

IPv6 地址分类及参考配置方法

(万和证券供稿 海南局指导)

一、何为 IPv6 协议

IPv6 协议是互联网协议第 6 版的缩写，是互联网工程任务组（IETF）设计的用于替代 IPv4 协议的下一代 IP 协议，其地址数量号称可以为全世界的每一粒沙子编上一个地址。

由于 IPv4 最大的问题在于网络地址资源不足，严重制约了互联网的应用和发展。IPv6 的使用，不仅能解决网络地址资源数量的问题，而且也解决了多种接入设备连入互联网的障碍。

IPv6 的设计目的是取代 IPv4，然而长期以来 IPv4 在互联网流量中仍占据主要地位，IPv6 的使用增长缓慢。据统计，截至 2022 年 4 月，通过 IPv6 使用 Google 服务的用户百分率首次超过 40%。

互联网数字分配机构（IANA）在 2016 年已向国际互联网工程任务组（IETF）提出建议，要求新制定的国际互联网标准只支持 IPv6，不再兼容 IPv4。

那么 IPv6 地址是如何规范和配置的呢，相对于 IPV4 在 IPV6 地址格式有那些改变及具体的参考配置，今天就来给大家详细介绍一下，本文主要介绍以下内容：

（一） IPv6 地址的分类

（二） IPv6 地址的表示

（三） IPv6 地址的组成

（四）IPv6 地址的配置

二、IPv6 地址的分类

IPv6 地址主要有单播地址、组播地址和任播地址三种类型。

（一）单播地址

单播地址是用来唯一标识一个接口，类似于 IPv4 的单播地址，发送到单播地址的数据报文将被传送给此地址所标识的接口。

（二）组播地址

组播地址是用来标识一组接口，类似于 IPv4 的组播地址，发送到组播地址的数据报文，将被传送给此地址所标识的所有接口。

（三）任播地址

任播地址也是用来标识一组接口，但是与组播地址不同的是，发送到任播地址的数据报文，会根据使用的路由协议进行度量，传送给此地址所标识的一组接口中，距离源节点最近的一个接口。

注意：在 IPv6 中没有广播地址，广播地址的功能通过组播地址来实现。

地址类型		格式前缀（二进制）	IPv6前缀标识
单播地址	未指定地址	00...0 (128 bits)	::/128
	环回地址	00...1 (128 bits)	::1/128
	链路本地地址	1111111010	FE80::/10
	全球单播地址	其他形式	-
组播地址		11111111	FF00::/8
任播地址		从单播地址空间中进行分配，使用单播地址的格式	

（四）单播地址分类

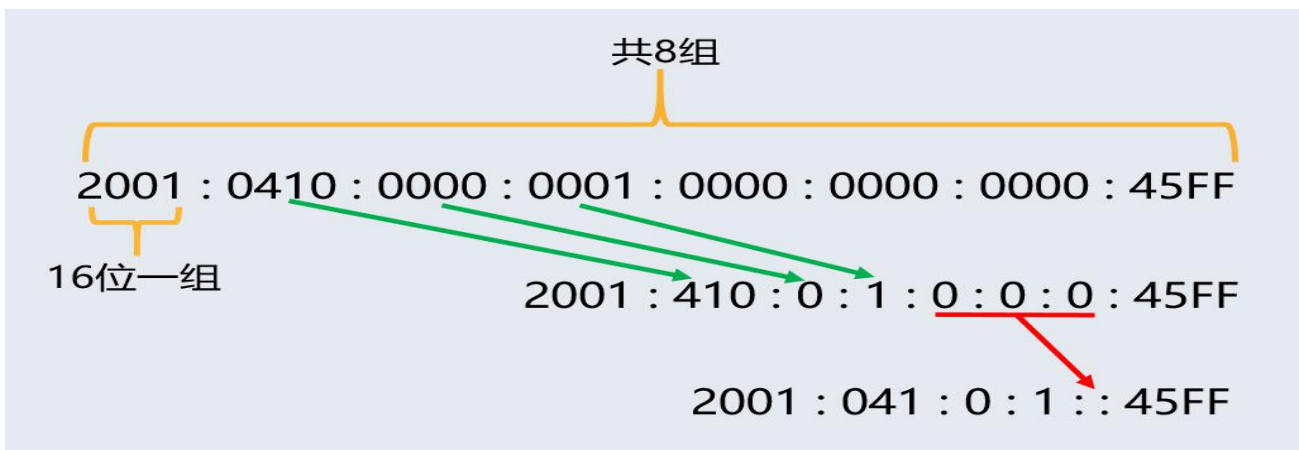
在 IPv6 单播地址中，又包括全球单播地址、链路本地地址、环回地址

和未指定地址等。下面我们重点看下常用的全球单播地址和链路本地地址。

全球单播地址等同于 IPv4 公网地址，提供给网络服务提供商，这种类型的地址允许路由前缀的聚合，从而限制了全球路由表项的数量。

链路本地地址则用于邻居发现协议，和无状态自动配置中，链路本地节点之间的通信。使用链路本地地址作为源或目的地址的数据报文，不会被转发到其他链路上。

三、IPv6 地址的表示



IPv6 地址被表示为以冒号分隔的一连串 16 比特的十六进制数，每个 IPv6 地址被分为 8 组，每组的 16 比特用 4 个十六进制数来表示，组和组之间用冒号隔开。

由于 IPv6 地址较长，为了简化表示，IPv6 地址中的 0 可以根据不同的位置进行省略。每组中的前导 0 可以省略，比如图中的 0410 可以缩写成 410，0000 和 0001 可以分别缩写为 0 和 1。

如果地址中包含一组或连续多组均为 0，则可以用双冒号来代替，比如图中的三组 0 可以缩写为两个冒号表示，注意在 IPv6 地址表示中只能使用一次双冒号。

四、IPv6 地址的组成

IPv4地址组成:



IPv6地址组成:



IPv6 地址由两部分组成：地址前缀与接口标识。

地址前缀相当于 IPv4 地址中的网络号码字段部分，接口标识相当于 IPv4 地址中的主机号码部分。我们通过 IPv6 地址/前缀长度来表示 IPv6 的地址前缀。其中，前缀长度是一个十进制数，表示 IPv6 地址最左边多少位为地址前缀。

下面章节进入的重点内容，IPv6 的全球单播地址和链路本地地址的配置方法。

五、IPv6 全球单播地址配置方法

除通过 DHCPv6 获取外，IPv6 全球单播地址有 4 种配置方法：

1. 采用 IEEE EUI-64 格式形成
2. 手工配置
3. 引用前缀生成 IPv6 地址
4. 无状态自动配置

(一) 采用 IEEE EUI-64 格式形成

不同的接口类型 EUI-64 生成的方法不同，我们主要关注一下 IEEE 802

接口类型的生成规则，比如交换机上的 VLAN 虚接口等。

目前 IPv6 单播地址基本上都要求接口标识符为 64 位，EUI-64 地址生成时从接口的 MAC 地址变化而来，而 MAC 地址是 48 位，因此需要在 MAC 地址从高位开始的第 24 位后，插入十六进制数 FFFE。为了使接口标识符的作用范围与原 MAC 地址一致，还要将从高位开始的第 7 位进行取反操作，最后得到的这组数就作为 EUI-64 格式的接口标识符。



如例中所示，接口下手工配置 64 位的前缀，配置接口标识符通过 EUI-64 自动生成，该接口 MAC 地址为 ac74-0939-7c6d，通过 EUI-64 可自动生成为图中 IPv6 地址。

```
interface Vlan-interface2
ip address 10.16.253.113 255.255.255.0
ipv6 address 2001::/64 eui-64
```

```
Vlan-interface2
Current state: UP
Line protocol state: UP
Description: Vlan-interface2 Interface
Bandwidth: 10000000 kbps
Maximum transmission unit: 1500
Internet address: 10.16.253.113/24 (primary)
IP packet frame type: Ethernet II, hardware address: ac74-0939-7c6d
IPv6 packet frame type: Ethernet II, hardware address: ac74-0939-7c6d
Last clearing of counters: Never
```

```
[SW]display ipv6 interface brief
```

```
*down: administratively down
```

```
(s): spoofing
```

Interface	Physical	Protocol	IPv6 Address
LoopBack0	up	up(s)	Unassigned
M-GigabitEthernet0/0/0	down	down	Unassigned
Vlan-interface2	up	up	2001::AE74:9FF:FE39:7C6D

(二) 手工配置

用户可以根据实际地址规划情况，手工配置 IPv6 的前缀、接口标识符及掩码。

```
interface Vlan-interface2
ip address 10.16.253.113 255.255.255.0
ipv6 address 2001:1111:1212:1234::1/64
```

```
[SW]dis ipv6 interface brief
```

```
*down: administratively down
```

```
(s): spoofing
```

Interface	Physical	Protocol	IPv6 Address
LoopBack0	up	up(s)	Unassigned
M-GigabitEthernet0/0/0	down	down	Unassigned
Vlan-interface2	up	up	2001:1111:1212:1234::1

（三）引用前缀生成 IPv6 地址

该方法配置前，需要先通过 `ipv6 prefix` 命令手工创建静态 IPv6 前缀或者 DHCPv6 客户端动态获取 IPv6 前缀，这里我们以静态配置前缀举例。如图，先配置一个前缀 1，在 VLAN 接口下配置引入该前缀和接口标识符，接口会使用前缀信息结合接口标识符生成 IPv6 地址。

```

ipv6 prefix 1 2001:2002:2003:2004::/64

interface Vlan-interface2
ip address 10.16.253.113 255.255.255.0
ipv6 address 1 1111:2222:3333:4444:5555:6666:7777:8888/64

```

```

[SW]dis ipv6 interface brief
*down: administratively down
(s): spoofing

```

Interface	Physical	Protocol	IPv6 Address
LoopBack0	up	up(s)	Unassigned
M-GigabitEthernet0/0/0	down	down	Unassigned
Vlan-interface2	up	up	2001:2002:2003:2004:5555:6666:7777:8888

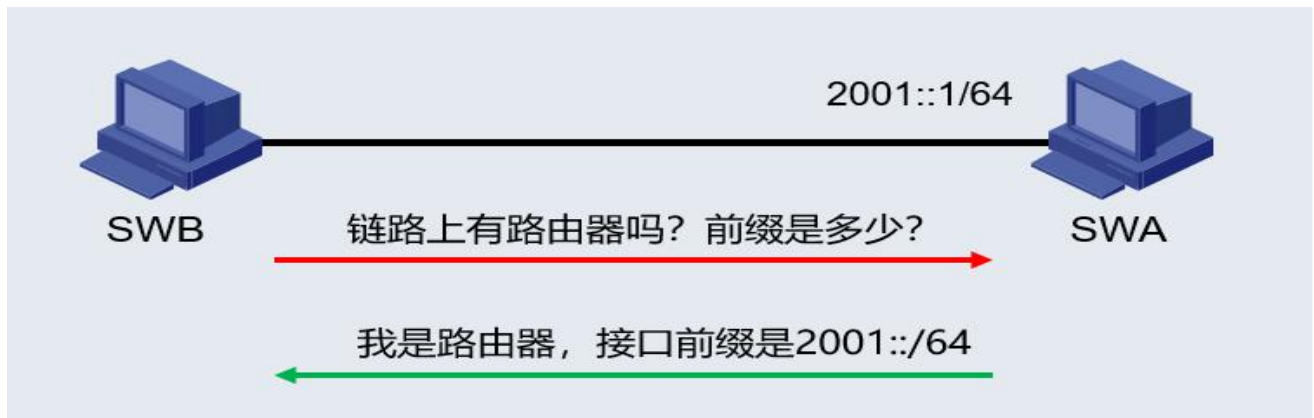
(四) 无状态自动配置

了解无状态自动配置之前，我们需要先了解下 IPv6 协议使用的五种类型的 ICMPv6 消息，如图所示，IPv6 协议包括 NS、NA、RS、RA 和 Redirect 消息。

ICMPv6消息	类型号	作用
邻居请求消息NS (Neighbor Solicitation)	135	获取邻居的链路层地址
		验证邻居是否可达
		进行重复地址检测
邻居通告消息NA (Neighbor Advertisement)	136	对NS消息进行响应
		节点在链路层变化时主动发送NA消息，向邻居节点通告本节点的变化信息
路由器请求消息RS (Router Solicitation)	133	节点启动后，通过RS消息向路由器发出请求，请求前缀和其他配置信息，用于节点的自动配置
路由器通告消息RA (Router Advertisement)	134	对RS消息进行响应
		在没有抑制RA消息发布的条件下，路由器会周期性地发布RA消息，其中包括前缀信息选项和一些标志位的信息
重定向消息 (Redirect)	137	当满足一定的条件时，缺省网关通过向源主机发送重定向消息，使主机重新选择正确的下一跳地址进行后续报文的发送

在配置了无状态自动配置 IPv6 地址功能后，路由器和主机之间通过 RS 和 RA 消息进行交互。主机发送 RS 消息请求前缀和其他配置信息，路由器回复携带地址前缀信息的 RA 消息，在没有抑制 RA 消息发布的条件下，路

由器会周期性地发布 RA 消息，主机收到后会根据 RA 消息自动生成 IPv6 全球单播地址。



如图, SWA 交换机接口下配置取消抑制发布 RA 消息, SWB 交换机接口配置自动配置 IPv6 地址模拟终端, 查看 SWB 设备接口地址, SWB 获取到 SWA 的 IPv6 接口前缀并根据自己的接口 MAC 生成 IPv6 地址。

SWA:

```
interface Vlan-interface2
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
ipv6 address 2001::1/64
```

```
undo ipv6 nd ra halt // 缺省情况下，抑制发布RA消息，该命令开启发布
```

```
[SWA]display ipv6 interface brief
```

```
*down: administratively down
```

```
(s): spoofing
```

Interface	Physical	Protocol	IPv6	Address
LoopBack0	up	up(s)	Unassigned	
Vlan-interface2	up	up	2001::1	

SWB:

```
interface Vlan-interface2
```

```
ipv6 address auto // 配置接口自动获取ipv6地址
```

```
[SWB]display ipv6 interface brief
```

```
*down: administratively down
```

```
(s): spoofing
```

Interface	Physical	Protocol	IPv6	Address
LoopBack0	up	up(s)	Unassigned	
Vlan-interface2	up	up	2001::B2F9:63FF:FE39:E848	

```
// 获取到前缀根据接口MAC自动生成地址
```

六、IPv6 链路本地地址配置方法

IPv6 链路本地地址可以通过两种方式获得：

1. 自动生成
2. 手工配置

(一) 自动生成

当链路本地地址自动生成的时候，注意缺省情况下，接口上没有链路本地地址，当接口配置了 IPv6 全球单播地址后，会自动生成链路本地地址，且与采用 `ipv6 address auto link-local` 命令生成的链路本地地址相同。

当链路本地地址自动生成的时候，需要注意手工指定的优先级高于自动生成，如果先采用自动生成再手工指定，则手工指定的地址会覆盖自动生成的地址；如果先手工指定，再采用自动生成的方式，则自动配置不生效，接口的链路本地地址仍是手工指定的。

例1：当接口配置了IPv6全球单播地址后，会自动生成链路本地地址。

```
interface Vlan-interface2
```

```
ipv6 address 2001::B2F9:63FF:FE39:E848/64
```

```
[SW]display ipv6 interface Vlan-interface 2
```

```
Vlan-interface2 current state: UP
```

```
Line protocol current state: UP
```

```
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::B2F9:63FF:FE39:E848
```

```
Global unicast address(es):
```

```
2001::B2F9:63FF:FE39:E848, subnet is 2001::/64 [AUTOCFG]
```

例2：如果接口未配置IPv6全球单播地址，可以通过`ipv6 address auto link-local` 开启接口自动配置链路本地地址。

```
interface Vlan-interface2
```

```
ipv6 address auto link-local
```

```
[SW]display ipv6 interface Vlan-interface 2
```

```
Vlan-interface2 current state: UP
```

```
Line protocol current state: UP
```

```
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::B2F9:63FF:FE39:E848
```

```
No global unicast address configured
```

（二）手工配置

用户可以通过手工配置 IPv6 链路本地地址，每个接口只能有一个链路本地地址，为了避免链路本地地址冲突，推荐使用链路本地地址的自动生成方式。配置链路本地地址时，手工指定方式的优先级高于自动生成方式。

```
interface Vlan-interface2
  ipv6 address FE80:1111:2222::1 link-local

[SW]display ipv6 interface Vlan-interface 2
Vlan-interface2 current state: UP
Line protocol current state: UP
IPv6 is enabled, link-local address is FE80:1111:2222::1
No global unicast address configured
```

七、相关的技术总结

IPv6 的地址分类及配置方法以上章节基本讲解完毕，最后让我们来总结一下本文的重点内容：

（一）全球单播地址配置方法有四种，可根据不同的场景选择不同的配置方法。

（二）当选用无状态自动配置时，需要在要发布的前缀下开启 RA 消息的发送。

（三）全球单播地址一个接口下可以有多个，但是链路本地地址只能有一个。

（四）配置链路本地地址时，手工指定方式的优先级高于自动生成方式。

