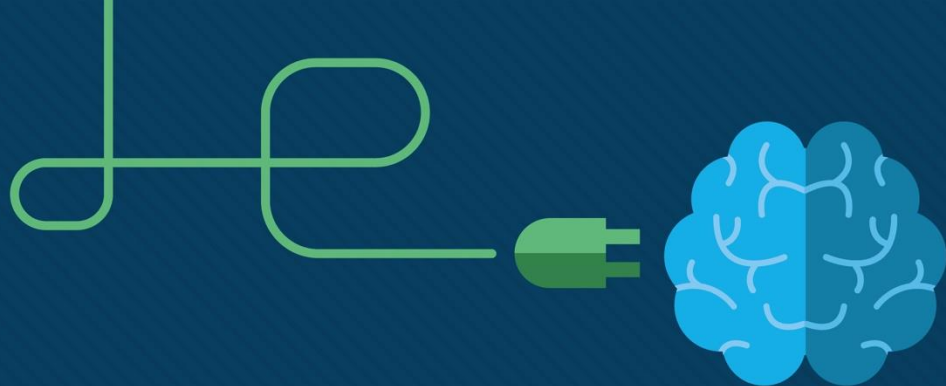




# 8 IPv6 编址



# 模块目标

模块标题： IPv6 编址

模块目标： 实施 IPv6 编址方案。

主题标题	主题目标
IPv4 的问题	说明 IPv6 编址的必要性。
IPv6 地址表示方法	说明 IPv6 地址的表示方式。
IPv6 地址类型	比较不同类型的 IPv6 网络地址。
GUA 和 LLA 静态配置	说明如何配置静态全局单播和链路本地 IPv6网络地址。
IPv6 GUA的动态编址	说明如何动态配置全局单播地址。

# 模块目标 (续)

模块标题： IPv6 编址

模块目标： 实施 IPv6 编址方案。

主题标题	主题目标
IPv6 LLA的动态编址	动态配置链路本地地址。
IPv6 组播地址	识别 IPv6 地址
IPv6 网络的子网	实施子网划分 IPv6编址方案

# 8.1 IPv4 问题

# IPv4 问题 IPv6 必要性

- IPv4的地址用完了。IPv6 是 IPv4 的继承者。IPv6具有更大的 128 位地址空间。
- IPv6 的开发还包括修复IPv4限制和其他增强。
- 考虑到互联网用户的不断增加、有限的IPv4 地址空间、NAT 问题和物联网等问题，是时候开始向 IPv6 过渡了。



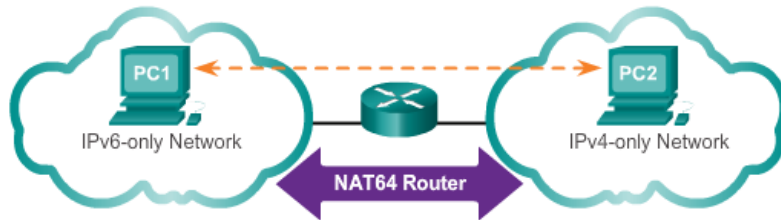
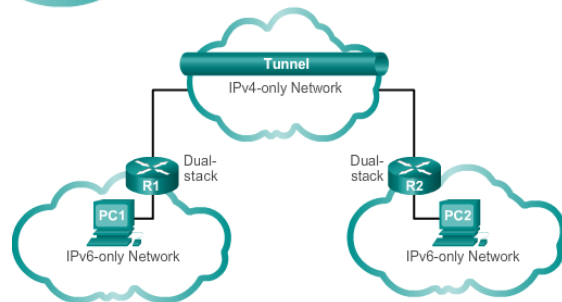
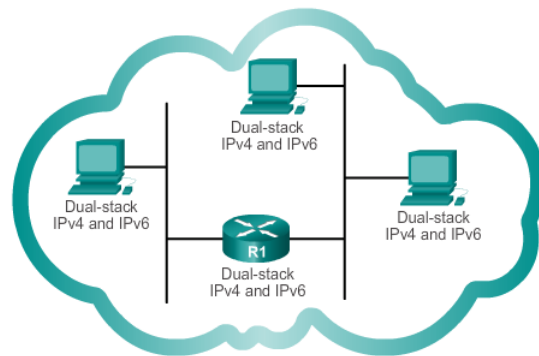
# IPv4 问题

## IPv4 和 IPv6 共存

在不久的将来, IPv4和IPv6都将共存, 并且过渡将需要几年的时间。

IETF 已经创建了各种协议和工具来协助网络管理员将网络迁移到 IPv6。迁移技术可分为三类:

- **双堆栈** - 设备同时运行 IPv4 和 IPv6 协议栈。
- **隧道**-通过 IPv4 网络传输 IPv6 数据包的方法。将 IPv6 数据包封装到 IPv4 数据包中。
- **转换**-网络地址转换 64 (NAT64) 允许支持 IPv6 的设备与支持 IPv4 的设备使用类似于 IPv4 中 NAT 的转换技术进行通信。



**注意:**隧道和转换用于过渡到原生IPv6, 仅应在需要时使用。目标是从源到目的地进行本地 IPv6 通信。

## 8.2 IPv6地址表示方法

# IPv6 地址表示方法

## 为什么需要IPv6

### IPv4: 4 octets

11000000.10101000.11001001.01110000

192.168.10.101

4,294,467,295 ( $2^{32}$ ) IP addresses

### IPv6: 16 octets

11010001.11011100.11001001.01110001.11011100.

11001100.01110001.11010001.11011100.11001001. 11010001.11011100.11001001.01110001

A524:72D3:2C80:DD02:0029:EC7A:002B:EA73

$3.4 \times 10^{18}$  IP addresses

340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456

- There are so many IPv6 addresses available that many trillions of addresses could be assigned to every human being on the planet.
- There are approximately 665,570,793,348,866,943,898,599 addresses per square meter of the surface of the planet Earth!

- An IPv6 address is a 128-bit binary value



# IPv6 地址表示方法

## IPv6 编址格式

- IPv6 地址长度为 128 位，写作十六进制。
- IPv6 地址不区分大小写，可用大写或小写书写。
- 书写 IPv6 地址的首选格式为 x: x: x: x: x: x: x: x，每个“x”均包括四个十六进制值。
- 在 IPv6 中，十六位位组是指代 16 位二进制或四位十六进制数的非官方术语。
- 这些是IPv6 地址首选格式的示例：

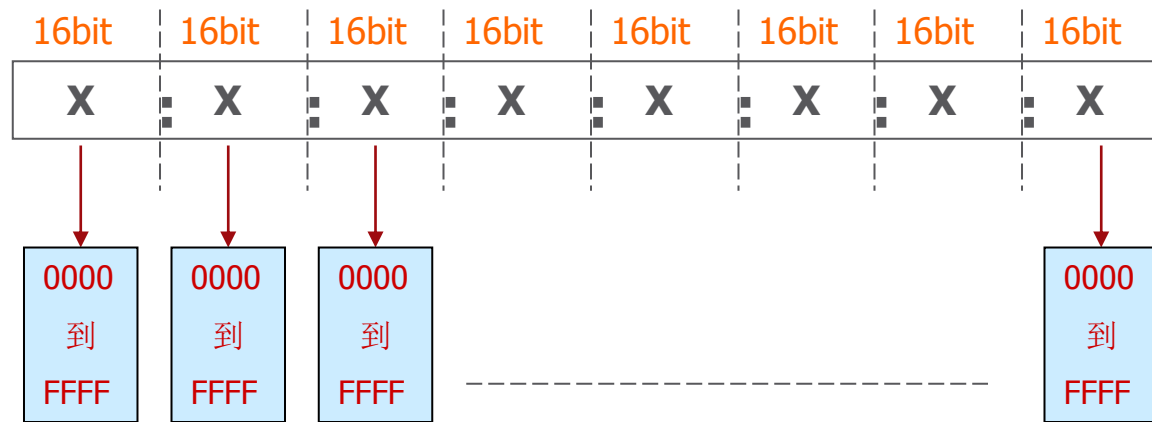
2001:0db8:0000:1111:0000:0000:0000:0200

2001:0db8:0000:00a3:abcd:0000:0000:1234

# IPv6 地址表示方法

## IPv6 编址格式

- IPv6地址的完整形式



IPv6地址由8个以冒号隔开的16比特十六进制值字段

- 十六进制中所用的表示数字的字符不区分大小写

# IPv6 地址表示方法

## 规则 1-省略前导零

第一条有助于缩短 IPv6 地址记法的规则是省略所有前导 0(零)。

示例：

- 01ab 可表示为 1ab
- 09f0 可表示为 9f0
- 0a00 可表示为 a00
- 00ab 可表示为 ab

**注意：**此规则仅适用于前导 0，不适用于后缀 0，否则会造成地址不明确。

类型	格式
Preferred	2001 : 0db8 : 0000 : 1111 : 0000 : 0000 : 0000 : 0200
没有前导 0	2001 : db8 : 0 : 1111 : 0 : 0 : 0 : 200

# IPv6 地址表示方法

## 规则 1-省略前导零

- 去掉16比特字段前导0以压缩地址的IPv6地址例子

首选格式的IPv6地址	压缩格式
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000	0:0:0:0:0:0:0:0
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001	0:0:0:0:0:0:0:1
2001:0410:0000:1234:FB00:1400:5000:45FF	2001:0410:0:1234:FB00:1400:5000:45FF
3ffe:0000:0000:1010:2a2a:0000:0001	3ffe:0:0:0:1010:2a2a:0:1
3FFE:0B00:0C18:0001:0000:1234:AB34:0002	3FFE:0B00:0C18:1:0:1234:AB34:2
FE80:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0009	FE80:0:0:0:0:0:0:9
FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF	FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFF F

# IPv6 地址表示

## 规则 2-双冒号

双冒号 (::) 可以代替包含一个或多个 16 位全 0 十六进制数的任意一个连续字符串。

示例：

- 2001:db8:cafe:1:0:0:0:1 (前导0省略) 可以表示为 2001:db8:cafe:1::1。

**注意：**双冒号 (::) 仅可在每个地址中使用一次, 否则可能会得出一个以上的地址。

类型	格式
首选	2001 : 0db8 : 0000 : 1111 : 0000 : 0000 : 0000 : 0200
简写格式	2001:db8:0:1111::200

# IPv6 地址表示规则 2-双冒号

## •压缩表示的IPv6地址例子

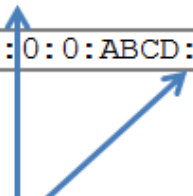
首选格式的IPv6地址	压缩格式
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000	::
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001	::1
2001:0410:0000:1234:FB00:1400:5000:45FF	2001:410::1234:FB00:1400:5000:45FF
3ffe:0000:0000:0000:1010:2a2a:0000:0001	3ffe::1010:2a2a:0:1
3FFE:0B00:0C18:0001:0000:1234:AB34:0002	3FFE:B00:C18:1::1234:AB34:2
FE80:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0009	FE80::9
FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF	FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FF FF

## 规则 2-双冒号

## ▪ Examples

#1

Preferred	2001:0DB8:0000:0000:ABCD:0000:0000:0100
Omit leading 0s	2001: DB8: 0: 0:ABCD: 0: 0: 100
Compressed	2001:DB8::ABCD:0:0:100
OR	
Compressed	2001:DB8:0:0:ABCD::100



Only one :: may be used.

#2

Preferred	FE80:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF
Omit leading 0s	FE80: 0: 0: 0: 123:4567:89AB:CDEF
Compressed	FE80::123:4567:89AB:CDEF

## 8.3 IPv6 地址类型



# IPv6 地址类型

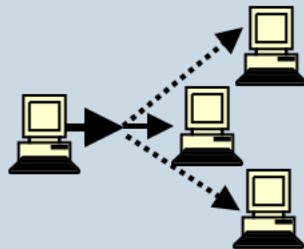
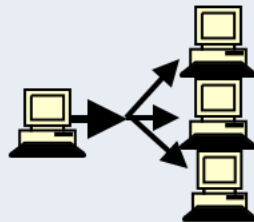
## 单播, 组播, 任播

IPv6 地址有三大类:

- **单播** - 单播用于唯一标识支持 IPv6 的设备上的接口。
- **组播** - 组播用于将单个 IPv6 数据包发送到多个目的地。
- **任播** - 这是可分配到多个设备的 IPv6 单播地址。发送至任播地址的数据包会被路由到最近的拥有该地址的设备。

**注意:** 与 IPv4 不同, IPv6 没有广播地址。但是, IPv6 具有 IPv6 全节点组播地址, 这在本质上与广播地址的效果相同。

### Topology

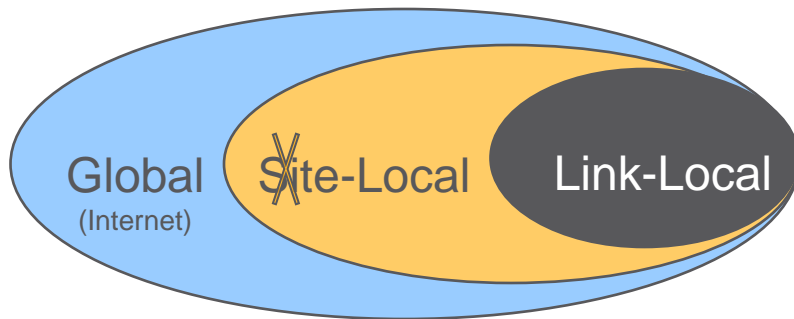


# Special IPv6 Addresses

IPv6 Address	Description
<b>::/0</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• All routes and used when specifying a default static route.</li><li>• It is equivalent to the IPv4 quad-zero (0.0.0.0).</li></ul>
<b>::/128</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unspecified address and is initially assigned to a host when it first resolves its local link address.</li></ul>
<b>::1/128</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Loopback address of local host.</li><li>• Equivalent to 127.0.0.1 in IPv4.</li></ul>
<b>FE80::/10</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Link-local unicast address.</li><li>• Similar to the Windows autoconfiguration IP address of 169.254.x.x.</li></ul>
<b>FF00::/8</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Multicast addresses.</li></ul>
All other addresses	<ul style="list-style-type: none"><li>• Global unicast address.</li></ul>

# IPv6 Address Scopes

- Address types have well-defined destination scopes:
  - **Link-local** address
  - **Global unicast** address
  - **Site-local** address

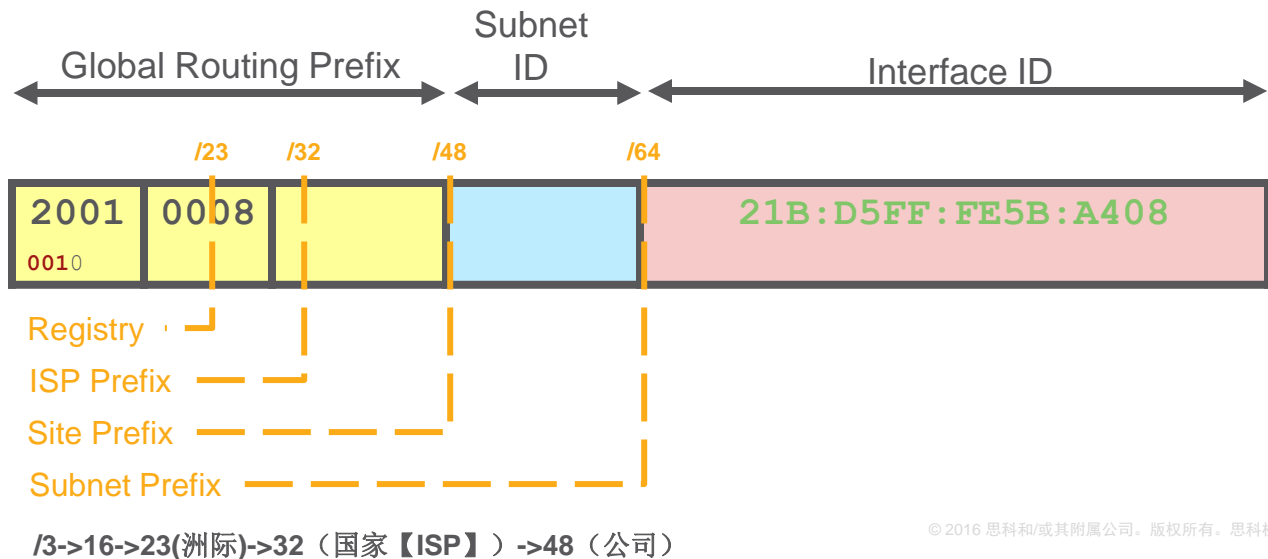


## ■Note:

- Site-Local Address are deprecated in RFC 3879.

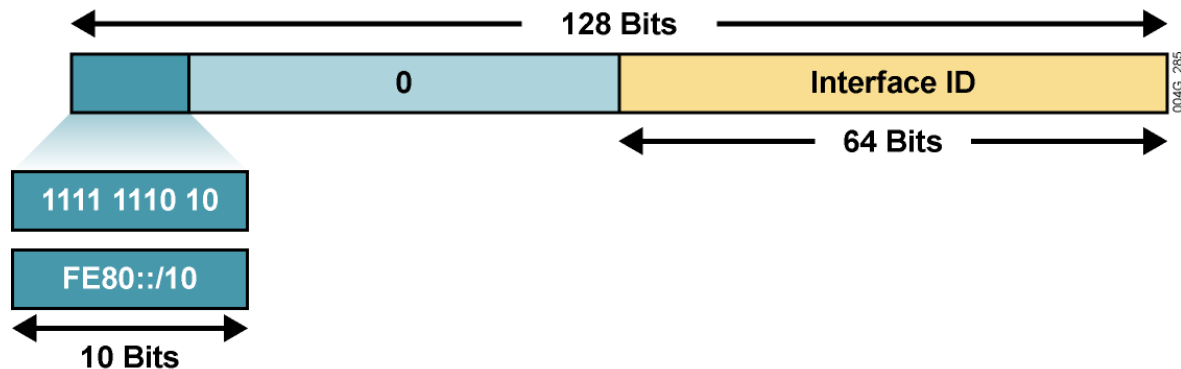
# IPv6 Global Unicast Address

- The global unicast address typically consists of:
  - A 48-bit global routing prefix
  - A 16-bit subnet ID
  - A 64-bit interface ID (typically in EUI-64 bit format discussed later).



# IPv6 Link-Local Address

- Link-local addresses are used for automatic address configuration, neighbor discovery, router discovery, and by many routing protocols.
- They are dynamically created using a link-local prefix of **FE80::/10** and a 64-bit interface identifier.
  - Unique only on the link, and it is not routable off the link.

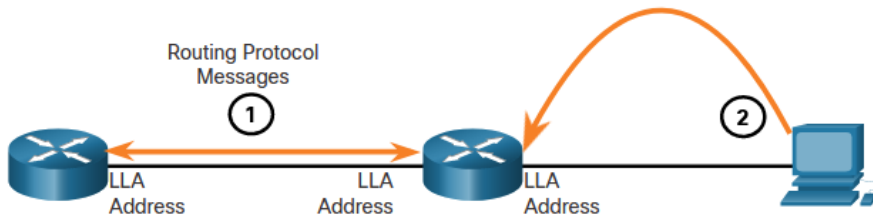


# IPv6 地址类型

## IPv6 LLA

IPv6 链路本地地址(LLA)允许设备与同一链路上支持 IPv6 的其他设备通信, 并且只能在该链路(子网)上通信。

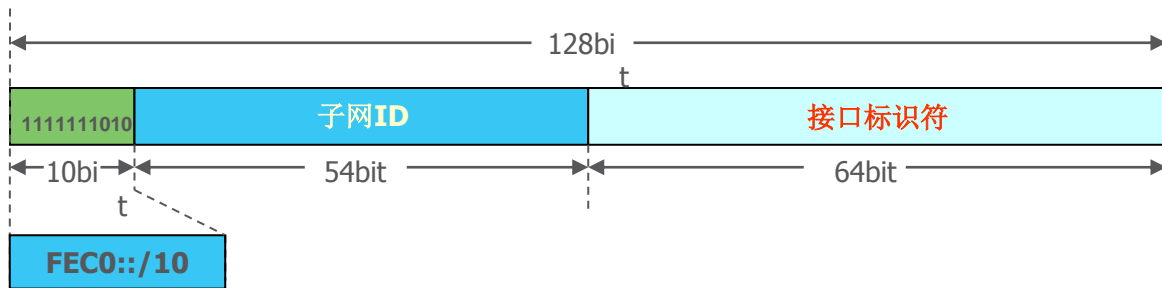
- 无法路由具有源或目的LLA的数据包。
- 每个启用 IPv6 的网络接口都必须有 LLA。
- 如果没有手动为接口配置LLA, 设备就会自动创建一个。



1. Routers use the LLA of neighbor routers to send routing updates.
2. Hosts use the LLA of a local router as the default-gateway.

# Site-local addresses

- 单播受限地址，仅在一个站点内使用。
- 不能自动配置，必须**手工**指定。
- 类似于IPv4中的**私有地址**，不能在IPv6因特网上路由。
- 本地站点地址格式：



- 本地站点地址由前缀**FEC0::/10**、子网标识的54比特字段和用作低64比特EUI-64格式的接口标识符组成。
- 适用场合：
  - 本地打印机、内部服务器、网络设备的管理地址、网络测试

# 8.4 GUA 和 LLA 静态配置



# 静态配置静态 GUA 配置 路由器上的 GUA 和 LLA

在思科 IOS 中, 大多数 IPv6 的配置和验证命令与 IPv4 的相似。在多数情况下, 唯一区别是命令中使用 **ipv6** 取代 **ip**。

- 在接口上配置 IPv6 GUA 的命令是: **ipv6 address ipv6 地址/前缀长度**。
- 该示例显示了在 R1 上的 G0/0/0 接口上配置 GUA 的命令:

```
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
```

# 静态配置静态 GUA 配置 Windows 主机上的 GUA 和 LLA

- 在主机上手动配置 IPv6 地址与配置 IPv4 地址相似。
- 路由器接口的 GUA 或 LLA 可以用作默认网关。最佳实践是使用 LLA。

**注意:** 使用 DHCPv6 或 SLAAC 时, 路由器的 LLA 将自动指定为默认网关地址。

Internet Protocol Version 6 (TCP/IPv6) Properties

General

You can get IPv6 settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IPv6 settings.

☐ Obtain an IPv6 address automatically

☒ Use the following IPv6 address:

IPv6 address: 2001:db8:acad:1::10

Subnet prefix length: 64

Default gateway: 2001:db8:acad:1::1

☐ Obtain DNS server address automatically

☒ Use the following DNS server addresses:

Preferred DNS server:

Alternate DNS server:

☐ Validate settings upon exit

Advanced...

OK Cancel

# 静态配置静态 GUA 配置 链路本地单播地址的 LLA 配置

手动配置LLA可以让您创建的地址便于识别和记忆。

- LLA 可以使用 **ipv6 address *ipv6-link-local-address* link-local** 命令手动配置。
- 该示例显示了在 R1 上的 G0/0/0 接口上配置 LLA 的命令：

```
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1:1 link-local
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
```

**注意：**只要每个链接上的LLA是惟一的，就可以在每个链接上配置相同的LLA。通常的实践是在路由器的每个接口上创建一个不同的LLA，以便于识别路由器和特定的接口。

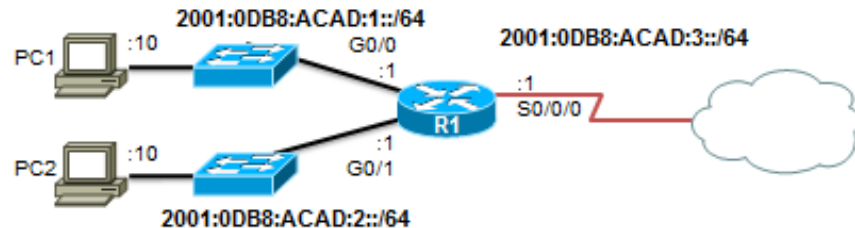
**Note:** The same LLA can be configured on each link as long as it is unique on that link. Common practice is to create a different LLA on each interface of the router to make it easy to identify the router and the specific interface.

## IPv6 Global Unicast Addresses

### Verifying IPv6 Address Configuration

Each interface has two IPv6 addresses -

1. global unicast address that was configured
2. one that begins with FE80 is automatically added link-local unicast address



```
R1#show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0    [up/up]
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
2001:DB8:ACAD:1::1
GigabitEthernet0/1    [up/up]
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E1
2001:DB8:ACAD:2::1
Serial0/0/0           [up/up]
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
2001:DB8:ACAD:3::1
Serial0/0/1           [administratively down/down]
unassigned
R1#
```

## 8.5 IPv6 GUA的动态编址

# IPv6 GUA的动态编址 RS和RA消息

设备通过 Internet 控制消息协议版本 6 (ICMPv6) 消息动态获取GUA地址。

- 路由器请求(RS)消息由主机设备发送以发现IPv6路由器
- 路由器通告(RA)消息由路由器发送, 告知主机如何获得IPv6 GUA并提供有用的网络信息, 如:
  - 网络前缀和前缀长度
  - 默认网关地址
  - DNS 地址和域名
- RA 可以提供配置 IPv6 GUA 的三种方法:
  - SLAAC
  - 无状态 DHCPv6 服务器的 SLAAC
  - 有状态 DHCPv6(无 SLAAC)

# IPv6 GUA 分配

## IPv6 主机配置

### • 无状态地址自动配置 (SLAAC)

- 用于不关心主机在网络中使用的具体地址的情况
- 需要路由器分发地址前缀信息
- 不需要另外的服务器

### • 无状态DHCPv6

- 用于提供SLAAC中没有的信息，例如DNS服务器地址和域名等
- 需要DHCPv6服务器
- 通过DHCPv6协议实现

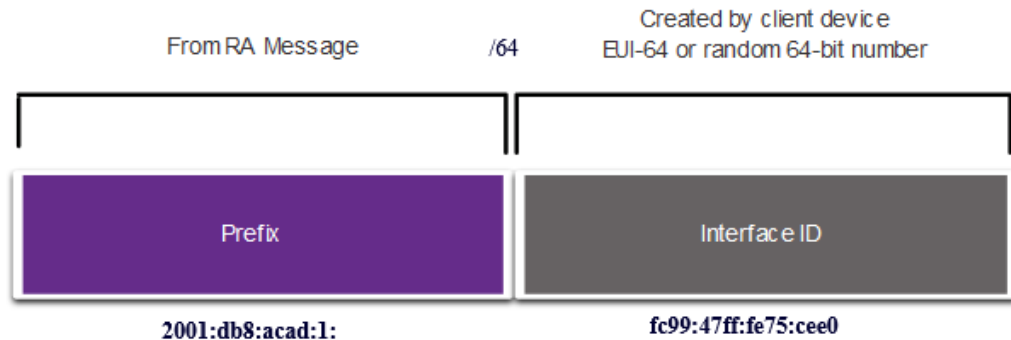
### • 状态化DHCPv6

- 用于需要关注主机在网络中使用的具体地址的情况
- 需要DHCPv6服务器
- 通过DHCPv6协议实现

# IPv6 GUA 的动态编址

## 方法 1: SLAAC

- SLAAC允许设备在没有DHCPv6服务的情况下创建自己的GUA。
- 设备从本地路由器的ICMPv6 RA消息获得配置GUA的必要信息。
- 前缀由RA提供, 设备使用EUI-64或随机生成方法来创建接口ID。



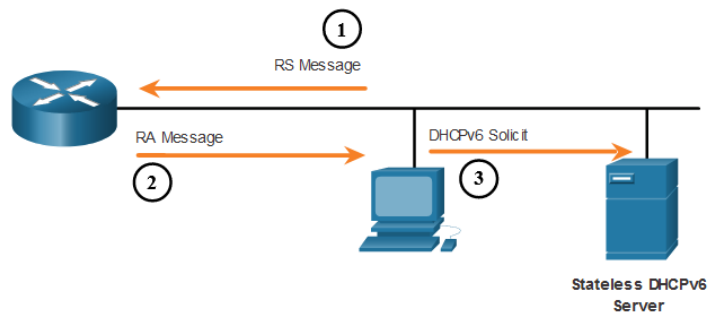


## 方法 2: SLAAC 和无状态 DHCP

RA 可以指示设备同时使用 SLAAC 和无状态 DHCPv6。

RA 消息建议设备使用以下内容：

- SLAAC创建自己的IPv6 GUA
- 路由器LLA, 是RA源IPv6地址, 作为默认网关地址
- 使用无状态 DHCPv6 服务器获取其他信息, 例如 DNS 服务器地址和域名。



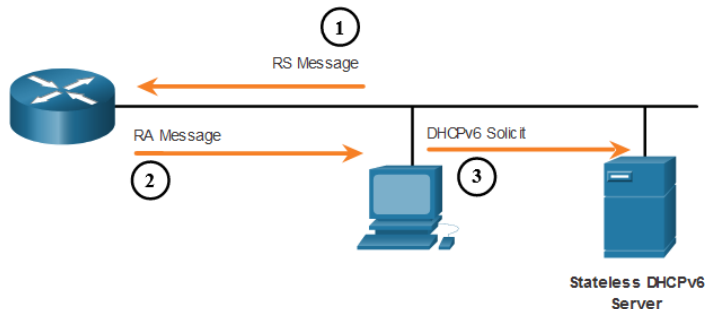
## 方法 3: 有状态的 DHCPv6

RA 可以指示设备仅使用有状态的 DHCPv6。

有状态 DHCPv6 与 IPv4 的 DHCP 相似。设备可以从有状态 DHCPv6 服务器自动接收 GUA、前缀长度和 DNS 服务器地址。

RA 消息建议设备使用以下内容：

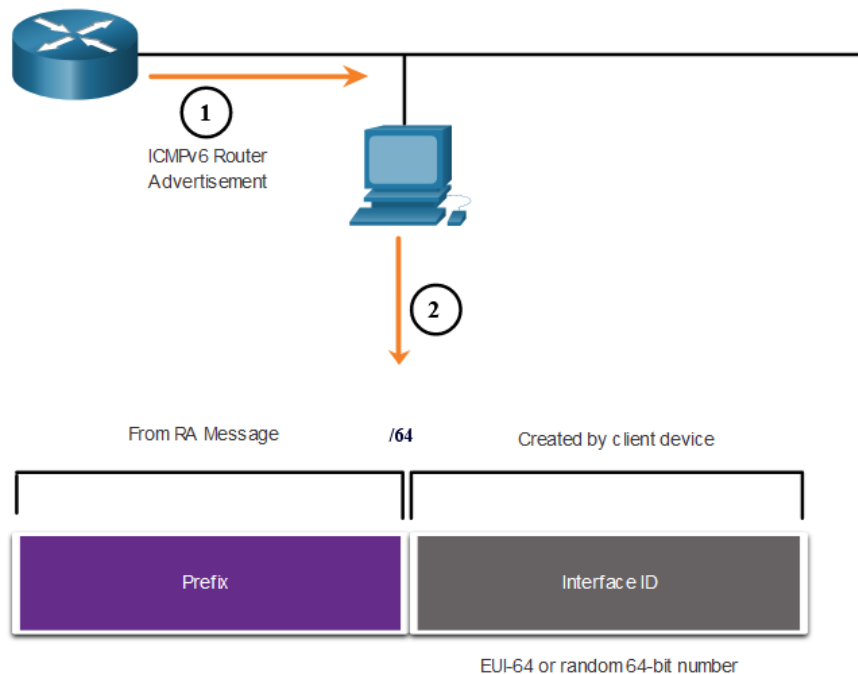
- 路由器 LLA, 是 RA 源 IPv6 地址, 作为默认网关地址。
- 使用有状态 DHCPv6 服务器获取 GUA、DNS 服务器地址、域名和其他必要信息。



# IPv6 GUA的动态编址

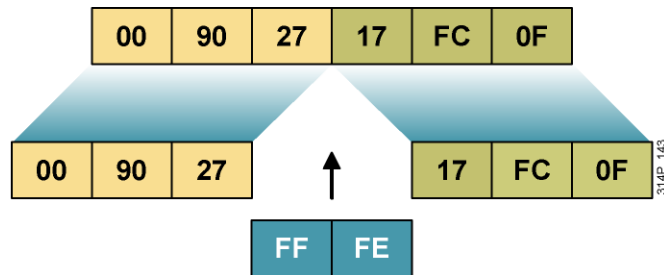
## EUI-64流程对比随机生成

- 当 RA 消息为 SLAAC 或 SLAAC 和无状态 DHCPv6 时，客户端必须生成自己的接口 ID。
- 接口 ID 可使用 EUI-64 流程或随机生成的 64 位数字创建。



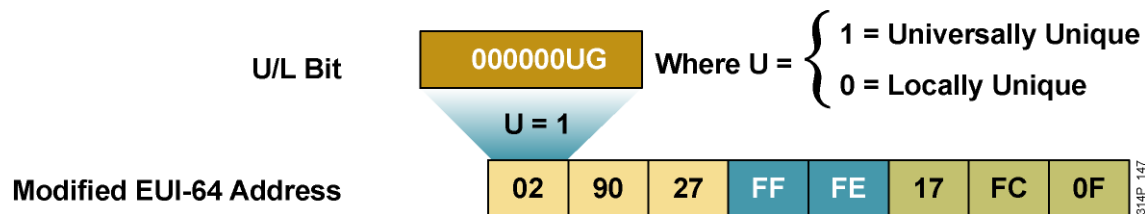
# IPv6 GUA的动态编址 EUI-64流程对比随机生成

Ethernet MAC Address (48 Bits)



- A modified EUI-64 address is formed by inserting “FFFE” and “complementing” a bit identifying the uniqueness of the MAC address.

# IPv6 GUA的动态编址 EUI-64流程对比随机生成

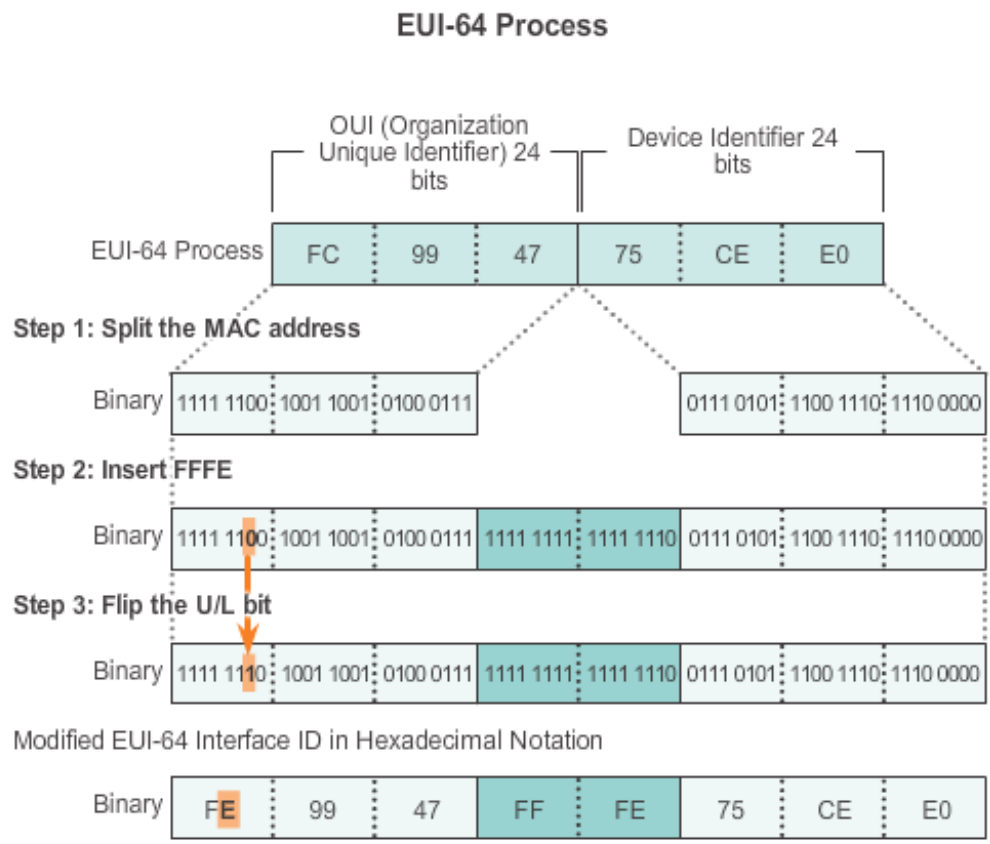


- A modified EUI-64 address is formed by inserting “FFFE” and “complementing” a bit identifying the uniqueness of the MAC address.

# IPv6 GUA的动态编址 EUI-64 流程

IEEE 定义了扩展唯一标识符 (EUI) 或修改的 EUI-64 流程, 执行如下:

- 一个16位值ffe(十六进制)被插入到客户端的48位以太网MAC地址的中间。
- 客户端MAC地址的第7位从二进制0颠倒为1。
- 示例:



# IPv6 GUA的动态编址 随机生成接口ID

根据操作系统, 设备可以使用随机生成的接口 ID, 而不使用 MAC 地址和 EUI-64 流程。

从 Windows Vista 开始, Windows 使用随机生成的接口 ID, 而不是 EUI-64 创建的接口 ID。

```
C:\> ipconfig
Windows IP Configuration
Ethernet adapter Local Area Connection:
Connection-specific DNS Suffix . :
IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:50a5:8a35:a5bb:66e1
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::50a5:8a35:a5bb:66e1
Default Gateway . . . . . : fe80::1
C:\>
```

**注意:** 为确保任何 IPv6 单播地址的唯一性, 客户端可以使用重复地址检测 (DAD) 流程。这与 ARP 请求其地址的流程相似。如该请求没有响应, 则地址是唯一的。

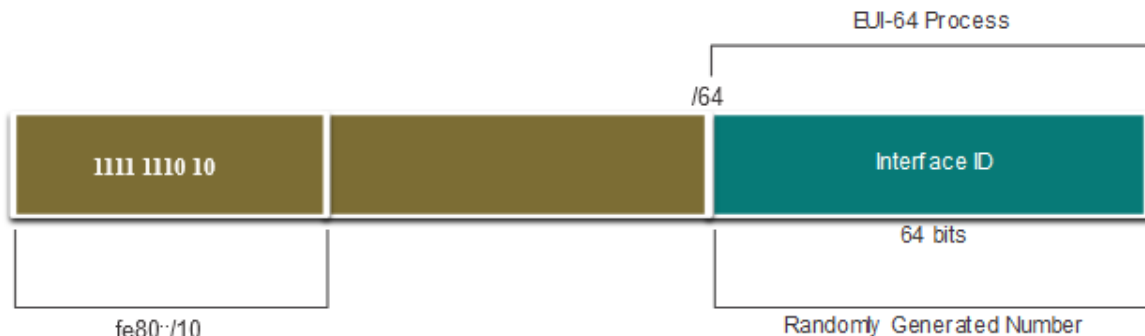
# 8.6 IPv6 LLA 的动态编址



# IPv6 LLA的动态编址

## 动态LLA

- 所有 IPv6 接口都必须有 IPv6 LLA。
- 与 IPv6 GUA 一样, LLA 可以动态配置。
- 该图显示了如何使用 fe80::/10 前缀和通过 EUI-64 流程或随机生成的 64 位数字创建的接口 ID 动态创建 LLA。



# IPv6 LLA的动态编址

## Windows上的动态LLA

操作系统, 如Windows, 通常会对SLAAC创建的GUA和动态分配的LLA使用相同的方法。

### EUI-64 生成的接口 ID:

```
C:\> ipconfig
Windows IP Configuration
Ethernet adapter Local Area Connection:
Connection-specific DNS Suffix . :
IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:fc99:47ff:fe75:cee0
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::fc99:47ff:fe75:cee0
Default Gateway . . . . . : fe80::1
C:\>
```

### 随机生成的 64 位接口 ID

```
C:\> ipconfig
Windows IP Configuration
Ethernet adapter Local Area Connection:
Connection-specific DNS Suffix . :
IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:50a5:8a35:a5bb:66e1
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::50a5:8a35:a5bb:66e1
Default Gateway . . . . . : fe80::1
C:\>
```

# IPv6 LLA的动态编址

## 思科路由器上的动态LLA

当为接口分配GUA时，思科路由器会自动创建 IPv6 LLA。默认情况下，思科 IOS 路由器使用 EUI-64 为 IPv6 接口上的所有LLA生成接口 ID。

以下是在 R1 的 G0/0/0 接口上动态配置的 LLA 示例：

```
R1# show interface gigabitEthernet 0/0/0
GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is ISR4221-2x1GE, address is 7079.b392.3640 (bia 7079.b392.3640)
(省略部分输出)
R1# show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0/0 [up/up]
FE80::7279:B3FF:FE92:3640
2001:DB8:ACAD:1::1
```

# IPv6 LLA的动态编址

## 验证 IPv6 地址配置

```
R1# show ipv6 interface loopback 0
Loopback0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::223:5EFF:FE01:668
  No Virtual link-local address(es):
  Global unicast address(es):
    2001::223:5EFF:FE01:668, subnet is 2001::/64 [EUI]
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::2
    FF02::1:FF01:668
  MTU is 1514 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ICMP unreachables are sent
  ND DAD is not supported
  ND reachable time is 30000 milliseconds (using 42605)
  Hosts use stateless autoconfig for addresses.
```

# IPv6 LLA的动态编址 验证 IPv6 地址配置

```
R1#show interface fa 0/0
```

```
FastEthernet0/0 is administratively down, line protocol is down
```

```
Hardware is MV96340 Ethernet, address is 0023.5e01.0668 (bia 0023.5e01.0668)
```

```
MTU 1500 bytes, BW 100000 Kbit/sec, DLY 100 usec,
```

```
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
```

```
Encapsulation ARPA, loopback not set
```

```
Keepalive set (10 sec)
```

```
Auto-duplex, Auto Speed, 100BaseTX/FX
```

```
ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
```

```
...
```

此处省略部分输出

00000000 23.5e01.0668

00000010 23.5e01.0668

02 23.5e01.0668

# Static Link-local Addresses

## Configuring link-local

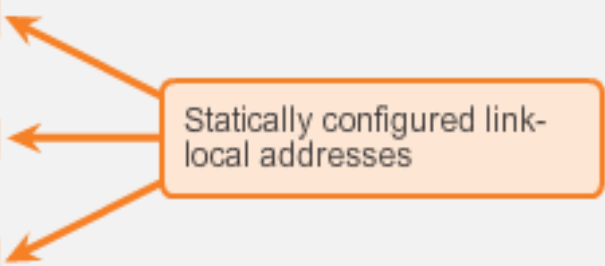
```
R1(config)#interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 ?
    link-local    Use link-local address

R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface gigabitethernet 0/1
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface serial 0/0/0
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#
```

# Static Link-local Addresses

## Configuring link-local

```
R1#show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0      [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:1::1
GigabitEthernet0/1      [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:2::1
Serial10/0/0            [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:3::1
Serial10/0/1            [administratively down/down]
    unassigned
R1#
```



## Packet Tracer - 配置IPv6编址

在这个 Packet Tracer 练习中，您需要配置：

- 在路由器上配置 IPv6 编址
- 在服务器上配置 IPv6 编址
- 在客户端上配置 IPv6 编址
- 测试并验证网络连接



# 8.7 IPv6 组播地址

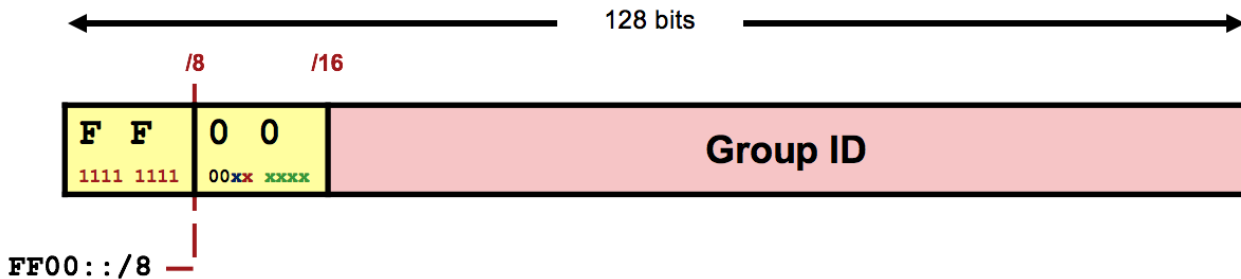
# IPv6 组播地址

## 分配的 IPv6 组播地址

IPv6 组播地址的前缀为ff00::/8。IPv6 组播地址分为两种类型：

- 知名组播地址
- 请求节点组播地址

**注意：**组播地址仅可用作目的地址，不能用作源地址。






# IPv6 多播地址

## 知名IPv6 多播地址

知名组播地址是为预先定义的设备组分配并保留的。




这些是两种常见的 IPv6 分配组播组：

- **ff02::1 全节点组播组**– 这是一个包含所有支持 IPv6 的设备的组播组。发送到该组的数据包由该链路或网络上的所有 IPv6 接口接收和处理。
- **ff02::2 全路由组播组**– 这是一个所有 IPv6 路由器均会加入的组播组。使用 **ipv6 unicast-routing** 全局配置命令将路由器启用为 IPv6 路由器后，该路由器即成为该组播组的一员。

	Meaning	Scope
FF02::1	All nodes 	Link-local
FF02::2	All routers 	Link-local
FF02::1:FFXX:XXXX	Solicited-node 	Link-local

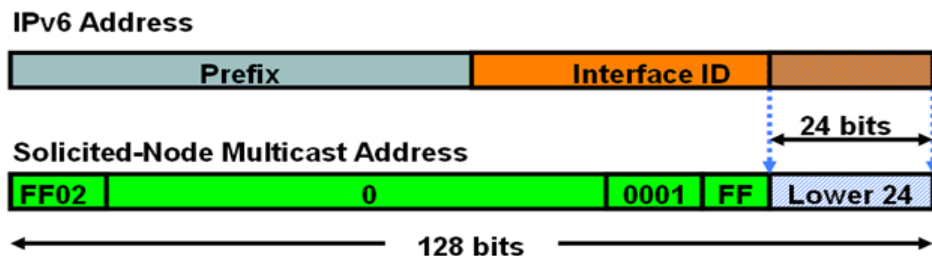
# IPv6组播地址 请求节点 IPv6 组播地址

- 请求节点组播地址类似于全节点组播地址。
- 请求节点组播地址被映射到特殊的以太网组播地址。
- 以太网网卡可以通过检查目的 MAC 地址过滤该帧，而不是将它发送给 IPv6 流程来判断该设备是否是 IPv6 数据包的既定目标。

	Meaning	Scope
FF02::1	All nodes 	Link-local
FF02::2	All routers 	Link-local
FF02::1:FFXX:XXXX	Solicited-node 	Link-local

# IPv6组播地址 请求节点 IPv6 组播地址

- The solicited-node multicast address (FF02::1:FF) is used for:
  - Neighbor discovery (ND) process
  - Stateless address autoconfiguration



# IPv6组播地址 请求节点 IPv6 组播地址

```
R1# show ipv6 interface loopback 100
Loopback100 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::222:55FF:FE18:7DE8
  No Virtual link-local address(es):
  Global unicast address(es):
    2001:8:85A3:4290:222:55FF:FE18:7DE8, subnet is 2001:8:85A3:4290::/64 [EUI]
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::2
    FF02::1:FE18:7DE8
  MTU is 1514 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ICMP unreachables are sent
  ND DAD is not supported
  ND reachable time is 30000 milliseconds (using 31238)
  Hosts use stateless autoconfig for addresses.
R1#
```

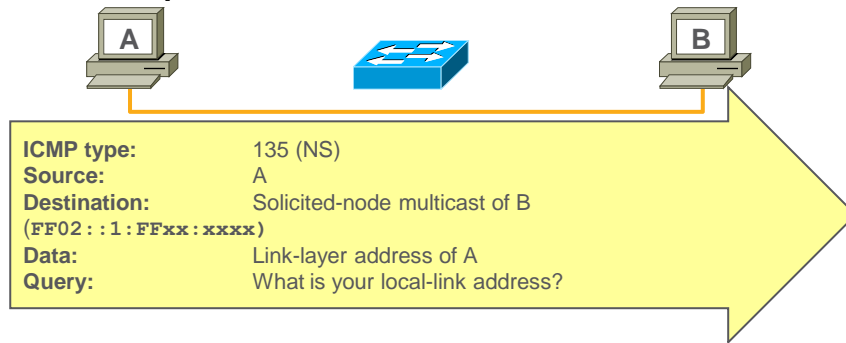
# IPv6组播地址 请求节点 IPv6 组播地址

- Neighbor Discovery uses four ICMPv6 packet types:
  - Neighbor Solicitation and Neighbor Advertisement messages
  - Router Solicitation and Router Advertisement messages

ICMPv6 Message	Type	Description
<b>Neighbor Solicitation (NS)</b>	135	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sent by a host to determine the link-layer address of a neighbor.</li><li>• Used to verify that a neighbor is still reachable.</li><li>• An NS is also used for Duplicate Address Detection (DAD).</li></ul>
<b>Neighbor Advertisement (NA)</b>	136	<ul style="list-style-type: none"><li>• A response to a NS message.</li><li>• A node may also send unsolicited NA to announce a link-layer address change.</li></ul>
<b>Router Advertisement (RA)</b>	134	<ul style="list-style-type: none"><li>• RAs contain prefixes that are used for on-link determination or address configuration, a suggested hop limit value, MTU value, etc.</li><li>• RAs are sent either periodically, or in response to a RS message.</li></ul>
<b>Router Solicitation (RS)</b>	133	<ul style="list-style-type: none"><li>• When a host is booting it sends out an RS requesting routers to immediately generate an RA rather than wait for their next scheduled time.</li></ul>

# IPv6组播地址 请求节点 IPv6 组播地址

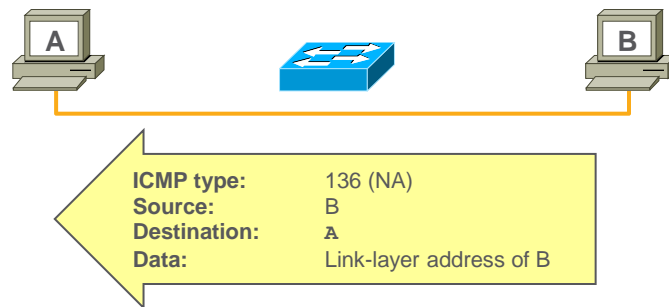
## Neighbor Solicitation Example



- ICMPv6 Neighbor Solicitation (NS) is similar to IPv4 ARP in that it is used when resolving an IPv6 address to a MAC address.
- For example, Host A needs to send a packet to Host B but needs the MAC address of host B.
  - Host A sends a Neighbor Solicitation (ICMPv6 message type 135) on the link.
  - The source address is the IPv6 address of the source node.



## Neighbor Advertisement Example



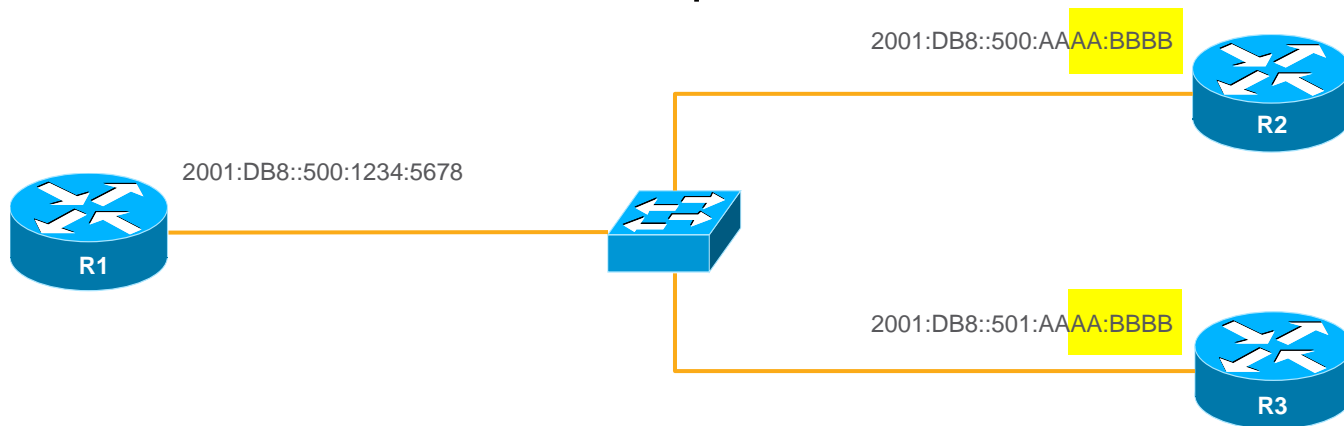
- Each destination node that receives the NS responds with an ICMPv6 message type 136, NA.
- The source address of this message is the IPv6 address of the responding node, and the destination address is the IPv6 address of the original source node (which sent the NS).
- The data portion includes the link-layer address of the destination node (even though the link-layer address is of course also included in the frame).

## Solicited-Node Multicast Addresses



- The two devices can now communicate on the link because they know each other's link-layer addresses.

## Solicited-Node Multicast Address Example

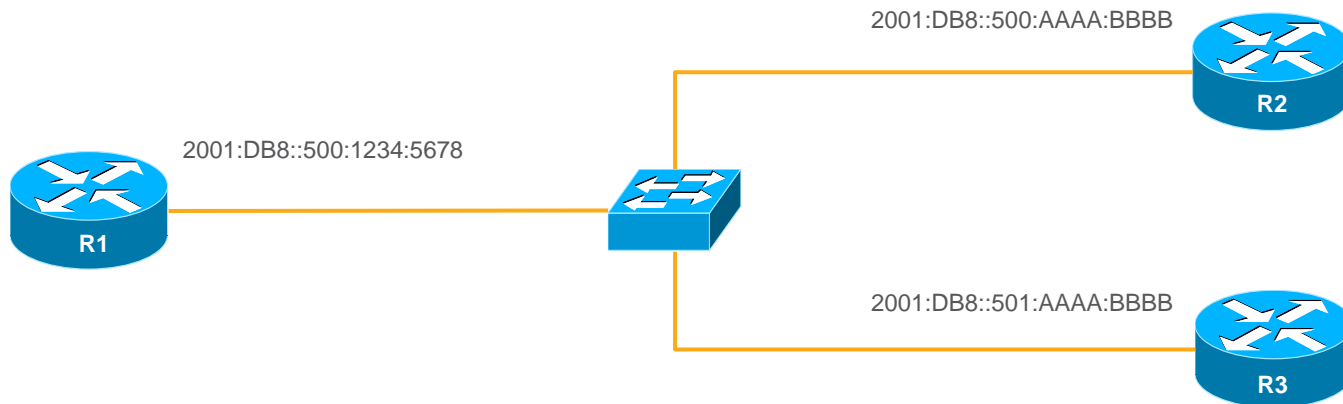


- What would happen if R1 wanted to exchange packets with R2?

In this case R2 and R3 would have the same solicited-node multicast address of **FF02::1:FFAA:BBBB**.

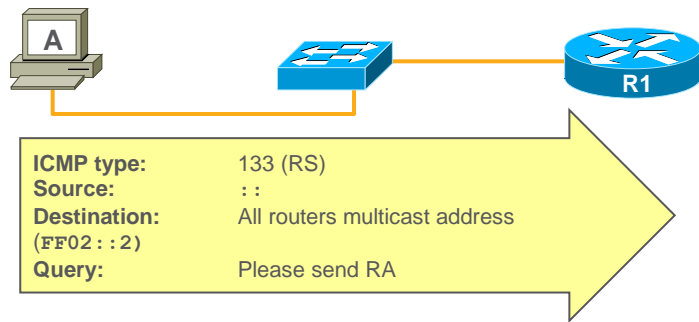
- Recall that a solicited-node address is **FF02::1:FFxx:xxxx** where the **xx:xxxx** is the far right 24 bits of the corresponding unicast or anycast address of the node.

## Solicited-Node Multicast Address Example



- When R1 desires to exchange packets with R2, R1 sends an NS message to the solicited-node multicast address of R2, (FF02::1:FFAA:BBBB).
- Along with other data, the NS message contains the “target address” which is the full IPv6 address that R1 is looking for (2001:DB8::500:AAAA:BBBB).

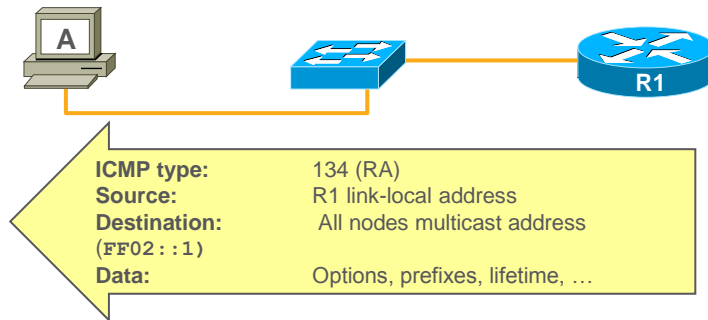
## Stateless Autoconfiguration



- Every IPv6 system (other than routers) is able to build its own unicast global address.
  - Enables new devices (e.g., cellular phones, wireless devices, home appliances, and home networks) to easily connect to the Internet.
- Stateless autoconfiguration uses the information in RA messages to configure hosts automatically.
- RAs are sent periodically, but a node can send out RS messages when it boots so that it doesn't have to wait for the next RA.

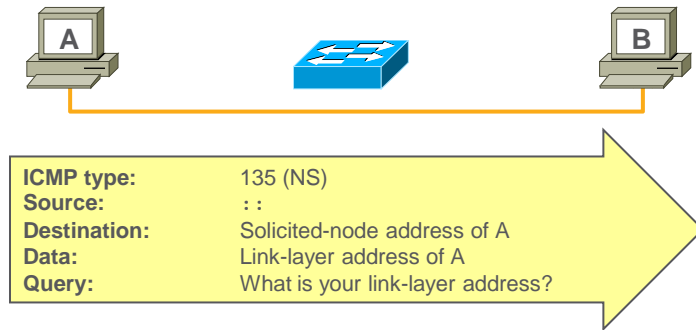
# IPv6组播地址 请求节点 IPv6 组播地址

## Stateless Autoconfiguration



- All routers on the network reply to the RS immediately, with an RA sent to the all-nodes multicast address.
  - The prefix included in the RA is used as the /64 prefix for the host address.
  - The interface ID used is the EUI-64 format interface ID.

## Stateless Autoconfiguration



- The host now creates a link-local address and solicited-node address using the RA supplied by the router.
- Next it needs to verify that its new IPv6 address is unique on the link using the Duplicate Address Detection (DAD) process.
  - DAD is used during the autoconfiguration process to ensure that no other device is using the autoconfiguration address.
- During the DAD phase, Host A sends an NS to query if another node on the link has the same IPv6 address.
- If a node responds to the request, it means that the IPv6 address is already in use, and Host A needs to be manually configured.

## 配套实验-识别 IPv6 地址

在本实验中，您将完成以下目标：

- 识别不同类型的 IPv6 地址
- 检查主机 IPv6 网络接口和地址
- 练习 IPv6 地址缩写



## 8.8 单元练习与测验

## Packet Tracer - 实施子网划分 IPv6 编址方案

在这个 Packet Tracer 练习中，您需要配置：

- 确定 IPv6 子网和编址方案
- 为路由器和 PC 配置IPv6编址
- 验证IPv6连接

## 实验-在网络上配置 IPv6 地址

在本实验中，您将完成以下目标：

- 建立拓扑并配置基本路由器和交换机设置
- 手动配置 IPv6 地址
- 检验端到端的连通性

## 我在这个模块中学到了什么？

- 理论上, IPv4 最多有 43 亿个地址。
- IETF 已经创建了各种协议和工具来协助网络管理员将网络迁移到 IPv6。迁移技术可以分为三类：双堆栈、隧道和转换。
- IPv6 地址长度为 128 位, 写作十六进制值字符串。
- 书写 IPv6 地址的首选格式为 x: x: x: x: x: x: x: x, 每个“x”均包括四个十六进制值。
- IPv6 地址分为三种类型: 单播、组播和任播。
- IPv6 单播地址用于唯一标识支持 IPv6 的设备上的接口。
- IPv6 全局单播地址 (GUA) 具有全局唯一性, 可在 IPv6 互联网上路由。
- IPv6 链路本地地址(LLA)允许设备与同一链路上支持 IPv6 的其他设备通信, 并且只能在该链路(子网)上通信。
- 在接口上配置 IPv6 GUA 的命令是: **ipv6 address *ipv6 地址/前缀长度***。
- 设备通过ICMPv6消息来动态地获取GUA。IPv6 路由器每 200 秒定期将 ICMPv6 RA 消息发送到网络上所有支持 IPv6 的设备。

## 在这个模块中我学到了什么？(续)

- RA消息有三种方法:SLAAC、带有无状态DHCPv6服务器的SLAAC和有状态的DHCPv6(无SLAAC)。
- 接口 ID 可使用 EUI-64 流程或随机生成的 64 位数字创建。
- EUI流程使用客户端的 48 位以太网 MAC 地址, 并在该 MAC 地址的中间插入另外 16 位来创建 64 位接口 ID。
- 根据操作系统, 设备可以使用随机生成的接口 ID。
- 所有 IPv6 设备都必须有 IPv6 LLA。LLA 可以手动配置或动态创建。
- 当为接口分配GUA时, 思科路由器会自动创建 IPv6 LLA。
- IPv6有两种类型的组播地址:知名组播地址和请求节点组播地址。
- 两个常见的IPv6 分配的组播组是:ff02:1全节点组播组和 ff02::2 全路由器组播组。
- 请求节点组播地址类似于全节点组播地址。请求节点组播地址的优势在于它被映射到特殊的以太网组播地址。
- IPv6 的设计考虑到了子网划分。IPv6 GUA中的一个单独的子网ID字段用于创建子网。

