 启用 per-CE VPN； 2. VPN1 端口 1、端口 11 分别生成 10 个 End.DX4 条目。VPN2 端口 2、端口 12 分别生成 10 个 End.DX4 条目。 3. 断开 BGP 并重新建立邻居，在 R5 上抓包，抓取 BGP Update 报文，检查 IP 前缀路由（路由类型 5）的编码格式是否符合《基于 SRv6 的 VPN 网络技术要求》中的定义，记录结果 1。 4. 抓 BGP update 报文，查看 BGP Prefix-SID 属性，查看是否有各节点通告的 End.DX4 SID 信息，记录结果 2。 5. 测试仪发送流量，观察接收端流量情况，在设备上查看 Type5 路由，记录结果 3。 	
预期结果：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1：路由类型 5 的编码格式正确。 2. 结果 2：可查看到各节点通告的 End.DX4 SID 信息。 3. 结果 3：流量正常转发，能看到 Type5 路由。 	

6.3 基于 SRv6 的 EVPN 功能测试

6.3.1 EVPN 中多 PE 接入负载分担测试

测试编号：10	测试项目：多 PE 接入负载分担测试
测试拓扑： 测试拓扑 3	
测试目的： 验证多 PE 接入场景下负载分担功能	
预置条件： <ol style="list-style-type: none"> 按照测试拓扑图组网； 分别在 R1、R2、R3、R4 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用并通告 Locator。 R1、R2、R4 模拟 PE 设备，R3 模拟 P。 	
测试步骤： <ol style="list-style-type: none"> 在 R1、R2、R4 上配置一个相同的 EVPN 实例。 R1 和 R2 配置为 EVPN 双归双活模式。 T2 向 T1 发送单播流量，查看流量在 R1 和 R2 上是否为双链路负载分担方式。 R1 和 R2 配置为单活冗余模式。 T2 向 T1 发送单播流量，查看流量在 R1 和 R2 上是否为双链路负载分担方式。 	
预期结果： <ol style="list-style-type: none"> 在 R1 和 R2 配置为多活冗余模式时，流量在 R1 和 R2 上 1:1 负载分担 在 R1 和 R2 配置为单活冗余模式时，流量只经过 R1 或只经过 R2。 	

6.3.2 EVPN 中 PE 双上行负载均衡测试

测试编号：11	测试项目：PE 双上行负载均衡测试
测试拓扑： 测试拓扑 4	
测试目的： 验证 PE 在双上行情况下可做到三层 VPN 和二层 VPN 的负载均衡	
预置条件： <ol style="list-style-type: none"> 按照测试拓扑图组网。 分别在 R1、R2、R3 和 R4 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用通告 Locator。 R1 和 R3 模拟 PE 设备，R2、R4 模拟 P 设备，T1、T2 模拟 CE 设备。 R1 到 R2 有 N/2 条等价链路，R1 到 R4 也有 N/2 条等价链路（N 为最大负载分担链路数）。 	

测试步骤：

1. PE (R1) 双上行至两个 P 设备 (R2 和 R4)；
2. 配置 PE 设备 (R1) 的同一 L3VPN 实例 (IPv4 L3VPN 和 IPv6 L3VPN 分别进行测试) 中 100 条不同 prefix 路由走 N 条不同链路到 P 设备 (R2 和 R4)，采用 VRF 分配标签；
3. 配置同一 VPLS 实例中不同的 MAC 地址走 N 条不同的链路到 P 设备；
4. 仪表 T1 基于不同 prefix 路由/MAC 地址发流，观察流量是否在 PE 与 P 之间负载分担，并记算负载分担误差。

预期结果：

1. 被测设备支持 PE 双上行流量负载分担，记录负载分担误差。

6.3.3 EVPN VPWS 中间路径转发负载分担测试

测试编号：12	测试项目：EVPN VPWS 中间路径转发负载分担测试
测试拓扑： 测试拓扑 5	
测试目的： 验证 EVPN VPWS 中间路径转发负载分担测试	
预置条件：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网； 2. 分别在 R1、R2、R3、R4、R5 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用并通告 Locator。 4. R1 和 R2 的端口 4 和端口 5 配置相同的 ESI，R3 和 R4 的端口 10 和端口 11 配置相同的 ESI 	
测试步骤：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 在 R1、R2、R3、R4 上配置 EVPN VPWS 实例。 2. 在 R1、R2 上的端口 1 和端口 2 配置 E-Trunk，EVPN 冗余模式配置成双活模式。 3. 在 R3、R4 上的端口 11 和端口 12 配置 E-Trunk，EVPN 冗余模式配置成双活模式。 4. 在 R5 与 R3, 以及 R5 与 R4 之间, 分别通过 N/2 条等价链路互连(N 代表设备的支持 ECMP 链路数量)，并使能 ECMP 负载分担。 5. 从 T1 发送流量给 T3，观察 R5 与 R3、R4 之间的 N 条链路是否实现负载均衡，记录流量负载分担误差，记录结果 1 	
预期结果：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1: N 条连接可以实现负载均衡，记录负载分担误差。 	

6.3.4 EVPN VPWS QoS 测试

测试编号：13	测试项目：EVPN VPWS QoS 测试
测试拓扑： 测试拓扑 1	
测试目的： 验证 EVPN VPWS QoS 功能	

预置条件:

1. 按照测试拓扑图组网。
2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。
3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用通告 Locator。
4. R1 和 R3 模拟 PE 设备，R2 模拟 P 设备，T1、T2、T3、T4 模拟 CE 设备。

测试步骤:

1. R1 和 R3 上配置 EVPN VPWS 实例
2. 在 R1 的端口 1 上配置 QoS 端口限速，大小为要求的限速值 N，并使能 VPWS 流量统计，打大于 N 的流，并查看仪表接收到的流量大小，记录结果 1。
3. 配置 R1 的端口 1 及 R3 的端口 11，使从该端口进入的流量遵守如下规则进行重标记：
 - a) 源 IP 地址为 T1 接口地址的流被标记为 000010；
 - b) 目的 IP 地址为 T3 接口地址的流被标记为 000100；
 - c) 源 TCP 端口为 1001 的流被标记为 000110；
 - d) 源 UDP 端口为 2001 的流被标记为 001000；
 - e) 目的 TCP 端口为 3001 的流被标记为 001010；
 - f) 目的 UDP 端口为 4001 的流被标记为 001100；
 - g) IP 协议号为 1 的流被标记为 001110；
 - h) TOS 或 DSCP 值为 001000 的流被重标记为 010000；
 - i) EXP 为 7 的被重标记为 101000；
 - j) 其他流被标记为 000000
4. 观察 T1 和 T3 流量接收情况，记录结果 2。
5. 在 R1 和 R3 上配置基于 MAC 地址、源 IP、目的 IP、标记等参数的限速，并查看流量接收情况

预期结果:

1. 结果 1：VPWS 流量大小为限制值 N。
2. 结果 2：T1 和 T3 接收的流量均被重标记。
3. 结果 3：流量按照配置限速

6.4 基于 SRv6 的 VPN 性能测试**6.4.1 L3VPN 容量测试**

测试编号：14	测试项目：VPN 容量测试
测试拓扑： 测试拓扑 1	
测试目的： 测试设备 L3VPN 容量	
预置条件：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网。 2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 	

<p>3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function), 在 IGP 实例中引用通告 Locator。</p> <p>4. R1 和 R3 模拟 PE 设备, R2 模拟 P 设备。</p>
<p>测试步骤:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 创建设备的最大 VRF 数目 M, 并绑定到单板所有接口的不同 VLAN 子接口下; 2. 路由器 R1、R3 按照 per-VRF 方式分配 End.DT46 SID。仪表向 R1 和 R3 灌入 N 条前缀不连续的、掩码长度不等的 EBGP 路由 (N 为设备的最大 VPN 路由数); 3. 在 R1 和 R3 上查看路由表和 Local SID 表, 有结果 1; 4. 两侧仪表打双向流, IPv4 流量负载 50%, IPv6 流量负载 50%, 观察流量情况, 记录结果 2; 5. 配置一个 VRF, R1 和 R3 分别分配 End.DT46 SID。仪表向 PE 灌入 N' 条前缀不连续的、掩码长度不等的 EBGP 路由 (N' 为单 VRF 下支持的最大 VPN 路由数); 6. 发送双向流量, 记录流量情况, 记录结果 3; 7. 记录最大的 VRF 数目及路由表容量, 有结果 4。
<p>预期结果:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1: 可查看到灌入的 VPN 路由, 并在 Local SID 表中生成对应的 End.DT46 SID 条目。 2. 结果 2: 流量正常转发, 无丢包。 3. 结果 3: 流量正常转发, 无丢包。 4. 结果 4: 记录最大 VRF 数目以及路由表容量, 及单 VRF 下的最大路由数。

6.4.2 L3EVPN 容量测试

测试编号: 15	测试项目: L3EVPN 容量测试
测试拓扑: 测试拓扑 1	
测试目的: 测试设备最大 L3EVPN 实例数、最大路由规格	
<p>预置条件:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网。 2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力, 设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function), 在 IGP 实例中引用通告 Locator。 4. R1 和 R3 模拟 PE 设备, R2 模拟 P 设备, T1、T2、T3、T4 模拟 CE 设备。 	
<p>测试步骤:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 仪表 T1、T3 模拟 CE, 与 PE 之间建立 N 个 L3EVPN (N 为设备最大 L3EVPN 实例数), 并灌入 X/2 VPNv4 路由 (X 为设备最大 VPNv4 路由数)。 2. 仪表 T1、T3 模拟 CE, 与 PE 之间建立 N' 个 6VPE (N' 为设备最大 6VPE 实例数), 并双向灌入 X'/2 6VPE 路由 (X' 为厂家宣称最大 VPNv6 路由数值)。 3. 每个 PE1 与 PE2 之间建立 M 条 SRv6-TE 隧道, M 为设备最大 SRv6-TE 数量。 4. 设备最大 SRv6-TE Policy 数 M, 一半用于承载 VPNv4 业务 (End.DT4), 剩余的一半用于承载 6VPE 业务 (End.DT6)。 5. 发送双向 VPN 流量, 记录流量接收情况, 观察流量负载均衡情况, 有结果 2。 	

预期结果：

1. 记录设备的最大 L3EVPN 实例数及最大 VPNv4 和 VPNv6 路由规格。
2. 流量正常转发，无丢包。

6.4.3 EVPN VPLS 容量测试

测试编号：16	测试项目：EVPN VPLS 容量测试
测试拓扑： 测试拓扑 1	
测试目的： 设备的 VSI 和 MAC 地址容量测试	
前置条件：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网。 2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用通告 Locator。 4. R1 和 R3 模拟 PE 设备，R2 模拟 P 设备 	
测试步骤：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. R1 和 R3 两台 PE 设备，建立 BGP 邻居； 2. 创建设备的最大 EVPN VPLS 实例数，各个子接口采用 QinQ 封装； 3. 配置设备整机最大 EVPN VPLS 数量 N，每个 VSI 中配置 M/N（设备支持最大 MAC 数目为 M）个 MAC 地址； 4. 路由器 R1、R3 为 VPLS 分配 End.DT2U SID 标签，设备上查看 Local SID 表，记录结果 1。 5. 记录设备支持的最大 VPLS 数及 MAC 地址数，仪表发送双向流量，有结果 2。 	
预期结果：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1：Local SID 表中生成对应的 End.DT2U SID 条目。 2. 结果 2：记录最大 VPLS 数目以及 MAC 地址数量，流量正常转发。 	

6.4.4 EVPN VPWS 容量测试

测试编号：17	测试项目：EVPN VPWS 容量测试
测试拓扑： 测试拓扑 1	
测试目的： EVPN VPWS 容量测试	
前置条件：	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网。 2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用通告 Locator。 4. R1 和 R3 模拟 PE 设备，R2 模拟 P 设备，T1、T2、T3、T4 模拟 CE 设备 	

<p>测试步骤:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. R1 和 R3 两台 PE 设备，建立 BGP 邻居； 2. 创建设备最大 EVPN VPWS 实例数，各个子接口采用 dot1q 封装； 3. R1 和 R3 分别为 EVPN VPWS 分配 End.DX2 SID 标签，设备上查看 Local SID 表，记录结果 1。 4. 记录设备支持的最大 EVPN VPWS 实例数，仪表发送双向流量，有结果 2。
<p>预期结果:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1: Local SID 表中生成对应的 End.DX2 SID 条目。 2. 结果 2: 记录最大 EVPN VPWS 实例数，流量正常转发。

6.4.5 L3VPN 场景下 SRv6 转发性能测试

测试编号: 18	测试项目: L3VPN 场景下 SRv6 转发性能测试
测试拓扑: 测试拓扑 1	
测试目的: 验证设备 L3VPN 场景下的 SRv6 转发性能	
<p>预置条件:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网。 2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用通告 Locator。 4. R1 和 R3 模拟 PE 设备，R2 模拟 P 设备，T1、T2、T3、T4 模拟 CE 设备。 	
<p>测试步骤:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 创建设备的最大 VRF 数目 M，并配置不同 VLAN； 2. 路由器 R1、R3 按照 per-VRF 方式分配 End.DT46 SID。仪表向 R1 和 R3 灌入 N 条前缀不连续的、掩码长度不等的 EBGp 路由（N 为设备的最大 VPN 路由数）； 3. 在 R1 和 R3 上查看路由表和 Local SID 表，有结果 1； 4. 使用测试仪器进行 RFC2544 测试，测试覆盖 128bytes、256bytes、512bytes、1024bytes、1518bytes、9000bytes，记录测试结果。 	
<p>预期结果:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1: Local SID 表中生成对应的 End.DT46 SID 条目。 2. 结果 2: 记录最小线速转发字节。 	

6.4.6 EVPN VPLS 场景下 SRv6 转发性能测试

测试编号: 19	测试项目: EVPN VPLS 场景下 SRv6 转发性能测试
测试拓扑: 测试拓扑 1	
测试目的: 验证设备 EVPN VPLS 场景下的 SRv6 转发性能	

<p>预置条件:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网。 2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用通告 Locator。 4. R1 和 R3 模拟 PE 设备，R2 模拟 P 设备，T1、T2、T3、T4 模拟 CE 设备
<p>测试步骤:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. R1 和 R3 两台 PE 设备，建立 BGP 邻居； 2. 创建设备的最大 EVPN VPLS 实例数，各个子接口采用 QinQ 封装； 3. 配置设备整机最大 EVPN VPLS 数量 N，每个 VSI 中配置（设备支持最大 MAC 数目 M/N）个 MAC 地址； 4. 路由器 R1、R3 为 VPLS 分配 End.DT2U SID 标签，设备上查看 Local SID 表，记录结果 1。 5. 使用测试仪器进行 RFC2544 测试，测试覆盖 128bytes、256bytes、512bytes、1024bytes、1518bytes、9000bytes，记录测试结果。
<p>预期结果:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1：Local SID 表中生成对应的 End.DT2U SID 条目。 2. 结果 2：记录最小线速转发字节。

6.4.7 EVPN VPWS 场景下 SRv6 转发性能测试

测试编号：20	测试项目：EVPN VPWS 场景下 SRv6 转发性能测试
测试拓扑： 测试拓扑 1	
测试目的： 验证设备 EVPN VPLS 场景下的 SRv6 转发性能	
<p>预置条件:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 按照测试拓扑图组网。 2. 分别在 R1、R2 和 R3 的 Loopback 端口上配置 IPv6 地址并使能 IGP IPv6 能力，设备启用 SRv6。 3. IGP 进程启用 SRv6 扩展并发布 Locator1(用于 Basic forwarding)和 Locator2(用于 L2/L3VPN Function)，在 IGP 实例中引用通告 Locator。 4. R1 和 R3 模拟 PE 设备，R2 模拟 P 设备，T1、T2、T3、T4 模拟 CE 设备。 	
<p>测试步骤:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. R1 和 R3 两台 PE 设备，建立 BGP 邻居； 2. 创建设备最大 EVPN VPWS 实例数，各个子接口采用 dot1q 封装； 3. R1 和 R3 分别为 EVPN VPWS 分配 End.DX2 SID 标签，设备上查看 Local SID 表，记录结果 1。 4. 使用测试仪器进行 RFC2544 测试，测试覆盖 128bytes、256bytes、512bytes、1024bytes、1518bytes、9000bytes，记录测试结果。 	
<p>预期结果:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 结果 1：Local SID 表中生成对应的 End.DX2 SID 条目。 	

2. 结果 2：记录最小线速转发字节。

参 考 文 献

- [1] 2019-1193T-YD 基于SRv6的VPN网络技术要求
-