网络应用技术

第8讲 使用DHCP管理园区网IP地址

河南中医药大学信息技术学院

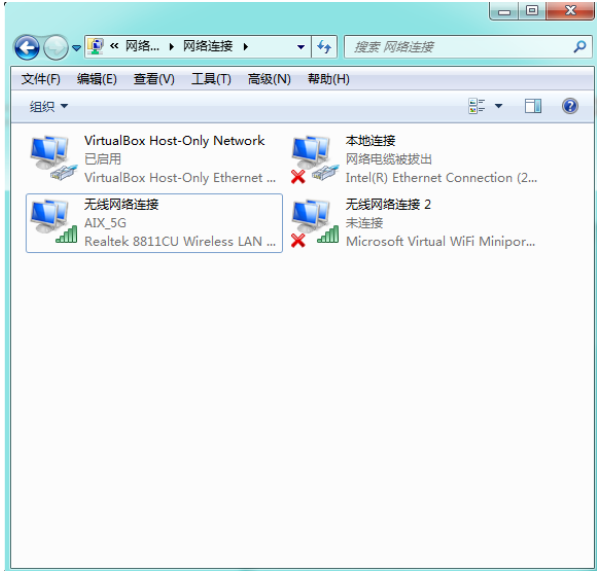
《网络应用技术》课程教学组

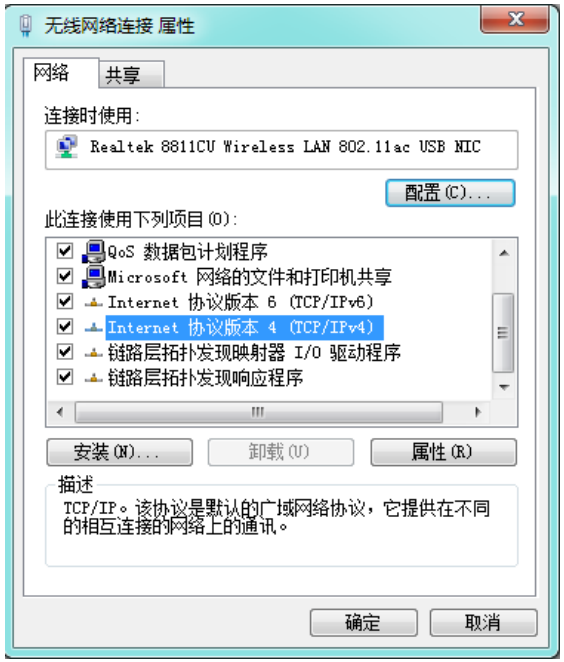
本章主要内容

- 什么是DHCP
- DHCP的工作原理
- 抓包分析DHCP的工作过程
- DHCP中继
- DHCP安全

一、什么是DHCP?

思考：手工方式给网络内的计算机分配IP地址，会带来什么问题？





什么是DHCP?

手工管理IP地址的不足

- 在TCP/IP体系互联网络中，IP地址就相当于计算机的门牌号，标识着计算机在网络中的位置，因此每台计算机都需要配置IP地址。
- 当网络中只有少数几台计算机时，只需要通过手动的方式为每台计算机配置IP地址。但如果网络中有成百上千台计算机，显然用手工方式为每一台计算机配置IP地址，会有很高的管理成本！

什么是DHCP?

认识DHCP

- DHCP（Dynamic Host Configuration Protocol，动态主机配置协议）是一个局域网的协议，使用UDP协议工作。
- 通过DHCP服务，DHCP服务器可以为网络中安装了DHCP客户端程序的计算机自动分配IP地址和其他相关配置（DNS，网关等），而不需要管理员对每个主机进行逐一配置，极大的降低了管理成本。

什么是DHCP?

- DHCP一般用于以下场景中：
  - 网络规模较大，手工配置需要很大的工作量，并难以对整个网络进行集中管理。
  - 网络中主机数目大于该网络支持的IP地址数量，无法给每个主机分配一个固定的IP地址。例如，Internet接入服务提供商，限制同时接入网络的用户数目，大量用户必须动态获得自己的IP地址。

什么是DHCP?

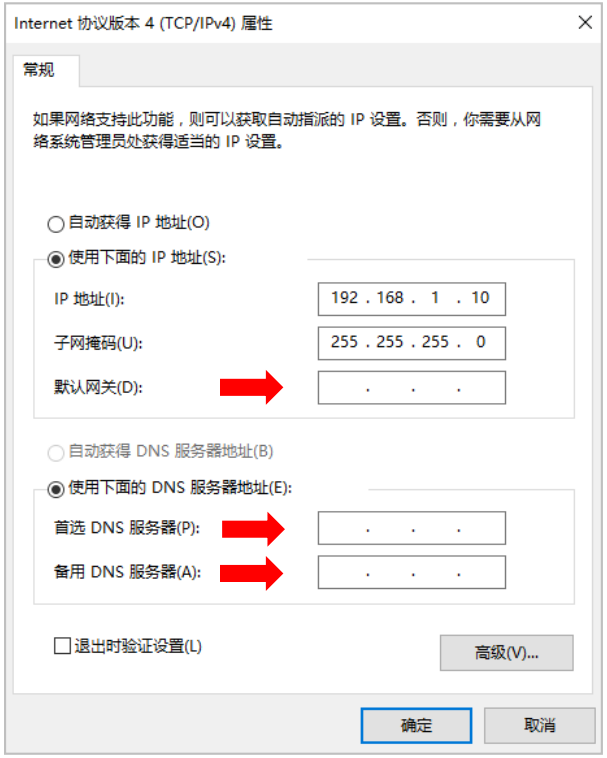
- 使用DHCP有以下好处:
  - 减少配置和管理的工作量，便于管理，提高效率。
  - 配置更加可靠，减少IP地址冲突等错误产生的几率。
  - 节约IP资源，租用!

什么是DHCP?

- DHCP也存在一些缺点
  - 如果DHCP服务器设置有误或出现故障，尤其是当网络中只有一台DHCP服务器时，就会导致网络中所有DHCP客户端无法正常获取IP地址，影响网络通信。
  - 通常在一个网络中配置两台以上的DHCP服务器，当其中一台DHCP服务器失效时，由另一台（或几台）DHCP服务器提供服务，不影响网络的正常运行。

什么是DHCP?

- DHCP服务不仅提供IP地址自动分配功能，还有以下功能：
  - 可以自动配置客户端的DNS服务器和默认网关。
  - 通过IP地址与MAC地址绑定，实现IP地址的固定分配。
  - 利用IP地址排除功能，使静态分配给其他主机的IP地址不再分配给另外的DHCP客户端。



什么是DHCP?

DHCP的作用域

- DHCP服务器能够进行分配的IP地址段，是需要网络管理员事先配置好的，即配置DHCP的作用域。
- DHCP作用域是本地逻辑子网中可以使用的IP地址的集合，例如，若在DHCP服务器上配置作用域为192.168.1.1～192.168.1.254，则DHCP服务器只能使用作用域中定义的IP地址来分配给DHCP客户端。

什么是DHCP?

DHCP作用域的配置要点

- **IP地址范围：**
  - DHCP作用域包含了一个起始IP地址和一个结束IP地址，定义了作用域内的IP地址范围。IP地址范围必须是连续的，并且每个子网只能有一个作用域。
- **子网掩码：**
  - 在创建作用域时，需要指定子网掩码，与IP地址共同决定了网络的结构和大小。
  - 且一旦作用域被创建，子网掩码不能修改。
- **其他网络参数：**
  - DHCP作用域还可以分配其他网络参数，如默认网关、DNS服务器等。
  - 这些参数对于客户端设备的网络通信至关重要。它们。

什么是DHCP?

DHCP作用域的配置要点

- **排除选项：**
  - DHCP作用域中可以设置排除选项，将某些特定的IP地址排除在分配范围之外。
  - 这通常用于防止将已被其他设备占用的IP地址分配给DHCP客户端。
- **保留地址：**
  - DHCP作用域还支持保留地址功能，允许网络管理员为特定的客户端设备预留IP地址。
  - 当这些设备请求IP地址时，DHCP服务器将始终分配预留的IP地址给它们。

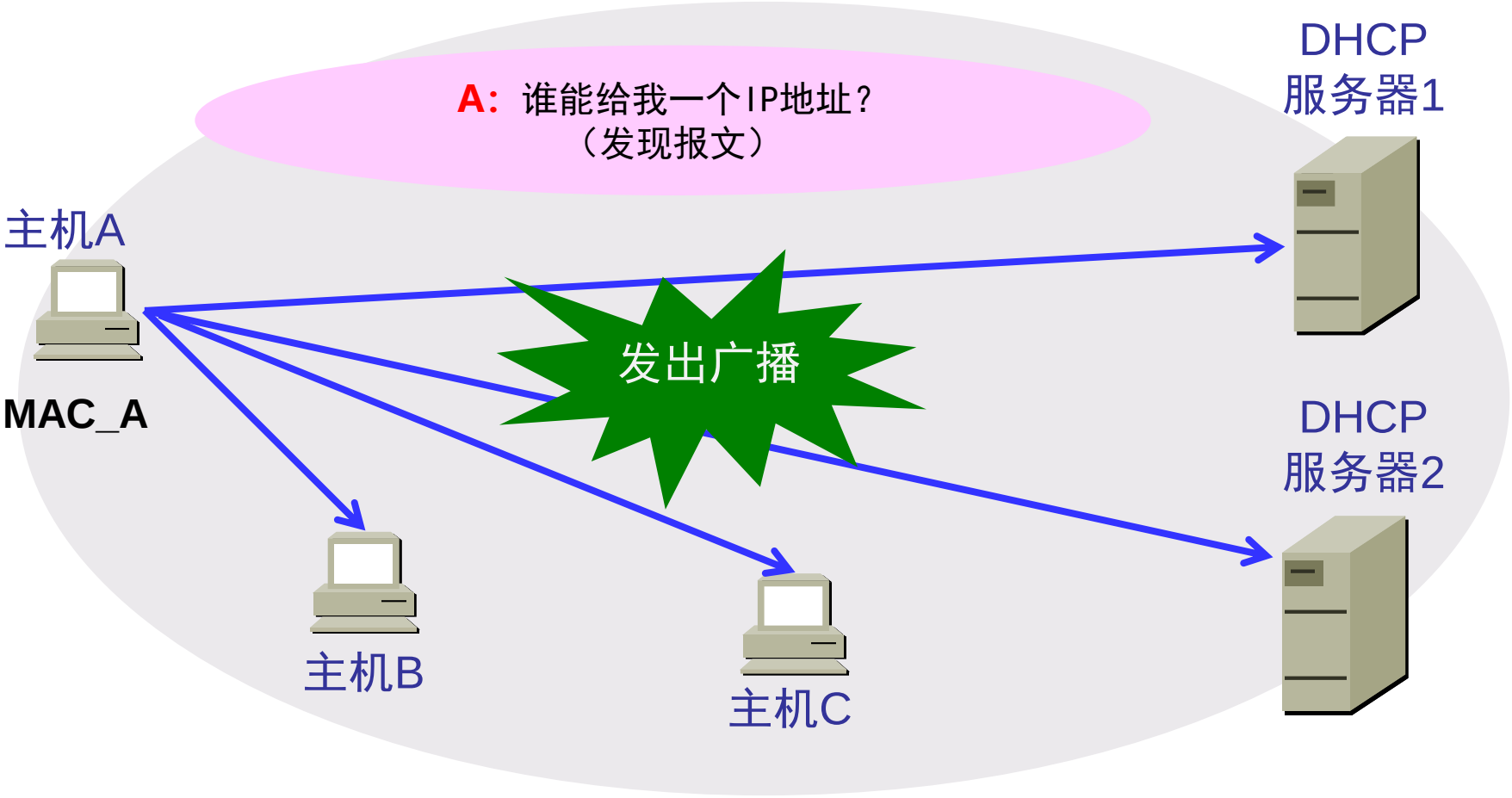
二、DHCP的工作原理

DHCP工作原理

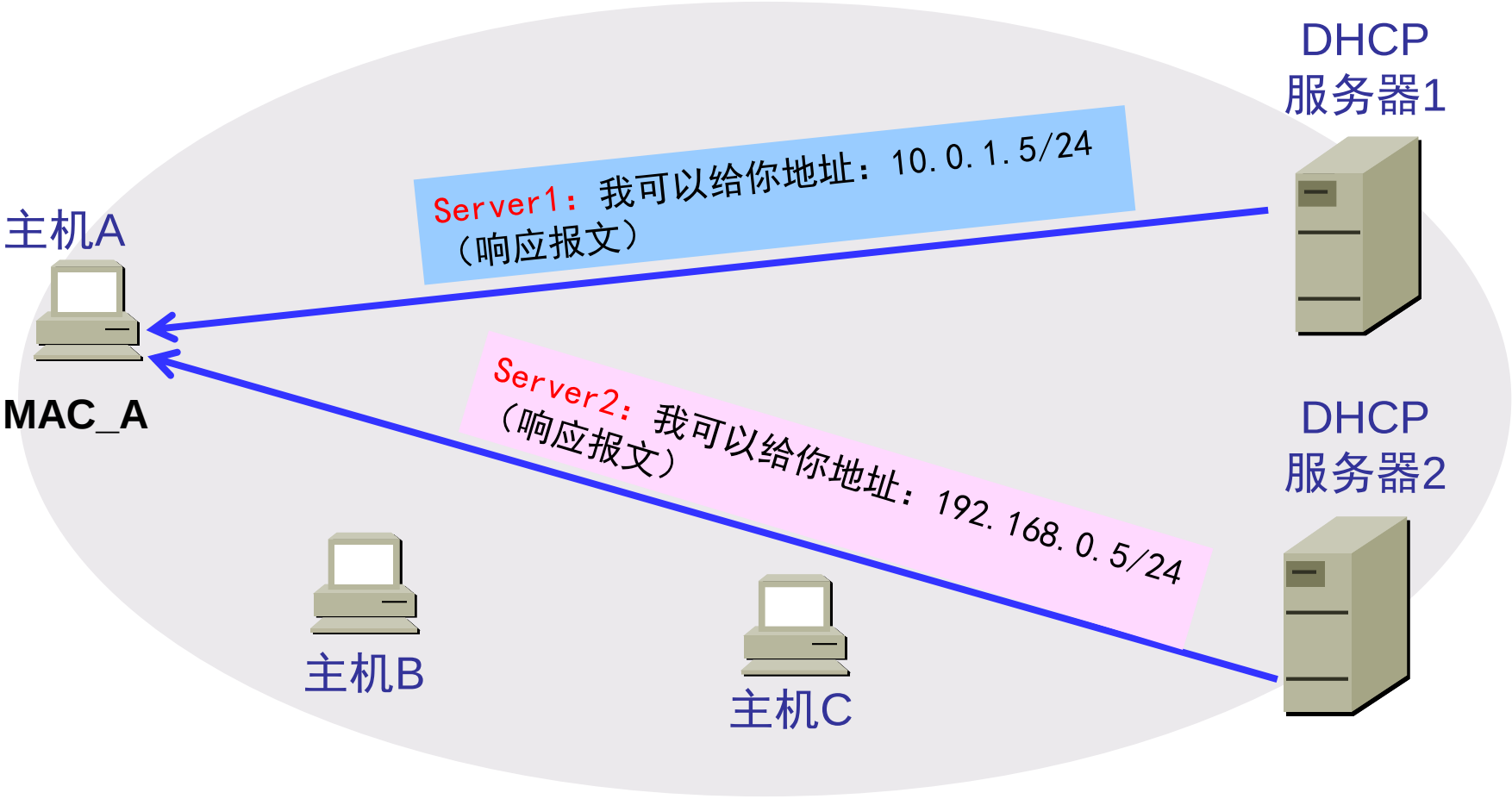
DHCP客户端获取IP地址的基本过程

- DHCP客户端从DHCP服务器获得IP地址信息的过程分为4个阶段：
  - 发现（客户端→服务器）
  - 提供（客户端←服务器）
  - 请求（客户端→服务器）
  - 确认（客户端←服务器）
  - 举例

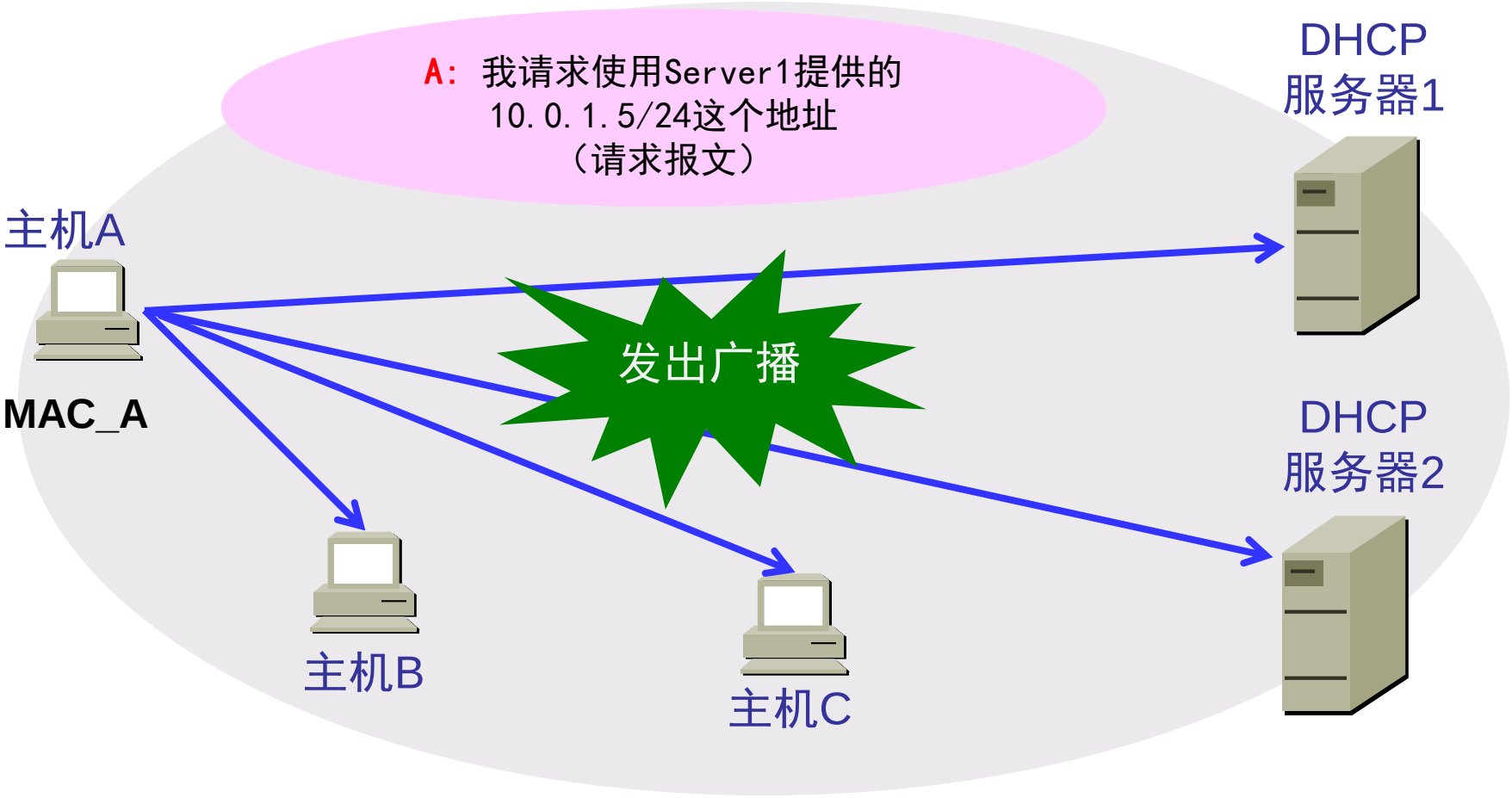
◆ DHCP客户端获取IP地址过程（1）——发现阶段



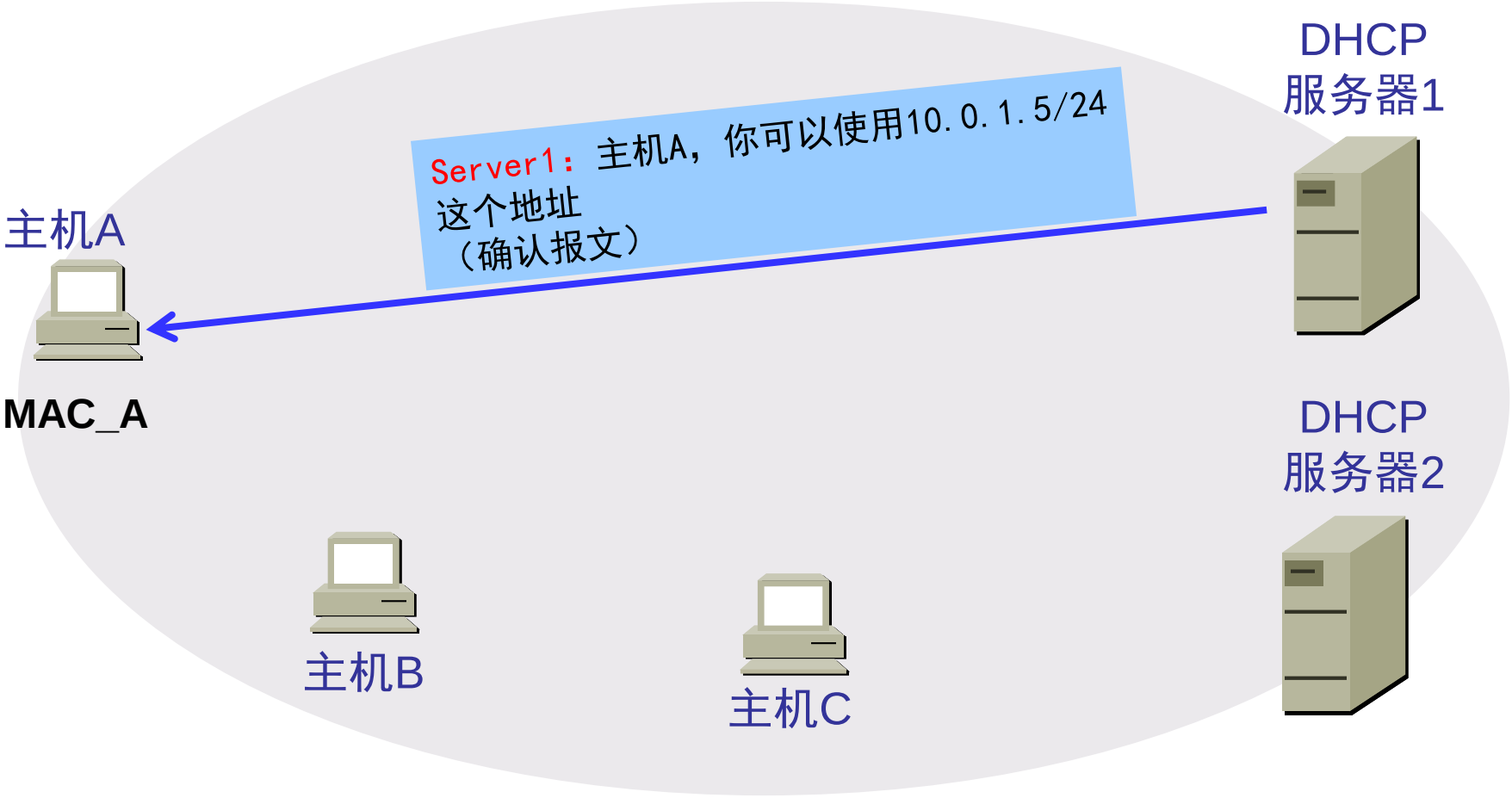
◆ DHCP客户端获取IP地址过程（2）——提供阶段



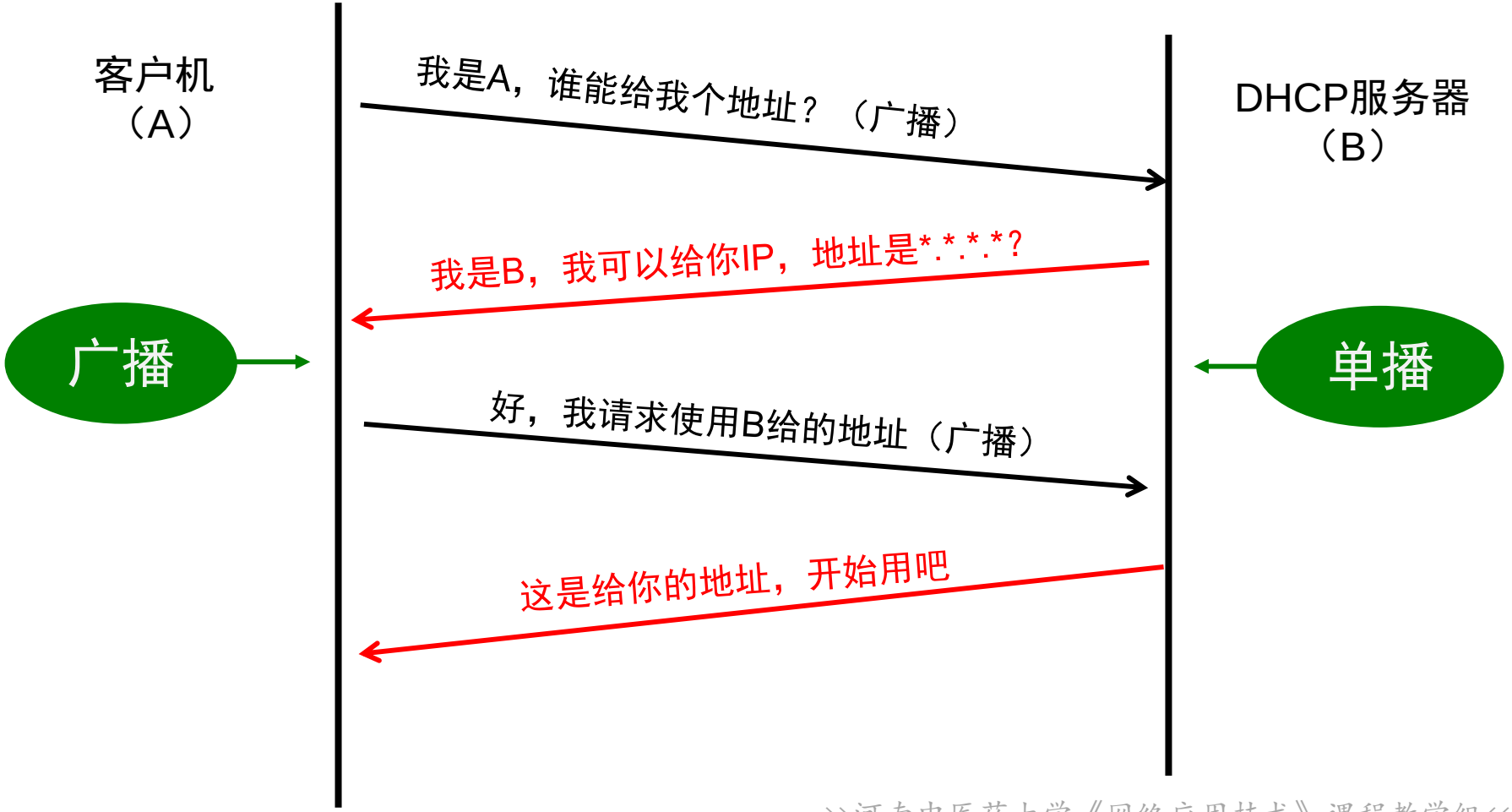
◆ DHCP客户端获取IP地址过程（3）——选择阶段



◆ DHCP客户端获取IP地址过程（4）——确认阶段



◆客户端获取IP地址的过程——总结



DHCP工作原理

- DHCP服务的8种类型报文：
  - DHCP服务在实现时，会通过发送不同的报文，实现客户端和服务器之间的通信，从而完成IP地址的获取等工作流程。
  - DHCP共有8种类型的报文，分别起着不同的作用。

DHCP工作原理

- DHCP服务的8种类型报文：
  - DHCP Discover（发现报文）：发现网络中的DHCP服务器
    - 当DHCP客户端第一次启动时，如果客户端发现本机上没有任何IP地址等相关参数时，就会向它所处的网络内广播一个DHCP Discover报文，请求获取IP配置信息。

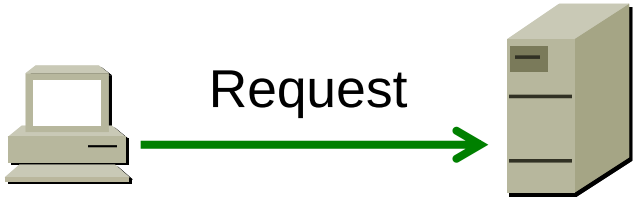
DHCP工作原理

- DHCP服务的8种类型报文：
  - DHCP Offer（提供报文）：告知客户端本服务器可以为其提供IP地址
    - 当网络中的任何一个DHCP服务器收到客户端发出的DHCP Discover广播后，回应给客户端一个DHCP Offer报文，告诉客户端自己可以提供的IP地址等信息内容。

DHCP工作原理

DHCP服务的8种类型报文：

- DHCP Request（请求报文）：明确服务器及希望获得分配的IP地址。
  - 如果客户端收到网络上多台DHCP服务器的回应，则会从中选择一个DHCP Offer（通常是最先到达的那个），并且会向网络上发送一个DHCP Request广播数据包，告诉所有DHCP服务器它将选用哪一台服务器提供的IP地址。



DHCP工作原理

DHCP服务的8种类型报文：

- **DHCP ACK（确认报文）：通知用户可以使用分配的IP地址。**
  - 当DHCP服务器接收到客户端的DHCP Request广播数据包后，会向客户端发出DHCP ACK回应，以确认IP租约的正式生效，也就结束了一个DHCP工作过程。同时，被选择的DHCP服务器将该IP地址保留，不再租用给其他客户使用。

DHCP工作原理

DHCP服务的8种类型报文：

其他4种报文

- DHCP NAK（应答报文）：通知客户端无法分配合适的IP地址。
- DHCP Release（请求报文）：请求释放相应的IP地址。
- DHCP Decline（请求报文）：告知服务器分配的IP地址不可用，希望获取 新的IP地址。
- DHCP INForm（请求报文）：DHCP客户端需要从DHCP服务器获取更为详细的配置信息时，则向DHCP服务器发送DHCP INForm请求报文。

DHCP工作原理

DHCP的租约

- DHCP 服务器分配给 DHCP 客户的 IP 地址是临时的，因此 DHCP 客户只能在一段有限的时间内使用这个分配到的 IP 地址。DHCP 协议称这段时间为租用期。
- 租用期的数值应由 DHCP 服务器自己决定。DHCP 客户也可在自己发送的报文中（例如，发现报文）提出对租用期的要求。

DHCP工作原理

更新租约 —— 自动更新

- 为了使用IP地址的连续性，客户机在租约到期之前，会自动续订。
- DHCP 客户端除了在开机的时候发出 DHCP Request 请求之外，在租约期限一半的时候也会发出 DHCP request ，如果此时得不到 DHCP 服务器的确认的话，客户端还可以继续使用该 IP ；
- 当租约期过了87.5%时，如果客户端仍然无法与当初的DHCP服务器联系上，它将与其它DHCP服务器通信，并请求更新它的配置信息。若网络上没有其他DHCP服务器在运行，且租约到期，该客户端必须停止使用该IP地址，并重新发送一个DHCP Discover数据包开始，再一次重复整个IP地址获取过程。

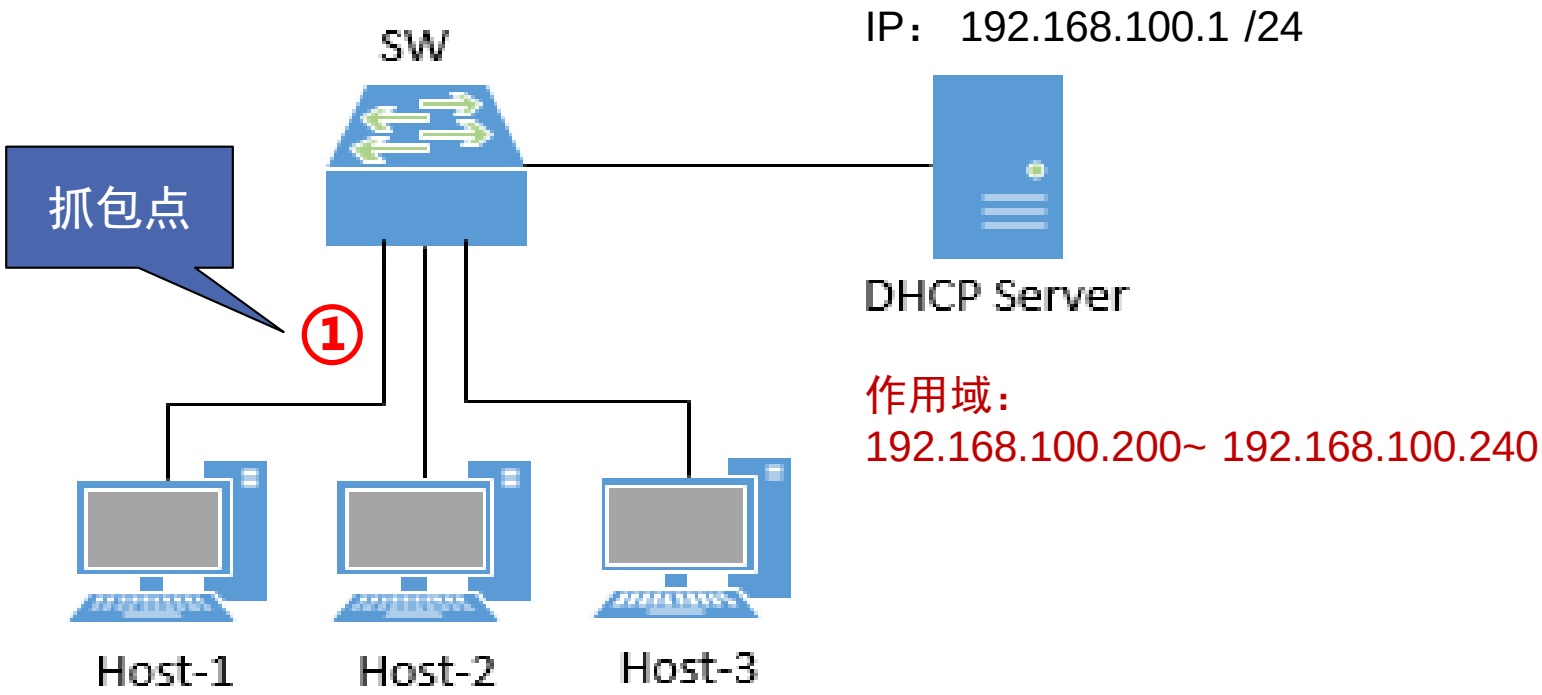
DHCP工作原理

更新租约 —— 手动更新

- 如果需要立即更新DHCP配置消息，用户可以手动更新IP租约。例如，如果用户希望DHCP客户端立即从DHCP服务器获取新的配置参数（如DNS服务器地址等）。
- 可在Windows的命令行界面中，使用ipconfig命令，并带/renew开关参数。这条命令向DHCP服务器发送一条DHCP Request消息请求更新配置选项和续订租约时间。

三、抓包分析DHCP的工作过程

网络拓扑描述


SW
IP： 192.168.100.1 /24
抓包点
①
DHCP Server
作用域：
192.168.100.200~ 192.168.100.240
Host-1
Host-2
Host-3

- 思考几个问题

问题1：

- 客户机在首次发送Discover报文时，其报文首部的地址如何配置？
  - 例如：客户机发出的发现报文中，
    - 源MAC？　/　目的MAC？
    - 源IP？　/　目的IP ？
  - 提醒：
    - 此时，客户机自身没有IP地址，也不知道DHCP服务器的IP地址

抓包分析：DHCP discover报文－首部信息

源MAC：客户机MAC地址

目的MAC：广播地址

No.	Source	Destination	Protocol	Info
82	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Tr
83	192.168.100.1	192.168.100.202	DHCP	DHCP Offer - Tr
85	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Request - Tr
86	192.168.100.1	192.168.100.202	DHCP	DHCP ACK - Tr

```
> Frame 82: 410 bytes on wire (3280 bits), 410 bytes captured (3280
> Ethernet II, Src: 54:89:98:f3:0a:28, Dst: ff:ff:ff:ff:ff:ff
> Internet Protocol Version 4, Src: 0.0.0.0, Dst: 255.255.255.255
> User Datagram Protocol, Src Port: 68, Dst Port: 67
> Dynamic Host Configuration Protocol (Discover)
```

报文内容见下页

源IP：全0地址

源端口：68（客户端）
目的端口：67（服务器端）

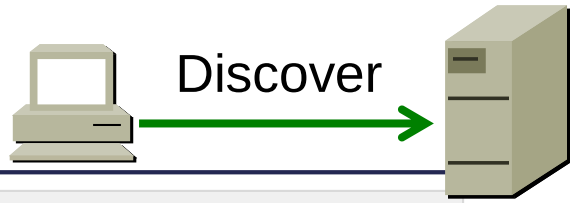
目的IP：全1广播地址

抓包分析：DHCP discover报文－内容信息（1）


```
Dynamic Host Configuration Protocol (Discover)
    Message type: Boot Request (1)
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Hardware address length: 6
    Hops: 0
    Transaction ID: 0x0000503f
    Seconds elapsed: 0
  > Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
    Client IP address: 0.0.0.0
    Your (client) IP address: 0.0.0.0
    Next server IP address: 0.0.0.0
    Relay agent IP address: 0.0.0.0
    Client MAC address: HuaweiTe_f3:0a:28 (54:89:98:f3:0a:28)
    Client hardware address padding: 00000000000000000000
    Server host name not given
    Boot file name not given
    Magic cookie: DHCP
  > Option: (53) DHCP Message Type (Discover)
  > Option: (61) Client identifier
  > Option: (55) Parameter Request List
  > Option: (255) End
    Padding: 000000000000000000000000000000000000000000000000…
```

Discover报文的内容信息

抓包分析：DHCP discover报文－内容信息（2）

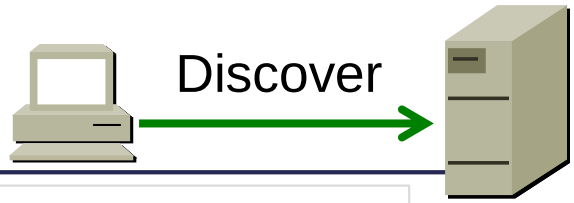



```
Dynamic Host Configuration Protocol (Discover)
    Message type: Boot Request (1)
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Hardware address length: 6
    Hops: 0
    Transaction ID: 0x0000503f
    Seconds elapsed: 0
  > Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
    Client IP address: 0.0.0.0
    Your (client) IP address: 0.0.0.0
    Next server IP address: 0.0.0.0
    Relay agent IP address: 0.0.0.0
    Client MAC address: HuaweiTe_f3:0a:28 (54:89:98:f3:0a:28)
    Client hardware address padding: 00000000000000000000
```

此时客户端的IP地址是全0

上半部分
内容信息

抓包分析：DHCP discover报文－内容信息（3）




```
> Option: (53) DHCP Message Type (Discover)
v Option: (61) Client identifier
    Length: 7
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Client MAC address: HuaweiTe_f3:0a:28 (54:89:98:f3:0a:28)
v Option: (55) Parameter Request List
    Length: 9
    Parameter Request List Item: (1) Subnet Mask
    Parameter Request List Item: (3) Router
    Parameter Request List Item: (6) Domain Name Server
    Parameter Request List Item: (15) Domain Name
    Parameter Request List Item: (28) Broadcast Address
    Parameter Request List Item: (33) Static Route
    Parameter Request List Item: (44) NetBIOS over TCP/IP Name Server
    Parameter Request List Item: (121) Classless Static Route
    Parameter Request List Item: (184) Unassigned
> Option: (255) End
```

客户端的标识符（即MAC地址）

下半部分内容信息

客户端申请参数列表

➢ 问题1：（抓包分析，结论）

- 客户机在首次发送Discover报文时，其报文首部的地址如何配置？
  - 客户机发出发现报文：由于客户机采用动态获得IP地址的方式（即DHCP方式），因此客户机在启动时会自动找DHCP服务器，即以广播形式发出DHCP的发现报文（DHCP Discover）报文；
  - 运输层的封装：Discover报文在运输层进行封装时，使用UDP协议，使用UDP68端口作为源端口，使用UDP67端口作为目的端口。（注：DHCP客户使用的UDP端口是68，而DHCP服务器使用的UDP端口是67）
  - 网络层的封装：Discover报文在网络层进行封装时，由于客户机还没有IP地址，它会使用0.0.0.0作为源地址，使用255.255.255.255作为目标IP地址来广播。

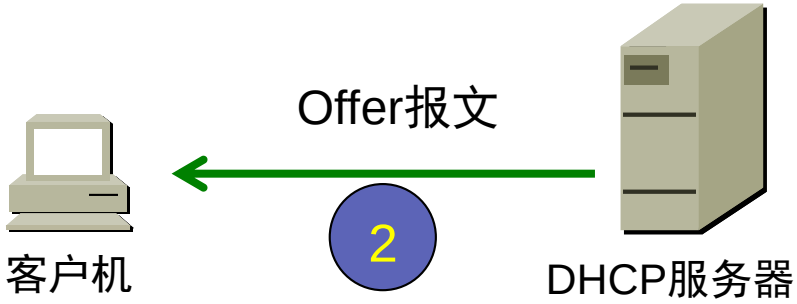
➢ 问题1：（抓包分析，结论）

- 客户机在首次发送Discover报文时，其报文首部的地址如何配置？
  - 数据链路层的封装：发现报文在数据链路层进行封装时，使用DHCP客户机的MAC地址作为源地址，使用ff:ff:ff:ff:ff:ff作为目的MAC地址，进行广播。
  - 在discover报文数据字段中
    - 包含有DHCP客户机的标识信息（即MAC地址），以便DHCP服务器知道这是谁发的DHCP Discover报文

问题2：

服务器发出的DHCP Offer报文中，包含了什么信息?

- DHCP Offer报文的首部中，各种地址信息是什么？
  - 源MAC？　/　目的MAC？
  - 源IP？　/　目的IP ？
- 服务器响应客户端的信息内容有什么？



抓包分析：DHCP offer报文 - 首部信息

源MAC：服务器MAC

目的MAC：客户端MAC

No.	Source	Destination	Protocol	Info
82	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Transact
83	192.168.100.1	192.168.100.202	DHCP	DHCP Offer - Transact
85	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Request - Transact
86	192.168.100.1	192.168.100.202	DHCP	DHCP ACK - Transact

```
> Frame 83: 342 bytes on wire (2736 bits), 342 bytes captured (2736 bits)
> Ethernet II, Src: 08:00:27:c1:97:81, Dst: 54:89:98:f3:0a:28
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.100.1, Dst: 192.168.100.202
> User Datagram Protocol, Src Port: 67, Dst Port: 68
> Dynamic Host Configuration Protocol (Offer)
```

报文内容见下页

源IP：服务器IP

目的IP：准备分配给客户端的IP

源端口：67（服务器端）
目的端口：68（客户端）

抓包分析：DHCP offer报文－内容信息1


```
Dynamic Host Configuration Protocol (Offer)
    Message type: Boot Reply (2)
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Hardware address length: 6
    Hops: 0
    Transaction ID: 0x0000503f
    Seconds elapsed: 0
  > Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
    Client IP address: 0.0.0.0
    Your (client) IP address: 192.168.100.202
    Next server IP address: 0.0.0.0
    Relay agent IP address: 0.0.0.0
    Client MAC address: HuaweiTe_f3:0a:28 (54:89:98:f3:0a:28)
    Client hardware address padding: 00000000000000000000
```

准备分配给客户端的IP地址

表明offer报文所响应的客户端的MAC地址

抓包分析：DHCP offer报文 - 内容信息2


```
> Option: (53) DHCP Message Type (Offer)
v Option: (54) DHCP Server Identifier (192.168.100.1)
    Length: 4
    DHCP Server Identifier: 192.168.100.1
v Option: (51) IP Address Lease Time
    Length: 4
    IP Address Lease Time: (43200s) 12 hours
v Option: (1) Subnet Mask (255.255.255.0)
    Length: 4
    Subnet Mask: 255.255.255.0
v Option: (3) Router
    Length: 4
    Router: 192.168.100.254
^ Option: (6) Domain Name Server
    Length: 4
    Domain Name Server: 8.8.8.8
```

DHCP服务器标识

IP租约时间12小时

准备配置给客户端的子网掩码

准备配置给客户端的默认网关地址

准备配置给客户端的域名服务器IP地址

➢ 问题2：（抓包分析，结论）

- 服务器发出的DHCP Offer报文中，包含哪些信息？
  - 当DHCP服务器接收到客户机发来的Discover报文时，它就在自己的IP地址池（即作用域）中查找是否有合法的IP地址提供给客户机。如果有，DHCP服务器就将此IP地址做上标记，暂时不再分配给其他客户机。
  - DHCP服务器收到Discover报文后，会返回DHCP Offer报文。
    - Offer报文的内容（总结）
    - Offer报文首部的地址信息（总结）

➢ 问题2：（抓包分析，结论）

- 服务器发出的DHCP Offer报文中，包含哪些信息？
  - DHCP Offer报文中包含的信息
    - Offer报文所响应的客户端的MAC地址；→ 想给谁？
    - 准备提供给客户端的IP地址；
    - 准备提供给客户端的子网掩码；默认网关、DNS等；
    - IP地址的租约时间；

    → 给什么？
    - DHCP服务器的标识符（即IP地址）→ 谁给的？

以上信息主要是提供给客户机的配置信息

➢ 问题2：（抓包分析，结论）

- 服务器发出的DHCP Offer报文中，包含哪些信息？
  - DHCP Offer报文首部中的地址信息
    - 运输层首部：源端口（67）、目的端口（68）；
    - 网络层首部：源IP（服务器的IP）、目的IP（准备分配给客户机的IP）
    - 数据链路层首部：源MAC（服务器MAC）、目的MAC（客户机的MAC）

以上信息用于报文传输

- 引申思考：

服务器发出的Offer报文，是广播？还是单播？

➢ 引申思考：

- 服务器发出的Offer报文，是广播？还是单播？
  - 看看RFC2131是怎么规定的

A client that cannot receive unicast（单播） IP datagrams（IP数据报） until its protocol software has been configured with an IP address SHOULD set the BROADCAST bit（广播位） in the 'flags' field to 1 in any DHCPDISCOVER or DHCPREQUEST messages that client sends.

The BROADCAST bit will provide a hint（提示） to the DHCP server and BOOTP relay agent（DHCP中继代理） to broadcast any messages to the client on the client's subnet（子网）.

A client that can receive unicast IP datagrams before its protocol software has been configured SHOULD clear the BROADCAST bit to 0. The BOOTP clarifications（澄清） document discusses the ramifications（后果） of the use of the BROADCAST bit [21].

➢ 引申思考：

- 服务器发出的Offer报文，是广播？还是单播？
  - 关键是看DHCP客户机在完成IP地址配置前，能否接收单播报文！
    - 有些IP协议栈在完成IP地址的配置前，是可以接收Destination IP = Any 的IP报文，只要该IP报文能够被硬件网卡接收并过滤给IP协议栈。
    - 而有些IP协议栈在完成IP地址的配置前，是不会接收任何单播IP报文的，只会接收广播IP报文，即Destination IP = 255.255.255.255。

➢ 引申思考：

- 服务器发出的Offer报文，是广播？还是单播？
  - 服务器如何判断DHCP客户机能否接收单播报文？
    - RFC2131规定：如果协议栈在初始化过程中，不能接收单播IP报文，则在DHCP Discover / Request报文的Flags字段里明确告知服务器，通过设置“BROADCAST flag = 1”，服务器就使用广播来和客户端通信。
    - 如果协议栈在初始化过程中，可以接收单播IP报文，则在DHCP Discover / Request报文的Flags字段里明确告知服务器，通过设置“BROADCAST flag = 0”，服务器就使用单播来和客户端通信。
    - 注意：Discover报文和Request报文，都是从DHCP客户端发出的报文。

- DHCP报文的结构

Figure 1: Format of a DHCP message

➢ 本例中，服务器发出的Offer报文，是单播。

此处可看出，offer报文是单播！

No.	Source	Destination	Protocol	Info
82	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Tra
83	192.168.100.1	192.168.100.202	DHCP	DHCP Offer - Tra
85	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Request - Tra

```
> Frame 82: 410 bytes on wire (3280 bits), 410 bytes captured (3280 b
> Ethernet II, Src: 54:89:98:f3:0a:28, Dst: ff:ff:ff:ff:ff:ff
> Internet Protocol Version 4, Src: 0.0.0.0, Dst: 255.255.255.255
> User Datagram Protocol, Src Port: 68, Dst Port: 67
v Dynamic Host Configuration Protocol (Discover)
    Message type: Boot Request (1)
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Hardware address length: 6
    Hops: 0
    Transaction ID: 0x0000503f
    Seconds elapsed: 0
  > Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
    Client IP address: 0.0.0.0
    Your (client) IP address: 0.0.0.0
```

注意，这是Discover报文的内容！

若客户端发出的DHCP Discover或DHCP Request报文中，“Bootp flags: 0x0000（Unicast）”，说明客户机请求DHCP服务器使用单播来发送回应报文。（Unicast，单播）

➢ 另一例中，服务器发出的Offer报文，是广播。

可看出，此处offer报文是广播！

另一例中，DHCP Discover报文部分信息

➢ 问题3：

- DHCP服务器如何知道客户机选择了自己所提供的地址参数?

抓包分析：DHCP Request报文 - 首部信息

源MAC：客户机MAC地址

目的MAC：广播地址

No.	Source	Destination	Protocol	Info
82	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Tran
83	192.168.100.1	192.168.100.202	DHCP	DHCP Offer - Tran
85	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Request - Tran
86	192.168.100.1	192.168.100.202	DHCP	DHCP ACK - Tran

```
> Frame 85: 410 bytes on wire (3280 bits), 410 bytes captured (3280 b
> Ethernet II, Src: 54:89:98:f3:0a:28, Dst: ff:ff:ff:ff:ff:ff
> Internet Protocol Version 4, Src: 0.0.0.0, Dst: 255.255.255.255
> User Datagram Protocol, Src Port: 68, Dst Port: 67
v Dynamic Host Configuration Protocol (Request)
```

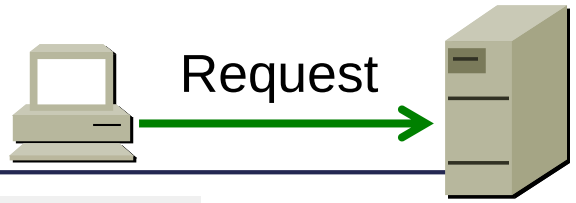
报文内容见下页

源IP：0.0.0.0

源端口：68（客户端）
目的端口：67（服务器端）

目的IP：
255.255.255.255

抓包分析：DHCP Request报文－内容信息（1）

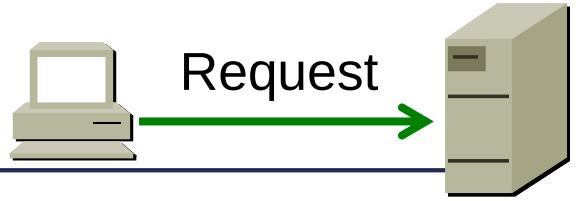



```
Dynamic Host Configuration Protocol (Request)
  Message type: Boot Request (1)
  Hardware type: Ethernet (0x01)
  Hardware address length: 6
  Hops: 0
  Transaction ID: 0x0000503f
  Seconds elapsed: 0
> Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
  Client IP address: 0.0.0.0
  Your (client) IP address: 0.0.0.0
  Next server IP address: 0.0.0.0
  Relay agent IP address: 0.0.0.0
  Client MAC address: 54:89:98:f3:0a:28
  Client hardware address padding: 00000000000000000000
  Server host name not given
```

指明是Request报文

此时客户端的IP地址还是全0

抓包分析：DHCP Request报文－内容信息（2）




```
> Option: (53) DHCP Message Type (Request)
v Option: (54) DHCP Server Identifier (192.168.100.1)
    Length: 4
    DHCP Server Identifier: 192.168.100.1
v Option: (50) Requested IP Address (192.168.100.202)
    Length: 4
    Requested IP Address: 192.168.100.202
v Option: (61) Client identifier
    Length: 7
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Client MAC address: 54:89:98:f3:0a:28
v Option: (55) Parameter Request List
    Length: 4
    Parameter Request List Item: (1) Subnet Mask
    Parameter Request List Item: (3) Router
    Parameter Request List Item: (6) Domain Name Server
    Parameter Request List Item: (15) Domain Name
> Option: (255) End
```

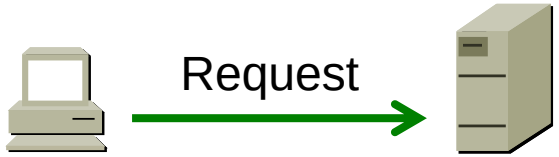
DHCP服务器的标识(IP地址)，表明客户机请求使用该服务器分配的IP地址

客户机申请的IP地址

客户端标识（即MAC地址）表明“谁”在提出请求

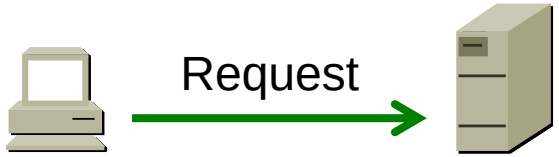
客户端所申请的网络参数列表，包括子网掩码、默认网关、DNS等信息。

➢ 问题3：（抓包分析，结论）



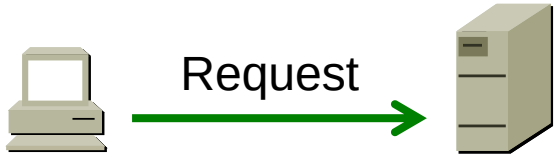
- DHCP服务器如何知道客户机选择了自己所提供的地址参数?
  - DHCP客户机发出Discover报文后，有可能收到多个DHCP服务器回应的DHCP Offer报文，DHCP客户机一般只选择接受第一个收到的Offer报文。
  - 也因为DHCP客户机可能收到多个Offer报文（即收到多个DHCP服务器提供的IP地址信息），所以客户机需要告知服务器自己的选择（即客户机选择使用哪个服务器提供的IP地址），即发出DHCP Request报文，该报文中包含为该客户机提供IP配置的服务器的标识（即服务器IP地址）。

➢ 问题3：（抓包分析，结论）



- DHCP服务器如何知道客户机选择了自己所提供的地址参数?
  - DHCP Request是广播报文（目的IP是255.255.255.255），以便能通知到本网内所有的DHCP服务器。注意，虽然此时客户机已经收到某个服务器提供的IP地址，但是因为还没有最终确认并配置该IP地址，所以，在DHCP Request报文中仍然使用0.0.0.0作为源IP地址。
  - DHCP服务器收到请求报文后，会查看报文中的服务器标识字段，以确定它自己是否被选中，如果未被选中，则相应的DHCP服务器会取消前期的IP地址提供，并保留其IP地址以用于下一个IP租约请求。
  - 被选中的DHCP服务器，会返回DHCP ACK报文，作为最后的确认。

➢ 问题3：（抓包分析，结论）

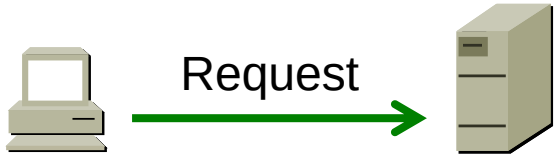


- DHCP服务器如何知道客户机选择了自己所提供的地址参数?
  - DHCP Request报文中包含的信息（总结）
    - 客户端的MAC地址； → 表明客户机是谁
    - DHCP服务器的标识（即IP地址） → 表明客户机选择了谁
    - 客户端请求的IP地址；
    - 客户端请求的其他参数名（子网掩码等）

    → 表明客户机请求获取的信息

以上信息是客户机告知全网DHCP服务器的信息

➢ 问题3：（抓包分析，结论）



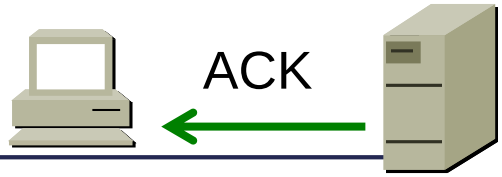
- DHCP服务器如何知道客户机选择了自己所提供的地址参数?
  - DHCP Request报文首部中的地址信息（总结）
    - 运输层首部：源端口（客户机，68）、目的端口（服务器，67）；
    - 网络层首部：源IP（0.0.0.0）、目的IP（255.255.255.255）
    - 数据链路层首部：源MAC（客户机的MAC）、目的MAC（ff-ff-ff-ff-ff-ff）

以上信息用于报文传输

问题4：

- 客户机什么时候开始使用DHCP服务器提供的IP地址？

抓包分析：DHCP ACK报文 - 首部信息



源MAC：服务器MAC

目的MAC：客户端MAC

No.	Source	Destination	Protocol	Info
82	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Transacti
83	192.168.100.1	192.168.100.202	DHCP	DHCP Offer - Transacti
85	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Request - Transacti
86	192.168.100.1	192.168.100.202	DHCP	DHCP ACK - Transacti

```
> Frame 86: 342 bytes on wire (2736 bits), 342 bytes captured (2736 bits)
> Ethernet II, Src: 08:00:27:c1:97:81, Dst: 54:89:98:f3:0a:28
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.100.1, Dst: 192.168.100.202
> User Datagram Protocol, Src Port: 67, Dst Port: 68
v Dynamic Host Configuration Protocol (ACK)
```

报文内容见下页

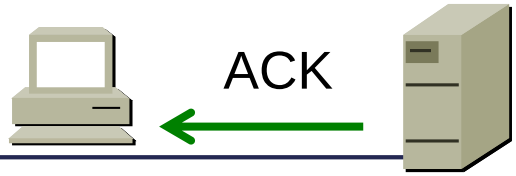
源IP：服务器IP

目的IP：准备分配给客户端的IP

源端口：67（服务器端）

目的端口：68（客户端）

抓包分析：DHCP ACK报文 - 内容信息




```
Dynamic Host Configuration Protocol (ACK)
  Message type: Boot Reply (2)
  Hardware type: Ethernet (0x01)
  Hardware address length: 6
  Hops: 0
  Transaction ID: 0x0000503f
  Seconds elapsed: 0
> Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
  Client IP address: 0.0.0.0
  Your (client) IP address: 192.168.100.202
  Next server IP address: 0.0.0.0
  Relay agent IP address: 0.0.0.0
  Client MAC address: 54:89:98:f3:0a:28
  Client hardware address padding: 00000000000000000000
  Server host name not given
  Boot file name not given
  Magic cookie: DHCP
> Option: (53) DHCP Message Type (ACK)
> Option: (54) DHCP Server Identifier (192.168.100.1)
> Option: (51) IP Address Lease Time
> Option: (1) Subnet Mask (255.255.255.0)
> Option: (3) Router
> Option: (255) End
```

ACK报文的内容与Offer报文相似

准备分配给客户端的IP地址

表明ACK报文所响应的客户端的MAC地址

DHCP消息类型

DHCP服务器标识

服务器提供给客户端的其他配置信息

➢ 问题4：（抓包分析，结论）

- 客户机什么时候开始使用DHCP服务器提供的IP地址?
  - DHCP服务器接收到客户机发来的DHCP Request报文后，发出确认租约的报文（DHCP ACK消息）。
  - DHCP ACK报文中，包含了服务器提供给客户机的IP地址、客户机的MAC地址（表明所分配的IP地址是“给谁的”）、包含了DHCP服务器的IP地址（表明“谁给的”）、包含了IP地址的续租和租约等信息。
  - 客户机收到报文后，查看里面的MAC是否是自己的，是自己的，就配置自己的IP，完成IP初始化，否则就丢弃该报文。
  - 当客户机收到DHCP服务器发来的ACK报文后，就开始正式使用所分配的IP地址了。

问题4：（抓包分析，结论）

- 客户机什么时候开始使用DHCP服务器提供的IP地址?
  - DHCP ACK报文首部中的地址信息
    - 运输层首部：源端口（67）、目的端口（68）；
    - 网络层首部：源IP（服务器的IP）、目的IP（准备分配给客户机的IP）
    - 数据链路层首部：源MAC（服务器MAC）、目的MAC（客户机的MAC）

➢ 问题5：

- DHCP客户机获得IP后，以后DHCP客户机每次重新启动时，如何与DHCP服务器联系？
  - DHCP客户机总是试图重新租用它接收过的最后一个IP地址，这给网络带来一定的稳定性。
  - 以后DHCP客户机每次重新登录网络时，就不需要再发送DHCP discover发现信息了，而是直接发送包含前一次所分配的IP地址的DHCP Request请求信息。
  - 当DHCP服务器收到这一信息后，它会尝试让DHCP客户机继续使用原来的IP地址，并回答一个DHCP ACK确认信息。

➢ 问题5：

- DHCP客户机获得IP后，以后DHCP客户机每次重新启动时，如何与DHCP服务器联系？
  - 如果此IP地址已无法再分配给原来的DHCP客户机使用时（比如此IP地址已分配给其它DHCP客户机使用，或者因为客户机移到其他子网 ），则DHCP服务器给DHCP客户机回答一个DHCP nack否认信息。
  - 当原来的DHCP客户机收到此DHCP nack否认信息后，它就必须重新发送DHCP discover发现信息来请求新的IP地址。

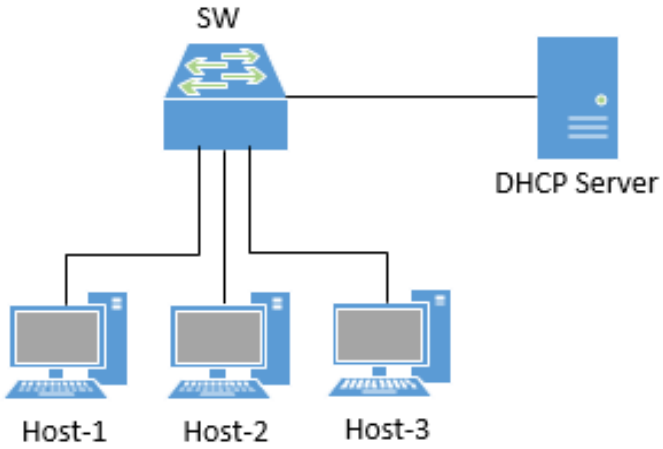
四、DHCP中继（DHCP Relay）

DHCP中继

为什么会用到DHCP中继?

- 由于DHCP客户端在获取IP地址时，是通过广播方式发送报文的，因此DHCP协议是一个局域网（一个广播域）协议。

- 但是，通常一个园区网内部有多个局域网（即多个广播域），网络管理者并不愿意在每一个网络内都部署一台DHCP服务器，因为这样会使DHCP服务器的数量太多，采用DHCP中继（DHCP Relay）可以解决这一问题。



DHCP 中继

- IP地址规划：

Host-1: 192.168.0.1~192.168.0.100 /24

Host-2: 192.168.1.1~192.168.1.100 /24

Host-3: 192.168.2.1~192.168.2.100 /24

Host-4: 192.168.3.1~192.168.3.100 /24

Host-5: 192.168.4.1~192.168.4.100 /24

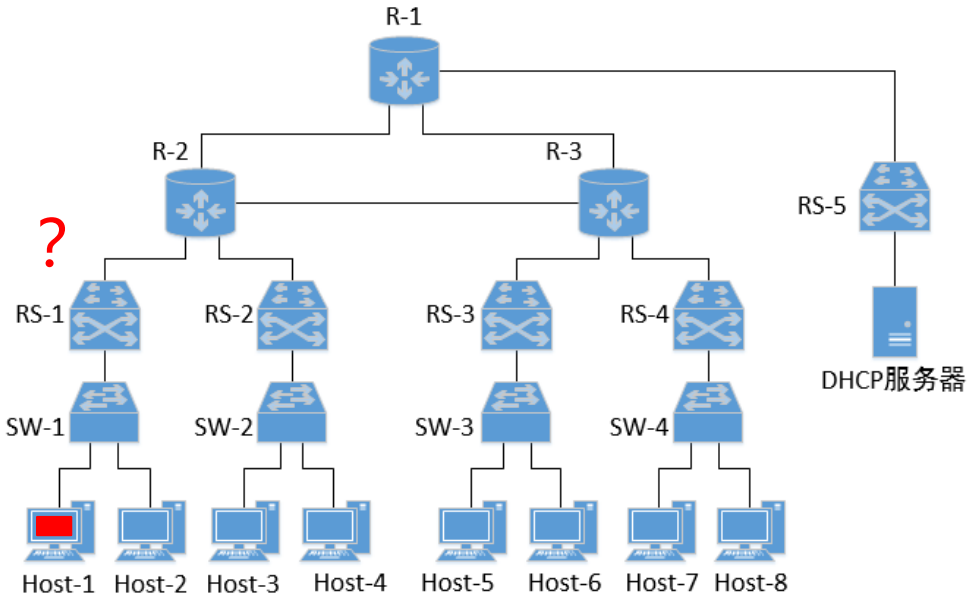
Host-6: 192.168.5.1~192.168.5.100 /24

Host-7: 192.168.6.1~192.168.6.100 /24

Host-8: 192.168.7.1~192.168.7.100 /24

DHCP服务器： 192.168.100.1 /24

注：PC分属于不同的VLAN



问题：Host-1发出的DHCP Discover（发现报文）能被谁收到？

DHCP 中继

如何应用DHCP中继

- 为了使全网都能获得同一台DHCP服务器提供的服务，需要在每个子网络内（即每一个广播域内）配置一个DHCP中继（通常配置在路由交换机上）。
- DHCP中继上配置有DHCP服务器的IP地址信息，通过DHCP中继服务，与DHCP服务器不在同一子网的DHCP客户端可以通过DHCP中继与其他网段的DHCP服务器通信，使得DHCP客户端能够自动获取到IP地址。

DHCP 中继

➢ DHCP中继的配置举例（华为s5700）：

[RS-1] dhcp enable

[RS-1] interface vlanif 10

[RS-1-Vlanif10] dhcp select relay

[RS-1-Vlanif10] dhcp relay server-ip 192.168.100.1

[RS-1-Vlanif10] quit

[RS-1] interface vlanif 11

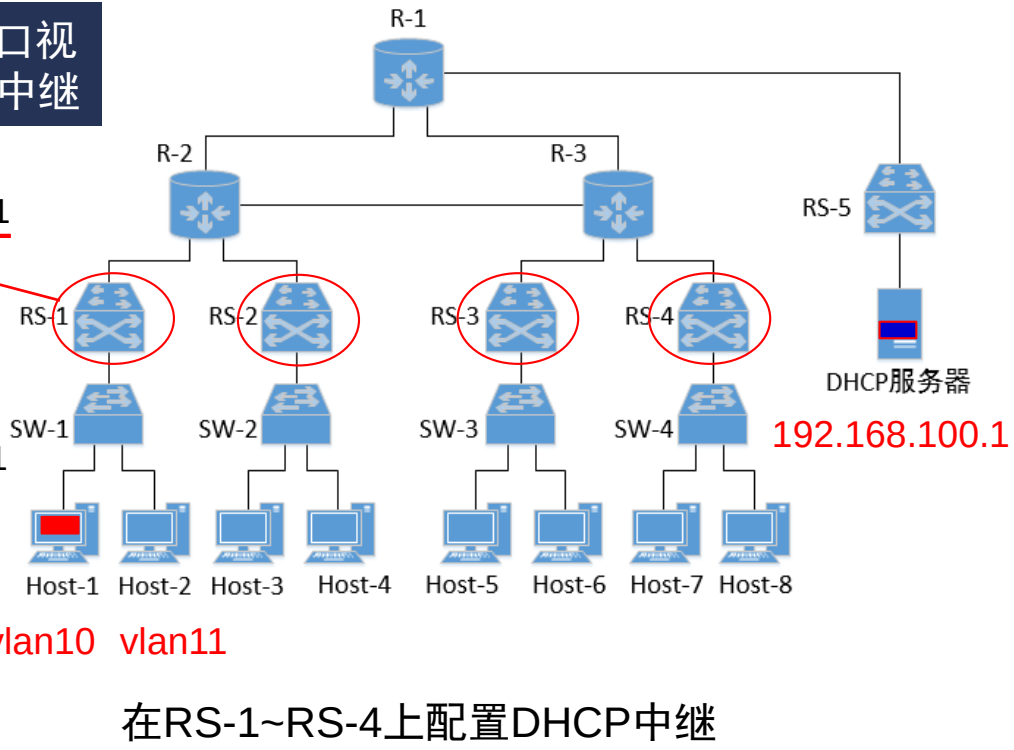
[RS-1-Vlanif11] dhcp select relay

[RS-1-Vlanif11] dhcp relay server-ip 192.168.100.1

[RS-1-Vlanif11] quit

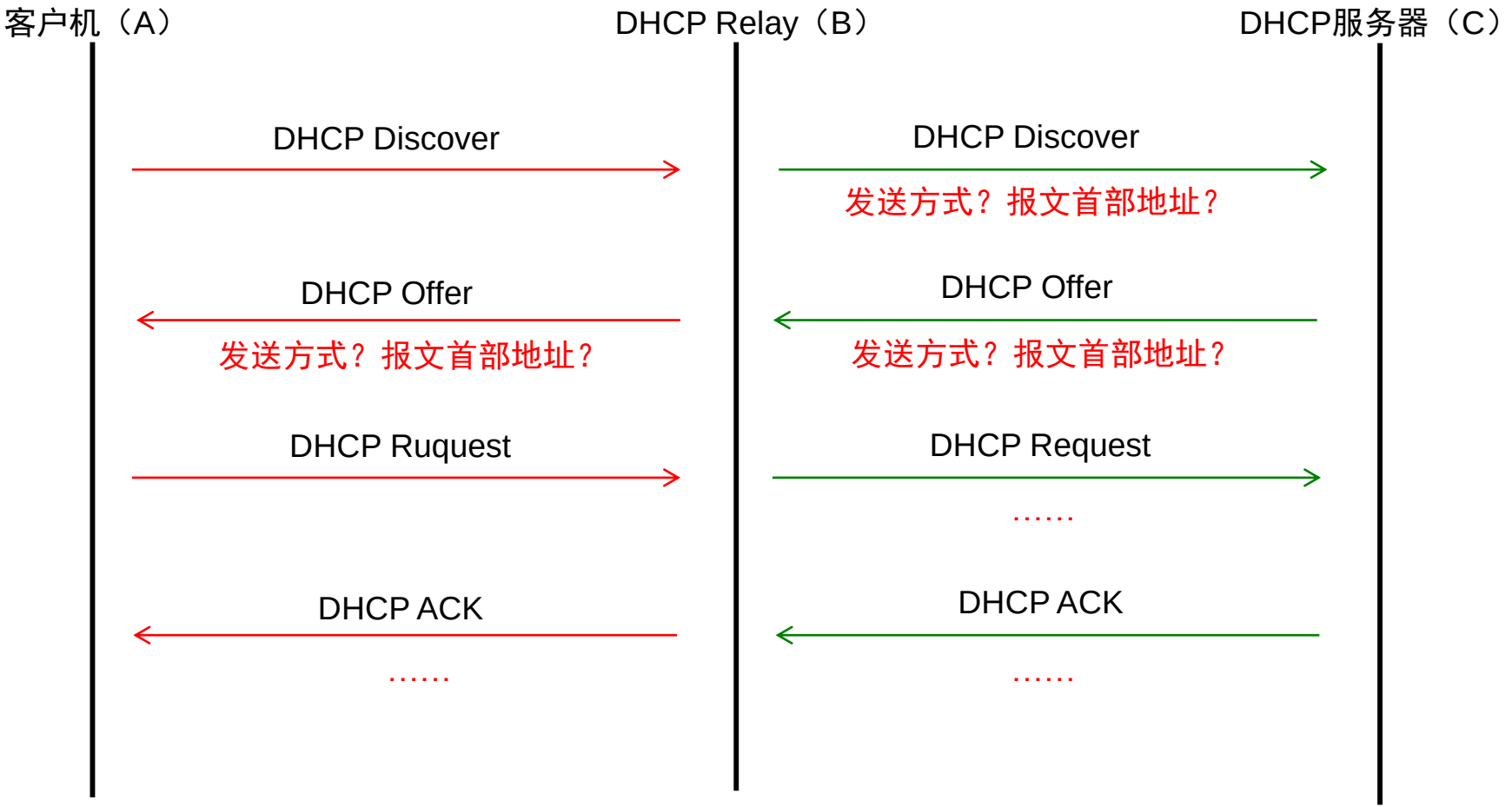
在VLAN10的接口视图中配置DHCP中继

针对每个用户VLAN，在网关处配置DHCP中继。

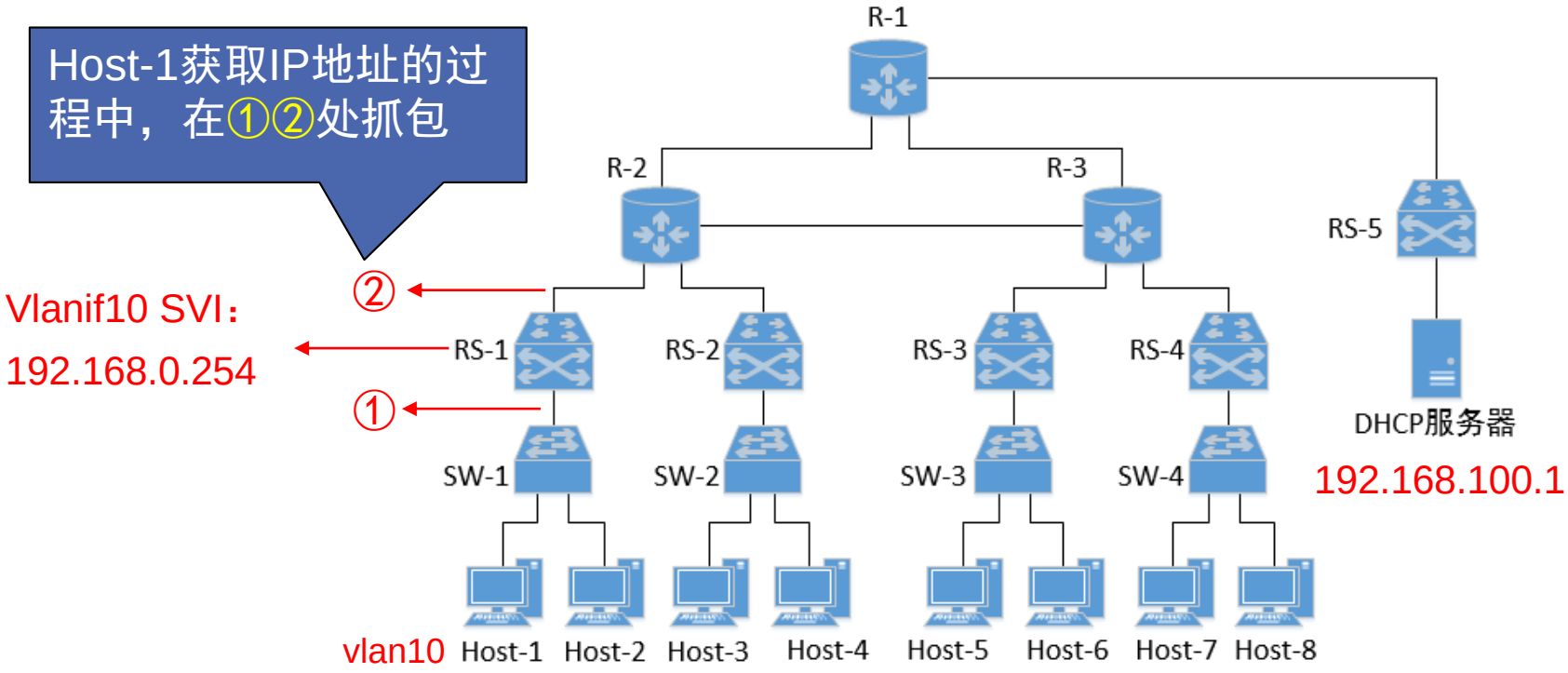


在RS-1~RS-4上配置DHCP中继

DHCP Relay的工作过程



■ 抓包分析DHCP Relay的工作过程



Host-1获取192.168.0.1~192.168.0.100中的IP地址

■ 抓包分析DHCP Relay的工作过程

1. Host-1发出DHCPDISCOVER广播报文，该报文可到达位于三层交换机RS-1的DHCP中继（即vlanif10）。

Host-1 ←→ DHCP 中继（RS-1）

①

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3	3.525000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	414	DHCP Discover -
4	3.619000	192.168.100.1	192.168.0.1	DHCP	346	DHCP Offer -
7	5.522000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	414	DHCP Request -
8	5.584000	192.168.100.1	192.168.0.1	DHCP	346	DHCP ACK -

2. Vlanif10发现这是一个DISCOVER报文，根据管理员配置的DHCP服务器地址，将该报文重新封装后发给DHCP服务器（单播报文），首部地址如图所示。报文中包含客户端MAC和中继的IP

DHCP 中继（RS-1）←→ DHCP服务器

②

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	6.489000	192.168.0.254	192.168.100.1	DHCP	410	DHCP Discover -
6	6.552000	192.168.100.1	192.168.0.254	DHCP	342	DHCP Offer -
9	8.455000	192.168.0.254	192.168.100.1	DHCP	410	DHCP Request -
10	8.502000	192.168.100.1	192.168.0.254	DHCP	342	DHCP ACK -

Vlanif10： 192.168.0.254　　DHCP服务器：192.168.100.1　　Host-1获取IP：192.168.0.1

■ 抓包分析DHCP Relay的工作过程

4. DHCP中继收到服务器发回的offer报文后，根据报文中的客户端MAC和所分配的IP地址，对offer报文重新封装后，发给客户端（单播）

Host-1 ←→ DHCP 中继（RS-1）

①

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3	3.525000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	414	DHCP Discover -
4	3.619000	192.168.100.1	192.168.0.1	DHCP	346	DHCP Offer -
7	5.522000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	414	DHCP Request -
8	5.584000	192.168.100.1	192.168.0.1	DHCP	346	DHCP ACK -

3. DHCP服务器从收到的discover报文中获取了DHCP中继的IP地址和客户端的MAC地址，然后向DHCP中继发回offer报文（单播报文），报文首部的IP地址如图所示。

DHCP 中继（RS-1）←→ DHCP服务器

②

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	6.489000	192.168.0.254	192.168.100.1	DHCP	410	DHCP Discover -
6	6.552000	192.168.100.1	192.168.0.254	DHCP	342	DHCP Offer -
9	8.455000	192.168.0.254	192.168.100.1	DHCP	410	DHCP Request -
10	8.502000	192.168.100.1	192.168.0.254	DHCP	342	DHCP ACK -

Vlanif10： 192.168.0.254　　DHCP服务器：192.168.100.1　　Host-1获取IP：192.168.0.1

■ 抓包分析DHCP Relay的工作过程

5. Host-1发出request报文（包含所申请的地址信息等），广播报文，该报文可到达位于三层交换机RS-1的DHCP中继（即vlanif10）。

Host-1 ←→ DHCP 中继（RS-1）

①

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3	3.525000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	414	DHCP Discover -
4	3.619000	192.168.100.1	192.168.0.1	DHCP	346	DHCP Offer -
7	5.522000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	414	DHCP Request -
8	5.584000	192.168.100.1	192.168.0.1	DHCP	346	DHCP ACK -

6. Vlanif10发现这是一个request报文，根据管理员配置的DHCP服务器地址，将该报文重新封装后发给DHCP服务器（单播报文），首部地址如图所示。报文中包含客户端MAC和中继的IP

DHCP 中继（RS-1）←→ DHCP服务器

②

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	6.489000	192.168.0.254	192.168.100.1	DHCP	410	DHCP Discover -
6	6.552000	192.168.100.1	192.168.0.254	DHCP	342	DHCP Offer -
9	8.455000	192.168.0.254	192.168.100.1	DHCP	410	DHCP Request -
10	8.502000	192.168.100.1	192.168.0.254	DHCP	342	DHCP ACK -

Vlanif10： 192.168.0.254　　DHCP服务器：192.168.100.1　　Host-1获取IP：192.168.0.1

■ 抓包分析DHCP Relay的工作过程

8. DHCP中继收到服务器发回的ACK报文后，根据报文中的客户端MAC和所分配的IP地址，对ACK报文重新封装后，发给客户端（单播）

Host-1 ←→ DHCP 中继（RS-1）

①

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3	3.525000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	414	DHCP Discover -
4	3.619000	192.168.100.1	192.168.0.1	DHCP	346	DHCP Offer -
7	5.522000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	414	DHCP Request -
8	5.584000	192.168.100.1	192.168.0.1	DHCP	346	DHCP ACK -

7. DHCP服务器从收到的request报文中获取了DHCP中继的IP地址和客户端的MAC地址，然后向DHCP中继发回ACK报文（单播报文），报文首部的IP地址如图所示。

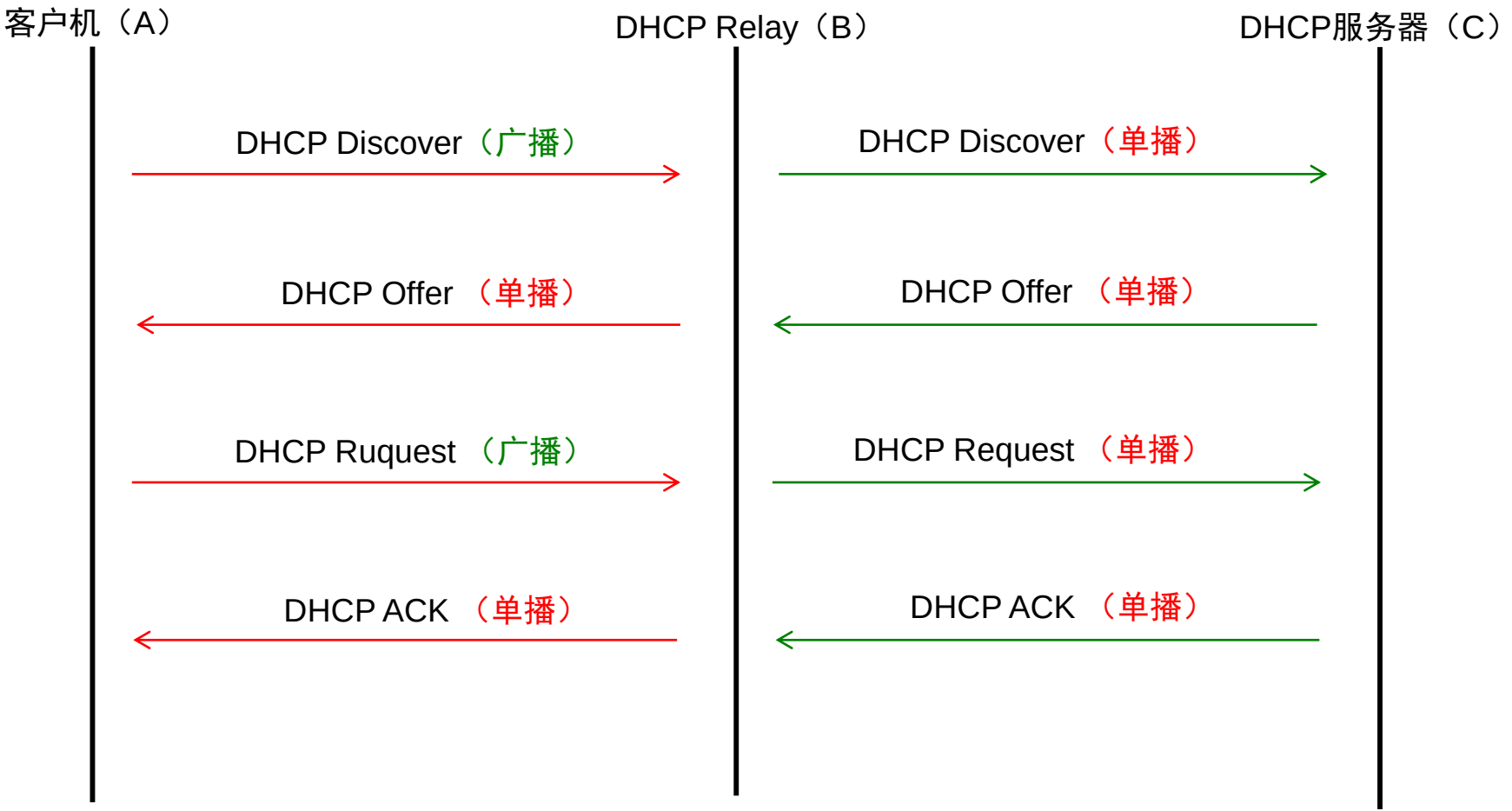
DHCP 中继（RS-1）←→ DHCP服务器

②

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	6.489000	192.168.0.254	192.168.100.1	DHCP	410	DHCP Discover -
6	6.552000	192.168.100.1	192.168.0.254	DHCP	342	DHCP Offer -
9	8.455000	192.168.0.254	192.168.100.1	DHCP	410	DHCP Request -
10	8.502000	192.168.100.1	192.168.0.254	DHCP	342	DHCP ACK -

Vlanif10： 192.168.0.254　　DHCP服务器：192.168.100.1　　Host-1获取IP：192.168.0.1

DHCP Relay的工作过程



DHCP 中继代理

DHCP中继的工作特点

- DHCP客户端通过DHCP中继代理从DHCP服务器自动获取IP地址的过程与直接从DHCP服务器自动获取IP地址的过程相类似，都需要经历发现、提供、选择和确认四个阶段。
- 中继代理只是充当一个中介代理角色，负责转发DHCP客户端与DHCP服务器之间交互的请求和应答报文。

DHCP 中继代理

DHCP中继的工作特点

- DHCP客户端发出请求报文（以广播报文形式），DHCP中继收到该报文并重新封装（源IP：DHCP中继IP，目的IP：服务器IP）后，以单播形式发送给指定的、位于其它网段上的DHCP服务器。
- 服务器根据请求报文中提供的信息，将返回的报文以单播的形式，发给DHCP中继，然后再通过DHCP中继将配置信息返回给客户端，完成对客户端的动态配置。

DHCP中继案例分析

DHCP中继案例

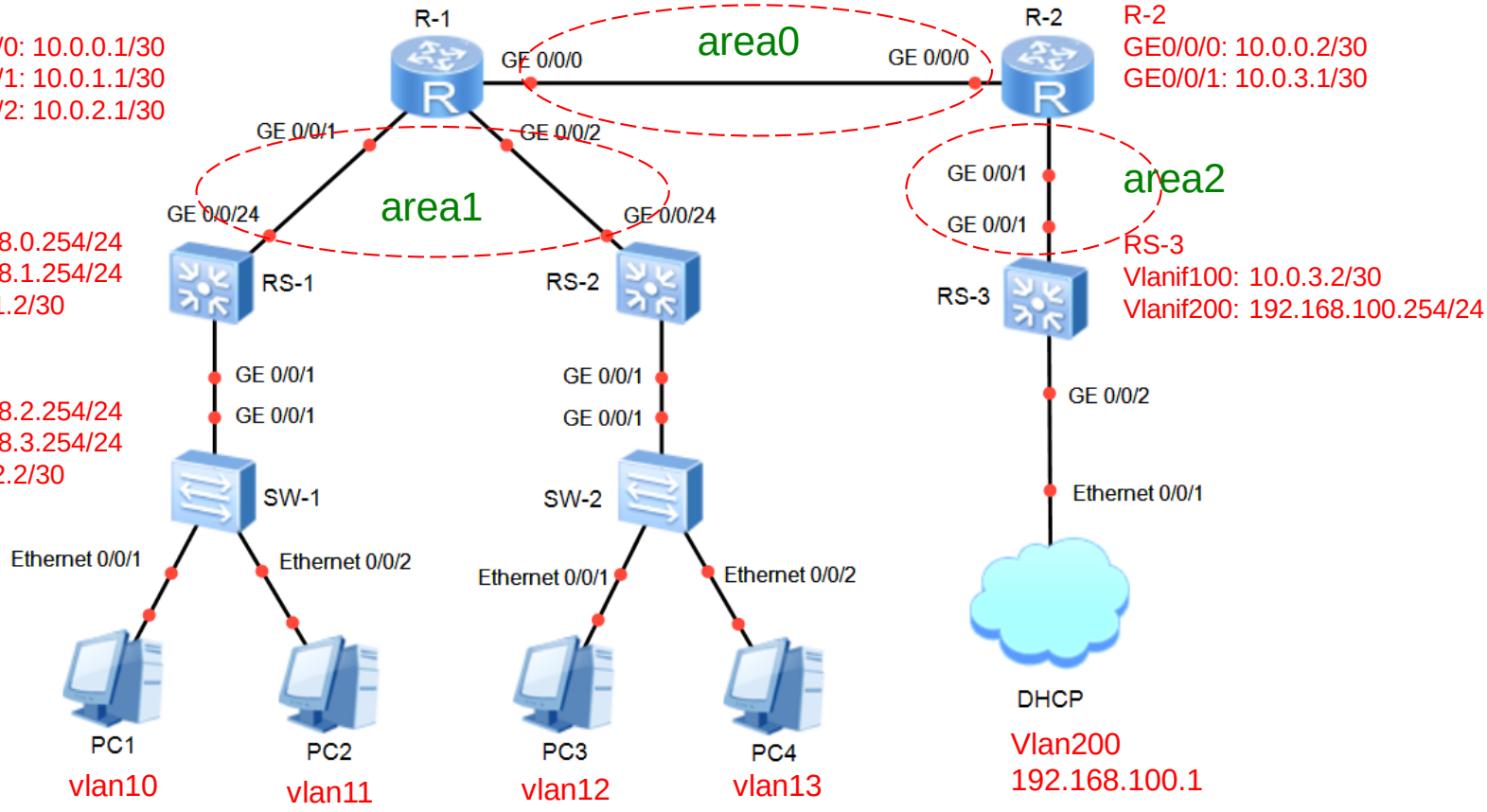
R-1
GE0/0/0: 10.0.0.1/30
GE0/0/1: 10.0.1.1/30
GE0/0/2: 10.0.2.1/30

RS-1
Vlanif10: 192.168.0.254/24
Vlanif11: 192.168.1.254/24
Vlanif100: 10.0.1.2/30

RS-2
Vlanif12: 192.168.2.254/24
Vlanif13: 192.168.3.254/24
Vlanif100: 10.0.2.2/30

R-2
GE0/0/0: 10.0.0.2/30
GE0/0/1: 10.0.3.1/30

RS-3
Vlanif100: 10.0.3.2/30
Vlanif200: 192.168.100.254/24



五、DHCP安全

5.1 DHCP中存在的安全问题

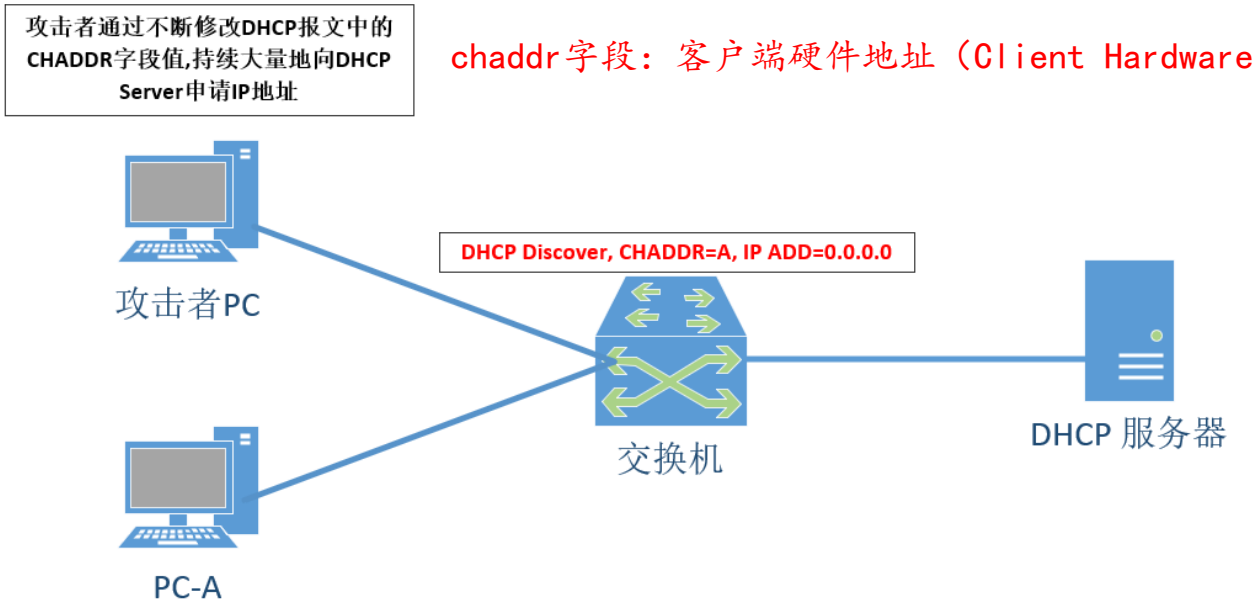
DHCP中存在的安全问题

- 目前DHCP协议（RFC2131）在应用的过程中遇到很多安全方面的问题，网络中存在一些针对DHCP的攻击。DHCP在设计上未充分考虑到安全因素，从而留下了许多安全漏洞，使得DHCP很容易受到攻击。实际网络中，针对DHCP的攻击行为主要有以下四种：
  - DHCP Server拒绝服务攻击（又称饿死攻击）
  - 仿冒DHCP Server攻击
  - 仿冒DHCP 报文攻击
  - DHCP中间人攻击

DHCP中存在的安全问题

DHCP饿死攻击

- 攻击原理：攻击者持续大量的向DHCP Server申请IP地址，直到耗尽DHCP Server地址池中的IP地址，导致DHCP Server不能给正常的用户进行分配。



DHCP中存在的安全问题

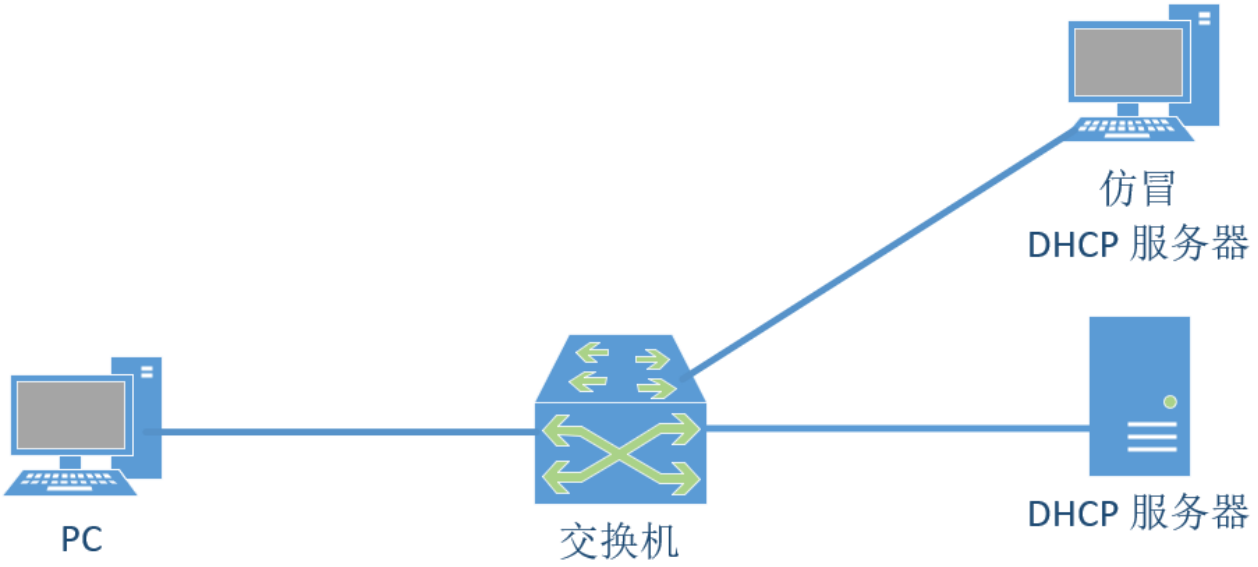
DHCP饿死攻击

- 漏洞分析：DHCP Server在向申请者提供IP地址时，无法区分正常的申请者与恶意的申请者。
- 协议原理：DHCP Server通常仅根据DHCP Request报文中的CHADDR（Client Hardware Address）字段来确认客户端的MAC地址。如果攻击者通过不断的修改CHADDR字段向DHCP Server申请地址，就会导致DHCP Server中的IP地址耗尽，从而无法为其它正常用户提供DHCP服务。
- 产生危害：用户无法正常获取到IP地址，IP地址被浪费掉。

DHCP中存在的安全问题

仿冒DHCP Server攻击

- 攻击原理：攻击者仿冒DHCP Server向客户端分配错误的IP地址以及错误的网关等信息，导致用户无法正常的访问网络。



DHCP中存在的安全问题

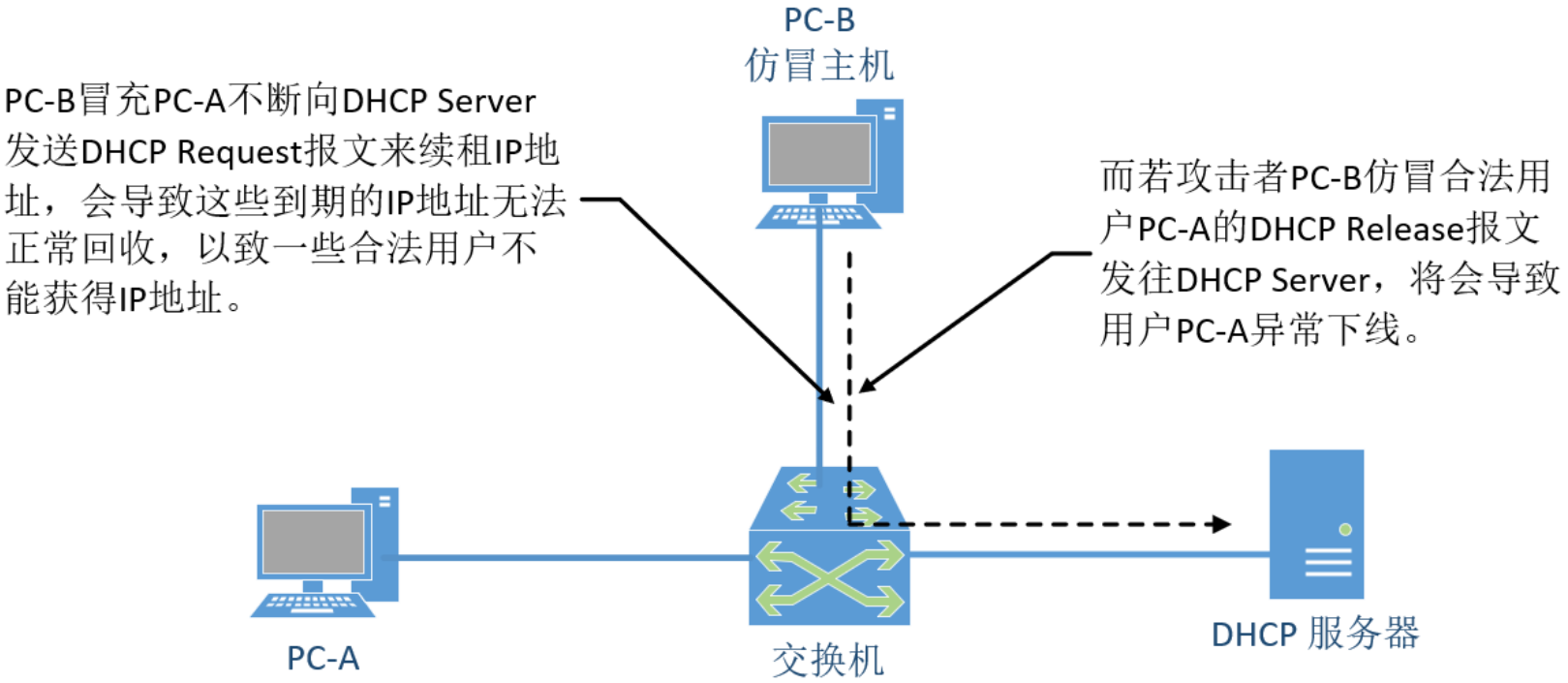
仿冒DHCP Server攻击

- 漏洞分析：DHCP客户端收到DHCP Server的DHCP消息之后，无法区分这些DHCP消息是来自仿冒的DHCP Server还是合法的DHCP Server。
- 协议原理：DHCP Discover报文是广播报文，无论是合法的DHCP Server，还是非法的DHCP Server都可以接收到DHCP Client发送的DHCP Discover报文。因为DHCP客户端会接收第一个发送DHCP Offer报文的数据，然后使用第一个接收到的DHCP Server发送的IP地址，然而在现实中，DHCP Server往往都是使用代理进行分配的，所以攻击者只要把设备放在同DHCP客户端同一个的网段中，往往都会比真正的DHCP服务器回复速度快。
- 产生危害：用户获取到错误的地址网关等，数据包可能经由恶意的设备，造成信息泄露等。用户可能无法正常使用网络。

DHCP中存在的安全问题

仿冒DHCP 报文攻击

- 攻击原理：DHCP服务器在主机提出续租或释放请求时，一般都会满足主机。



DHCP中存在的安全问题

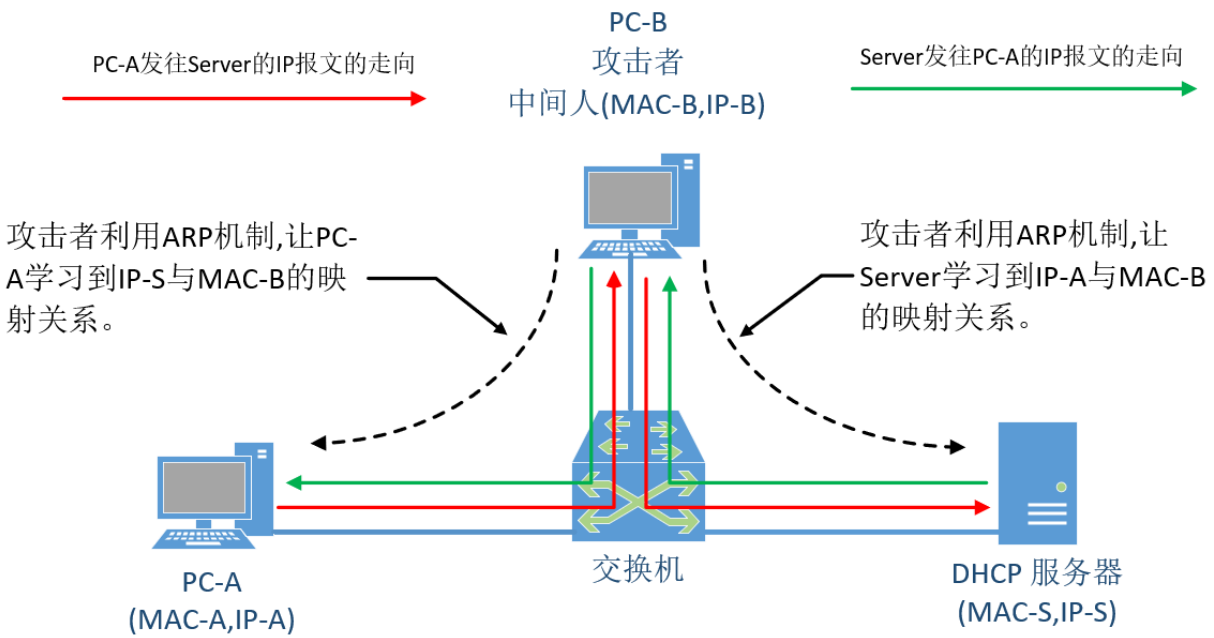
仿冒DHCP 报文攻击

- 漏洞分析：DHCP Server收到主机发来的DHCP消息之后，无法区分这些DHCP消息是来自仿冒的主机还是合法主机。
- 产生危害：主机无法获取IP或者不正常下线。

DHCP中存在的安全问题

DHCP中间人攻击

- 攻击原理：攻击者利用ARP机制，让PC-A学习到IP-S与MAC-B的映射关系（就是让PC-A认为DHCP Server是PC-B），又让Server学习到IP-A与MAC-B的映射关系。这样一来PC-A与Server之间交互的IP报文都会经过攻击者中转。



DHCP中存在的安全问题

DHCP中间人攻击

- 漏洞分析：从本质上讲，中间人攻击是一种Spoofing IP/MAC攻击，中间人利用了虚假的IP地址与MAC地址之间的映射关系来同时欺骗DHCP客户端和服务器。
- 产生危害：造成信息泄露等。

5.2 DHCP Snooping的应用

DHCP Snooping的应用

什么是DHCP Snooping?

- DHCP Snooping是DHCP的一种安全特性，用于保证DHCP客户端从合法的DHCP服务器获取IP地址，并记录DHCP客户端IP地址与MAC地址等参数的对应关系，防止网络上针对DHCP攻击。
- DHCP Snooping部署在交换机上，其作用类似于在DHCP客户端与DHCP服务器端之间构筑了一道虚拟的防火墙，以抵御网络中针对DHCP的各种攻击。
- DHCP Snooping分为DHCPv4 Snooping和DHCPv6 Snooping，两者实现原理相似，本讲以DHCPv4 Snooping为例进行描述
- DHCP Snooping尚未有统一的标准规范，不同的网络设备制造商在DHCP Snooping的实现上也不尽相同。（不同厂商的DHCP Snooping设置会有差别）。本讲以华为设备为例。

DHCP Snooping的应用

DHCP Snooping实现DHCP安全的两种方式

- DHCP Snooping主要通过以下两种方式加强DHCP的安全性：
  - DHCP Snooping信任功能：防范非法DHCP Server，保证客户端从合法的服务器获取IP地址。
  - DHCP Snooping绑定表：防范非法DHCP Client，使得交换机接收DHCP客户端发来的DHCP报文时，会进行匹配检查，能够有效防范非法用户的攻击。

DHCP Snooping的应用

DHCP Snooping信任功能（防范非法DHCP Server）

- 网络中如果存在私自架设的DHCP Server仿冒者，则可能导致DHCP客户端获取错误的IP地址和网络配置参数，无法正常通信。
- DHCP Snooping信任功能可以控制DHCP服务器应答报文的来源，以防止网络中可能存在的DHCP Server仿冒者为DHCP客户端分配IP地址及其他配置信息。
  - 简单的说，就是通过配置Snooping功能，使得交换机（接口）只转发合法的DHCP服务器的 DHCP OFFER/ACK/NAK报文，丢弃非法的DHCP服务器的 DHCP OFFER/ACK/NAK 报文，从而达到阻断非法 DHCP 服务器的目的。

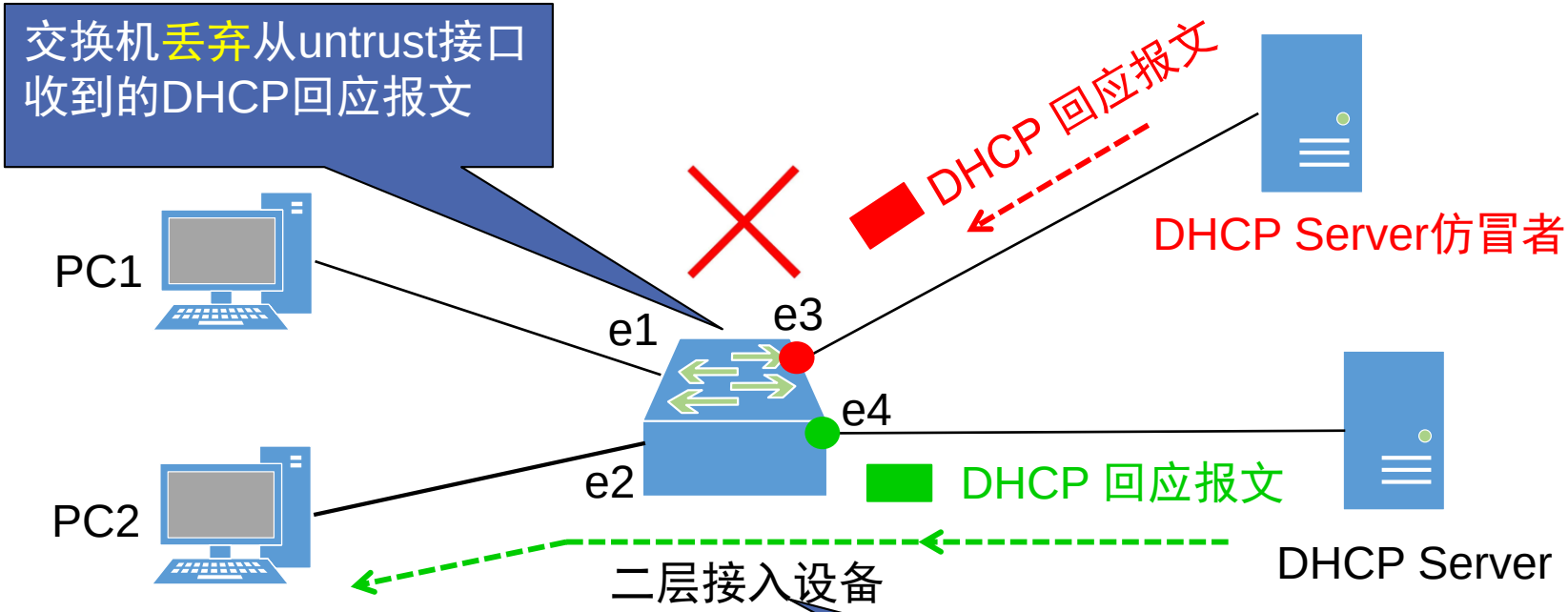
DHCP Snooping的应用

DHCP Snooping信任功能（防范非法DHCP Server）

DHCP Snooping信任功能的实现方式

- 为了防止仿冒的DHCP Server攻击，可以设置交换机的“信任/非信任”的工作模式。将与合法DHCP服务器直接或间接连接的接口设置为信任接口，其他接口设置为非信任接口。
- **信任接口：**正常接收DHCP服务器响应的DHCP ACK、DHCP NAK和DHCP Offer报文。另外，设备只会将DHCP客户端的DHCP请求报文通过信任接口发送给合法的DHCP服务器。（让信任接口对应合法DHCP服务器）
- **非信任接口：**在接收到DHCP服务器响应的DHCP ACK、DHCP NAK和DHCP Offer报文后，丢弃该报文。（让非信任接口对应非法DHCP服务器）
- 结果：通过DHCP Snooping信任功能，从而保证DHCP客户端只能从合法的DHCP服务器获取IP地址，DHCP Server仿冒者无法为DHCP客户端分配IP地址

举例：DHCP Snooping信任功能防止仿冒Server



- 信任接口（trust）：e4
- 非信任接口（untrust）：e3

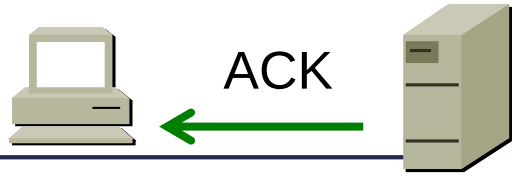
DHCP Snooping的应用

DHCP Snooping绑定表：（防范非法DHCP Client）

绑定表的形成

- DHCP客户端（PC）通过广播形式发送DHCP请求报文，使能了DHCP Snooping功能的二层接入设备将其通过信任接口转发给DHCP服务器。最后DHCP服务器将含有IP地址信息的DHCP ACK报文通过单播的方式发送给客户端（PC）。
- 在这个过程中，二层接入设备收到DHCP ACK报文后，会从该报文中（回忆一下）提取关键信息（包括PC的MAC地址、获取到的IP地址、地址租期），并获取与PC连接的使能了DHCP Snooping功能的接口信息（包括接口编号及该接口所属的VLAN），根据这些信息生成DHCP Snooping绑定表。
- 举例以PC1为例，图2中二层接入设备会从DHCP ACK报文提取到IP地址信息为192.168.1.253，MAC地址信息为MACA。再获取与PC连接的接口信息为if3，根据这些信息生成一条DHCP Snooping绑定表项。

回忆一下：DHCP ACK报文的内容信息




```
Dynamic Host Configuration Protocol (ACK)
  Message type: Boot Reply (2)
  Hardware type: Ethernet (0x01)
  Hardware address length: 6
  Hops: 0
  Transaction ID: 0x0000503f
  Seconds elapsed: 0
> Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
  Client IP address: 0.0.0.0
  Your (client) IP address: 192.168.100.202
  Next server IP address: 0.0.0.0
  Relay agent IP address: 0.0.0.0
  Client MAC address: 54:89:98:f3:0a:28
  Client hardware address padding: 00000000000000000000
  Server host name not given
  Boot file name not given
  Magic cookie: DHCP
> Option: (53) DHCP Message Type (ACK)
> Option: (54) DHCP Server Identifier (192.168.100.1)
> Option: (51) IP Address Lease Time
> Option: (1) Subnet Mask (255.255.255.0)
> Option: (3) Router
> Option: (255) End
```

ACK报文的内容与Offer报文相似

Your (client) IP address: 192.168.100.202 → 准备分配给客户端的IP地址

Client MAC address: 54:89:98:f3:0a:28 → 表明ACK报文所响应的客户端的MAC地址

Option: (53) DHCP Message Type (ACK) → DHCP消息类型

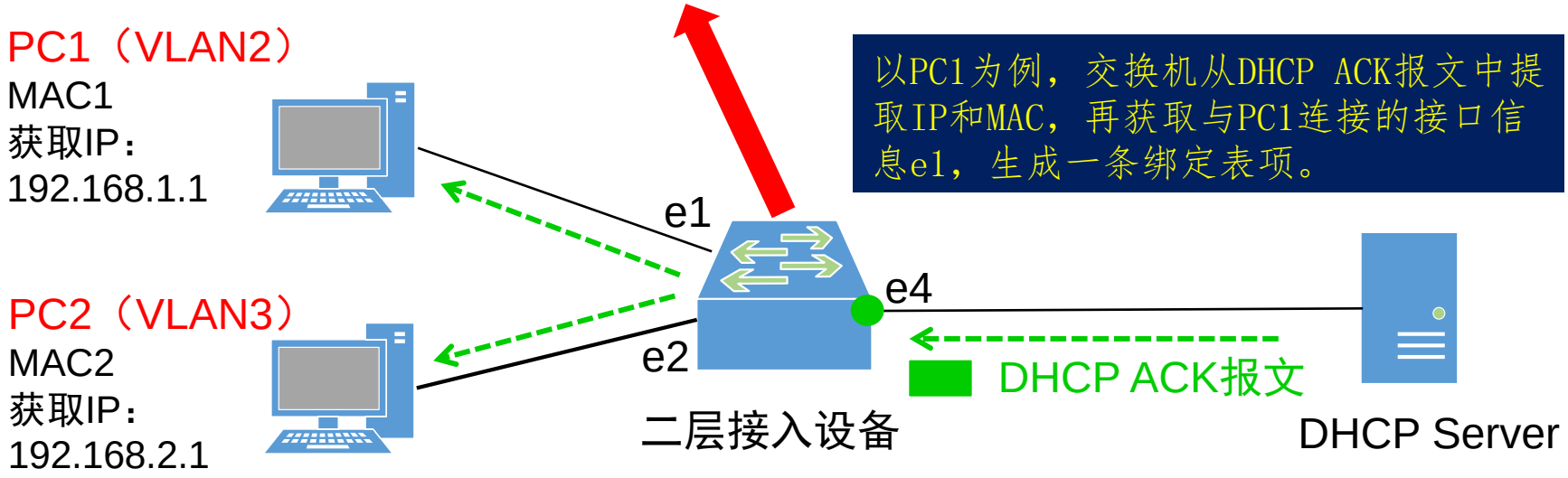
Option: (54) DHCP Server Identifier (192.168.100.1) → DHCP服务器标识

Option: (51) IP Address Lease Time
Option: (1) Subnet Mask (255.255.255.0)
Option: (3) Router → 服务器提供给客户端的其他配置信息

举例：DHCP Snooping绑定表的生成

- 信任接口：e4

DHCP Snooping绑定表			
IP地址	MAC地址	VLAN	接口
192.168.1.1	MAC1	2	e1
192.168.2.1	MAC2	3	e2



DHCP Snooping的应用

DHCP Snooping绑定表：（防范非法DHCP Client）

绑定表的应用

- 使能了DHCP Snooping的设备生成DHCP Snooping绑定表后，设备可根据绑定表项，对DHCP报文进行匹配检查，只有匹配成功的报文设备才将其转发，否则将丢弃。这将能有效的防止非法用户通过发送伪造DHCP报文冒充合法用户进行续租或释放IP地址。
- 举例

DHCP Snooping的应用

DHCP Snooping绑定表应用

例1：防止DHCP Server服务拒绝攻击导致部分用户无法上线

- DHCP Server通常仅根据DHCP Request报文中的CHADDR（Client Hardware Address）字段来确认客户端的MAC地址。若攻击者通过不断修改DHCP请求报文中的CHADDR（客户端MAC地址）字段值，让DHCP服务器误认为是来自不同PC的用户申请IP地址，造成大量地址被非法占用。
- **解决：**开启DHCP Snooping绑定表功能之后，可使能设备检测DHCP Request报文帧头MAC与DHCP数据区中CHADDR字段是否一致功能，此后设备（交换机）将检查上送的DHCP Request报文中的帧头MAC地址是否与CHADDR值相等，相等则转发，否则丢弃。

DHCP Snooping的应用

DHCP Snooping绑定表应用

例1：防止DHCP Server服务拒绝攻击导致部分用户无法上线

- 相关命令

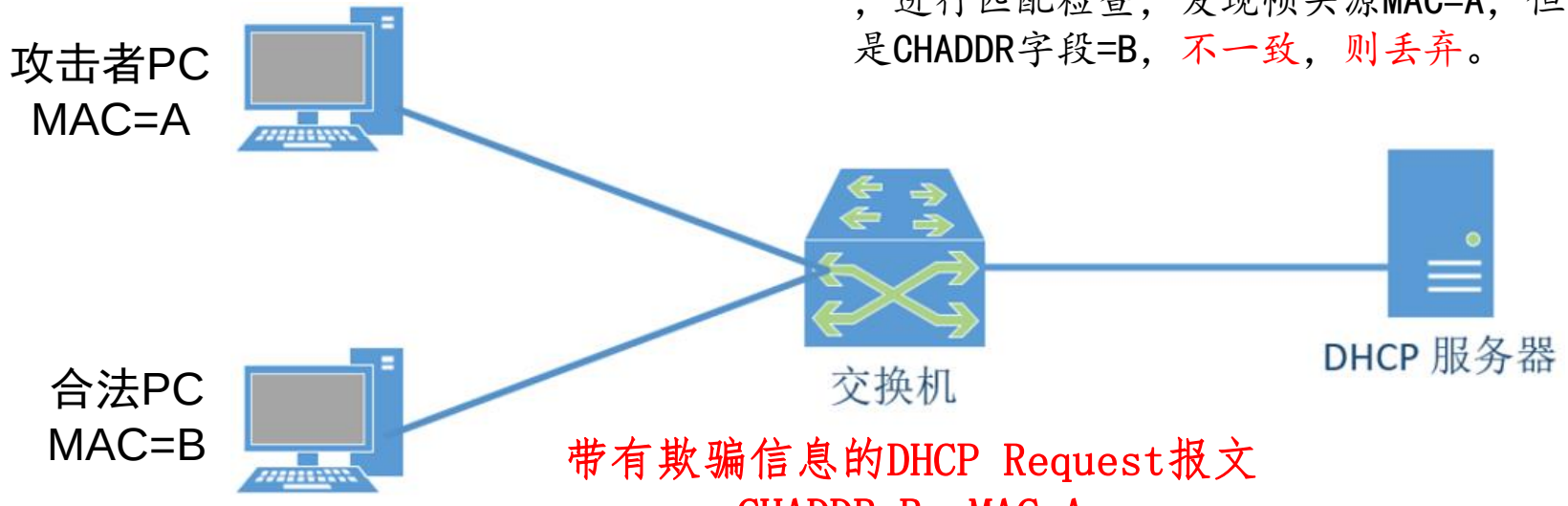
  - 执行命令system-view，进入系统视图。
  - 执行命令dhcp snooping check dhcp-request enable vlan {vlan-id}，开启对从指定VLAN内上送的DHCP请求报文进行绑定表匹配检查的功能。缺省情况下，未开启此功能。
  - 执行命令dhcp snooping check dhcp-chaddr enable vlan {vlan-id}，开启检测DHCP Request报文帧头源MAC地址与CHADDR字段是否相同的功能。缺省情况下，未开启此功能。

- 举例见下页

◆ 例1：防止DHCP Server服务拒绝攻击

攻击者通过不断修改DHCP请求报文中的CHADDR字段值，持续大量地向DHCP服务器 申请IP地址

1. 攻击者发出Request报文，报文首部中源MAC=A，但攻击者将报文数据区中的chaddr字段值改为B（冒充合法PC）。
2. 开启绑定表功能的交换机收到该报文后，进行匹配检查，发现帧头源MAC=A，但是CHADDR字段=B，不一致，则丢弃。



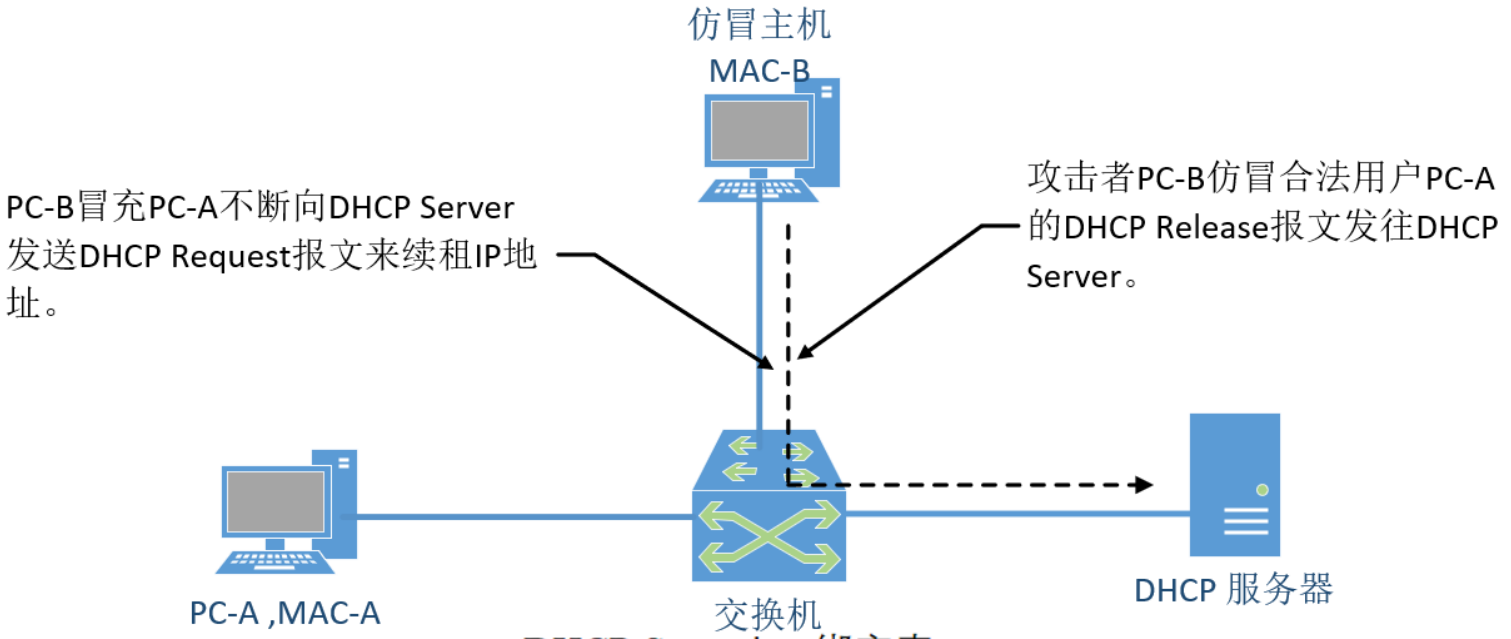
DHCP Snooping的应用

DHCP Snooping绑定表应用

例2：防止仿冒DHCP报文攻击导致合法用户无法获得IP地址或异常下线

- 攻击原理：已获取到IP地址的合法用户通过向服务器发送DHCP Request或DHCP Release报文用以续租或释放IP地址。如果攻击者冒充合法用户不断向DHCP Server发送DHCP Request报文来续租IP地址，会导致这些到期的IP地址无法正常回收，以致一些合法用户不能获得IP地址；而若攻击者仿冒合法用户的DHCP Release报文发往DHCP Server，将会导致用户异常下线。
- 解决方法：为了有效的防止仿冒DHCP报文攻击，可利用DHCP Snooping绑定表的功能。设备通过将DHCP Request续租报文和DHCP Release报文与绑定表进行匹配操作能够有效的判别报文是否合法（主要是检查报文中的VLAN、IP、MAC、接口信息是否匹配动态绑定表），若匹配成功则转发该报文，匹配不成功则丢弃。

◆ 例2：防止仿冒DHCP报文攻击



DHCP Snooping 绑定表

MAC	IP	lease Time	VLAN-ID	…
MAC-A	IP-A	…	…	…
MAC-B	IP-B	…	…	…
…	…	…	…	…

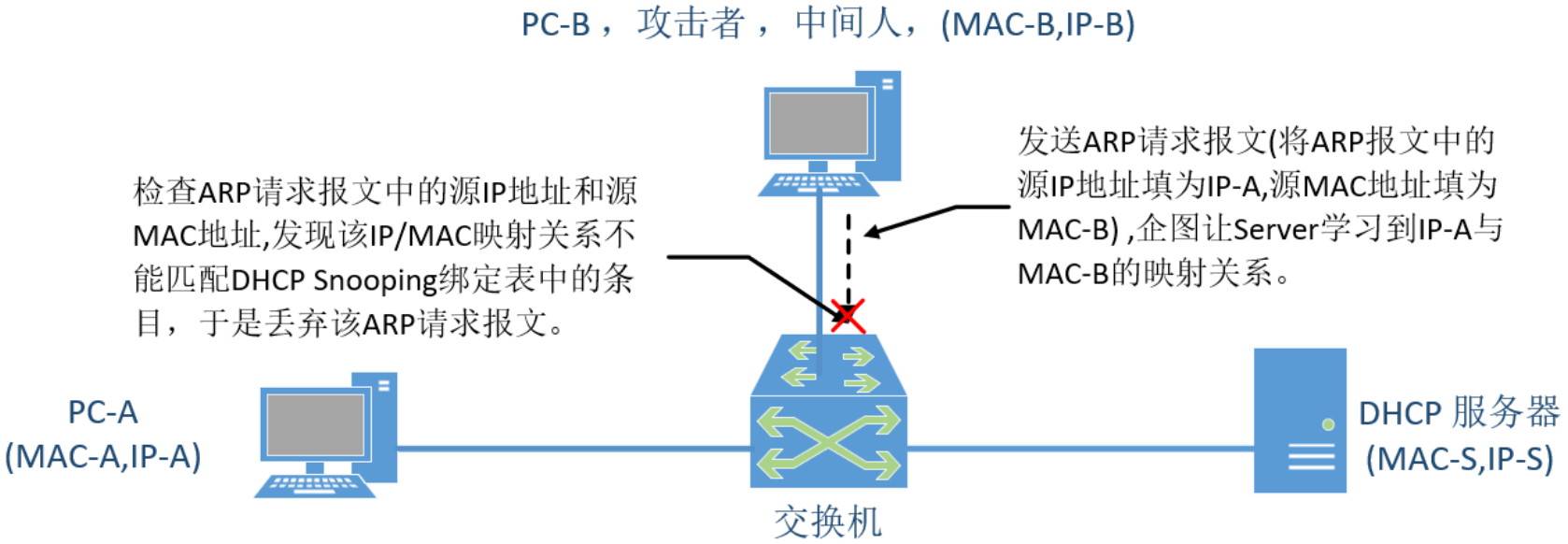
DHCP Snooping的应用

DHCP Snooping绑定表应用

例3：防止中间人攻击

- 攻击原理：DHCP的数据包中本身含有IP地址和MAC地址的对应关系，中间人攻击主要就是让IP与MAC不对应，然后让别人发包时往错误的方向进行发送。
- 解决方法：当交换机开启了DHCP Snooping绑定表的功能，这张表中就有从DHCP报文中解析出来的IP与MAC对应信息。通过对收到的报文（ARP报文）进行匹配检查，如果报文中IP与MAC对应关系与绑定表不一致，则会将报文丢弃。
- 举例见下页

◆ 例3：防止中间人攻击



DHCP Snooping 绑定表

MAC	IP	lease Time	VLAN-ID	…
MAC-A	IP-A	…	…	…
MAC-B	IP-B	…	…	…
…	…	…	…	…

第8讲 使用DHCP管理IP地址

完