

IPv6 简介

主要内容

- IPv6特点
- IPv6地址空间
- IPv6数据包格式
- IPv6的邻居发现协议

IPv6 特点

- **比 IPv4 效率高**
 - 基于 IPv4 协议 20 年的经验
- **不只为网络上的计算机设计**
 - 蜂窝设备、无线设备、电话、个人数字助理、电视、广播设备等
- **简化基于 IP 网络的实施、运营和管理**

特点

- **128 位地址方案：足够的地址空间**
 - 巨大的地址空间为数十亿新设备，如 PDA、蜂窝设备、802.11 系统提供了全球唯一地址标识
- **多等级层次地址有助于路由的聚合，提高了路由的效率和可扩展性**
- **使具有严格路由聚合的多点接入成为可能**
- **自动配置允许 IPv6 网络中的节点不用手动配置**
- **重新编址机制使得 IPv6 提供商之间的转换对最终用户是透明的**

特点

- **ARP 广播被本地链路的多播代替**
- **IPv6 的包头比 IPv4 的包头更有效率**
- **新的扩展头替代了 IPv4 包头的选项字段，提供了更多的灵活性**
- **流标志字段可以提供流量区分**
- **更有效地处理移动性和安全机制**
- **设计了许多过渡机制，使 IPv4 可以平稳地向 IPv6 网络过渡**



IPv6 的地址空间

- **RFC2373 定义**
- **128 位的地址长度**
- **层次化的设计**
- **地址表示法**
- **地址分类**

IPv6 的地址表示法

- **冒号分十六进制格式**
- **压缩表示**
- **内嵌 IPv4 地址的 IPv6 地址**

冒号分十六进制格式

- 最长的表示： 32 个十六进制字符
- 分为 8 组， 每组 16 位， 每组写成 4 个十六进制数， 每组之间用冒号分隔

- 二进制 IPv6 地址

```
001000011101101000000000110100110000000000000000010111100111011 00  
00001010101010000000001111111111111110001010001001110001011010
```

- 16 位为一组转换成十六进制， 以冒号分隔

```
21DA:00D3:0000:2F3B:02AA:00FF:FE28:9C5A
```

压缩表示

- 每个十六进制组中的前导 0 可以省略，全为 0 的组至少保留一个 0

FE80:0000:0000:0000:02AA:00FF:FE9A:4CA2

表示成

FE80:0:0:0:2AA:FF:FE9A:4CA2

将

0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000

表示成

0:0:0:0:0:0:0:0

压缩表示

- 将冒号十六进制格式中相邻的连续零位进行压缩，用双冒号“::”表示
- 每个地址中只能出现一个双冒号“::”
- 例如：

FE80:0:0:0:2AA:FF:FE9A:4CA2

表示成

FE80::2AA:FF:FE9A:4CA2

将

0:0:0:0:0:0:0:0

表示成

::

内嵌 IPv4 地址的 IPv6 地址

- **IPv4 兼容的 IPv6 地址**
 - 高 96 位为 0，后跟 32 位的 IPv4 地址
 - `::206.123.31.2` 或 `0:0:0:0:0:0:206.123.31.2`
- **映射 IPv4 的 IPv6 地址**
 - 高 80 位为 0，接 16 位 1，然后 32 位 IPv4 地址
 - `::FFFF:206.123.31.2` 或 `0:0:0:0:0:FFFF:206.123.31.2`

URL 的 IPv6 表示

- : 定义为指定可选的端口号
 - `www.example.net:8080/index.html`
 - `http://www.example.com:8383/abc.html`
- IPv6 地址用方括号括上
 - `[3ff3:b80:c19:1::50]:8080/index.html`

子网掩码表示

- 不能用点十进制表示法
 - 255.255.255.0
- CIDR 表示法
 - 2001:410:0:1:0:0:0:45FF/128
 - 2001:410:0:1::/64
 - 2001:410:0::/48



IPv6 的地址类型

- **单播 (unicast) 地址**
 - 与单个接口相关联，发给单播地址的包传送到由该地址标识的单接口上
- **选播 (anycast)**
 - 标识一组接口（通常属于不同的节点），发送给选播地址的包传送到该地址标识的一组接口中根据路由算法度量距离为最近的一个接口
- **多播 (multicast)**
 - 标识多个接口，发给组播地址的包传送到该地址标识的所有接口上，不再定义广播地址，功能由多播地址替代



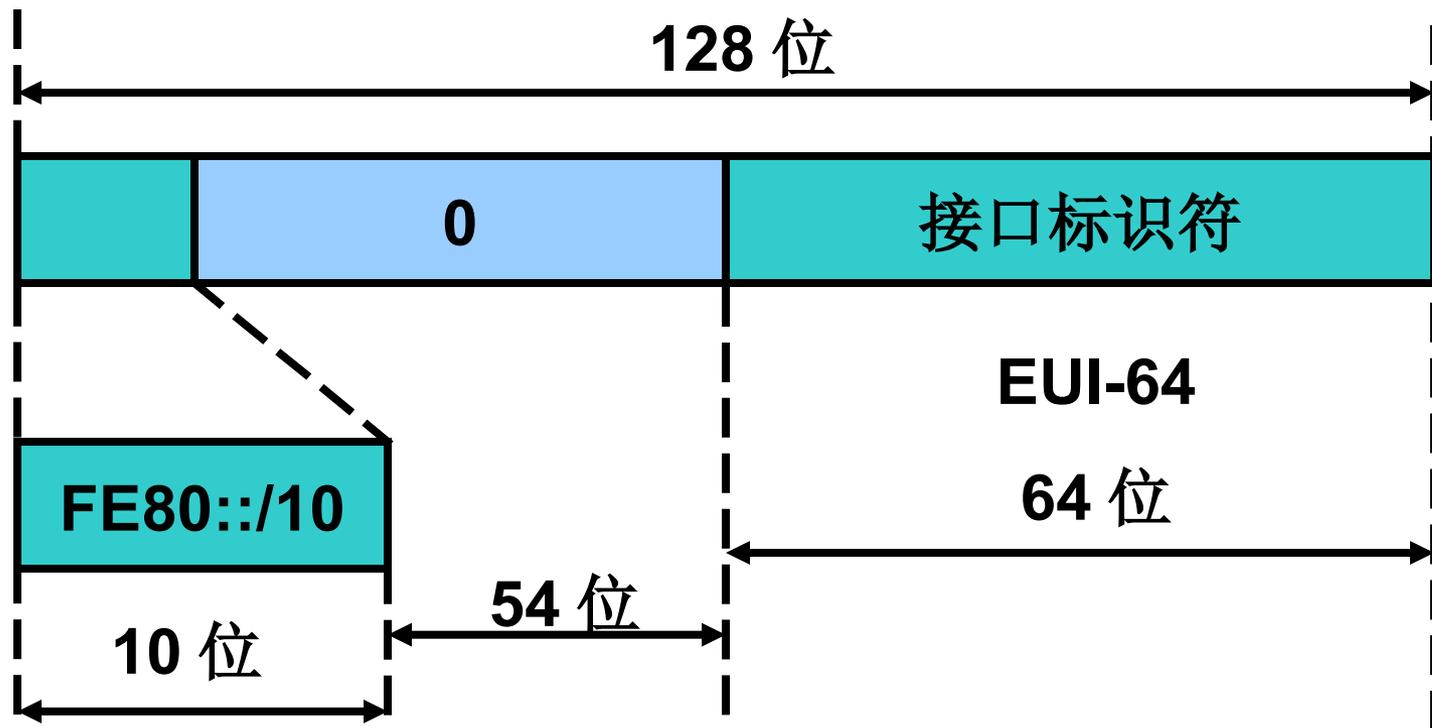
单播地址分类

- 本地链路地址
- 本地站点地址
- 可聚合全球地址
- 回环地址
- 未指定地址
- 与 IPv4 兼容地址

本地链路地址

- 只在连接到同一本地链路的节点之间使用
 - 邻居发现
- 永远也不会被 IPv6 路由器转发
- 启动 IPv6 协议栈时，每个接口自动配置一个本地链路地址

本地链路地址



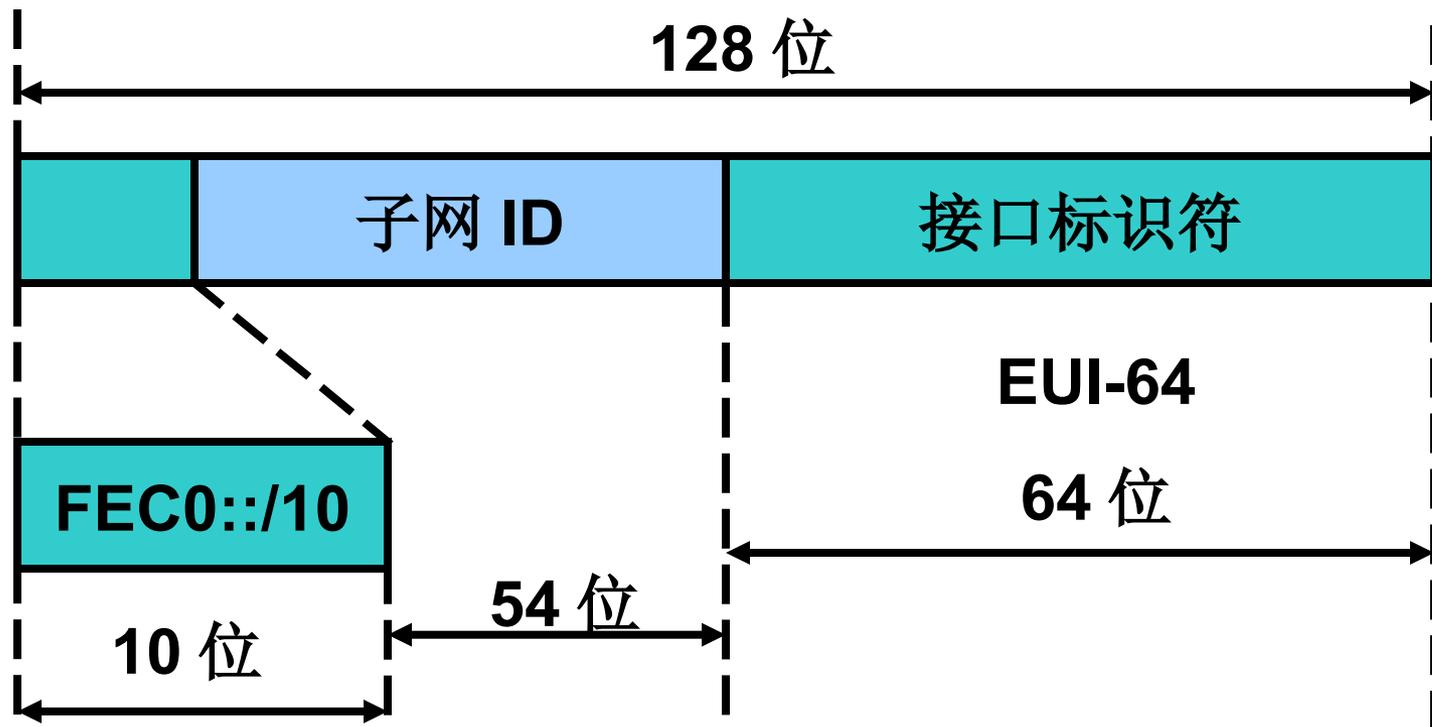
本地站点地址

- 相当于 IPv4 私有地址空间
 - 10.0.0.0/8 、 172.16.0.0/12 和 192.168.0.0/16
- 有效域限于一个站点内部
- 站点本地地址不可被其他站点访问
- 含此类地址的包不会被路由器转发到站外
 - IPv6 不希望使用 NAT
- 不是自动配置的

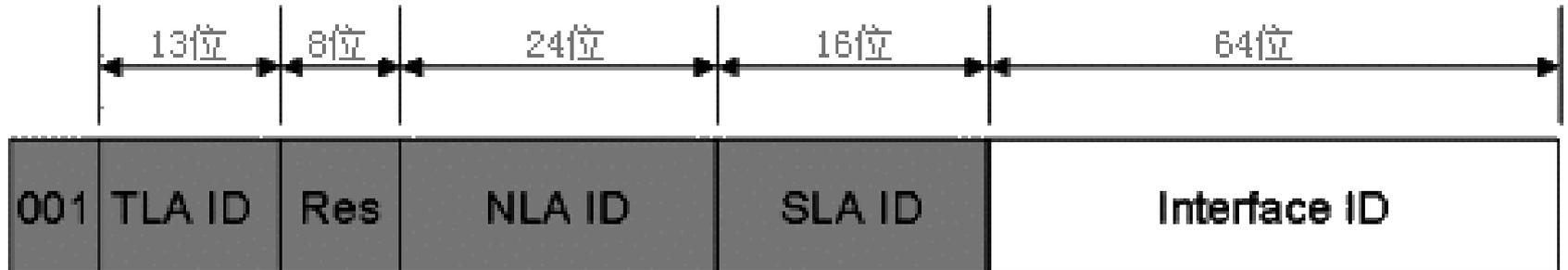
本地站点地址

- 用于永远也不会与全球 IPv6 因特网通信的设备
 - 打印机
 - 内部网服务器
 - 网络交换机、网桥、网关、无线接入点等
 - 用于管理目的仅内部可达的任何服务器和路由器

本地站点地址



可聚合全球地址



- 相当于 IPv4 公共地址
- 可在全球范围内进行路由转发的地址
- 001 格式前缀，用于区别其它地址类型
- TLA （ Top Level Aggregator ， 顶级聚合体）
- NLA （ Next Level Aggregator ， 下级聚合体）
- SLA （ Site Level Aggregator ， 站点级聚合体）

可聚合全球地址

- **TLA**
 - 与长途服务供应商和电话公司相互连接的公共骨干网络接入点，其 ID 的分配由国际 Internet 注册机构 IANA 严格管理
- **NLA**
 - 通常是大型 ISP，它从 TLA 处申请获得地址，并为 SLA 分配地址
- **SLA**
 - 也可称为订户（subscriber），可以是一个机构或一个小型 ISP，负责为属于它的订户分配地址

兼容地址

- **IPv4 兼容地址**
 - 用于具有 IPv4 和 IPv6 两种协议的节点使用 IPv6 进行通信
 - 表示为 $0:0:0:0:0:0:w.x.y.z$ 或 $::w.x.y.z$
- **IPv4 映射地址**
 - 用来表示仅支持 IPv4 地址的节点
 - 表示为 $0:0:0:0:0:FFFF:w.x.y.z$ 或 $::FFFF:w.x.y.z$

回环地址和未指定地址

- **回环地址**
 - 节点自己使用
 - `::1`
- **未指定地址**
 - `::0`
 - 用在不需要 / 没有地址的数据包的地址字段

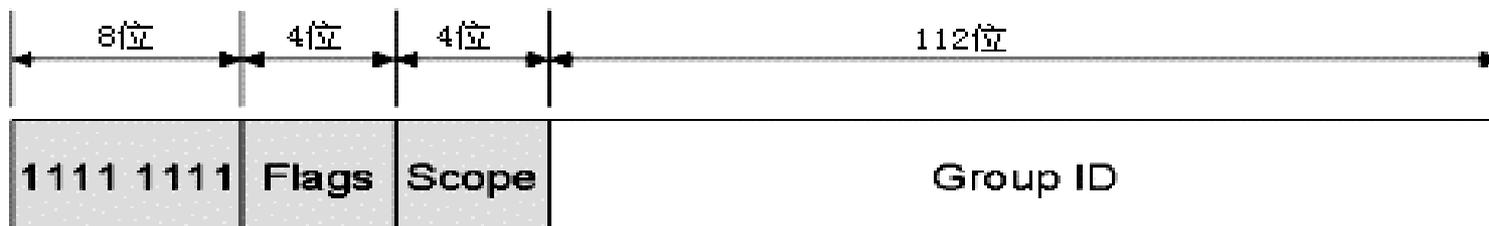


选播地址

- 从单播地址空间中分割，同单播地址没有分别
 - 可聚合全球地址
 - 本地站点地址
 - 本地链路地址
- 预定义的选择播地址
 - 子网 - 路由器选播地址：子网前缀后补 0 直到 128 位



多播地址



- **Flags**

- 000T：高三位 0。T=0 表示一个被 IANA 永久分配的多点传送地址；T=1 表示一个临时的多点传送地址

- **4 位 Scope 是一个多点传送范围域**

- 用来限制多点传送的范围

- **特定地址**

- **被请求节点地址**

特定多播地址

- **FF01::1** 节点本地范围内所有节点地址
- **FF01::2** 节点本地范围内所有路由器地址
- **FF02::1** 链路本地范围内所有节点地址
- **FF02::2** 链路本地范围内所有路由器地址
- **FF05::2** 站点本地范围内所有路由器地址
- **FF0E:0:0:0:0:0:0:111** internet 中所有 NTP 服务器

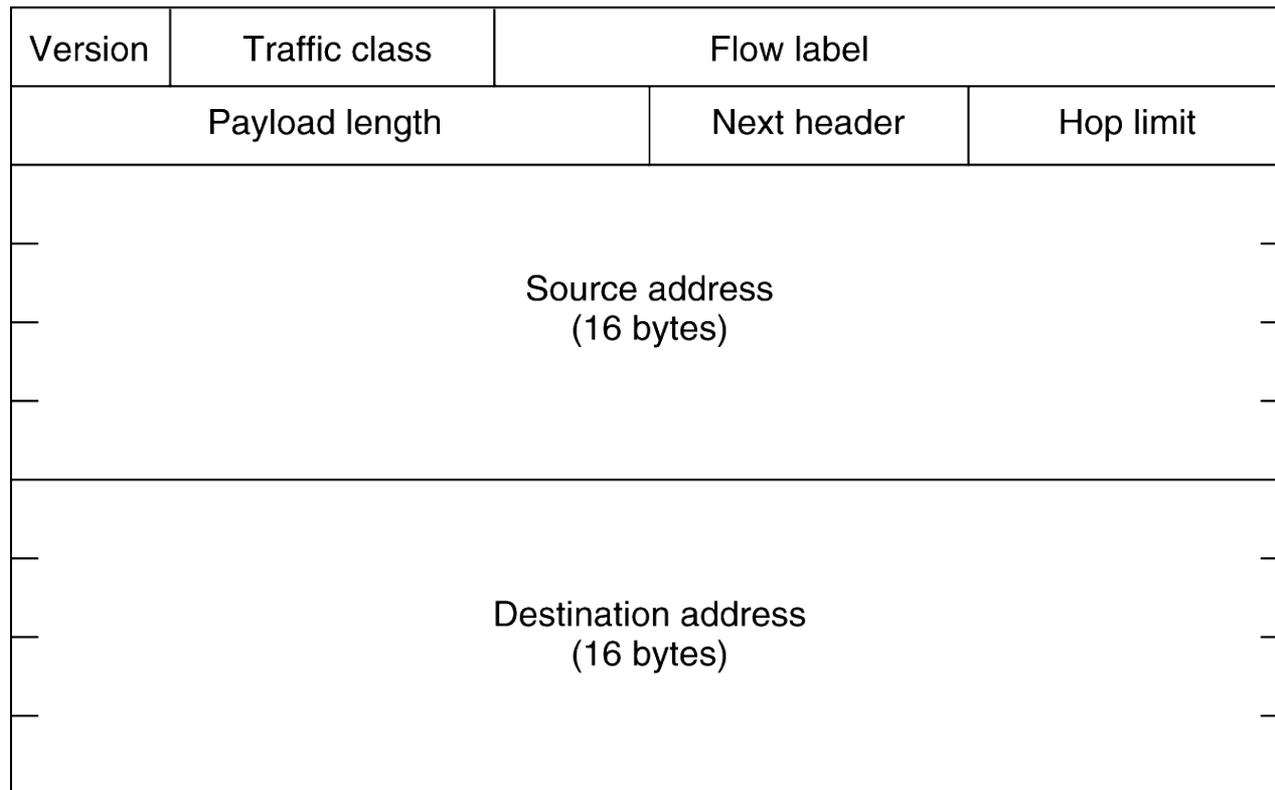
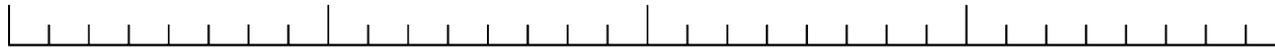
被请求节点地址

- **Solicited-Node Address**
- **FF02::1:FF00:0000/104 后附接口的单播或选播地址的后 24 位**
- **自动启用**
- **在本链路范围内**
- **作用**
 - 用来获得邻居节点和路由器的链路层地址
 - 检测重复地址

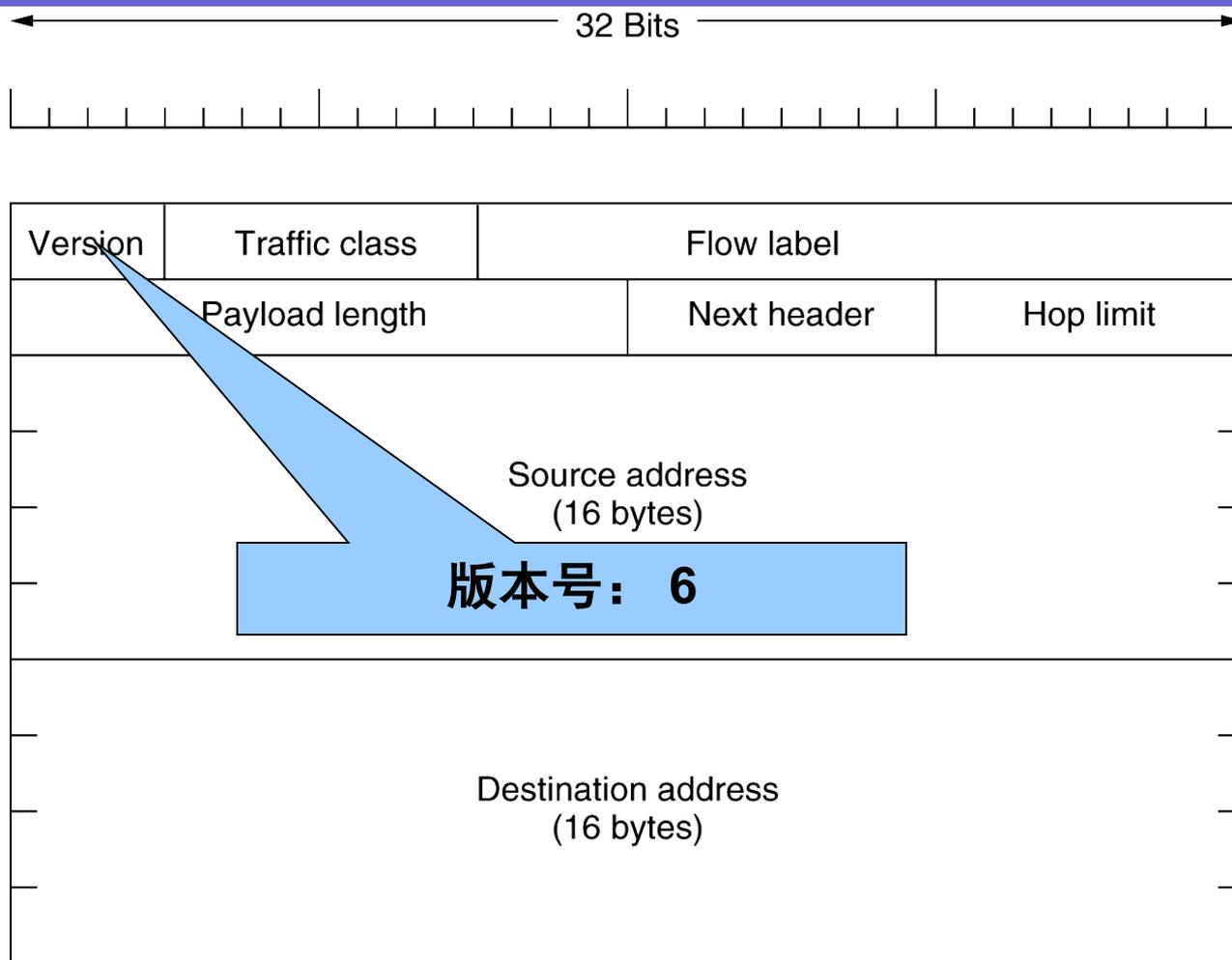


IPv6 分组头

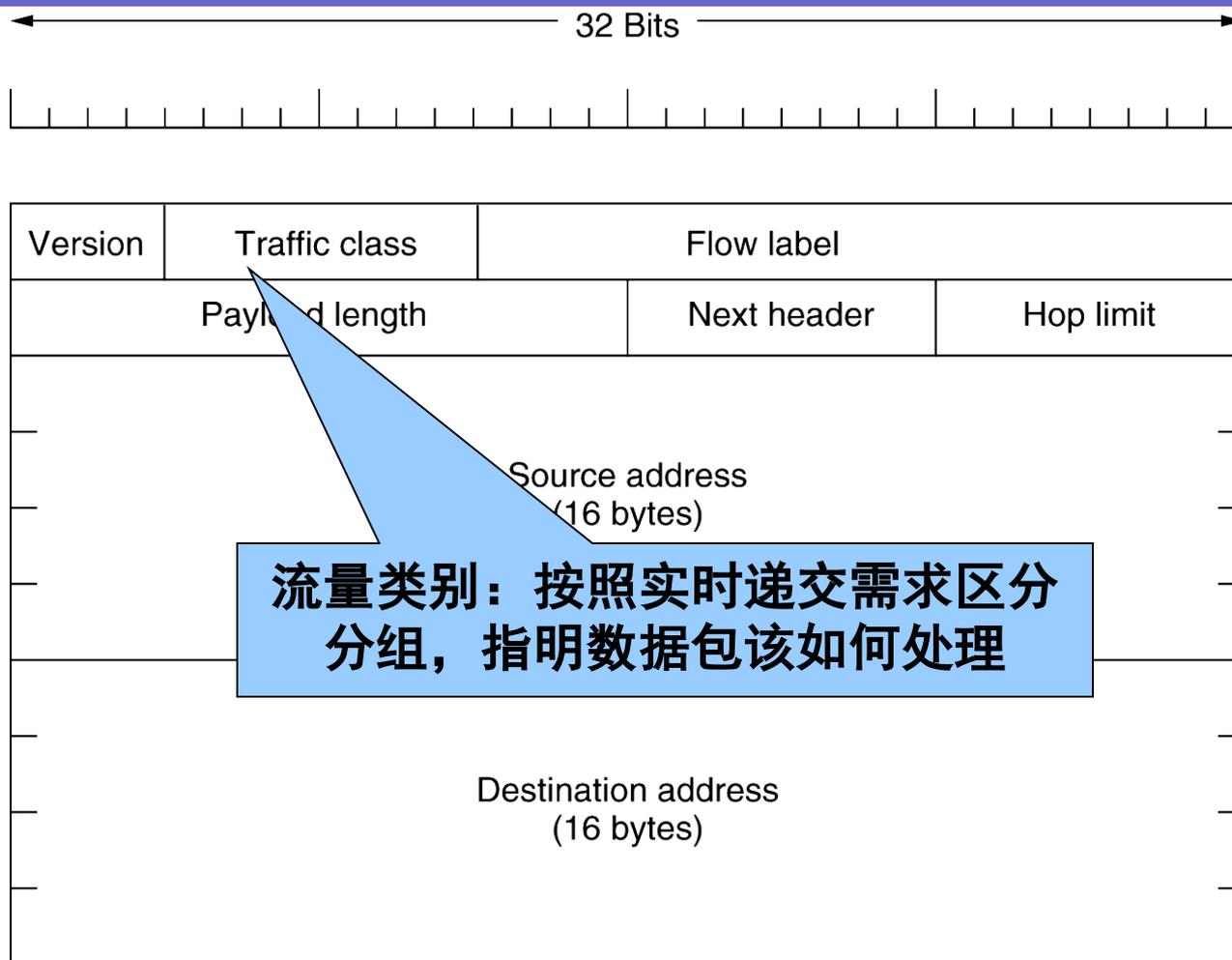
← 32 Bits →



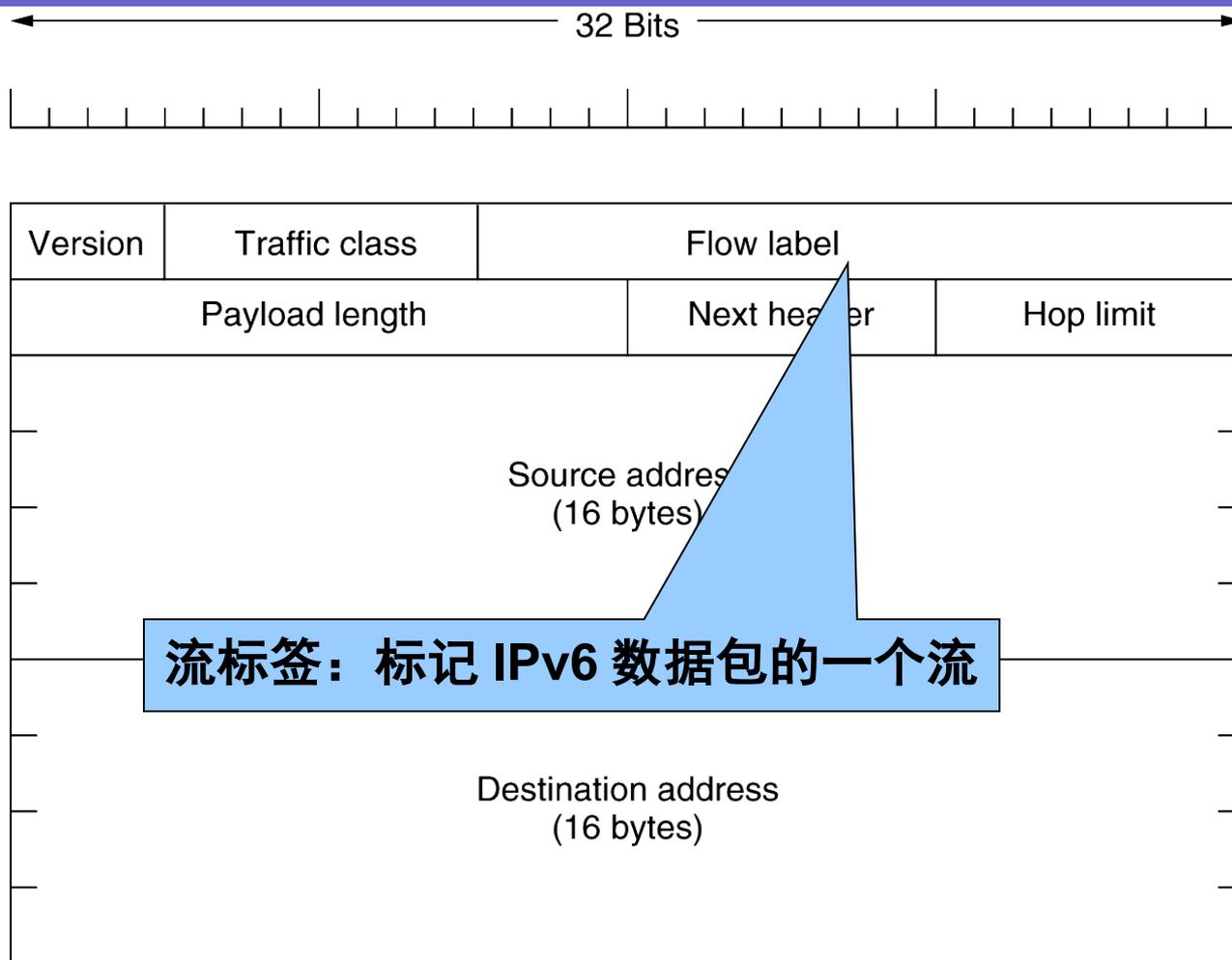
IPv6 分组头



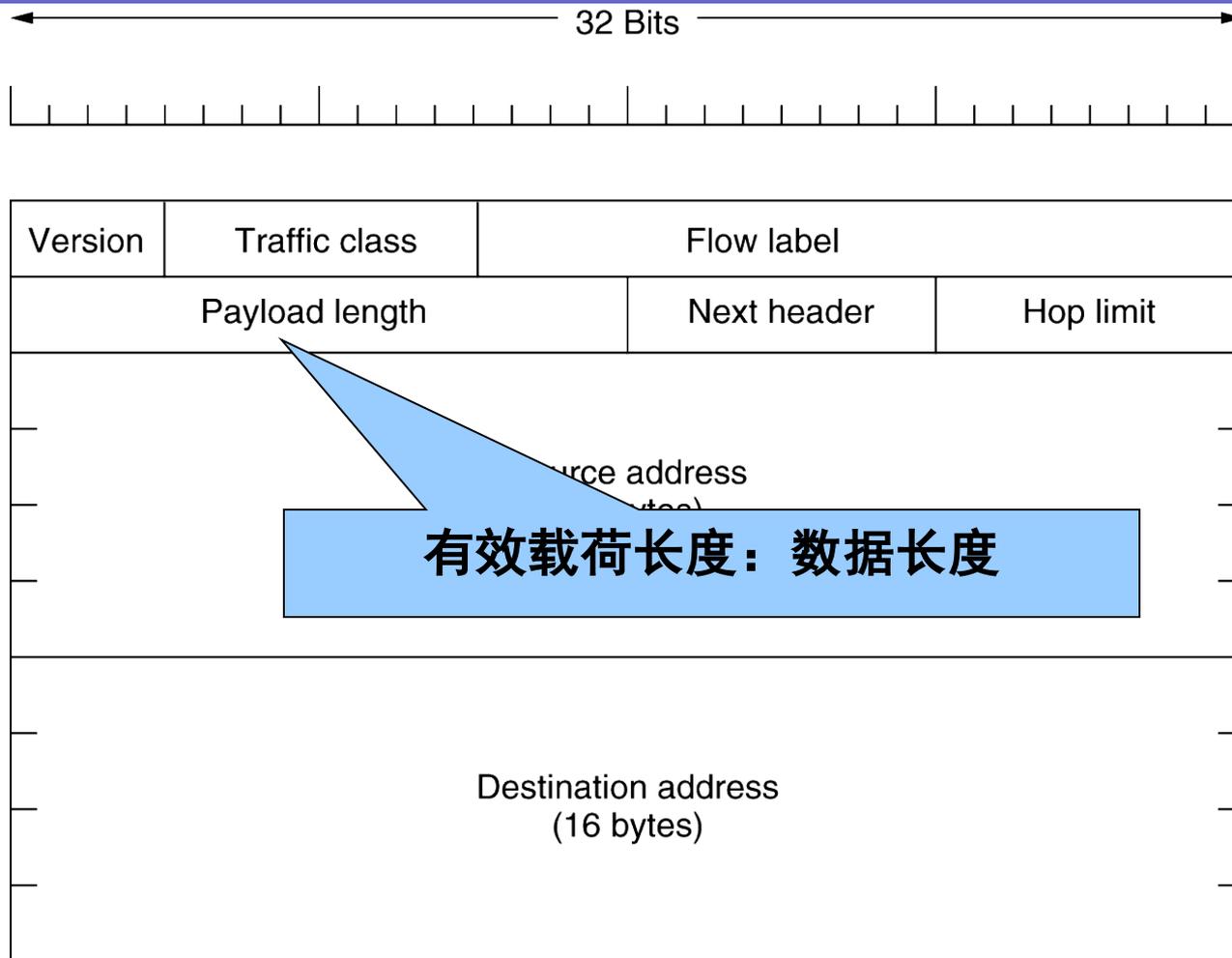
IPv6 分组头



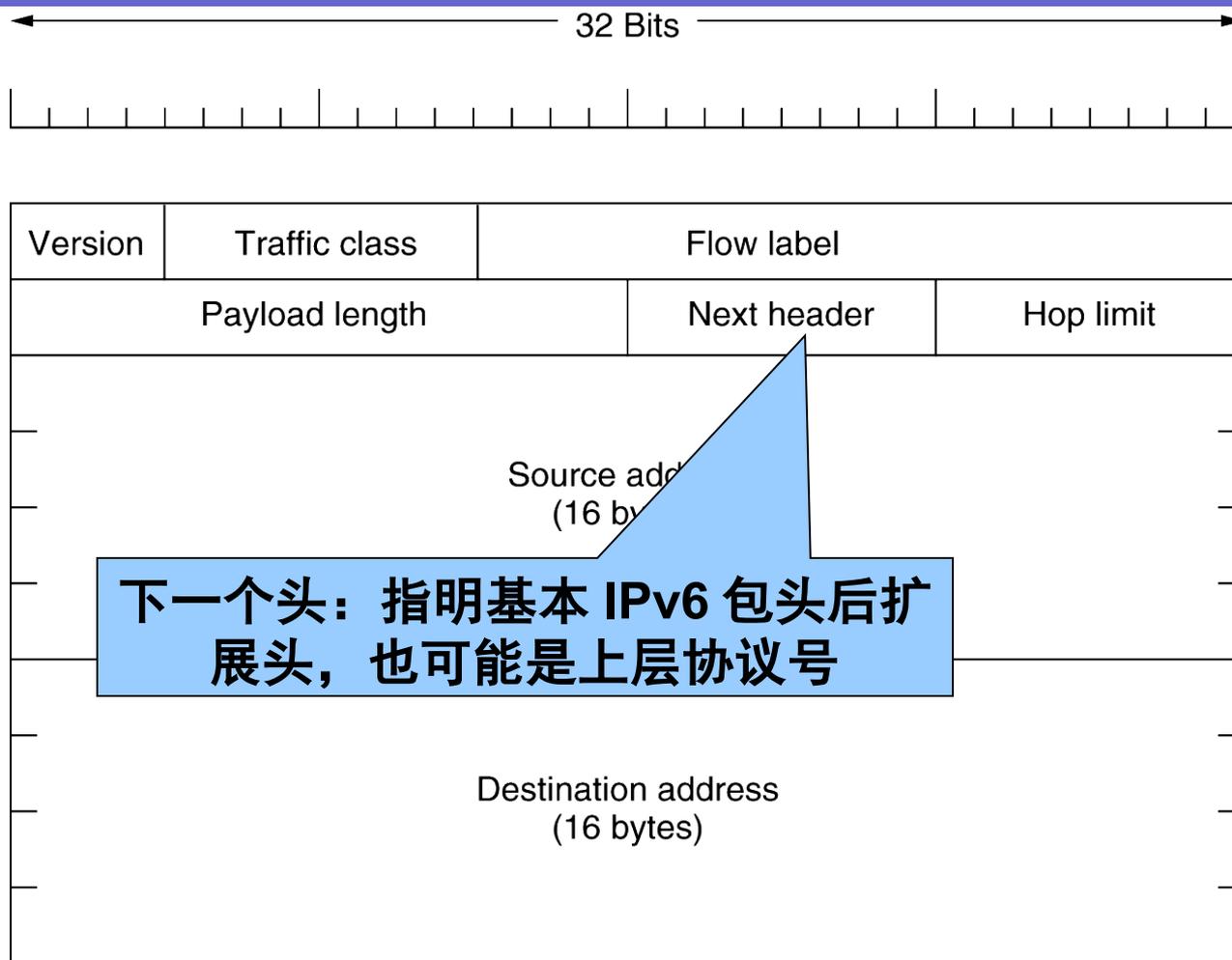
IPv6 分组头



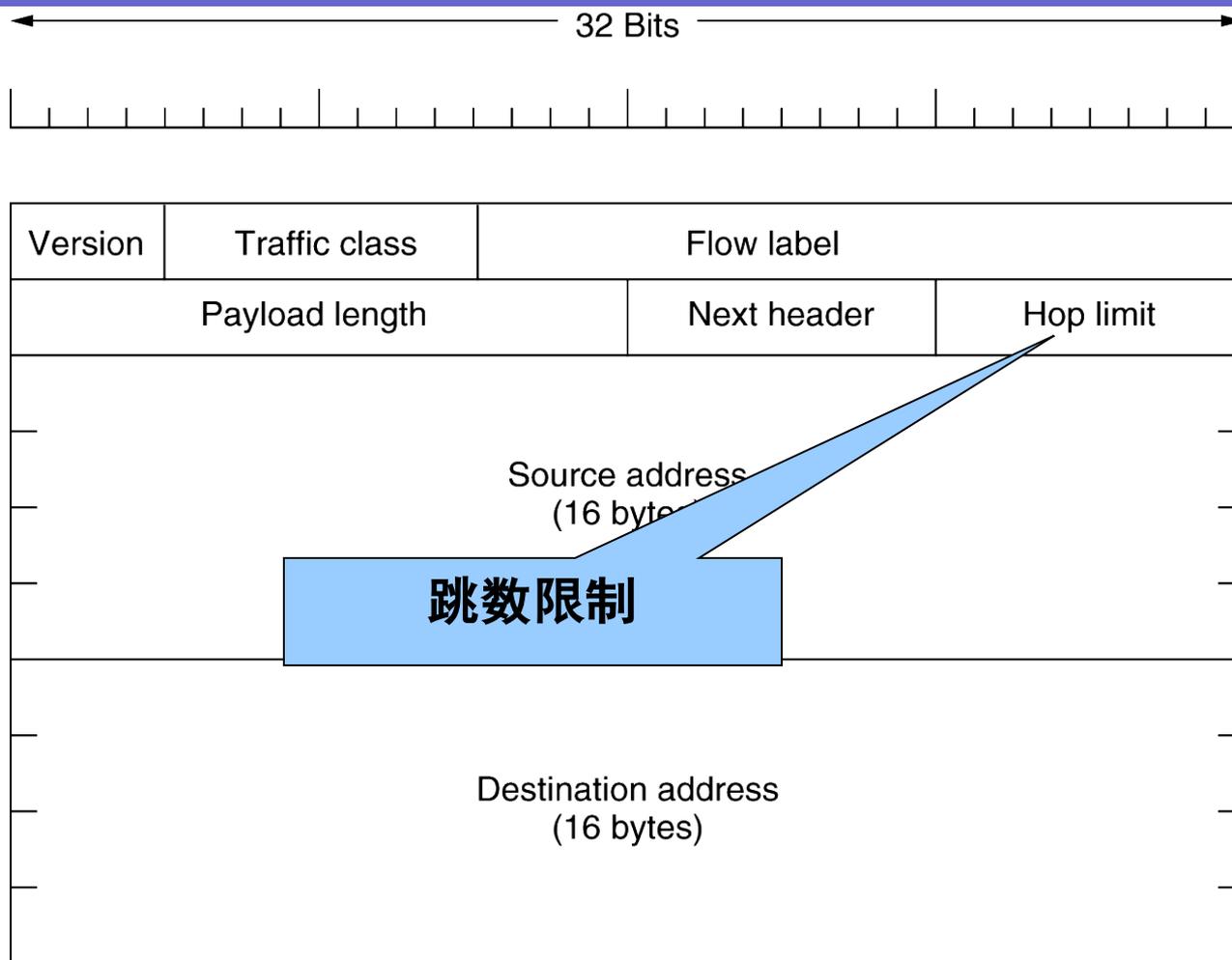
IPv6 分组头



IPv6 分组头



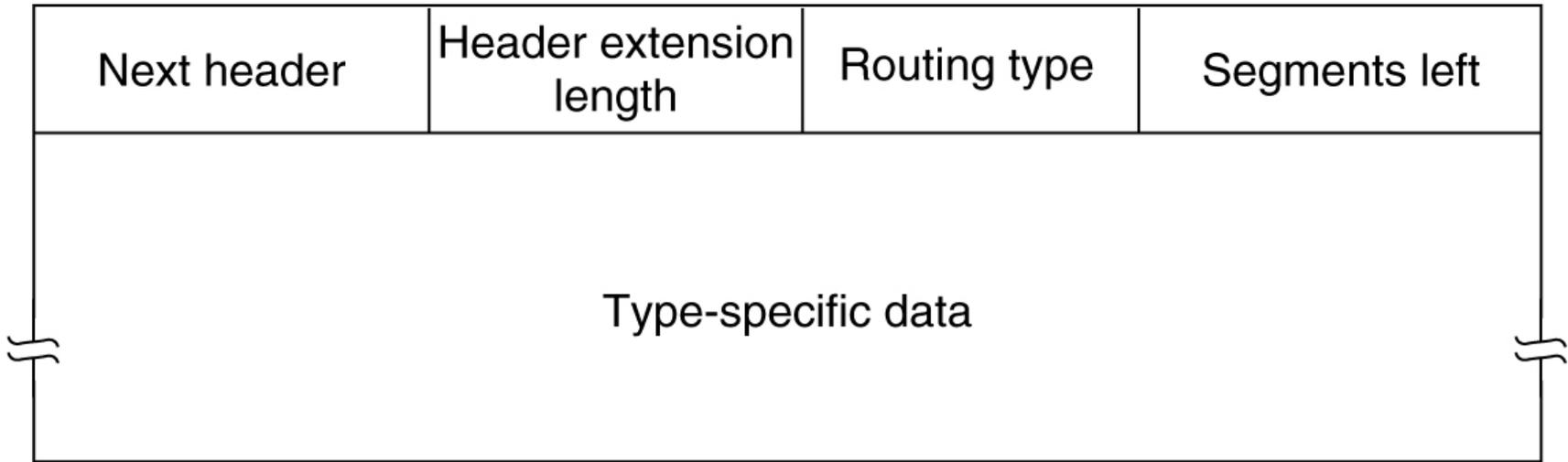
IPv6 分组头



扩展包头类型

Extension header	Description
Hop-by-hop options	Miscellaneous information for routers
Destination options	Additional information for the destination
Routing	Loose list of routers to visit
Fragmentation	Management of datagram fragments
Authentication	Verification of the sender's identity
Encrypted security payload	Information about the encrypted contents

扩展包头——路由包头



扩展包头——路由包头

- 号： 43
- 强制数据包经过特定的路由器
- 只有列表中的路由器才处理路由包头
- 最多可以指定 256 个路由器
- 类型字段 0
 - 包头中是指定的中间路由器列表

扩展包头——路由包头处理过程

- 由源节点构造数据包必须经过的路由器的列表，并构造类型 0 的路由包头
- 将目的地址换成列表中第一个路由器的地址
- 将原始的 IPv6 目的地址作为列表的最后一项
- 中间路由器将数据包目的地址更改为列表中的下一个路由器，将路由选择包头的剩余段字段减 1
- 若路由器是列表的最后一项，包头目的地址更改为最后的节点



邻居发现协议 NDP

- 替代 ARP
- 无状态自动配置
- 路由器重定向

邻居发现协议 NDP——替代 AR

P

- **ICMPv6 的消息**
 - 邻居请求消息
 - 邻居公告消息
- **被请求点多播地址**
 - FF02::1:FFxx:xxxx
- **节点 A**
 - IP 地址: FEC0::1:0:0:1:A
 - 链路地址: 00:50:3e:e4:4a:00
- **节点 B**
 - IP 地址: FEC0::1:0:0:1:B
 - 链路地址: 00:50:3e:e4:4b:01

链路地址查找过程

- **节点 A 发送类型 35（邻居请求）的 ICMPv6 消息到本地链路**
 - **源地址：A 的本地站点地址 FEC0::1:0:0:1:A**
 - **目的地址：B 本地站点地址 FEC0::1:0:0:1:B 对应的被请求节点地址 FF02::1:FF01:B**
 - **源链路层地址：00:50:3e:e4:4a:00**
 - **目的链路层地址：多播地址 FF02::1:FF01:B 的多播映射 33:33:FF:01:00:0B**
 - **数据：A 的源链路层地址 00:50:3e:e4:4a:00**

链路地址查找过程

- 侦听被请求节点地址的节点 B 收到邻居请求消息
- 节点 B 发送邻居公告消息应答
 - 源地址： B 本地站点地址 FEC0::1:0:0:1:B
 - 目的地址： A 本地站点地址 FEC0::1:0:0:1:A
 - 源链路层地址： B 的 00:50:3e:e4:4b:01
 - 目的链路层地址： A 的 00:50:3e:e4:4a:00
 - 数据： B 的链路地址 00:50:3e:e4:4b:01