



企业双栈站点 DHCP 的配置及 Manual 隧道的实现

李清平

(浙江育英职业技术学院 浙江 杭州 310018)

摘要 Manual 隧道结合 DHCP 技术,具有配置简单、易于实现、便于维护等优点,是 IPv4/IPv6 隧道技术的一种适宜选择方案。文章在分析 DHCP 技术、Manual 隧道原理、IPv6 地址格式和类型的基础上,部署了一个具备双栈网络设备的企业 IPv4/IPv6 网络,设计了拓扑图,详细规划了路由器端口和 IP 地址分配表,展示和解析了双栈路由器中 DHCP 和 Manual 隧道的主要配置命令,通过 ping 命令和访问服务器 web 网页的结果验证了网络的连通性,查看路由表信息明确了路由器通过 rip 动态路由协议和 Manual 隧道技术分别获得 IPv4 和 IPv6 路由信息的方法,为 Manual 隧道和 DHCP 技术在双栈站点的应用提供参考依据。

关键词 IPv4/IPv6 网络;双栈站点;DHCP;Manual 隧道;路由信息

中图分类号: TP393.09;U45

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X(2018)04-0088-06

IPv4 是构成当今互联网技术的基础协议。但随着科技不断进步,网络设备不断增多,IPv4 地址已消耗殆尽。早在 2011 年,IANA (The Internet Assigned Numbers Authority, 互联网数字分配机构) 就宣布 IPv4 的地址分配工作已经结束^[1]。IPv6 是下一代 IP 协议,与上一代 IPv4 相比,它解决了网络地址资源数量的问题,具体来说,如果对 128 位的 IPv6 地址进行平均分配,那么地球上每平方米可以获得 1564 个 IPv6 地址^[2],几乎可以认为是无限量的 IP 地址池,另外,IPv6 还具有安全性更高、移动性支持好、包头格式简化等优势^[3]。因此从技术作用来看,IPv6 是下一代互联网的核心、物联网的基础,IPv6 技术本身及其广阔的应用前景,都将是未来创新的起点和平台。

Pv4 网络和业务将会在相当长的时间里与 IPv6 共存,许多业务仍然需要在 IPv4 网络上运行,IPv4 向 IPv6 的过渡是渐进和可控制的,因此过渡机制非常重要。从 IPv4 到 IPv6 的过渡方法有三种:网络元素/终端的双协议栈、网络中的隧道技术以及翻译机制,其中双协议栈和隧道技术是主要的方法^{[4],[5]}。

一、DHCP 简介

DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol,动态主机配置协议)是由 RFC2131 定义的标准协议,使用 UDP 协议工作,允许服务器将 IP 地址和配置信息动态分配给客户端,主要作用是集中管理和分配 IP 地址,使主机动态地获取 IP 地址、子网掩码、默认网关、DNS 服务器地址以及 WINS(Windows Internet Name Service,Windows 网络名称服务)服务器地址等信息,提升地址的使用率。DHCP 的 3 个端口中,UDP67 和 UDP68 分别作为 DHCP Server 和 DHCP Client 的服务端口,546 号端口则用于 DHCPv6 Client^{[6],[7]}。

DHCP 的实现可以分为四步:

- (1)客户端在局域网内广播 DHCP Discover 包,查找能为其提供 IP 的 DHCP 服务器。
- (2)有效的 DHCP 服务器在收到 Discover 包之后,则发送 DHCP Offer 包回应客户端。
- (3)客户端收到 Offer 包之后,发送 DHCP Request 包请求分配 IP。

收稿日期 2018-04-25

作者简介:李清平(1969-),男,江西萍乡人,浙江育英职业技术学院副教授,研究方向:计算机网络技术的教学与研究。

(4)DHCP 服务器发送 ACK 数据确认包。

DHCP 的配置一般分为三步：

(1)设置动态 IP 地址分配池；

(2)指定动态 IP 地址的范围；

(3)指定动态获取的 Gateway 地址、DNS 服务器地址和 WINS 服务器地址等。

二、Manual 隧道技术原理

隧道技术是一种将 IPv6 数据分组封装在 IPv4 数据分组中，利用 IPv4 主干网络完成 IPv6 数据传送的技术，该技术要求隧道的起点和终点设备为同时支持 IPv4 和 IPv6 协议的双栈节点。Manual 隧道技术是指通过人工方式在两个 IPv6 域之间通过 IPv4 网络建立一条虚拟永久链路，隧道的源 IPv4 地址(Tunnel Source)和目的 IPv4 地址(Tunnel Destination)以及 IPv6 地址需要手工配置，隧道两端的节点必须支持 IPv6 和 IPv4 协议栈。Manual 隧道在实际应用中总是成对配置的，可以将其看作是一种点对点的隧道^[9]。

三、IPv6 地址简述

IPv6 地址包括单播地址 (Unicast Address)、组播地址 (Multicast Address) 和任播地址 (Anycast Address) 三种类型^[10]。128 位的 IPv6 地址用 16 进制表示，分为三部分：

(1)全局路由前缀：用于识别特殊地址，如多播或分配给站点的地址范围。

(2)子网 ID：用于识别站点内的链接，子网 ID 与一个链接相关联。

(3)接口 ID：用于识别链接上的接口，并且需要在该链接上唯一性。

其地址缩写规则^[10]为：

(1)IPv6 地址中每个冒号里的前置 0 可以去掉。

(2)可以把一个 IPv6 地址中连续的一段 0 压缩为“::”，为保证地址解析的唯一性，地址中的“::”只能出现一次，如 2001:1::1。

四、网络环境的搭建与配置

(一) 网络拓扑结构

企业 A、B 两个网段通过 ISP (Internet Service Provider, 互联网服务提供商) 连接，网络拓扑结构如图 1 所示。企业 A 网段由双栈路由器 EnterpriseA_Router 及其相连的 IPv4_PCA 和 IPv6_PCA 组成，IPv4_PCA 站点主要用来自动获取 IPv4 地址，IPv6_PCA 站点主要用来自动获取 IPv6 地址。EnterpriseA_Router 路由器与 ISP_Router 路由器之间建立 Manual 隧道，以传递 IPv6 数据分组，隧道两端的 IPv6 地址分别设置为 4001:1::1/64 和 4001:1::2/64。企业 B 网段的结构类似企业 A 网段，隧道两端的 IPv6 地址分别设置为 5001:1::1/64 和 5001:1::2/64。互联网服务提供商双栈路由器 ISP_Router 与企业 A、B 网段双栈路由器连接的串行端口 Se1/0 和 Se1/1 均设置为 DCE (Data Circuit-terminal Equipment, 数据通信设备)。双栈服务器 Dual-stack Server 提供 DNS (Domain Name System, 域名系统) 和 Web 服务，与 ISP_Router 路由器之间建立 Manual 隧道，隧道两端的 IPv6 地址分别设置为 6001:1::1/64 和 6001:1::2/64。

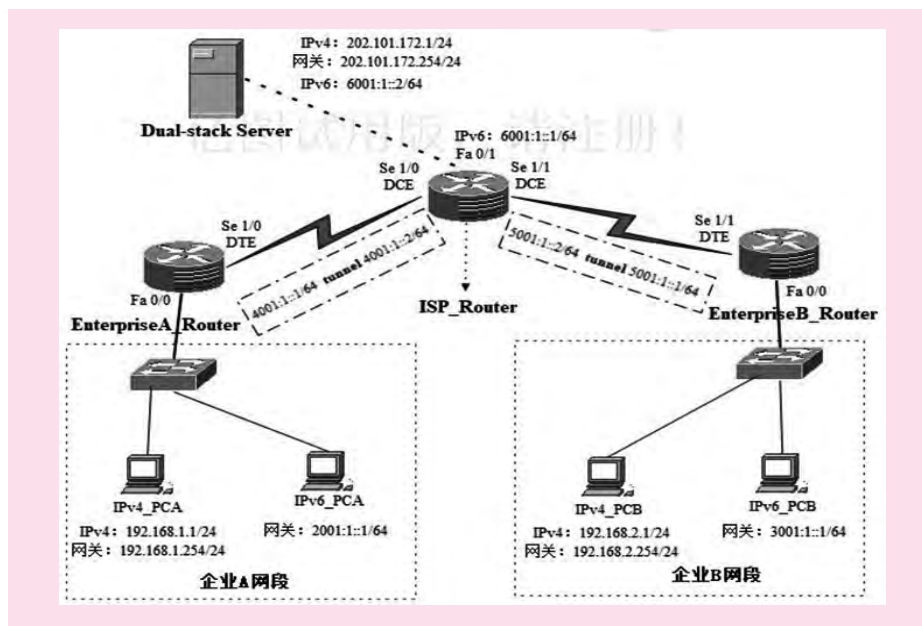


图1 网络拓扑图

(二) 双栈设备端口设置与 IP 地址分配

ISP_Router 路由器的 Serial1/0、Serial1/1 端口分别与企业 A 网段 EnterpriseA_Router 路由器的 Serial1/0 端口及企业 B 网段 EnterpriseB_Router 路由器的

Serial1/1 端口相连，Fa0/1 端口与双栈服务器 Dual-stack Server 的 Internet 接口相连，3 台路由器、1 台服务器的端口设置及 IP 地址分配如表 1 所示。4 台 PC 机通过 DHCP 自动获取相应的 IP 地址。

表 1 路由器端口、服务器接口设置与 IP 地址分配表

网段名称	端口(备注)	IPv4 地址	IPv6 地址	端口(备注)	IPv4 地址	IPv6 地址
企业 A 网段	EnterpriseA_Router; Fa0/0	192.168.1.254/24	2001:1::1/64	EnterpriseA_Router; Se1/0(DTE)	10.0.0.1/8	4001:1::1/64
ISP 网段	ISP_Router;Se1/0 (DCE)	10.0.0.2/8	4001:1::2/64	ISP_Router;Se1/1 (DCE)	20.0.0.2/8	5001:1::2/64
企业 B 网段	EnterpriseB_Router; Fa0/0	192.168.2.254/24	3001:1::1/64	EnterpriseB_Router; Se1/1(DTE)	20.0.0.1/8	5001:1::1/64
服务器网段	Internet 接口	202.101.172.1/24	6001:1::2/64			

(三)配置命令及解析

企业网络双栈路由器 EnterpriseA_Router 的常规配置包括通过“enable”命令从用户模式进入特权模式,通过“configure terminal”命令从特权模式进入全局配置模式,并在该模式下使用“hostname”命令对网络设备重命名等。DHCP 以及 Manual 隧道是

双栈路由器的核心配置。为便于理解和严谨起见,所有的代码都采用全写格式。EnterpriseB_Router 路由器、ISP_Router 路由器可参考 EnterpriseA_Router 路由器的配置,不再一一列出。

1. DHCP 配置

EnterpriseA_Router 双栈路由器中 IPv6 以及 IPv4 的 DHCP 配置如图 2 所示,对主要配置命令的

```

EnterpriseA_Router(config)#ipv6 unicast-routing (1)
EnterpriseA_Router(config)#ipv6 dhcp pool EnterpriseA_IPv6 (2)
EnterpriseA_Router(config-dhcp)#prefix-delegation pool EnterpriseA_IPv6 (3)
EnterpriseA_Router(config-dhcp)#exit
EnterpriseA_Router(config)#ipv6 local pool EnterpriseA_IPv6 2001:1::/64 64 (4)
EnterpriseA_Router(config)#interface fastethernet 0/0 (5)
EnterpriseA_Router(config-if)#ipv6 address 2001:1::1/64 (6)
EnterpriseA_Router(config-if)#ipv6 enable (7)
EnterpriseA_Router(config-if)#ipv6 dhcp server EnterpriseA_IPv6 (8)
EnterpriseA_Router(config-if)#no shutdown (9)

EnterpriseA_Router(config)#ip dhcp pool EnterpriseA_IPv4 (10)
EnterpriseA_Router(dhcp-config)#network 192.168.1.0 255.255.255.0 (11)
EnterpriseA_Router(dhcp-config)#default-router 192.168.1.254 (12)
EnterpriseA_Router(dhcp-config)#dns-server 202.101.172.1 (13)
EnterpriseA_Router(dhcp-config)#exit
EnterpriseA_Router(config)#ip dhcp excluded-address 192.168.1.254 (14)
    
```

图 2 EnterpriseA_Router 路由器中 DHCP 的配置命令

表 2 DHCP 主要配置命令的解析

标号	配置命令	解析
(1)	ipv6 unicast-routing	! 开启路由器的 IPv6 功能
(2)	ipv6 dhcp pool EnterpriseA_IPv6	! 定义名为 EnterpriseA_IPv6 的 IPv6 动态地址池
(3)	prefix-delegation pool EnterpriseA_IPv6	! 使用 Local Pool 作为前缀分配源
(4)	ipv6 local pool EnterpriseA_IPv6 2001:1::/64 64	! 定义 IPv6 地址池的地址段
(5)	interface fastethernet 0/0	! 进入路由器 Fa0/0 端口
(6)	ipv6 address 2001:1::1/64	! 配置 Fa0/0 端口的 IPv6 地址
(7)	ipv6 enable	! 启用端口的 IPv6 功能
(8)	ipv6 dhcp server EnterpriseA_IPv6	! 定义 DHCP 服务器的名称为 EnterpriseA_IPv6
(9)	no shutdown	! 开启端口
(10)	ip dhcp pool EnterpriseA_IPv4	! 定义名为 EnterpriseA_IPv4 的 IPv4 动态地址池
(11)	network 192.168.1.0 255.255.255.0	! 定义 IPv4 地址池的地址段
(12)	default-router 192.168.1.254	! 定义分配给主机的网关 IPv4 地址
(13)	dns-server 202.101.172.1	! 定义分配给主机的 DNS 服务器 IPv4 地址
(14)	ip dhcp excluded-address 192.168.1.254	! 定义 IPv4 地址池的排除地址,不允许该地址自动分配给主机

解析如表 2 所示。

2. Manual 隧道配置

EnterpriseA_Router 双栈路由器中 Manual 隧道配置如图 3 所示,对主要配置命令的解析如表 3所示。

```
EnterpriseA_Router(config)#interface tunnel 0 (15)
EnterpriseA_Router(config-if)#ipv6 address 4001:1::1/64 (16)
EnterpriseA_Router(config-if)#tunnel source fa0/0 (17)
EnterpriseA_Router(config-if)#tunnel destination 10.0.0.2 (18)
EnterpriseA_Router(config-if)#tunnel mode ipv6ip (19)
EnterpriseA_Router(config-if)#exit
EnterpriseA_Router(config)#ipv6 route 3001:1::/64 4001:1::2 (20)
```

图 3 EnterpriseA_Router 路由器中 Manual 隧道的配置命令

表 3 Manual 隧道主要配置命令的解析

标号	配置命令	解析
(15)	interface tunnel 0	! 进入隧道接口,设置接口号为 0
(16)	ipv6 address 4001:1::1/64	! 配置隧道的 IPv6 地址
(17)	tunnel source fa0/0	! 指定隧道的源端口
(18)	tunnel destination 10.0.0.2	! 指定隧道的目的 IPv4 地址
(19)	tunnel mode ipv6ip	! 配置隧道的模式
(20)	ipv6 route 3001:1::/64 4001:1::2	! 配置隧道的 IPv6 静态路由

五、结果测试

(一)PC 机 DHCP 的结果

在 3 台路由器上分别使用“router rip”命令启动 IPv4 动态路由,并使用“network”命令公布路由器所连接的 IPv4 网段,另外 ISP_Router 的 DCE 串口需要使用“clock rate”命令配置时钟频率。以企业 A 所在的网段为例,双栈主机能分别自动获取 IPv4 和 IPv6 地址,结果如图 4 和图 5 所示。企业 B 所在网段的双栈主机也同样能 DHCP,结果不再列出。

☒ 动态获取 IP 参数
☐ 静态配置 IP 参数

IP 地址

192.168.1.1

子网掩码

255.255.255.0

默认网关

192.168.1.254

DNS 服务器

202.101.172.1

图 4 企业 A 网段 IPv4_PCA 主机 DHCP 的结果

IPv6 配置

本地链路地址:

FE80::201:42FF:FE2C:2279

☒ DHCP
☐ 自动配置
☐ 静态

IPv6 地址

2001:1::201:42FF:FE2C:2279 / 64

图 5 企业 A 网段 IPv6_PCA 主机 DHCP 的结果

(二)网络连通性的结果

以企业 A 网段的 IPv4_PCA 和 IPv6_PCA 主机分别 ping 企业 B 网段的 IPv4_PCB 和 IPv6_PCB 主机,都能 ping 通,结果分别如图 6 和图 7 所示。

```
PC>ping 192.168.2.1

Pinging 192.168.2.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time=33ms TTL=125
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time=28ms TTL=125
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time=29ms TTL=125
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time=29ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.2.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 28ms, Maximum = 33ms, Average = 29ms
```

图 6 企业 A 网段的 IPv4_PCA ping 企业 B 网段的 IPv4_PCB 的结果

```
PC>ping 3001:1::1

Pinging 3001:1::1 with 32 bytes of data:

Reply from 3001:1::1: bytes=32 time=11ms TTL=255
Reply from 3001:1::1: bytes=32 time=12ms TTL=255
Reply from 3001:1::1: bytes=32 time=12ms TTL=255
Reply from 3001:1::1: bytes=32 time=10ms TTL=255

Ping statistics for 3001:1::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 10ms, Maximum = 12ms, Average = 11ms
```

图 7 企业 A 网段的 IPv6_PCA ping 企业 B 网段的 IPv6_PCB 的结果

(三)访问服务器的结果

在双栈服务器 Dual-stack Server 中用 html 语言编写一个简单的 web 页面,如图 8 所示,同时设置 web 页面映射的域名“http://www.lqp.com”和 DNS 域名系统,用于测试双栈主机使用域名访问服务器的情况,结果如图 9 所示。

```
File Name: index.html
<html>
<center><font size='+5' color='red'><b>Li Qing-ping's web</b></font></center>
<hr>
<font size='+3' color='blue'><i>
Hello,everybody!I'm LiQingping,teaching in Zhejiang Yuying vocational and technical college.Welcome to my website.
</i></font>
</html>
```

图 8 在 Dual-stack Server 服务器中编写的 web 页面

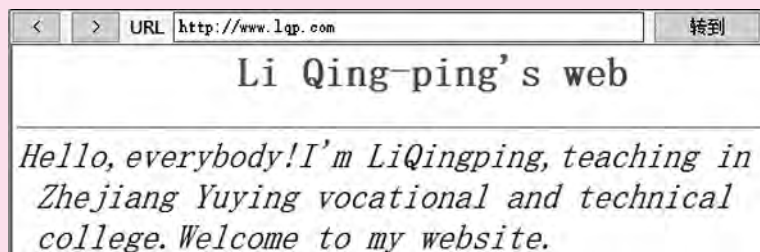


图 9 双栈主机使用域名访问服务器 web 页面的情况

(四)网络路由信息

通过“show ip route”和“show ipv6 route”命令查看 EnterpriseA_Router 的路由表信息,如图 10 所示。可以看到,启用 rip 动态路由协议后,路由

器能获得整个网络所有网段的 IPv4 路由信息。通过 Manual 隧道技术,路由器不但能获取本地 IPv6 链路地址,同时也可以获取远端的 IPv6 地址。

```
EnterpriseA_Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
C 10.0.0.0/8 is directly connected, Serial1/0
R 20.0.0.0/8 [120/1] via 10.0.0.2, 00:00:24, Serial1/0
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R 192.168.2.0/24 [120/2] via 10.0.0.2, 00:00:24, Serial1/0
R 202.101.172.0/24 [120/1] via 10.0.0.2, 00:00:24, Serial1/0

EnterpriseA_Router#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 5 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
C 3001:1::/64 [0/0]
via ::, Serial1/0
L 3001:1::1/128 [0/0]
via ::, Serial1/0
C 4001:1::/64 [0/0]
via ::, Serial1/0
L 4001:1::1/128 [0/0]
via ::, Serial1/0
L FF00::/8 [0/0]
via ::, Null0
```

图 10 EnterpriseA_Router 路由表信息

六、结论

Pv6 协议作为新一代传输数据的标准格式,将使未来的网络空间更具扩展性和安全性,海量的地址空间可以使各类应用无处不在。发展基于 IPv6 的下一代互联网,有助于提升我国互联网的承载能力和服务水平,更好地融入国际互联网,共享全球发展成果,有力支撑经济社会发展,赢得未来发展主动。

物联网、工业互联网、智慧城市等场景正在兴起,IPv6 的应用方兴未艾,这是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。

未来数十年间将会有多种网络形态存在。IPv4/IPv6 过渡技术是保证 IPv4 向 IPv6 演进的过渡期内业务共存和互操作的一种数据传输方案。Manual 隧道实现简单,结合 DHCP 技术,使得具备双栈设备的网络间 IPv4/IPv6 的配置易于操作和便于维护,是过渡

初期实现 IPv6 端到端贯通的较为合适的选择策略。

参考文献：

- [1] 葛敬国, 弭伟, 吴玉. IPv6 过渡机制: 研究综述、评价指标与部署考虑[J]. 软件学报, 2014, (4): 896-912.
- [2] 罗慧, 杨晓鸣. 浅析 IPv6 网络演进及其部署方案[J]. 物联网技术, 2017, (8): 34-36.
- [3] 魏更宇. 新一代互联网中 IPv6 地址变化特性的研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2017.
- [4] 张晓燕, 张浩. IPv6 与 IPv4 的互联技术[J]. 系统仿真技术, 2018, (1): 74-77.
- [5] 朱壮普. IPv4 向 IPv6 过渡技术分析 [J]. 太原学院学报, 2018, (2): 41-45.
- [6] 张萌雨, 胡曦明, 马苗. DHCP 及其发展研究[J]. 网络安全技术与应用, 2017, (7): 33-35.
- [7] 李旺, 陈荣, 黄贻望. DHCP 技术在企业网络中的应用研究[J]. 铜仁学院学报, 2017, (9): 11-13.
- [8] 李晓杰. 基于双栈网络的 IPv4/IPv6 校园过渡方案研究[J]. 计算机技术与发展, 2016, (8): 171-173.
- [9] 邓忠. IPv4 向 IPv6 过渡技术探讨——双栈和 NAT44 [J]. 信息通信, 2018, (3): 215-216.
- [10] 陈国良. 基于改进 IPv6 前缀的网络路由查找研究[J]. 信息技术, 2018, (5): 70-74.

[责任编辑 胡大威]

DHCP Configuration and Manual Tunnel Realization on the Enterprise Double Stack Station

LI Qing-ping

(Zhejiang Yuying College of Vocational Technology, Hangzhou 310018, China)

Abstract : Manual tunnel combined with DHCP technology has the advantages of simple configuration, easy implementation and easy maintenance. It is an appropriate choice of IPv4/IPv6 tunnel technology. Based on the analysis of DHCP technology, Manual tunnel principle, IPv6 address format and type, an enterprise IPv4/IPv6 network with dual stack network devices was deployed, the topology diagram is designed, and the router port and IP address allocation table were planned in detail. The main configuration commands of DHCP and Manual tunnel in double stack router were displayed and analyzed. Verify network connectivity by pinging commands and accessing server web pages. Viewing the routing table information clarifies the method for the router to obtain IPv4 and IPv6 routing information through the rip dynamic routing protocol and the manual tunneling technology respectively, and provides a reference for the application of the manual tunnel and the DHCP technology in the dual stack site.

Key words IPv4/IPv6 Network; double stack station; DHCP; manual tunnel; routing information