



# 计算机网络基础

深信服科技研发专业能力系列课程

# 讲师介绍



**姓名：李德方**

**部门：创新研究院**

**联系电话：15556457969**

**电子邮箱：ldf911@mail.ustc.edu.cn**

**职位职称：  
T5技术专家**

# 目录

- 1 IPv4地址
- 2 路由
- 3 IPv6

# IPv4

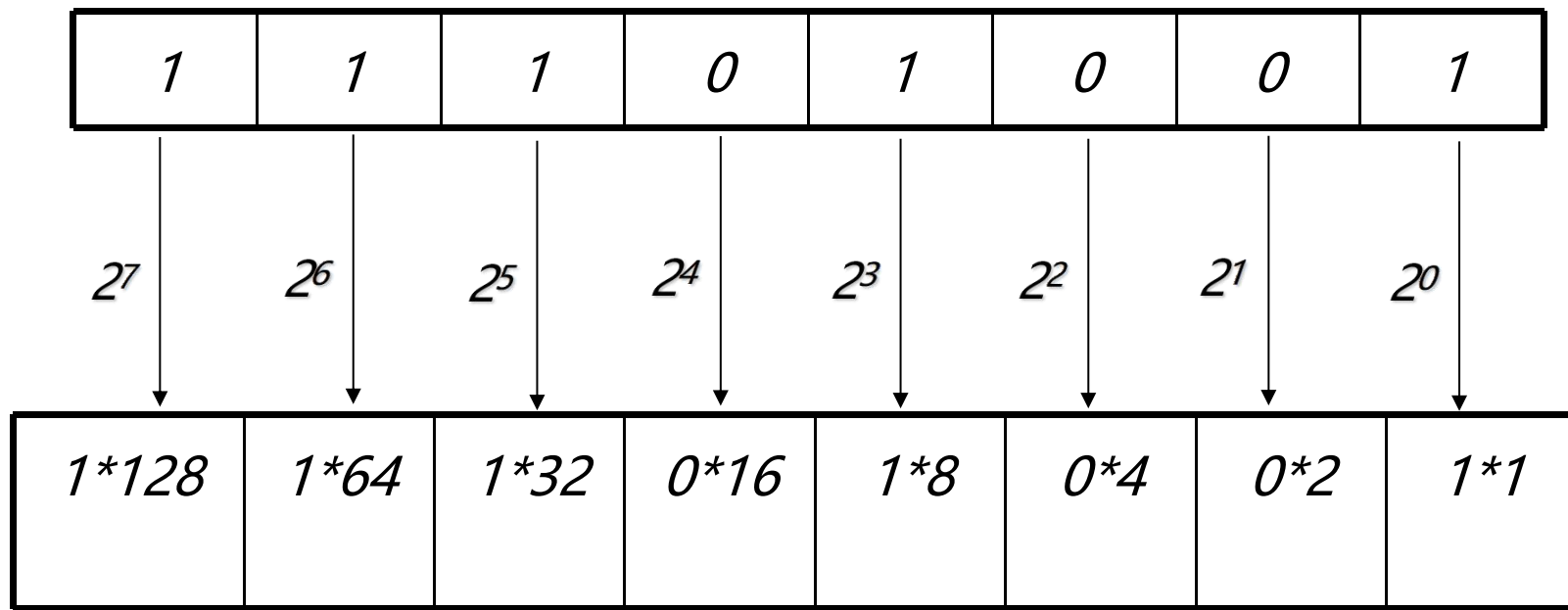
---



- IP地址唯一标示一台网络设备，由32个二进制位组成
- IP地址分为两部分：网络部分和主机部分
  - 电话号码：010-82882484
- IP地址通常采用点分十进制的格式标识
  - 如： 10.1.1.1, 192.168.1.1, etc



# 二进制与十进制转换



$$128 + 64 + 32 + 0 + 8 + 0 + 0 + 1 = 233$$

- 私有IP地址
  - 10.0.0.0~10.255.255.255
  - 172.16.0.0~172.31.255.255
  - 192.168.0.0~192.168.255.255
- 保留IP地址
  - 169.254.0.0~169.254.255.255
  - 作用：在Windows环境下，计算机无法通过DHCP自动获取地址时用于临时通信

# 私有IP地址

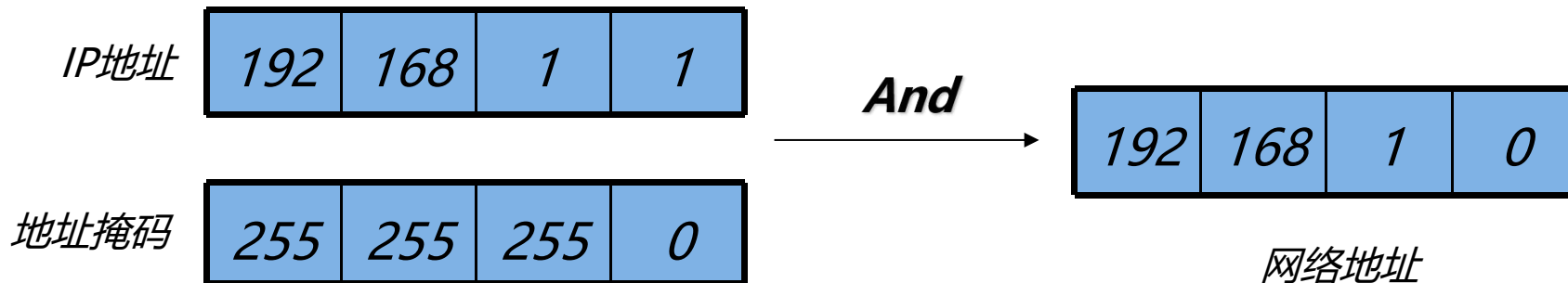


网络部分	主机部分	地址类型	用 途
Any	全 “0”	网络地址	代表一个网段地址
Any	全 “1”	广播地址	特定网段的所有节点
127	any	环回地址	环回测试
全 “0”		所有网络	未指定地址
全 “1”		广播地址	本网段所有节点



# 子网掩码

- 掩码用来标识IP地址的网络部分和主机部分。
- 32 bits长，网络部分为连续1，主机部分为连续0
- 一般用点分十进制表示，例如：
  - A类地址相当于掩码：255.0.0.0
  - B类地址相当于掩码：255.255.0.0
  - C类地址相当于掩码：255.255.255.0



# 网段及地址范围计算

192 . 168 . 1 . 7

+

255 . 255 . 255 . 240

||

192 . 168 . 1 . 0

11000000 10101000 00000001 00000111

+

11111111 11111111 11111111 11110000

||

11000000 10101000 00000001 00000000

IP地址所在网段:

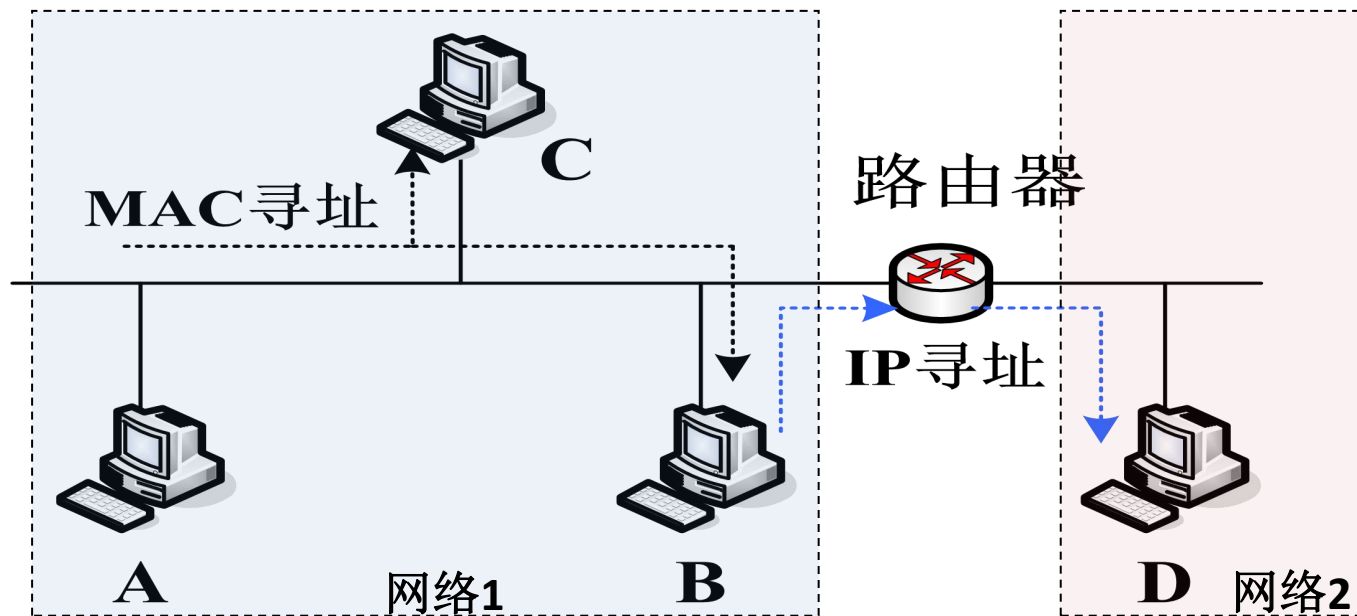
192.168.1.0/28

网段地址范围:

192.168.1.0-192.168.1.15

# IPv4地址与MAC地址的转换

- IP地址在整个网络中标识不同的节点，而MAC地址在链路或者局域网内标识不同的节点
- IP地址包含有网络号（前缀），因此节点配置的IP地址与其所在的网络相关，而MAC地址与节点位置无关，因此一般事先固化在网络设备中



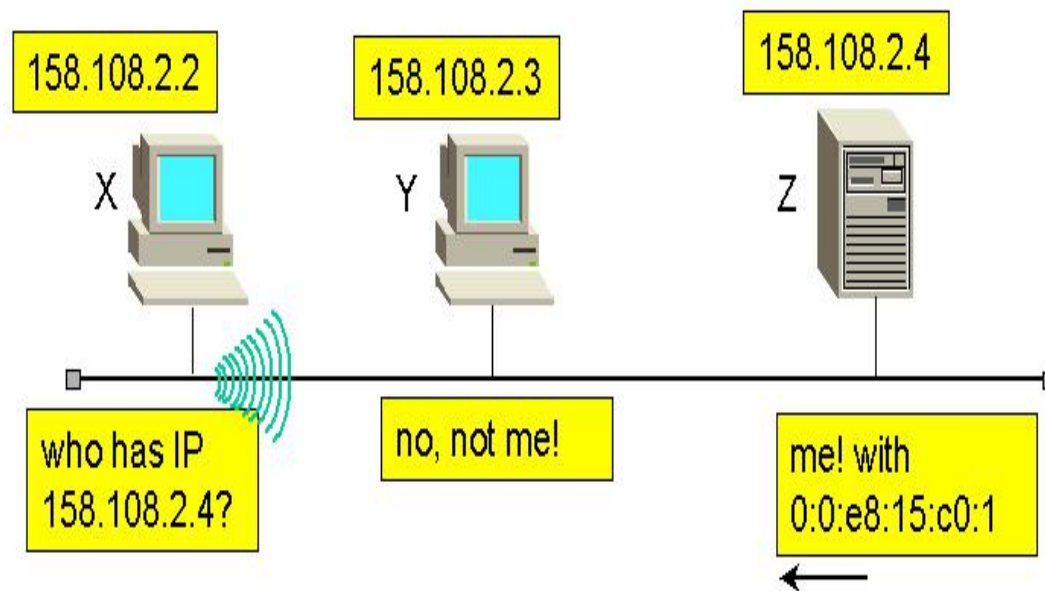
# IPv4地址与MAC地址的转换



MAC	IP
物理地址 (数据链路层地址)	逻辑地址 (网络层地址)
局部意义	全局意义
随机获得	上级分配
48位 (如08:00:39:00:2f:c3)	32位 (如202.38.75.11)

# IPv4地址与MAC地址的转换

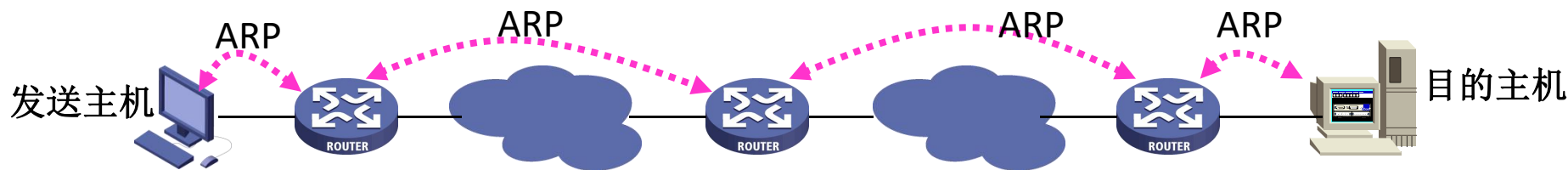
- ARP（地址解析协议）
- 给定设备的IP地址，查找该设备的MAC
- 情况1：目的IP地址所对应的主机和发送主机在同一个网络内
  - ① 首先，每个主机都有ARP缓存，用来存放一些IP地址与MAC地址的对应关系。主机根据分组头上的目的IP地址查阅自己的ARP缓存，如果没查到，就向广播地址发送ARP请求。
  - ② 被请求的IP地址所对应的主机返回一个ARP响应。
  - ③ 主机收到响应后，就可发送数据帧，并将该IP地址与MAC地址对存放在ARP缓存中。



每个节点一般都维护**ARP缓存**，通过ARP缓存可以减少频繁的ARP操作，从而减少网络开销，提高性能

# IPv4地址与MAC地址的转换

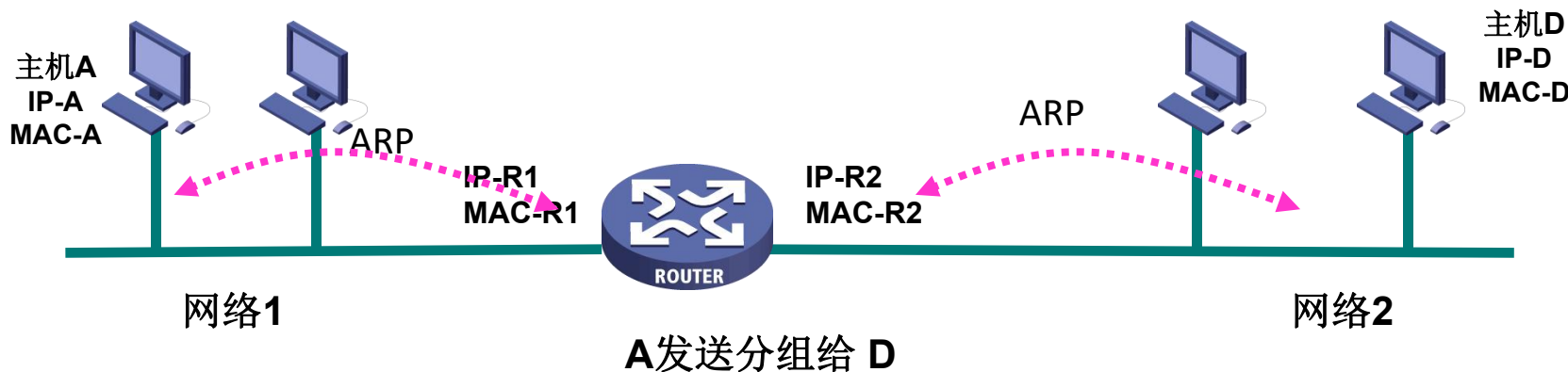
- ARP（地址解析协议）
- 情况2：目的IP地址所对应的主机和发送主机在两个不同的网络内
  - ① 发送主机通过查找转发表得到下一跳节点的IP地址（第一跳路由器），对该IP地址执行ARP过程，然后发送数据
    - 发送主机也可以直接用目的IP地址执行ARP，路由器响应该ARP请求（这种解决方案叫ARP代理）
  - ② 第一跳路由器查找转发表得到第二跳路由器的IP地址，对该IP地址执行ARP过程，然后发送数据；.....；目的网络的路由器查找转发表知道目的节点和自己在同一个网络中，对目的IP地址执行ARP过程，然后将数据发送到目的节点



**ARP**过程被限制在链路范围(同一个网络)内，始终是查找转发表得到转发的下一跳节点的**IP**地址，然后对该**IP**地址做**ARP**。在数据传输频繁时，**ARP**缓存表中一般有对应的表项，节点间不需要交互**ARP**过程

# IPv4地址与MAC地址的转换

- ARP (地址解析协议)
- 网络1: A根据D的IP地址的网络号知道它不属于网络1, 直接将分组发送到缺省路由器R1(如果在ARP Cache中查到, 则需要通过ARP过程来获取), 在网络1上, 帧/分组中的源/目的地址为:
  - ✓ SrcMAC=MAC-A, DstMAC=MAC-R1, SrcIP=IP-A, DstIP=IP-D
- 网络2: 路由器查找自己的ARP Cache, 获得D的MAC地址, 将分组向D转发, 在网络2上的帧的
  - ✓ SrcMAC=MAC-R2, DstMAC=MAC-D, SrcIP=IP-A, DstIP=IP-D



# 路由

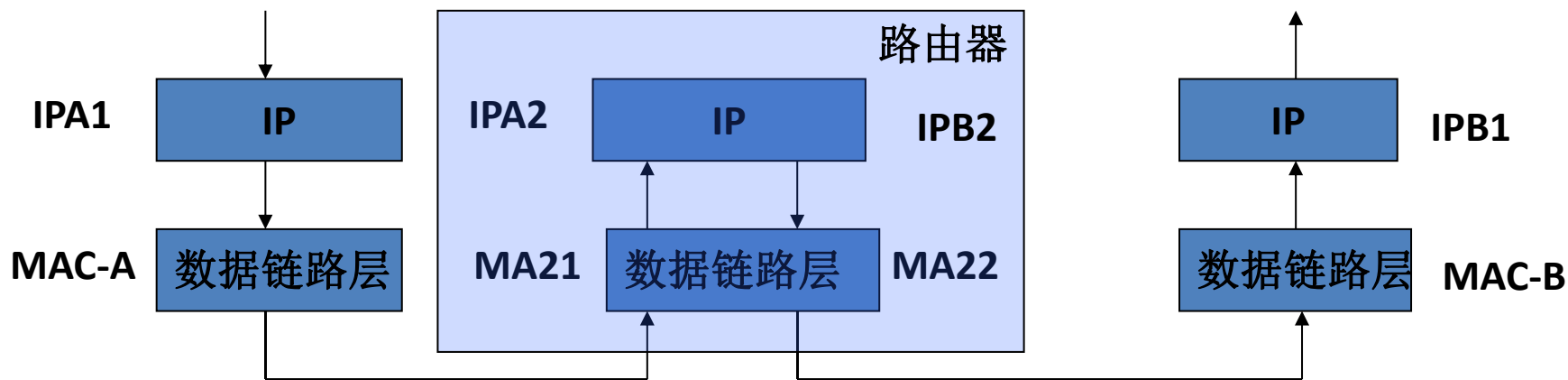
---





# 链路寻址与网络寻址

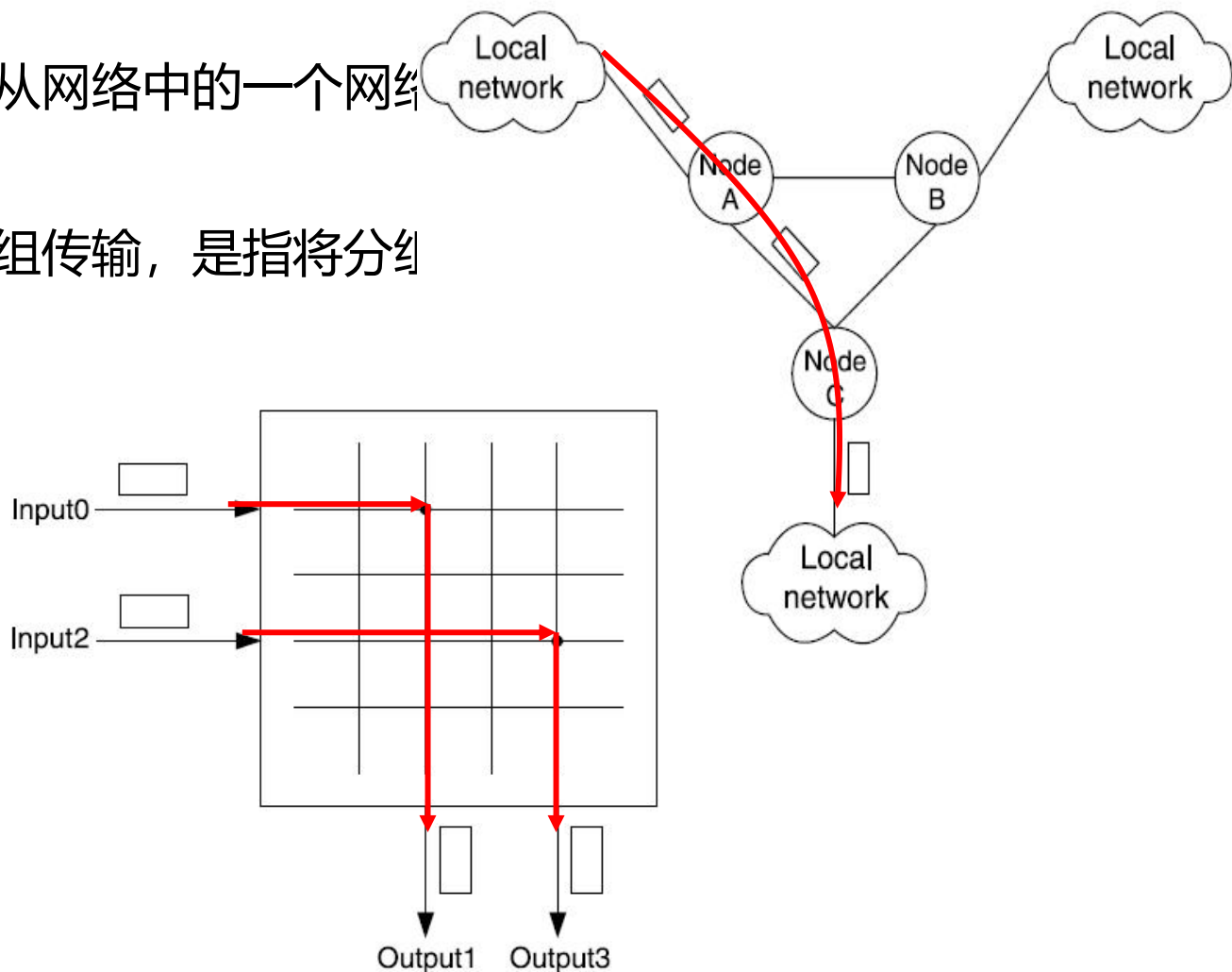
- 数据帧在链路上上传送使用MAC地址，源MAC地址为发送主机的网络接口的MAC地址，而目的MAC地址为同一链路上接收主机的网络接口的MAC地址
- IP分组在Internet中传输使用IP地址，源IP地址为发送IP分组主机的IP地址，而目的IP地址为接收IP分组主机的IP地址



数据帧在**不同链路**上传输时，源和目的**MAC地址变化**，而源和目的**IP地址不变**

# 路由表

- 路由与交换
- 路由代表更宏观的概念，是将分组从网络中的一个网络
  - ✓ 需要网络中节点协作
  - ✓ 运行路由协议
- 交换是指在一个网络节点内的分组传输，是指将分组从一个端口（输入端口）的过程
  - ✓ 属于网络设备自己的功能
  - ✓ 基于转发表，查找算法和交换结构



# 路由表

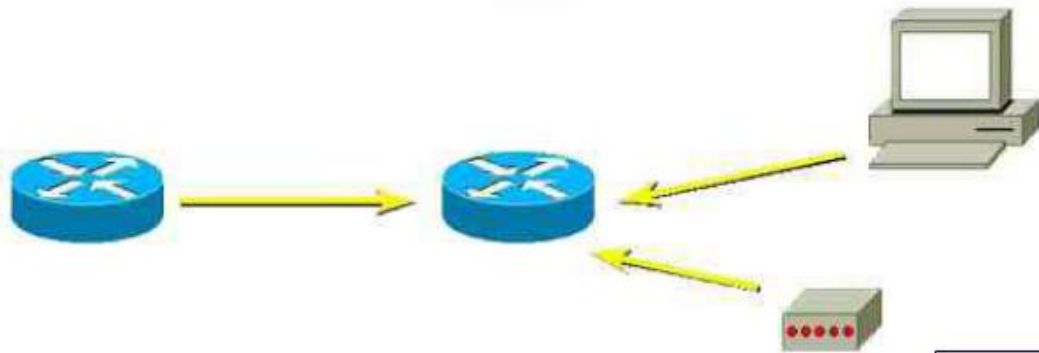
- 路由器之间通过路由协议交互信息执行路由算法生成路由表
  - <前缀/网络号, 下一跳IP地址>

```
[root@localhost root]# route -n
```

```
Kernel IP routing table
```

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.83.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
202.202.0.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
200.200.68.0	0.0.0.0	255.255.252.0	U	0	0	0	eth0
169.254.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	0	0	0	eth0
200.200.0.0	200.200.71.254	255.255.0.0	UG	0	0	0	eth0
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	0	0	0	lo
0.0.0.0	200.200.71.254	0.0.0.0	UG	1	0	0	eth0

# 路由表的建立



- **直接连接**：路由器端口连接
- **静态**：管理员人工定义
- **动态**：由路由协议建立

## ■静态路由

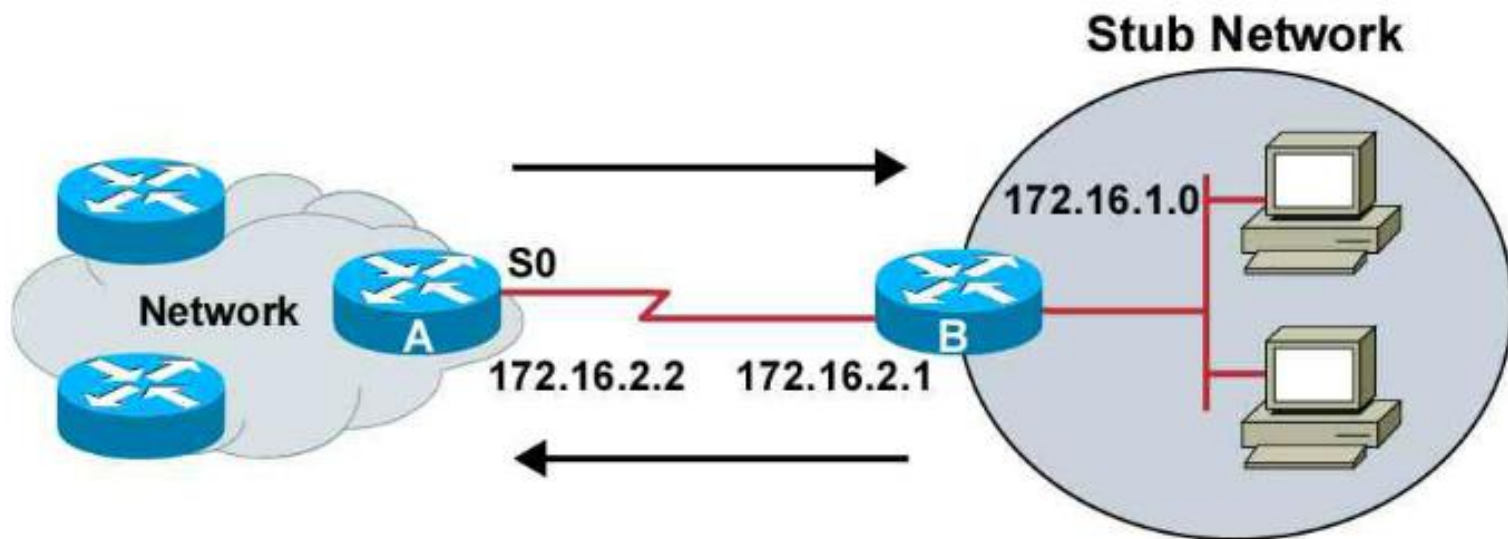
- ✓由管理员手动输入到路由表中的路由
- ✓不占用网络带宽
- ✓不会随着网络的拓扑变化而变化，缺少灵活性

## ■动态路由

- ✓由路由器通过动态学习得到的路由
- ✓占用网络带宽和资源
- ✓会随着网络的拓扑变化而变化，非常灵活

一般来说,静态路由很适合分支机构、小型企业和**SOHO**办公使用. 而动态路由很适合**ISP**、大型企业的**WAN**互连, 以及企业园区网络.

# 静态路由



静态路由是一种特殊的路由，由管理员手工配置而成。在组网结构较简单、到给定目标只有一条路径的网络中，只需配置静态路由就能使路由器正常工作。正确地设置和使用静态路由能有效地保障网络安全，并可为重要的应用保证带宽。

静态路由是单向的，因此需要在两个网络之间的边缘路由器上需要双方对指，否则就会造成流量有去无回。

## ➤ 优点

- 对路由器CPU没有管理性开销
- 在路由器间没有带宽占用
- 增加安全性

## ➤ 缺点

- 必须真正了解网络
- 对于新添网络配置繁琐
- 对于大型网络工作量巨大

# 缺省路由

- 在没有找到任何匹配的路由项的情况下，才会使用缺省路由。
- 缺省路由在路由表中，以到网络0.0.0.0（掩码0.0.0.0）的路由形式出现。
- 用于企业介入Internet时的出口配置，安全性不好。
- 可以通过动态学习或者手工指定获得。

- 传统的IPv4路由过程可以概括为: 基于目标地址驱动的过程 (理论上, TOS 字段也可以做路由条件, 但实际上很少用到), 路由的过程也就是查看IP包头部的目标地址, 根据这个目标地址来查询路由表, 从而决定该数据包发往何处。
- 策略路由的过程不仅仅取决于目标地址, 还取决于源地址, 协议, 端口, 甚至数据包的内容, 这种路由过程我们称之为策略路由。
- 使用场合: 多出口情况下、服务链
  - 校园网 (Internet、教育网)
  - 企业网 (多出口上网)

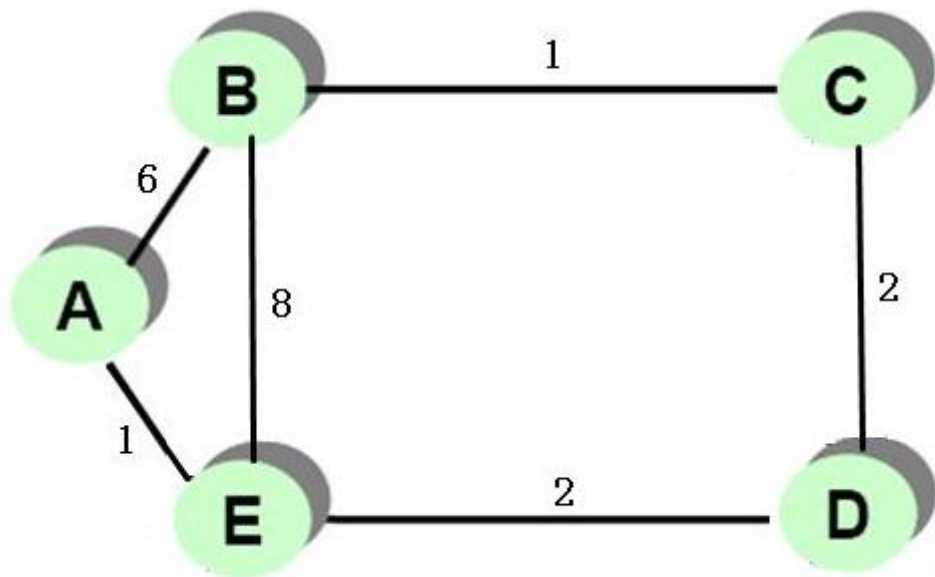


- 距离矢量协议 (Distance Vector Routing, DV)
  - ① 每个路由器维护一个距离矢量 (通常是以延时是作变量的) 表。
  - ② 相邻路由器之间的距离矢量通告进行距离矢量表的更新。
    - 每个距离矢量表项包括两部分：到达目的结点的最佳输出线路，和到达目的结点所需时间或距离，通信子网中的其它每个路由器在表中占据一个表项，并作为该表项的索引。
  - ③ 每隔一段时间，路由器会向所有邻居结点发送它到每个目的结点的距离表，同时它也接收每个邻居结点发来的距离表。
  - ④ 一段时间后便可将网络中各路由器所获得的距离矢量信息在各路由器上统一起来。
  
- Ref: <https://blog.csdn.net/u013007900/article/details/45565389>



# 动态路由协议

- 距离矢量协议



A结点初始矢量表

源 \ 目的	B	C	D	E
A	6			1

B结点初始矢量表

源 \ 目的	A	C	D	E
B	6	1		8

C结点初始矢量表

源 \ 目的	A	B	D	E
C		1	2	

D结点初始矢量表

源 \ 目的	A	B	C	E
D			2	2

E结点初始矢量表

源 \ 目的	A	B	C	D
E	1	8		

# 动态路由协议



- 距离矢量协议

目的结点	经由结点	开销
A		6
C		1
D		
E		8
E	A	7

目的结点	经由结点	矢量开销
A		6
C		1
E	A	7

目的结点	经由结点	开销
A	B	7
B		1
D		2
E	B→A	8

目的结点	经由结点	矢量开销
A		7
C		1
D		2
E	B→A	8

节点B的距离矢量表和路由表

节点C的距离矢量表和路由表

目的结点	经由结点	开销
A	C	9
B	C	3
C		2
E	C→B→A	10
E		2

目的结点	经由结点	矢量开销
A	C	9
B	C	3
C		2
E		2

目的结点	经由结点	开销
A		1
A	D→C→B	11
B		8
B	D→C	5
C	D	4
D		2

目的结点	经由结点	矢量开销
A		1
B	D→C	5
C	D	4
D		2

节点D的距离矢量表和路由表

节点E的距离矢量表和路由表

# 动态路由协议

- 距离矢量协议
- 当形成环路或者有一些路由器连接断裂时，就会产生无穷计算问题
- 为了避免无穷计算，RIP协议规定路由的最大METRIC为15跳，大于15跳表示网络不可达。这种规定限制的RIP的应用范围，它只能适用于中小网络，网络规模太大路由信息就无法到达远端的路由器了。

- 水平分割技术

- 路由器不再向邻居返回

一个从该邻居获得的最佳路径。

A	B	C	D	E	
●	●	●	●	●	
	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	Initially
	1	$\infty$	$\infty$	$\infty$	After 1 exchange
	1	2	$\infty$	$\infty$	After 2 exchanges
	1	2	3	$\infty$	After 3 exchanges
	1	2	3	4	After 4 exchanges

(a)

A	B	C	D	E	
●	●	●	●	●	
	1	2	3	4	Initially
	3	2	3	4	After 1 exchange
	3	4	3	4	After 2 exchanges
	5	4	5	4	After 3 exchanges
	5	6	5	6	After 4 exchanges
	7	6	7	6	After 5 exchanges
	7	8	7	8	After 6 exchanges
	$\vdots$				
	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	

(b)

# 动态路由协议

- 链路状态协议 (Link-State Routing, LS)
  - ① 发现邻居节点，并了解邻居网络地址
  - ② 测量到邻居节点的距离或成本度量值
  - ③ 构建一个包含自己所拥有信息的链路状态包
  - ④ 将这个包广播到网络中，并接收其它路由器的链路状态包
  - ⑤ 计算出当前节点到其它节点之间的最短路径（基于Dijkstra算法）

- DV vs LS

	距离矢量协议	链路状态协议
信息交换	邻居之间的路由表信息交换	全局的链路状态的交换
环路	容易产生环路	SPF算法，不易产生环路
收敛速度	较慢	较快
信息更新	路由条目	链路状态
更新周期	定期更新	不定期更新
适用范围	中小型网络	不限
资源消耗	低	高

- OSPF（开放最短路径优先）-->链路状态协议
  - ① 每台路由器学习激活的直接相连的网络。
  - ② 每台路由器和直接相连的路由器通信，发送Hello报文，建立邻居关系。
  - ③ 每台路由器构建包含直接相连的链路状态的LSA（Link-State Advertisement，链路状态通告）。链路状态通告(LSA)中记录了所有相关的路由器，包括邻路由器的标识、链路类型、带宽等。
  - ④ 每台路由器泛洪链路状态通告（LSA）给所有的邻路由器，并且自己也在本地储存邻路由发过来的LSA，然后再将收到的LSA泛洪给自己的所有邻居，直到在同一区域中的所有路由器收到了所有的LSA。每台路由器在本地数据库中保存所有收到的LSA副本，这个数据库被称作"链路状态数据库（LSDB，Link-State Database）"
  - ⑤ 每台路由器基于本地的"链路状态数据库(LSDB)"执行"最短路径优先（SPF）"算法，并以本路由器为根，生成一个SPF树，基于这个SPF树计算去往每个网络的最短路径，也就得到了最终的路由表。

- IS-IS（中间系统到中间系统）-->链路状态协议
- IS-IS属于内部网关协议（Interior Gateway Protocol, IGP），用于自治系统内部。IS-IS是一种链路状态协议，使用最短路径优先（Shortest Path First, SPF）算法进行路由计算。
- IS（Intermediate System）：中间系统。相当于TCP/IP中的路由器，是IS-IS协议中生成路由和传播路由信息的基本单元。
- ES（End System）：终端系统。相当于TCP/IP中的主机系统。ES不参与IS-IS路由协议的处理，ISO使用专门的ES-IS协议定义终端系统与中间系统间的通信。
- RD（Routing Domain）：路由域。在一个路由域中多个IS通过相同的路由协议来交换路由信息。
- Area：区域，路由域的细分单元，IS-IS允许将整个路由域分为多个区域。
- LSDB（Link State DataBase）：链路状态数据库。网络内所有链路的状态组成了链路状态数据库，在每一个IS中都至少有一个LSDB。IS使用SPF算法，利用LSDB来生成自己的路由。

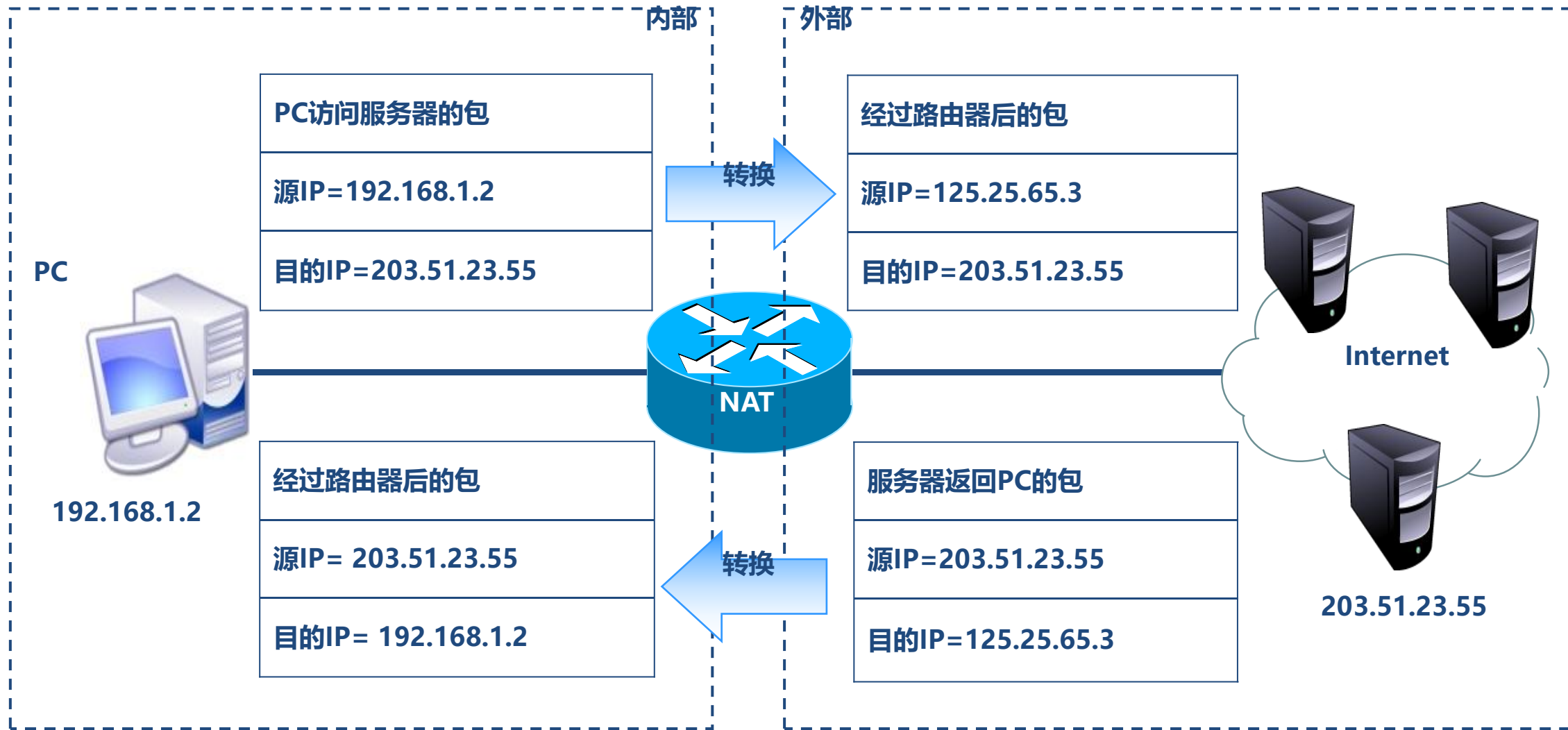
- BGP（边界网关协议）-->距离矢量协议
- BGP是一种外部网关协议（Exterior Gateway Protocol, EGP），与OSPF、RIP等内部网关协议（Interior Gateway Protocol, IGP）不同，其着眼点不在于发现和计算路由，而在于控制路由的传播和选择最佳路由。
- BGP使用TCP作为其传输层协议（端口号179），提高了协议的可靠性。
- BGP支持CIDR（Classless Inter-Domain Routing，无类别域间路由）。
- 路由更新时，BGP只发送更新的路由，大大减少了BGP传播路由所占用的带宽，适用于在Internet上传播大量的路由信息。
- BGP路由通过携带AS路径信息彻底解决路由环路问题。
- BGP提供了丰富的路由策略，能够对路由实现灵活的过滤和选择。
- BGP易于扩展，能够适应网络新的发展。



- BGP（边界网关协议）-->距离矢量协议
- 发送BGP消息的路由器称为BGP发言者（BGP Speaker），它接收或产生新的路由信息，并发布（Advertise）给其它BGP发言者。当BGP发言者收到来自其它自治系统的新路由时，如果该路由比当前已知路由更优、或者当前还没有该路由，它就把这条路由发布给自治系统内所有其它BGP发言者。相互交换消息的BGP发言者之间互称对等体（Peer），若干相关的对等体可以构成对等体组（Peer group）。
- BGP在路由器上以下列两种方式运行：
  - IBGP（Internal BGP）：当BGP运行于同一自治系统内部时，被称为IBGP；
  - EBGp（External BGP）：当BGP运行于不同自治系统之间时，称为EBGP。

- BGP（边界网关协议）-->距离矢量协议
- 发送BGP消息的路由器称为BGP发言者（BGP Speaker），它接收或产生新的路由信息，并发布（Advertise）给其它BGP发言者。当BGP发言者收到来自其它自治系统的新路由时，如果该路由比当前已知路由更优、或者当前还没有该路由，它就把这条路由发布给自治系统内所有其它BGP发言者。相互交换消息的BGP发言者之间互称对等体（Peer），若干相关的对等体可以构成对等体组（Peer group）。
- BGP在路由器上以下列两种方式运行：
  - IBGP（Internal BGP）：当BGP运行于同一自治系统内部时，被称为IBGP；
  - EBGp（External BGP）：当BGP运行于不同自治系统之间时，称为EBGP。

# NAT

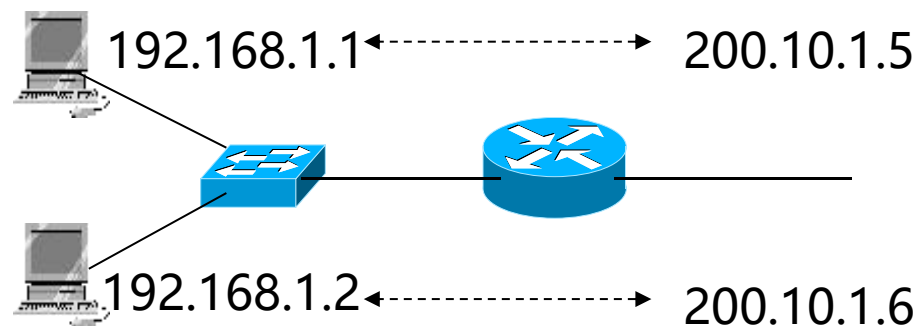


# NAT

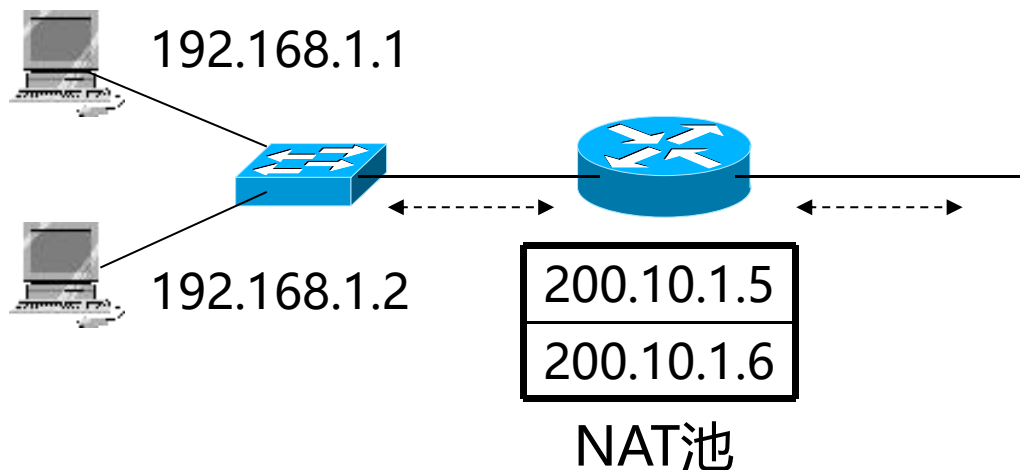
## ● NAT的3中实现方式

- 静态NAT (1对1的转换)
- 动态NAT (多对多的转换)
- 端口多路复用, PNAT (地址及端口转换)

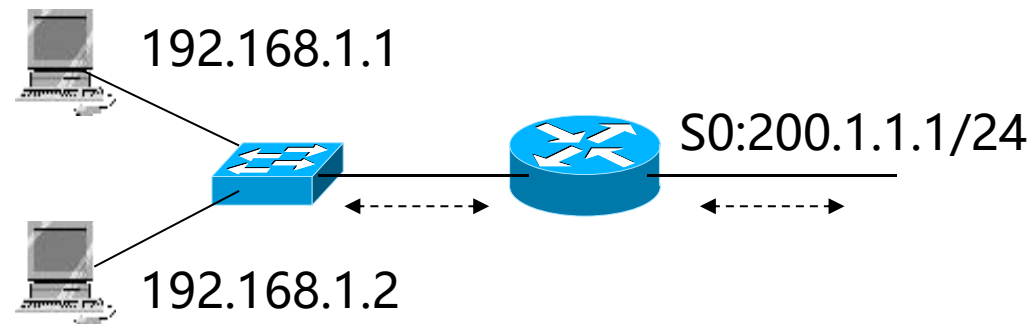
### 静态NAT



### 动态NAT



### PNAT



```
access-list access-list-number { permit | deny } { protocol \ protocol-keyword }  
{ source [ source-wildcard ] | any } { destination destination-wildcard } |  
any ][protocol-specific options][log]
```

access-list: 访问列表命令。

access-list-number: 访问列表号码。

permit: 允许。

deny: 拒绝。

source: 源IP地址。

source-wildcard: 源IP地址的通配符。

protocol \ protocol-keyword: 可使用的协议，包括IP、ICMP、IGRP、EIGRP、OSPF等。

destination destination-wild: 目的IP地址，格式与源IP地址相同。

protocol-specific options: 协议制定的选项。

log: 记录有关数据报进入访问列表的信息。

# ACL

## 1. 配置ACL

说明：配置R1在上面的时间范围内拒绝R2到R4的telnet，其它流量全部通过。

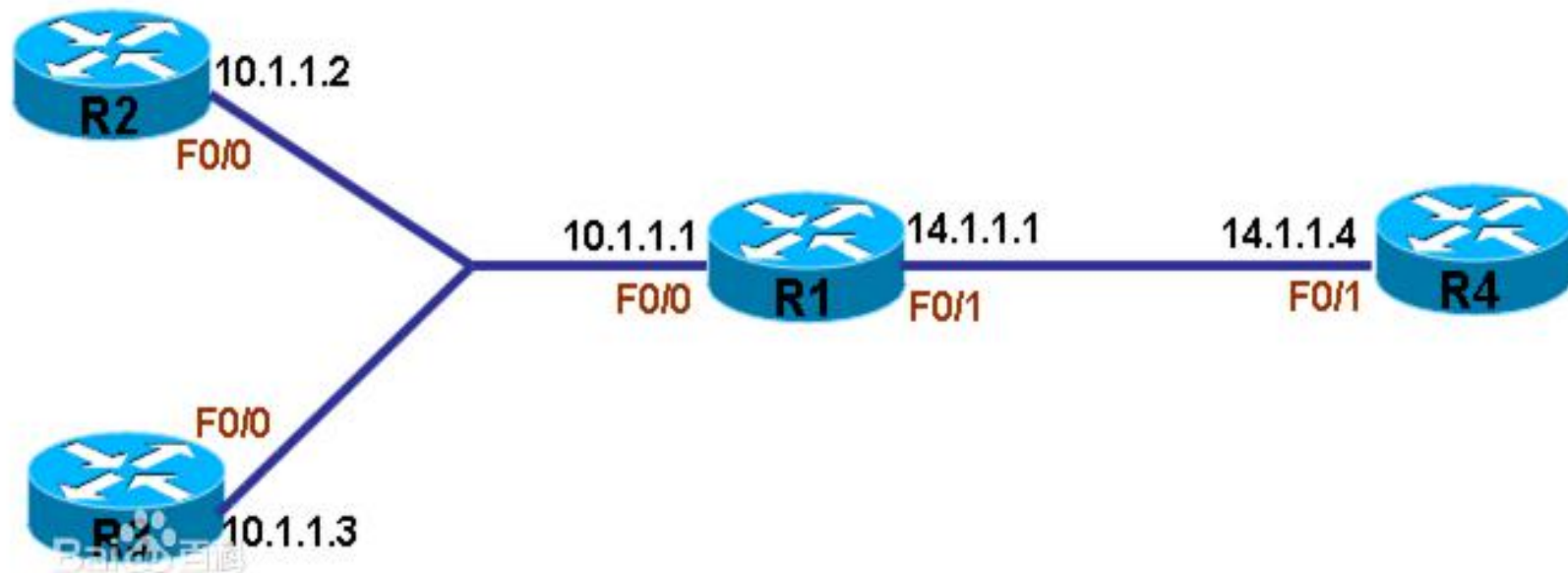
```
r1(config)#access-list 150 deny tcp host 10.1.1.2 any eq 23 time-range TELNET
```

```
r1(config)#access-list 150 permit ip any any
```

## 1. 应用ACL

```
r1(config)#int f0/1
```

```
r1(config-if)#ip access-group 150 out
```



# IPv6

---



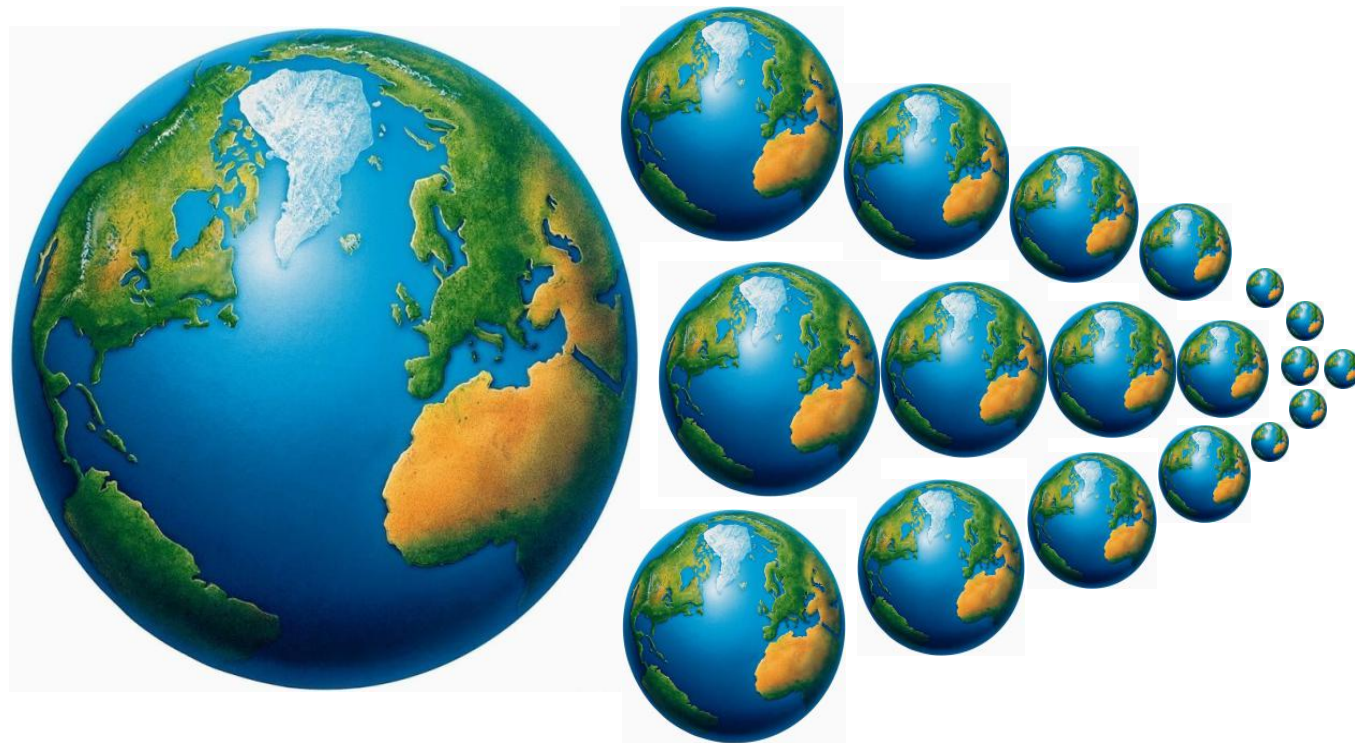


# IPv6地址空间

IPv6的128位地址是一个什么概念？



如果1个IPv4地址 = 1克  
那么所有IPv4 地址相当于上海  
金茂大厦重量的2/3000



那么对于 IPv6.....  
所有 IPv6地址将会是 30,000,000,000 个地球的重量



# IPv6地址结构

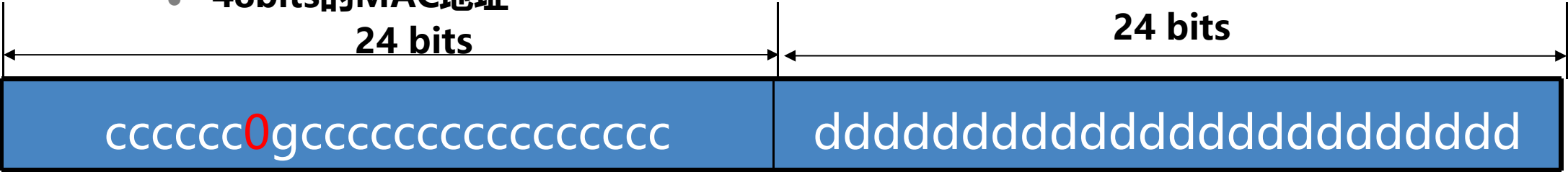
- IPv6地址 = 前缀 + 接口标识
  - 前缀：相当于IPv4地址中的网络ID
  - 接口标识：相当于IPv4地址中的主机ID
  - 例如：2001:A304:6101:0001:5ED9:98FF:FECA:A298



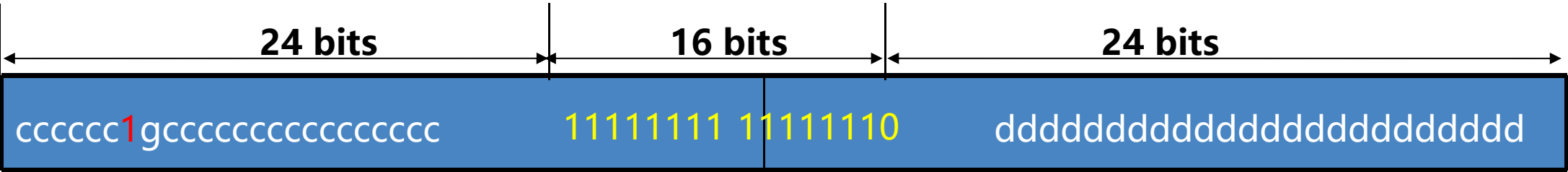
- **由IEEE EUI-64规范自动生成**
  - 使用本地MAC地址基于EUI-64规范生成，网络设备常用方式
- **设备随机生成**
  - 无法反推MAC地址，保护私密性，主机常用方式
- **手工配置**
  - 通过规划手工指定，需要对外通信的设备如服务器的常用方式

- 将48bits的MAC地址转化为64bits的接口ID
  - 由设备自动生成
  - MAC唯一，所以接口ID也唯一

- 48bits的MAC地址



- 转化后的64bits的接口ID



# IPv6地址表示方法-首选格式

- 完整的IPv6地址格式是IPv6地址加上前缀长度来表示
- 首选格式：
  - 用十六进制表示，如： FE08:....
  - 4个数字一组（16bits），中间用 “:” 隔开，如： 2001:12FC:....
  - 地址前缀长度用 “/xx” 来表示
  - 例如： 2001:0410:0000:0001:0000:0000:0000:45ff/64

# IPv6地址表示方法-压缩格式

- 压缩格式
  - 若以零开头可以省略，连续全零的组可用 “::” 表示，如：  
1:2::ACDE:....
  - 一个地址中::只能出现一次
  - 地址前缀长度用 “/xx” 来表示
  - 例如： 2001:410:0:1::45ff/64
  - 2001:410::1::45ff/64是错误的表示方法

# IPv6地址表示方法-内嵌IPv4地址

- 内嵌IPv4地址的表示方法
  - 在有些特定场合中使用的IPv6地址中必须包括某些IPv4的地址，例如IPv4兼容IPv6隧道中的地址
  - IPv6地址的其它部分（不包括IPv4地址的部分）可以采用首选或者压缩格式
  - IPv6地址中内嵌的IPv4地址采用以前IPv4的十进制表示方法
  - 地址前缀长度用 “/xx” 来表示
  - 例如：0:0:0:0:0:0:166.168.1.2/64
  - 例如：::166.168.1.2/64

- 单播地址 (Unicast Address)
  - 标识一个接口，目的为单播地址的报文会被送到被标识的接口
- 组播地址 (Multicast Address)
  - 标识多个接口，目的为组播地址的报文会被送到被标识的所有接口
- 任播地址 (Anycast Address)
  - 标识多个接口，目的为任播地址的报文会被送到最近的一个被标识接口，最近节点是由路由协议来定义的

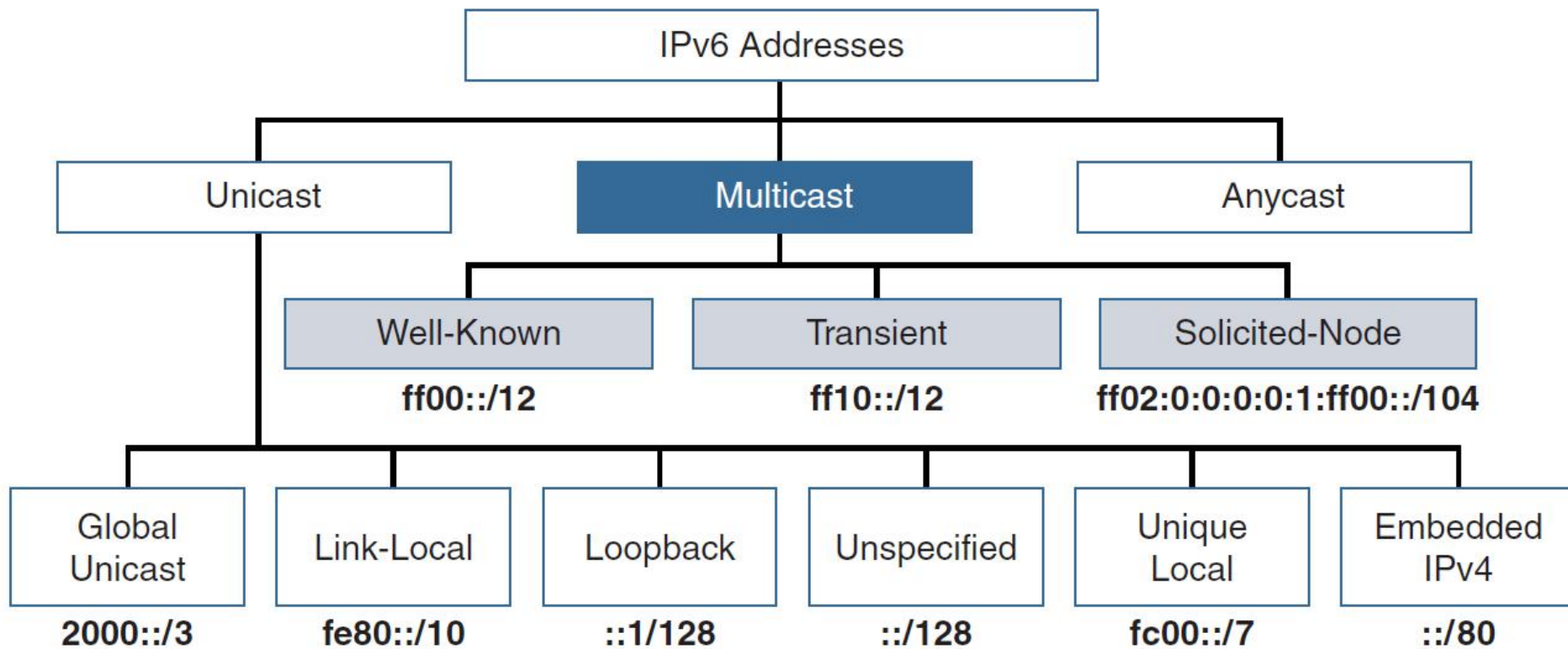
- IPv6单播地址分类

- 未指定地址：全0地址 **::/128**
- 环回地址： **::1/128**
- 全球单播地址 例**2001:0001:0:1::E0:F726:4E58**
- 内嵌IPv4地址的IPv6地址 例**::10.153.70.200/64**
- 链路本地地址 例**FE80::E0:F726:4E58/10**
- 站点本地地址 例**FEC0::E0:F726:4E58/10**
- 唯一本地地址 例**FC00::E0:F726:4E58/7**

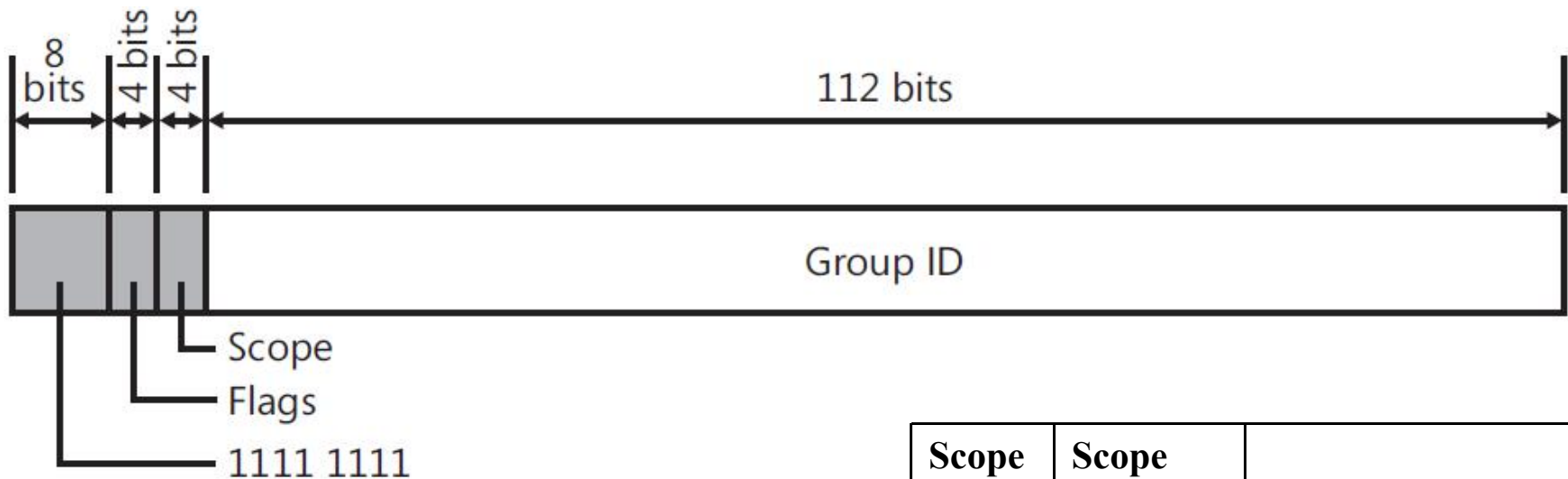
站点本地地址已被唯一本地地址取代



# IPv6组播地址



# IPv6组播地址

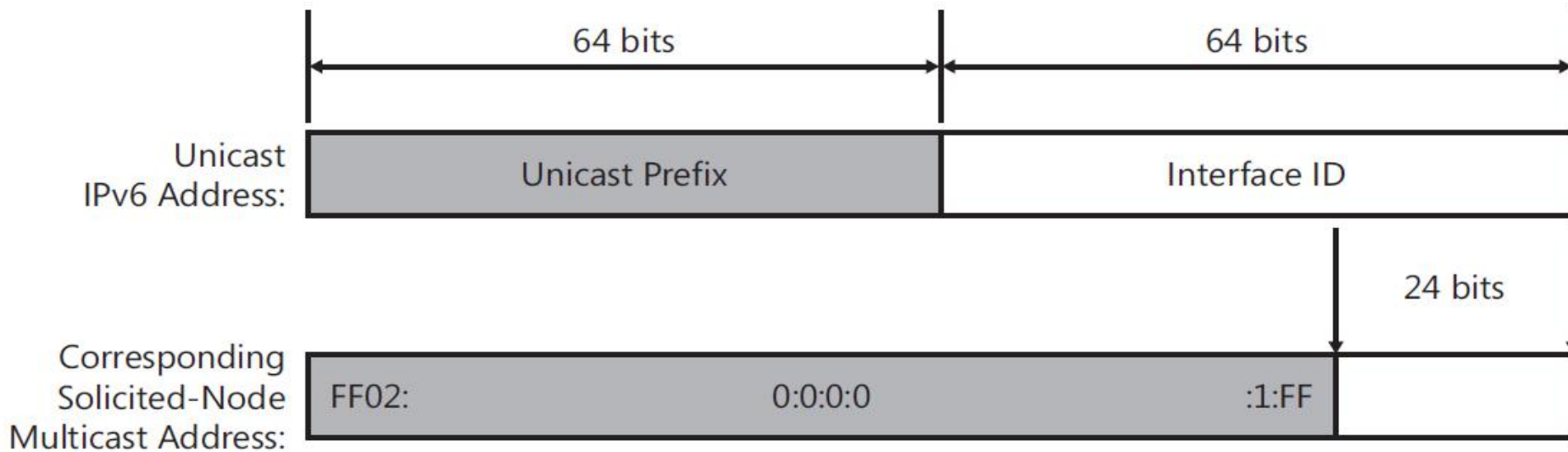


- 前面8比特固定为1111 1111，具有形式 **FF::/8**
- Flags**: 指示组播地址是永久的还是临时的等信息
- Scope**: 指示组播的范围
- Group ID**: 标识组播组，在**Scope**作用范围内唯一

Scope (Hex)	Scope (Binary)	Description
1	0001	Interface-local scope
2	0010	Link-local scope
4	0100	Admin-local scope
5	0101	Site-local scope
8	1000	Organization-local scope
E	1110	Global-local scope

# IPv6组播地址

- 全节点地址: FF02::1(link-local)
- 全路由器地址: FF02::2(link-local)
- 被请求节点地址 (Solicited-node address)



例如: 4037::01:800:200E:8C6C → FF02::1:FF0E:8C6C

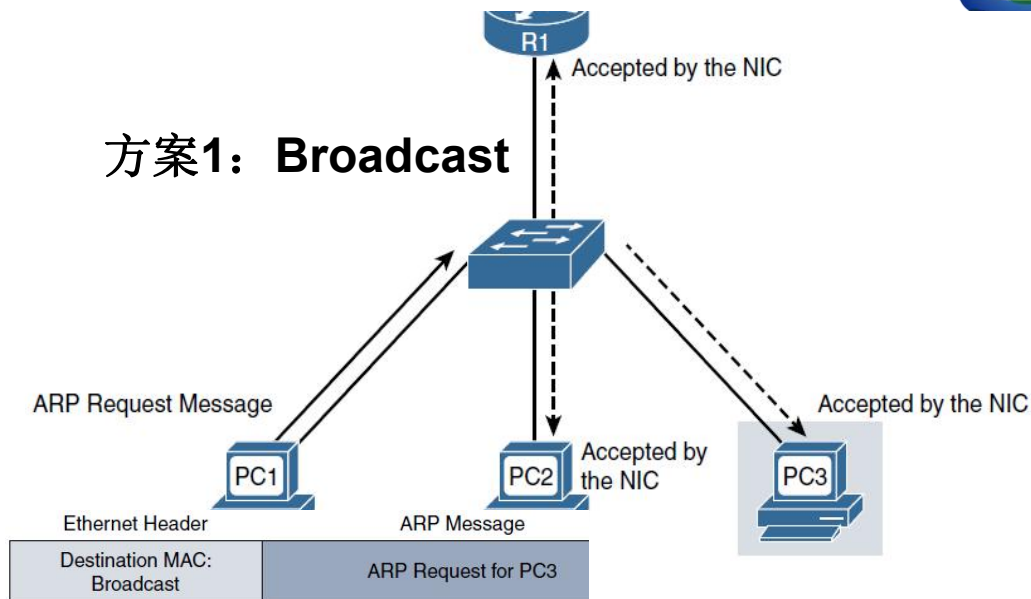
# IPv6组播地址

- 我知道对方的IP地址，但不知道它的MAC地址，我怎么样才能把数据发给它呢？

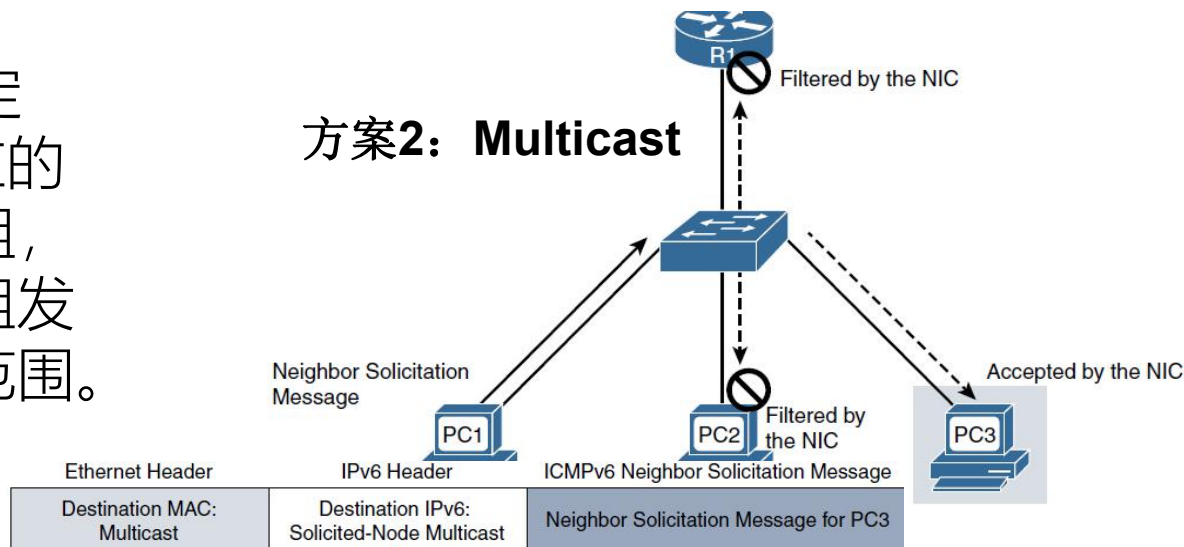
方案1：全节点组播？可以，但是范围太广，没有用到已知的IP地址信息。

方案2：我知道对方肯定加入了这个IP地址所对应的被请求节点地址的组播组，那么我可以向这个组播组发送，这样缩小了组播的范围。

## 方案1：Broadcast



## 方案2：Multicast



- 为什么要定义这么多的组播地址？
  - 节点不知道其它节点或者网络任何信息的时候，可以通过组播地址来进行通信
- 最后的数据是要在链路上传输的，那么，对于组播，如何获得链路地址信息呢？

# IPv6组播地址

- IPv6组播地址到MAC地址映射



- 网络接口维护一个感兴趣的**目的MAC地址**列表，包括
  - 接口的**单播MAC地址**
  - 广播**MAC地址FF:FF:FF:FF:FF:FF**
  - IPv6组播地址**所对应的**MAC地址**(如果网络接口所在节点加入到组播组，有些组播组是必须加入的，例如全节点组播组，被请求节点地址对应的组播组)

例子：

IPv6主机具有MAC地址**00:AA:00:3F:2A:1C**（链路局部地址为**FE80:2AA:FF:FE3F:2A1C**），其网络接口感兴趣的**目的MAC地址表**除包含广播MAC地址 **FF:FF:FF:FF:FF:FF**外，还包括以下组播MAC地址：

- **33:33:00:00:00:01**，对应着链路局部范围内的全节点组播地址 **FF02::1**
- **33:33:FF:3F:2A:1C**，对应着被请求节点地址 **FF02::1:FF:3F:2A1C**

**组播MAC地址动态变化：**当主机加入或者退出某个组播组时，该组播组所对应的组播MAC地址将被添加到相应接口的表中或者从表中删除

## 邻居：位于同一链路上的节点互为邻居

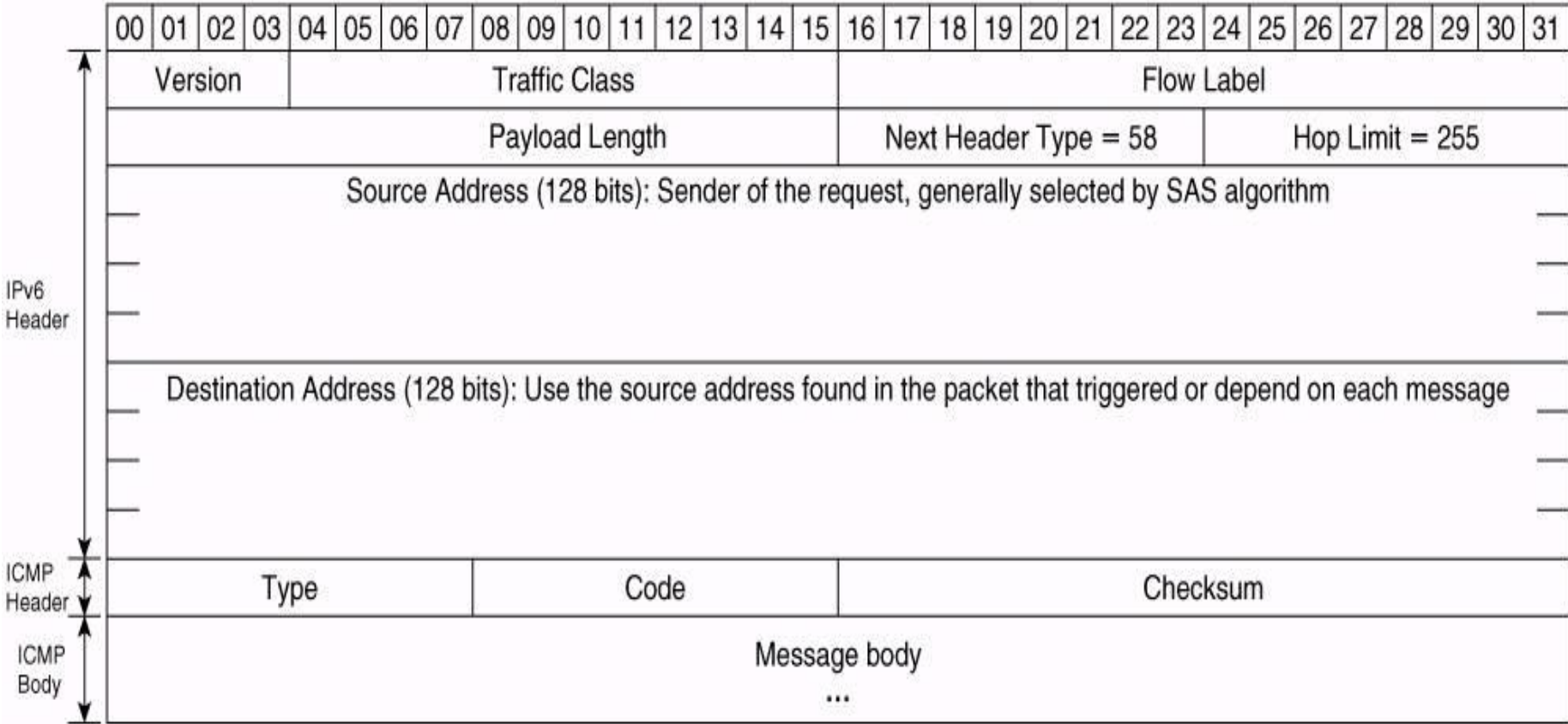
- 邻居发现(ND: Neighbor Discovery)
  - 一系列用于确定邻居节点之间关系、获得邻居节点信息以及子网信息的信息和过程
- 主要功能
  - 地址解析
    - 确定邻居节点的链路层地址 (MAC地址)
  - 地址重复检测
    - 地址自动配置
  - 路由器发现
    - 获取子网前缀，路由等信息
  - 路由重定向

邻居发现机制涉及到通信被限制在子网或者链路范围，一般不需要使用全局的IPv6地址，而是使用链路局部的IPv6地址



# IPv6 邻居发现

邻居发现机制基于**ICMPv6**消息实现，通过**ICMPv6**消息管理同一链路上的节点到节点通信（网络层机制）



- ICMPv6消息类型

**错误消息**：中间路由器或者目的节点报告IPv6分组转发或者投递过程的错误，ICMPv6类型域的值为0 ~ 127（最高比特为0）

**信息消息**：提供诊断功能和额外的主机功能，例如组播和邻居发现，ICMPv6类型域的值为128 ~ 255（最高比特为1）

用于邻居发现的ICMPv6消息的IPv6地址为链路局部地址，Hop limit为255，从而将邻居发现消息限制在链路范围内

邻居发现机制中地址的选择遵循以下原则：

- 1) 源地址：如果节点没有任何有效地址，那么发数据时使用::作为源地址
- 2) 目的地址：如果节点不知道目的的任何地址包括IPv6地址，则使用**FF02::1**或者**FF02::2**

如果节点知道目的的IP地址，但不知道MAC，则使用该IP地址对应的被请求节点地址

- IPv6地址解析
- 通过在节点之间交换邻居请求(NS: Neighbor Solicitation)和邻居公告(ND: Neighbor Advertisement)消息来完成
  - 网络层机制：NS和ND均为ICMPv6消息
  - 如何将NS发送给目标节点？利用被请求节点地址！
    - NS的目的IP地址：知道目标（下一跳节点）的IPv6地址，利用该IPv6地址对应的被请求节点地址
    - 封装NS的帧的目的MAC地址：组播IPv6地址对应的MAC地址可以直接通过映射得到！

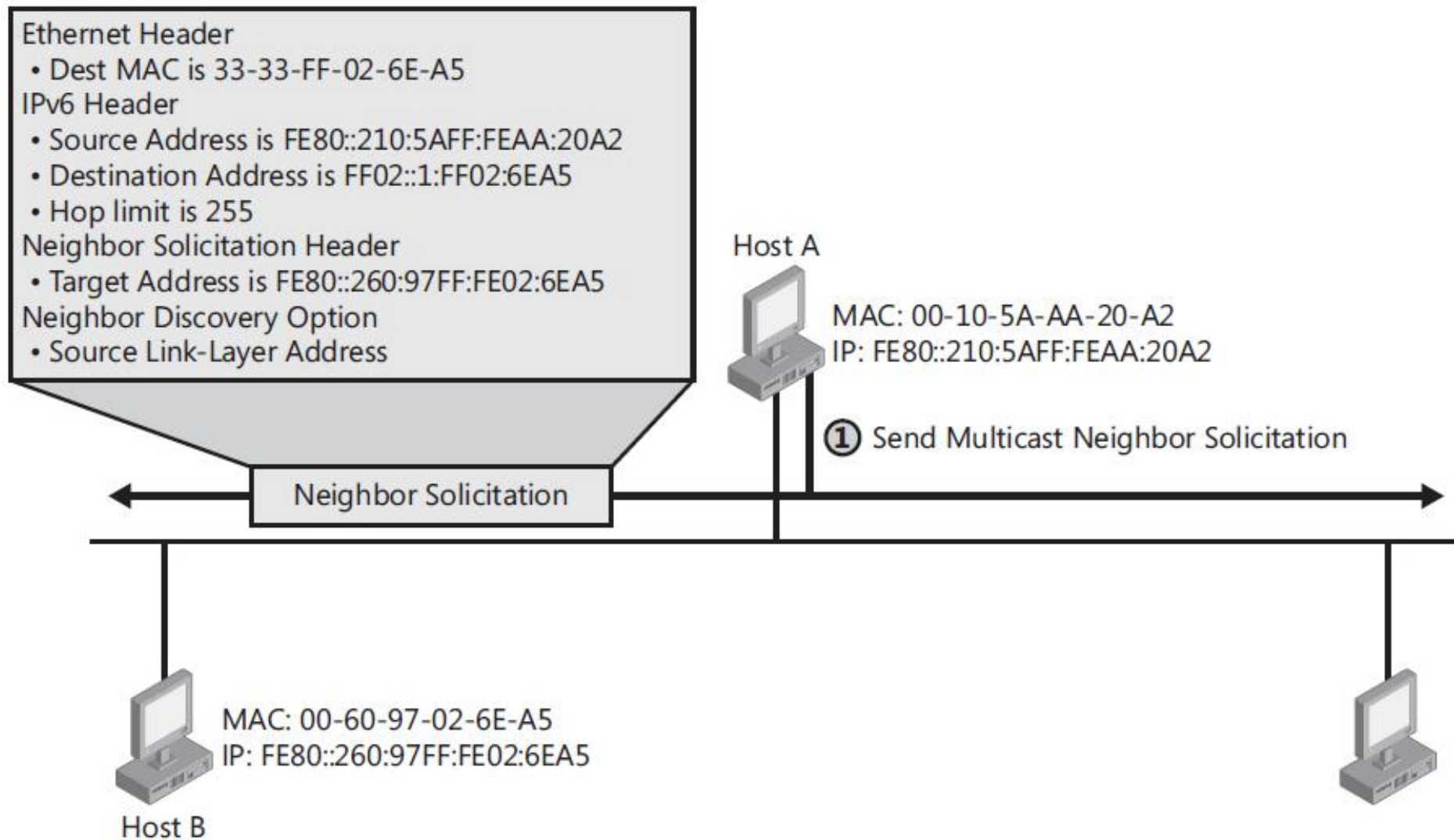
## 1. 判断是否需要需要进行地址解析过程

- 每个节点维护邻居缓存：邻居IPv6地址<--->MAC地址
- 查找邻居缓存

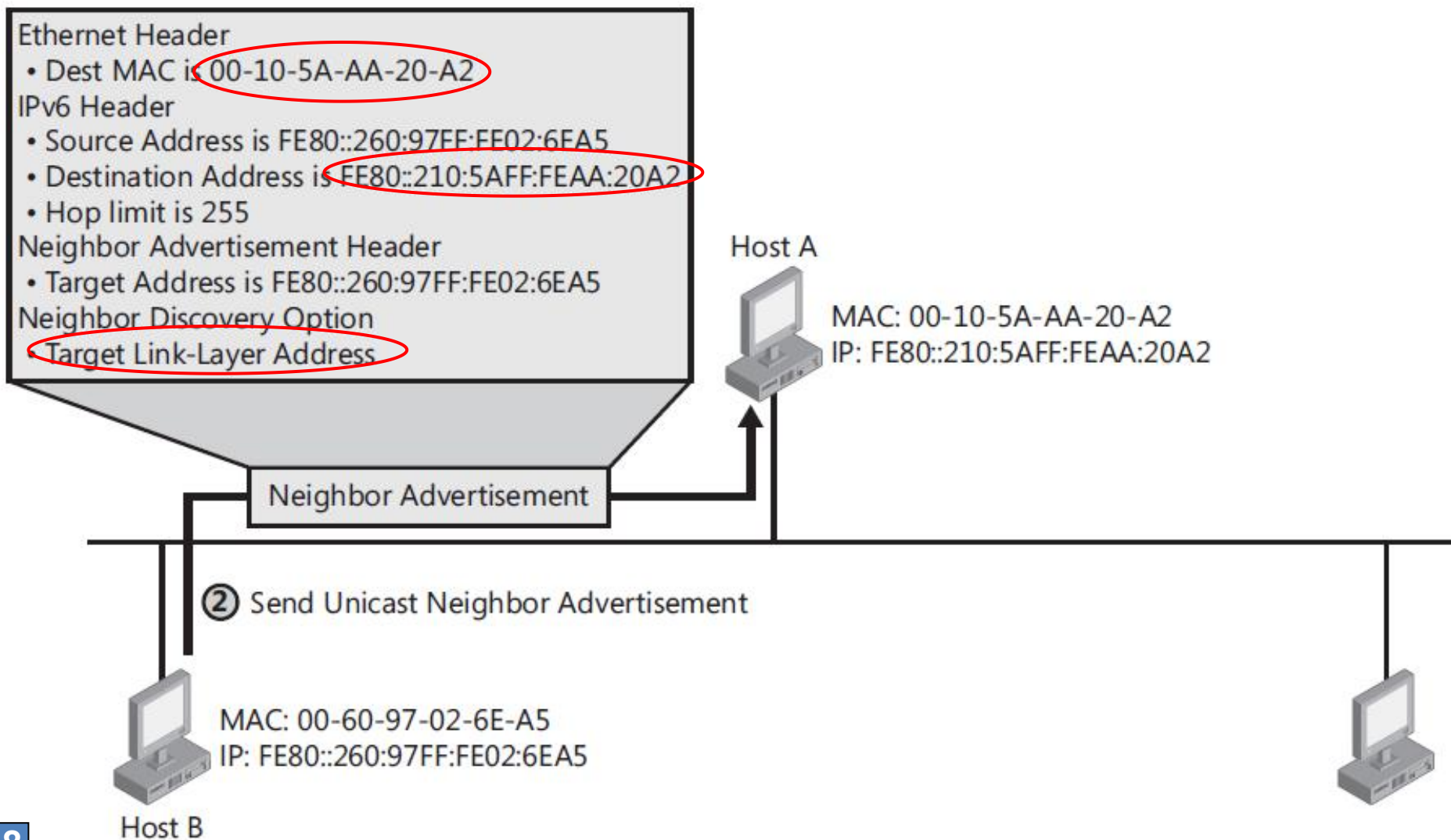
## 2. 根据需要开始地址解析过程

- 发送节点发送邻居请求（NS）：组播发送，包含要解析的IPv6地址（目标地址）
- 目标节点接收并处理NS，响应邻居公告（NA）：单播发送，包含目标节点MAC地址
- 发送节点更新邻居缓存

**Host A发送分组给Host B，首先必须通过地址解析获得Host B的MAC地址**  
基于Host B的IPv6地址，Host A以组播的方式发送NS消息到被请求节点地址FF02::1:FF02:6EA5



Host B在其相应接口的感兴趣MAC地址表上设置了33:33:FF:02:6E:A5，因此接收和处理NS消息。然后，Host B以单播的方式响应NA消息

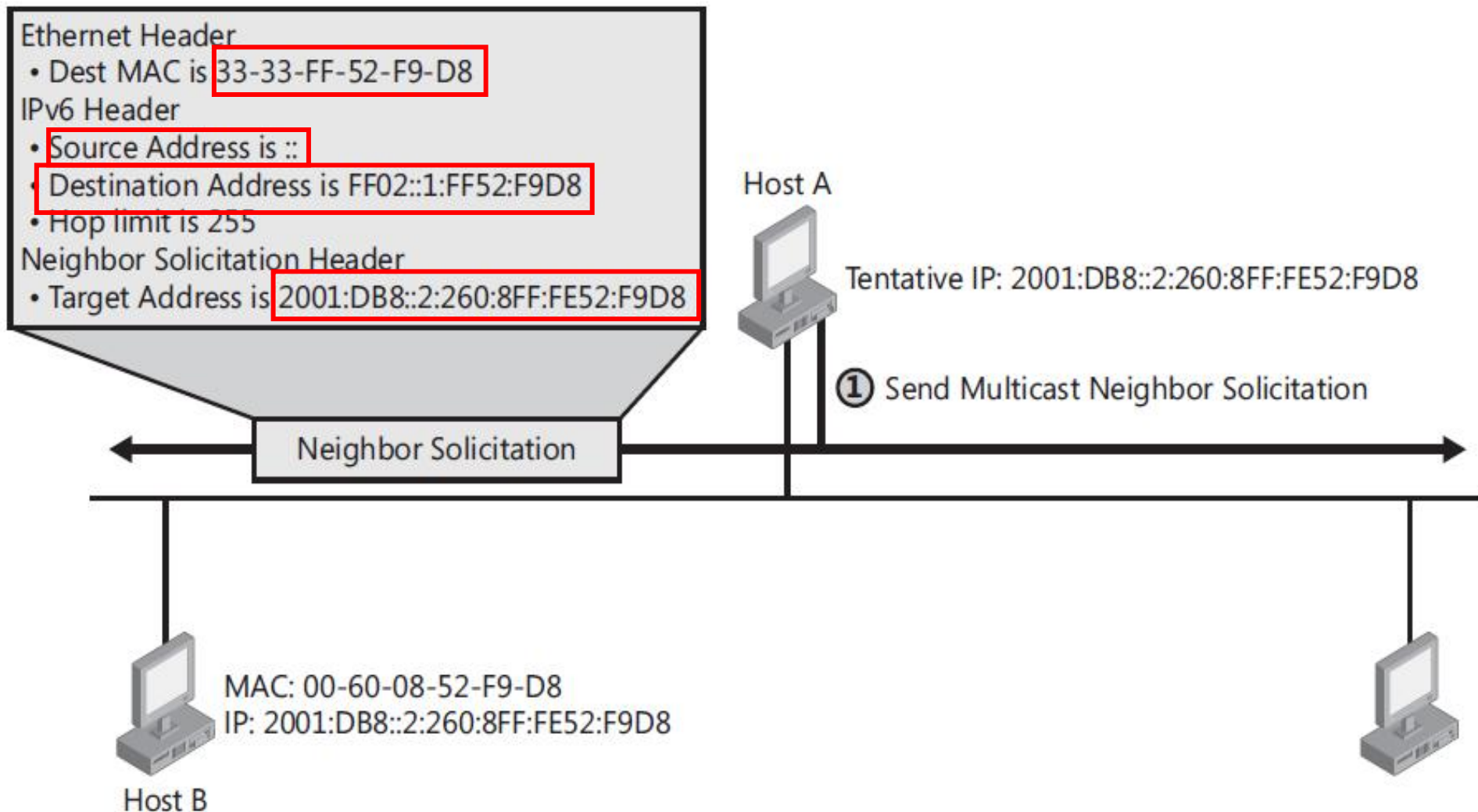


- 地址重复检测
- 自动配置地址最重要的是保证地址不重复
  - 为什么IPv6地址只要保证在链路上不重复就可以?
- 地址重复检测 (DAD: Duplicate Address Detection): 基于邻居请求 (NS) /邻居公告 (NA) 来实现
  - 节点发送NS, 其中包含要检测的IPv6地址
  - 如果收到相应的NA, 则检测到重复, 节点不会使用重复的地址, 否则开始使用该IPv6地址
    - 检测到地址重复后的具体处理依赖于实现



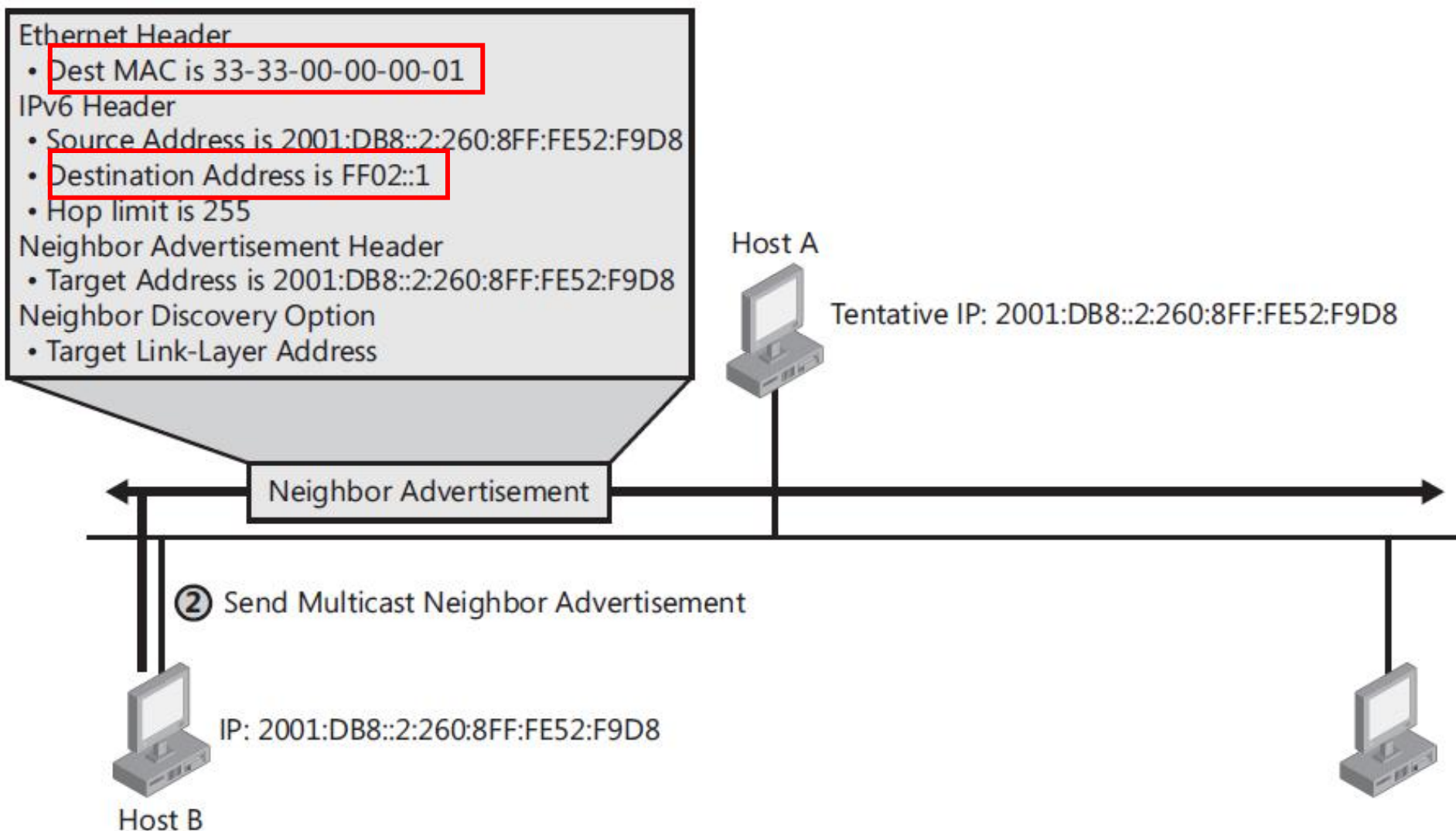
Host B有一个全局地址2001:DB8:2:260:8FF:FE52:F9D8, Host A也试图使用该全局地址, Host A首先需要对该地址做DAD。

Host A以组播的方式发送NS, 由于Host A未配置任何地址, 所以源地址为::





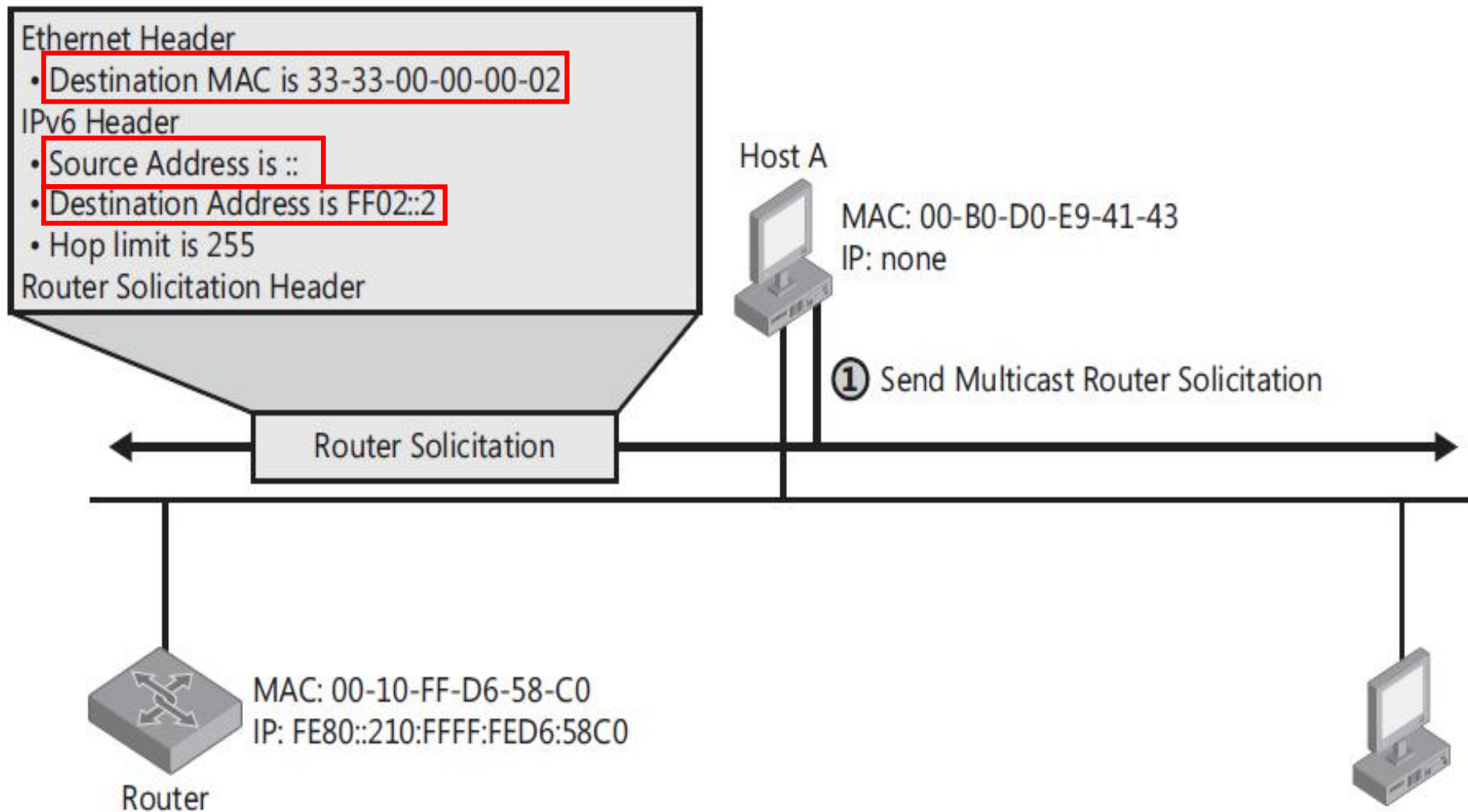
**Host B接收和处理NS，由于NS的源地址为::，所以Host B向全节点组播地址发送NA**



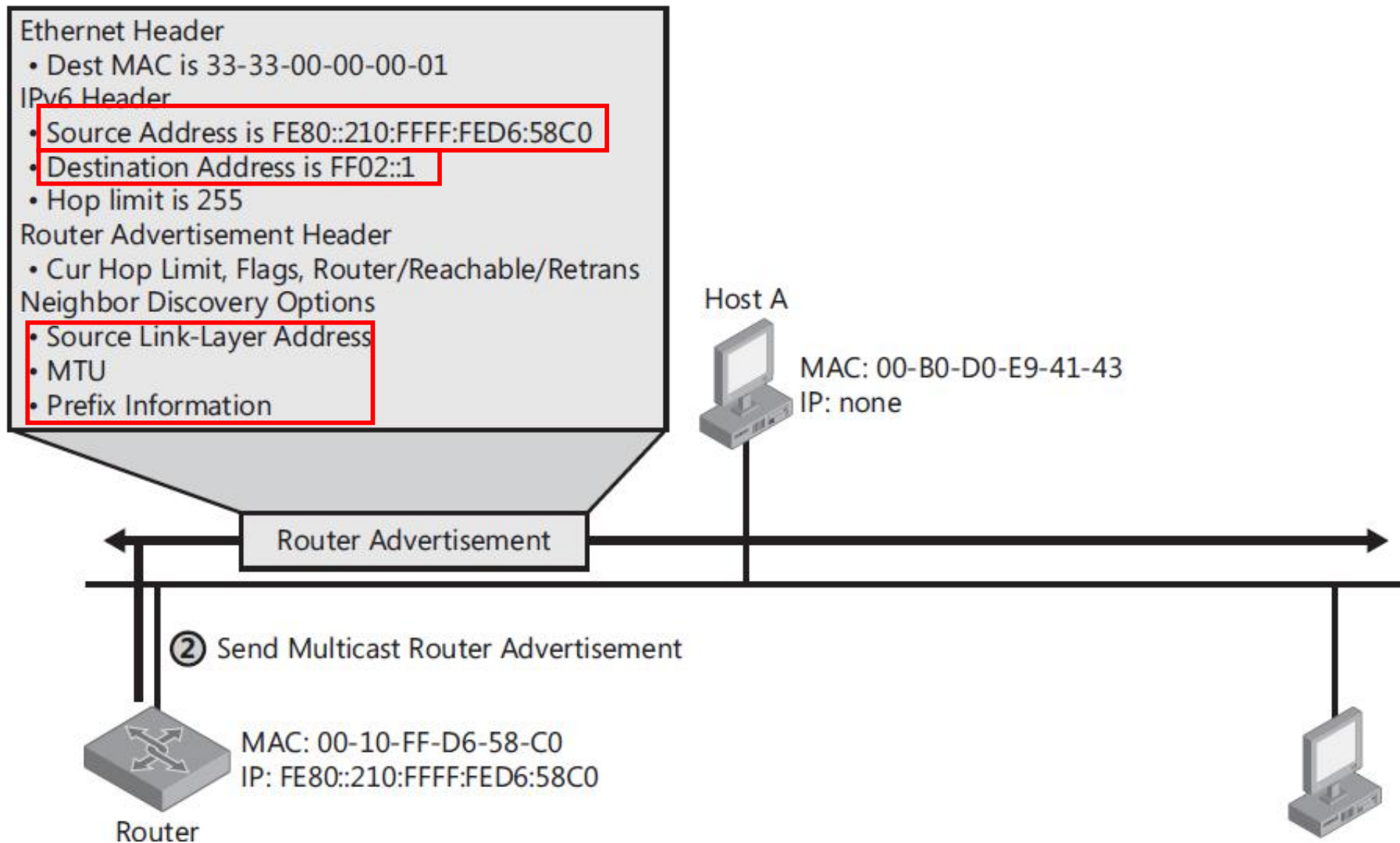
- 如何获得所连接网络的信息？路由器发现！
- 节点通过路由器发现过程找到本地链路上路由器的集合
- 除了配置缺省路由，IPv6路由器发现同时配置其它网络参数：
  - 确定节点地址自动配置方式：是否使用有状态地址自动配置（DHCPv6）？
  - 为链路定义的网络前缀列表，每个前缀包含IPv6网络前缀和有效（Valid）、推荐（Preferred）生存期（Lifetime）
  - IPv6头标中Hop Limit域的缺省设置
  - 本地链路的MTU
  - .....

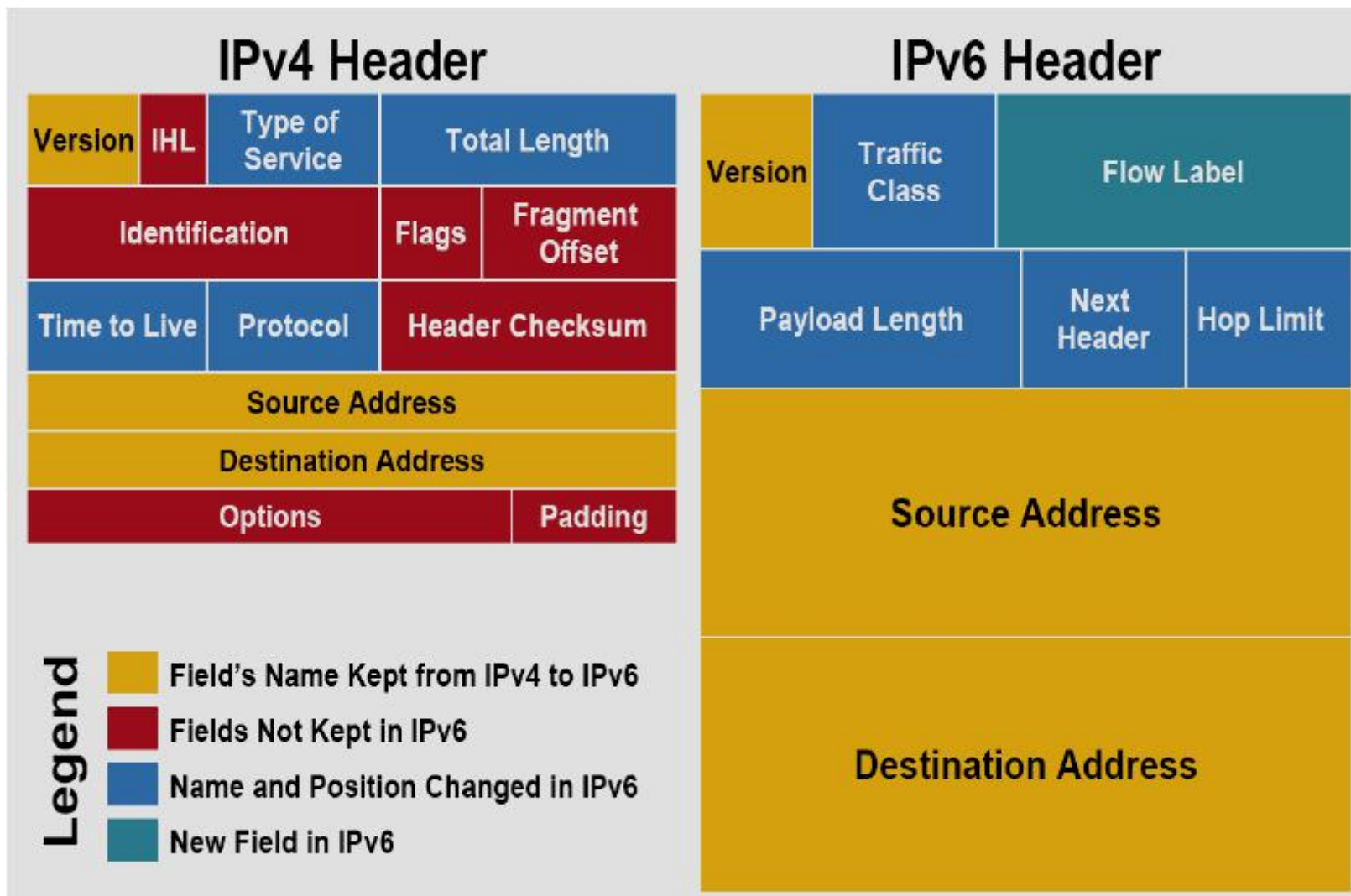
- 相关消息
  - 路由器公告消息 (RA: Router Advertisement)
  - 路由器请求消息 (RS: Router Solicitation)
- 具体过程
  - 被动式
    1. IPv6路由周期性 (例如200s) 公告RA: 组播发送, 使用FF02::1
    2. 同一链路上的IPv6主机接收RA消息, 并且使用其内容来配置或者维护网络参数设置
  - 主动式
    1. IPv6主机主动发送路由器请求RS: 组播发送, 使用FF02::2
    2. 同一链路上的路由器响应RA: 单播或者组播方式发送

Host A获得网络相关信息，配置地址路由等必须先开始路由器发现过程。  
Host A发送一个组播RS到FF02::2



路由器由于加入了全路由器组播组，将接收和处理RS，然后以组播的方式响应一个RA消息，其中包含配置参数和本地链路前缀，RA也可以单播方式发送

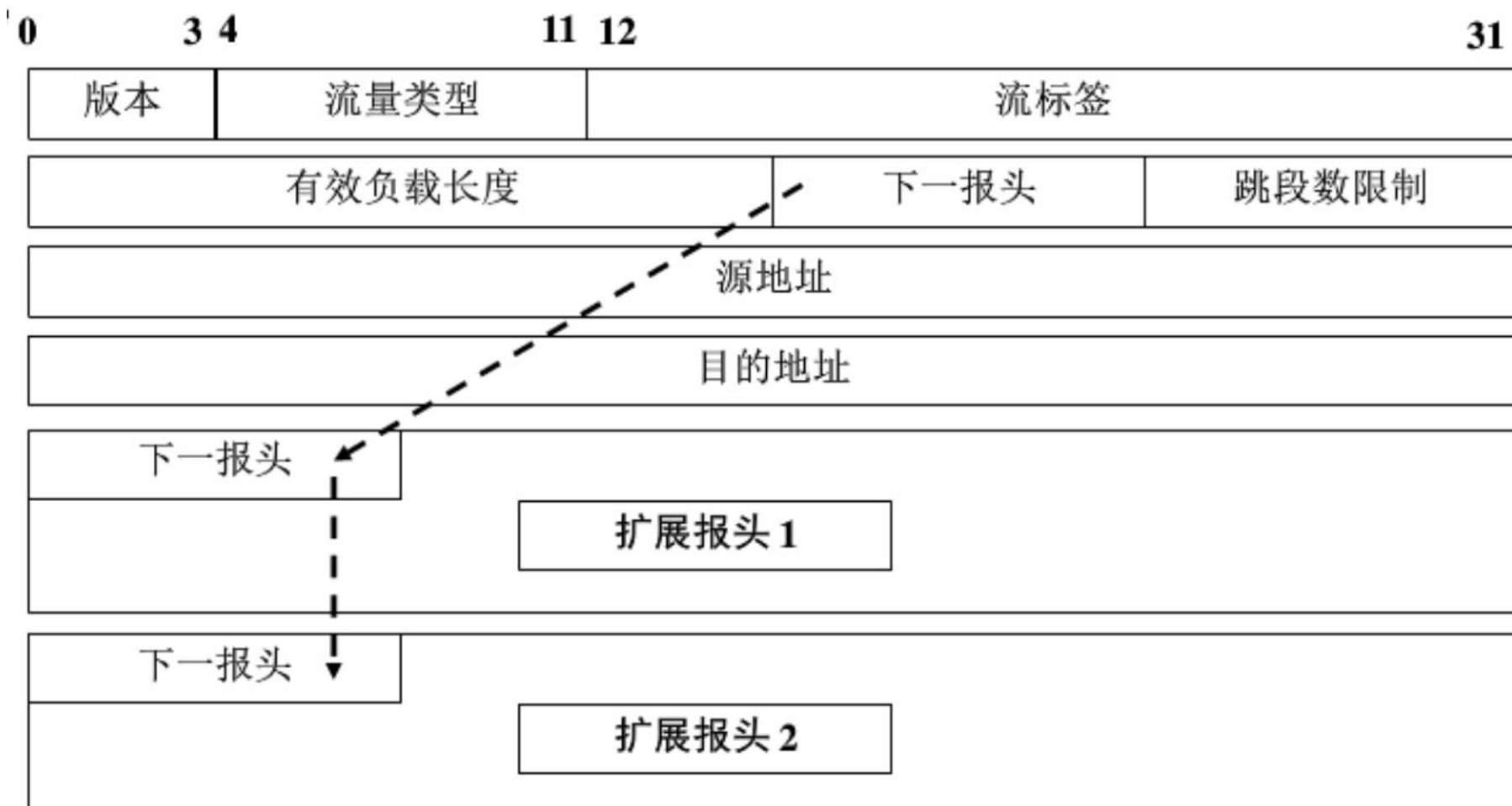


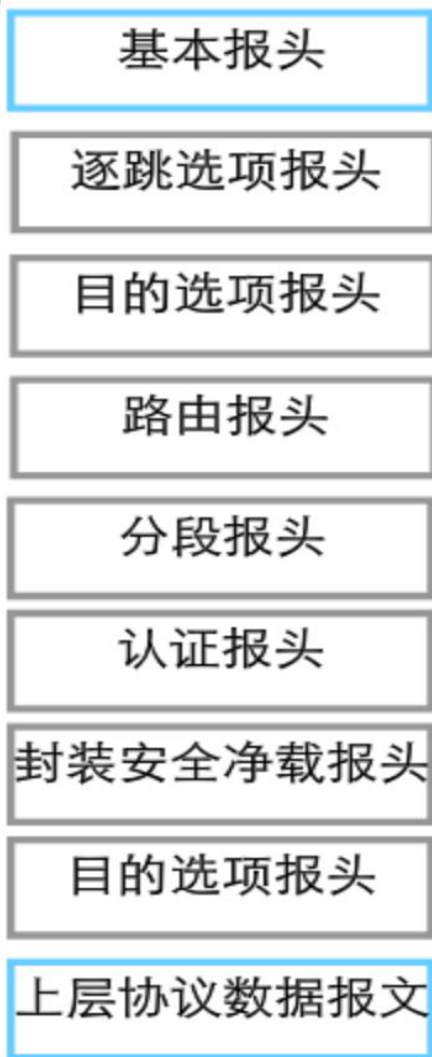


Source:

[https://www.researchgate.net/publication/269810379\\_IPv4IPv6\\_Transition/figures?lo=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.researchgate.net/publication/269810379_IPv4IPv6_Transition/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic)







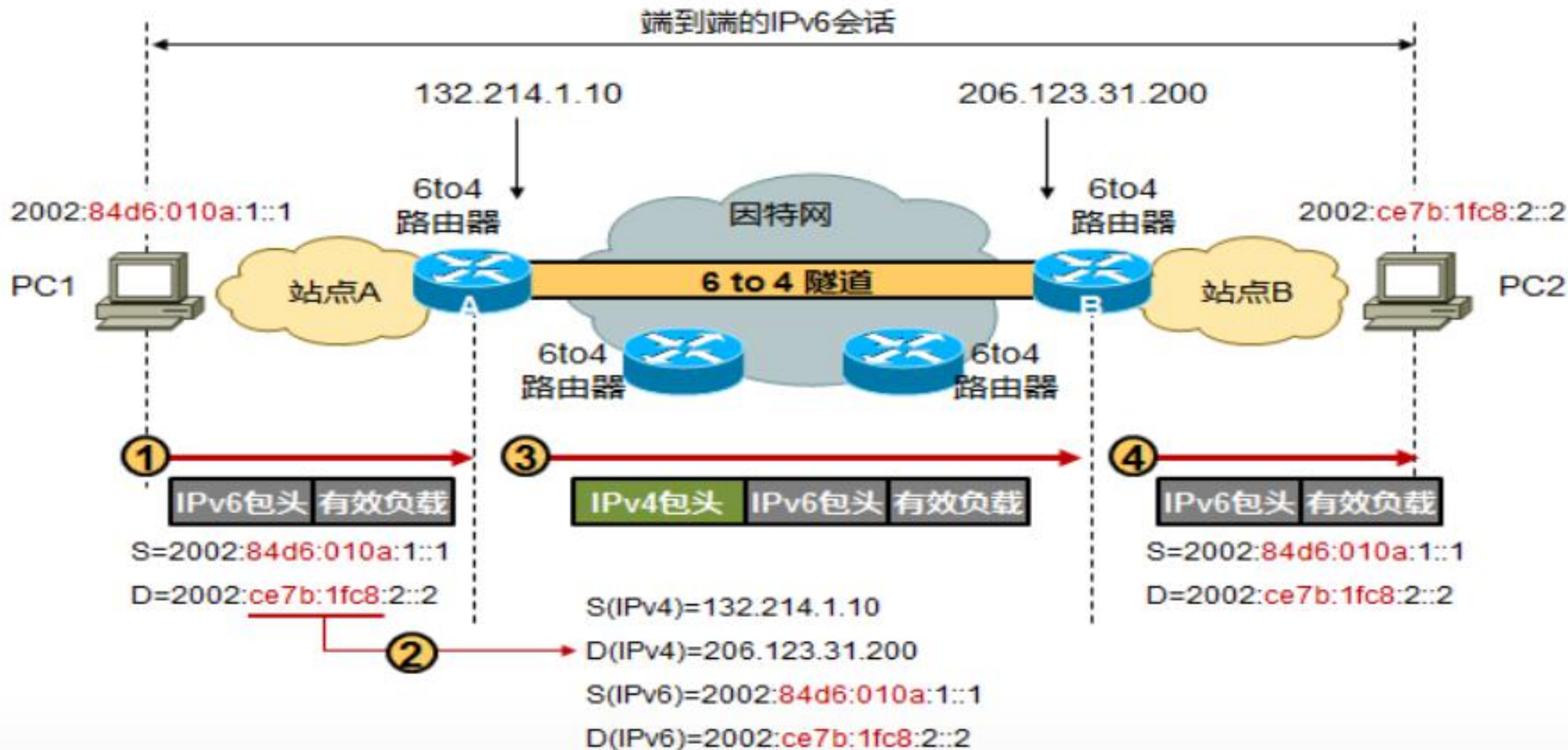
## ● 扩展报头规约：

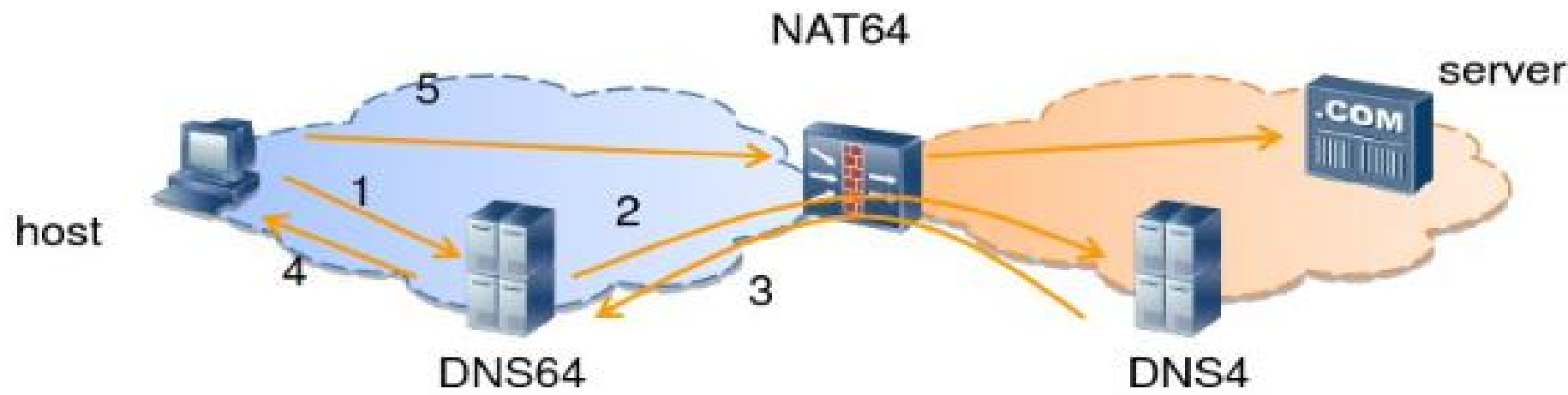
- 扩展报头必须按如左排列的顺序出现
- 除目的选项报头外，每种扩展报头只能出现一次
- 目的选项头最多出现2次，1次在路由报头之前，1次在上层协议数据报文之前，如果没有路由报头，则只能出现一次
- 基本报头、扩展报头和上层协议数据报文的相互关系如下：





# IPv6 与 IPv4的互通性





1. **Host发送AAAA的查询，请求server的IPv6地址**
2. **DNS64不能查到IPv6地址，发送A的查询，尝试去获得IPv4地址**
3. **A的查询响应返回给DNS64**
4. **DNS64将IPv4地址合成IPv6地址，A记录响应翻译成AAAA响应返回给host**
5. **Host发送IPv6报文，报文到达NAT64**
6. **NAT64将IPv6报文翻译成IPv4报文发送到server**

# IPv6天窗问题

登录名 密码 选择去向 登录 注册通行证 找回密码 客服帮助 企业邮箱 手机新浪网 设为首页 新浪导航

新浪网 ?

上海 | 阴 3℃~8℃

[新闻](#) [军事](#) [社会](#) [体育](#) [IT/A](#) [彩票](#) [博客](#) [微博](#) [草根](#) [读书](#) [教育](#) [健康](#) [空间](#) [邮箱](#) [出国](#) [城市](#) [广东](#) [上海](#) [高尔夫](#) [下载](#) [导航](#)  
[财经](#) [股票](#) [基金](#) [娱乐](#) [明星](#) [音乐](#) [视频](#) [播客](#) [大片](#) [女性](#) [星座](#) [育儿](#) [论坛](#) [相册](#) [UC](#) [生活](#) [旅游](#) [商城](#) [分类](#) [天气](#) [爱问](#)  
[科技](#) [手机](#) [数码](#) [汽车](#) [购车](#) [车型](#) [房产](#) [地产](#) [家居](#) [乐库](#) [尚品](#) [宠物](#) [交友](#) [游戏](#) [UT](#) [短信](#) [彩信](#) [喜悦汇](#) [公益](#) [微博](#)

地球 ?

您可以

地球 ?

您可以

600万 乡村大别墅

三家财富湾湾开盘

西二环 雅景华庭

金地格林新联拼时代

湖湾城通 现已启幕

180万入住别墅社区

国际旅游岛三亚福湾

京西CSD 低密薄板

西三环精装80-180

图片大赏乐居网

买房 卖房 租房

[图片房屋](#) [房价](#) [专题](#)

请输入楼盘名称 搜索

请输入关键词 搜索

Google ? 还我下月复出

请输入关键词 搜索

教育 培训 招生 出国

我在澳洲的商品质生活

主财务人员的财务管理

上海交大EMBA

人大商学院在职研热招

中科院项目管理3.20开学

DBA 法国高商博士学位

上海大学在职研究生

博客 播客 大片 电视台 新闻 实用生活

2016年全国两会 新浪微博(测试) 北京时间:2016-3-17

李克强:今年把城镇居民医保补助提至120元

美国130名议员就人民币汇率问题施压奥巴马 原文

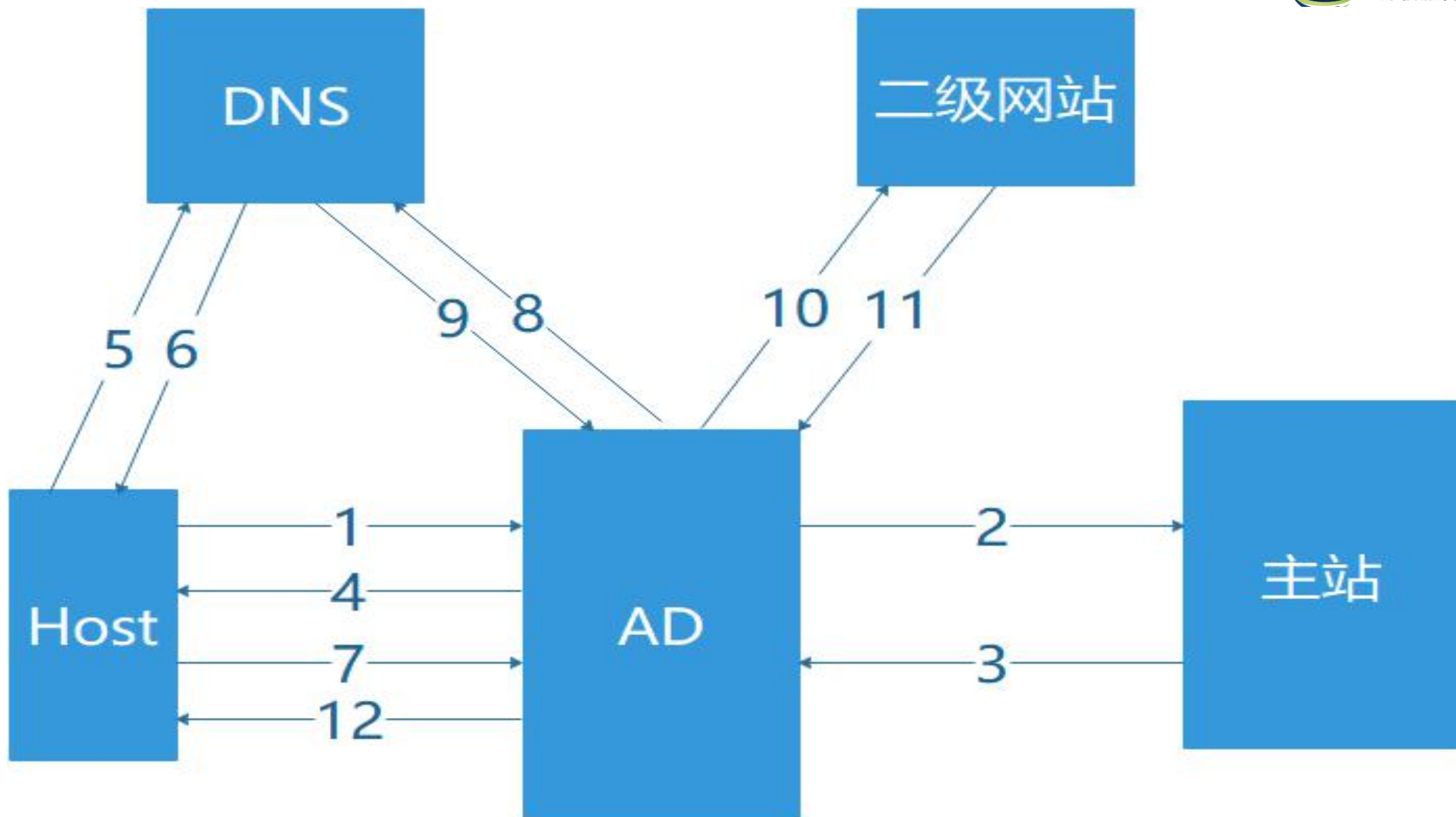
政府工作报告3个月大改10多次 温家宝要求不讲空话

广西遭50年一遇旱灾山火连绵不断 组图 旱情专题

胡锦涛指示要求弘扬沈战东先进事迹和崇高精神

日本本田公司宣布在美国召回4.4万辆问题车

# IPv6天窗问题



# 小结

IP地址及路由：

IPv4地址结构，子网掩码，网段计算

路由表，静态/默认/策略路由，动态路由协议

NAT，ACL，

IPv6，天窗问题

# THANK YOU

2 0 1 8 深 信 服 科 技