网络运维管理

第6讲 使用DHCP管理园区网IP地址

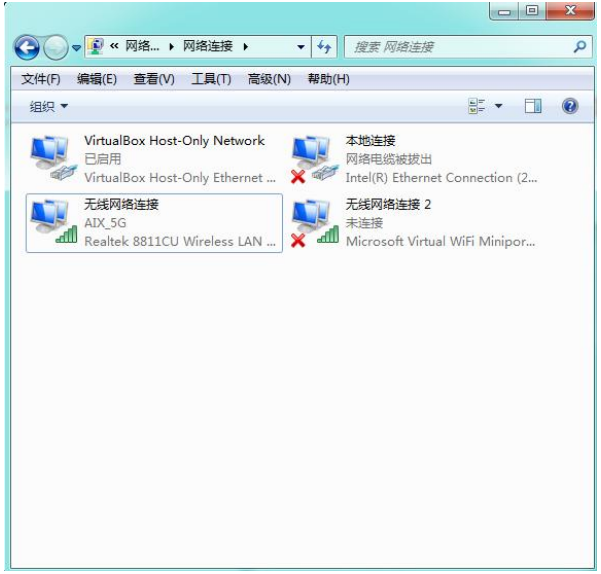
河南中医药大学信息技术学院
《网络运维管理》课程教学组

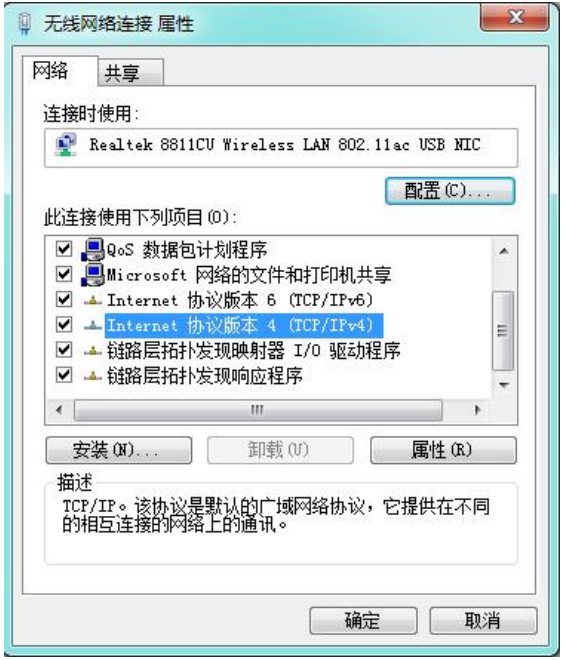
本章主要内容

- 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静态IP地址，会带来什么问题？





1. 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!

1. 什么是DHCP?

- 认识DHCP
  - DHCP（Dynamic Host Configuration Protocol，动态主机配置协议）是一个局域网的网络协议，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。

1. 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。

1. 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。
  - 节约IP资源，租用！

1. 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。

1. 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：
  - 通过IP地址与MAC地址绑定，实现IP地址的固定分配。
  - 可以自动配置客户端的DNS服务器和默认网关。
  - 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。

1. 什么是DHCP?

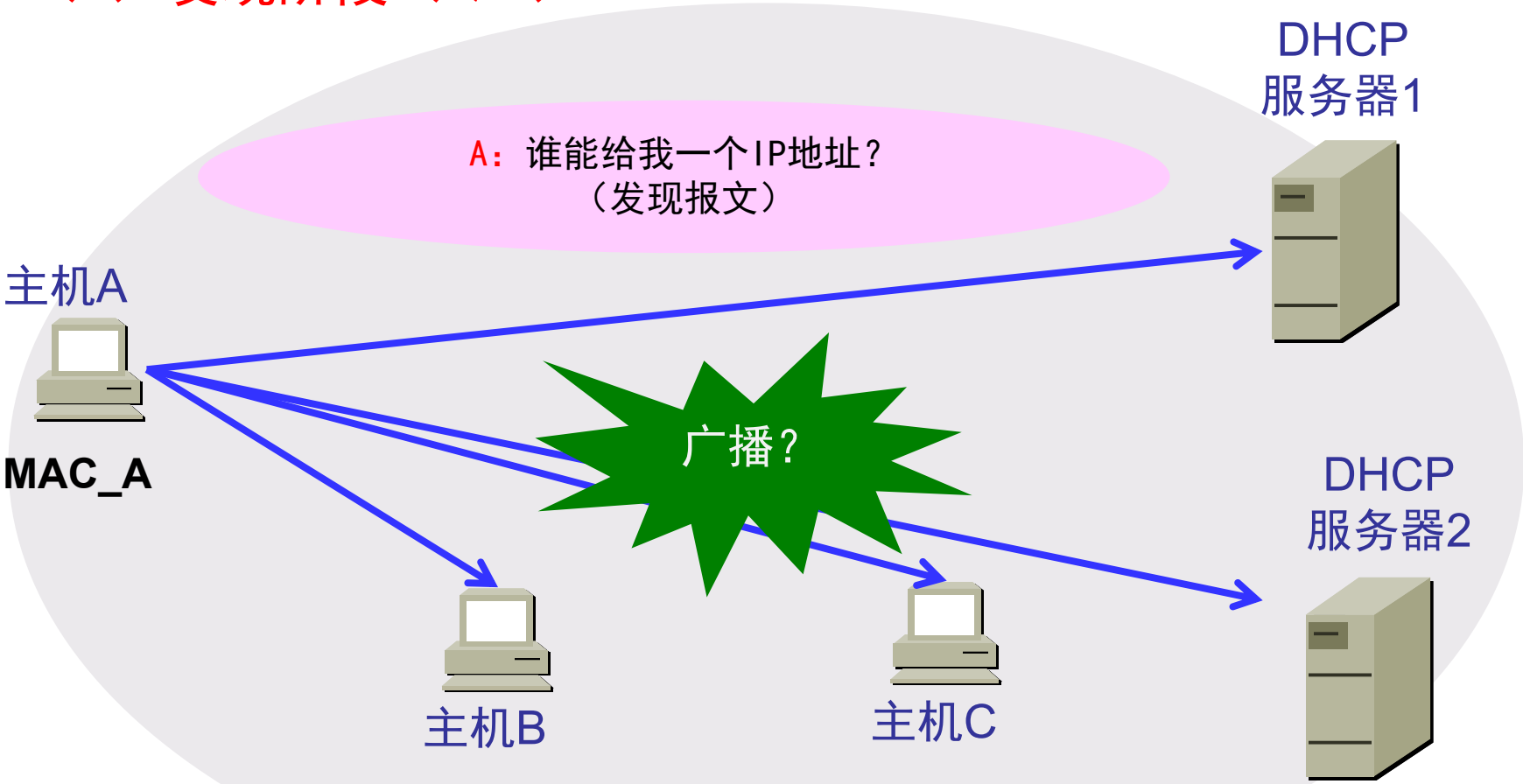
- DHCP的作用域
  - DHCP服务器能够进行分配的IP地址段，是需要网络管理员事先配置好的，即配置DHCP的作用域。
  - DHCP作用域是本地逻辑子网中可以使用的IP地址的集合，例如，若在DHCP服务器上配置作用域为192.168.1.1～192.168.1.254，则DHCP服务器只能使用作用域中定义的IP地址来分配给DHCP客户端。

二、DHCP的工作原理

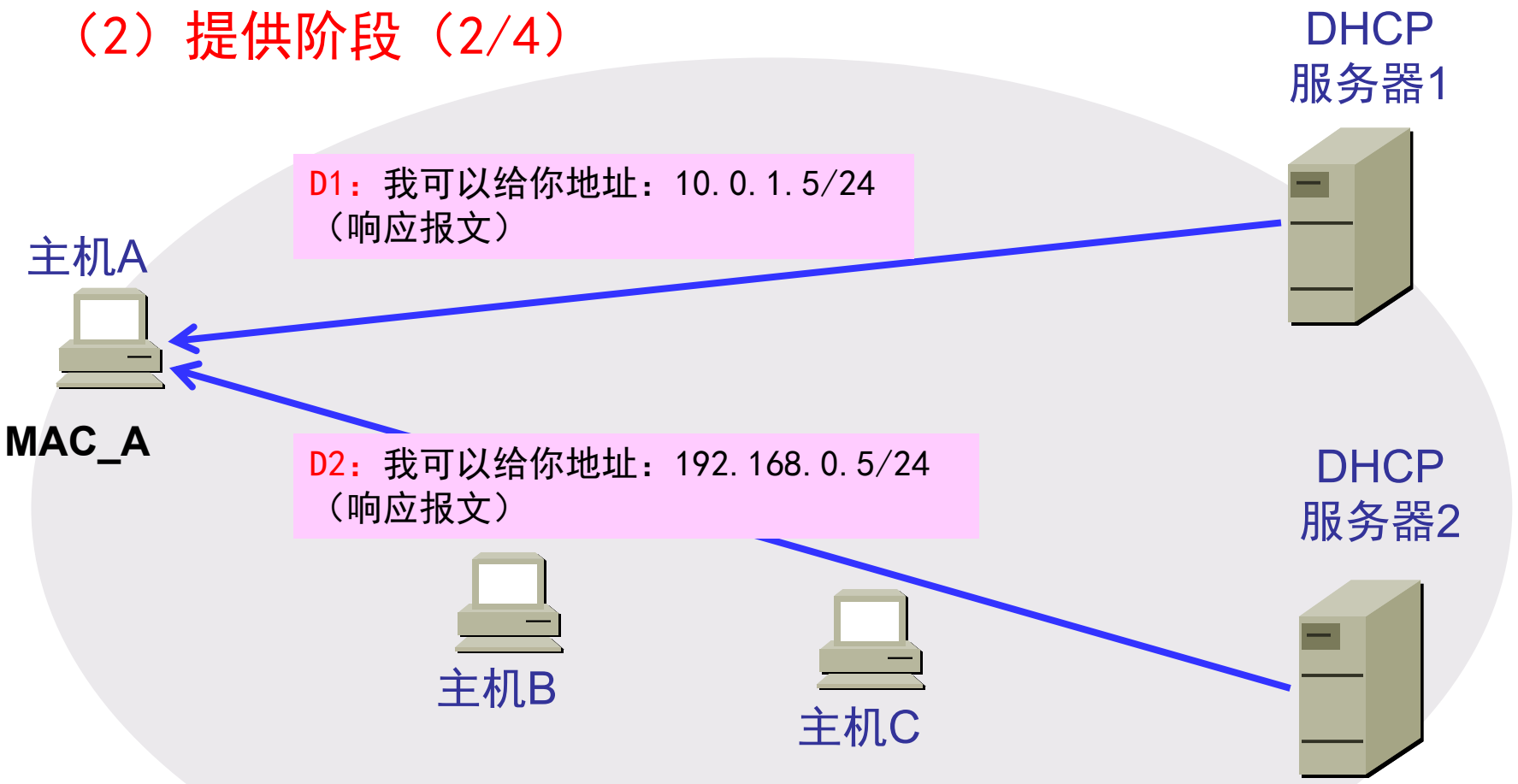
2.工作原理

- 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（服务器→客户端）
    - 请求（客户端→服务器）
    - 确认（服务器→客户端）

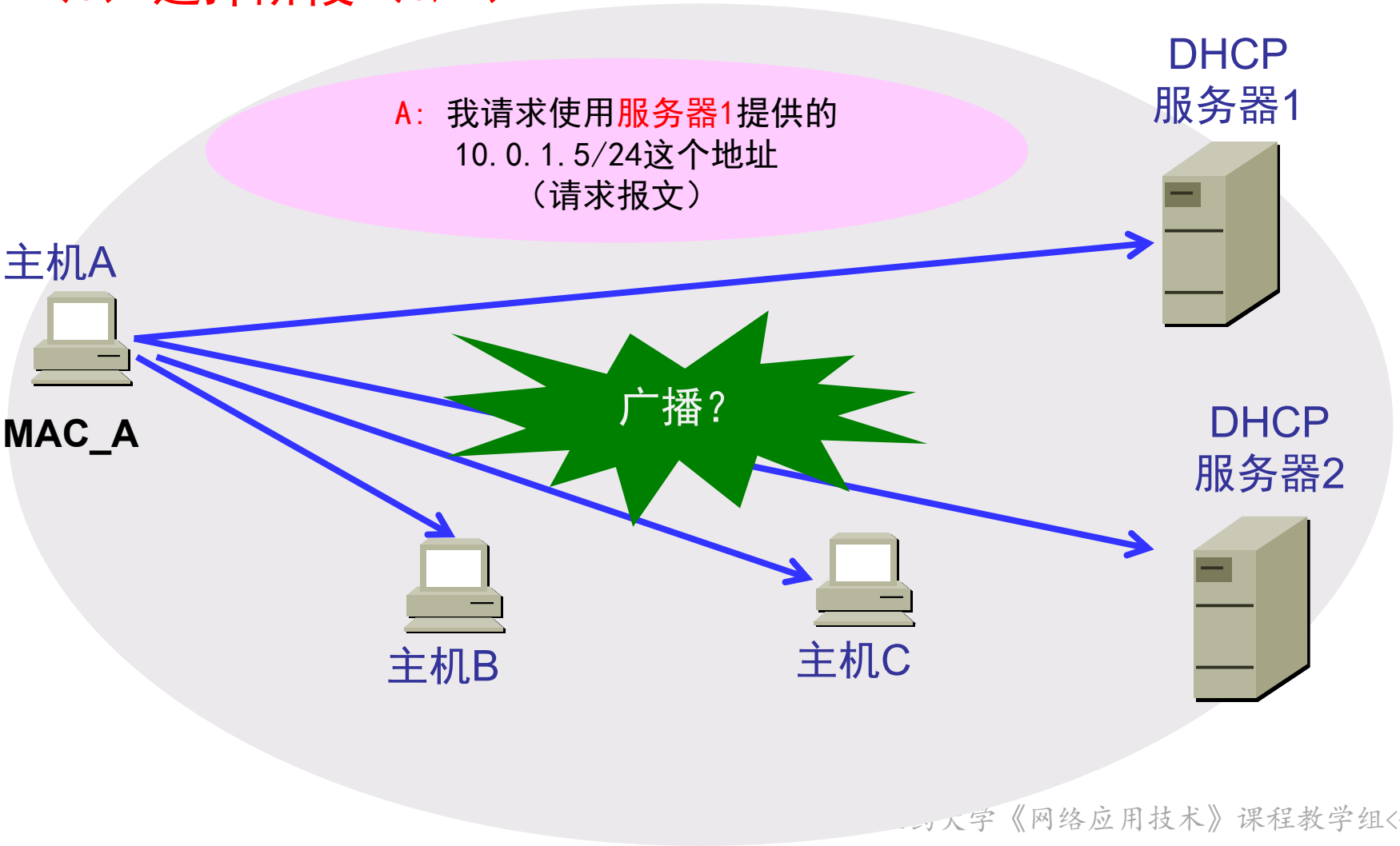
（1）发现阶段（1/4）



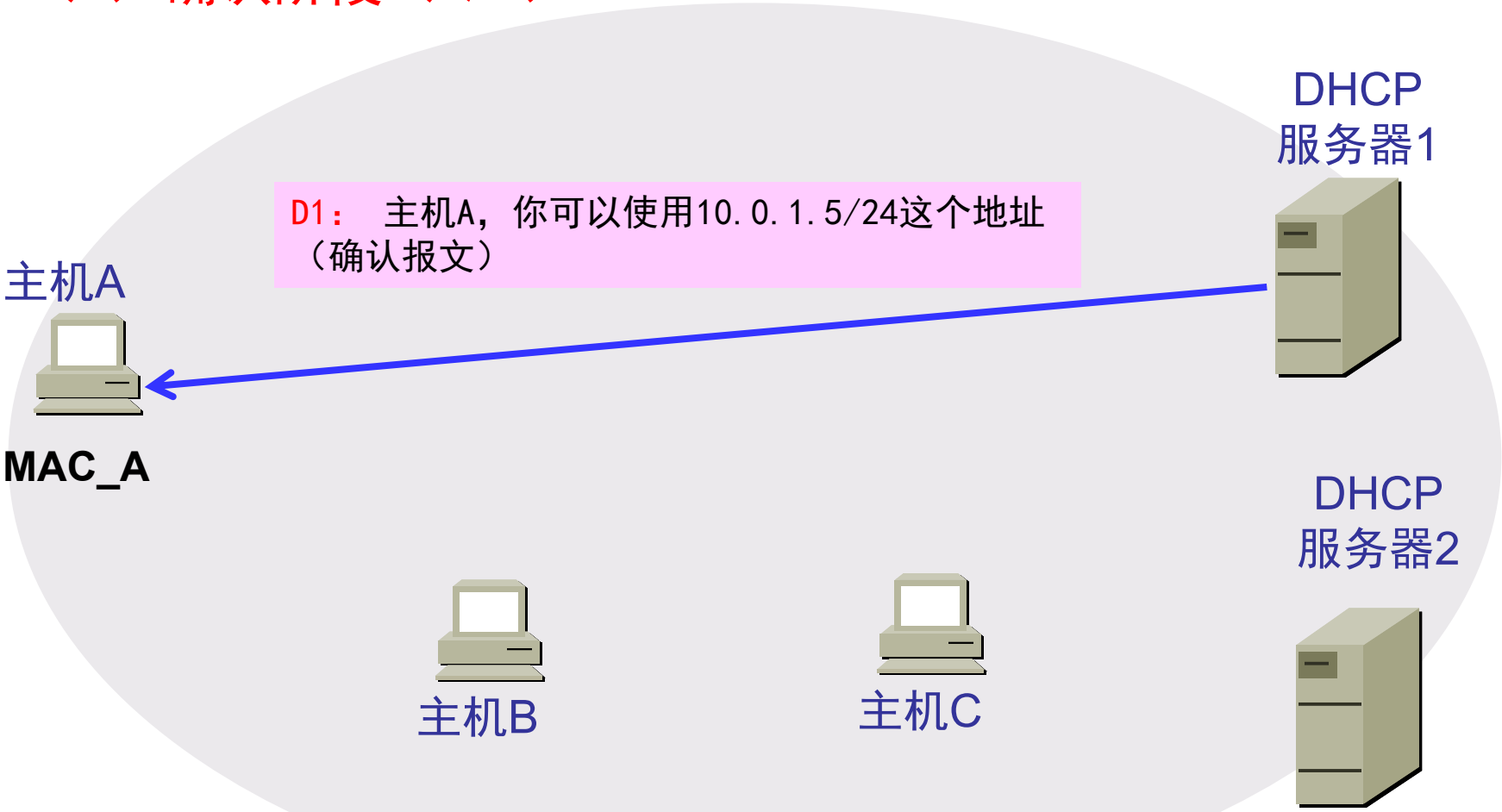
（2）提供阶段（2/4）


DHCP
服务器1
D1：我可以给你地址：10.0.1.5/24
（响应报文）
主机A
MAC_A
D2：我可以给你地址：192.168.0.5/24
（响应报文）
DHCP
服务器2
主机B
主机C

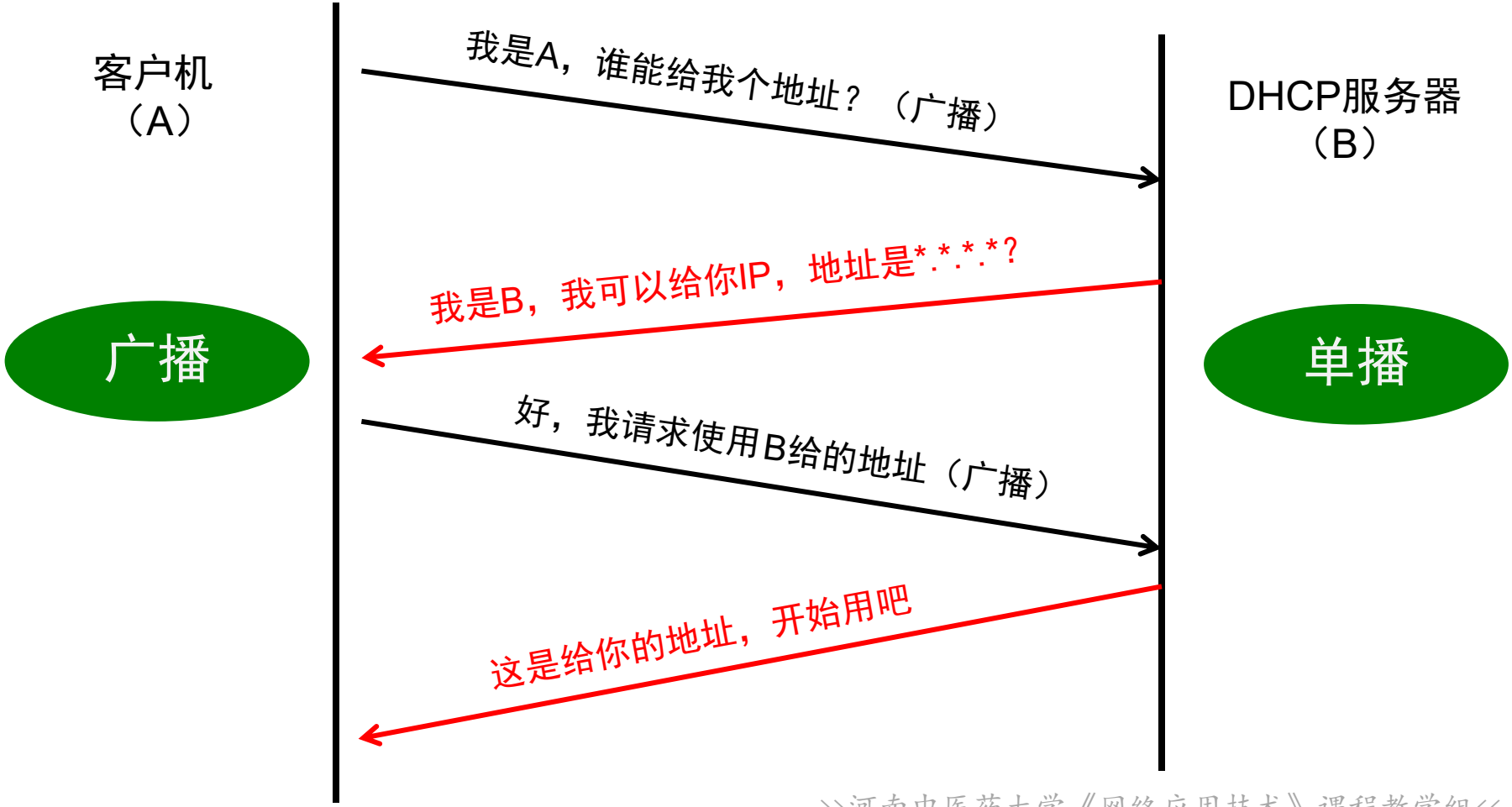
（3）选择阶段（3/4）


A：我请求使用服务器1提供的
10.0.1.5/24这个地址
（请求报文）
DHCP
服务器1
主机A
MAC_A
广播？
DHCP
服务器2
主机B
主机C

（4）确认阶段（4/4）


DHCP
服务器1
D1： 主机A，你可以使用10.0.1.5/24这个地址
（确认报文）
主机A
MAC_A
DHCP
服务器2
主机B
主机C

客户端获取IP地址的过程——总结



2.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。

2.工作原理

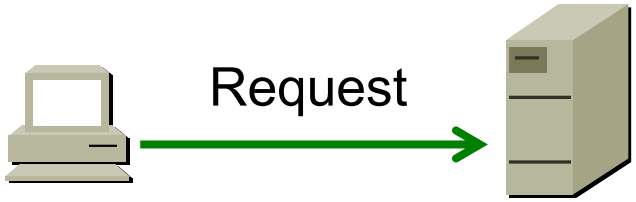
- DHCP服务的8种类型报文：
  - DHCPDISCOVER（发现报文）：发现网络中的DHCP服务器
    - 当DHCP客户端第一次启动时，如果客户端发现本机上没有任何IP地址等相关参数时，就会向它所处的网络内广播一个DHCP DISCOVER报文，请求获取IP配置信息。

2.工作原理

- DHCP服务的8种类型报文：
  - DHCPOFFER（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DHCPDISCOVER广播后，回应给客户端一个DHCPOFFER报文，告诉客户端自己可以提供的IP地址等信息内容。

2.工作原理

- DHCP服务的8种类型报文：
  - DHCPREQUEST（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DHCPREQUEST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。



2.工作原理

- DHCP服务的8种类型报文：
  - DHCPACK（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DHCPREQUEST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。

2.工作原理

- DHCP服务的8种类型报文：
  - DHCPNAK（应答报文）：通知客户端无法分配合适的IP地址。
  - DHCPRELEASE（请求报文）：请求释放相应的IP地址。
  - DHCPDECLINE（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。
  - DHCPINFORM（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。

2.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。

2.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DHCPDiscover数据包开始，再一次重复整个IP地址获取过程。

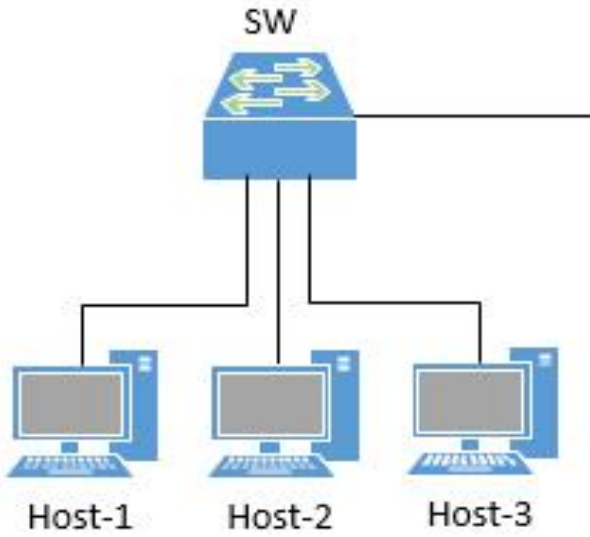
2.工作原理

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DHCPREQUEST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



IP： 192.168.100.1 /24

作用域：
192.168.100.200~ 192.168.100.240

- 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 ？

DHCP discover报文 - 地址信息

源MAC：客户机MAC地址

目的MAC：广播地址

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	6.895000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	410	DHCP Discover - Transaction
7	7.956000	192.168.100.1	192.168.100.203	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction
8	8.907000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	410	DHCP Request - Transaction
9	8.923000	192.168.100.1	192.168.100.203	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction

```
Frame 5: 410 bytes on wire (3280 bits), 410 bytes captured (3280 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: HuaweiTe_b7:2b:95 (54:89:98:b7:2b:95), Dst: Broadcast (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
Bootstrap Protocol (Discover)
```

源IP：全0地址

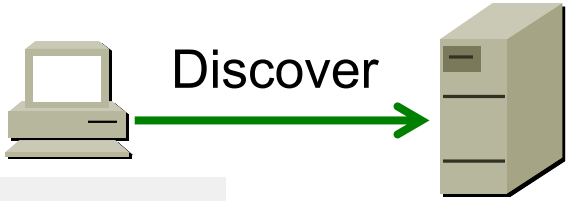
目的IP：全1广播地址

直接广播地址

有限广播地址

报文内容见下页

抓包分析：DHCP discover报文－报文内容




```
▲ Bootstrap Protocol (Discover)
    Message type: Boot Request (1)
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Hardware address length: 6
    Hops: 0
    Transaction ID: 0x0000512a
    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_b7:2b:95 (54:89:98:b7:2b:95)
    Client hardware address padding: 00000000000000000000
    Server host name not given
    Boot file name not given
    Magic cookie: DHCP
```

此时客户端的IP地址是全0

抓包分析：DHCP discover报文－数据信息2


```
▷ Option: (53) DHCP Message Type (Discover)
◢ Option: (61) Client identifier
    Length: 7
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Client MAC address: HuaweiTe_b7:2b:95 (54:89:98:b7:2b:95)
◢ 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
  Padding: 000000000000000000000000000000000000000000000000...
```

客户端的标识符（即MAC地址）

申请参数列表

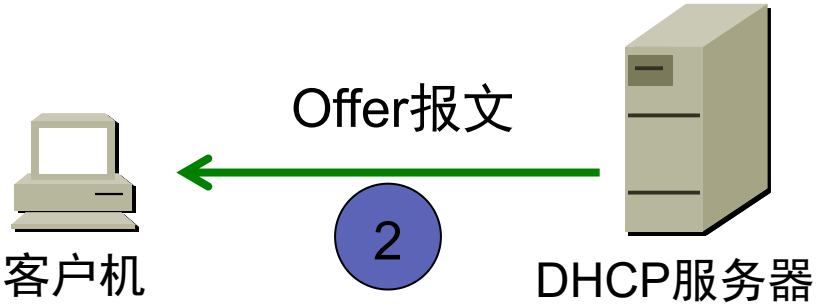
- 客户机在首次发送Discover报文时，其地址如何配置？

归纳一下

- 在discover报文首部中
  - 源IP地址：0.0.0.0，目的IP地址：255.255.255.255；
  - 源MAC：DHCP客户机的MAC地址，目的MAC：全1的地址；
- 在discover报文中
  - 包含有DHCP客户机的MAC地址，以便DHCP服务器知道这是谁发的DHCPDISCOVER报文

问题2：

- 服务器的DHCPOFFER报文中，包含了什么信息？



抓包分析：DHCP offer报文 - 地址信息

源MAC：服务器MAC地址

目的MAC：客户端MAC地址

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	6.895000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	410	DHCP Discover - Transaction ID 0x4
7	7.956000	192.168.100.1	192.168.100.203	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction ID 0x4
8	8.907000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	410	DHCP Request - Transaction ID 0x4
9	8.923000	192.168.100.1	192.168.100.203	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction ID 0x4

```
▷ Frame 7: 342 bytes on wire (2736 bits), 342 bytes captured (2736 bits) on interface 0
▷ Ethernet II, Src: PcsCompu_c1:97:81 (08:00:27:c1:97:81), Dst: HuaweiTe_b7:2b:95 (54:89:98:b7:2b:95)
▷ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.100.1, Dst: 192.168.100.203
▷ User Datagram Protocol, Src Port: 67, Dst Port: 68
▷ Bootstrap Protocol (Offer)
```

源IP：服务器IP地址

报文内容见下页

目的IP：准备分配给客户端的IP

抓包分析：DHCP offer报文－报文中的数据信息1


```
▲ Bootstrap Protocol (Offer)
    Message type: Boot Reply (2)
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Hardware address length: 6
    Hops: 0
    Transaction ID: 0x0000512a
    Seconds elapsed: 0
  ▷ Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
    Client IP address: 0.0.0.0
    Your (client) IP address: 192.168.100.203
    Next server IP address: 0.0.0.0
    Relay agent IP address: 0.0.0.0
    Client MAC address: HuaweiTe_b7:2b:95 (54:89:98:b7:2b:95)
    Client hardware address padding: 00000000000000000000
    Server host name not given
    Boot file name not given
    Magic cookie: DHCP
```

准备分配给客户端的IP地址

抓包分析：DHCP offer报文 - 报文中的数据信息2

```
▲ Option: (53) DHCP Message Type (Offer)
    Length: 1
    DHCP: Offer (2)
▲ Option: (54) DHCP Server Identifier
    Length: 4
    DHCP Server Identifier: 192.168.100.1
▲ Option: (51) IP Address Lease Time
    Length: 4
    IP Address Lease Time: (43200s) 12 hours
▲ Option: (1) Subnet Mask
    Length: 4
    Subnet Mask: 255.255.255.0
▲ Option: (3) Router
    Length: 4
    Router: 192.168.100.254
▲ Option: (6) Domain Name Server
    Length: 4
    Domain Name Server: 8.8.8.8
▲ Option: (255) End
    Option End: 255
  Padding: 0000000000000000000000000000000000000
```

DHCP服务器标识符

DHCP服务器 的IP

IP租约时间

IP租约时间是12小时

子网掩码

准备发给客户端的网关地址

域名服务器

域名服务器的IP地址

服务器的OFFER报文中，包含哪些信息？

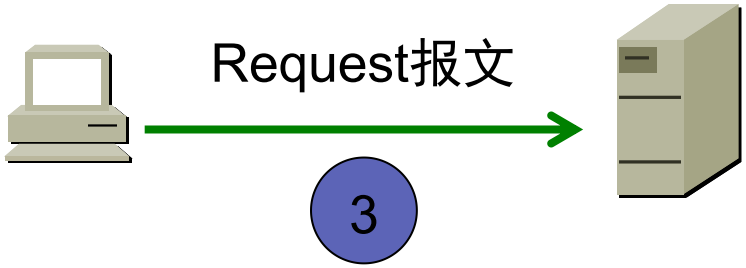
- DHCP客户机的MAC地址； → 想给谁？
- 准备提供给客户机的IP地址；
- 子网掩码；默认网关、DNS等；
- IP地址的租约时间；

（以上三项 → 给什么？）

- DHCP服务器的标识符（即IP地址） → 谁给的？

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 Requset报文 - 地址信息

源MAC：客户机MAC地址

目的MAC：广播地址

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	6.895000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	410	DHCP Discover - Transaction
7	7.956000	192.168.100.1	192.168.100.203	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction
8	8.907000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	410	DHCP Request - Transaction
9	8.923000	192.168.100.1	192.168.100.203	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction

```
Frame 8: 410 bytes on wire (3280 bits), 410 bytes captured (3280 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: HuaweiTe_b7:2b:95 (54:89:98:b7:2b:95), Dst: Broadcast (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
Bootstrap Protocol (Request)
```

源IP：0.0.0.0

目的IP：广播地址

见下页

抓包分析：DHCP Requset报文－报文中的数据信息1


```
▲ Bootstrap Protocol (Request)
    Message type: Boot Request (1)
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Hardware address length: 6
    Hops: 0
    Transaction ID: 0x0000421f
    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_b7:2b:95 (54:89:98:b7:2b:95)
    Client hardware address padding: 00000000000000000000
    Server host name not given
    Boot file name not given
    Magic cookie: DHCP
```

抓包分析：DHCP Requset报文 - 报文中的数据信息2


```
▲ Option: (53) DHCP Message Type (Request)
    Length: 1
    DHCP: Request (3)
▲ Option: (54) DHCP Server Identifier
    Length: 4
    DHCP Server Identifier: 192.168.100.1
▲ Option: (50) Requested IP Address
    Length: 4
    Requested IP Address: 192.168.100.203
▲ Option: (61) Client identifier
    Length: 7
    Hardware type: Ethernet (0x01)
    Client MAC address: HuaweiTe_b7:2b:95 (54:89:98:b7:2b:95)
▲ 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
    Option End: 255
  Padding: 000000000000000000000000000000000000000000000000...
```

DHCP服务器的标识符（即其IP地址）
表明“我”申请使用该服务器分配的IP地址

所申请的IP地址

客户端标识符（即MAC地址）
表明“我”是谁

客户端所申请的网络参数（即子网掩码、默认网关等信息）

DHCP服务器如何知道客户机选择了自己所提供的地址参数?

- 如果有多个DHCP服务器向DHCP客户端回应DHCP OFFER报文，则DHCP客户端一般只接收第一个收到的OFFER报文，然后以广播方式发送DHCP REQUEST报文，该报文中包含客户端想选择的DHCP服务器标识符（即Option 54）和客户端申请的IP地址（即Option 50）。
- DHCP客户端广播发送DHCP REQUEST报文通知所有的DHCP服务器，它将选择某个DHCP服务器提供的IP地址，其他DHCP服务器可以重新将曾经分配给客户端的IP地址分配给其他客户端。
- 客户机在发送DHCP Request消息时，虽然客户机已经选择了IP地址，但是还没有最终确认并配置IP地址，因此，在DHCPREQUEST报文种仍然使用0.0.0.0的地址作为源IP地址；

问题4：

- 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客户机获得IP后，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DHCPRequest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DHCPACK确认信息。

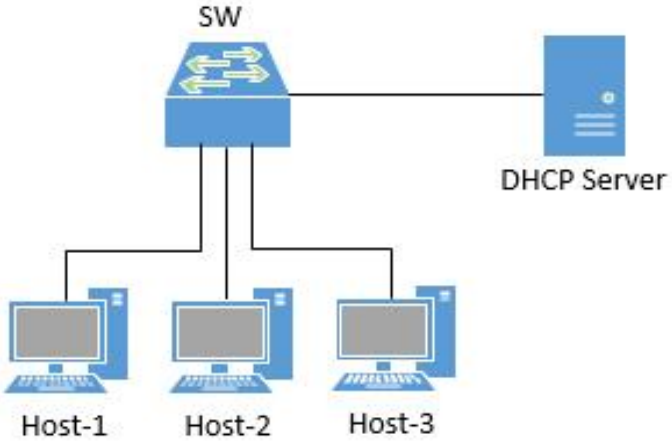
DHCP客户机获得IP后，每次重新启动时，如何与DHCP服务器联系？

- 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）

4. DHCP 中继代理

- 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。



4. DHCP 中继代理

- 为什么会用到DHCP中继?
  - 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。

4. DHCP 中继代理

➢ IP地址规划：

Host-1: 192.168.0.1~192.168.0.100

Host-2: 192.168.1.1~192.168.1.100

Host-3: 192.168.2.1~192.168.2.100

Host-4: 192.168.3.1~192.168.3.100

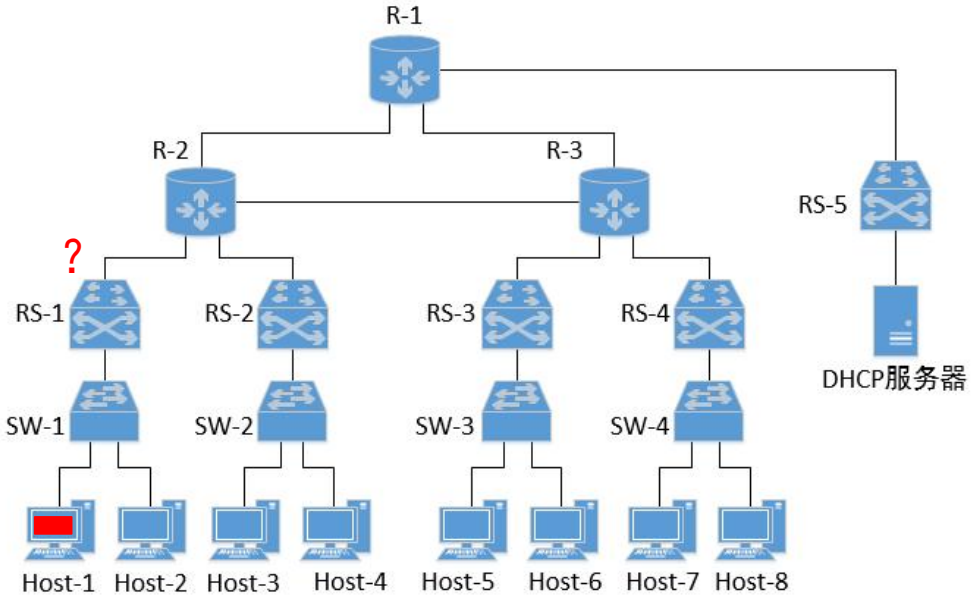
Host-5: 192.168.4.1~192.168.4.100

Host-6: 192.168.5.1~192.168.5.100

Host-7: 192.168.6.1~192.168.6.100

Host-8: 192.168.7.1~192.168.7.100

DHCP服务器： 192.168.100.1



问题：Host-1发出的DHCPDISCOVER（发现报文）能被谁收到？

4. DHCP 中继代理

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。

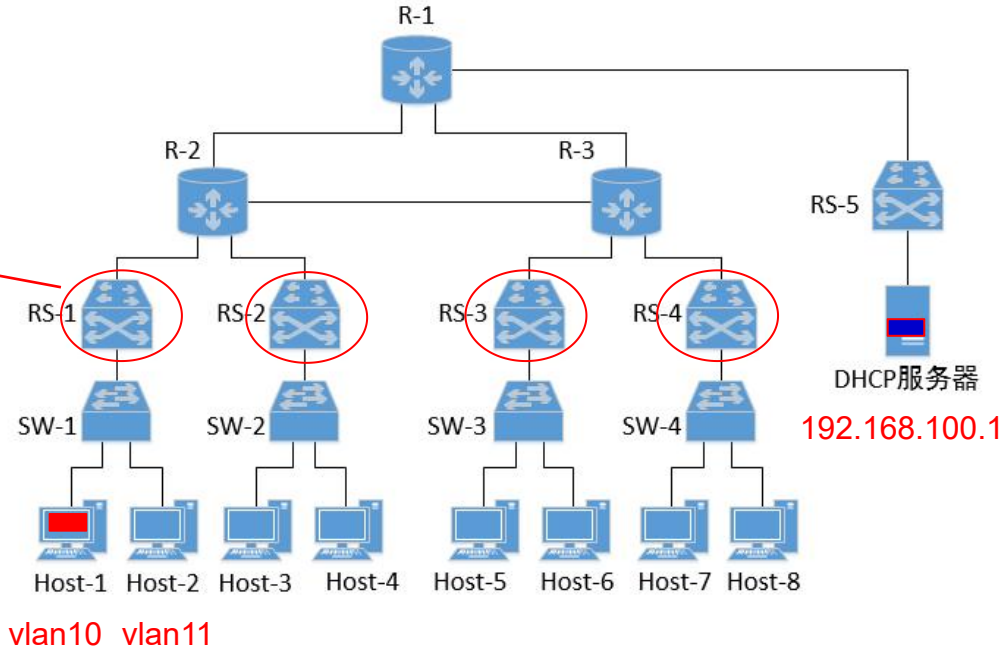
4. DHCP 中继代理

➢ 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

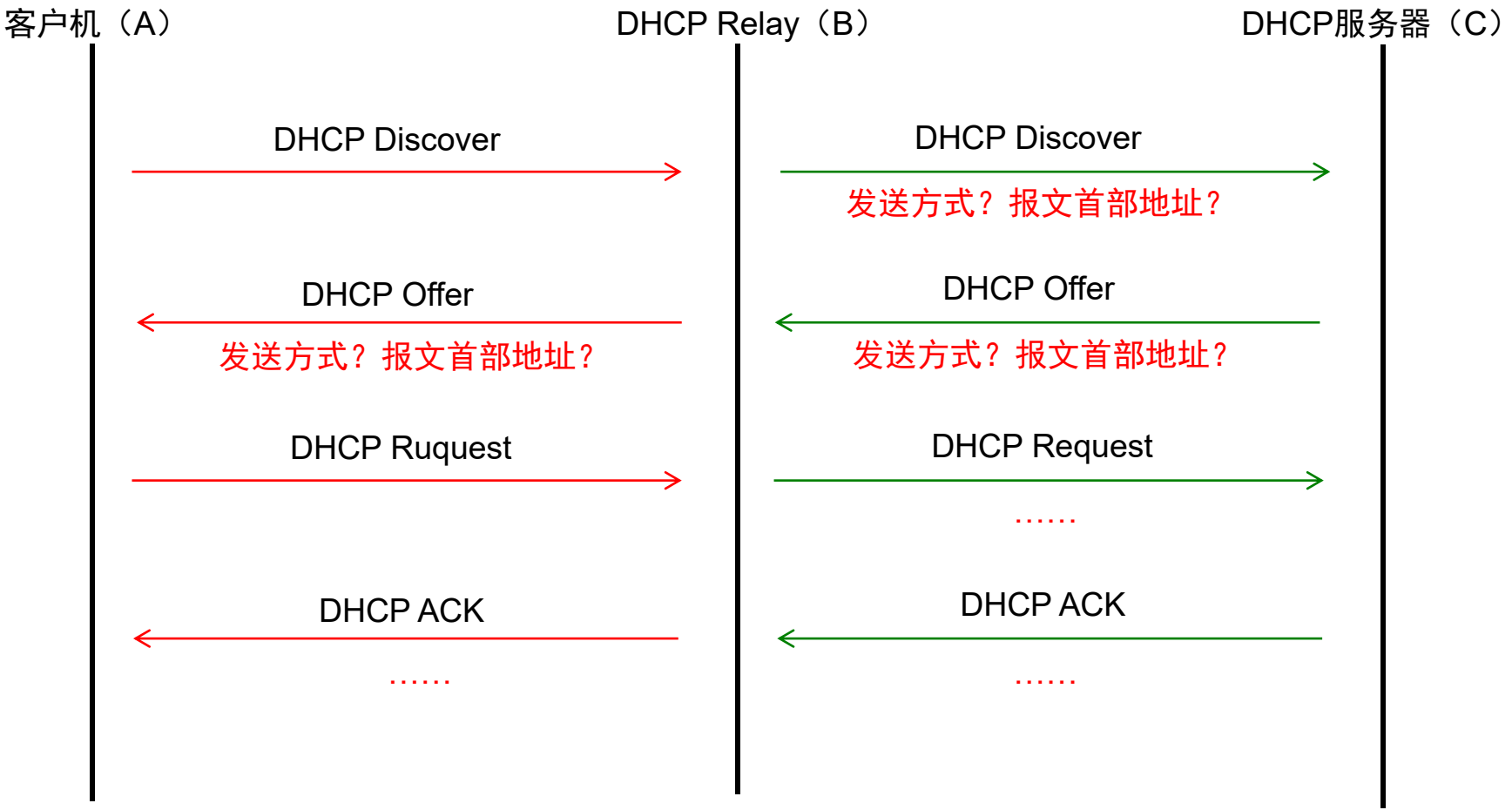
[RS-1] interface vlanif 11
[RS-1-Vlanif11] dhcp select relay
[RS-1-Vlanif11] dhcp relay server-ip 192.168.100.1
[RS-1-Vlanif11] quit

针对每个用户VLAN，在网关处配置DHCP中继。

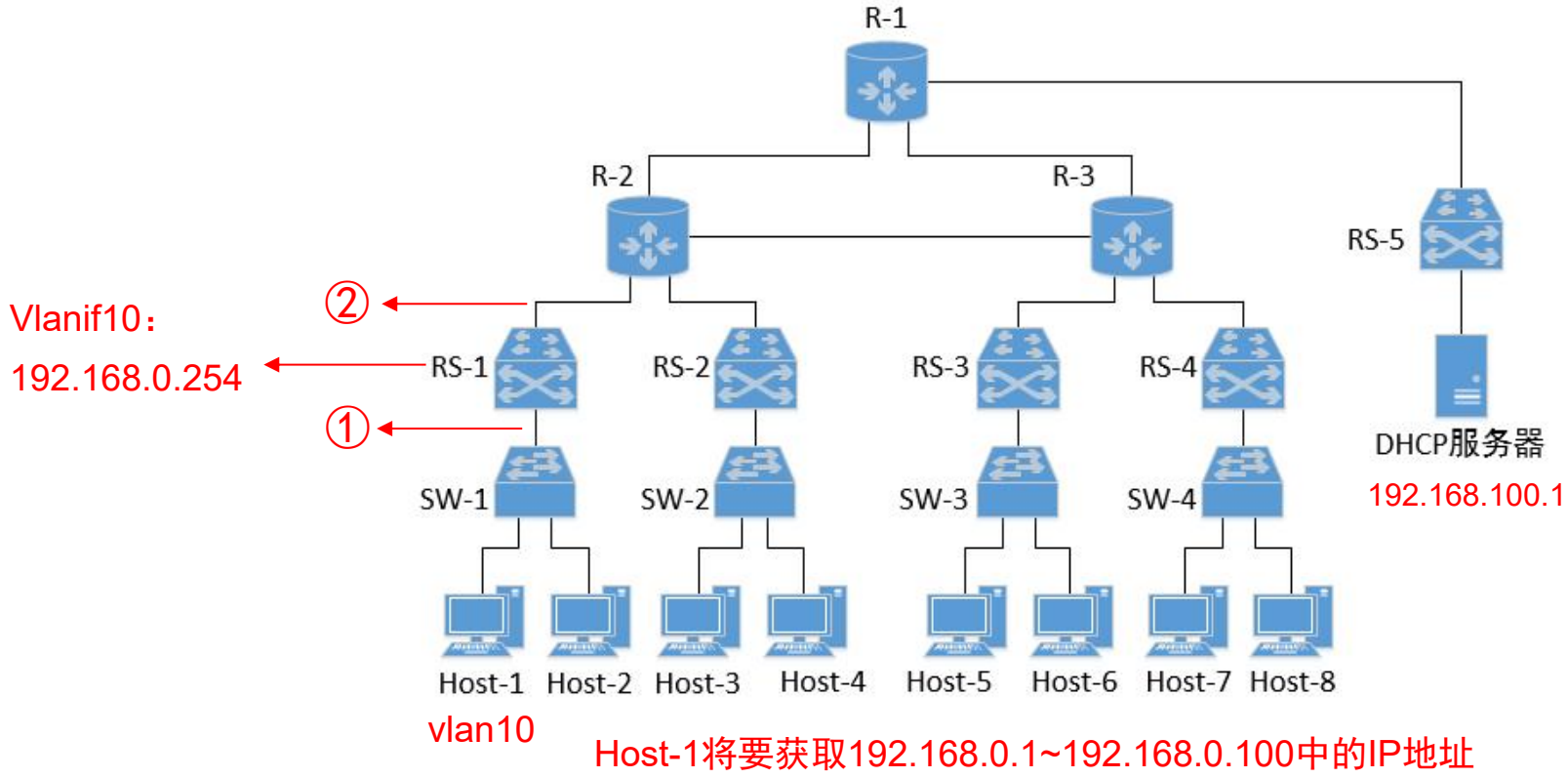


在RS-1~RS-4上配置DHCP中继

DHCP Relay的工作过程



■ 抓包分析DHCP Relay的工作过程



■ 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。

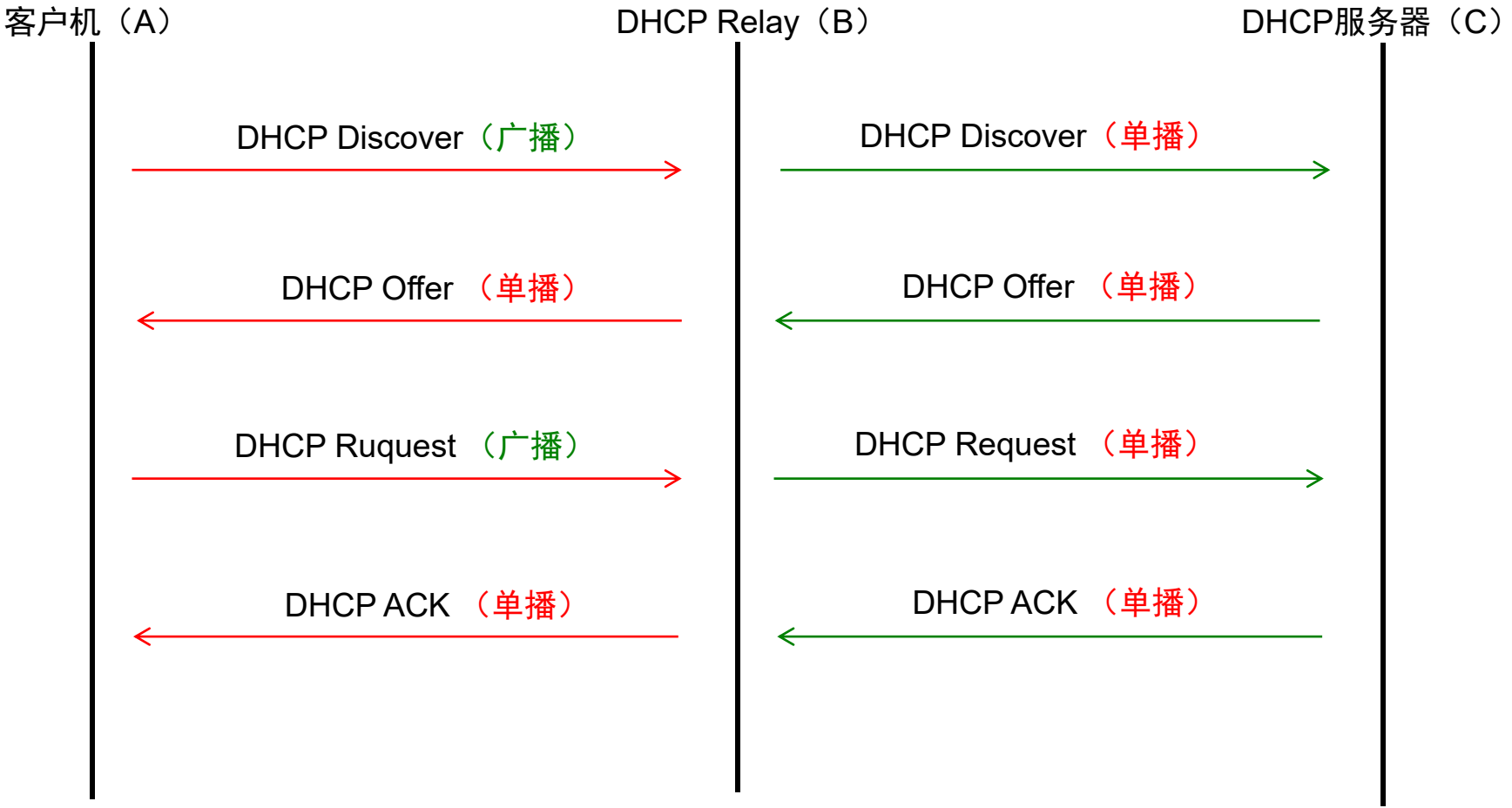
DHCP 中继（RS-1）←→ DHCP服务器

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



4. 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。

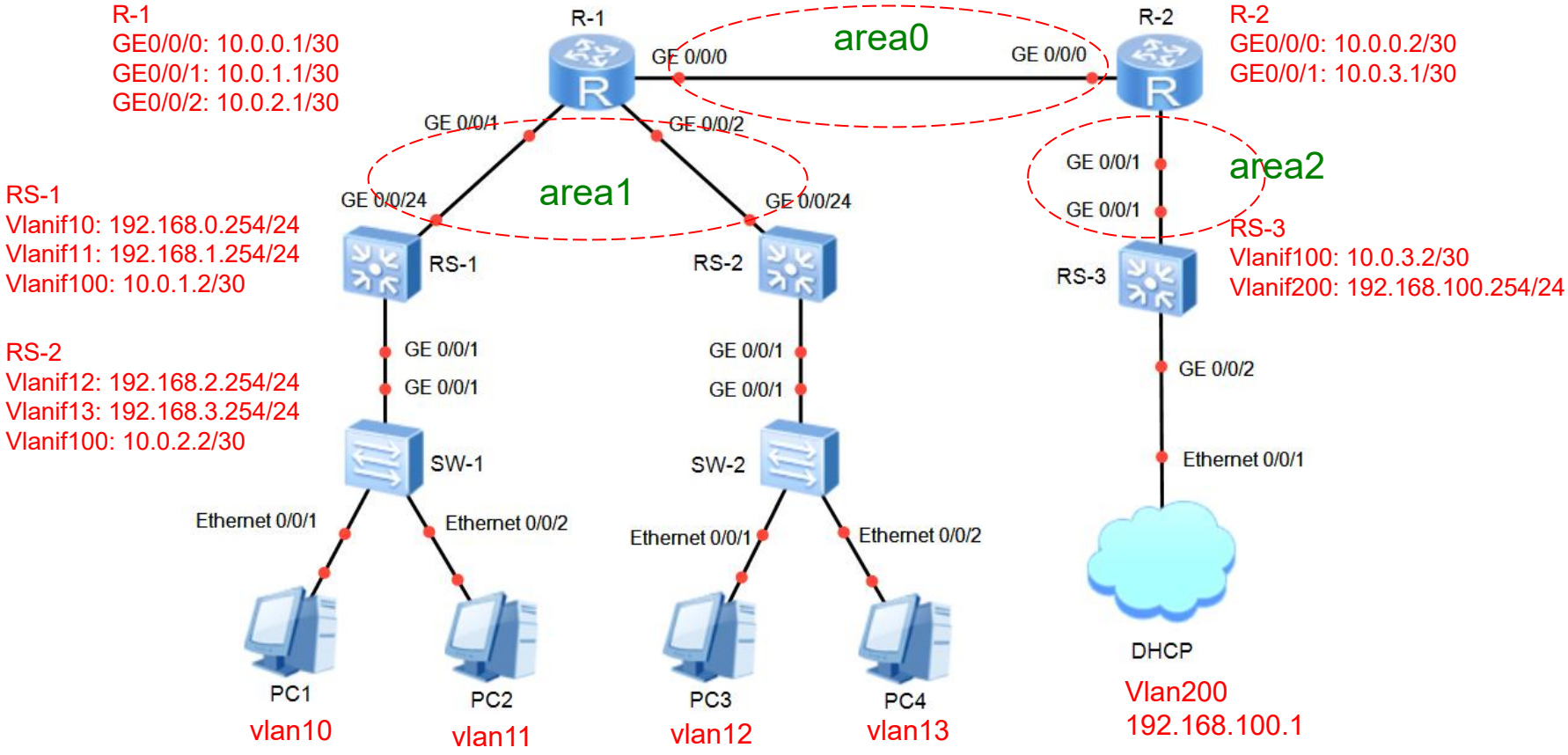
4. DHCP 中继代理

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中继收到该报文并适当处理后，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

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-1
R-2
area0
GE 0/0/0
GE 0/0/0
GE 0/0/1
GE 0/0/2
area1
GE 0/0/24
GE 0/0/24
RS-1
RS-2
RS-3
GE 0/0/1
GE 0/0/1
GE 0/0/1
GE 0/0/1
GE 0/0/1
GE 0/0/2
SW-1
SW-2
Ethernet 0/0/1
Ethernet 0/0/2
Ethernet 0/0/1
Ethernet 0/0/2
Ethernet 0/0/1
PC1
PC2
PC3
PC4
vlan10
vlan11
vlan12
vlan13
DHCP
Vlan200
192.168.100.1
R-2
GE0/0/0: 10.0.0.2/30
GE0/0/1: 10.0.3.1/30
area2
RS-3
Vlanif100: 10.0.3.2/30
Vlanif200: 192.168.100.254/24

DHCP中继案例

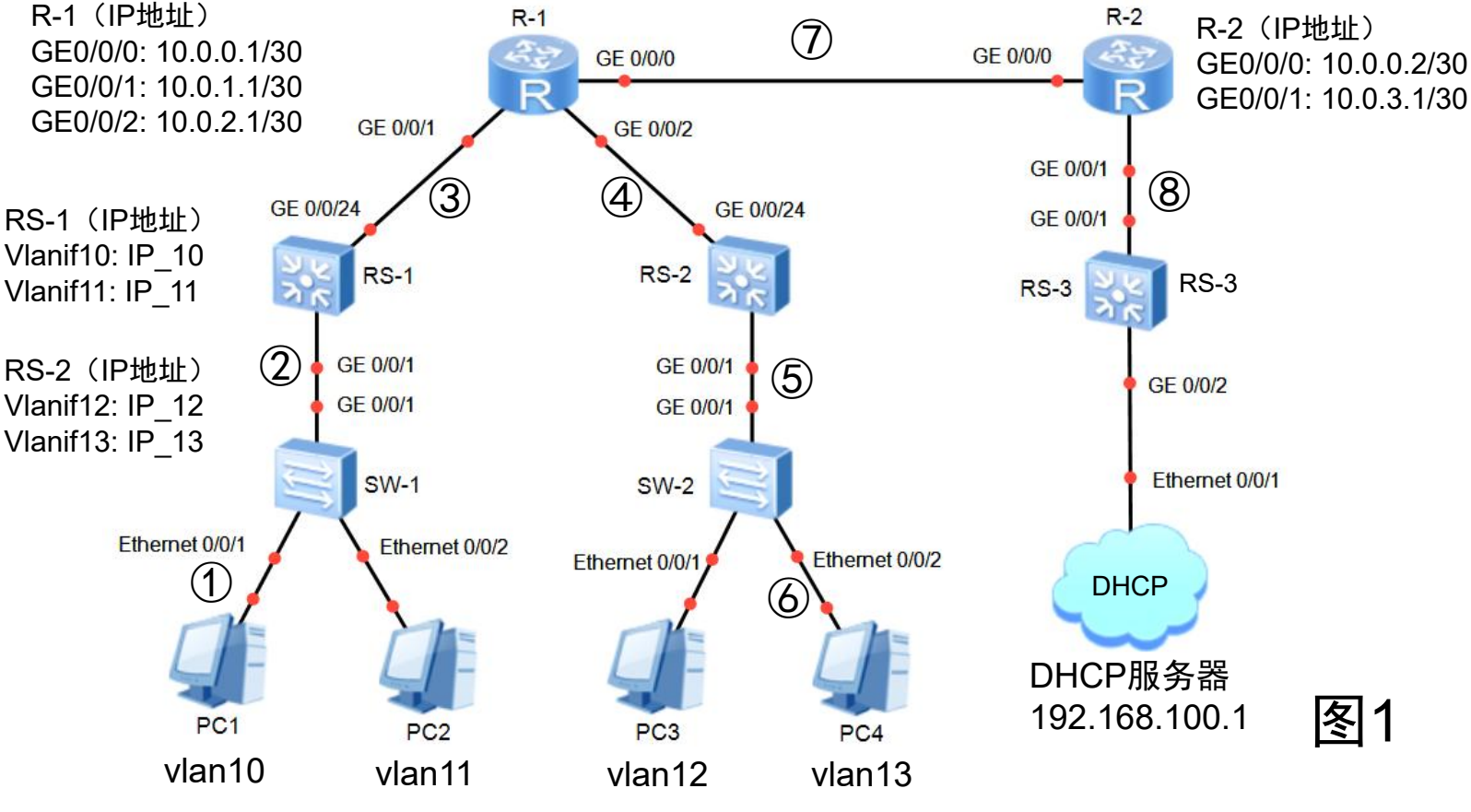

R-1（IP地址）
GE0/0/0: 10.0.0.1/30
GE0/0/1: 10.0.1.1/30
GE0/0/2: 10.0.2.1/30
RS-1（IP地址）
Vlanif10: IP_10
Vlanif11: IP_11
RS-2（IP地址）
Vlanif12: IP_12
Vlanif13: IP_13
R-1
R-2
GE 0/0/0
GE 0/0/0
⑦
R-2（IP地址）
GE0/0/0: 10.0.0.2/30
GE0/0/1: 10.0.3.1/30
GE 0/0/1
GE 0/0/2
GE 0/0/1
GE 0/0/1
⑧
GE 0/0/24
③
④
GE 0/0/24
RS-1
RS-2
RS-3
RS-3
②
GE 0/0/1
GE 0/0/1
GE 0/0/1
GE 0/0/1
⑤
GE 0/0/2
SW-1
SW-2
Ethernet 0/0/1
Ethernet 0/0/1
Ethernet 0/0/2
Ethernet 0/0/1
Ethernet 0/0/2
①
⑥
DHCP
PC1
PC2
PC3
PC4
DHCP服务器
192.168.100.1
vlan10
vlan11
vlan12
vlan13
60
40
90
20

图1

DHCP中继案例

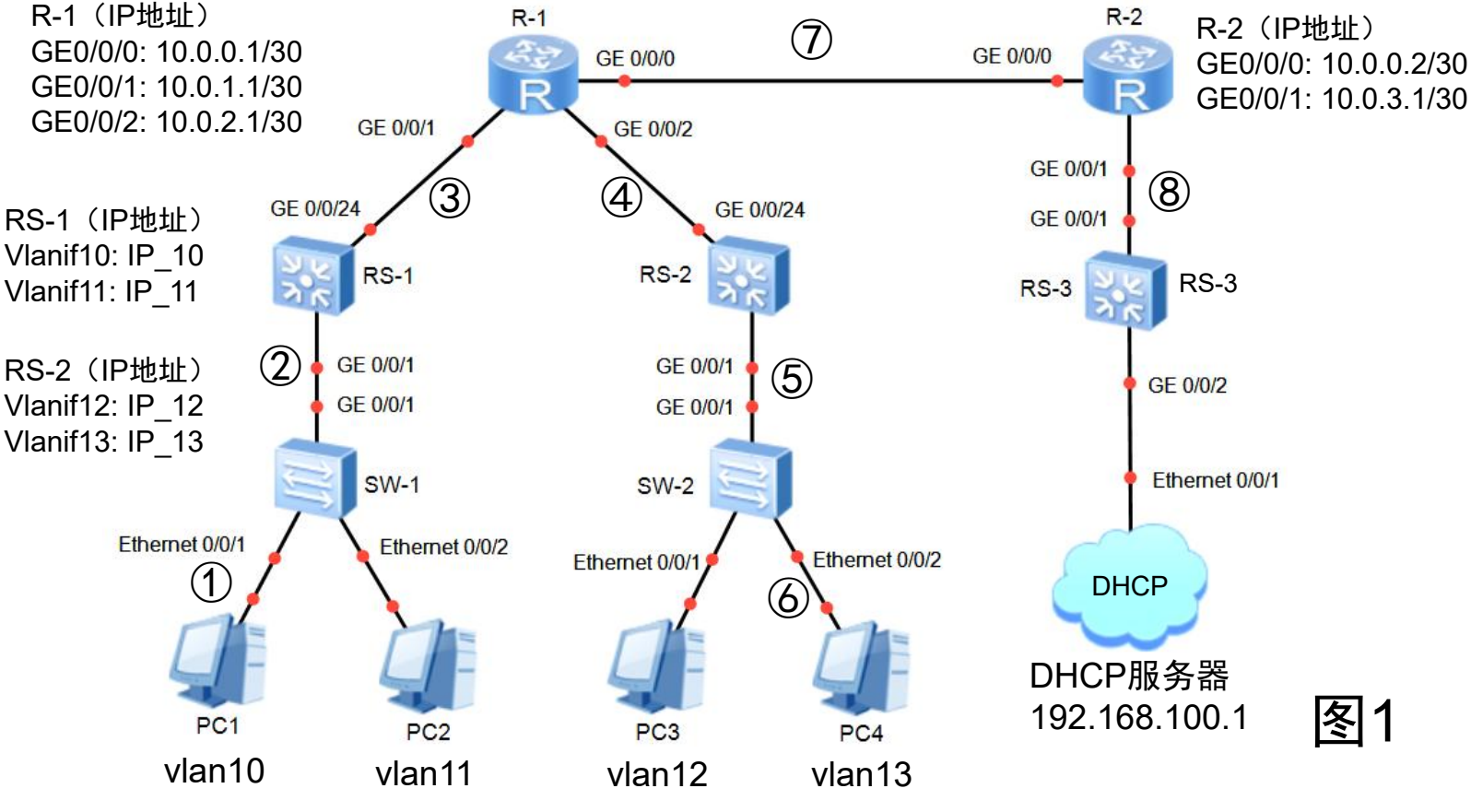
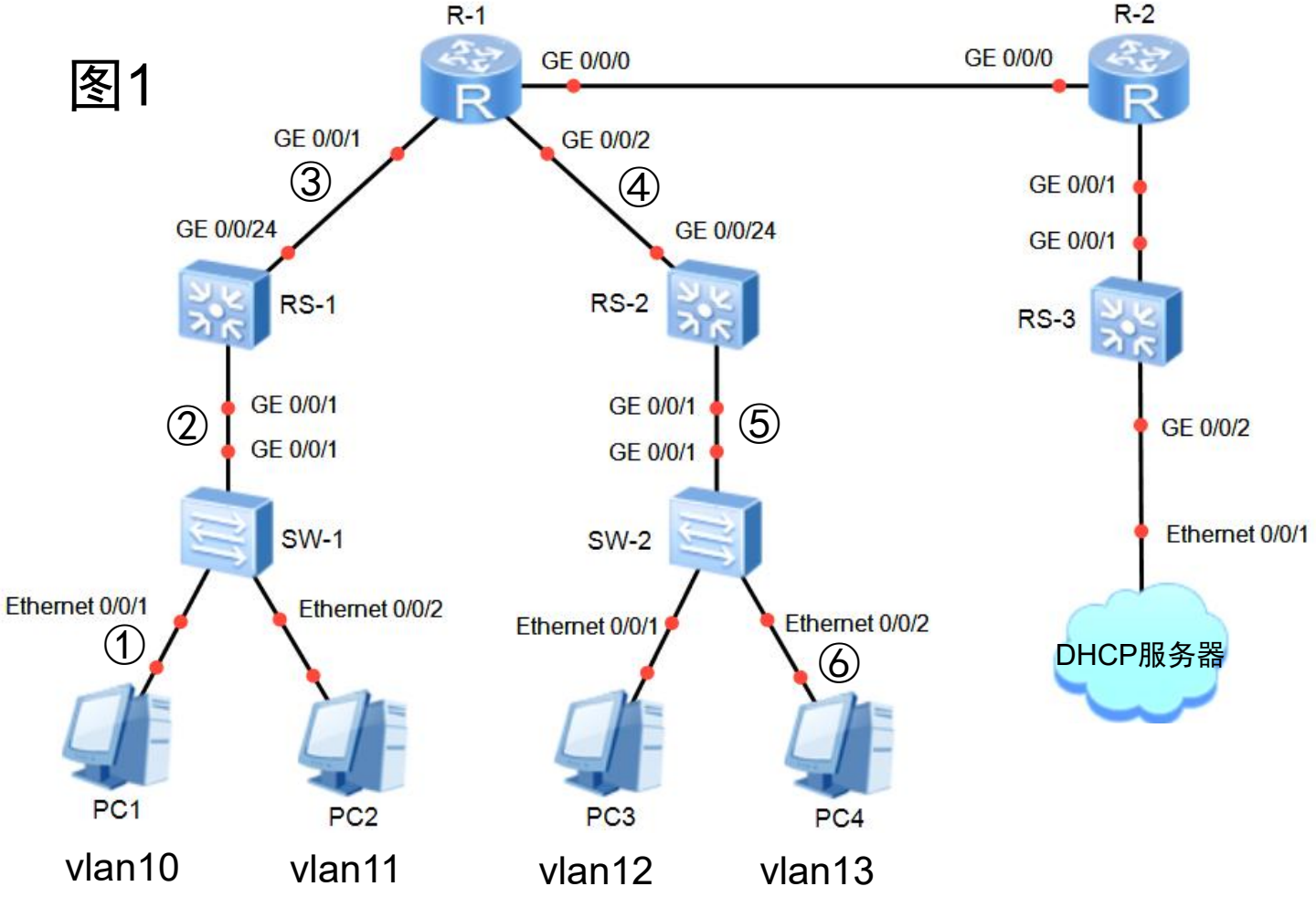

R-1（IP地址）
GE0/0/0: 10.0.0.1/30
GE0/0/1: 10.0.1.1/30
GE0/0/2: 10.0.2.1/30
RS-1（IP地址）
Vlanif10: IP_10
Vlanif11: IP_11
RS-2（IP地址）
Vlanif12: IP_12
Vlanif13: IP_13
R-1
R-2
GE 0/0/0
GE 0/0/0
⑦
R-2（IP地址）
GE0/0/0: 10.0.0.2/30
GE0/0/1: 10.0.3.1/30
GE 0/0/1
GE 0/0/2
GE 0/0/1
GE 0/0/1
⑧
GE 0/0/24
③
④
GE 0/0/24
RS-1
RS-2
RS-3
RS-3
②
GE 0/0/1
GE 0/0/1
GE 0/0/1
GE 0/0/1
⑤
GE 0/0/2
SW-1
SW-2
Ethernet 0/0/1
Ethernet 0/0/1
Ethernet 0/0/2
Ethernet 0/0/1
Ethernet 0/0/2
①
⑥
DHCP
PC1
PC2
PC3
PC4
DHCP服务器
192.168.100.1
vlan10
vlan11
vlan12
vlan13
60
40
90
20

图1

图1

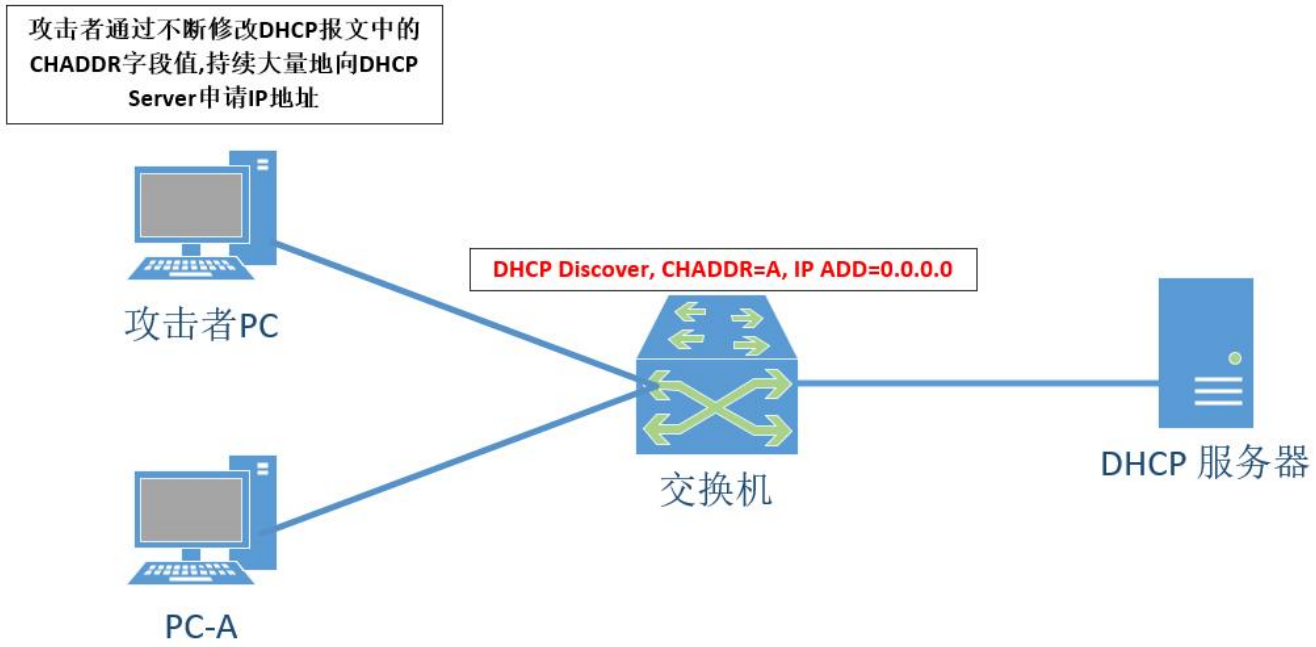

R-1
GE 0/0/0
R-2
GE 0/0/0
GE 0/0/1
③
GE 0/0/2
④
GE 0/0/1
GE 0/0/1
GE 0/0/24
GE 0/0/24
RS-1
RS-2
RS-3
②
GE 0/0/1
GE 0/0/1
GE 0/0/1
⑤
GE 0/0/1
GE 0/0/2
SW-1
SW-2
Ethernet 0/0/1
Ethernet 0/0/1
①
Ethernet 0/0/2
Ethernet 0/0/1
Ethernet 0/0/2
⑥
DHCP服务器
PC1
PC2
PC3
PC4
vlan10
vlan11
vlan12
vlan13
60
40
90
20

五、DHCP安全

5. DHCP 安全

- 网络攻击无处不在，针对DHCP的攻击也不例外。 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饿死攻击
  - 仿冒DHCP Server攻击
  - 仿冒DHCP 报文攻击
  - DHCP中间人攻击

DHCP饿死攻击

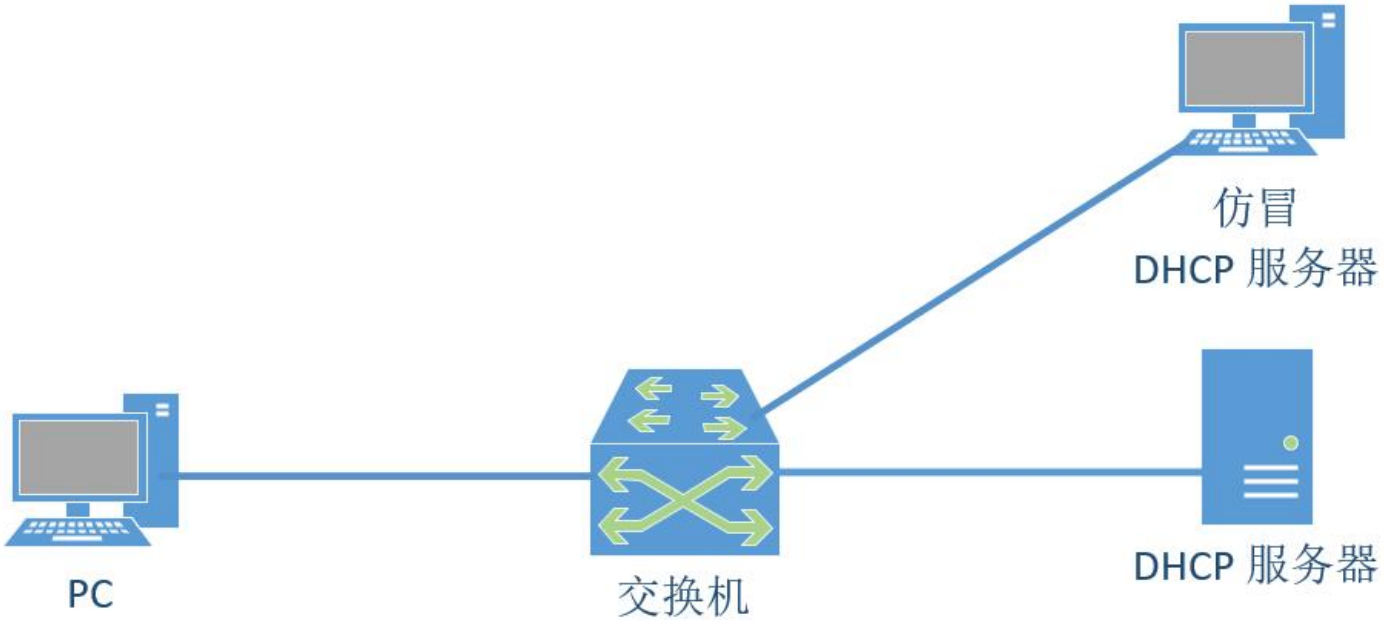


- 攻击原理：攻击者持续大量的向DHCP Server申请IP地址，直到耗尽DHCP Server地址池中的IP地址，导致DHCP Server不能给正常的用户进行分配。

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。

仿冒DHCP Server攻击

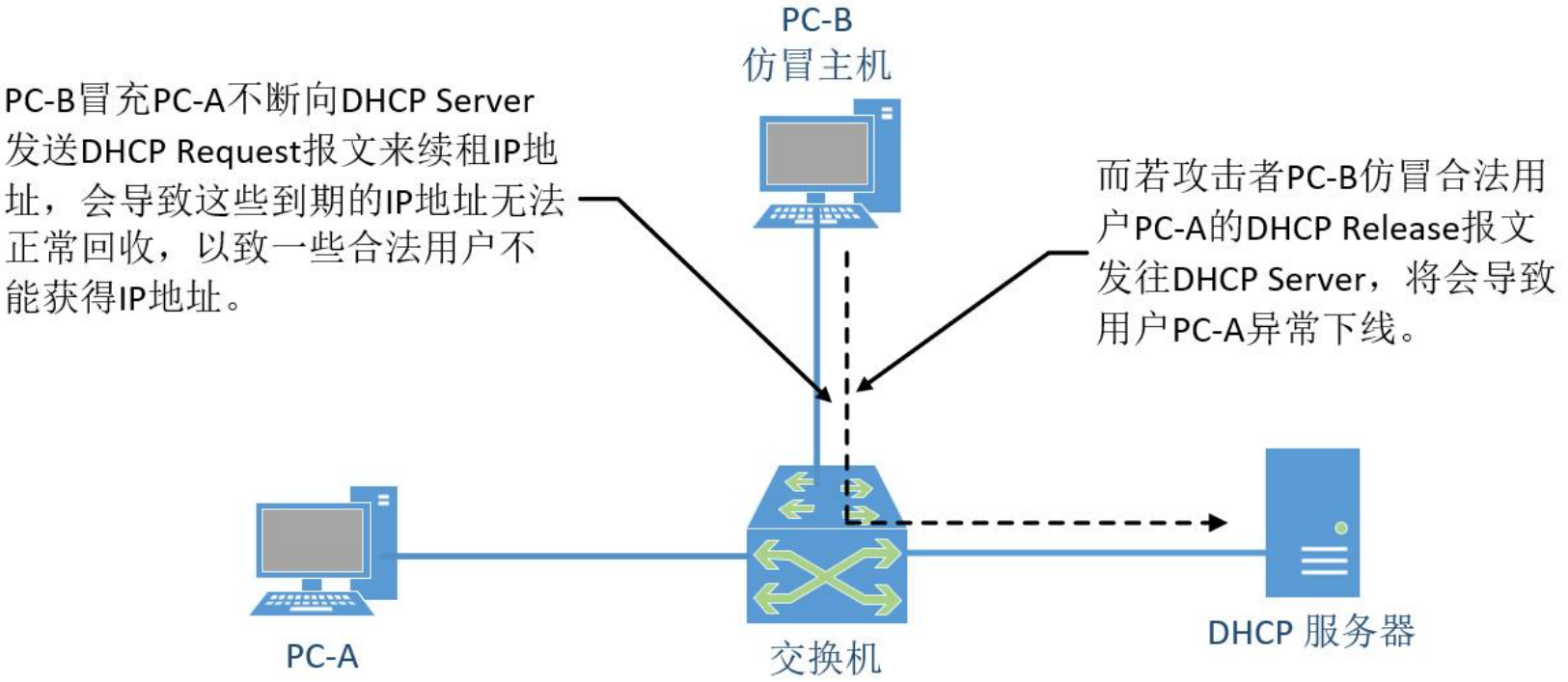


- 攻击原理：攻击者仿冒DHCP Server向客户端分配错误的IP地址以及错误的网关等信息，导致用户无法正常的访问网络。

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：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。

仿冒DHCP 报文攻击

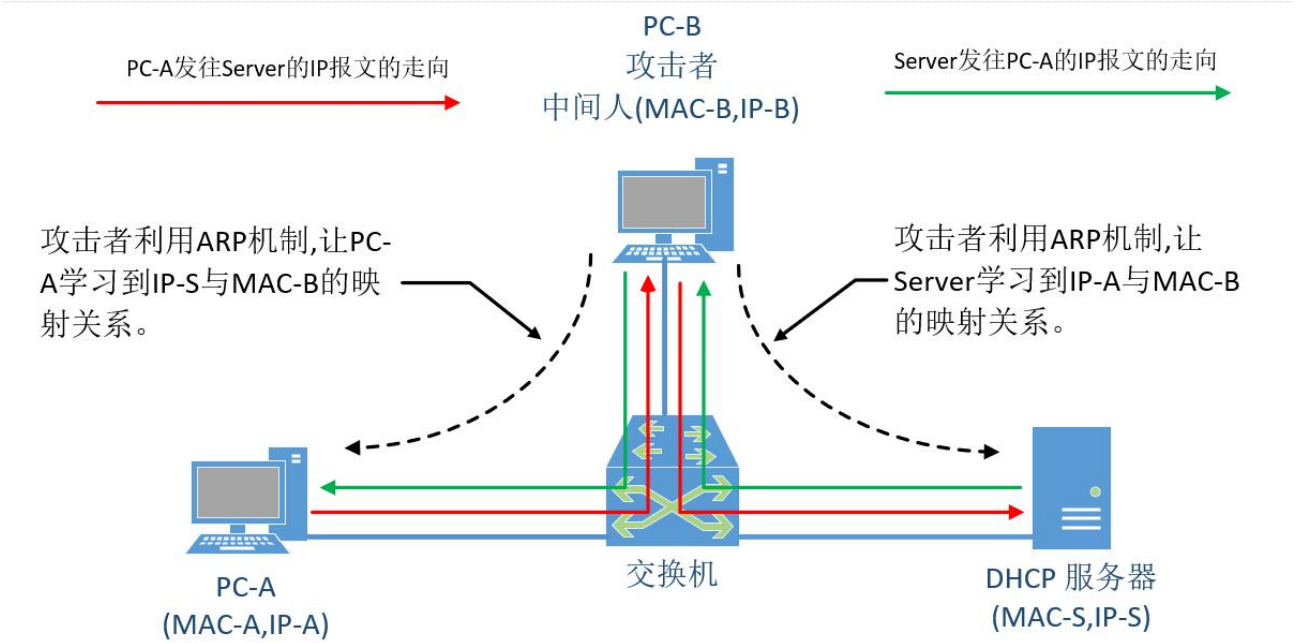


- 攻击原理：DHCP服务器在主机提出续租或释放请求时，一般都会满足主机。

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。

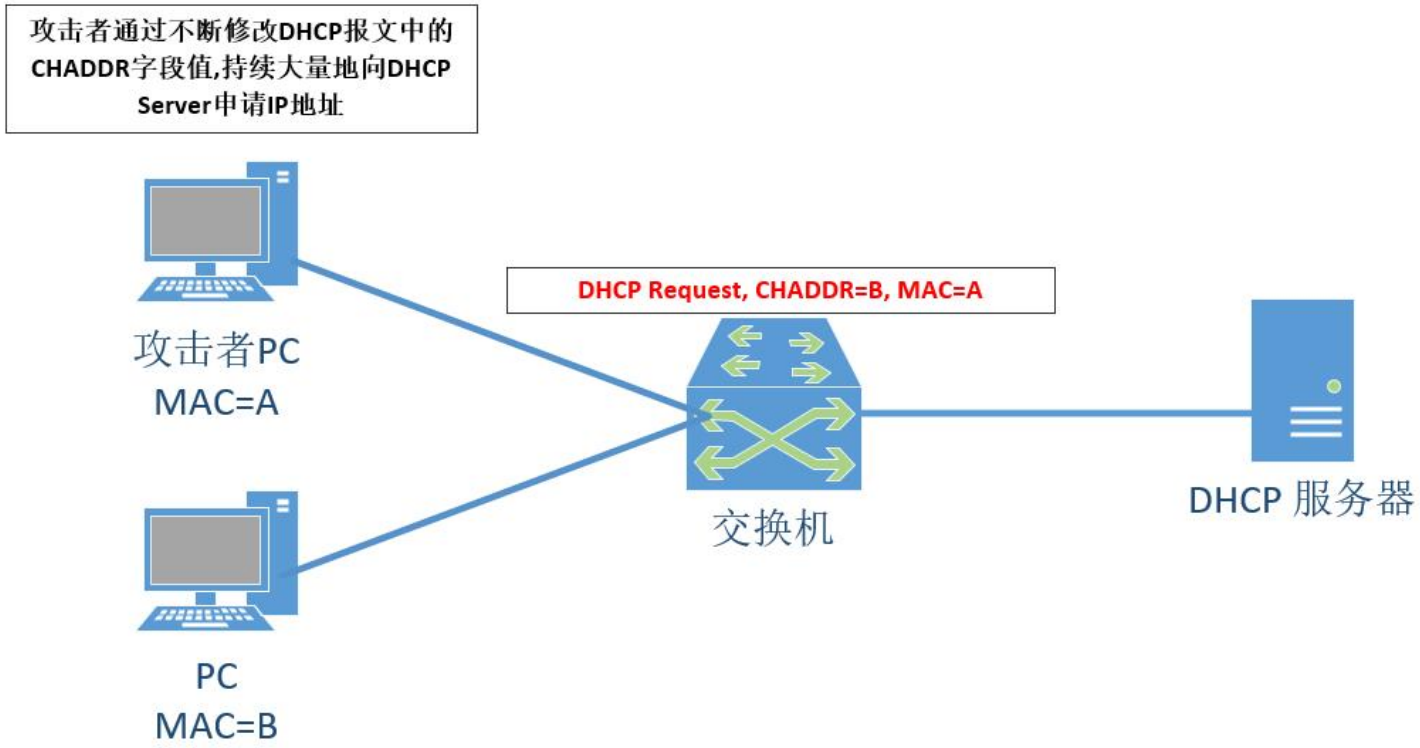
5. DHCP 安全

DHCP Snooping

- 为了增强网络安全，防止DHCP受到攻击，一种称为DHCP Snooping的技术应运而生。DHCP Snooping不是一种标准技术，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）
- 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。

5. DHCP 安全

- DHCP Snooping防饿死攻击



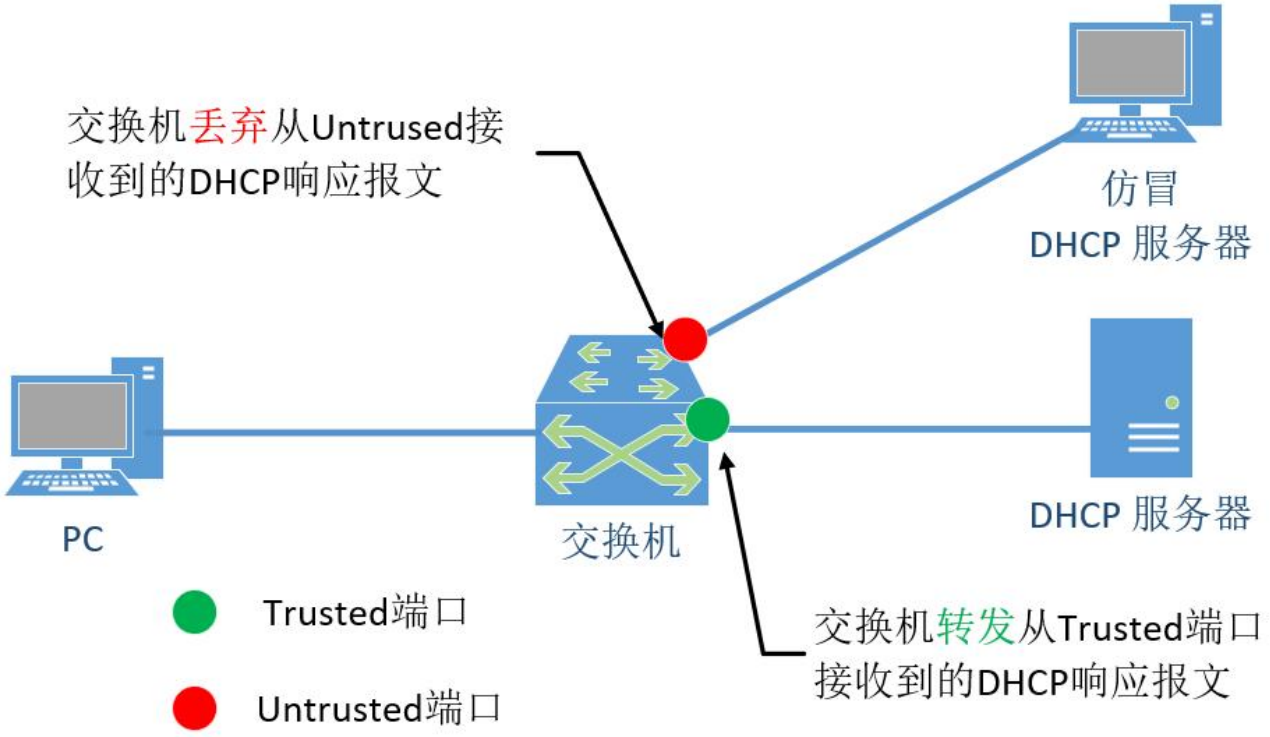
5. DHCP 安全

DHCP Snooping防饿死攻击

- 饿死攻击是攻击者通过不断修改CHADDR字段，然后让DHCP服务器误认为是来自不同PC的用户进行申请IP地址，开启DHCP Snooping功能之后，可以检查DHCP Request报文帧头的源MAC与DHCP数据区中的CHADDR字段是否一致，如果一致进行转发，不一致就不会进行转发。
- 简单说就是CHADDR字段有个MAC地址，然后在封装数据包的时候又IP层面的数据包，里面会含有自身的MAC地址，使能了DHCP Snooping之后也就允许其对于IP包进行检查，从而进行判定发送的数据包是否真实。如图中的CHADDR=B，MAC=A，不一致就会被丢弃。

5. DHCP 安全

- DHCP Snooping防止仿冒DHCP Server攻击



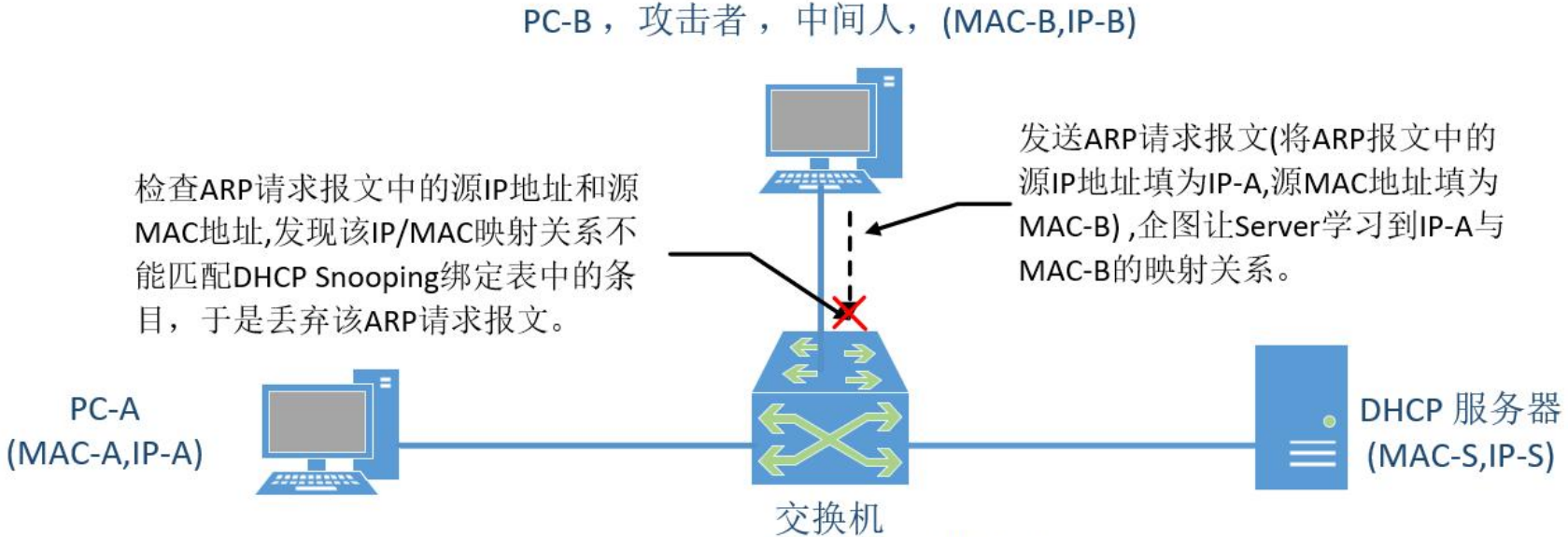
5. DHCP 安全

DHCP Snooping防止仿冒DHCP Server攻击

- 由于DHCP Server和DHCP Client之间没有认证机制，所以如果在网络上随意添加一台DHCP服务器，它就可以为客户端分配IP地址以及其他网络参数。如果该DHCP服务器为用户分配错误的IP地址和其他网络参数，将会对网络造成非常大的危害。
- 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。此后，从“非信任（Untrusted）”接口上收到的DHCP回应报文将被直接丢弃，这样可以有效防止DHCP Server仿冒者的攻击。

5. DHCP 安全

DHCP Snooping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	…	…	…
…	…	…	…	…

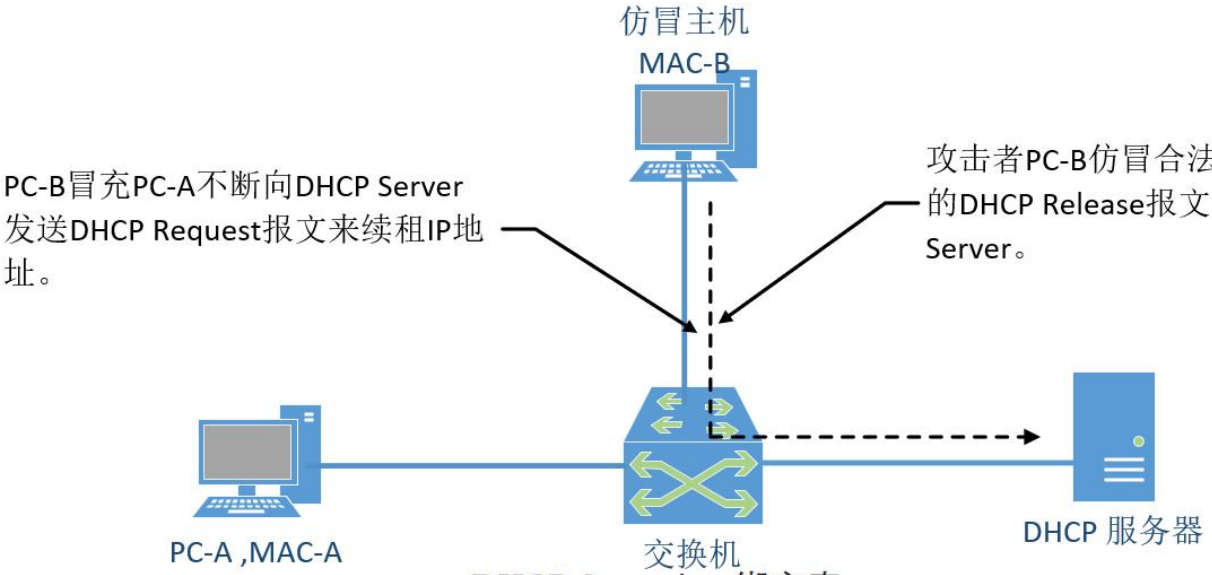
5. DHCP 安全

DHCP Snooping防止中间人攻击

- 从协议出发，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。
- 当交换机开启了DHCP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。（客户端对DHCP服务器进行请求时是使用MAC地址进行请求，如果请求成功，DHCP Server最终会发送Ack报文，此时绑定表中就会记录相应的IP与MAC对应关系，如果以后IP与MAC对应关系不一致，则会将报文丢弃）

5. DHCP 安全

- DHCP Snooping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	…	…	…
…	…	…	…	…

5. DHCP 安全

- DHCP Snooping防止仿冒DHCP报文攻击
  - 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。

第6讲 使用DHCP管理IP地址

完