

## 9 SLAAC 和 DHCPv6



# 单元目标

模块标题： SLAAC 和 DHCPv6

模块目标： 在 IPv6 网络中配置动态地址分配。

主题标题	主题目标
IPv6 全局单播地址分配	说明 IPv6 主机如何获取自己的 IPv6 配置。
SLAAC	解释 SLAAC 工作原理。
DHCPv6	解释 DHCPv6 工作原理。
配置 DHCPv6 服务器	配置有状态和无状态的 DHCPv6服务器。

# 9.1 IPv6 GUA 分配

# IPv6 GUA 分配

## IPv6 主机配置

主机:

- 手动配置
- 动态分配
  - 无状态地址自动配置 (SLAAC)
  - DHCPv6

Internet 协议版本 6 (TCP/IPv6) 属性

常规

如果网络支持此功能，则可以自动获取分配的 IPv6 设置。否则，你需要向网络管理员咨询，以获得适当的 IPv6 设置。

☐ 自动获取 IPv6 地址(O)

☒ 使用以下 IPv6 地址(S):

IPv6 地址(I): 2001:db34:acad:1::10

子网前缀长度(U): 64

默认网关(D): 2001:db34:acad:1::1

☐ 自动获得 DNS 服务器地址(B)

☒ 使用下面的 DNS 服务器地址(E):

首选 DNS 服务器(P):

备用 DNS 服务器(A):

☐ 退出时验证设置(L)

高级(V)...

确定 取消

## IPv6 本地链路地址

- 如果选择了动态分配，主机将使用ICMPv6里的RA ( Router Advertisement ) 消息自动配置IPv6地址。
- 以太网接口激活时主机会自动创建IPv6本地链路地址。
- 如果网络中没有路由器主机不会获得IPv6全球单播地址。

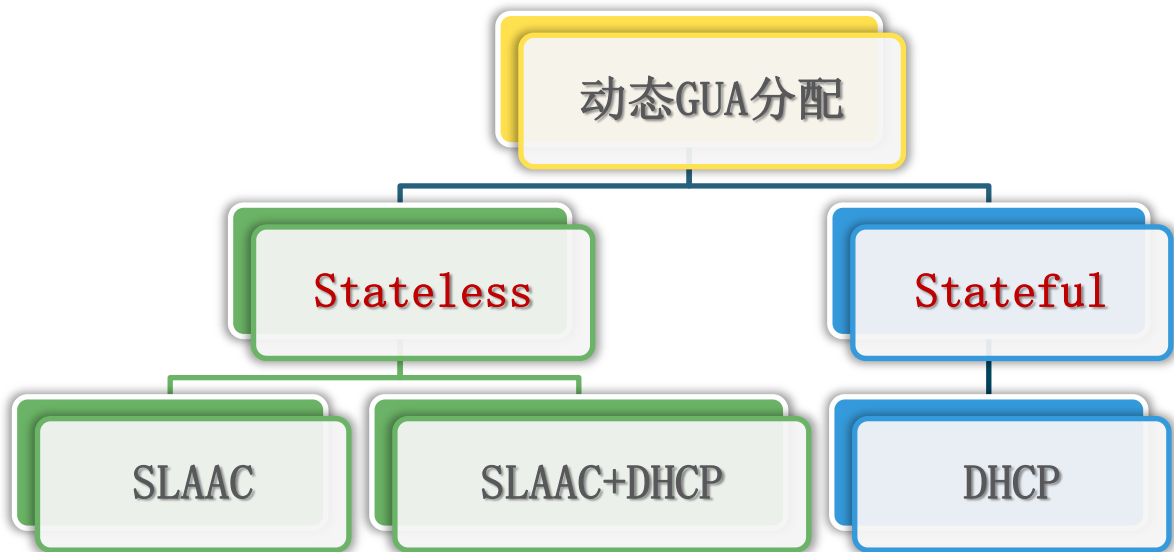
```
C:\PC1> ipconfig
Windows IP Configuration
Ethernet adapter Ethernet0:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IPv6 Address. . . . . : 
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::fb:1d54:839f:f595%21
    IPv4 Address. . . . . : 169.254.202.140
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.0.0
    Default Gateway . . . . . : 

C:\PC1>
```

## IPv6 GUA 分配

- 启用IPv6的**路由器**默认会定期发送**ICMPv6 RA**，为主机动态创建IPv6地址提供信息。

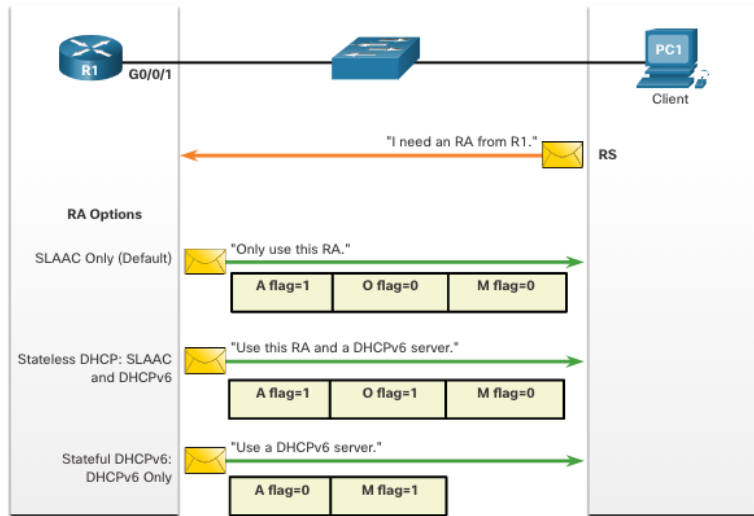


# IPv6 GUA 分配

客户端如何获取 IPv6 GUA 取决于 RA 消息中的设置。

ICMPv6 RA 消息包含以下三个标记：

- **A** 标记 - 地址自动配置 (Address Autoconfiguration) 标记表示要使用无状态地址自动配置 (SLAAC) 来创建 IPv6 GUA。
- **O** 标记 - 其他配置 (Other Configuration) 标记表示其他配置信息可以从无状态 DHCPv6 服务器那里获取。
- **M** 标记 - 被管理地址配置 (Managed Address Configuration) 表示要使用有状态的 DHCPv6 服务器获取 IPv6 GUA。



RA 消息可以使用 A、O 和 M 标记的不同组合，来通知主机可用的动态可选项。

# 路由器通告(RA)的内部信息

Frame 69: 118 bytes on wire (944 bits), 118 bytes captured (944 bits) on interface 0  
Ethernet II, Src: Cisco\_be:90:10 (00:16:c7:be:90:10), Dst: IPv6mcast\_00:00:00:01 (33:33:00:00:00:01)  
Internet Protocol Version 6, Src: fe80::216:c7ff:febe:9010 (fe80::216:c7ff:febe:9010), Dst: ff02::1 (ff02::1)  
Internet Control Message Protocol v6

Type: Router Advertisement (134)  
Code: 0  
Checksum: 0x4347 [correct]  
Cur hop limit: 64  
Flags: 0x80

0... .... = Managed address configuration: Set  
.0... .... = Other configuration: Not set  
..0. .... = Home Agent: Not set  
...0 0... = Prf (Default Router Preference): Medium (0)  
.... .0... = Proxy: Not set  
.... ..0. = Reserved: 0  
Router lifetime (s): 1800  
Reachable time (ms): 0  
Retrans timer (ms): 0

ICMPv6 Option (Source link-layer address : 00:16:c7:be:90:10)  
ICMPv6 Option (MTU : 1500)  
ICMPv6 Option (Prefix information : 2013:900::/64)

Type: Prefix information (3)  
Length: 4 (32 bytes)  
Prefix Length: 64  
Flag: 0xc0

1... .... = On-link flag(L): Set  
.1... .... = Autonomous address-configuration flag(A): Set  
..0. .... = Router address flag(R): Not set  
...0 0000 = Reserved: 0

Valid Lifetime: 2592000  
Preferred Lifetime: 604800  
Reserved  
Prefix: 2013:900:: (2013:900::)

RA的源地址

RA的目的地址

M比特指示客户端发起DHCPv6的请求消息

O比特指示客户端启动DHCPv6的无状态过程

前缀长度信息

A比特指示客户端是否使用此前缀构建IPv6地址

有效生命期

首选生命期

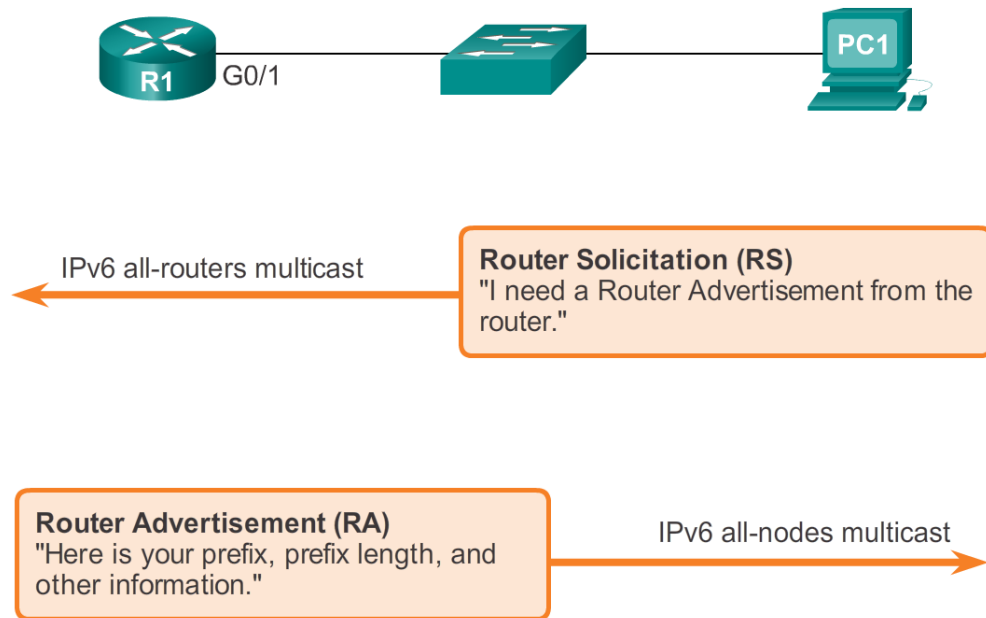
IPv6地址前缀



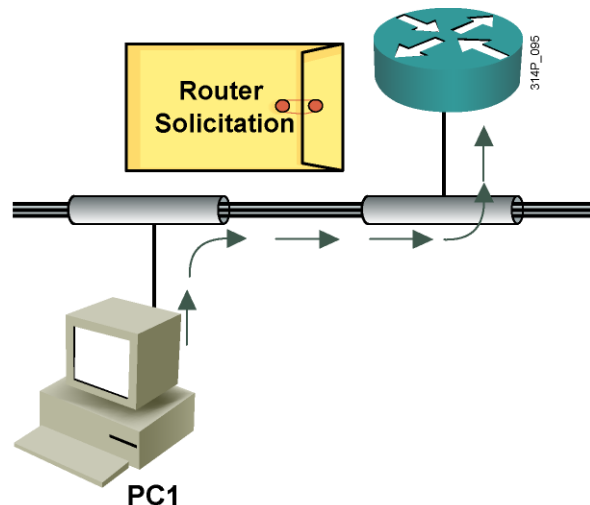
# 9.2 SLAAC

# 无状态地址自动配置 (SLAAC)

- SLAAC不需要DHCPv6服务器就能获得IPv6全球单播地址
- SLAAC的核心是ICMPv6



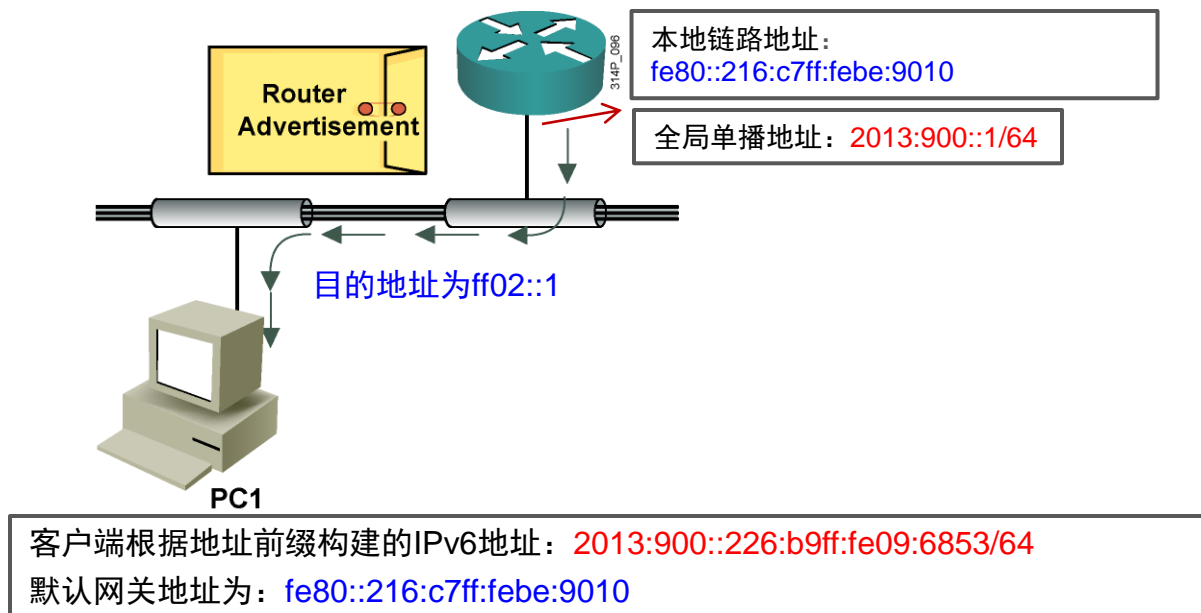
# Stateless Address Autoconfiguration



客户端以自己的本地链路地址fe80::226:b9ff:fe09:6853  
为源目的地址为ff02::2发送RS信息。

**阶段1: 客户端发送路由器请求(RS), 请求路由器(网关)返回RA消息。**

# Stateless Address Autoconfiguration

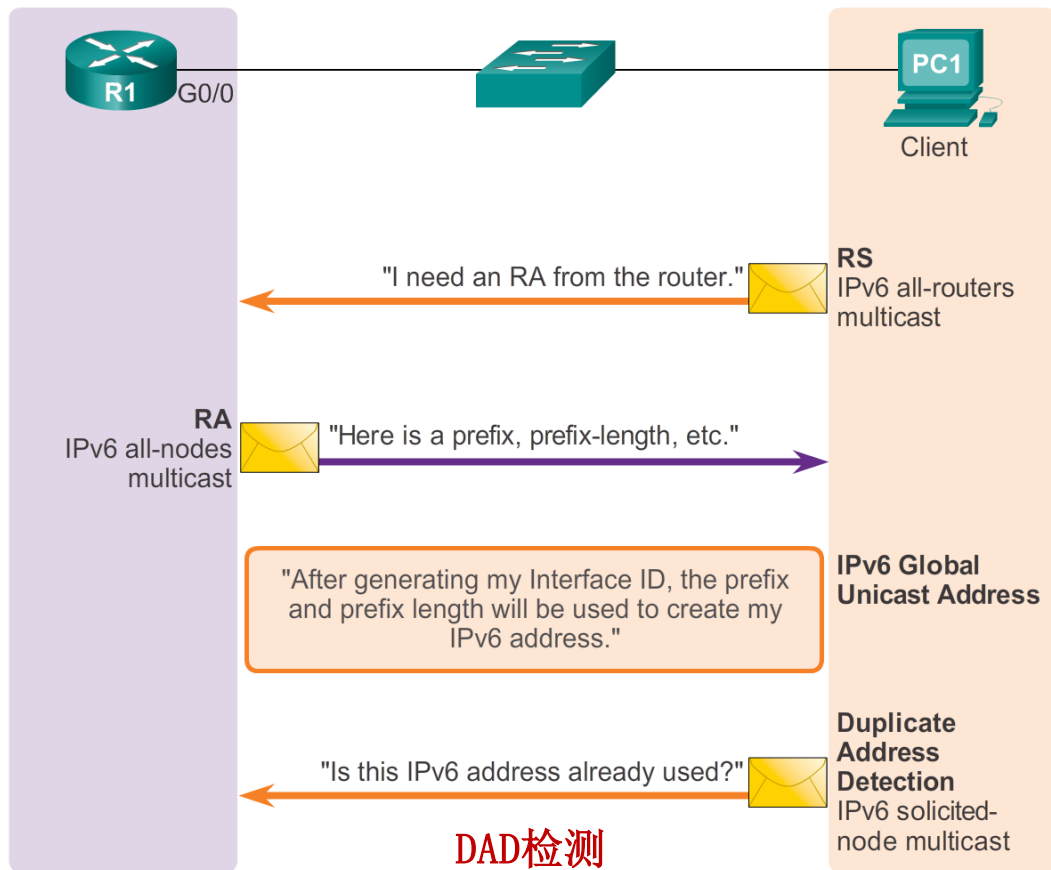


**阶段2: 路由器发送路由器通告(RA), 宣告地址前缀信息和网关的本地链路地址。**

# SLAAC 工作原理

有两种方法PC1可以创建自己独特的**64位接口ID**（IID）：

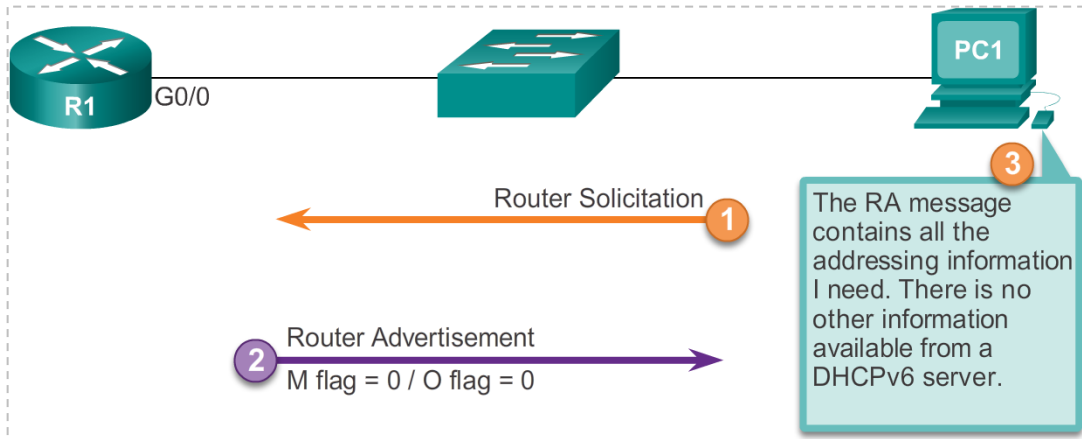
- EUI-64 - 使用48位MAC地址。
- 随机生成。



# SLAAC 选项

## 只有路由器通告

- SLAAC是对Cisco路由器的默认选项 (A=1)。
- 无论是M标志位和O标志是在RA设置为0。
- 包括前缀，前缀长度，DNS服务器，MTU和默认网关。



M和O标记重置初始值为0：

- Router(config-if)# **no ipv6 nd managed-config-flag**
- Router(config-if)# **no ipv6 nd other-config-flag**

## 9.3 无状态DHCPv6

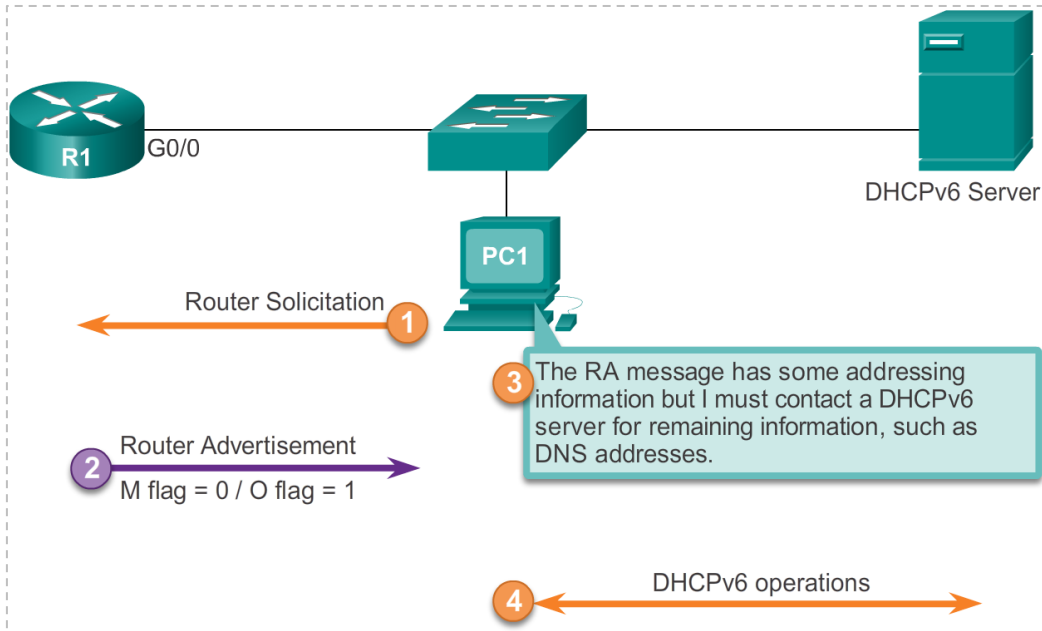
# 无状态 DHCP 选项

A=1, O=1, M=0

## Stateless DHCPv6 Option

### 路由器通告和DHCPv6

- 客户使用RA报文的信息处理。
- 其他配置参数都可以从DHCPv6服务器。
- O标志为1，M标记为0。
- 配置无状态的DHCP选项：  
Router(config-if)# **ipv6 nd other-config-flag**





# 将路由器配置为无状态 DHCPv6 服务器

## Step 1. Enable IPv6 Routing

```
Router(config) # ipv6 unicast-routing
```

## Step 2. Configure a DHCPv6 Pool

```
Router(config) # ipv6 dhcp pool pool-name  
Router(config-dhcpv6) #
```

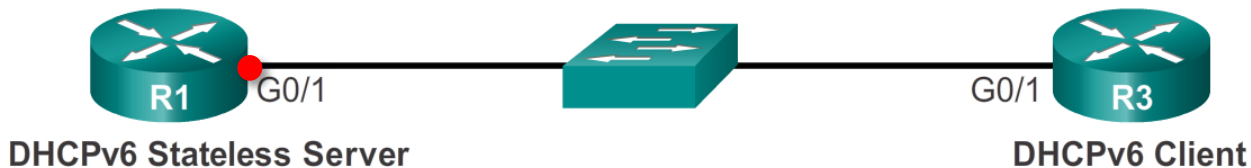
## Step 3. Configure Pool Parameters

```
Router(config-dhcpv6) # dns-server dns-server-address  
Router(config-dhcpv6) # domain-name domain-name
```

## Step 4. Configure the DHCPv6 Interface

```
Router(config) # interface type number  
Router(config-if) # ipv6 dhcp server pool-name  
Router(config-if) # ipv6 nd other-config-flag
```

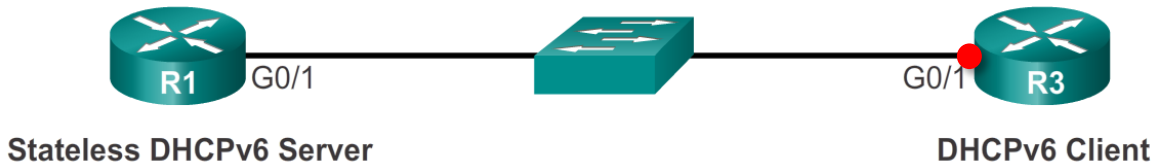
# 将路由器配置为无状态 DHCPv6 服务器



```
R1(config)# ipv6 unicast-routing
R1(config)# ipv6 dhcp pool IPV6-STATELESS
R1(config-dhcpv6)# dns-server 2001:db8:cafe:aaaa::5
R1(config-dhcpv6)# domain-name example.com
R1(config-dhcpv6)# exit
R1(config)# interface g0/1
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:cafe:1::1/64
R1(config-if)# ipv6 dhcp server IPV6-STATELESS
R1(config-if)# ipv6 nd other-config-flag
```

# 将路由器配置为无状态 DHCPv6 客户端

```
R3(config)# interface g0/1
R3(config-if)# ipv6 enable
R3(config-if)# ipv6 address autoconfig
R3(config-if)#
```



```
R1# show ipv6 dhcp pool
DHCPv6 pool: IPV6-STATELESS
  DNS server: 2001:DB8:CAFE:AAAA::5
  Domain name: example.com
  Active clients: 0
R1#
```

## 检验无状态 DHCPv6



Stateless DHCPv6 Server

DHCPv6 Client

```

R3# show ipv6 interface g0/1
GigabitEthernet0/1 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::32F7:DFF:FE25:2DE1
  No Virtual link-local address(es):
  Stateless address autoconfig enabled
  Global unicast address(es):
    2001:DB8:CAFE:1:32F7:DFF:FE25:2DE1, subnet is 2001:DB8:CAFE:1::/64 [EUI/CAL/PRE]
    valid lifetime 2591935 preferred lifetime 604735
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::1:FE25:2DE1
  MTU is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ICMP unreachables are sent
  ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
  ND reachable time is 30000 milliseconds (using 30000)
  ND NS retransmit interval is 1000 milliseconds
  Default router is FE80::D68C:B5FF:FECE:A0C1 on GigabitEthernet0/1
R3#

```

```

R3# debug ipv6 dhcp detail
  IPv6 DHCP debugging is on (detailed)
R3#
*Feb  3 02:39:10.454: IPv6 DHCP: Sending INFORMATION-REQUEST to FF02::1:2 on GigabitEthernet0/1
*Feb  3 02:39:10.454: IPv6 DHCP: detailed packet contents
*Feb  3 02:39:10.454:   src FE80::32F7:DFF:FE25:2DE1
*Feb  3 02:39:10.454:   dst FF02::1:2 (GigabitEthernet0/1)
*Feb  3 02:39:10.454:   type INFORMATION-REQUEST(11), xid 12541745
<output omitted>
*Feb  3 02:39:10.454: IPv6 DHCP: Adding server FE80::D68C:B5FF:FECE:A0C1
*Feb  3 02:39:10.454: IPv6 DHCP: Processing options
*Feb  3 02:39:10.454: IPv6 DHCP: Configuring DNS server 2001:DB8:CAFE:AAAA::5
*Feb  3 02:39:10.454: IPv6 DHCP: Configuring domain name example.com
*Feb  3 02:39:10.454: IPv6 DHCP: DHCPv6 changes state from INFORMATION-REQUEST to IDLE (REPLY_RECEIVED) on GigabitEthernet0/1
R3#

```

## 9.4 有状态DHCPv6

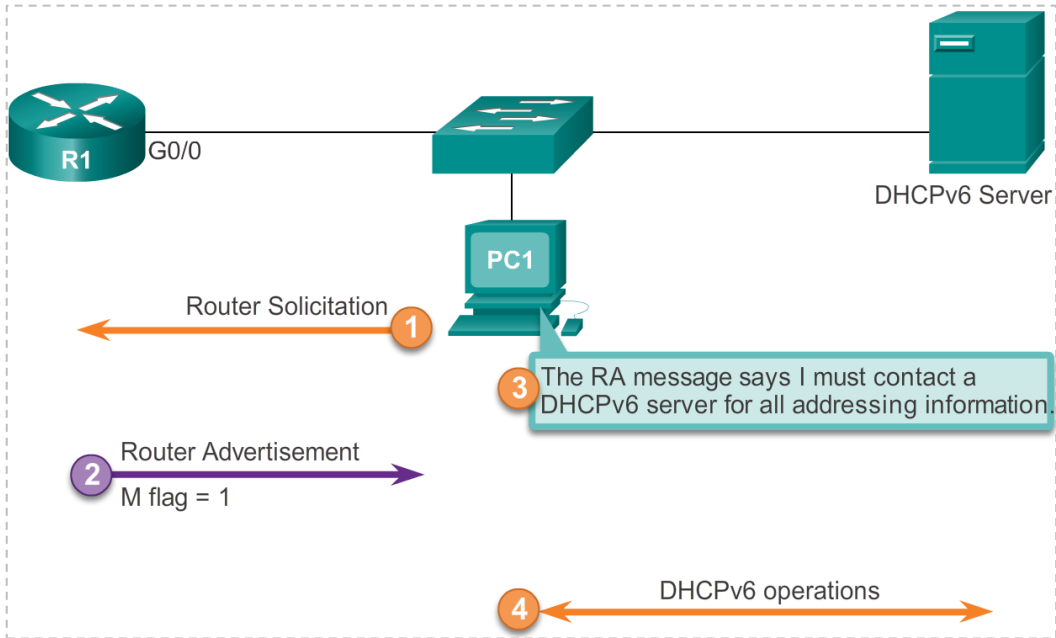
## 有状态 DHCP

A=0, O=0, M=1

## Stateful DHCPv6 Option

## 只有DHCPv6

- 客户端不使用的RA报文中的信息。
- 所有的地址和配置信息，必须从有状态DHCPv6服务器获得。
- 在M标志必须为1:
- Router(config-if)# **ipv6 nd managed-config-flag**



# 将路由器配置为有状态 DHCPv6 服务器

## Step 1. Enable IPv6 Routing

```
Router(config)# ipv6 unicast-routing
```

## Step 2. Configure a DHCPv6 Pool

```
Router(config)# ipv6 dhcp pool pool-name  
Router(config-dhcpv6)#
```

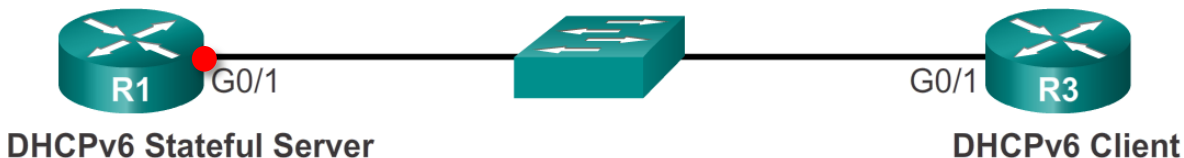
## Step 3. Configure Pool Parameters

```
Router(config-dhcpv6)# address prefix/length [lifetime  
                        valid-lifetime preferred-lifetime  
                        | infinite]  
Router(config-dhcpv6)# dns-server dns-server-address  
Router(config-dhcpv6)# domain-name domain-name
```

## Step 4. Configure the DHCPv6 Interface

```
Router(config)# interface type number  
Router(config-if)# ipv6 dhcp server pool-name  
Router(config-if)# ipv6 nd managed-config-flag
```

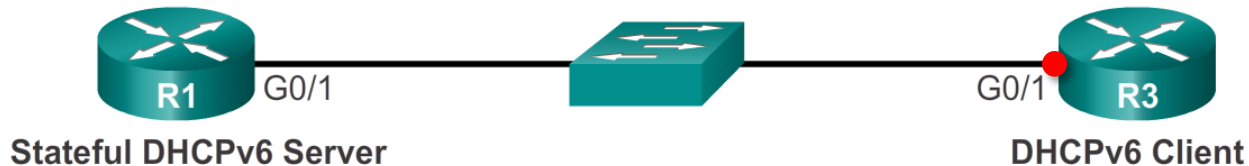
## 将路由器配置为有状态 DHCPv6 服务器



```
R1 (config) # ipv6 unicast-routing
R1 (config) # ipv6 dhcp pool IPV6-STATEFUL
R1 (config-dhcpv6) # address prefix 2001:DB8:CAFE:1::/64
                    # lifetime infinite
R1 (config-dhcpv6) # dns-server 2001:db8:cafe:aaaa::5
R1 (config-dhcpv6) # domain-name example.com
R1 (config-dhcpv6) # exit
R1 (config) # interface g0/1
R1 (config-if) # ipv6 address 2001:db8:cafe:1::1/64
R1 (config-if) # ipv6 dhcp server IPV6-STATEFUL
R1 (config-if) # ipv6 nd managed-config-flag
```



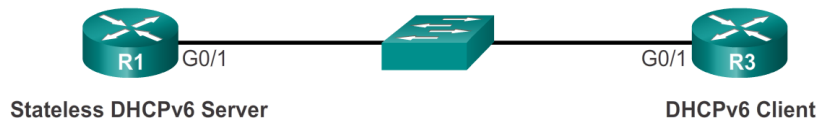
## 将路由器配置为有状态 DHCPv6 客户端



```
R3(config)# interface g0/1
R3(config-if)# ipv6 enable
R3(config-if)# ipv6 address dhcp
R3(config-if)#
```

## 检验有状态 DHCPv6

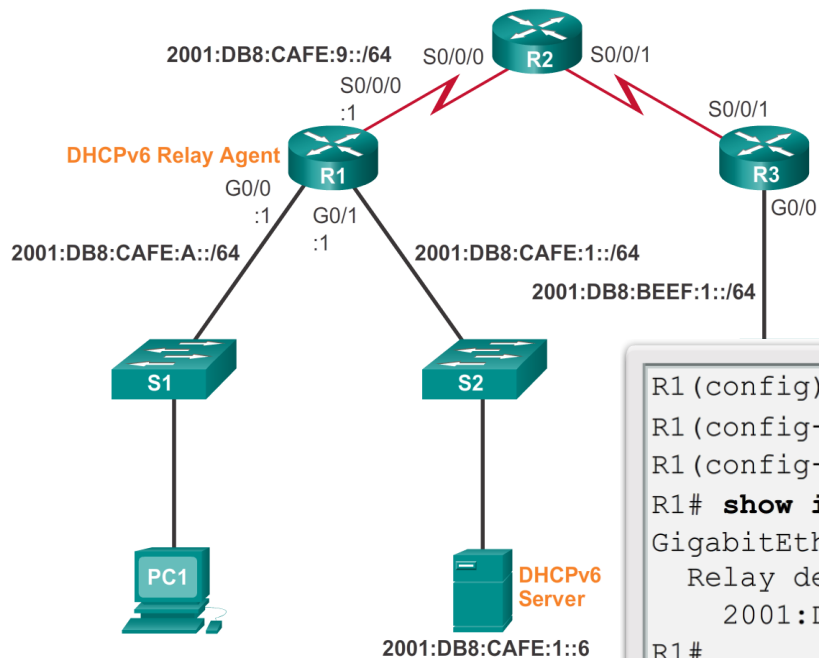
```
R1# show ipv6 dhcp pool
DHCPv6 pool: IPV6-STATEFUL
  Address allocation prefix: 2001:DB8:CAFE:1::/64 valid
4294967295 preferred 4294967295 (1 in use, 0 conflicts)
  DNS server: 2001:DB8:CAFE:AAAA::5
  Domain name: example.com
  Active clients: 1
R1#
```



```
R1# show ipv6 dhcp binding
Client: FE80::32F7:DFF:FE25:2DE1
  DUID: 0003000130F70D252DE0
  Username : unassigned
  IA NA: IA ID 0x00040001, T1 43200, T2 69120
  Address: 2001:DB8:CAFE:1:5844:47B2:2603:C171
           preferred lifetime INFINITY, , valid lifetime
INFINITY,
R1#
```

```
R3# show ipv6 interface g0/1
GigabitEthernet0/1 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is
FE80::32F7:DFF:FE25:2DE1
  No Virtual link-local address(es):
  Global unicast address(es):
    2001:DB8:CAFE:1:5844:47B2:2603:C171, subnet is
2001:DB8:CAFE:1:5844:47B2:2603:C171/128
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::1:FF03:C171
    FF02::1:FF25:2DE1
  MTU is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ICMP unreachable are sent
  ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
  ND reachable time is 30000 milliseconds (using 30000)
  ND NS retransmit interval is 1000 milliseconds
  Default router is FE80::D68C:B5FF:FECE:A0C1 on
GigabitEthernet0/1
R3#
```

# 将路由器配置为有状态 DHCPv6 中继代理



```
R1(config)# interface g0/0
R1(config-if)# ipv6 dhcp relay destination 2001:db8:cafe:1::6
R1(config-if)# end
R1# show ipv6 dhcp interface g0/0
GigabitEthernet0/0 is in relay mode
Relay destinations:
    2001:DB8:CAFE:1::6
R1#
```

# 故障排除任务

Troubleshooting Task 1:	Resolve address conflicts.
Troubleshooting Task 2:	Verify allocation method.
Troubleshooting Task 3:	Test with a static IPv6 address.
Troubleshooting Task 4:	Verify switch port configuration.
Troubleshooting Task 5:	Test from the same subnet or VLAN.

# 检验路由器 DHCPv6 配置

## Stateful DHCPv6 Services

```
R1(config)# ipv6 unicast-routing
R1(config)# ipv6 dhcp pool IPV6-STATEFUL
R1(config-dhcpv6)# address prefix 2001:DB8:CAFE:1::/64 lifetime
infinite
R1(config-dhcpv6)# dns-server 2001:db8:cafe:aaaa::5
R1(config-dhcpv6)# domain-name example.com
R1(config-dhcpv6)# exit
R1(config)# interface g0/1
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:cafe:1::1/64
R1(config-if)# ipv6 dhcp server IPV6-STATEFUL
R1(config-if)# ipv6 nd managed-config-flag
```

## Stateless DHCPv6 Services

```
R1(config)# ipv6 unicast-routing
R1(config)# ipv6 dhcp pool IPV6-STATELESS
R1(config-dhcpv6)# dns-server 2001:db8:cafe:aaaa::5
R1(config-dhcpv6)# domain-name example.com
R1(config-dhcpv6)# exit
R1(config)# interface g0/1
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:cafe:1::1/64
R1(config-if)# ipv6 dhcp server IPV6-STATELESS
R1(config-if)# ipv6 nd other-config-flag
```

## SLAAC

```
R1# show ipv6 interface g0/1
GigabitEthernet0/1 is up, line protocol is up
    IPv6 is enabled, link-local address is
    FE80::D68C:B5FF:FECE:A0C1
```

<output omitted>

Hosts use stateless autoconfig for addresses.

## Stateless DHCPv6

```
R1# show ipv6 interface g0/1
GigabitEthernet0/1 is up, line protocol is up
    IPv6 is enabled, link-local address is
    FE80::D68C:B5FF:FECE:A0C1
```

<output omitted>

Hosts use DHCP to obtain other configuration.

## Stateful DHCPv6

```
R1# show ipv6 interface g0/1
GigabitEthernet0/1 is up, line protocol is up
    IPv6 is enabled, link-local address is
    FE80::D68C:B5FF:FECE:A0C1
```

<output omitted>

Hosts use DHCP to obtain routable addresses.

```
R1# debug ipv6 dhcp detail
    IPv6 DHCP debugging is on (detailed)
R1#
*Feb  3 21:27:41.123: IPv6 DHCP: Received SOLICIT from
FE80::32F7:DFF:FE25:2DE1 on GigabitEthernet0/1
*Feb  3 21:27:41.123: IPv6 DHCP: detailed packet contents
*Feb  3 21:27:41.123:   src FE80::32F7:DFF:FE25:2DE1
(GigabitEthernet0/1)
*Feb  3 21:27:41.127:   dst FF02::1:2
*Feb  3 21:27:41.127:   type SOLICIT(1), xid 13190645
*Feb  3 21:27:41.127:   option ELAPSED-TIME(8), len 2
*Feb  3 21:27:41.127:     elapsed-time 0
*Feb  3 21:27:41.127:   option CLIENTID(1), len 10
*Feb  3 21:27:41.127:     000
*Feb  3 21:27:41.127: IPv6 DHCP: Using interface pool IPV6-
STATEFUL
*Feb  3 21:27:41.127: IPv6 DHCP: Creating binding for
FE80::32F7:DFF:FE25:2DE1 in pool IPV6-STATEFUL
<output omitted>
```

# 9.5 单元练习与测验

## 实验 - 配置 DHCPv6

在本实验中，您将完成以下目标：

- 第 1 部分:建立网络并配置设备的基本设置
- 第 2 部分:从 R1 验证 SLAAC 地址分配
- 第 3 部分:在 R1 上配置并验证无状态的 DHCPv6 服务器
- 第 4 部分:在 R1 上配置并验证有状态的 DHCPv6 服务器
- 第 5 部分:在 R2 上配置并验证 DHCPv6 中继



## 在这个模块中我学到了什么？

- 在路由器上，可以使用接口配置命令 **ipv6 address ipv6-address/prefix-length** 手动配置 IPv6 全局单播地址 (GUA)。
- 在选择自动IPv6编址之后，主机就会尝试在接口上自动获取和配置IPv6地址信息。
- 在主机启动并且以太网接口处于活动状态时，IPv6 链路本地地址就会自动创建出来。
- 客户端如何获取 IPv6 全局单播地址取决于 RA 消息中的设置。ICMPv6 RA 消息包含三个标记，用于标识主机可用的动态可选项：
  - A标记 - 这是地址自动配置(Address Autoconfiguration)标记。使用 SLAAC 创建IPv6 GUA。
  - O标记 - 这是其他配置(Other Configuration)标记。从无状态的 DHCPv6 服务器那里获取其他信息。
  - M标记 - 这是被管理地址配置(Managed Address Configuration)标记。使用有状态的 DHCPv6 服务器获取 IPv6 全局单播地址。
- SLAAC可以让主机在没有 DHCPv6 服务器提供服务的情况下创建出自己唯一的 IPv6 全局单播地址。SLAAC本身是无状态的，它会使用ICMPv6 RA消息来提供原本由 DHCP 服务器提供的地址信息和其他配置信息。SLAAC可以单独部署，也可以和 DHCPv6一起部署。如果配置**ipv6 unicast-routing** 命令，那么设备默认会使用仅 SLAAC 的方法。
- 若要启用 RA 消息的发送，路由器必须使用全局配置命令**ipv6 unicast-routing** 加入 IPv6 全路由器组。使用**show ipv6 interface**命令验证路由器是否已经启用。
- 所有配置了IPv6 GUA的已启用以太网接口将要开始发送 RA 消息，消息中的A标记会置位为1，而O和 M标记则会置为0。这个标记建议客户端使用 RA 中通告的前缀来创建自己的 IPv6 GUA。O=0和M=0这两个标记要求客户端仅使用RA消息中的信息。
- 路由器会每 200 秒发送一次 RA 消息。但是，如果从主机那里接收到了 RS 消息，它也会发送一条 RA 消息。

## 在这个模块中我学到了什么？

- 如果使用SLAAC, 主机一般会从路由器RA那里获取自己的64位IPv6子网信息。但是, 它必须使用以下两种方法之一生成剩余 64 位接口标识符 (ID): 随机生成或 EUI-64。
- 主机会使用DAD进程来确保这个IPv6 GUA是唯一的。DAD是使用ICMPv6实现的。要执行DAD, 主机会使用一个特殊构造的组播地址发送一条 ICMPv6 邻居请求消息, 这个地址称为请求节点组播地址。这个地址会复制主机的最后24位IPv6地址。
- 在 RA 消息中指示了采用无状态或有状态 DHCPv6之后, 这台主机就会开始进行 DHCPv6 客户端/服务器通信。
- 服务器到客户端的 DHCPv6 消息使用 UDP 目的端口 546, 而客户端到服务器的 DHCPv6 消息使用 UDP 目的端口 547。
- 无状态 DHCPv6 选项通知客户端使用 RA 消息中的信息来编址, 但是从 DHCPv6 服务器提供额外配置参数。这称为无状态的 DHCPv6, 因为服务器上不维护任何客户端状态信息。
- 可以使用接口配置命令**ipv6 nd other-config-flag** 在路由器接口上启用无状态 DHCPv6。这样做会把O标记设置为1。
- 在有状态的DHCPv6中, RA 消息会让客户端从有状态的 DHCPv6 服务器那里获取所有编址信息, 但默认网关地址除外, 因为默认网关是RA的源IPv6链路本地地址。这称为有状态, 因为 DHCPv6 服务器会维护 IPv6 状态信息。
- 可以使用接口配置命令**ipv6 nd managed-config-flag** 在路由器接口上启用有状态 DHCPv6。这样做会把M标记设置为1。

## 在这个模块中我学到了什么？

- 思科IOS路由器可以经过配置，提供下面三种类型的DHCPv6服务器服务之一：DHCPv6 服务器、DHCPv6 客户端或 DHCPv6 中继代理。
- 路由器也可以是 DHCPv6 客户端，并从 DHCPv6 服务器那里获取 IPv6 配置。
- 有状态DHCP服务器可选项要求启用IPv6的路由器告诉主机去联系DHCPv6服务器来获取所有必要的IPv6网络编址信息。
- 要使客户端路由器成为 DHCPv6 路由器，它需要启用ipv6 unicast-routing，并且需要拥有IPv6链路本地地址，这样才能发送和接收 IPv6 消息。
- 可以使用命令**show ipv6 dhcp pool**和**show ipv6 dhcp binding** 验证路由器上的 DHCPv6 操作。
- 如果 DHCPv6 服务器位于不同的网络而不是客户端上，那么可以使用**ipv6 dhcp relay destination ipv6-address [interface-type interface-number]** 命令将 IPv6 路由器配置为 DHCPv6 中继代理。这条命令需要在面向 DHCPv6 客户端的接口上进行配置，并指定到达这台服务器的DHCPv6服务器地址和出站接口。只有在下一跳地址为LLA时，才需要配置出站接口。
- 使用命令**show ipv6 dhcp interface** 和 **show ipv6 dhcp binding** 来验证 DHCPv6 中继代理是否正常工作。

