

## 单元3 网络体系结构与协议

主讲：章明

电话：13119544243



## 教学目标

### 【知识目标】

- 1.掌握ARP/RARP/ICMP三个协议

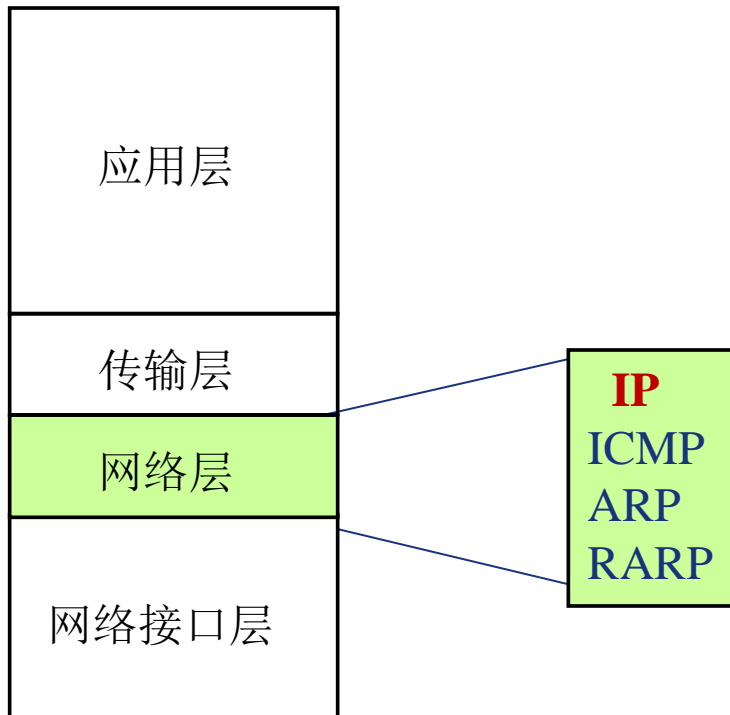
### 【能力目标】

1. 具备自主学习的能力；
2. 具备团队协作的能力。



# 网络层协议

## TCP/IP协议栈



- **ICMP (Internet Control Message Protocol)**: 提供控制和传递消息的功能（但通信时需用**IP封装**）；
- **ARP (Address Resolution Protocol)**: 为已知的IP地址确定网络接口层的MAC地址；
- **RARP (Reverse Address Resolution Protocol)**: 为已知的网络接口层MAC地址确定对应的IP地址。

- 4个协议中仅IP具有全网的寻址能力，而ICMP、ARP和RARP均无全网的寻址能力，ICMP需要在不同网络之间传递，因此必须用IP封装，ARP和RARP只在一个网络的内部进行通信，不需要在网络之间寻址，所以无须用IP封装。

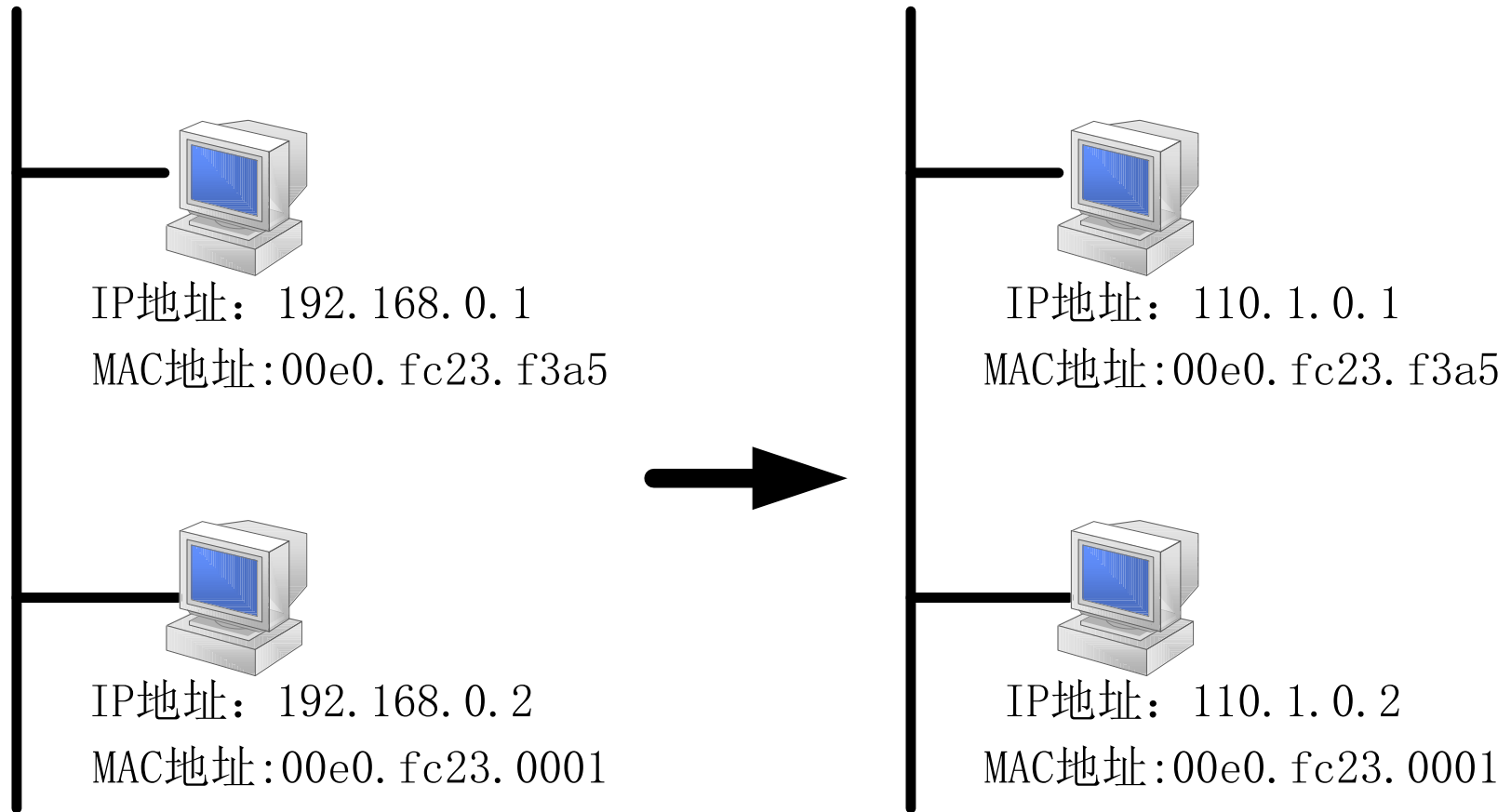


# 地址转换协议ARP和RARP

- ❖ 网络中的任何设备都有唯一的物理地址，也称之为**硬件地址**或**MAC地址**，它存储在网卡中。在节点之间进行数据传输时，必须将**IP地址**转换为物理地址。
- ❖ 就以太网和令牌环网而言，**IEEE**标准规定它们的帧都使用**6**字节表示**MAC地址**，前**24**位标识网卡的生产厂商，后**24**位由该厂商标识其网卡。

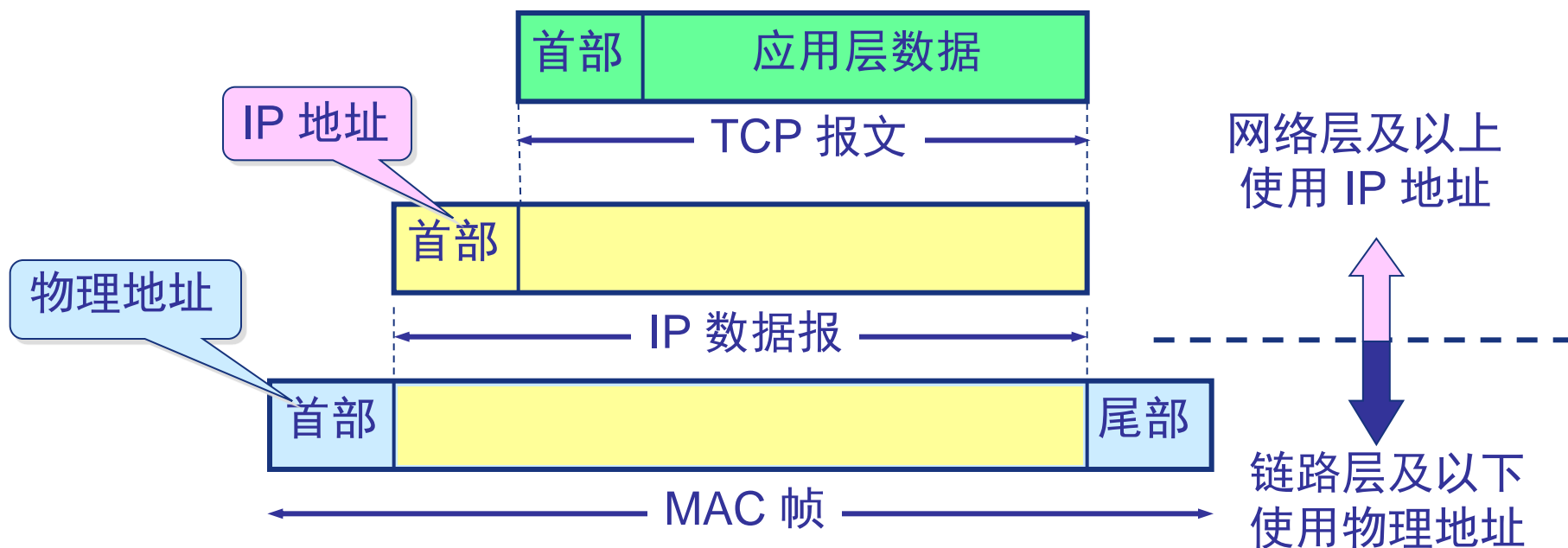


# IP地址与MAC地址



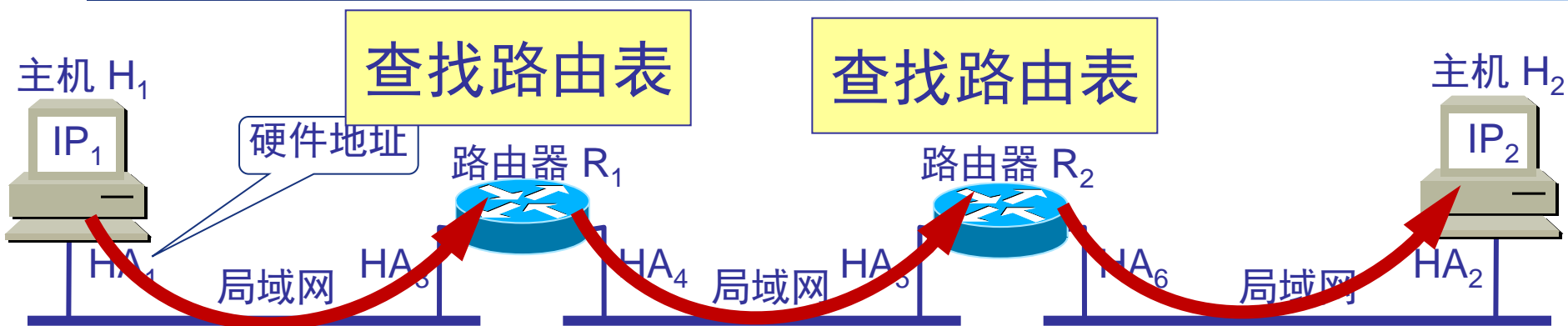


# IP 地址与MAC地址





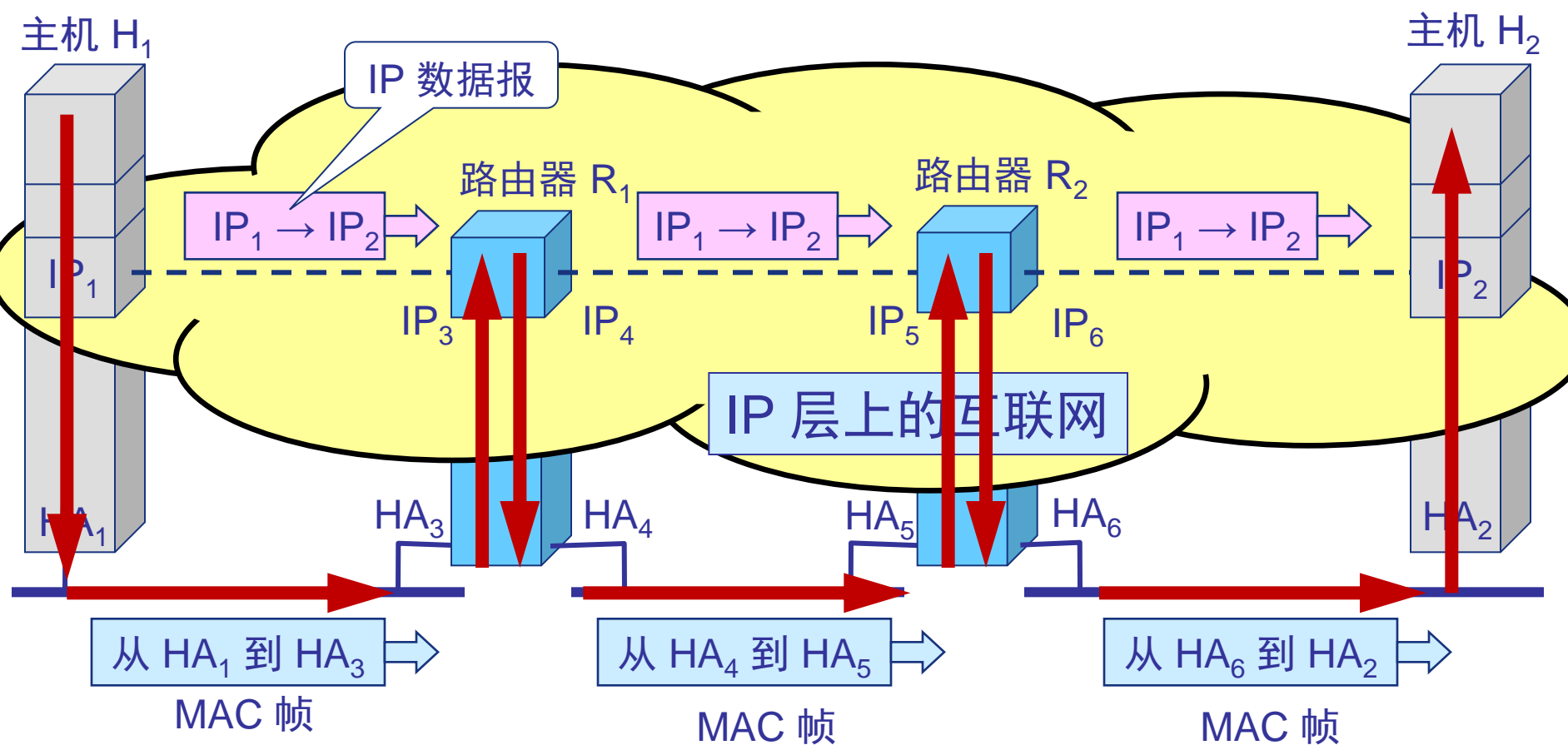
# 主机H1和主机H2之间的通信



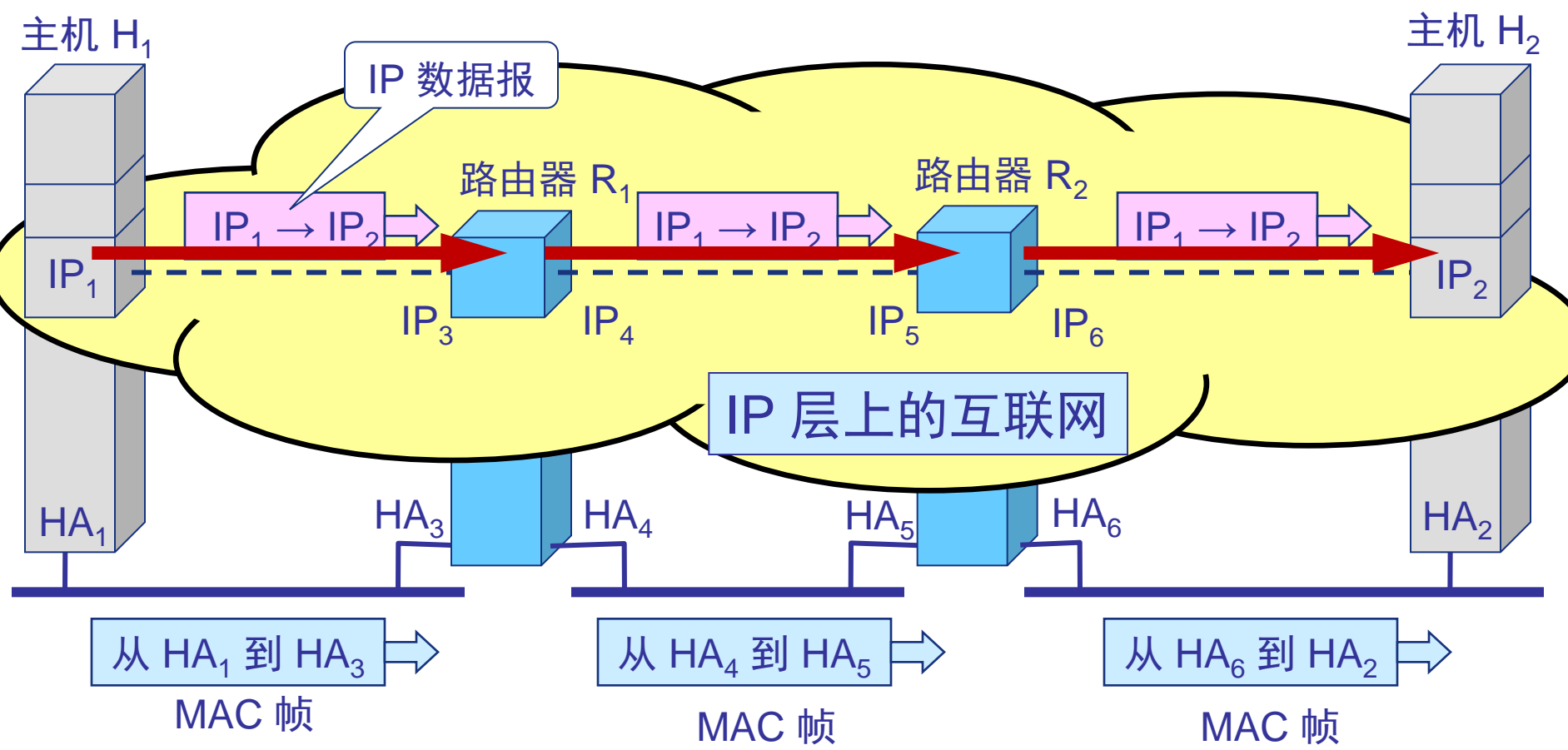
## 通信的路径

H<sub>1</sub> → 经过 R<sub>1</sub> 转发 → 再经过 R<sub>2</sub> 转发 → H<sub>2</sub>

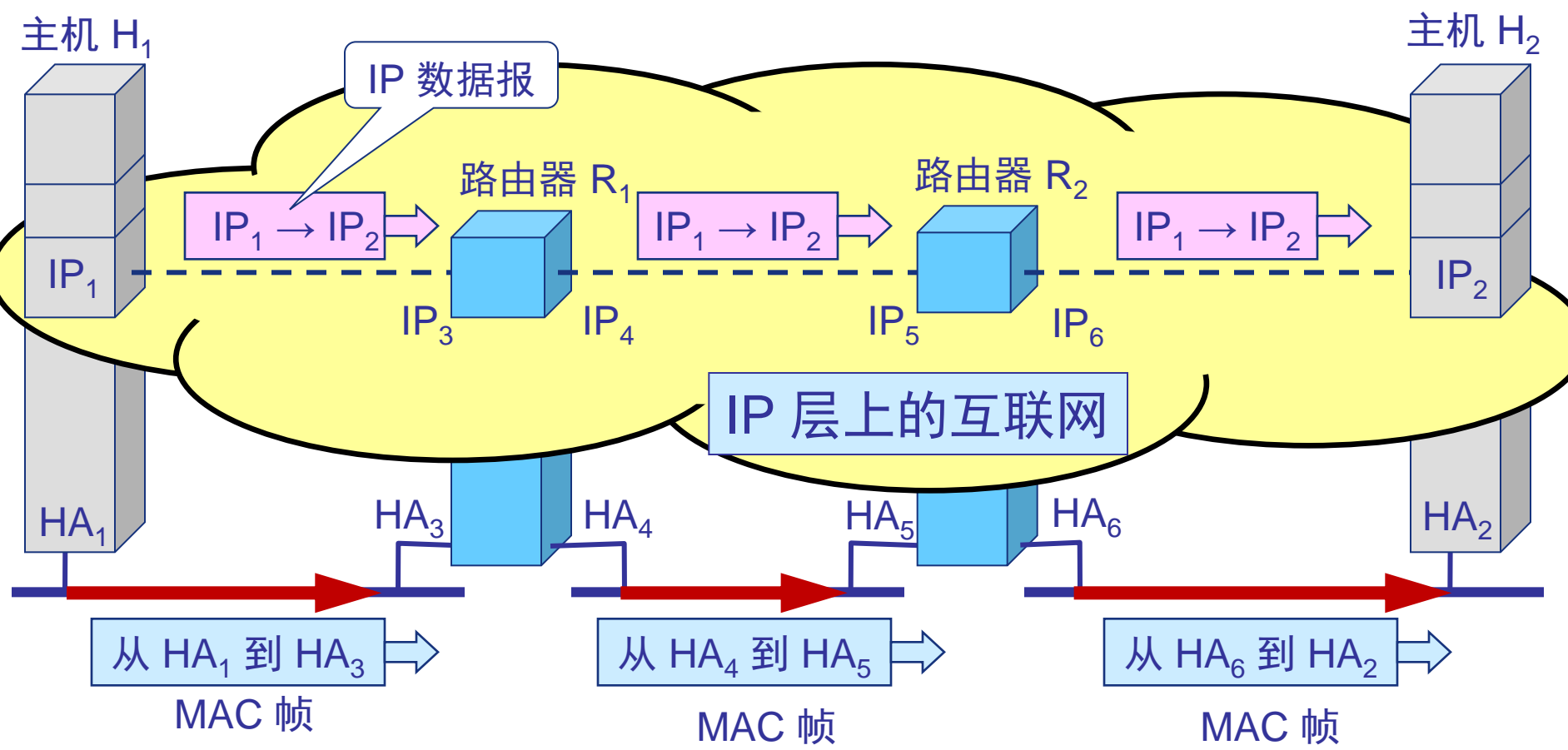
# 从协议栈的层次上看数据的流动



# 从IP层上看IP数据报的流动

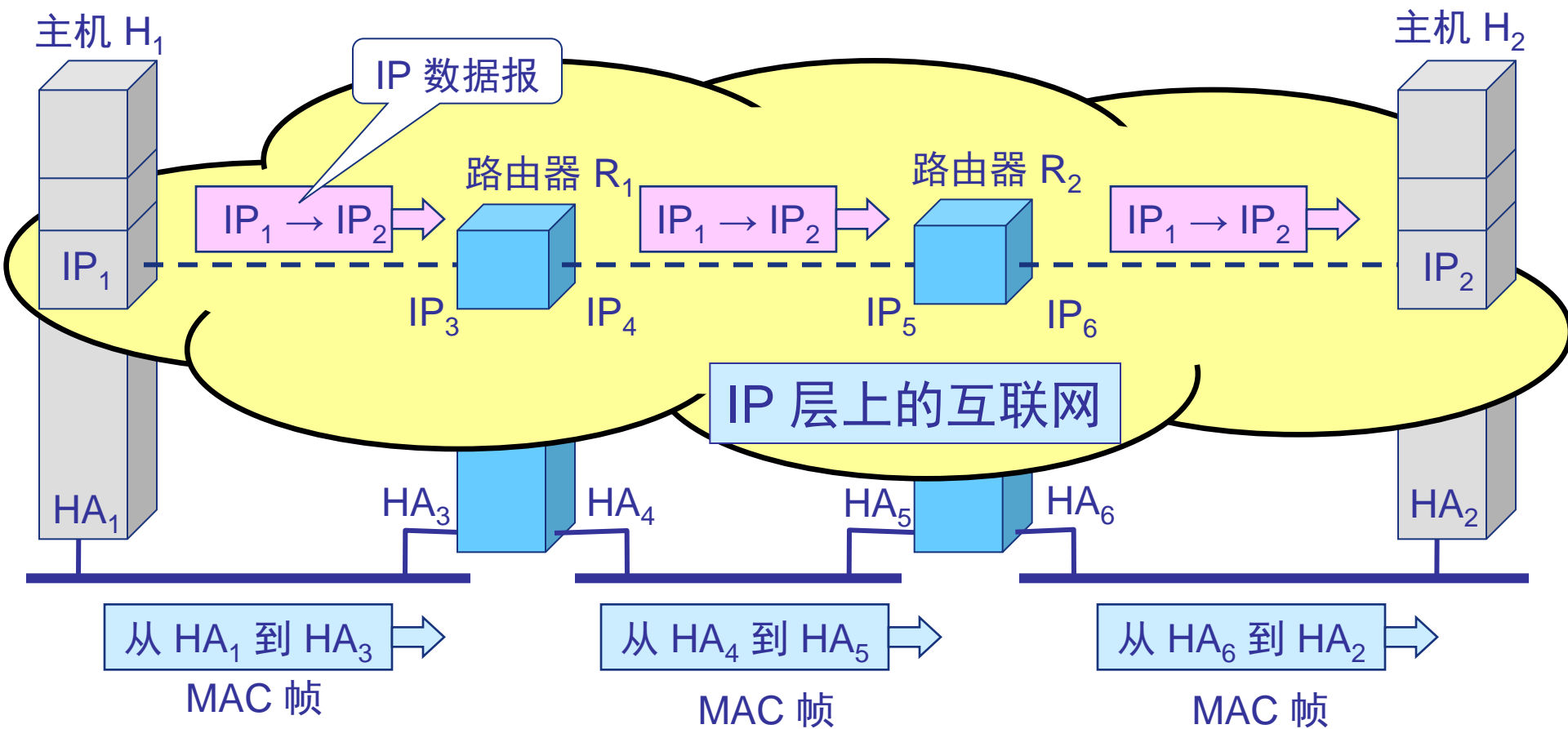


# 在链路上看 MAC 帧的流动

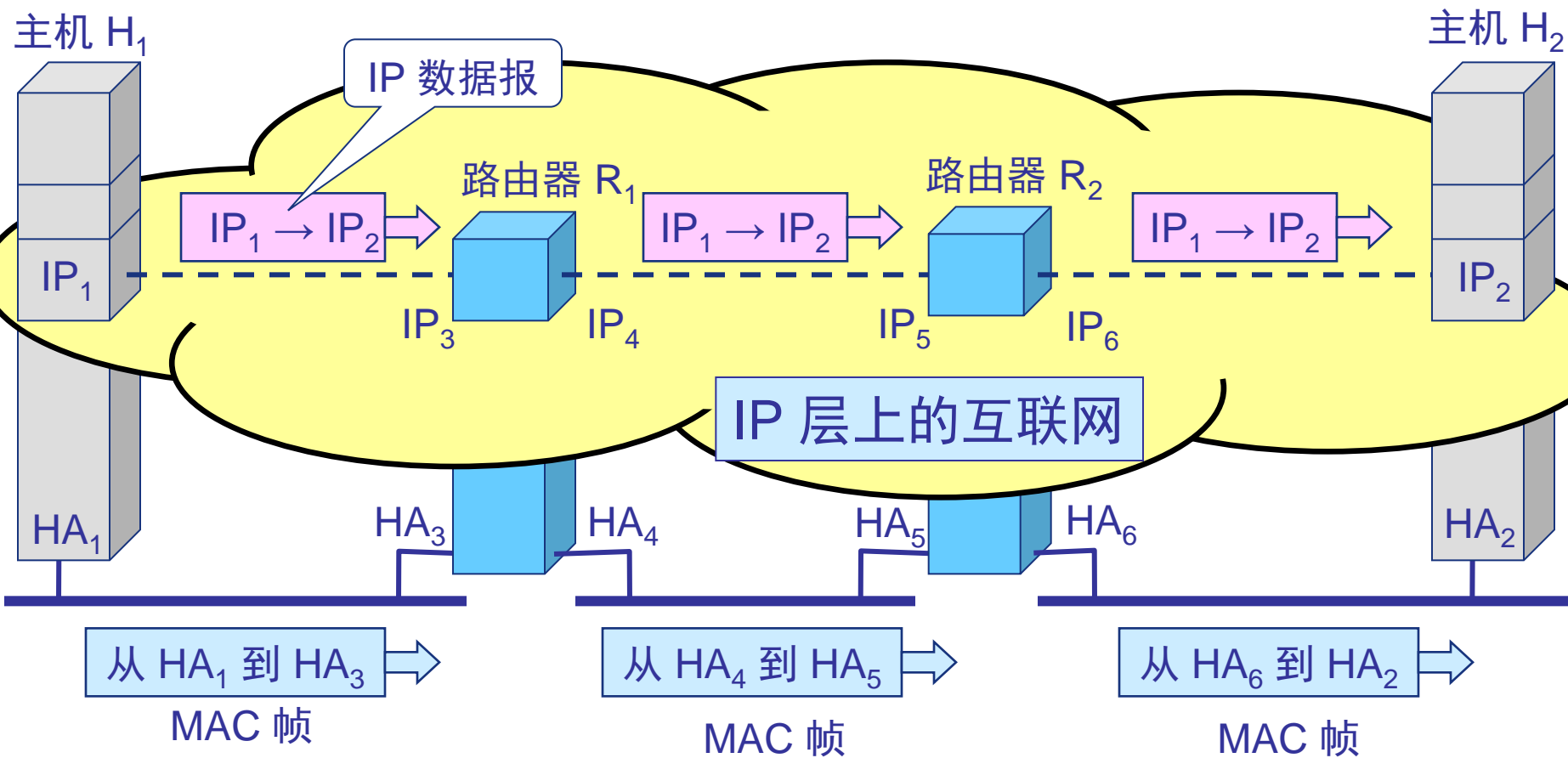


# 在 IP 层上只能看到 IP 数据报

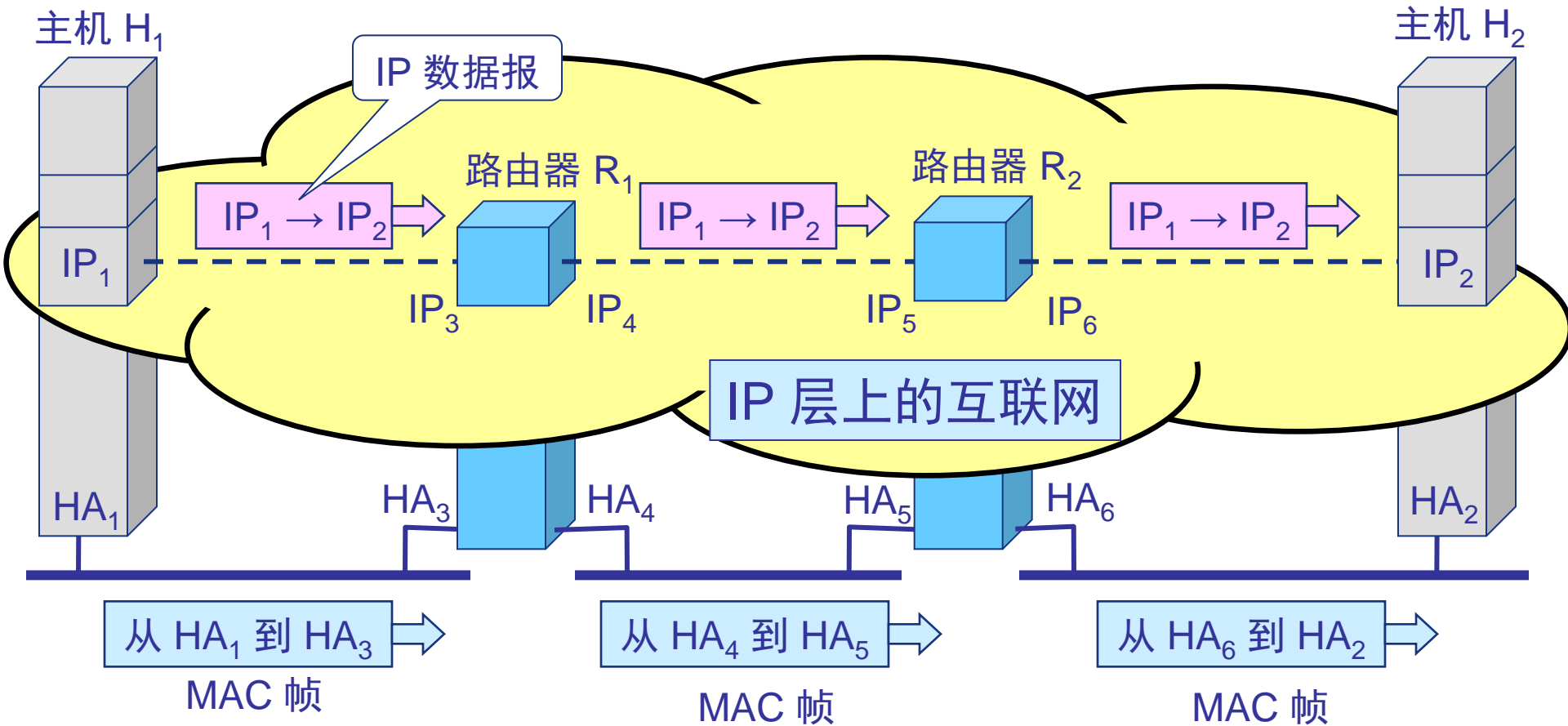
图中的  $IP_1 \rightarrow IP_2$  表示从源地址  $IP_1$  到目的地址  $IP_2$   
两个路由器的 IP 地址并不出现在 IP 数据报的首部中



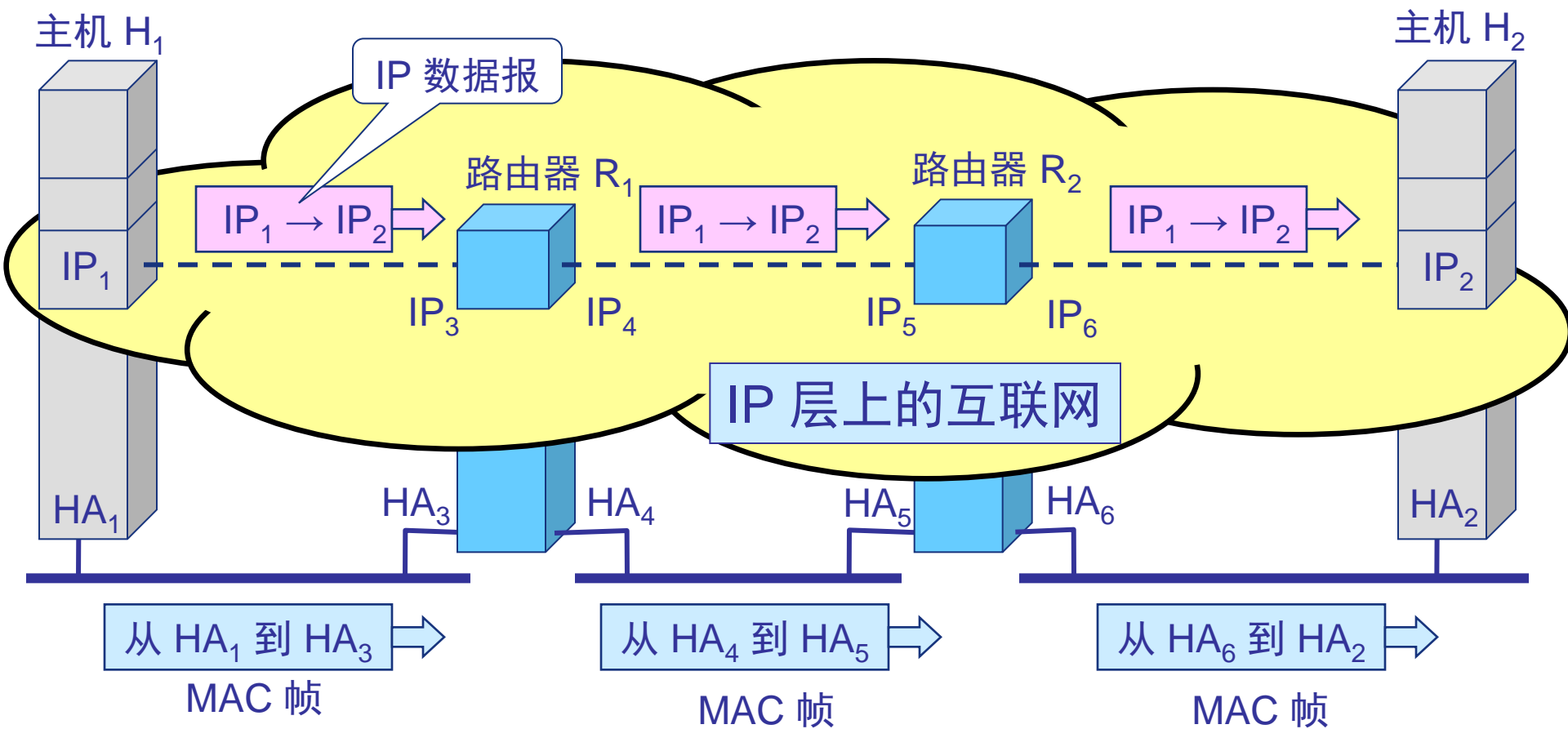
# 路由器只根据目的站的 IP 地址的网络号进行路由选择



在具体的物理网络的链路层  
只能看见 MAC 帧而看不见 IP 数据报



IP层屏蔽了下层很复杂的细节  
在抽象的IP层上讨论问题，就能够使用  
统一的、抽象的IP地址  
研究主机和主机或主机和路由器之间的通信





## 地址解析协议 **ARP** 和反向地址解析协议 **RARP**

- ❖ 不管网络层使用的是什么协议，在实际网络的链路上传送数据帧时，最终还是必须使用硬件地址。
- ❖ **地址转换协议（ARP）**的作用就是将**IP**地址转换为物理地址。每一台主机都设有一个 **ARP** 高速缓存，里面有所在的局域网上的各主机和路由器的 **IP** 地址到硬件地址的映射表。
- 对于在主机的ARP高速缓存中存在的内容，可以使用命令：**ARP -A**查看。

```
PC>arp -a
Internet Address      Physical Address      Type
192.168.2.1          0010.1173.1ede       dynamic
```



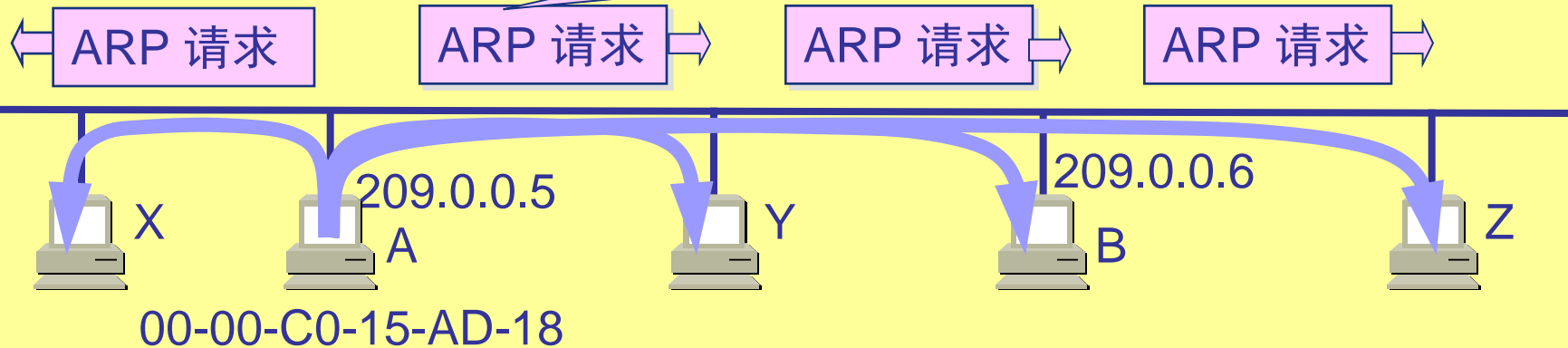
# 地址解析协议 ARP 和反向地址解析协议 RARP

- ❖ 当主机 A 欲先在其 ARP 表中查出其对应 IP 地址的 MAC 地址，然后通过局域网发送数据报时，就先在其 ARP 表中查出其对应 IP 地址的 MAC 地址。如有，就构造 MAC 帧，然后发送。
- | IP地址        | MAC地址             |
|-------------|-------------------|
| 192.168.2.2 | 00 01 01 00 13 0C |
| 192.168.2.3 | 00 01 01 00 13 06 |
| 192.168.2.4 | 00 01 01 00 13 AD |

- 也有可能查不到目的主机的IP 地址的项目，原因可能如下：
  - 目的主机才入网，其物理地址还不为其它用户所知
  - 源主机刚刚加电，其高速缓存还是空的。
- 在这种情况下，源主机就自动运行ARP，以广播方式发出请求，找出目的主机的物理地址。如图

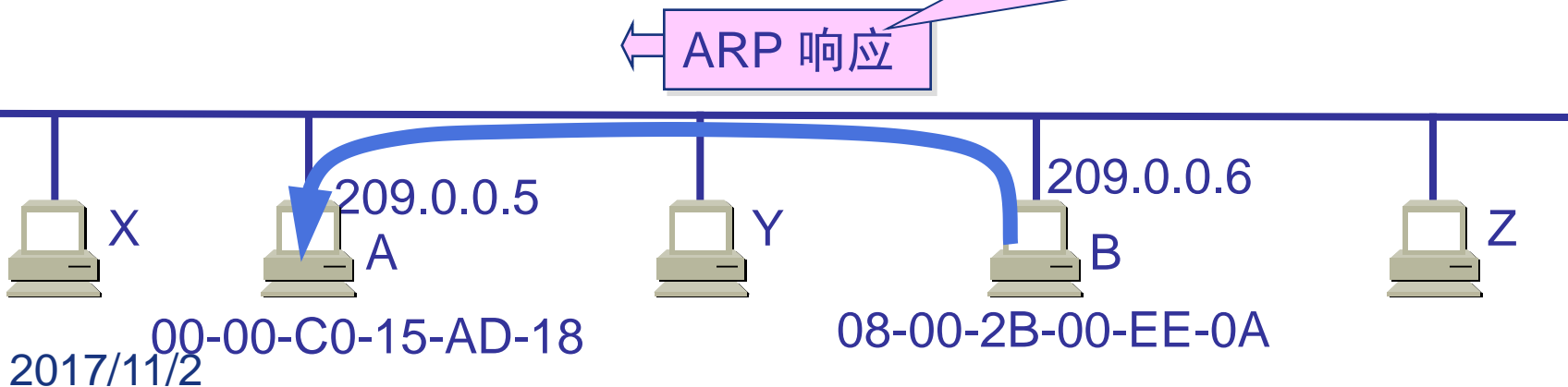
主机 A 广播发送  
ARP 请求分组

我是 209.0.0.5，硬件地址是 00-00-C0-15-AD-18  
我想知道主机 209.0.0.6 的硬件地址



主机 B 向 A 发送  
ARP 响应分组

我是 209.0.0.6  
硬件地址是 08-00-2B-00-EE-0A





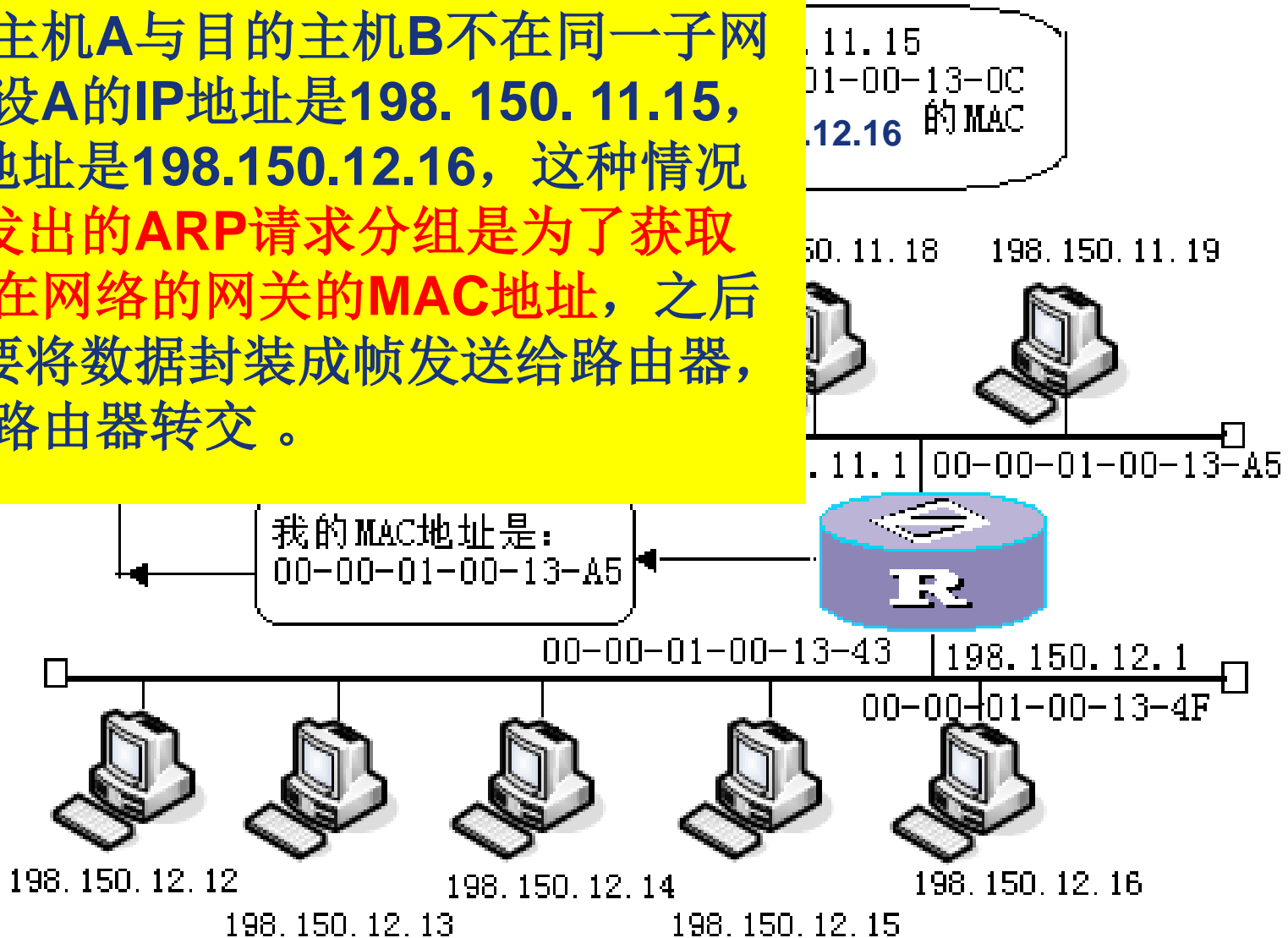
## 应当注意的问题

- ❖ **ARP** 是解决同一个局域网上的主机或路由器的 **IP** 地址和硬件地址的映射问题。
- ❖ 如果所要找的主机和源主机不在同一个局域网，那么就要通过 **ARP** 找到一个位于本局域网上的某个路由器的**硬件地址**，然后把分组发送给这个路由器，让这个路由器把分组转发给下一个网络。剩下的工作就由下一个网络来做。



## ARP协议的运行过程（通信双方在不同子网内）

如果源主机A与目的主机B不在同一子网中，假设A的IP地址是198.150.11.15，B的IP地址是198.150.12.16，这种情况下，A发出的ARP请求分组是为了获取自己所在网络的网关的MAC地址，之后A只需要将数据封装成帧发送给路由器，然后由路由器转交。





## 应当注意的问题

- ❖ 从IP地址到硬件地址的解析是自动进行的，主机的用户对这种地址解析过程是不知道的。
- ❖ 只要主机或路由器要和本网络上的另一个已知 IP 地址的主机或路由器进行通信，ARP 协议就会自动地将该 IP 地址解析为链路层所需要的硬件地址。



# 反向地址解析协议 RARP

- ❖ 反向地址解析协议 **RARP** 使只知道自己硬件地址的主机能够知道其 **IP** 地址。
- ❖ 这种主机往往是无盘工作站。因此 **RARP** 协议目前已很少使用。



# Internet控制报文协议ICMP

- ❖ **IP**数据报的交付是无连接的，即在**IP**层，数据报文并不保证数据的可靠传输，而是“尽最大努力传输”，它采用分组交换方式，不同的**IP**分组报文可以沿不同路径到达目的地，在目的地进行组装。**ICMP**协议允许主机或路由器报告差错情况和提供有关异常情况，即**ICMP**报文通常是由某个监测到**IP**分组中错误的站点产生，**ICMP**是作为**IP**报文的数据部分封装的。



- ❖ **ICMP** 报文是封装在**IP** 数据报内部的，**8**字节长，其中前**4**个字节是固定的格式，包含**8**位类型字段，**8**位代码字段和**16**位的校验和；后**4**个字节根据**ICMP**包的类型而取不同的值。其他字节则互不相同。

IP首部（20字节）	ICMP报文
------------	--------

8位类型	8位代码	16位校验和
内容（不同类型和不同代码内容不同）16位		

### ICMP报文结构



- ❖ **ICMP** 网络错误通告的数据报包括**目的端不可达通告**、**超时通告**、**参数错误通告**等，并以代码的形式通知发送数据的源端。
  
- ❖ **ICMP**报文根据类型和代码的不同，分为两类：
  - **ICMP**差错控制报文
  - **ICMP**查询报文



## 5种差错控制报文

- ❖ **终点不可达**：当路由器无法转发或交付IP数据报时，路由器就向源站发送终点不可达报文，然后丢弃该报文，例如“网络不可达”表示路由器失败，“主机不可达”表示交付失败。
- ❖ **源站抑制**：当路由器或主机由于拥塞而丢弃数据报时，就向源站发送源站抑制报文，于是源站将降低发送速率
- ❖ **时间超时**：当路由器收到的IP数据报中的TTL字段为0时，一方面丢弃该报文，同时向源站发送时间超时报文。同样，当目的站在规定的时间内不能收到一个数据报的全部片段时，就会丢弃已经收到的所有片段，同时向源站发送“时间超时”报文
- ❖ **参数问题**：当路由器或目的主机收到的IP数据报的首部中的字段出现错误时，就丢弃，并向源站发送此类报文
- ❖ **路由重定向**：路由器将改变的路由报文发送给主机，让主机知道下次应将数据报发送到另外的路由器。



## 4种查询报文：

- ❖ **ICMP回送请求和回答**：主机和路由器可以向一个特定的主机或路由器发出“回送请求”查询，收到此查询的主机或路由器发回“ICMP回送回答”报文，这种查询测试目的站是否可达等状态，例如ping命令的使用。
- ❖ **ICMP时间戳请求和回答**：请求某台主机或路由器回答当前的日期和时间，可进行时钟同步和测量时间。
- ❖ **ICMP掩码地址请求和回答**：主机向路由器发出请求并接收回答，目的是获得所在网络的子网掩码
- ❖ **路由器询问和通告**：主机将路由询问报文进行广播或多播，收到询问的路由器用通告报文广播其路由信息，其目的是为了为了使网络内的主机获得最新的路由信息，以选择更好的路由。适合于网络内有多台路由器的情况



- ❖ **ICMP** 差错报告都是采用路由器到源主机的模式，也就是说，所有的差错信息都需要向源主机报告。
- ❖ 但**ICMP** 协议并不严格规定对出现的差错采取什么处理方式。源主机接收到**ICMP** 差错报告后，常常需将差错报告与应用程序联系起来，才能进行响应的差错处理。



- ❖ 网络测试工具“**Ping**”命令和“**Tracert**”就都是基于**ICMP**实现的。
- ❖ 例如，若在主机1上输入一个“**Ping192.168.1.1**”命令，则相当于向目的主机**192.168.1.1**发出了一个以**回送请求**为消息类型的**ICMP**包，若目的主机存在，则其会向主机1发送一个以**回送应答**为消息类型的**ICMP**包；若目的主机不存在，则主机1会得到一个以**不可达目的地**为消息类型的**ICMP**错误消息包。



# 复习

1.主机什么情况下使用**ARP**协议（ ）

**A.** 知道本网段某台主机的**MAC**地址，而想获取其对应的**IP**地址

**B.** 知道本网段某台主机的**IP**地址，而想获取其对应的主机名

**C.** 知道本网段某台主机的主机名，而想获取其对应的**IP**地址

**D.** 知道本网段某台主机的**IP**地址，而想获取其对应的**MAC**地址

**D**



2.用ping命令探测另一台主机时，发送的是（ ）

A. ARP请求帧

B. ARP响应帧

C. ICMP回送回答报文

D. ICMP回送请求报文

D



3. 下列属于MAC地址的是（ ）。

A Az32:6362:2434

B Sj:2817:8288

C GGG:354:665

D A625:cbdf:6525

D



# 小结

本教学单元里学习了以下内容：

- 掌握ARP、RARP、ICMP三个网络层协议

**Thank you!**