

网络技术与信息安全



第3讲：路由器组网基础

河南中医药大学信息技术学院
网络技术课程教学组

本章教学目标

- 掌握路由器的工作原理（互联、转发）
- 熟悉路由表各字段含义
- 掌握直连路由、静态路由、缺省路由的配置与应用
- 理解路由器与交换机的不同

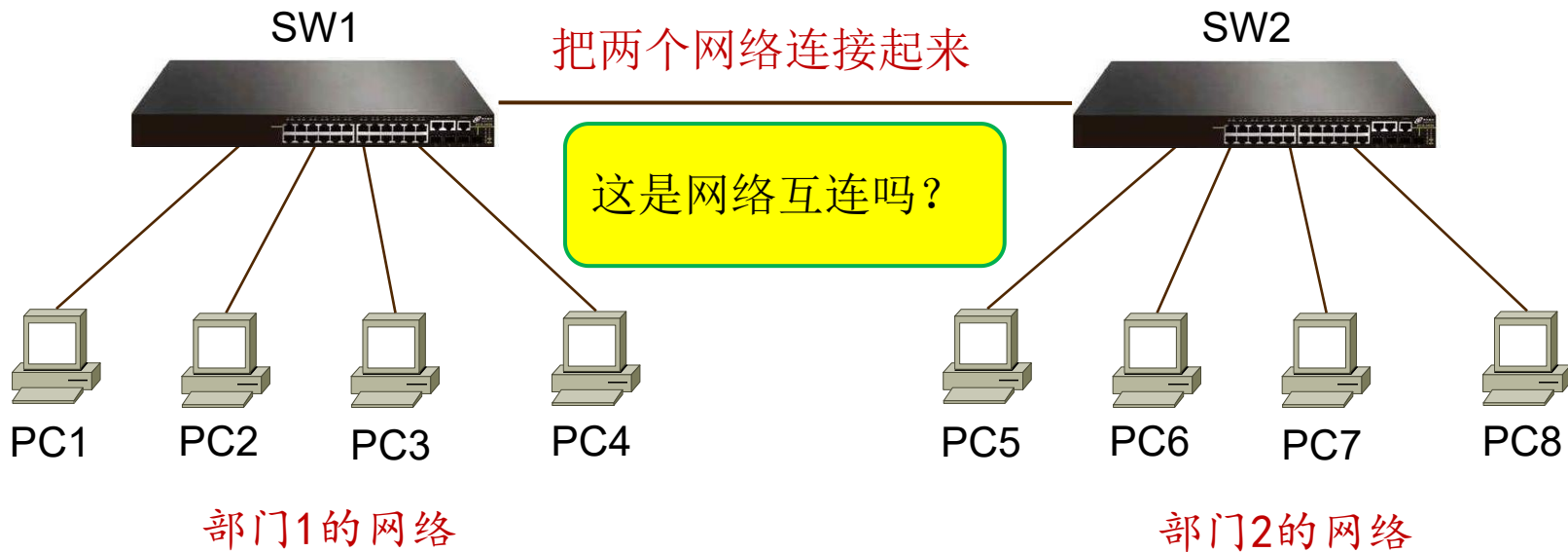


一、认识路由器

认识路由器

□ 交换机组网存在的问题

- 将网络互连起来要使用一些中间设备

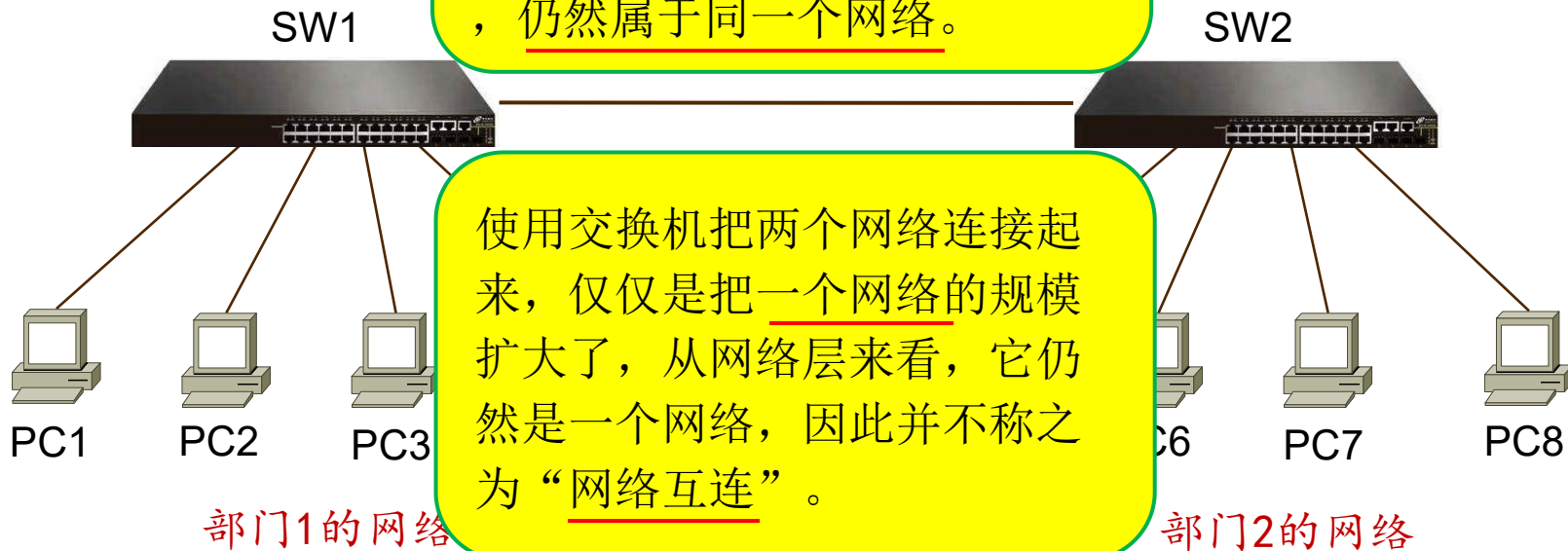


认识路由器

交换机组网存在的

■ 将网络互连起来要

交换机是数据链路层设备，两台交换机互连以后，所有的接口仍然属于同一个广播域。
即交换机互连以后形成的网络，仍然属于同一个网络。



认识路由器

□ 交换机组网存在的问题

- 交换机并不能无限制地级联下去，超过一定数量的交换机级联，最终会由于“广播”的问题，从而导致网络性能的严重下降。（规模有限）
- 不仅如此，交换机所连接的网络必须是同种网络，例如以太网交换机只能连接以太网，而不能连接令牌环网。（连接有限）
- 还有，利用交换机组建的网络中，各个主机的IP地址必须属于同一网络，否则就不能通信。即不同网络无法通过交换机实现通信。（功能有限）
- 要想解决上述问题，就需要用到路由器。

认识路由器

□ 路由器的基本功能

■ 路由器(Router)，是实现网络互联的核心设备。

- 路由器也是一个**多接口**的网络设备，可将不同（不同网段或不同类型）网络互联起来，实现不同网络间的报文转发。也被称作**网际互连设备**。
- 核心功能：**互联**（不同网络）、**转发**（在不同网络间转发报文）



思科路由器



华为AR6300-S万兆路由器

认识路由器

先从路由器接口的角度，谈谈如何把不同网络互联起来

认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

■ 接口类型

- 路由器具有非常强大的网络连接和路由功能，它可以与各种各样的不同网络进行物理连接，这就决定了路由器的接口技术非常复杂；
- 路由器的接口主要包括
 - 管理配置接口
 - 局域网接口
 - 广域网接口

认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

■ 接口类型 —— 管理配置接口

- Console口：管理员可通过Console口对路由器进行配置管理；
- 通过console配置线连接配置电脑和路由器设备，采用串口协议方式配置。



认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

■ 接口类型 —— 与局域网的接口

➤ 以太网接口

■ RJ-45接口（FE、GE）

➤ 光纤接口

■ SC口等，用于光纤介质连接，常用于高速局域网



GE接口



FE接口

认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

■ 接口类型 —— 与广域网的接口

- **Ethernet接口**：以太网接口，例如GE接口
- **serial接口（高速同步串口）**：传输方式、支持的速度、使用的协议都与Ethernet接口不相同。Serial口多封装 PPP协议或Frame-Relay协议，用于广域网连接。
- **POS接口**： POS(Packet Over SONET/SDH) 技术支持光纤介质，它是一种高速、先进的广域网连接技术。在路由器上插入一块POS模块，路由器就可以提供POS接口。
-

认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

- 说明：本课程中，关于路由器接口的配置，都是针对以太网接口。

认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

■ 路由器接口的MAC地址与IP地址

- 路由器上的每个以太网接口，都具有独立的MAC地址。（对比交换机？）
- 不仅如此，在使用过程中，管理员还要根据联网需要，给路由器的每个以太网接口配置独立的IP地址。（对比交换机）
- 由于路由器的每个网络接口要连接不同的网络，因此路由器每个网络接口的IP地址不仅不能一样，而且必须具有不同的网络号。
- 因此，路由器的每个接口，就是一个独立的广播域。（对比交换机）
- 路由器必须经过配置才能正常工作，其中一项重要的配置操作，就是给路由器接口配置IP地址。

认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

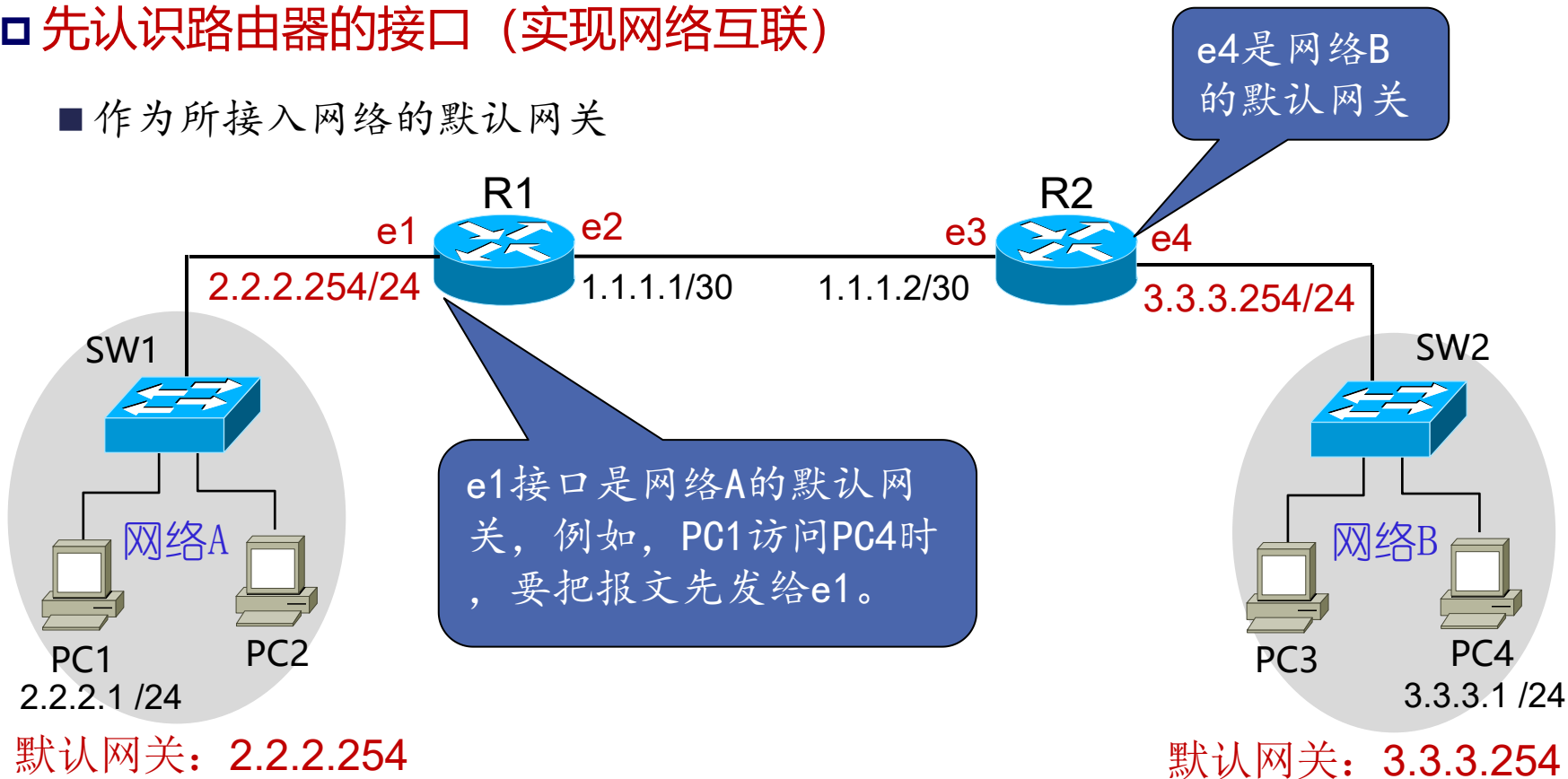
■ 作为所接入网络的默认网关

- 【复习】当源主机与目的主机不在同一网络时（IP地址的网络号不同），源主机无法将数据包直接发送给目的主机，而是先把数据包发给自己的默认网关。然后，由默认网关进行后续转发。
- 路由器接口可连接不同的网络，并且具有独立的MAC地址和IP地址，因此，通常将路由器接口作为其直连网络的默认网关。即直连网络中的各主机要将自己的默认网关地址，设置成路由器接口的IP地址。
- 注意：主机的IP地址一定要与自己默认网关的IP地址在同一网段，否则无法将数据包直接发给默认网关（提示：ARP的作用）
- 举例

认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

■ 作为所接入网络的默认网关



□ 配置主机的默认网关

- 在Windows操作系统中配置主机IP地址和默认网关。



□ 配置主机的默认网关

- 在Linux操作系统中，使用vi命令编辑网卡配置文件（此处为ifcfg-enp0s3），从而配置主机的IP地址和默认网关

```
#vi /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-enp0s3
```

```
TYPE=Ethernet
```

```
PROXY_METHOD=none
```

```
BROSWSET_ONLY=no
```

```
BOOTPROTO=static
```

```
DEFROUTE=yes
```

```
.....
```

```
DEVICE=enp0s3
```

```
ONBOOT=yes
```

```
IPADDR=192.168.100.200      本机IP地址
```

```
NETMASK=255.255.255.0
```

```
GATEWAY=192.168.100.254      默认网关地址
```

```
ONBOOT=yes
```

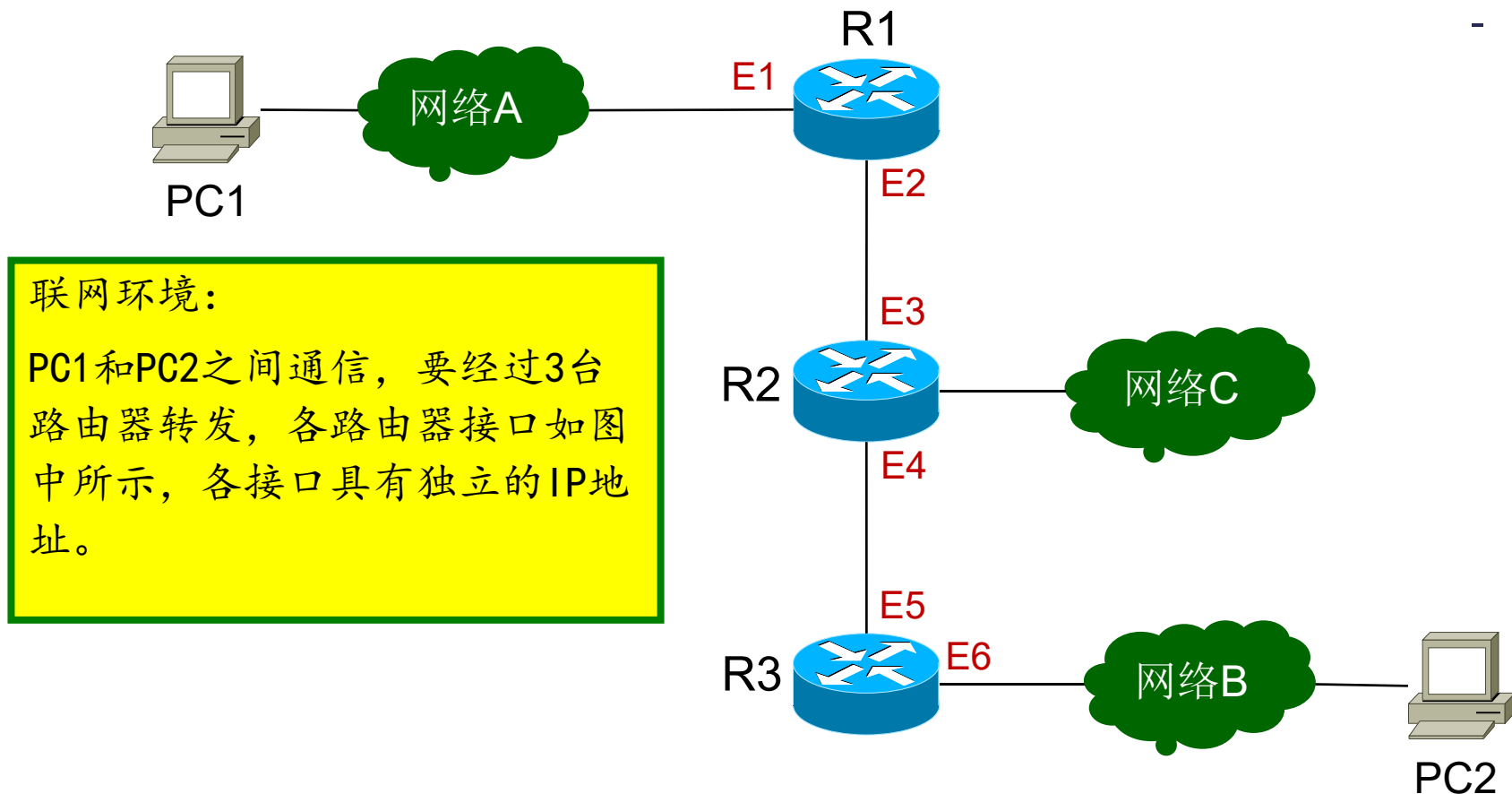
认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

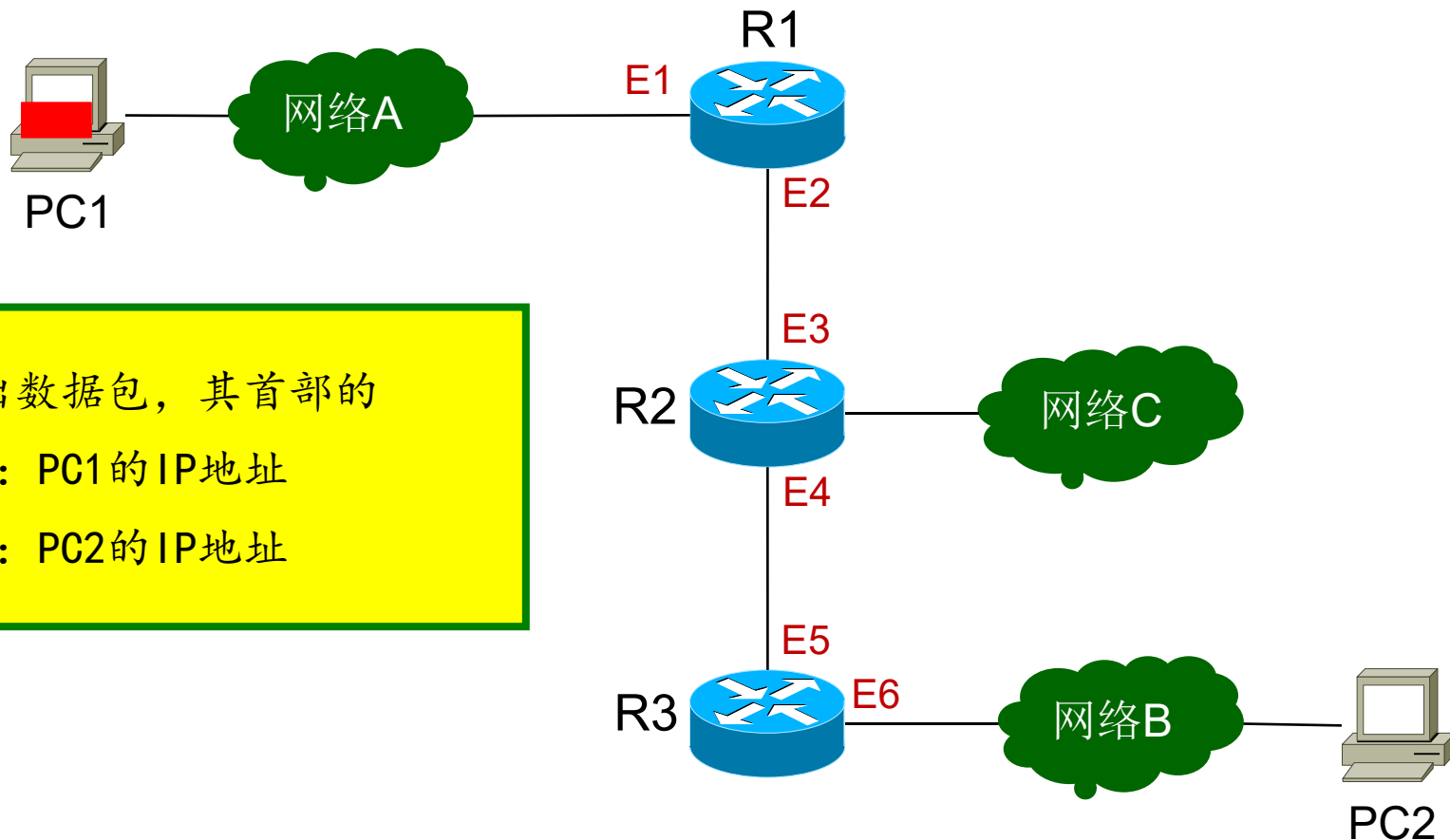
■ 作为通信过程中，数据包的“下一跳”

- 当通信过程要经过多个路由器，即默认网关无法将收到的数据包直接转发到目的网络时，路由器（依据路由表）可以将数据包转发至与自己相邻的、另一台路由器的接口，然后由该路由器完成后续的转发工作。
- 这里的“相邻的、另一个路由器的接口”，就是该数据包下一步要到达的地方，即“下一跳”。
- 举例

◆ 动画演示：路由器接口作为“下一跳”

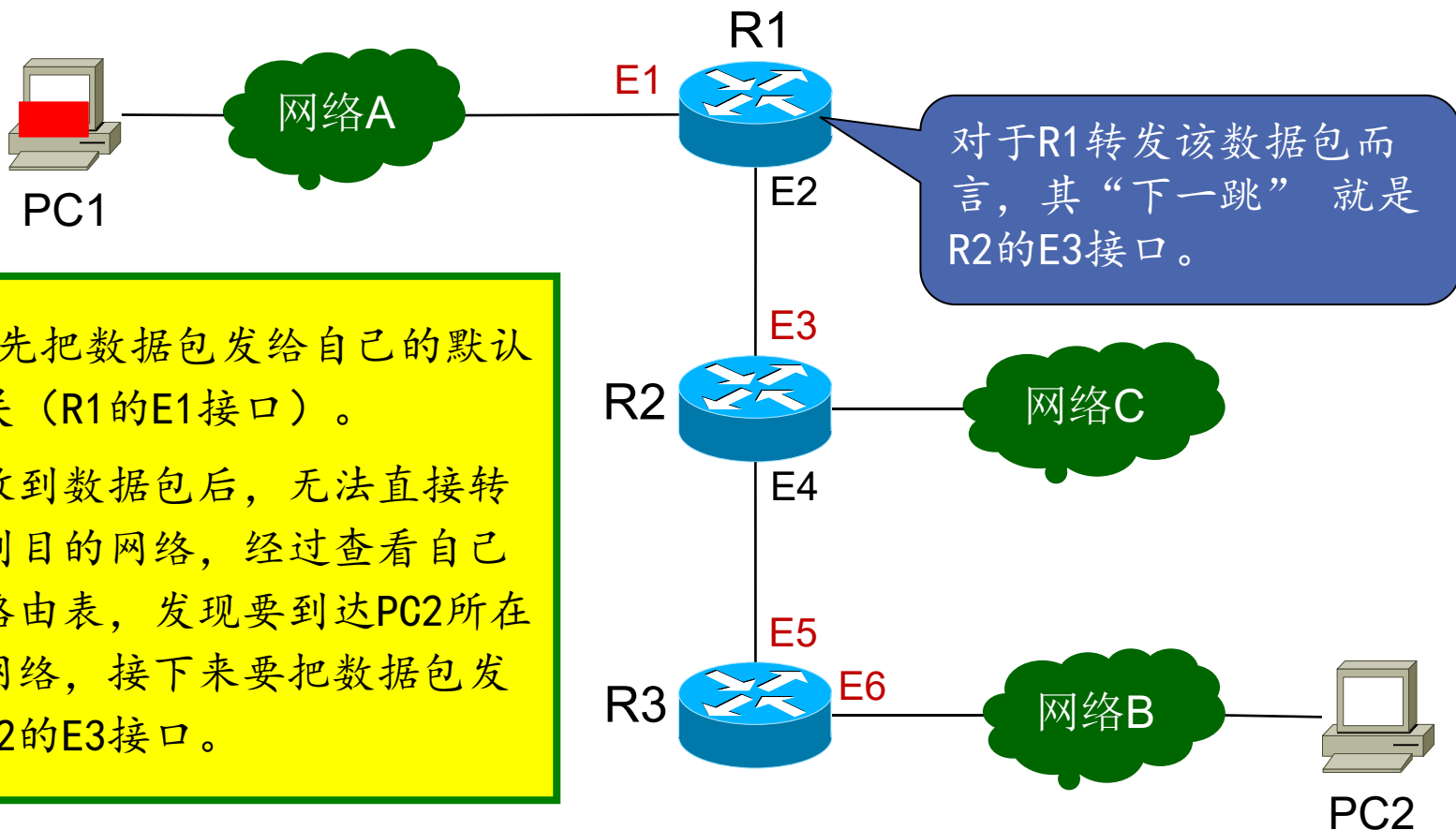


◆ 动画演示：路由器接口作为“下一跳”



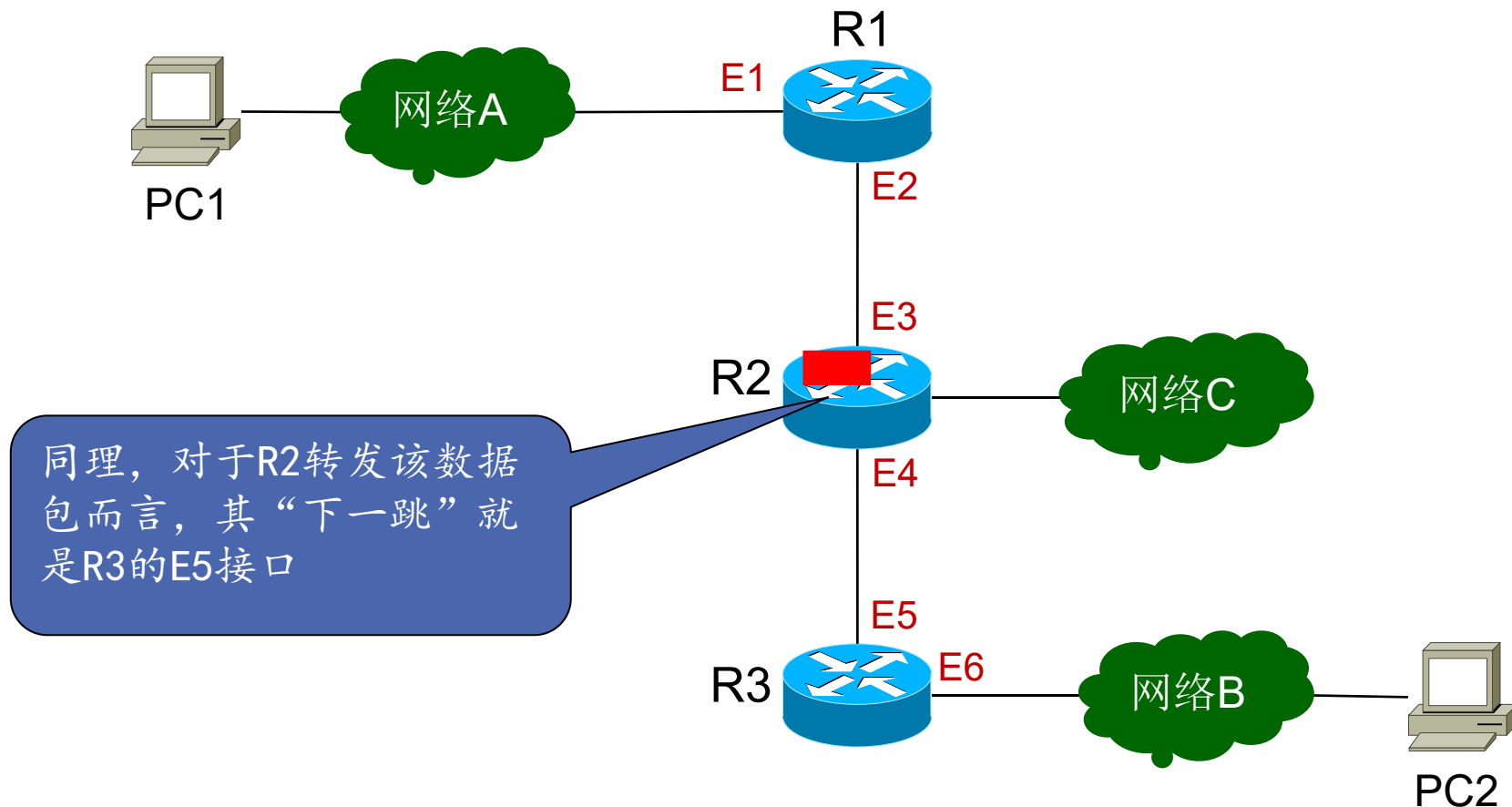
PC1发出数据包，其首部的
源IP：PC1的IP地址
目的IP：PC2的IP地址

◆ 动画演示：路由器接口作为“下一跳”

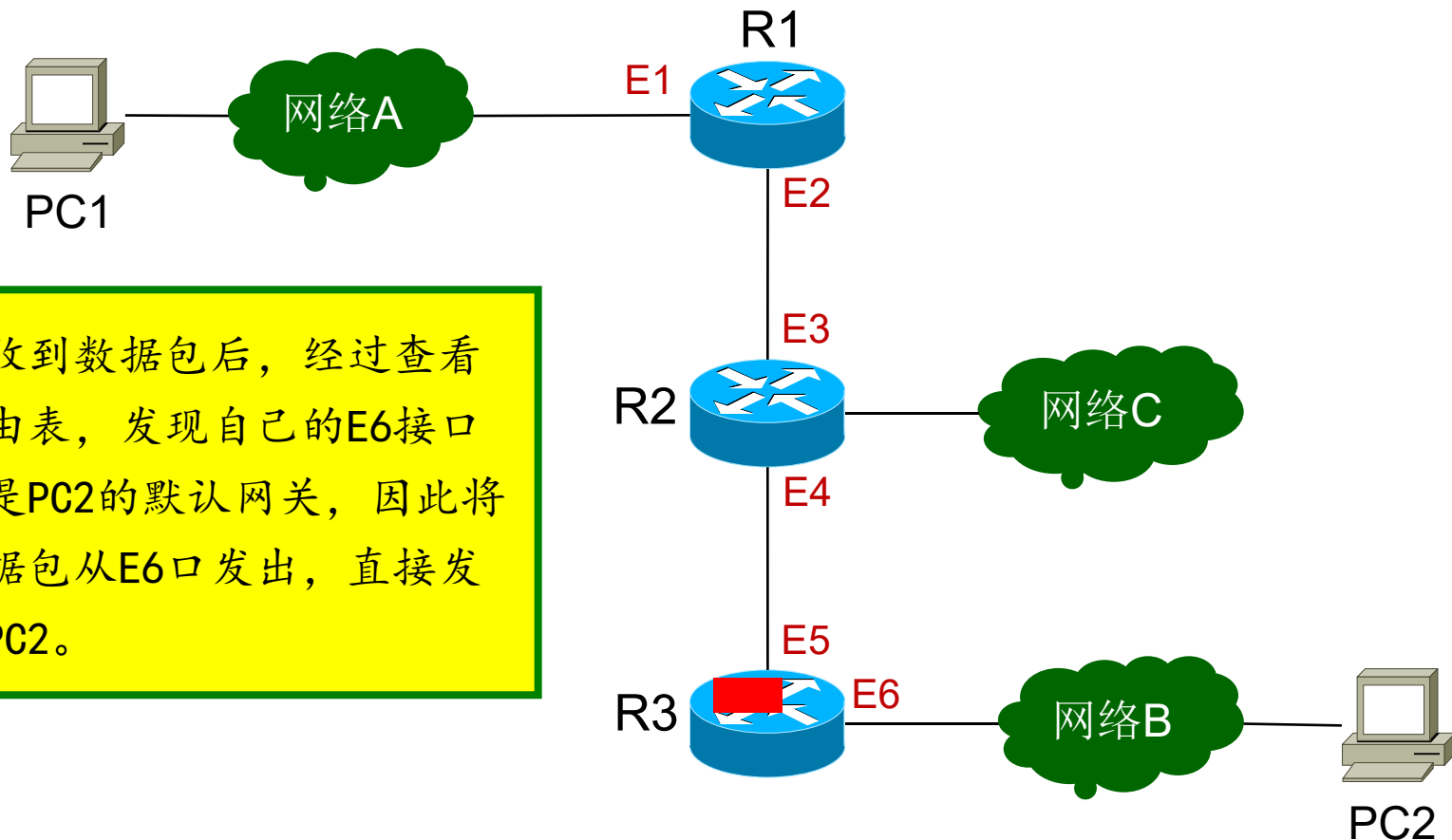


1. PC1先把数据包发给自己的默认网关（R1的E1接口）。
2. R1收到数据包后，无法直接转发到目的网络，经过查看自己的路由表，发现要到达PC2所在的网络，接下来要把数据包发给R2的E3接口。

◆ 动画演示：路由器接口作为“下一跳”



◆ 动画演示：路由器接口作为“下一跳”



3. R3收到数据包后，经过查看路由表，发现自己的E6接口就是PC2的默认网关，因此将数据包从E6口发出，直接发给PC2。

认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

■ 作为通信过程中，数据包的“下一跳”

➤ **总结：**（一台）路由器**通常**并不负责把报文“送到家”，只负责把报文转发到正确的“下一站”。

➤ **问：**为何是“通常”？

- 若路由器的某个接口正是目的主机的默认网关，则路由器接口直接把报文发给目的主机。



认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

■ 对报文进行“解封装”和“封装”

- 路由器属于“三层设备”，包含下三层功能。所以路由器接口通常也被称作“三层接口”，它既可以识别报文首部的MAC地址，也可以识别报文首部的IP地址。
- 当路由器收到一个报文后，接口的数据链路层和网络层会分别读取报文首部的目的MAC地址和目的IP地址，然后进行相应的处理。

认识路由器

□ 先认识路由器的接口（实现网络互联）

■ 对报文进行“解封装”和“封装”

➤ 解封装（接收报文）

- 接收数据帧：从物理接口(如以太网口)接收数据链路层帧(如以太网帧)
- 解封装至网络层：剥离数据链路层头部(MAC地址)，提取网络层数据包(IP包)
- 检查目的IP地址：查看IP包首部的目的IP地址，确定是本接口IP或需转发；

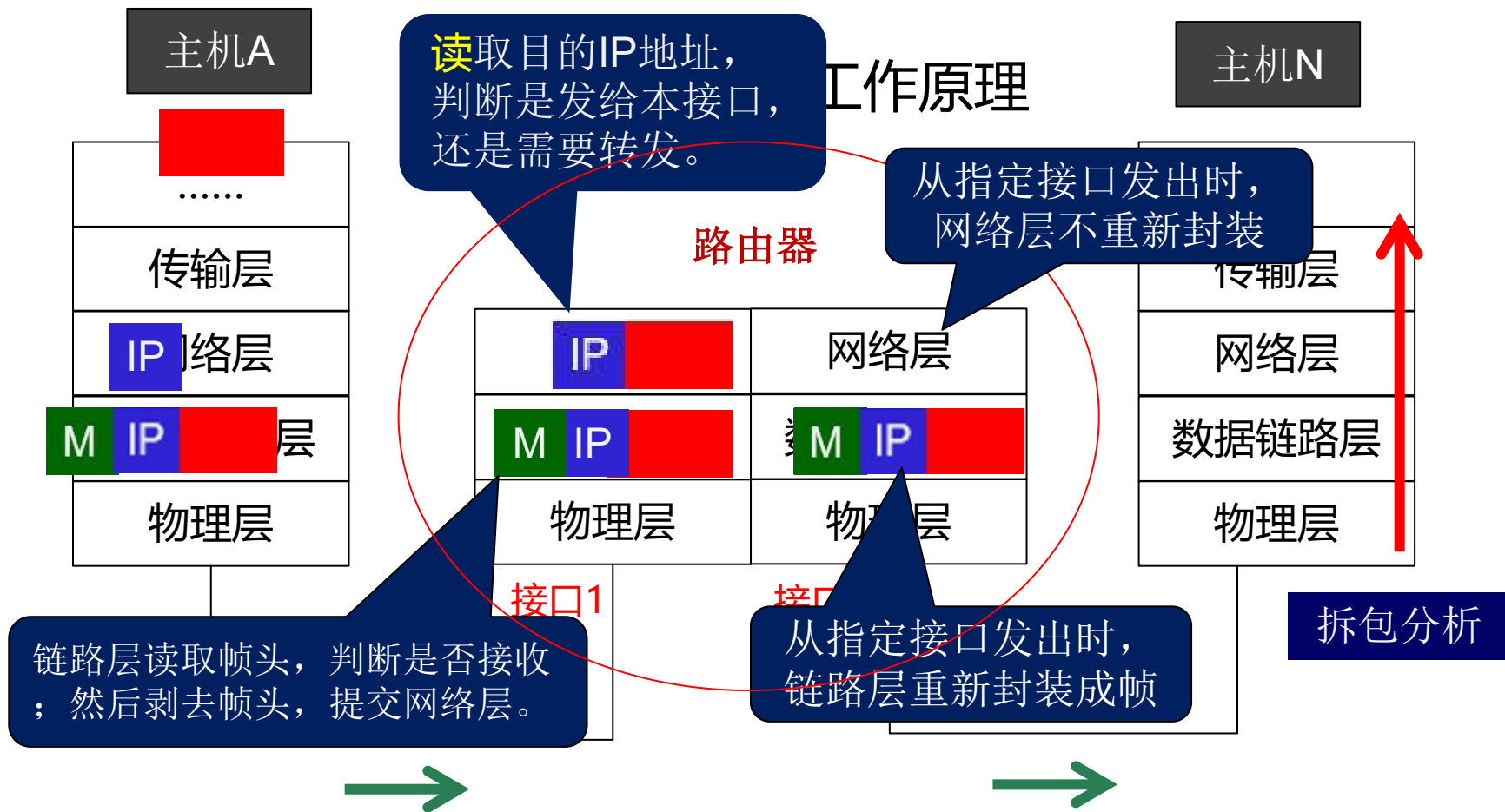
➤ 封装（转发报文）

- 重新封装数据帧：根据出接口类型(如以太网、PPP)，添加新的数据链路层首部
- 转发数据包：将帧发送到下一跳设备或目的主机

➤ 动画演示

◆ 动画演示：路由器接口的解封封装和封装

工作原理



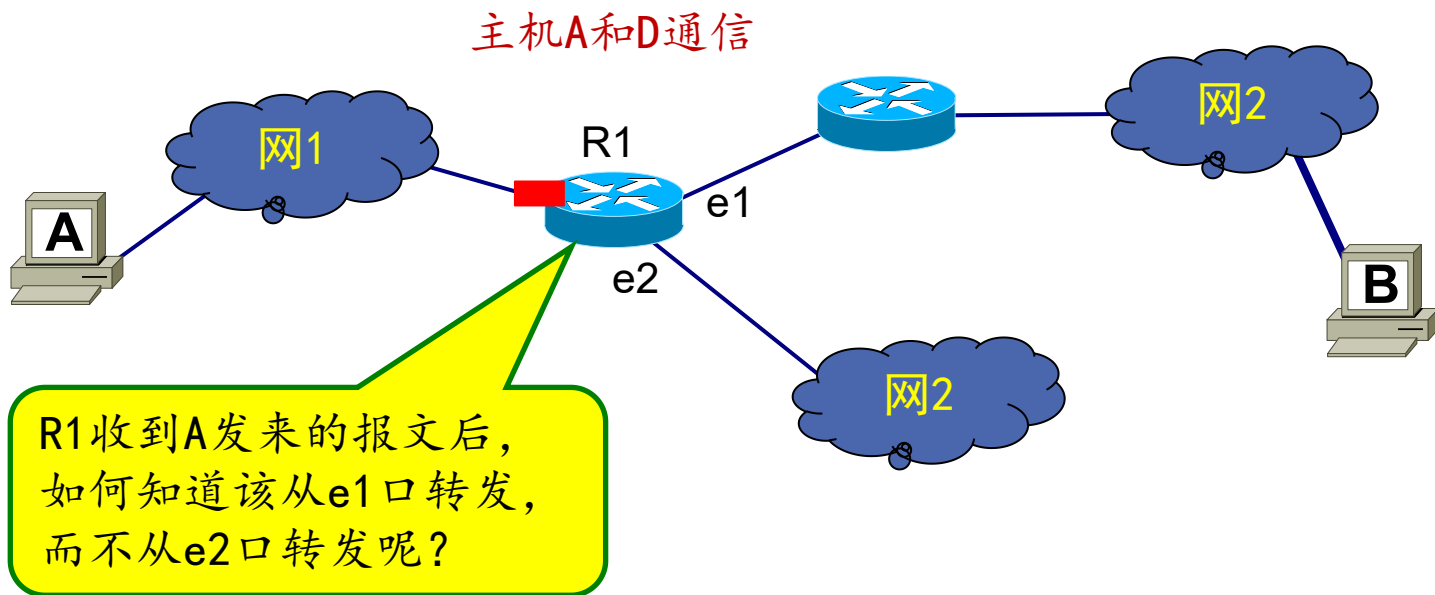
二、认识路由表

接下来谈谈路由器为什么能够在不同网络间转发数据包？

认识路由表

□ 路由器为什么能够在不同网络间转发数据包？

■ 当路由器收到一个报文(分组), 如何知道接下来该从哪个接口转发出去呢？



认识路由表

□ 路由器为什么能够在不同网络间转发数据包？

■ 因为路由器中有路由表！路由表中有前往各个目的网络的路由信息！

- 路由器是支持各种路由选择协议的，包括静态路由协议和动态路由协议（例如RIP、OSPF等）。
- 通过管理员的手工配置，或者执行路由协议，路由器可获取到达各目的网络的路由信息。例如，某园区网内各路由器执行RIP协议，通过相互交换路由报文，使得每一台路由器都知道到达园区网中某个子网络该如何走（准确的说，是知道“到达目的网络A，‘下一步’怎么走”）。
- 路由器将上述到达各个目的网络的路由信息，保存在路由表中。并根据路由表，实现报文在不同网络间的转发。

认识路由表

□ 路由器为什么能够在不同网络间转发数据包？

■ 按照路由表进行报文转发

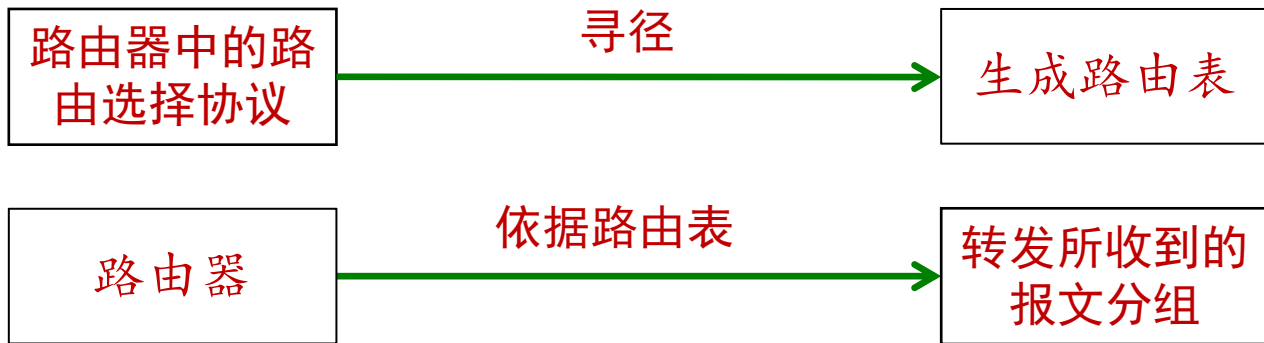
- 当路由器接口收到一个报文后，会分析报文首部的目的IP地址，然后通过某种查找算法（例如使用二叉线索查找转发表），查找该目的IP地址与路由表中哪条记录匹配。
- 若匹配上，就根据该记录所提供的路径，将报文从指定的路由器接口送出去；
- 若没有匹配上，则丢弃该报文。

认识路由表

□ 路由器为什么能够在不同网络间转发数据包？

■ 注意，路由表的形成和报文转发是相互独立的

- 路由表是通过执行路由选择协议（包括动态或者静态路由选择协议）形成的，这一过程也被称为“寻径”。
- 转发报文的过程不需要寻径操作的参与，而仅仅使用寻径的结果——路由表。



认识路由表

□ 路由表和转发表

- 路由器中包含路由表和转发表(即FIB, Forward Information Base);
- 路由表内容的核心是三元素: 目的网络、掩码、下一跳, 而转发表的内容更详细, 还包括输出端口信息等。
- 路由表用来决策路由, 转发表直接作用于分组。路由表是转发表生成的依据, 即转发表通过路由表生成。
- 本课程不再区分路由表和转发表, 统称为“路由表”。

认识路由表

□ 路由表里面有什么？

[R-2]display ip routing-table

华为路由器 **display ip routing-table**

Route Flags: R - relay, D - download to fib

Routing Tables: Public

Destinations : 16

Routes : 16

<u>Destination/Mask</u>	<u>Proto</u>	<u>Pre</u>	<u>Cost</u>	<u>Flags</u>	<u>NextHop</u>	<u>Interface</u>
10.0.0.4/30	Direct	0	0	D	10.0.0.5	GigabitEthernet0/0/1
10.0.5.0/30	Direct	0	0	D	10.0.5.2	GigabitEthernet0/0/3
172.16.1.0/24	Static	60	0	RD	10.0.0.6	GigabitEthernet0/0/1
192.168.64.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0
192.168.65.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0

认识路由表

□ 路由表里面有什么？

■ Destination/Mask（目的网络）

► 表示“目的网络及其地址掩码”

Destination/Mask	Proto	Pre				
10.0.0.4/30	Direct	0				Interface0/0/1
10.0.5.0/30	Direct	0	0	D	10.0.5.2	GigabitEthernet0/0/3
172.16.1.0/24	Static	60	0	RD	10.0.0.6	GigabitEthernet0/0/1
192.168.64.0/24	RIP					GigabitEthernet0/0/0
192.168.65.0/24	RIP					GigabitEthernet0/0/0

“Mask”指地址掩码（即子网掩码），其值表示掩码中“1”的个数，即网络前缀的长度。例如“24”表示前24位是网络位，对应的子网掩码是255.255.255.0

“Destination”通常用目的网络地址表示（例如172.16.1.0），而不是目的主机地址

认识路由表

□ 路由表里面有什么？

■ Proto（路由来源协议）

- 表示该路由的协议类型，即路由器获取该路由条目的方式。
- 常见的协议类型包括3种：直连路由、静态路由、动态路由

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.0.0.4/30	<u>Direct</u>	0	0	D	10.0.0.5	GigabitEthernet0/0/1
10.0.5.0/30	Direct	0	0	D	10.0.5.2	GigabitEthernet0/0/3
172.16.1.0/24	<u>Static</u>	60	0	RD	10.0.0.6	GigabitEthernet0/0/1
192.168.64.0/24	<u>RIP</u>	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0
192.168.65.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0

认识路由表

□ 路由表里面有什么？

■ Proto（路由来源协议）

- **Direct**：直连路由，通过物理接口直接连接的网络产生。管理员给路由器接口配置IP地址后，即可自动生成直连路由。
- **Static**：静态路由。说明该路由记录是管理员手工配置的。
- **RIP**：路由信息协议（动态路由）。说明该路由记录是通过RIP协议获取到的路由信息。
- **OSPF**：开放最短路径优先协议（动态路由）。说明该路由记录是通过OSPF协议获取到的路由信息。

认识路由表

□ 路由表里面有什么？

■ Pre（优先级）

- 优先级用来标识不同路由的可靠性，数值越小越优：当存在多条到达同一目的地的路由时，设备优先选择优先级数值较小的路由条目
- 华为设备Pre默认值：直连路由(0)、静态路由(60)，RIP(100)，OSPF(10)。

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.0.0.4/30	Direct	0	0	D	10.0.0.5	GigabitEthernet0/0/1
10.0.5.0/30	Direct	0	0	D	10.0.5.2	GigabitEthernet0/0/3
172.16.1.0/24	Static	60	0	RD	10.0.0.6	GigabitEthernet0/0/1
192.168.64.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0
192.168.65.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0

认识路由表

□ 路由表里面有什么？

■ Cost（开销值）

- ▶ 当路由器通过同一种方式获取到多条去往同一网络的路由时，路由器根据Cost值来判断哪条路径更优。不同协议对于计算Cost值会使用不同的参数、按照不同的标准来计算，但总的来说，开销值越小，优先级越高。

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.0.0.4/30	Direct	0	0	D	10.0.0.5	GigabitEthernet0/0/1
10.0.5.0/30	Direct	0	0	D	10.0.5.2	GigabitEthernet0/0/3
172.16.1.0/24	Static	60	0	RD	10.0.0.6	GigabitEthernet0/0/1
192.168.64.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0
192.168.65.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0

认识路由表

□ 路由表里面有什么？

■ Flags（路由标记）（有的路由器不包含此项）

- Flags即路由标记。R，是relay的首字母，说明是迭代路由，会根据路由下一跳的IP地址获取出接口。配置静态路由时如果只指定下一跳IP地址，而不指定出接口，那么就是迭代路由，需要根据下一跳IP地址的路由获取出接口。D，是download的首字母，表示该路由下发到FIB表中。FIB的全称是转发信息库（Forwarding Information Base）。

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.0.0.4/30	Direct	0	0	D	10.0.0.5	GigabitEthernet0/0/1
10.0.5.0/30	Direct	0	0	D	10.0.5.2	GigabitEthernet0/0/3
172.16.1.0/24	Static	60	0	RD	10.0.0.6	GigabitEthernet0/0/1
192.168.64.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0
192.168.65.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0

认识路由表

□ 路由表里面有什么？

■ NextHop（下一跳）

- ▶ 下一跳。每个路由表条目都会指明转发数据包的下一跳地址，这个地址通常是相邻路由设备某个接口的IP地址。

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.0.0.4/30	Direct	0	0	D	10.0.0.5	GigabitEthernet0/0/1
10.0.5.0/30	Direct	0	0	D	10.0.5.2	GigabitEthernet0/0/3
172.16.1.0/24	Static	60	0	RD	10.0.0.6	GigabitEthernet0/0/1
192.168.64.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0
192.168.65.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0

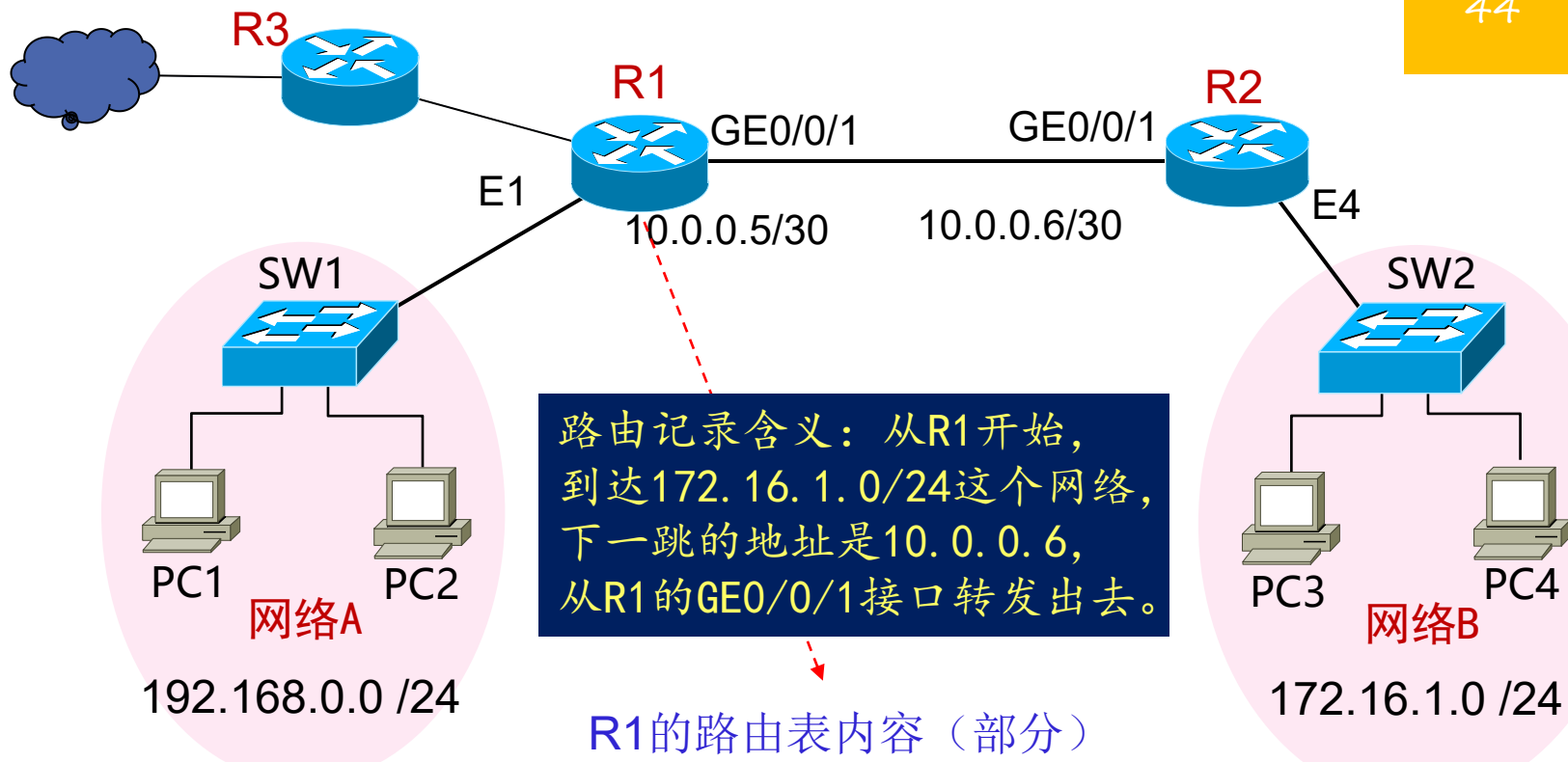
认识路由表

□ 路由表里面有什么？

■ Interface（出接口）

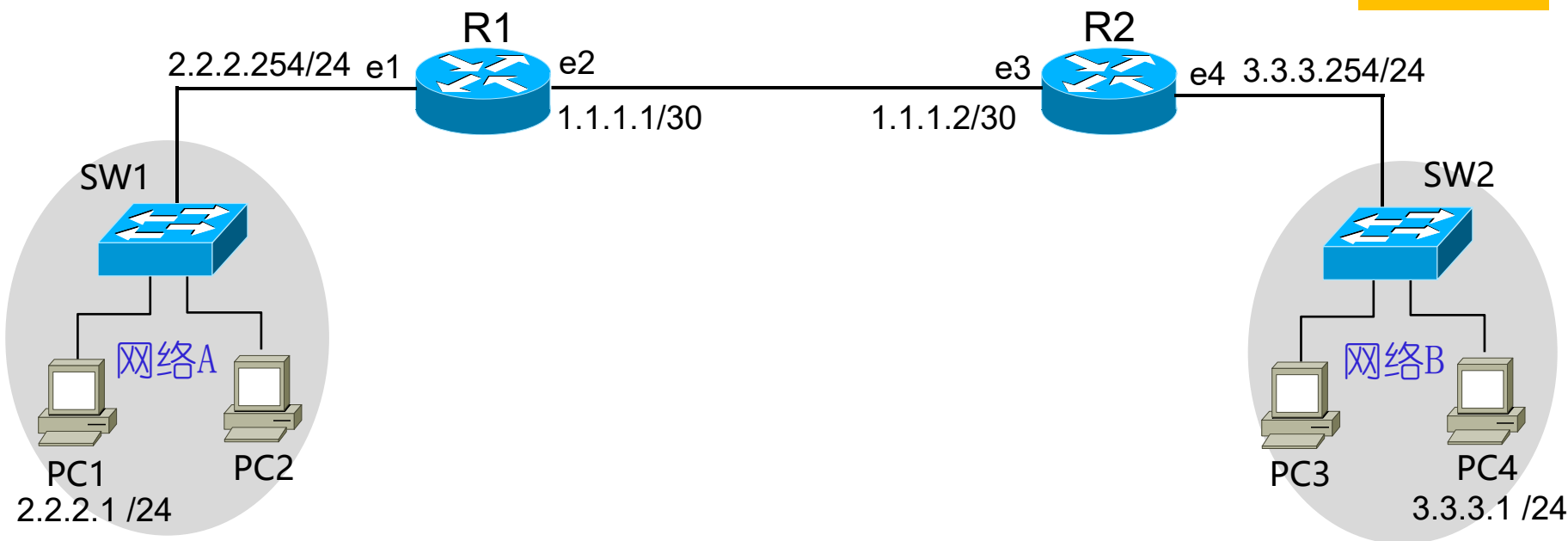
- 指明将分组从路由器的哪个接口转发出去

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.0.0.4/30	Direct	0	0	D	10.0.0.5	GigabitEthernet0/0/1
10.0.5.0/30	Direct	0	0	D	10.0.5.2	GigabitEthernet0/0/3
172.16.1.0/24	Static	60	0	RD	10.0.0.6	GigabitEthernet0/0/1
192.168.64.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0
192.168.65.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0



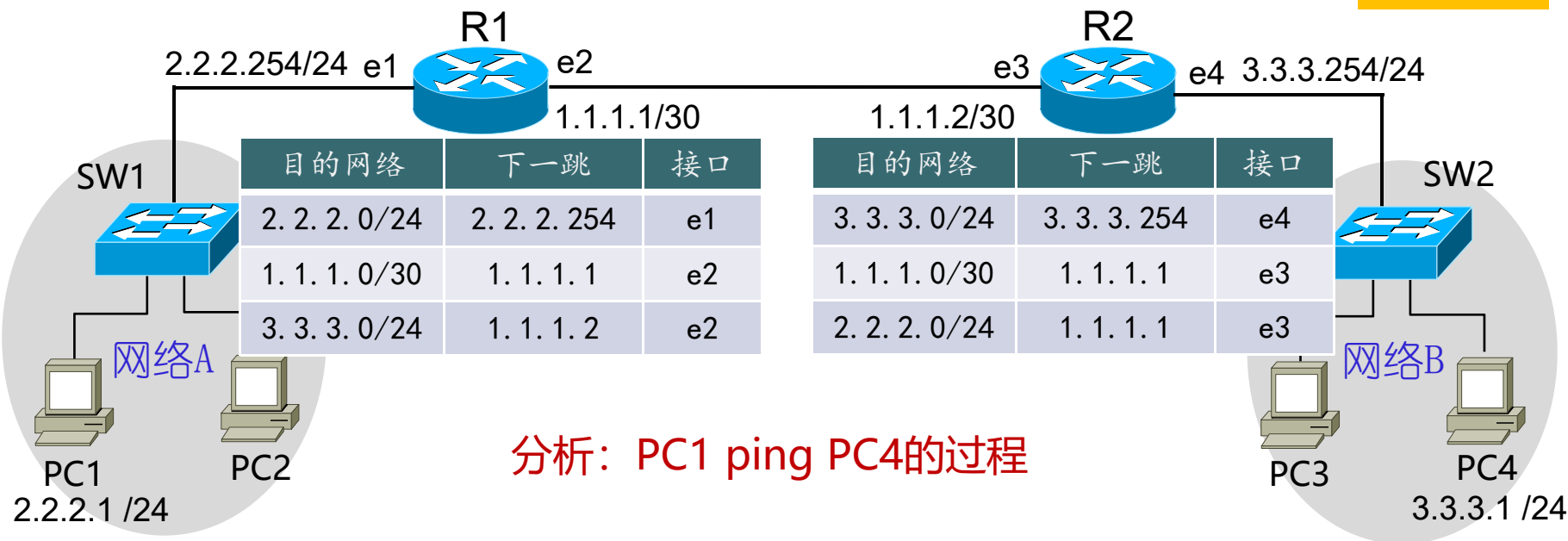
Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.0.5.0/30	Direct	0	0	D	10.0.5.2	GigabitEthernet0/0/3
172.16.1.0/24	Static	60	0	RD	10.0.0.6	GigabitEthernet0/0/1

案例分析：路由器转发报文的过程



说明1:

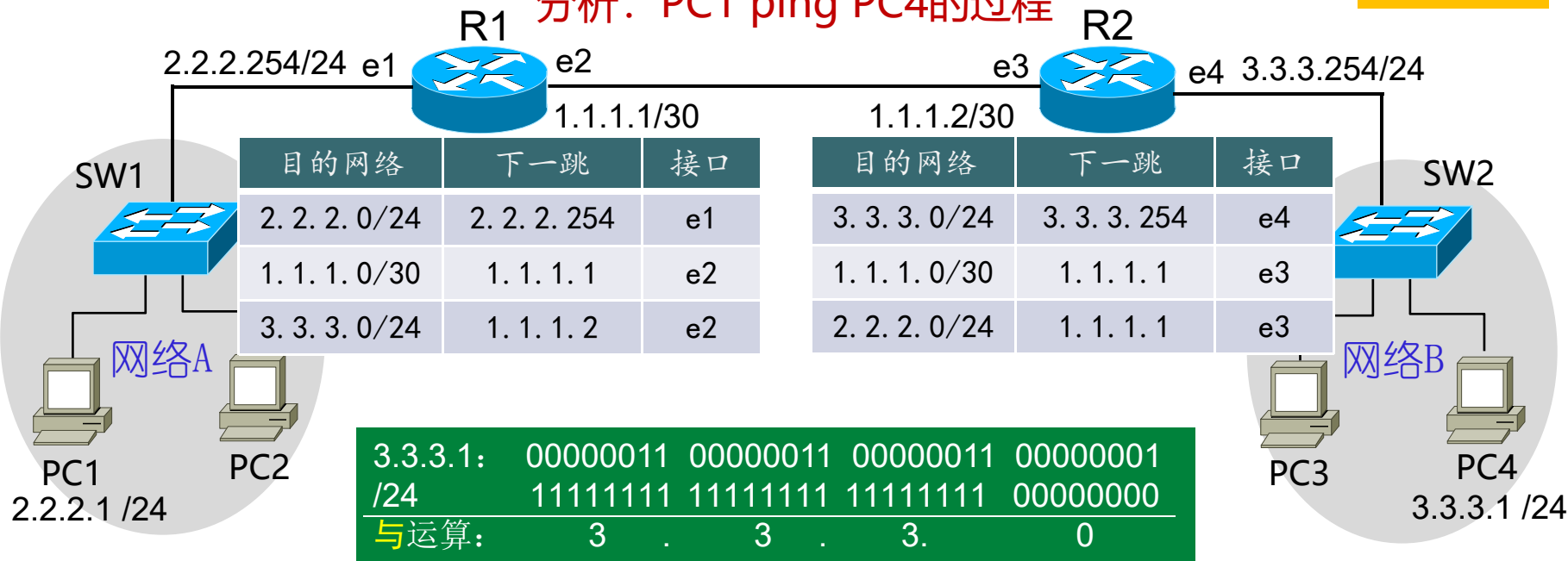
1. 如图，R1、R2是路由器，SW1和SW2是二层交换机；
2. 网络A的网络地址是2.2.2.0/24，其默认网关配置在R1的e1接口，其IP地址是2.2.2.254/24；
3. 网络B的网络地址是3.3.3.0/24，其默认网关配置在R2的e4接口，其IP地址是3.3.3.254/24；



说明2:

1. 路由器各接口已经配置IP地址;
2. SW1和SW2的MAC地址表已经生成 (后续不再讨论MAC地址表的生成过程);
3. 如图, R1和R2的路由表已经生成 (此处不再讨论路由的配置操作);

分析：PC1 ping PC4的过程



步骤1: PC1首先判断目的主机与自己是否在同一网络。

- 将PC4的IP地址 (3.3.3.1) 和PC1的子网掩码 (/24, 255.255.255.0), 以二进制形式按位相与, 若结果等于PC1所在网络的网络地址 (即2.2.2.0), 表明PC4和PC1在同一网络
- 结论: 不在同一网络, PC1必须把报文先发给自己的默认网关(R1的e1口)

分析：PC1 ping PC4的过程



步骤2：PC1与本网络默认网关之间的通信（1）

- 由于是ping命令，所以PC1要发出ICMP回送请求报文。
- 在进行封装时，首部中的目的IP是IP_PC4，表明该报文的终点是PC4。
- 根据步骤1的分析，PC1要先把报文发给默认网关，所以在封装成帧时，帧首部中的目的MAC是MAC_e1（即R1的e1接口的MAC地址）。

分析：PC1 ping PC4的过程



步骤2：PC1与本网络默认网关之间的通信（2）

- 若PC1此时不知道默认网关的MAC地址，怎么办？
- PC1可通过ARP协议，获取到e1接口的MAC地址（过程分析略）
 - PC1发出ARP请求报文（源MAC？目的MAC？）
 - e1接口发回ARP响应报文（源MAC？目的MAC？）

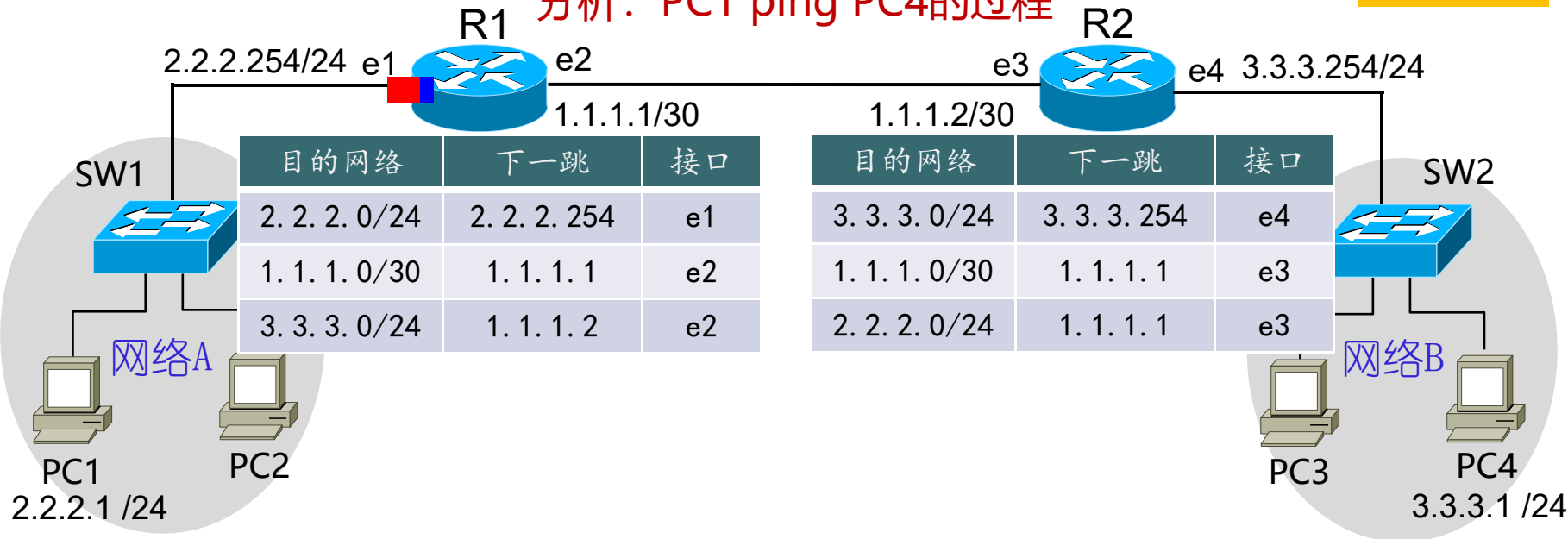
分析：PC1 ping PC4的过程



步骤3：SW1转发PC1发来的ICMP请求报文（注意，转发其他报文同理）

- SW1分析所收到帧的首部中的目的MAC地址，并依据自身MAC地址表进行转发。
- 注意，转发过程中，SW1没有剥掉帧首部，也没有重新封装帧。只是读取目的MAC地址，然后依据MAC地址表进行转发而已。这一点与路由器不同！

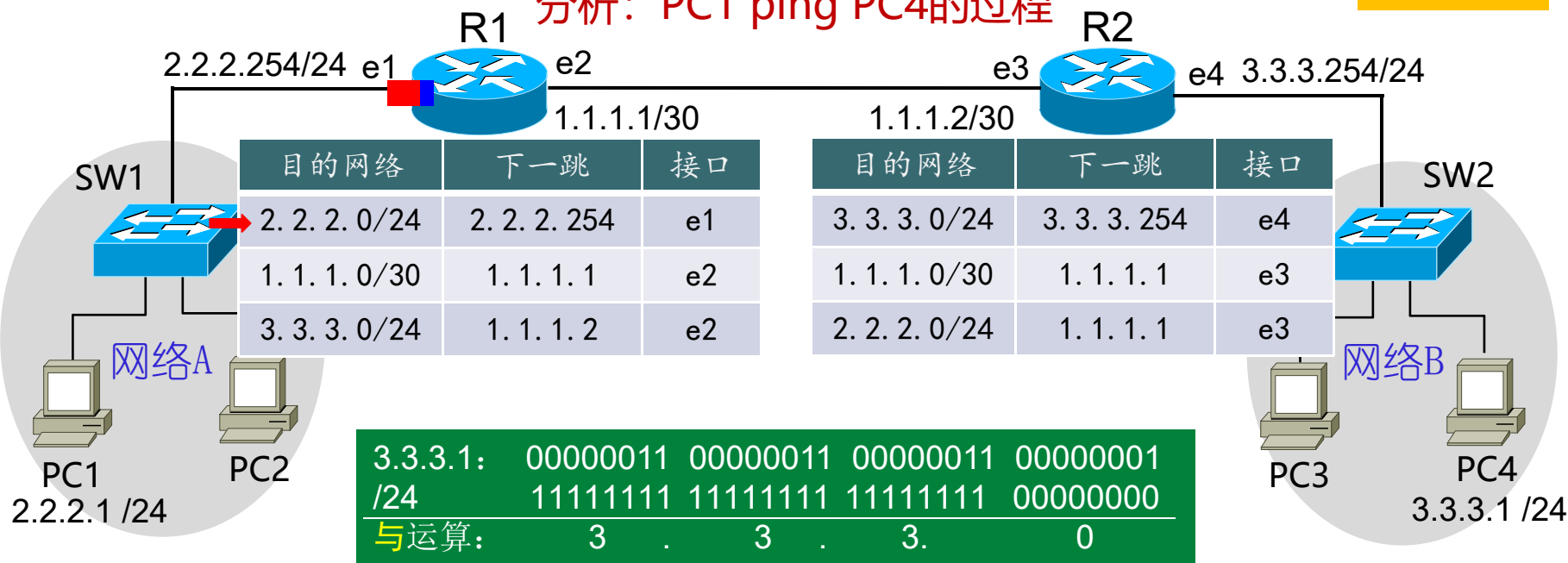
分析：PC1 ping PC4的过程



步骤4：R1接收PC1发来的ICMP请求报文

- R1收到PC1发来的报文后，是否有解封装操作？
 - 路由器是三层设备，其e1接口的数据链路层会分析帧首部的目的MAC地址，确认是发给自己的。然后去掉帧首、帧尾，将里面的分组发给自己的网络层，进行进一步处理。
 - 提示：路由器接口的数据链路层处理帧首部，网络层处理分组首部。

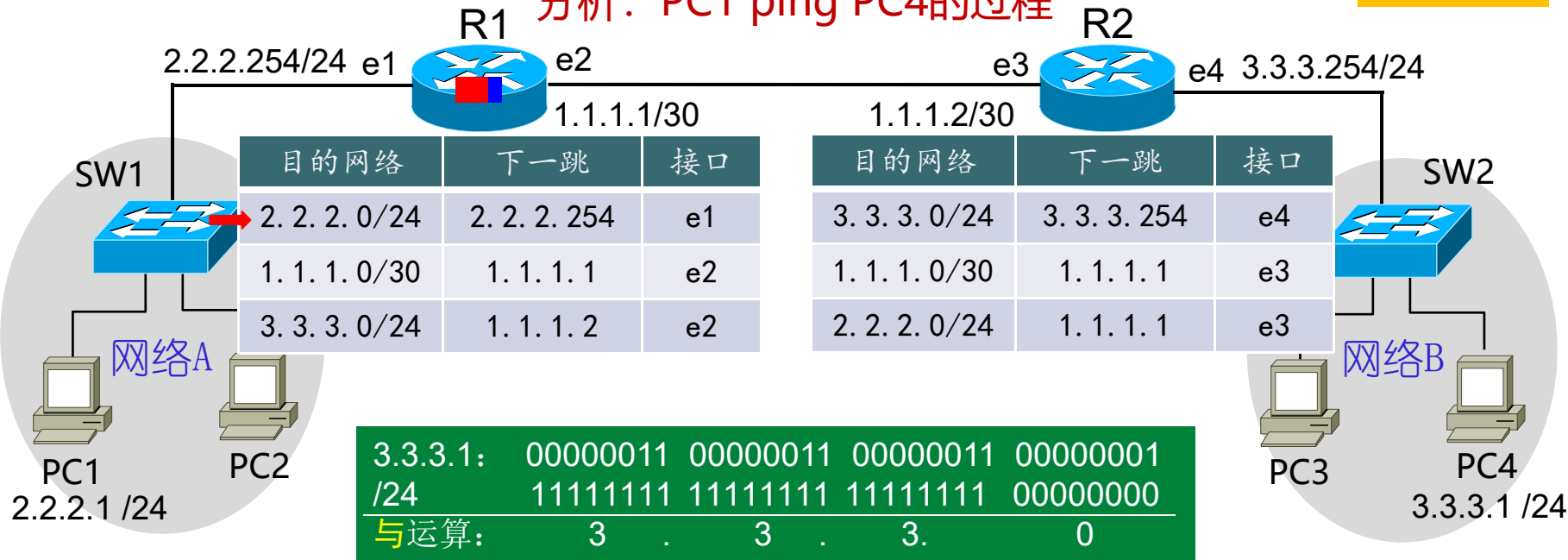
分析：PC1 ping PC4的过程



步骤5：R1查找转发表：寻找前缀匹配的过程（1）

- 读取分组首部中的目的IP地址（3.3.3.1），与转发表第1条记录中的子网掩码（/24，255.255.255.0）按二进制位进行与（and）运算。
- 运算结果（3.3.3.0）不等于该记录的目的网络地址（2.2.2.0），说明未匹配，继续查找。

分析：PC1 ping PC4的过程



步骤5: R1查找转发表：寻找前缀匹配的过程 (2)

- 继续查找，发现第3条记录匹配，则按照该记录提供的路径进行转发。
- 含义：(从R1开始)要到达3.3.3.0/24这个网络，下一跳的IP地址是1.1.1.2 (注意，下一跳是e3, 不是e2)，把分组从本路由器的e2接口发出。

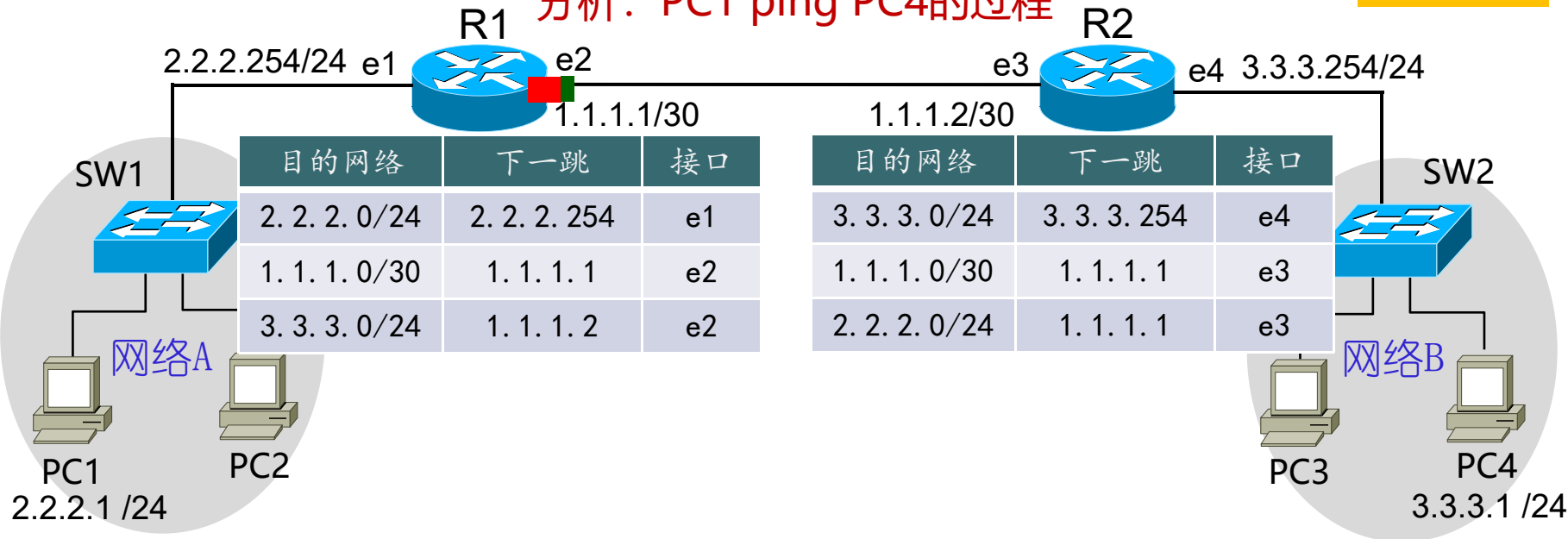
分析：PC1 ping PC4的过程



步骤6: R1 (e2接口) 重新封装并转发所收到的ICMP请求报文

- R1的e2接口在转发报文时，需要重新封装报文，具体如下：
 - 报文首部中源IP和目的IP保持不变，即报文的起点信息和终点信息不变；
 - e2接口的数据链路层重新封装成帧，帧首部的源MAC变为MAC_e2，目的MAC变为MAC_e3。
 - 提示，e2和e3的IP地址一定属于同一网段，e2可通过ARP获取e3的MAC。

分析：PC1 ping PC4的过程



步骤7: R2转发所收到的ICMP请求报文

- R2的转发过程，与R1基本相同；
- **区别1:** 在匹配转发表记录时，由于网络B是R2的直连网络（其默认网关就在R2上），所以其下一跳地址就是网络B的默认网关（即e4口）的IP地址；
- **区别2:** e4接口的数据链路层重新封装成帧，帧首部的源MAC变为MAC_e4，目的MAC变为MAC_PC4。（因为PC4和e4口属于同一网段）

分析：PC1 ping PC4的过程



步骤8: SW2转发所收到的ICMP请求报文 (同SW1)

- SW2分析所收到帧的首部中的目的MAC地址，并依据自身MAC地址表进行转发。
- **注意**，转发过程中，SW1没有剥掉帧首部，也没有重新封装帧。只是读取目的MAC地址，然后依据MAC地址表进行转发而已。这一点与路由器不同！

分析：PC1 ping PC4的过程



步骤9：PC4接收ICMP请求报文

- PC4收到ICMP请求报文，解封装，分析目的MAC和目的IP地址，发现是给自己的，收下。

分析：PC1 ping PC4的过程



步骤10: PC4发回ICMP响应报文

- PC4发现该报文是ICMP的回送请求报文，根据ICMP协议，PC4会返回ICMP回送响应报文。
- 具体过程略

路由器转发报文的过程

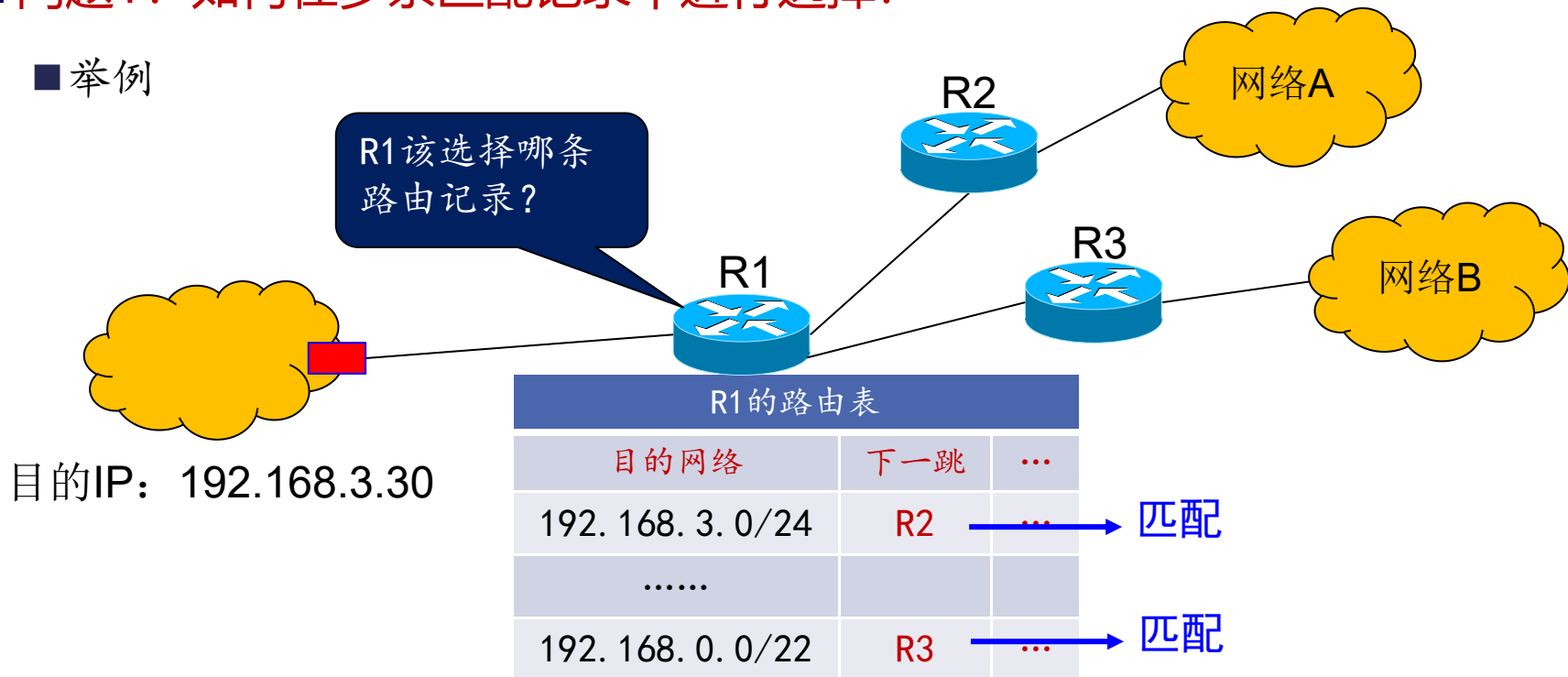
□ 分析两个问题

1. 路由器根据分组首部中的目的IP地址，在匹配转发表中的记录时，发现能匹配上的**不止一条**路由记录，按照哪一条进行转发？
2. 如何提高路由器查找转发表的速度？

路由器转发报文的过程

□ 问题1：如何在多条匹配记录中进行选择？

■ 举例



路由器转发报文的过程

□ 问题1：如何在多条匹配记录中进行选择？

■ 再谈“最长前缀匹配”原则

- 路由器遵循**最长匹配原则**对收到的报文（分组）进行路由匹配！
- “在采用CIDR编址时，如果一个分组在转发表中可以找到多个匹配的前缀，那么就应当选择前缀最长的一个作为匹配的前缀。这个原则称为最长前缀匹配。网络前缀越长，其地址块就越小，因而路由就越具体。”

—— 《计算机网络

（第8版）》 P143

路由器转发报文的过程

□ 问题1：如何在多条匹配记录中进行选择？

■ 再谈“最长前缀匹配”原则

- 第1条匹配记录的网络前缀是24位（/24）
- 第2条匹配记录的网络前缀是22位（/22）

■ 根据“最长前缀匹配”原则，路由器选择第1条匹配记录。

R1选择该条路由记录！

R1的路由表		
目的网络	下一跳	...
192. 168. 3. 0/24	R2	...
.....		
192. 168. 0. 0/22	R3	...

路由器转发报文的过程

□ 问题2：如何提高路由器查找转发表的速度？

■ 路由器转发表的项目数很大时，怎样设法缩短转发表的查找时间就成为一个非常重要的问题！

■ 二叉线索查找转发表（好的数据结构 + 快速查找算法）

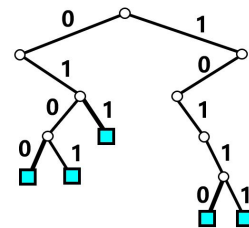
➤ 为了进行更加有效的查找，通常是把无分类编址的转发表存放在一种层次数据结构中，然后自上而下地按层次进行查找。最常用的就是二叉线索。《计算机网络（第8版）》P144，4.3.3 使用二叉线索查找转发表

32 位的 IP 地址

```
01000110 00000000 00000000 00000000
01010110 00000000 00000000 00000000
01100001 00000000 00000000 00000000
10110000 00000010 00000000 00000000
10111011 00001010 00000000 00000000
```

唯一前缀

```
0100
0101
011
10110
10111
```



三、路由表的生成

路由表中的记录获取方式有三种：直连路由、静态路由、动态路由。
本章讲解直连路由和静态路由的生成和运行特点。动态路由在后续章节讲解。

三、路由表的生成

—— 直连路由

路由表的生成 —— 直连路由

□ 直连路由是如何生成的？

■ 给路由器接口配置IP地址

- 和交换机不同（交换机加电即可工作，实现所连接网络内部主机之间的通信），路由器必须经过配置，才能工作，即实现不同网络之间的通信。而路由器最基本的配置，就是给路由器接口配置IP地址。
- 只要管理员为路由器活动接口配置了IP地址/子网掩码，路由器就会根据该地址，自动计算出该接口所属网络（即直连网络）的网络地址信息，并将该信息以直连路由的形式，写入路由表，即路由表中就会自动生成对应的直连路由。

路由表的生成 —— 直连路由

□ 直连路由是如何生成的？

■ 路由器接口配置IP地址举例

```
[R1]interface Ethernet 0/0/1
```

//进入接口视图

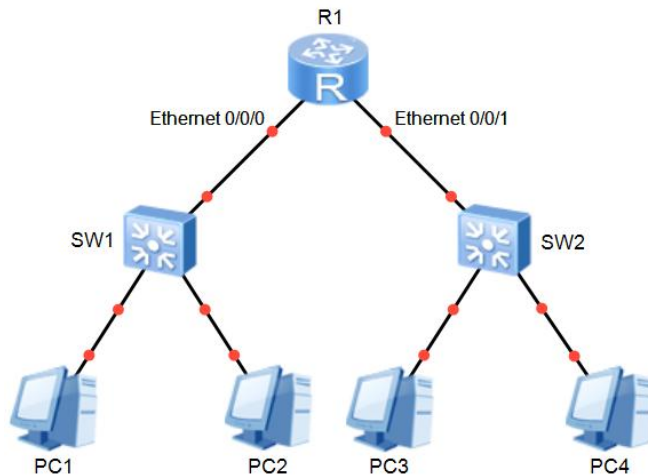
```
[R1-Ethernet0/0/1]ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

//配置当前接口的IP

给R1的Ethernet0/0/1接口配置IP地址

192.168.1.1，子网掩码为255.255.255.0

R1会计算出Ethernet0/0/1接口所直连的网络的网络地址为192.168.1.0/24，并自动在路由表中记下相应的路由记录。



路由表的生成 —— 直连路由

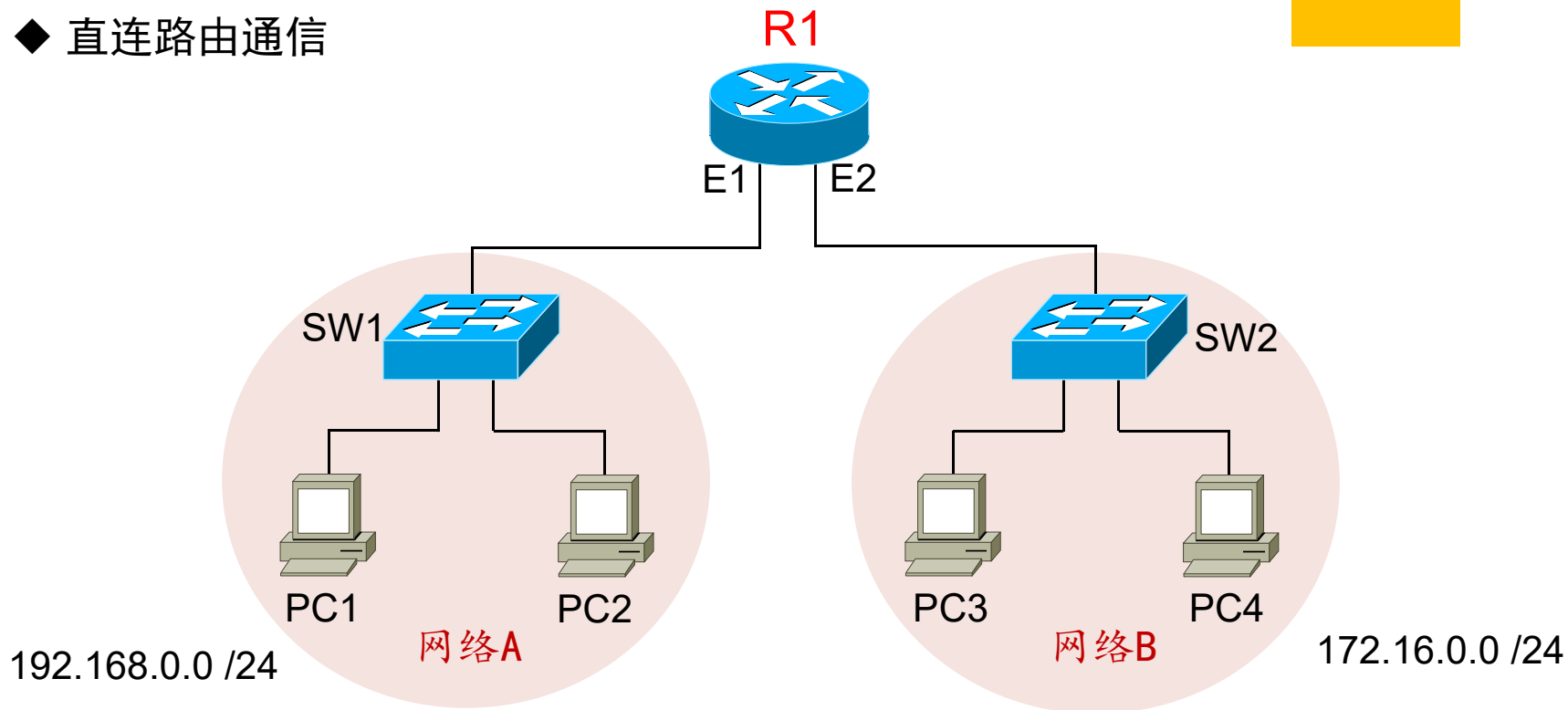
□ 直连路由的应用

■ 实现直连网络之间的互联互通。

- ▶ 路由器各接口直接连接的网络，称为直连网络，直连网络之间，通过路由器的直连路由即可实现通信。

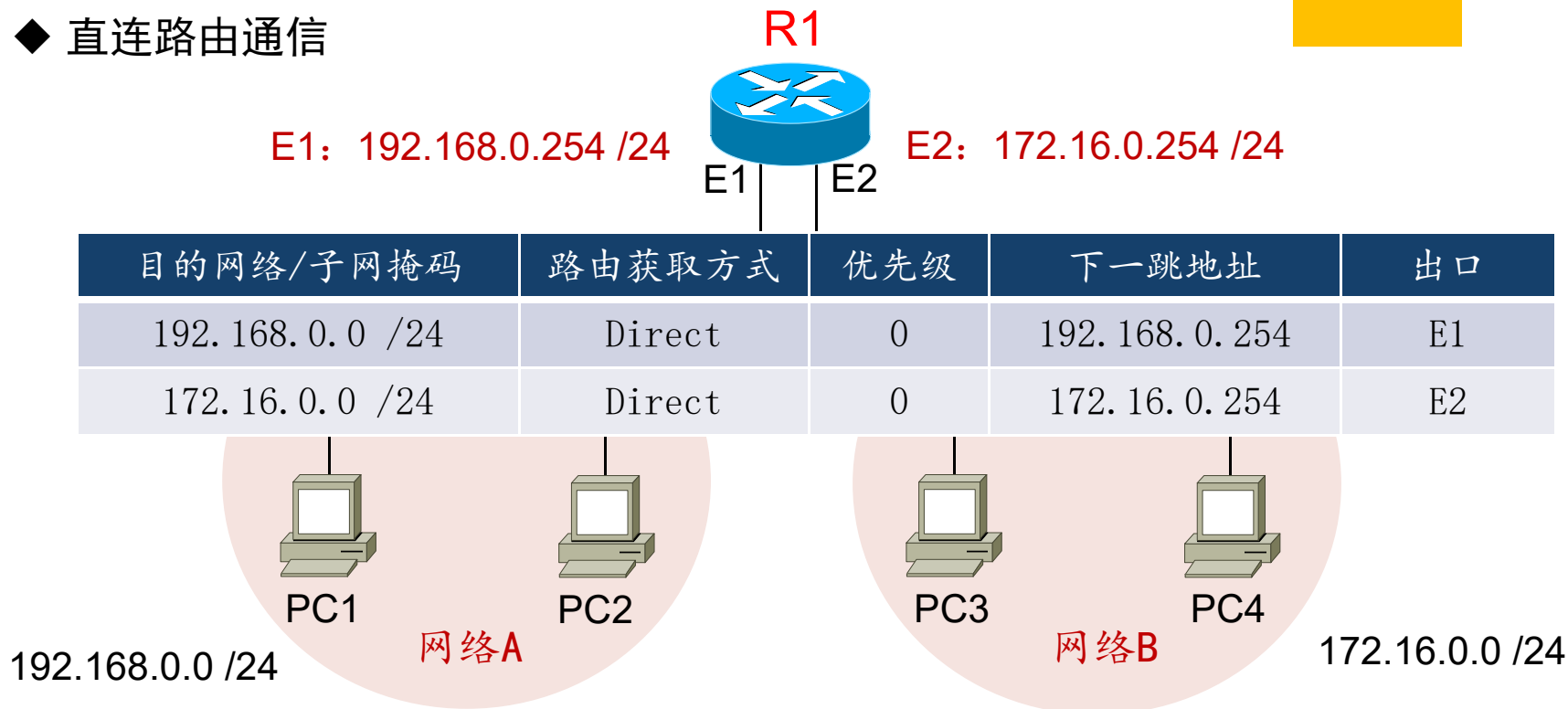
■ 举例

◆ 直连路由通信



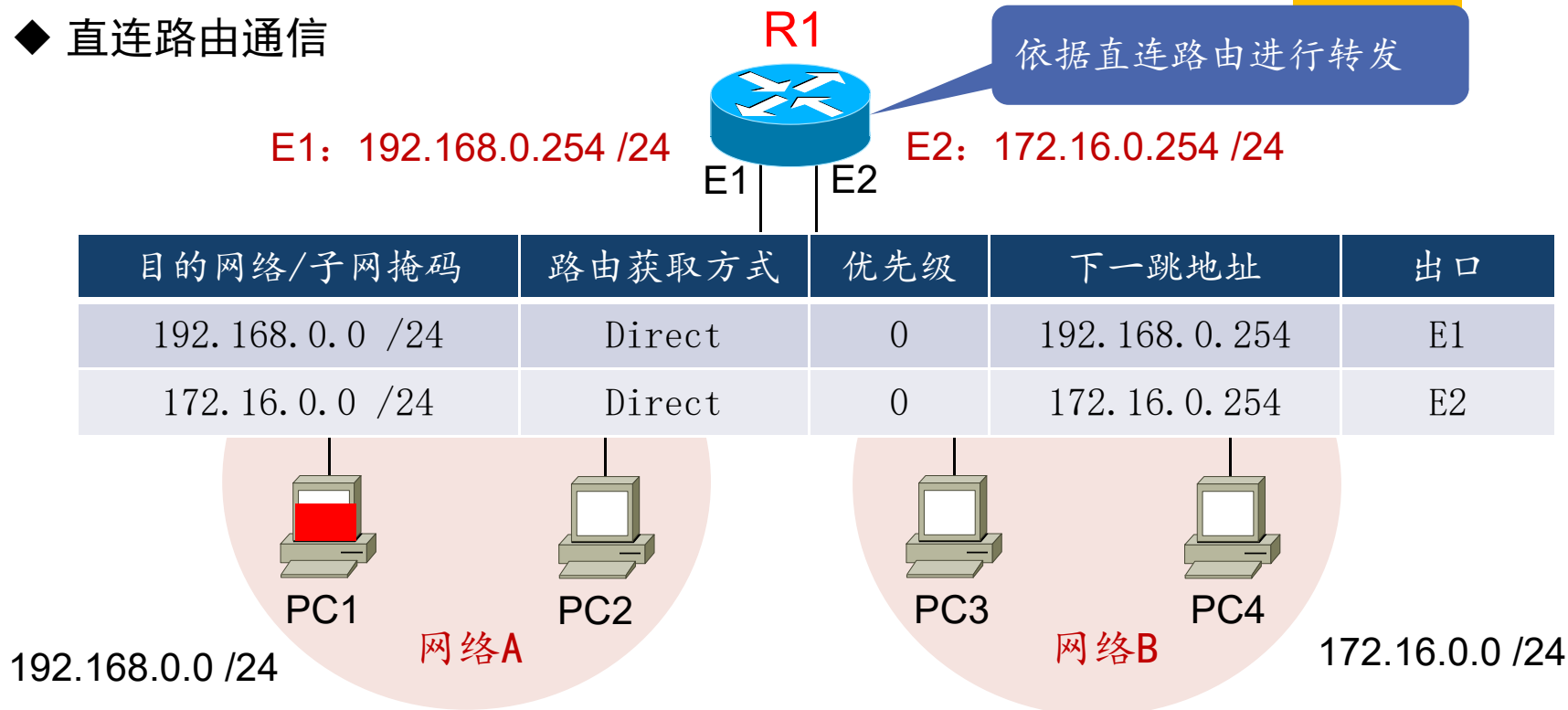
1. **网络规划**: R1为路由器, SW1和SW2为交换机。网络A直接连接R1的E1接口, 网络B直接连接R1的E2接口。网络A和网络B的IP地址如图所示。

◆ 直连路由通信



2. 分别给R1的E1接口和E2接口配置IP地址。注意，此处E1是网络A的默认网关，E2是网络B的默认网关。
配置完成后，R1中自动生成两条直连路由。

◆ 直连路由通信



3. 将网络A中各主机的默认网关地址设置为E1接口的IP地址，网络B中各主机的默认网关地址设置为E2接口的IP地址。则网络A和网络B可正常通信。（例如PC1 访问 PC4）

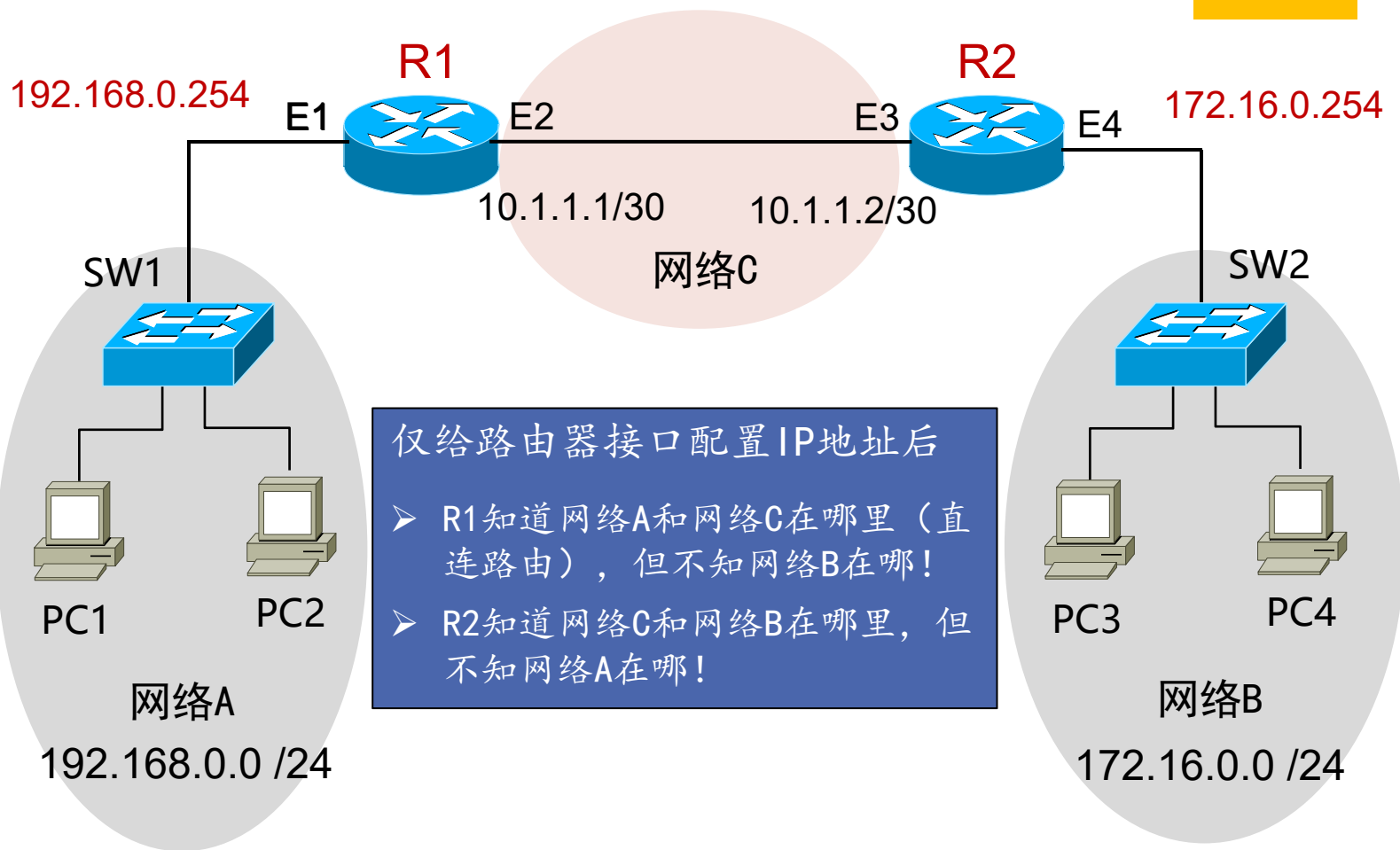
三、路由表的生成

—— 静态路由

路由表的生成 —— 静态路由

□ 直连路由存在的问题

- 当网络中具有多个路由器时，由于路由器之间屏蔽了各自直接连接的网络分段，因此，一台路由器就无法通过直连路由获取远端网络的位置信息。
- 举例



路由表的生成 —— 静态路由

□ 直连路由存在的问题

- 此时，就有必要为路由器添加对远端网络位置的认知信息，即配置路由选择策略。
- 根据路由选择策略能否随网络拓扑结构变化而自适应的调整，分为静态路由选择策略和动态路由选择策略。

路由表的生成 —— 静态路由

□ 静态路由的生成

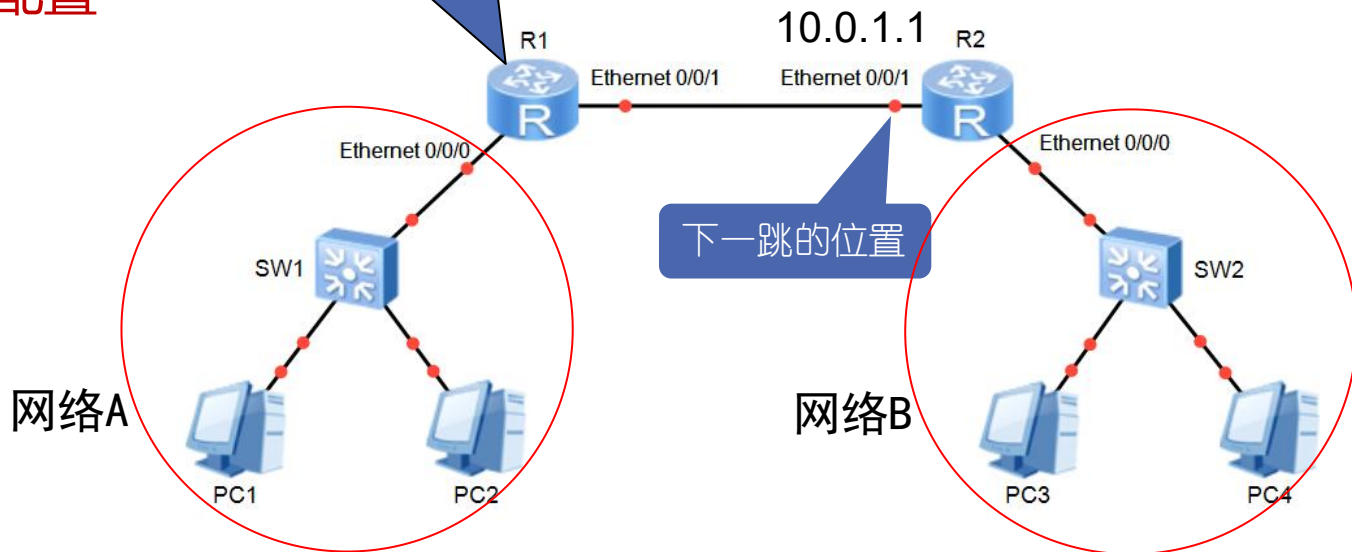
■ 手工配置

- 路由器不会自动生成所需的静态路由记录，需要网络管理员根据网络互联互通的实际需要，在路由器上一条条手工配置。
- 静态路由记录中主要包括：目的网络地址、下一跳地址、出端口。
- 配置命令举例

路由表的生成

在R1上配置到达网络B的静态路由

静态路由的配置



```
[R1]ip route-static 192.168.0.0 255.255.255.0 10.0.1.1
```



说明：在路由器R1上配置一条静态路由，其含义为：**从路由器R1开始**，到达192.168.0.0/24这个网络，其下一跳地址为10.0.1.1（即路由器R2的Ethernet0/0/1接口）

路由表的生成 —— 静态路由

□ 静态路由的特点

■ 固定不变

- 由网络管理员预先设置好路由表，除非网络管理员干预，否则静态路由不会随着网络拓扑结构的变化而自动发生变化。

■ 不可通告性

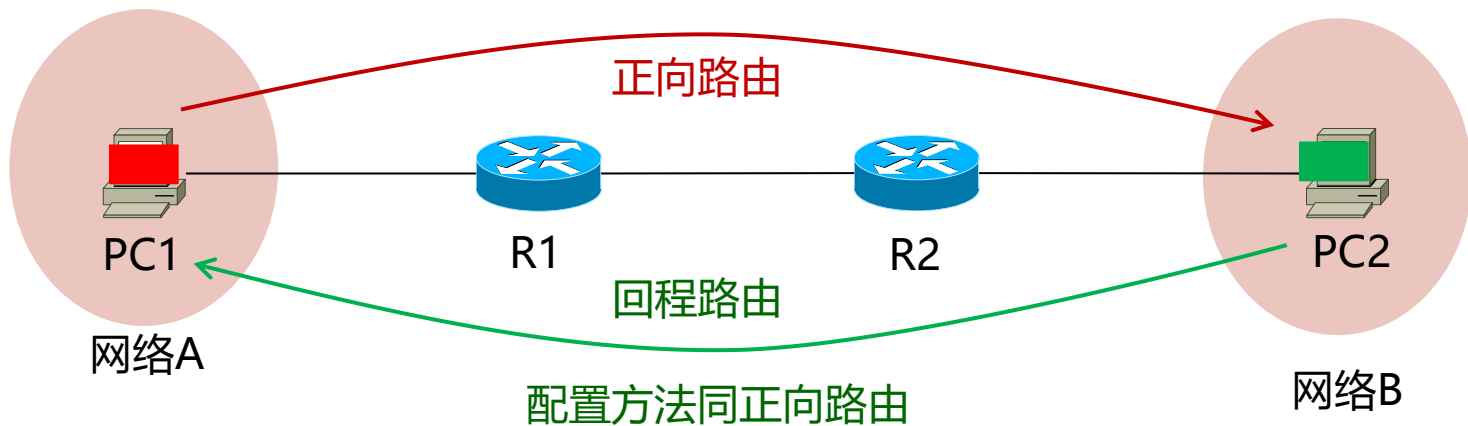
- 当在一台路由器上配置了某条静态路由信息，它不会被通告到网络中相连的其他路由器。（我所具有的，别人不知道）

路由表的生成 —— 静态路由

□ 静态路由的特点

■ 单向性

- ▶ 静态路由是单向性的，也就是它仅为数据包提供沿着下一跳的方向进行路由，不提供反向路由。所以要使源主机与目的主机进行双向通信，就必须同时配置回程路由。



路由表的生成 —— 静态路由

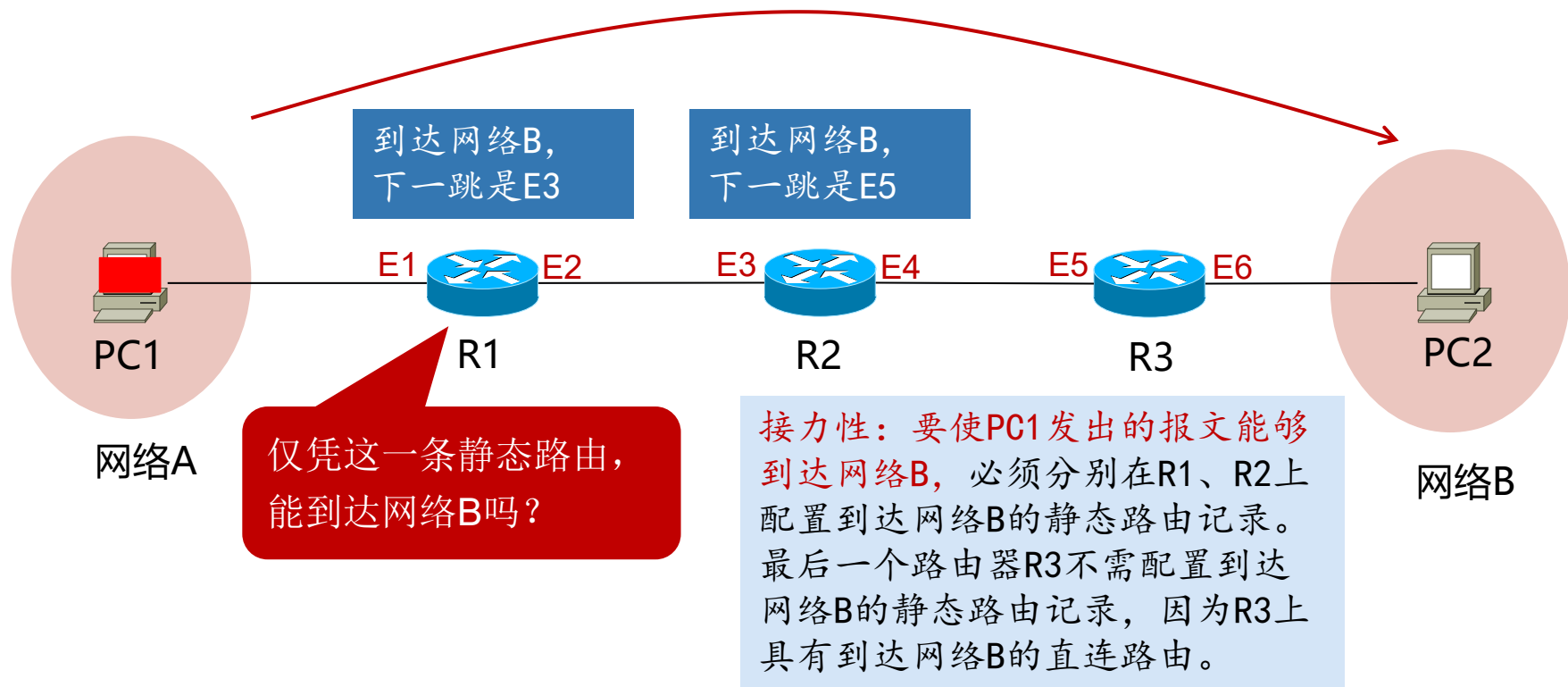
□ 静态路由的特点

■ 接力性

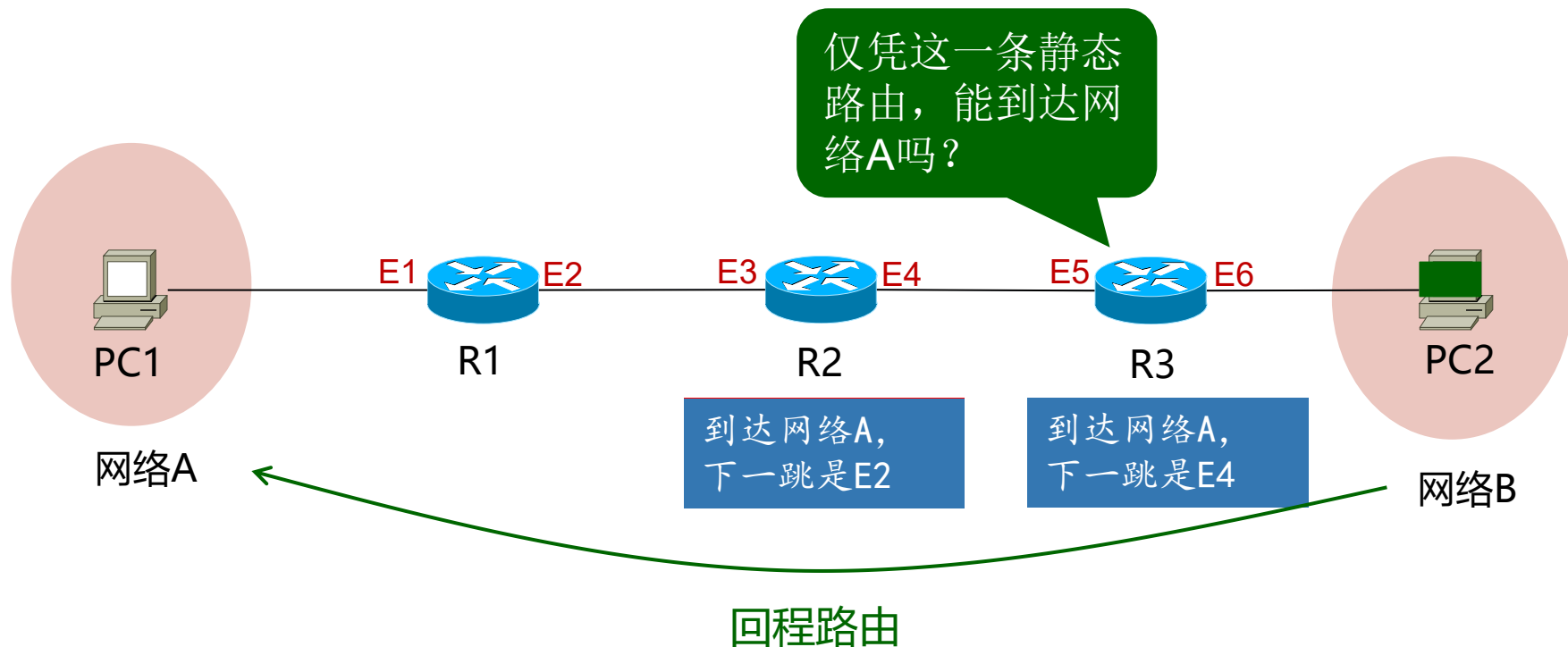
- 若某条静态路由的路径中间包含多台路由器，则必须在除最后一个路由器外的其他路由器上，依次配置到达相同目的网络的静态路由，这就是静态路由的接力性。
- 举例

◆ 演示：静态路由的接力性

正向路由



◆ 演示：静态路由的接力性



路由表的生成 —— 静态路由

□ 静态路由的特点

■ 优先级较高

- 静态路由的默认优先级为60，数值越小优先级越高。在华为设备中，静态路由的优先级高于RIP（100）但低于直连路由（0）、OSPF（10）和IS-IS（15）。

➤ 应用举例

- **路由备份：**通过配置不同优先级的静态路由实现主备切换。例如主路由优先级为60（默认），备用路由优先级设为更高的值（如80），主路由失效时启用备用路由。

路由表的生成 —— 静态路由

□ 静态路由的特点

■ 适用于小型网络

- ▶ 根据静态路由的基本概念和工作特点，静态路由一般适用于较为简单的网络环境，在这样的环境中，管理员易于清楚地了解整个网络的拓扑结构，便于配置正确的路由信息。
- ▶ 如果网络规模较大，拓扑结构比较复杂，则适宜采用动态路由协议。

路由表的生成 —— 静态路由

特殊的静态路由：缺省路由及应用

路由表的生成 —— 静态路由

□ 认识缺省路由（也叫默认路由）

- **作用：**缺省路由又称默认路由。当报文的路由与路由表中的所有路由都匹配失败时，为使报文有一个最终的发送地，路由器或网络主机将根据缺省路由转发报文。
- **若没有**配置缺省路由，则在路由表中没有匹配成功的数据包将被丢弃。
- **特殊之处：**路由记录中的“目的网络/掩码”用0.0.0.0 0.0.0.0表示。

路由表的生成 —— 静态路由

□ 缺省路由的配置

■ 缺省路由既能由网络管理者设定，也能由某些动态路由协议生成

【方式1】管理员设定

```
[R1]ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.1.1
```

说明：在路由器R1上配置一条缺省路由，其含义为：从路由器R1开始，不论到达任何网络，其下一跳地址为10.0.1.1

路由表的生成 —— 静态路由

▣ 缺省路由的配置

【方式2】使用动态路由协议广播缺省路由（例如OSPF）

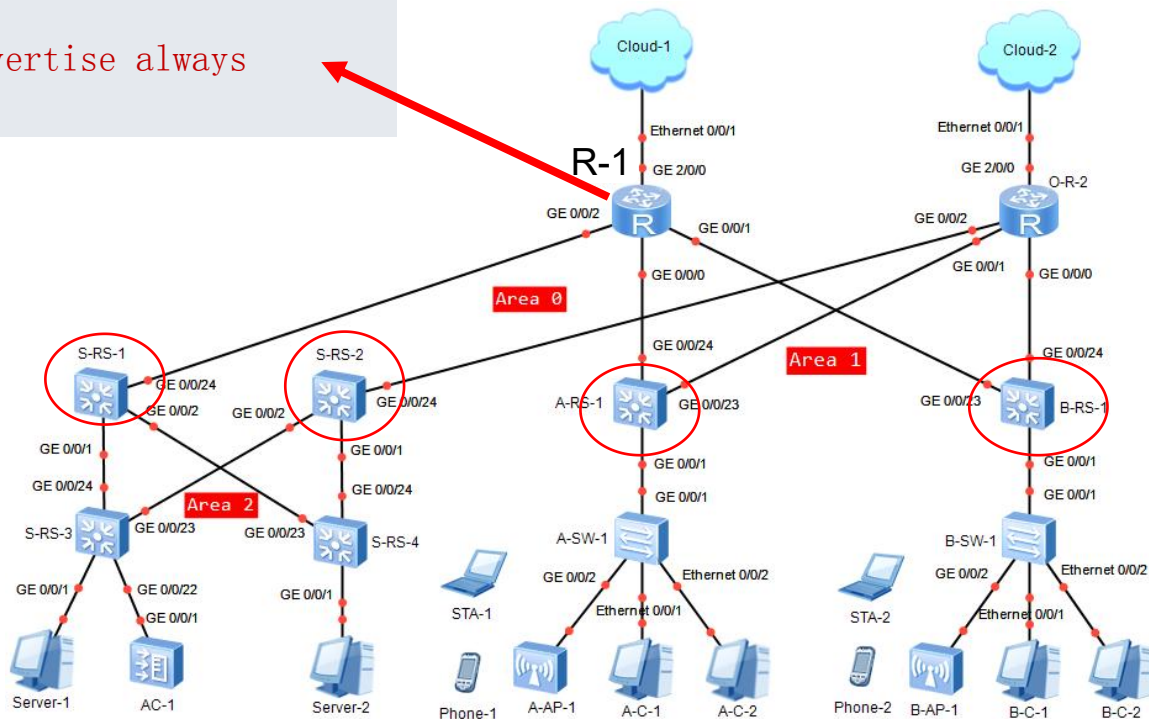
```
[R-1] ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 11.11.11.2      //配置缺省路由
[R-1]ospf 1
//在ospf中引入缺省路由，并将其发布到整个OSPF 1区域
[R-1-ospf-1]default-route-advertise always
[R-1-ospf-1]area 0
[R-1-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.0.0 0.0.0.3
```

说明：某园区网内部各路由器使用OSPF动态路由协议，在边界路由器上配置了一条缺省路由，用以转发访问互联网的报文。为使内部各路由器也能转发发往互联网的报文，可在边界路由器上做如上配置，配置中用到的命令default-route-advertise将缺省路由通告到OSPF区域中，这样内部网中的其他路由器也会学习到该缺省路由，并自动修改下一跳地址。

【方式2】使用动态路由协议广播缺省路由（例如OSPF）

```
[R-1] ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 11.11.11.2
[R-1] ospf 1
[R-1-ospf-1] default-route-advertise always
[R-1-ospf-1] area 0
```

通过在路由器R-1上配置上述命令，可将R-1上的缺省路由发到园区网内部的其他路由器，即其他路由器上也会自动产生一条缺省路由。



路由表的生成 —— 静态路由

□ 缺省路由应用案例

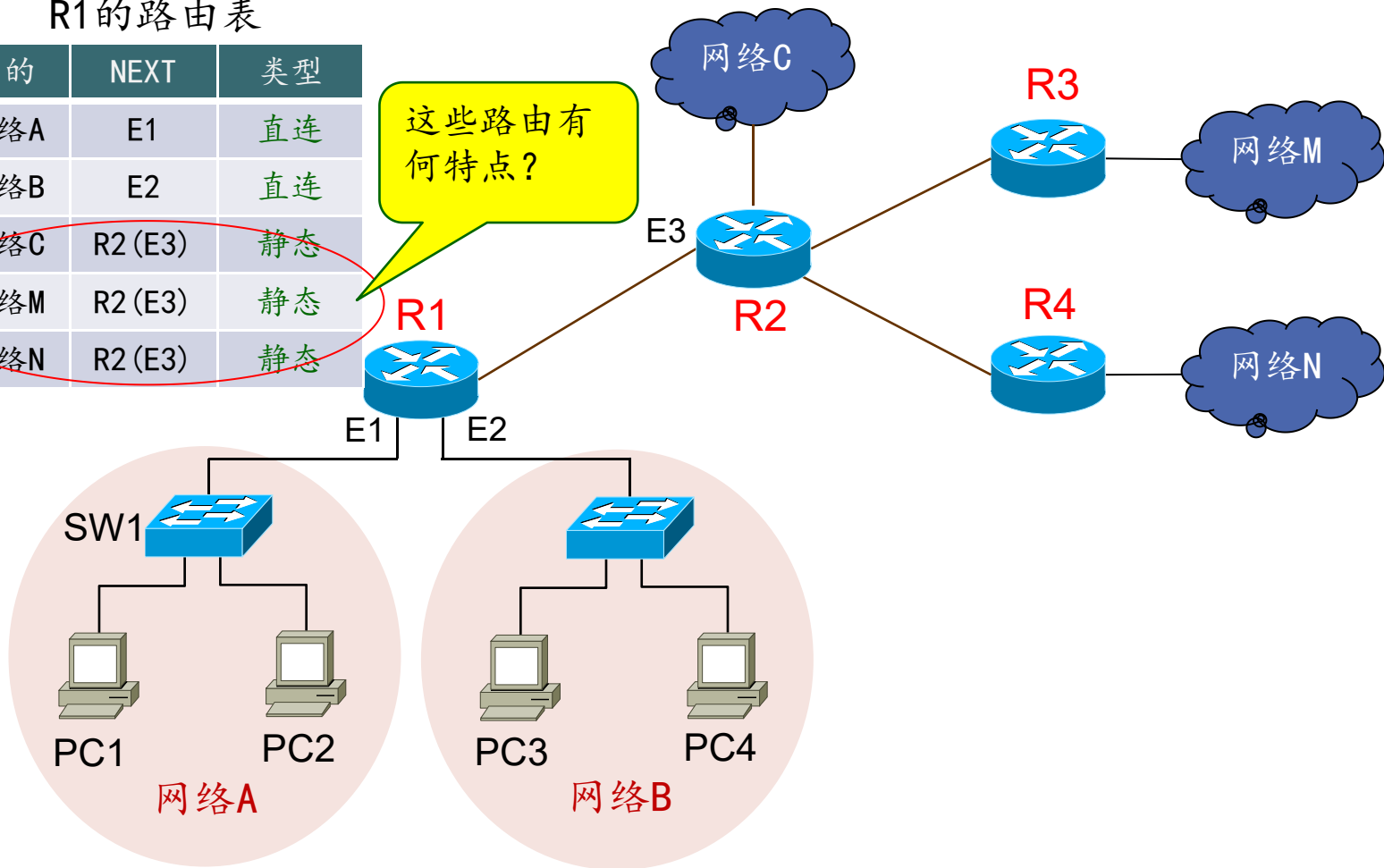
- **简化路由配置：**缺省路由在某些时候非常有效，例如，存在末梢网络时，缺省路由会大大简化路由器的配置，减轻管理员的工作负担，提高网络性能。
- 案例

◆ 演示：缺省路由的应用案例

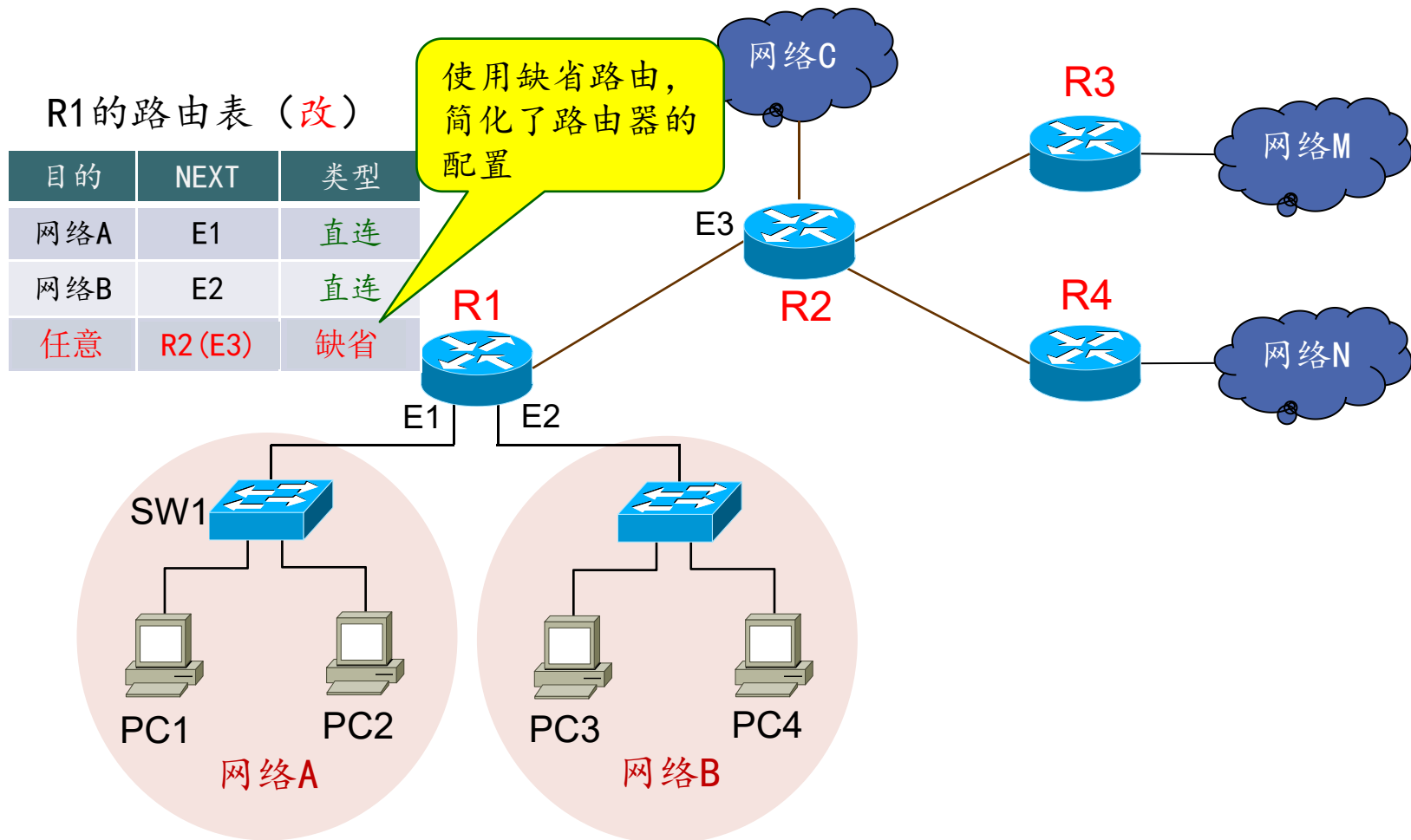
R1的路由表

目的	NEXT	类型
网络A	E1	直连
网络B	E2	直连
网络C	R2 (E3)	静态
网络M	R2 (E3)	静态
网络N	R2 (E3)	静态

这些路由有何特点？



◆ 演示：缺省路由的应用案例

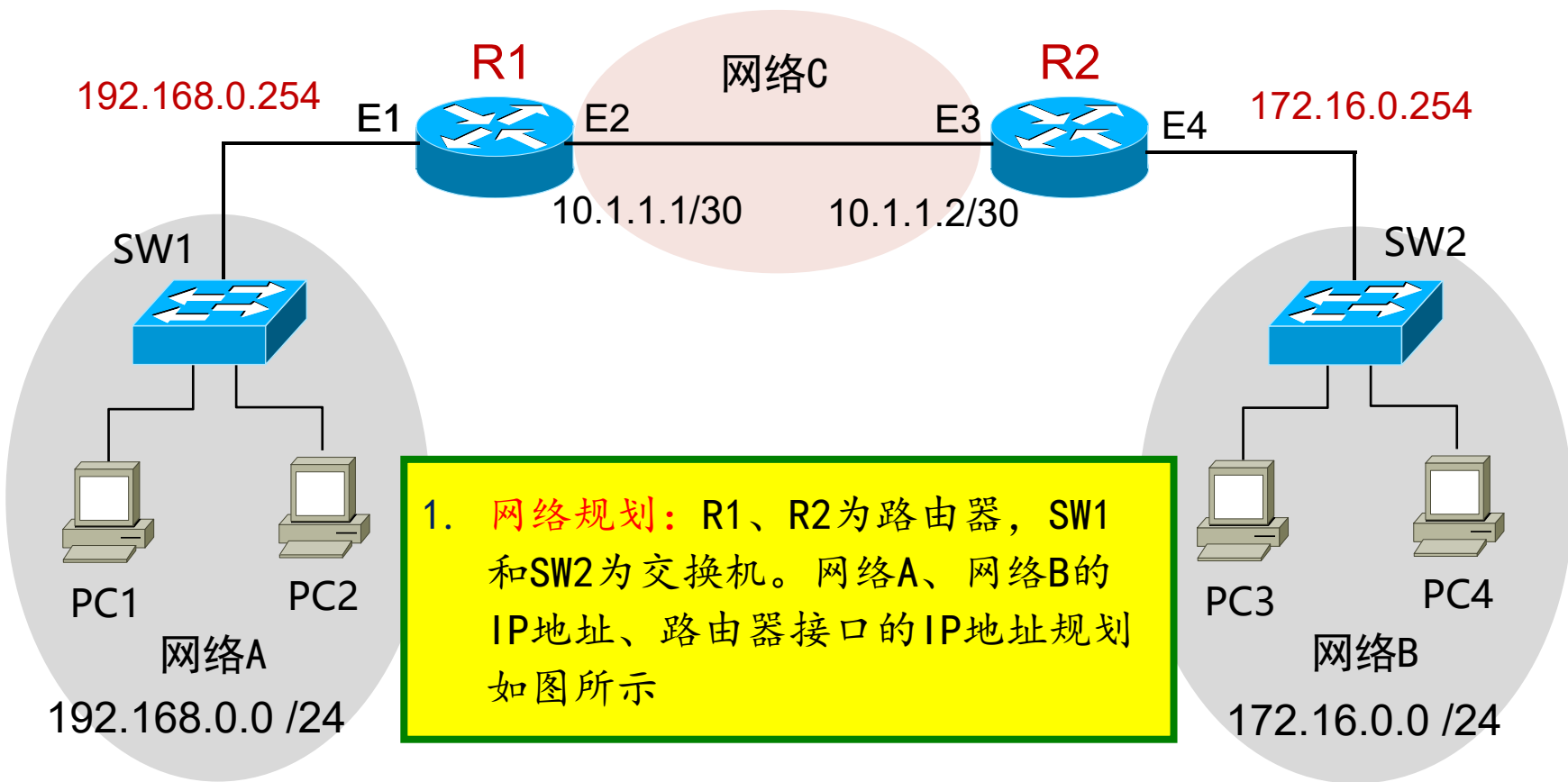


四、案例研讨

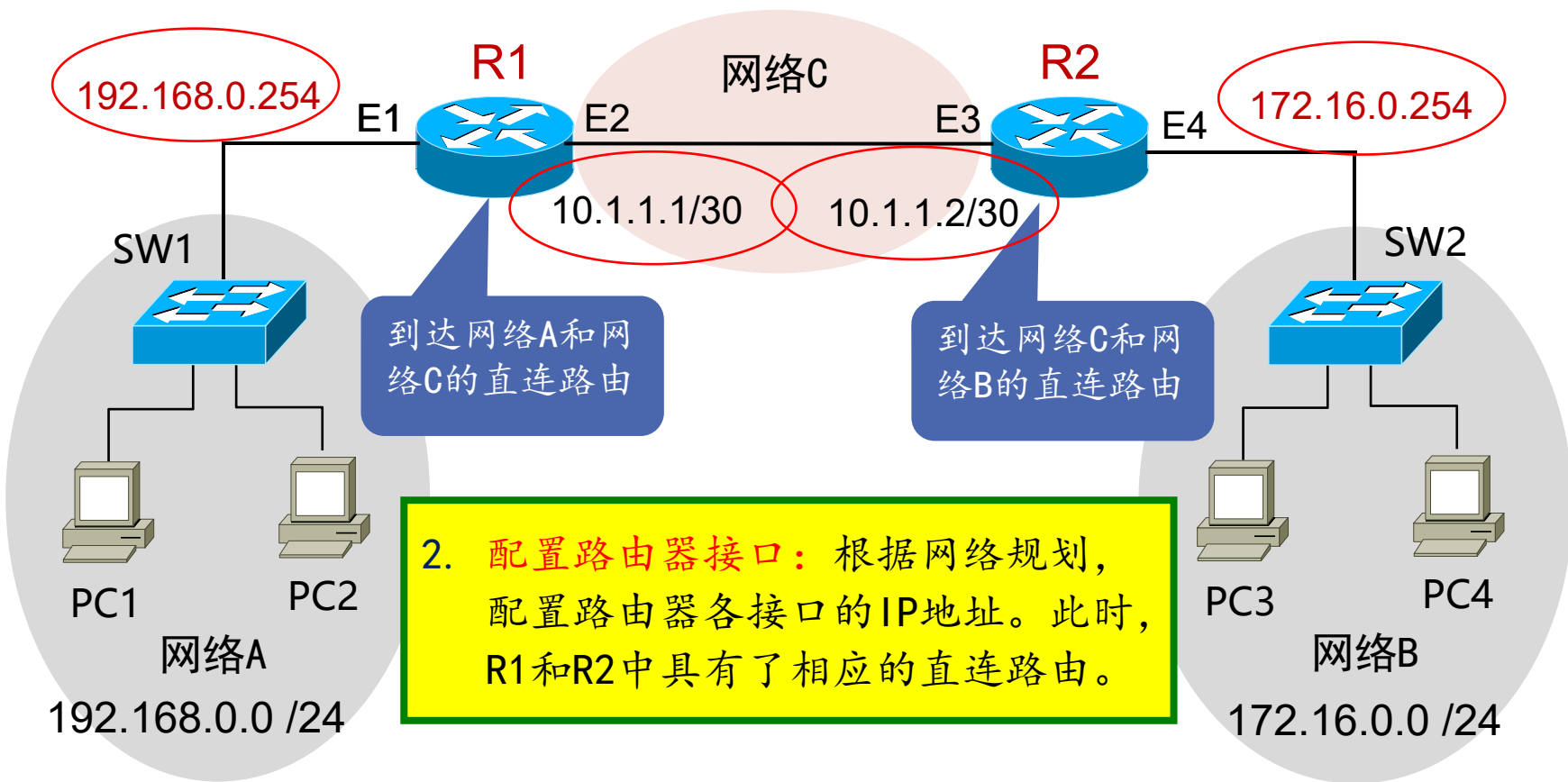
路由器组网通信分析

—— 静态路由配置

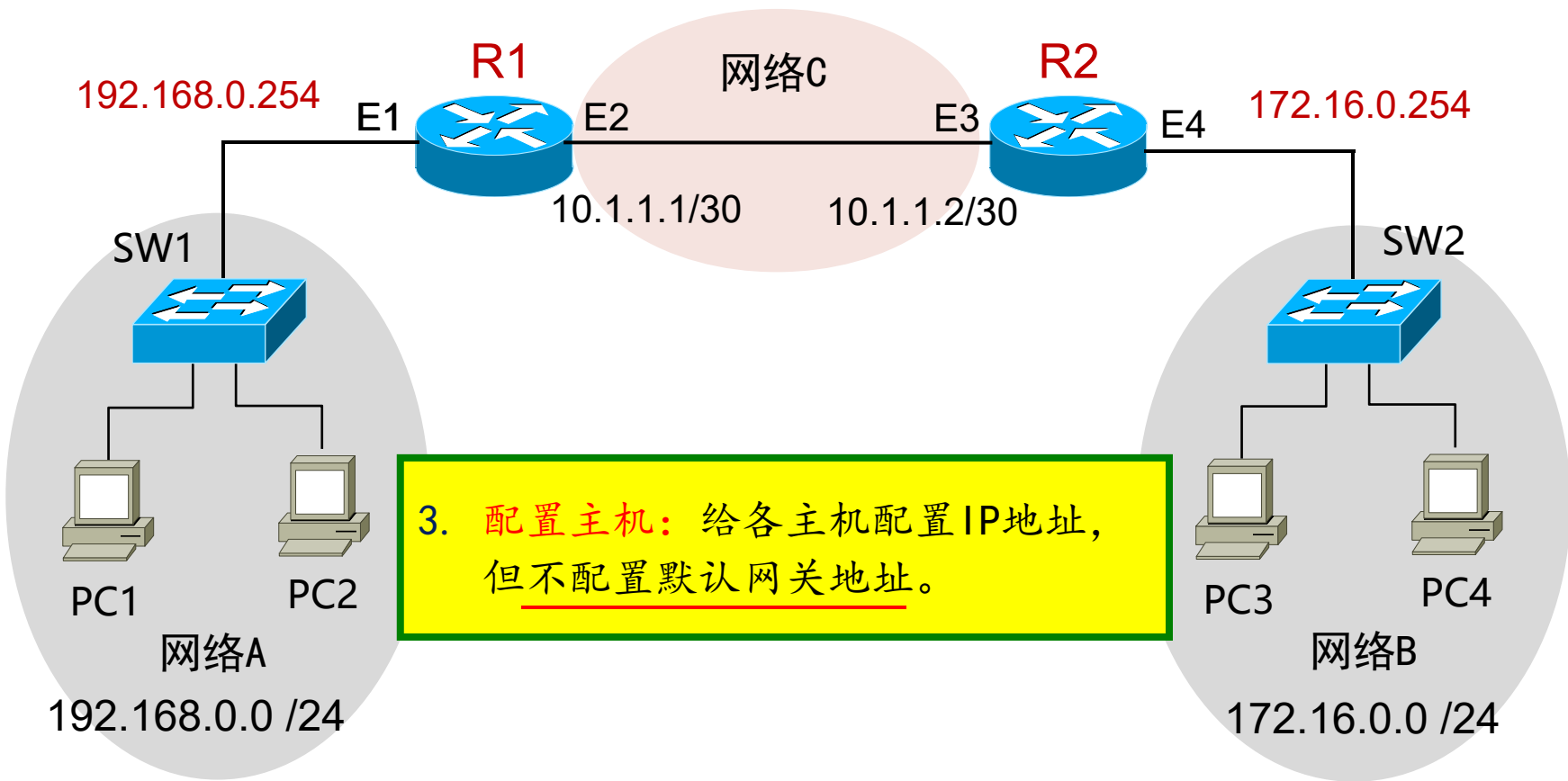
➤ 研讨：路由器组网通信分析



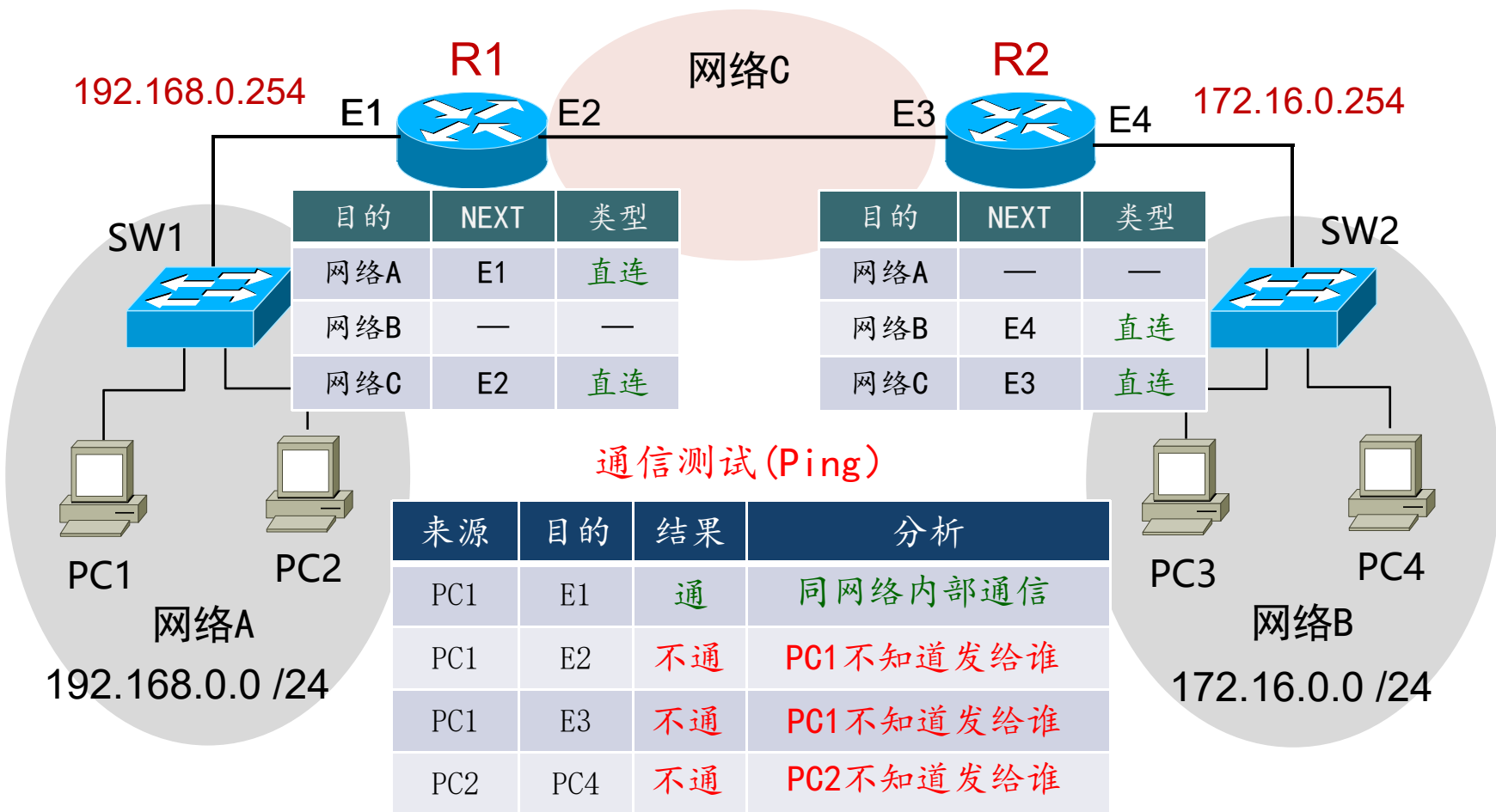
➤ 研讨：路由器组网通信分析



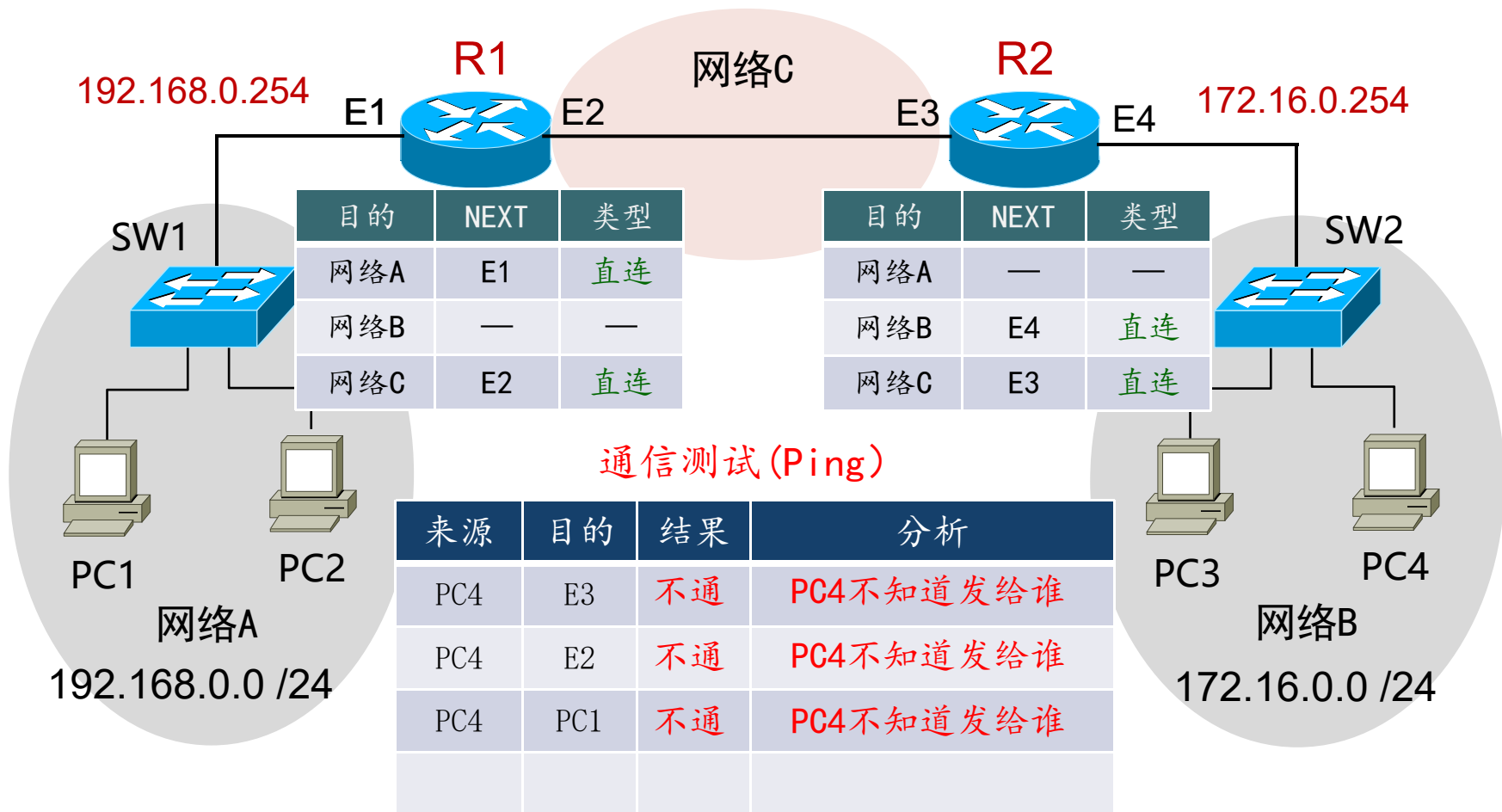
➤ 研讨：路由器组网通信分析



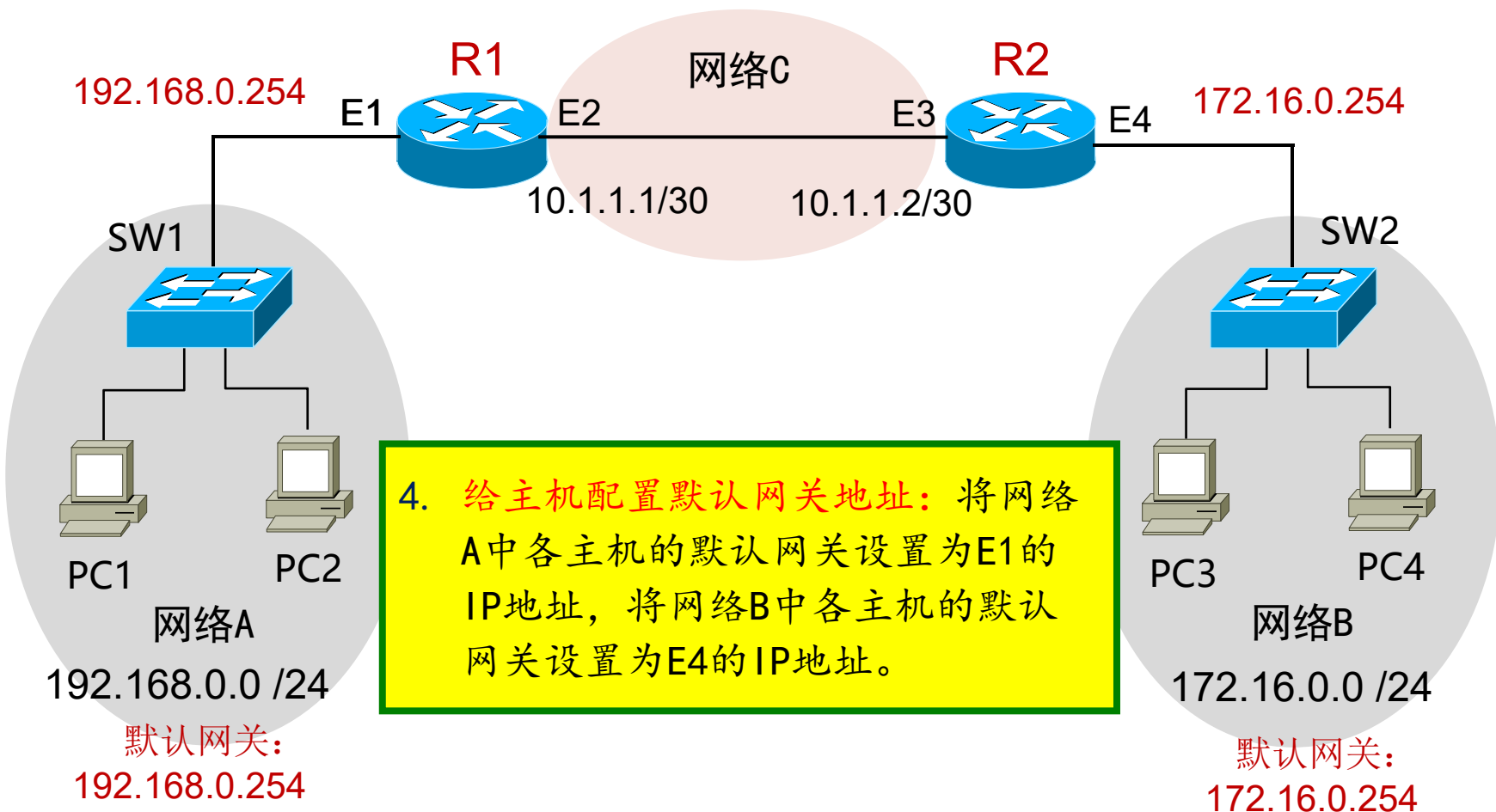
➤ 研讨：路由器组网通信分析



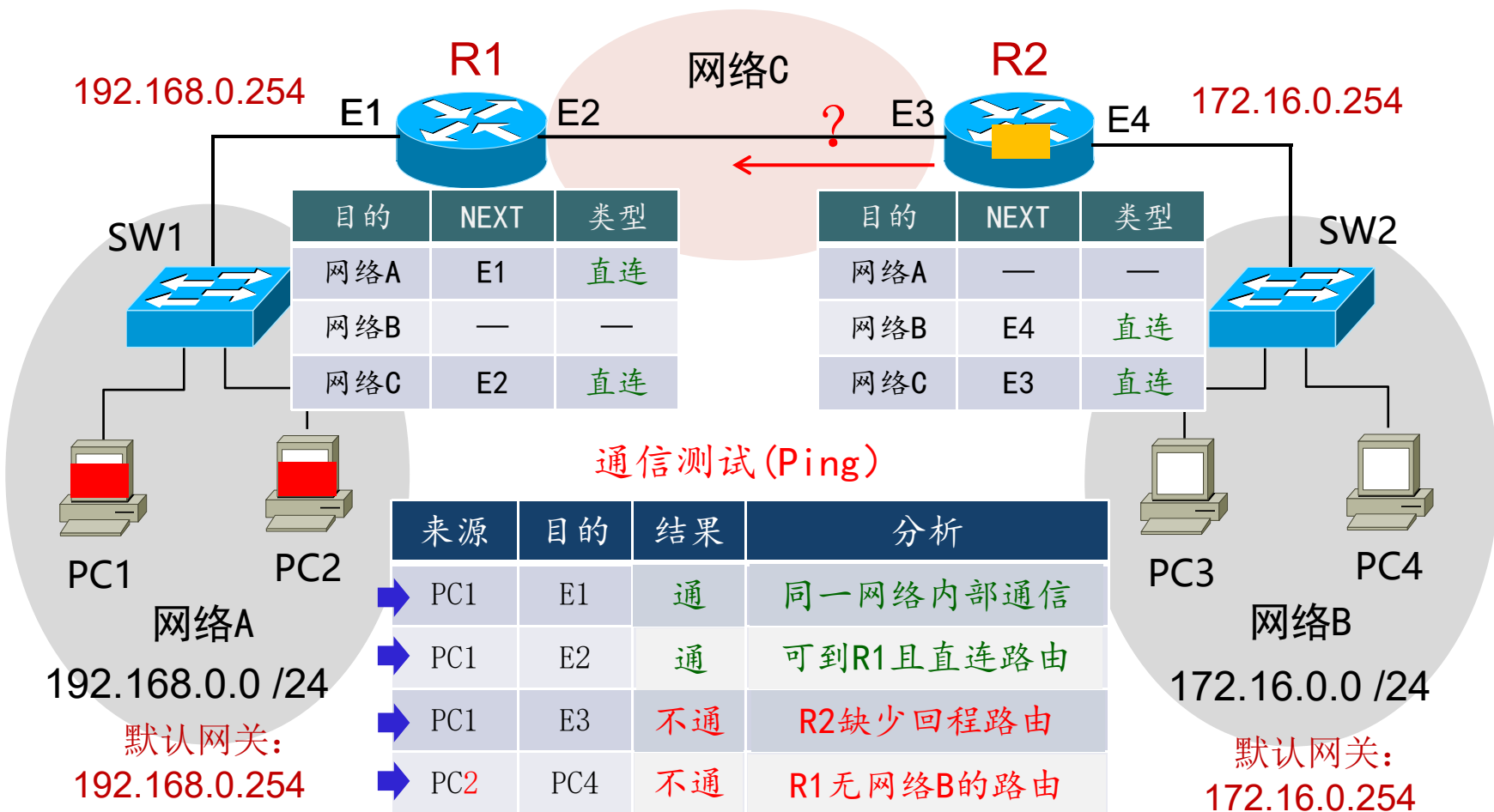
➤ 研讨：路由器组网通信分析



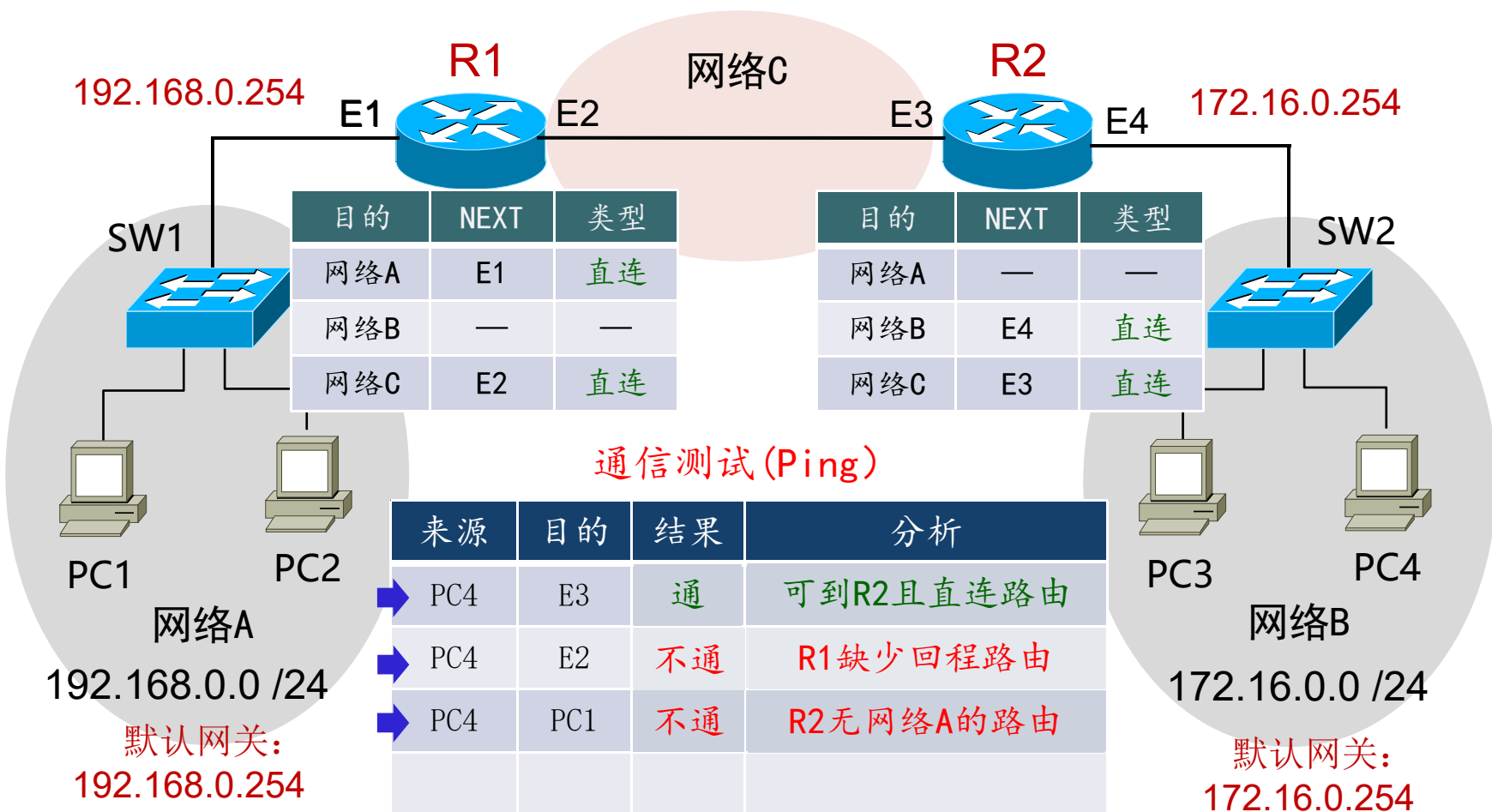
➤ 研讨：路由器组网通信分析



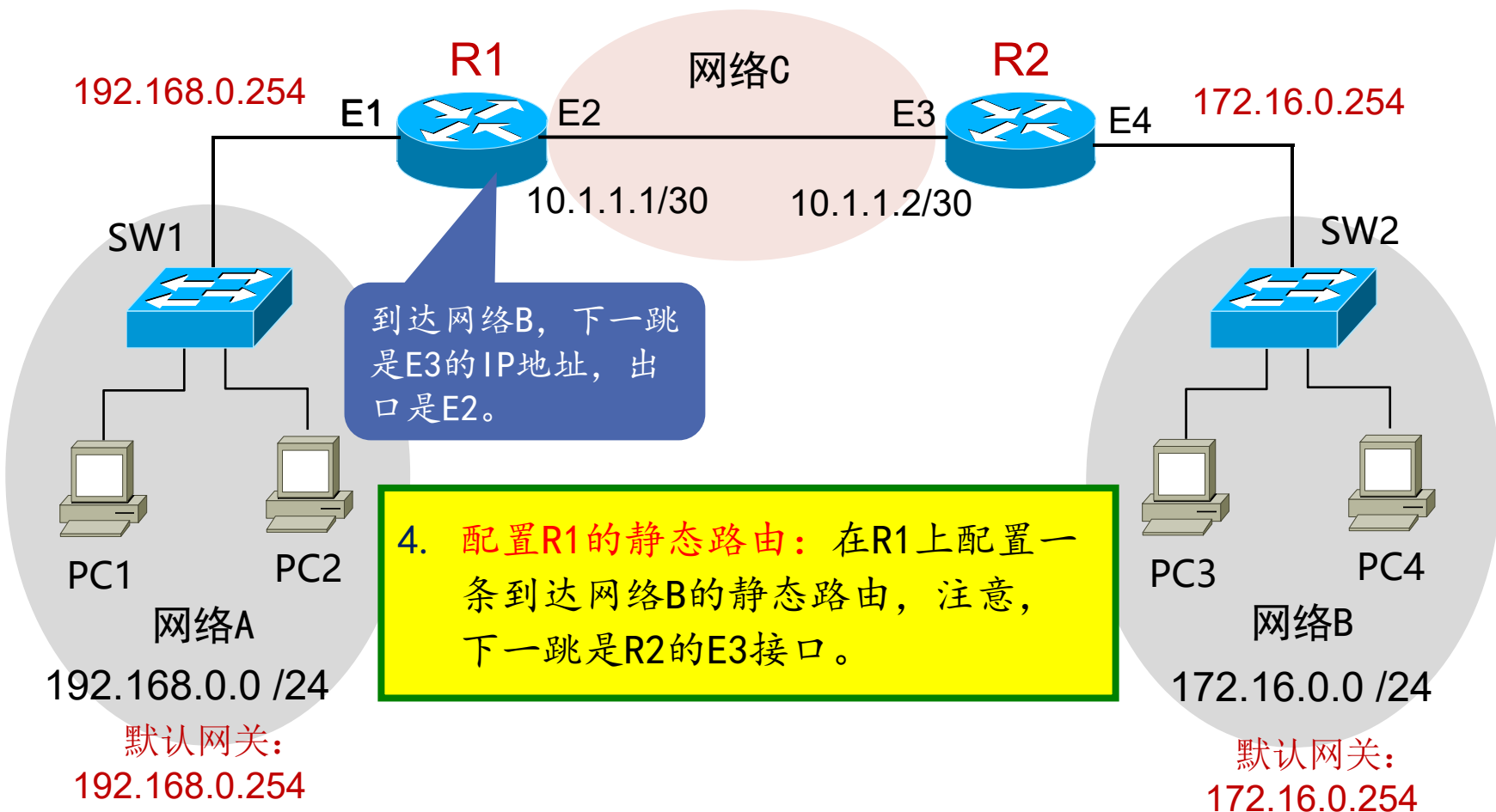
➤ 研讨：路由器组网通信分析



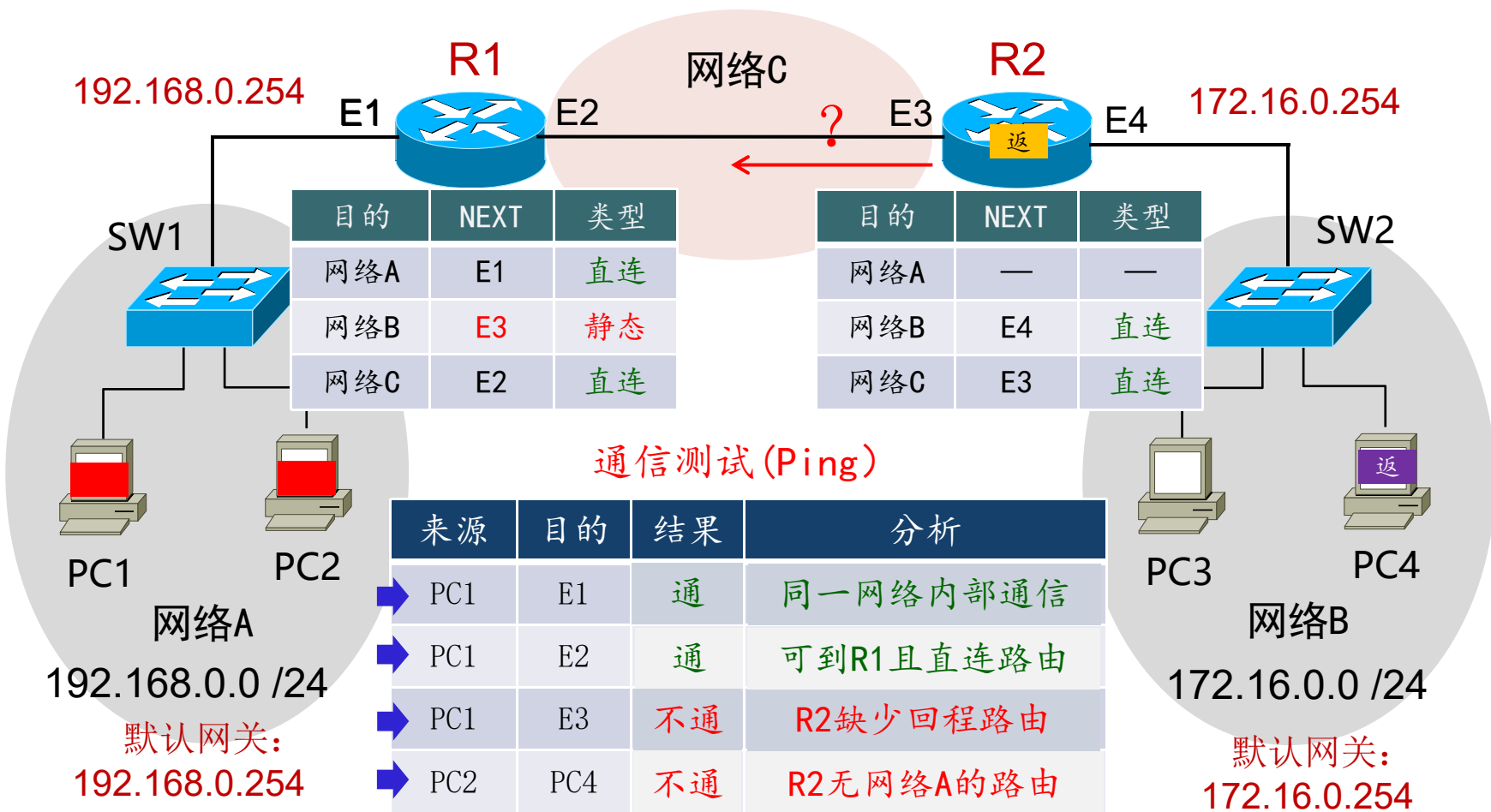
► 研讨：路由器组网通信分析



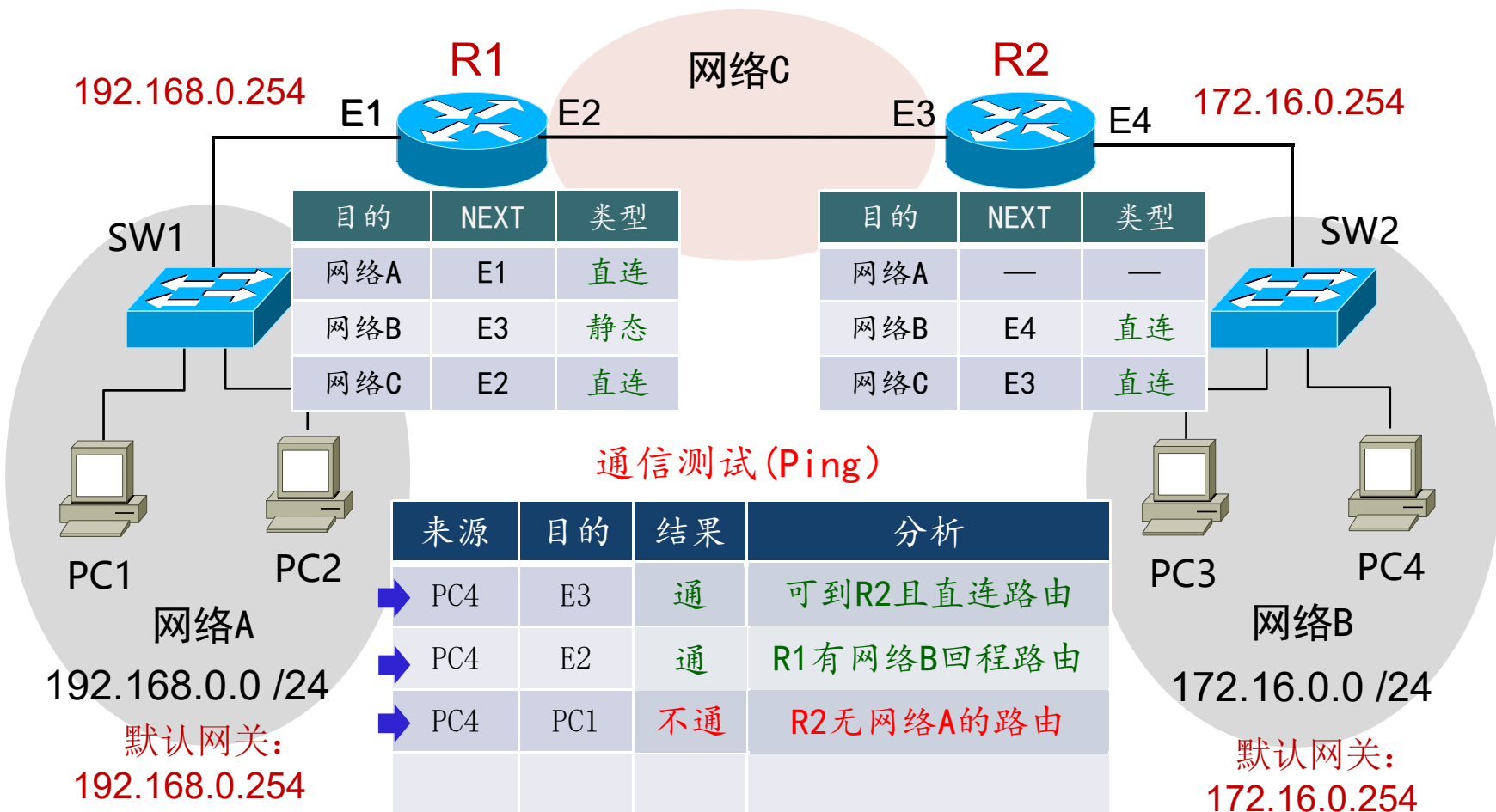
➤ 研讨：路由器组网通信分析



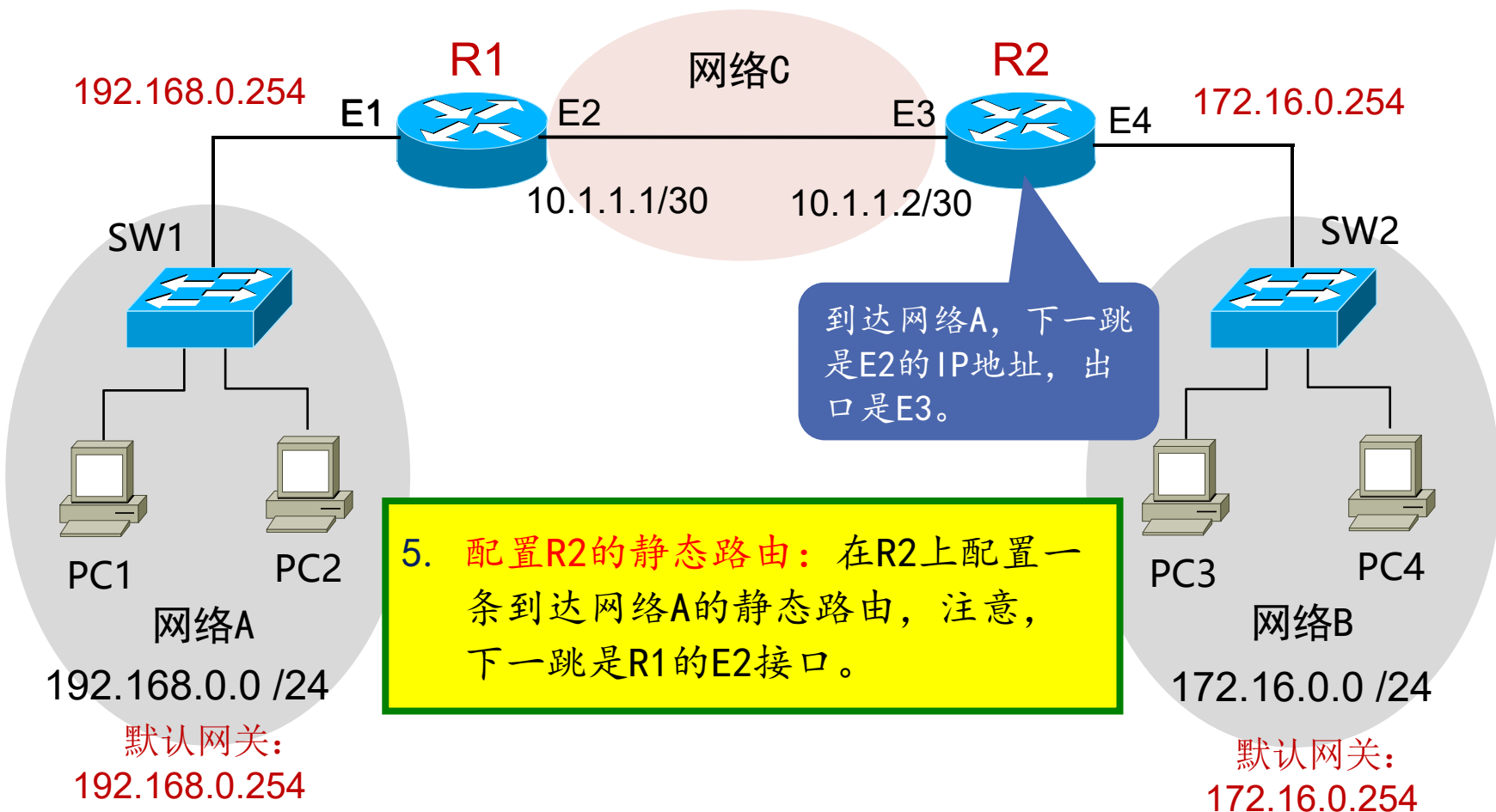
➤ 研讨：路由器组网通信分析



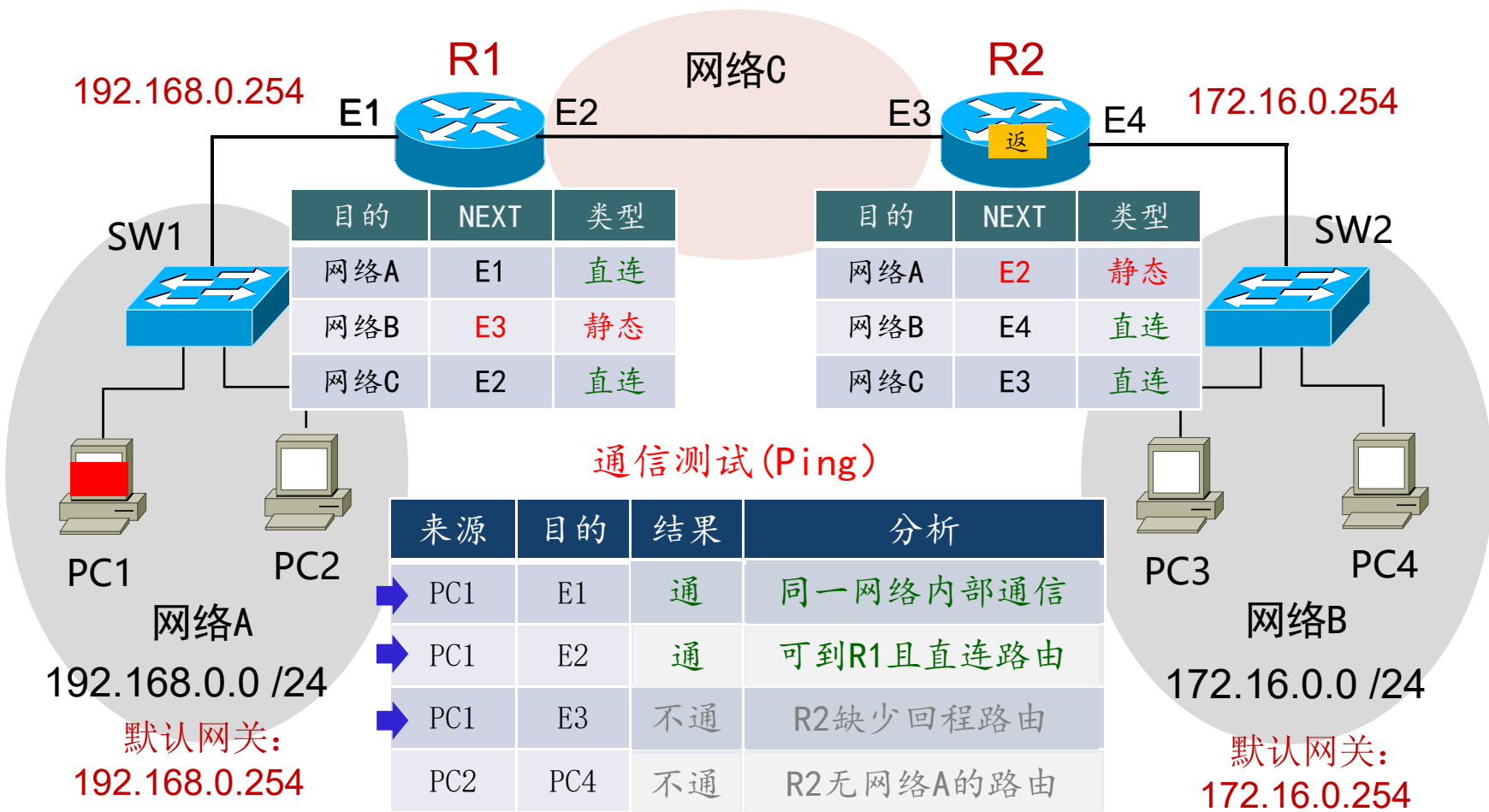
➤ 研讨：路由器组网通信分析



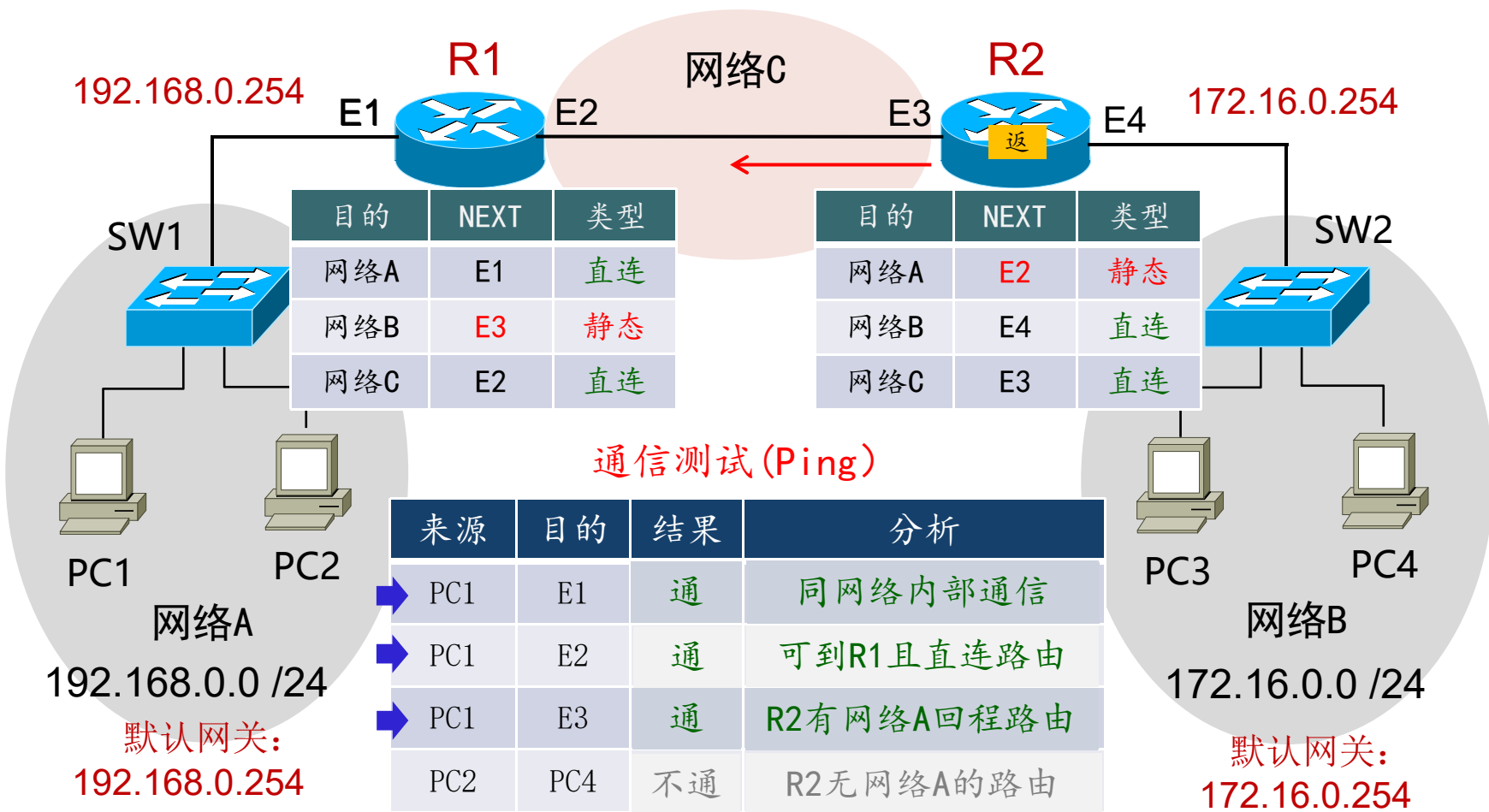
➤ 研讨：路由器组网通信分析



➤ 研讨：路由器组网通信分析



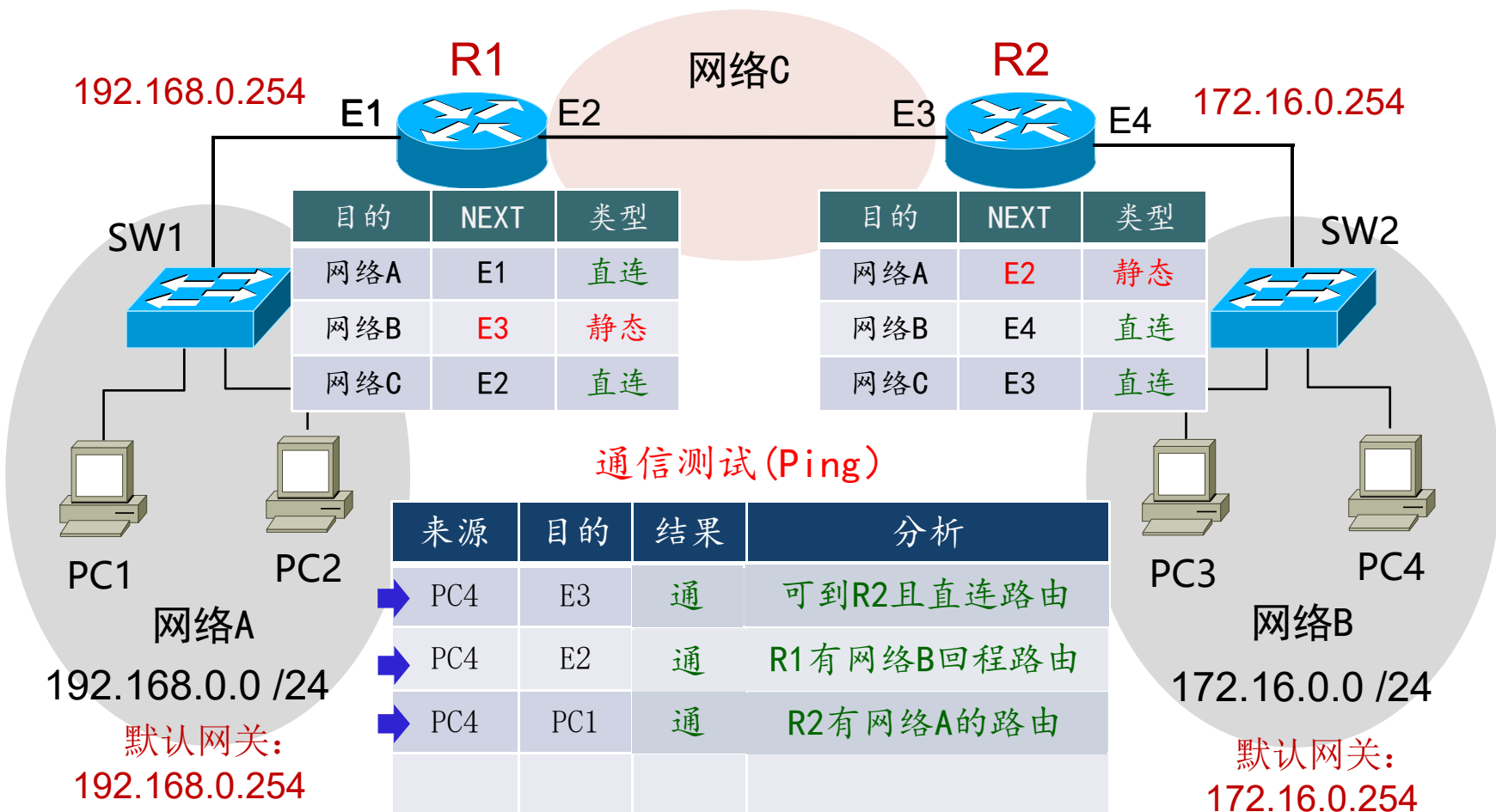
➤ 研讨：路由器组网通信分析



➤ 研讨：路由器组网通信分析



➤ 研讨：路由器组网通信分析



五、路由器与交换机的区别

路由器与交换机的区别

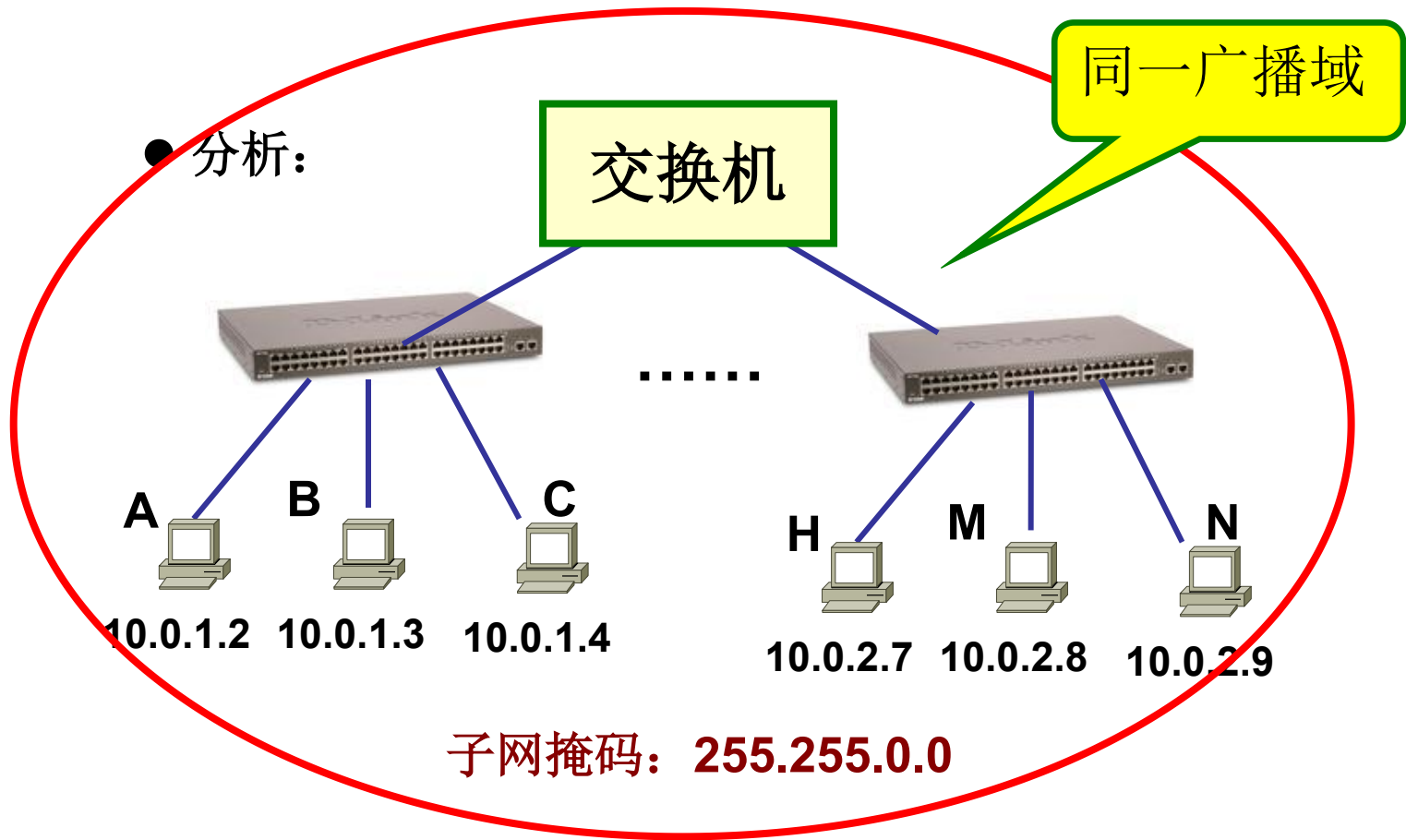
□ 数据转发所依据的对象不同

- 交换机：依据MAC地址表来确定转发数据的目的端口；
- 路由器：依据路由表来确定数据转发的下一跳地址。

路由器与交换机的区别

□ 分割冲突域与广播域

- 交换机只能分割冲突域，不能分割广播域；而路由器可以分割广播域。
- 由交换机连接的网段仍属于同一个广播域，广播数据包会在交换机连接的所有网段上传播，在某些情况下会导致通信拥挤和安全漏洞。连接到路由器上的网段会被分配成不同的广播域，广播数据不会穿过路由器。



● 分析:

路由器

分割广播域

A B C
10.0.1.2 10.0.1.3 10.0.1.4

H M N
10.0.2.7 10.0.2.8 10.0.2.9

子网掩码: 255.255.255.0

路由器与交换机的区别

□ 端口所接入的对象不同

- 交换机：连接主机。交换机，是在扩展同一个网络
- 路由器：不同的网络。是在互联不同的网络

路由器与交换机的区别

□ 在OSI/RM中对应的层次不同

- 交换机包含下两层，又称为“二层设备”。
- 路由器包含下三层，又称为“三层设备”。

第4讲 完