



IPv6 网络过渡虚拟仿真实验设计与实现

肖中杰

(青海民族大学 计算机学院, 西宁 810007)

摘要: 针对 IPv6 网络过渡问题, 介绍了双协议栈的原理, 设计了一种基于 eNSP 双栈过渡实验方案。给出了实验的关键配置方法, 并通过 Disp、Ping 等命令对实验结果进行分析验证。实验证明, 双栈技术可以实现 IPv6 网络的平滑过渡。通过实验, 学习了 IPv6 网络的相关知识, 理解了 IPv6 网络部署的原理, 掌握了双栈过渡技术的配置方法。

关键词: IPv6; IPv4; OSPFv3; 双协议栈; BGP; 协议

中图分类号: TP393.4

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20200416

Design and Implementation of Virtual Simulation Experiment for IPv6 Network Transition

XIAO Zhongjie

(School of Computer Science, Qinghai Minzu University, Xining 810007, China)

Abstract: Given the transition problem to IPv6 network, this paper introduces the principle of dual stack, and designs a dual stack transition experiment scheme based on eNSP. The key configuration method of the experiment is given, and the experimental results are analyzed and verified by Disp, Ping and other commands. Experiments show that dual stack technology can realize smooth transition to IPv6 network. The experiment helps learn the knowledge of IPv6 network, understand the principle of IPv6 network deployment, and master the configuration method of dual stack transition technology.

Key words: IPv6; IPv4; OSPFv3; dual stack; BGP; protocol

面对 IPv4 网络种种困境, IPv6 网络能够提供充足的网络地址、较好的安全机制和广阔的创新空间, 是全球公认的下一代互联网商业应用解决方案。如何抓住当前全球网络信息技术加速创新变革、信息基础设施快速演进升级的历史机遇, 加快推进 IPv4 网络升级和 IPv6 规模部署, 构建高速率、高安全、全覆盖、智能化的下一代互联网, 是加快网络强国建设、加速国家信息化进程、助力经济社会发展、赢得未来国际竞争新优势的紧迫要求^[1]。

高等院校作为知识创新主体, 在新知识传播、人才培养及促进和推动新技术产业化等方面有着不可推卸的责任。为此, 大多高校都在积极研究 IPv6 网络过渡问题, 并把相关技术内容引入网络工程等专业的课程教学中。从网络工程专业的课程体系来看, 交换与路由技术是培养学生网

络规划、设计、实施、运维知识和能力的专业核心课程。IPv6 作为下一代互联网的核心技术, 国家相关技术的研究在世界处于领先地位, 因此, 强化 IPv6 实验教学具有重要的现实意义。面对建设相对滞后实验教学环境和有限的条件, 如何通过仿真实验开展实验教学, 辅助理论课程教学, 提高教学质量, 有着重要的意义。

1 IPv6 网络过渡技术及仿真平台

网络协议从 IPv4 过渡到 IPv6 已是历史必然。但当前 IPv4 网络仍大量存在, 网络演进必然还是一个逐渐的过程, 面对 IPv4 和 IPv6 共存的现实, 过渡技术成为必须。目前常用的有 4 种^[2-3]:

- 1) 双协议栈, 实现 IPv4 和 IPv6 共存于同一设备和网络中;
- 2) 隧道技术, 实现 IPv6 业务在现有 IPv4 基

收稿日期: 2020-09-04; 修回日期: 2020-12-06

基金项目: 青海民族大学教学改革研究项目(2017-HZ-813)。

作者简介: 肖中杰(1967-), 男, 本科, 副教授, 主要从事网络工程与教育信息化方向的研究。

基础设施上传输;

3) 协议转换, 实现纯 IPv6 节点和纯 IPv4 节点互相通信;

4) 6PE 技术, 实现 IPv6 业务在 IPv4 的 MPLS 骨干网上传输。

在过渡初期, 由于 IPv4 是主导, IPv6 以“孤岛”形式存在, 需要重点解决 IPv6 站点之间、IPv6 站点和 IPv4 网络之间通信问题。按需部署双栈技术可以实现 IPv4 和 IPv6 网络的共存, 二者相对独立运行, 满足可靠、可扩展、平滑演进需求, 是过渡技术中简单易用的方法, 国内高校广泛采用。

1.1 双协议栈

网络节点上同时运行 IPv4 和 IPv6 两种协议, 从而在 IP 网络中形成逻辑上相互独立的 IPv4 网络和 IPv6 网络。协议结构如图 1 所示。源节点根据目的节点的不同选用不同的协议栈, 而网络设备根据报文的协议类型选择不同的协议栈进行处理和转发。双栈节点与 IPv4 节点通信时使用 IPv4 协议栈, 与 IPv6 节点通信时使用 IPv6 协议栈^[4-7]。



图 1 双协议栈层次结构

1.2 IPv6 路由技术

按生成方式可分为直连路由、静态路由、动态路由。动态路由按作用范围包括内部网关协议, 如 RIPng、OSPFv3、IS-ISv6, 和外部网关协议如 BGP4+; 从使用方法看 OSPFv3、IS-ISv6 是链路状态协议, RIPng、BGP4+是距离矢量路由。

在 IPv6 网络部署中, 动态路由协议是主要选择, 良好的路由设计, 是保证网络可靠、稳定运行的基础。为了适应 IPv6 协议栈的变化, OSPFv3 协议在保留 OSPFv2 优点的基础上进行了更新, 增强了 OSPF 协议的功能, 提高了可扩展性, 如基于链路运行、使用链路本地地址、Stub 区域支持、增加 LSA 类型、在同一条链路上可以运行多个实例、通过 Router ID 来标识邻居等, 是 IPv6 网路中路由技术的主流协议。

BGP4+是 BGP4 对 IPv6 单播网络的扩展, 用于控制 IPv6 单播网络中路由的传播和选择。随着

网络规模的扩大和复杂性的增加, 网络类型也越来越多, 比如 IPv4 单播网络、IPv4 组播网络、IPv6 单播网络与组播等。BGP4+充分利用 BGP 的多协议扩展属性, 当 IPv6 单播网络中不同的自治系统 AS 需要通信时, 可选择 BGP4+为网络传输跨 AS 的路由信息^[8-10]。

1.3 仿真平台

eNSP 是华为公司图形化网络仿真平台, 该平台通过对真实网络设备及环境的仿真, 为学习者提供设计、配置、测试网络的模拟环境, 并可测试网络连通性, 观察网络实时运行情况。目前流行版本是 v1.3.00.100。

2 双协议栈过渡实验设计

2.1 实验目的、内容及步骤

结合课程总体教学目标, 本实验主要达到如下 5 个教学目的^[11]:

1) 学习 IPv6 协议结构、地址结构、OSPFv3、BGP4+等相关理论知识, 掌握 eNSP 环境下 IPV4 及 IPv6 双栈路由配置管理的基本操作;

2) 学习 IPv6 过渡技术的相关知识, 掌握多 AS 系统、多区域环境下 IPv6 路由部署及自治系统间路由引入、安全路由过滤等控制技术;

3) 培养运用所学知识理论解决下一代网络部署的实际问题, 提高 IPv6 网络规划设计、系统配置、测试分析、故障诊断等系统工程能力;

4) 熟悉网络环境同时运行 IPv4 及 IPv6 双协议栈的原理及过程;

5) 学习 eNSP 环境双栈网络规模化配置的方法。实验内容和实验步骤主要包括:

1) 根据园区网进行双栈网络拓扑设计;

2) 双栈网络 IPv4 及 IPv6 地址规划;

3) 双栈网络区域规划, 包括网络自治区域及 OSPF 路由区域设计;

4) 双栈网络自治区域间路由设计;

5) 内网自治区 IPv4 及 IPv6 路由设计;

6) 双栈网络系统配置;

7) 双栈网络测试与分析。

2.2 网络及拓扑设计

1) 网络拓扑设计

仿真网络整体划分为内网自治区 AS10、外部网络区 AS20(教育城域网 E—MAN), 各区域路由器、交换机全部选用支持双协议栈技术的设备, 内网为 3 层架构。

内网骨干路由器 R1 与教育城域网骨干路由器 R2 通过千兆链路互联，下连 LSW31、LSW32 二台三层核心交换机。二层接入交换机 LSW21 千兆上连至 LSW31，二层接入交换机 LSW22 通过三层汇聚交换机 LSW33 上连至 LSW32。PC1、PC3 是双栈主机，PC2、PC4 是 IPv4 主机。双栈网络拓扑结构如图 2 所示。

2) 路由设计

网络通过 OSPF+OSPFv3 动态维护全网路由关系，核心层实现分组高速转发，汇聚层维护子网路由，减轻核心层压力，执行主机 Stateless 地址的前缀分发，维护主机邻居关系，终结 IPv4、IPv6 网关。AS20 运行 BGP 协议，通过与 AS10 相互引入 IPv4、IPv6 路由实现互通。

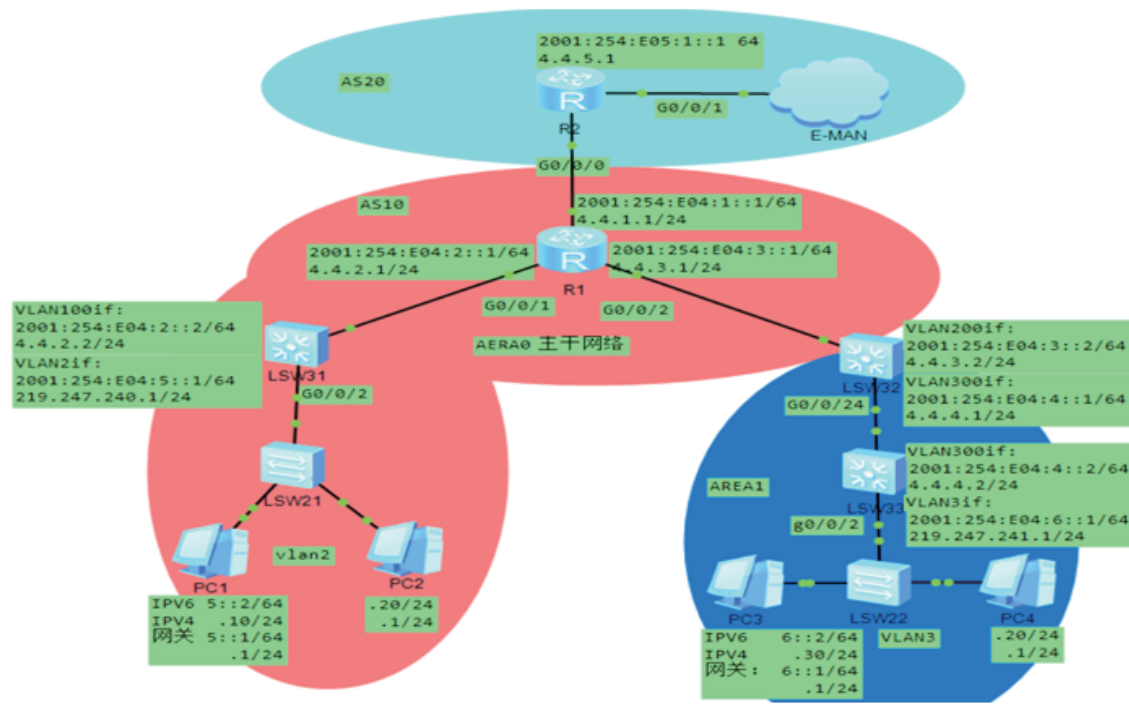


图 2 双栈网络拓扑结构

2.3 地址及 VLAN 规划

学校申请的 IPv6 地址是 2001:254:E04::/48，即前缀/48 的地址块。由于校园网规模不大，校内统一采用按子网 VLAN 号来分配地址的方式，表示为 2001:254:E04:XXX::/64，其中 XXX 是

子网号。PC 终端接入区 IPv4 地址为 219.247.240-241.0/24，网络设备互联使用 4.4.1-5.0/24 地址段。

仿真网络共规划设计主机 VLAN 和设备互联 VLAN 两类。详细规划如表 1 所示。

表 1 双栈网络地址规划表

设备	接口	IPv6地址	IPv4地址	所属区域	互联设备	路由ID
R1	G0/0/0	1::1	1.1	Area0	LSW31-R1	1.1.1.1
	G0/0/1	2::1	2.1	Area0		
	G0/0/2	3::1	3.1	Area0		
LSW31	VLAN100if	2::2	2.2	Area0	LSW32-R1	2.2.2.2
LSW32	VLAN2if	5::1	240.1	Area0		
	VLAN200if	3::2	3.2	Area0		
LSW33	VLAN300if	4::1	4.1	Area1	LSW32-LSW33	3.3.3.3
	VLAN300if	4::2	4.2	Area1		
	VLAN3if	6::1	241.1	Area0		
R2	G0/0/0	1::2	1.2	Area0	PC3、PC4	5.5.5.5
PC1	G0/0/1	2001:254:E05:1::1/64	5.1			
		5::2/64	240.10			
PC2			240.20		网关：240.1	
PC3		6::2/64	241.30		5::1/64	
PC4			241.20		网关：241.1	

3 仿真实验过程

3.1 系统配置

按拓扑所示配置各设备接口 IPv4 及 IPv6 地址, 实现各直连网段的互联互通。

1) OSPFv3 配置

校内 OSPF 采用多区域配置, 其中 AREA0 为骨干网络区, AREA1 为汇聚区。与 OSPFv2 路由进程运行在子网上不同, OSPFv3 进程运行在链路(link)即接口上, 同具体的 IPv6 地址、前缀分离开。为实现内外区域间的相互通信, 要使用 import-route 命令配置路由引入。

① R1 骨干路由器 OSPFv3 主要配置^[1]

```
[R1]ipv6
[R1]ospfv3 1
[R1-ospfv3-1]router-id 1.1.1.1
[R1-ospfv3-1]import-route direct
[R1-ospfv3-1]import-route bgp
[R1]interface GigabitEthernet0/0/0
[R1-GigabitEthernet0/0/0]ipv6 enable
[R1-GigabitEthernet0/0/0]ipv6 address 2001:254:
E04:1::1 64
```

```
[R1-GigabitEthernet0/0/0]undo ipv6 nd ra halt
[R1-GigabitEthernet0/0/0]ospfv3 1 area 0.0.0.0
其他接口的配置参照完成[1]。
```

② LSW31 汇聚路由交换机 OSPFv3 主要配置

```
[LSW31]ospfv3 1
[LSW31-ospfv3-1]router-id 2.2.2.2
[LSW31-ospfv3-1]import-route direct
[LSW31-Vlanif100]ipv6 enable
[LSW31-Vlanif100]ipv6 address 2001:254:E04:
2::2 64
[LSW31-Vlanif100]undo ipv6 nd ra halt
[LSW31-Vlanif100]ospfv3 1 area 0.0.0.0
[LSW31-Vlanif2]ipv6 enable
[LSW31-Vlanif2] ipv6 address 2001:254:E04:
5::1 64
```

```
[LSW31-Vlanif2] undo ipv6 nd ra halt
[LSW31-Vlanif2] ospfv3 1 area 0.0.0.0
```

```
[LSW31-GigabitEthernet0/0/1] port link-type
access
```

```
[LSW31-GigabitEthernet0/0/1] port default vlan
100
```

```
[LSW31-GigabitEthernet0/0/2] port link-type
access
```

```
[LSW31-GigabitEthernet0/0/2] port default vlan 2
根据网络拓扑, 参照完成 LSW32、LSW33
配置。
```

IPv4 相关配置可参照相关文献完成。

2) BGP4+配置

实验中仅在内外自治系统边界路由器中配置 BGP4+, 确保 BGP 系统间交换网络可达信息。BGP4+ 与 BGP4 主要不同是缺省配置下, BGP4 单播地址族的对等体是自动使能的, 即在 BGP 视图下配置 peer as-number 命令后, 系统会自动配置相应的 peer enable 命令, 而 BGP4+地址族视图下必须手动使能。

① R1 BGP4+配置

```
[R1]bgp 10
[R1-bgp]router-id 1.1.1.1
[R1-bgp]peer 2001:254:E04:1::2 as-number 20
[R1-bgp]ipv6-family unicast
[R1-bgp-af-ipv6]undo synchronization
[R1-bgp-af-ipv6]import-route ospfv3 1
[R1-bgp-af-ipv6]network 2001:254:E04:2:: 64
[R1-bgp-af-ipv6]network 2001:254:E04:3:: 64
[R1-bgp-af-ipv6]network 2001:254:E04:4:: 64
[R1-bgp-af-ipv6]network 2001:254:E04:5:: 64
[R1-bgp-af-ipv6]network 2001:254:E04:6:: 64
[R1-bgp-af-ipv6]peer 2001:254:E04:1::2 enable
```

② R2 BGP4+配置

```
[R2]bgp 20
[R2-bgp]router-id 5.5.5.5
[R2-bgp]peer 2001:254:E04:1::1 as-number 10
[R2-bgp]ipv6-family unicast
[R2-bgp-af-ipv6]undo synchronization
[R2-bgp-af-ipv6]network 2001:254:E05:1:: 64
[R2-bgp-af-ipv6]peer 2001:254:E04:1::1 enable
```

IPv4 路由配置可参照相关文献完成, 此处不再赘述。

3.2 实验结果分析

1) OSPFv3 路由表

通过“disp ipv6 routing-table”命令可以查看各路由器路由信息。R2 路由表如图 3 所示。红色框是 R2 从 R1 中成功引入的所有子网路由。如第一条: “ Destination : 2001:254:E04:1::” “ NextHop :

2001:254:E04:1::2” “Cost : 0”、“RelayNextHop::” “Interface : G0/0/0”, 意指 R2 到达目的网络“2001:254:E04:1::”(R1 与 R2 互连网络)的下一跳地址是“2001:254:E04:1::2”(R2 端口 G0/0/0 地址), 由于是直连, 路由开销是“0”。其他目的网络“2001:254:E04:2::”(R1 与 LSW31 互连网络)、“2001:254:E04:3::”(R1 与 LSW32 互连网络)、“2001:254:E04:4::”(LSW32 与 LSW33 互连网络)、“2001:254:E04:5::”(VLAN2)、“2001:254:E04:6::”(VLAN3)的路由在表中都可看到, 这也表明 R1 路由配置是正确的。

```

<R2>dis ipvr routing-table
Routing Table : Public
Destinations : 11 Rout<==: 11
Destination : ::1
NextHop : ::1
Cost : 0
RelayNextHop : ::
Interface : InLoopBack0
PrefixLength : 128
Preference : 0
Protocol : Direct
TunnelID : 0x0
Flags : D
Destination : 2001:254:E04:1::
NextHop : 2001:254:E04:1::2
Cost : 0
RelayNextHop : ::
Interface : GigabitEthernet0/0/0
PrefixLength : 64
Preference : 0
Protocol : Direct
TunnelID : 0x0
Flags : D
Destination : 2001:254:E04:1::2
NextHop : ::1
Cost : 0
RelayNextHop : ::
Interface : GigabitEthernet0/0/0
PrefixLength : 128
Preference : 0
Protocol : Direct
TunnelID : 0x0
Flags : D
Destination : 2001:254:E04:2::
NextHop : 2001:254:E04:1::1
Cost : 0
RelayNextHop : ::
Interface : GigabitEthernet0/0/0
PrefixLength : 64
Preference : 255
Protocol : EBGP
TunnelID : 0x0
Flags : D
Destination : 2001:254:E04:3::
NextHop : 2001:254:E04:1::1
Cost : 0
RelayNextHop : ::
Interface : GigabitEthernet0/0/0
PrefixLength : 64
Preference : 255
Protocol : EBGP
TunnelID : 0x0
Flags : D
Destination : 2001:254:E04:4::
NextHop : 2001:254:E04:1::1
Cost : 2
RelayNextHop : ::
Interface : GigabitEthernet0/0/0
PrefixLength : 64
Preference : 255
Protocol : EBGP
TunnelID : 0x0
Flags : D
Destination : 2001:254:E04:5::
NextHop : 2001:254:E04:1::1
Cost : 2
RelayNextHop : ::
Interface : GigabitEthernet0/0/0
PrefixLength : 64
Preference : 255
Protocol : EBGP
TunnelID : 0x0
Flags : D
Destination : 2001:254:E04:6::
NextHop : 2001:254:E04:1::1
Cost : 3
RelayNextHop : ::
Interface : GigabitEthernet0/0/0
PrefixLength : 64
Preference : 255
Protocol : EBGP
TunnelID : 0x0
Flags : D
Destination : 2001:254:E05:1::
NextHop : 2001:254:E05:1::1
Cost : 0
RelayNextHop : ::
Interface : GigabitEthernet0/0/1
PrefixLength : 64
Preference : 0
Protocol : Direct
TunnelID : 0x0
Flags : D
Destination : 2001:254:E05:1::1
NextHop : ::1
Cost : 0
RelayNextHop : ::
Interface : GigabitEthernet0/0/1
PrefixLength : 128
Preference : 0
Protocol : Direct
TunnelID : 0x0
Flags : D

```

图3 R2路由表

使用 Ping 命令测试 PC 间、PC 与 E-MAN 路由器端口 IPv4 和 IPv6 连通性, 均能正常通信^[12]。

2) OSPFv3 链路状态

所有运行 OSPFv3 的设备通过产生链路状态通告设备 router-id 及网段路由信息, 查看命令为“dis ospfv3 lsdb”, R1 链路状态如图 4 所示。

与 OSPFv2 相比, OSPFv3 新增了“Link LSA”和“ intra Area Prefix LSA”两种状态, 前者表示 R1 为每个链路产生一个 Link-LSA, 描述到此 Link 上的 link-local 地址、IPv6 前缀地址, 并提供将会在 Network-LSA 中设置的链路选项, 它仅在此链路内传播, 如 G0/0/0, 结果中以 router-id 形式显示了与 1.1.1.1 相邻(2.2.2.2、3.3.3.3)的所有路由器的链路状态; 后者表示 R1 会产生一个或多个此类 LSA, 在所属的区域内(Area 0.0.0.0)传播。“AS-external-LSA”表示描述到 AS 外部的路由, 通告到所有的区域, 实现了全部链路状态的正常通告。

```

<R1>dis ospfv3 lsdb
* indicates STALE LSA
OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1)
Link State ID Origin Router Age Seq# CkSum Prefix
0.0.0.3 1.1.1.1 1595 0x80000002 0x0b70 1
Link-LSA (Interface GigabitEthernet0/0/1)
Link State ID Origin Router Age Seq# CkSum Prefix
0.0.0.4 1.1.1.1 1595 0x80000002 0x3d3b 1
0.0.0.7 2.2.2.2 1594 0x80000002 0xc47e 1
Link-LSA (Interface GigabitEthernet0/0/2)
Link State ID Origin Router Age Seq# CkSum Prefix
0.0.0.5 1.1.1.1 1595 0x80000002 0x6f06 1
0.0.0.6 3.3.3.3 1593 0x80000002 0x3830 1
Router-LSA (Area 0.0.0.0)
Link State ID Origin Router Age Seq# CkSum Link
0.0.0.0 1.1.1.1 1547 0x80000008 0x1fb5 2
0.0.0.0 2.2.2.2 1554 0x80000006 0xab4e 1
0.0.0.0 3.3.3.3 1554 0x80000004 0xc62e 1
Network-LSA (Area 0.0.0.0)
Link State ID Origin Router Age Seq# CkSum
0.0.0.7 2.2.2.2 1560 0x80000001 0x24e9
0.0.0.6 3.3.3.3 1555 0x80000001 0x32d4
Inter-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.0)
Link State ID Origin Router Age Seq# CkSum
0.0.0.1 3.3.3.3 1549 0x80000001 0x9ac0
0.0.0.2 3.3.3.3 1549 0x80000001 0xab9c
Inter-Area-Router-LSA (Area 0.0.0.0)
Link State ID Origin Router Age Seq# CkSum
4.4.4.4 3.3.3.3 1549 0x80000001 0xd126
Intra-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.0)
Link State ID Origin Router Age Seq# CkSum Prefix Reference
0.0.0.1 1.1.1.1 1541 0x80000004 0x9199 1 Router-LSA
0.0.0.1 2.2.2.2 1550 0x80000007 0x0014 1 Router-LSA
0.0.0.2 2.2.2.2 1553 0x80000001 0xf127 1 Network-LSA
0.0.0.1 3.3.3.3 1554 0x80000003 0x24f3 1 Network-LSA
AS-External-LSA
Link State ID Origin Router Age Seq# CkSum Type
0.0.0.1 1.1.1.1 1572 0x80000001 0xdff5 E2

```

图4 R1链路状态

3) BGP 邻居关系

BGP 可以在对等体 R1 与 R2 之间交换所有路由报文, 只有对等体双方的状态都为 Established 时, BGP 邻居关系才能正常成立, 双方可通过 Update 报文交换路由信息。如图 5 所示的是 R1、R2 的 BGP 状态, 图中 R1 的“peers”数是“1”, 处于建立状态, 对等体是“AS20”的 R2, “peer”是 R2 连接 R1 的接口地址“4.4.1.2”; R2 也处于建立状态, 建立了 R1 与 R2 正常的邻居关系。结果表明 BGP 处于正常工作的状态。

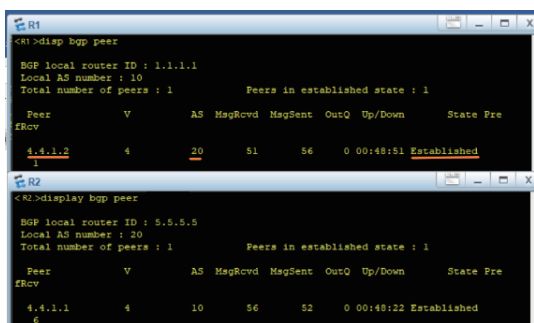


图 5 R1、R2 的 BGP 邻居关系

4 结束语

仿真实验建立在现实网络升级需求调研分析之上,在完成网络规划、地址规划、拓扑设计基础上,综合运用了 OSPFv3 路由、BGP 路由、双协议栈、VLAN 等技术,基于 eNSP 环境进行了实现。实验对学生学习掌握 IPv6 网络技术及过渡技术,培养学生运用知识解决现实问题,适应新技术及社会新需求综合能力,起到了较好的指导促进作用。在此基础上,可以进行 IPv6 子网规划、Stateless 地址前缀分发、隧道过渡技术等拓展实验仿真。该仿真弥补了实验教学条件的不足,降低了实验投资成本,有效提高了教学质量。

参考文献

[1] 刘昕,马顺利,咎风彪,等.基于 Packet Tracer 的 BGP

路由协议实践教学仿真[J]. [实验室研究与探索](#), 2017, 36(4): 94-97.

- [2] 陈章迎,金凤.一种 IPv4/IPv6 双栈网络协议分析模型研究与实现[J]. [实验技术与管理](#), 2011, 28(4): 205-208.
- [3] 申健.校园网 IPv4 到 IPv6 过渡技术分析与应用[J]. [实验室研究与探索](#), 2014, 33(11): 145-148.
- [4] 王旻,林展锋. IPv6 过渡技术的研究与仿真[J]. [甘肃联合大学学报\(自然科学版\)](#), 2013, 27(4): 61-64.
- [5] 吴许俊,朱长水. IPv6 网络 OSPFv3 路由协议的研究与仿真[J]. [电子设计工程](#), 2012, 20(13): 71-75.
- [6] 杨乐. 从 IPv4 到 IPv6 过渡的几种互通策略研究[J]. [信息技术](#), 2010(25): 15.
- [7] 李芑,吴运明. 从 IPv4 到 IPv6: 互联网时代的跨越[J]. [中国电化教育](#), 2004(9): 80-83.
- [8] 黄令恭. IP 的新方案: IPv6[J]. [现代电信科技](#), 1997 (12): 11-15.
- [9] 王俊卿. 基于 IPv6 的实验网构建[J]. [微计算机信息](#), 2008(3): 135-136.
- [10] 叶涛,王思齐,杨建彪,等. 基于 eNSP 的大规模路由综合设计与仿真实验[J]. [实验室研究与探索](#), 2019, 38(4): 109-114.
- [11] 郑家志,谢金宝. IPv6 下网络 QoS 的研究现状和展望[J]. [微型机与应用](#), 2001(8): 4-8.
- [12] 林贵永. IPv4 与 IPv6 过渡解决方案[J]. [福建教育学院学报](#), 2002(4): 93-95.

编辑 张俊