



# 暑期强化课——计算机网络

WWW.CSKAOYAN.COM

## 2.链路层协议及大题解构



@王道楼楼老师-计算机考研



王道计算机考研

www.cskao.com

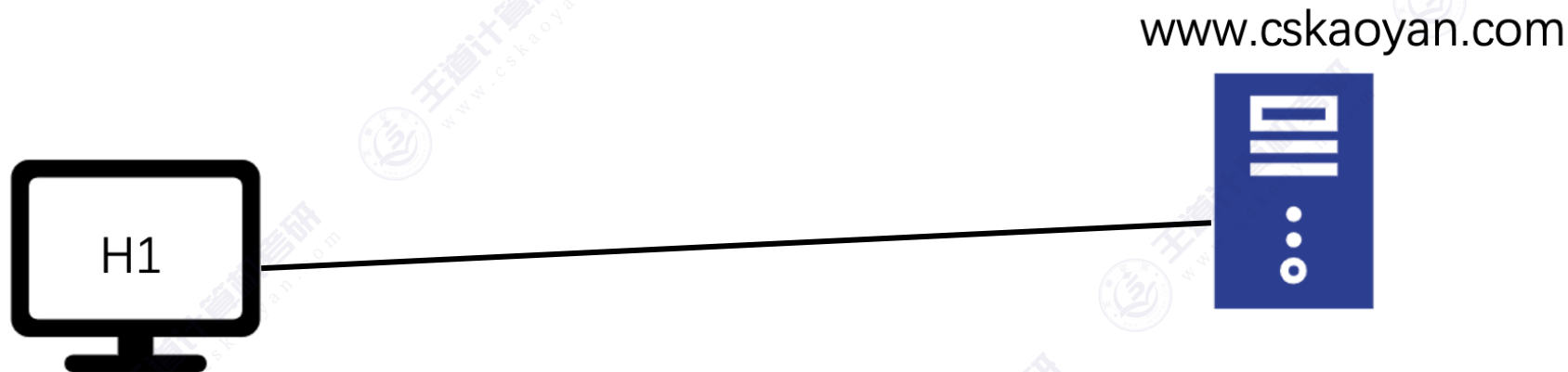
强化课反馈问卷扫码填写 😊:





## 思考一下

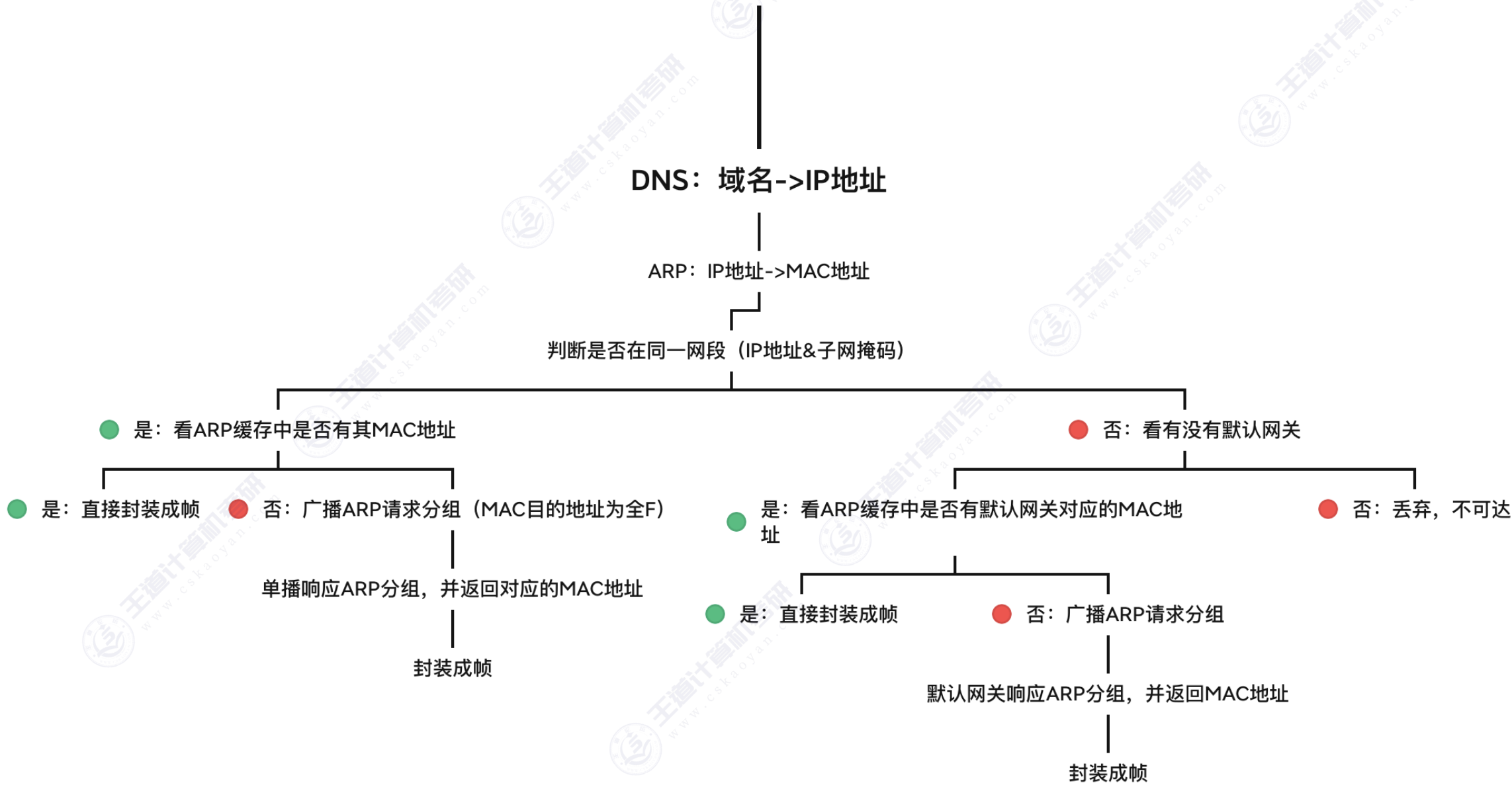
你敢不敢详细描述一下你在电脑浏览器上访问[www.cskaoan.com](http://www.cskaoan.com)服务器资源时所发生的过程？



1. DNS查询到IP地址
2. ARP查询到MAC地址
3. 主机与服务器建立TCP连接
4. 主机发送HTTP协议请求，服务器响应请求



# 输入域名后的路由转发过程



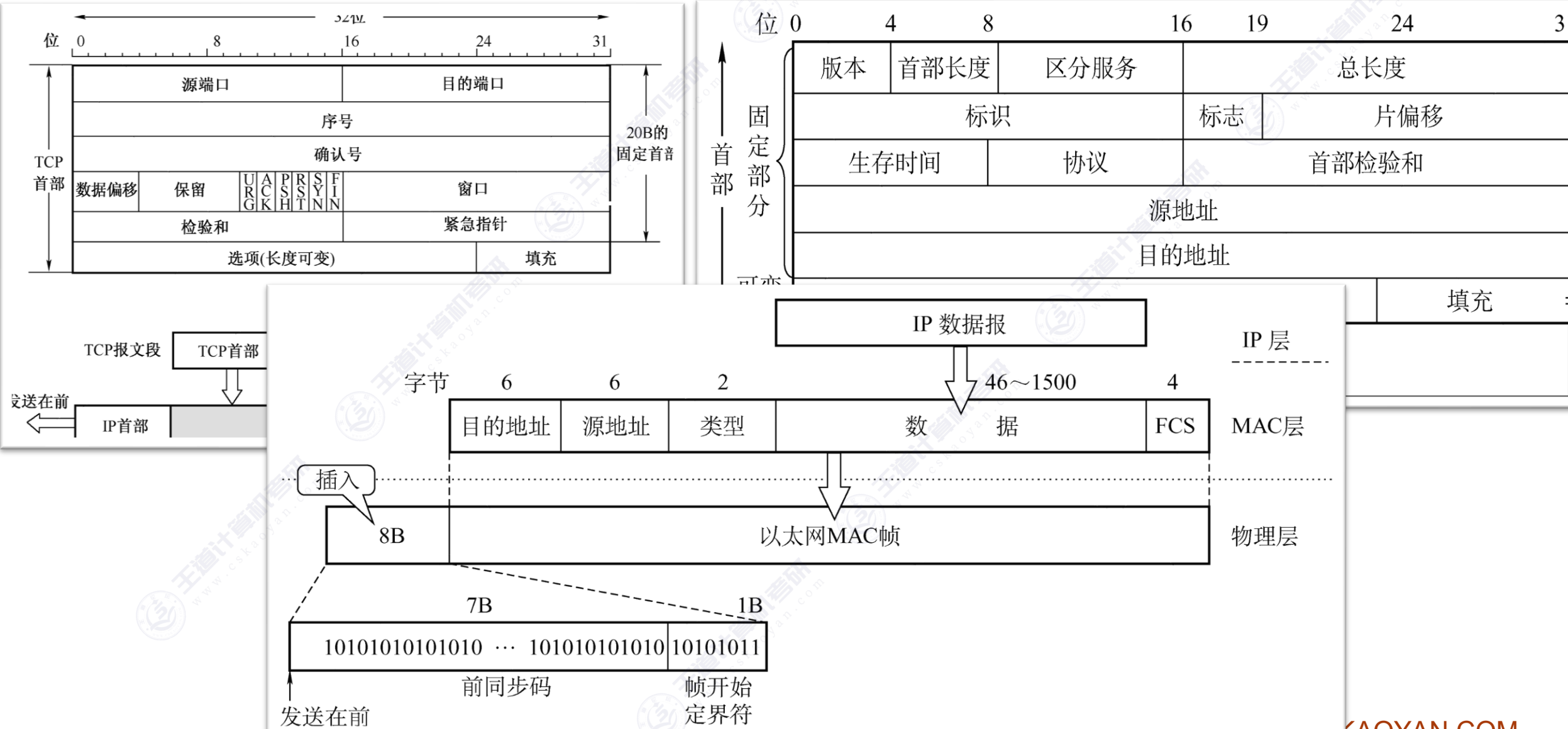


# TCP报文段、IP分组、MAC帧



MAC帧首部+尾部=18B，数据部分为46B~1500B

# TCP报文段、IP分组、MAC帧





## 附：各报文段需要记忆的内容

★	HTTP报文	HTTP报文分为请求报文&响应报文 请求报文： 1.请求行：请求方法（常用get/post）、请求URL、HTTP协议版本 2.首部行 3.请求体/实体主体 响应报文： 1.状态行 2.响应头部 3.响应体
★★	UDP数据报	1.首部8B，由4个字段组成（都是2B） 2.长度字段包括首部+数据部分 3.检验和检验首部+数据部分（可选）
★★★	TCP报文段	1.首部固定部分为20B，最大值为60B（和IP分组一样） 2.源端口和目的端口各占2B 3.序号（本报文段第一个字节的序号）和确认号（期望收到下一个的序号）各占4B 4.数据偏移=首部长（4B整数倍） 5.确认位ACK、同步位SYN、终止位FIN什么时候为0/1 6.窗口字段表示允许对方发送的数据量（流量控制用）
★★★★	IP分组	1.首部固定部分为20B，首部最大值为60B 2.总长度（1）+片偏移的单位（8）+首部长（4）（“一种八片首饰”） 3.标志位MF和DF在分片时的取值 4.生存时间TTL，经过一个路由器减去1，直到为0 5.首部校验和字段只校验首部 6.源地址和目的地址字段长度都为4B
★★★★	MAC帧	1.前同步码8B 2.MAC地址长度6B 3.数据长度为46-1500B，首部和尾部是18B，因此最短帧长64B。



# 计算机网络中非常重要的3个表

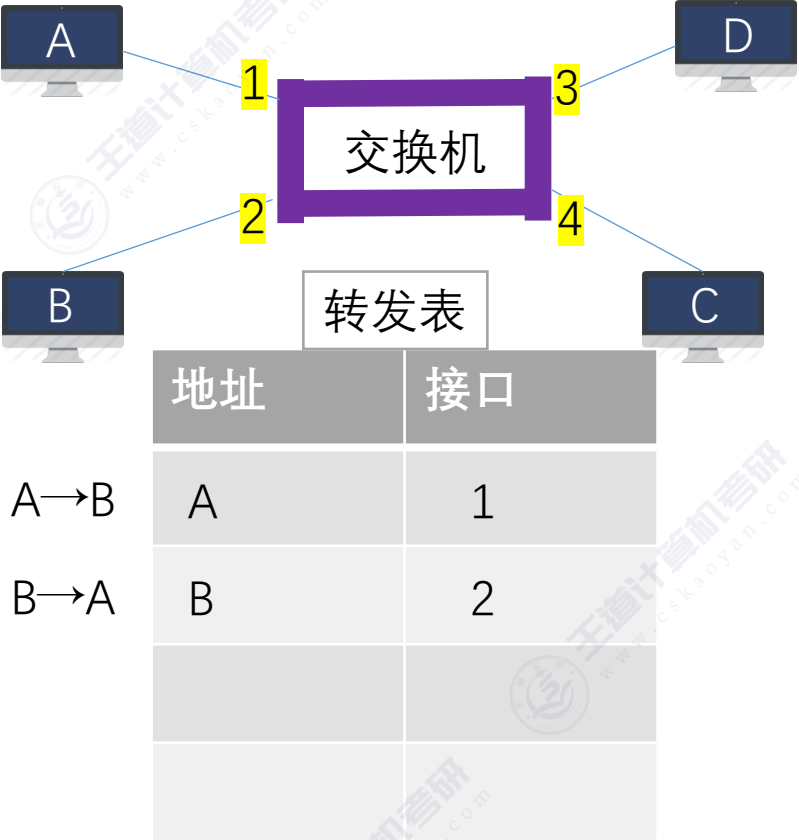
- ✓ 转发表（二层设备：交换机）
- ✓ ARP表（三层设备：主机、路由器）
- ✓ 路由表（三层设备：主机、路由器）

我摸着良心说话



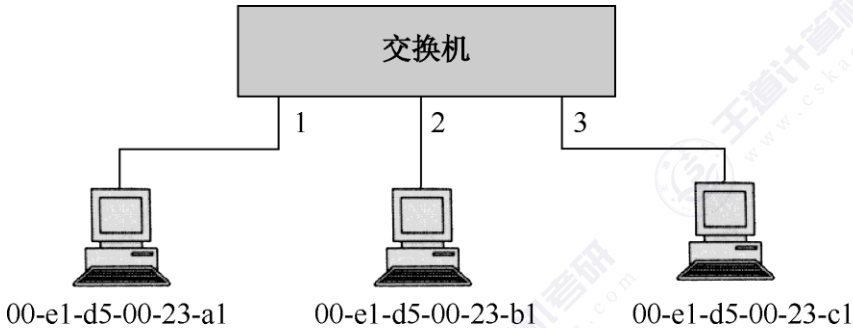


# 交换机的自学习功能



# 转发表建立过程——交换机

【2014联考真题】某以太网拓扑及交换机当前转发表如下图所示，主机00-e1-d5-00-23-a1向主机00-e1-d5-00-23-c1发送1个数据帧，主机00-e1-d5-00-23-c1收到该帧后，向主机00-e1-d5-00-23-a1发送1个确认帧，交换机对这两个帧的转发端口分别是\_\_\_\_\_。

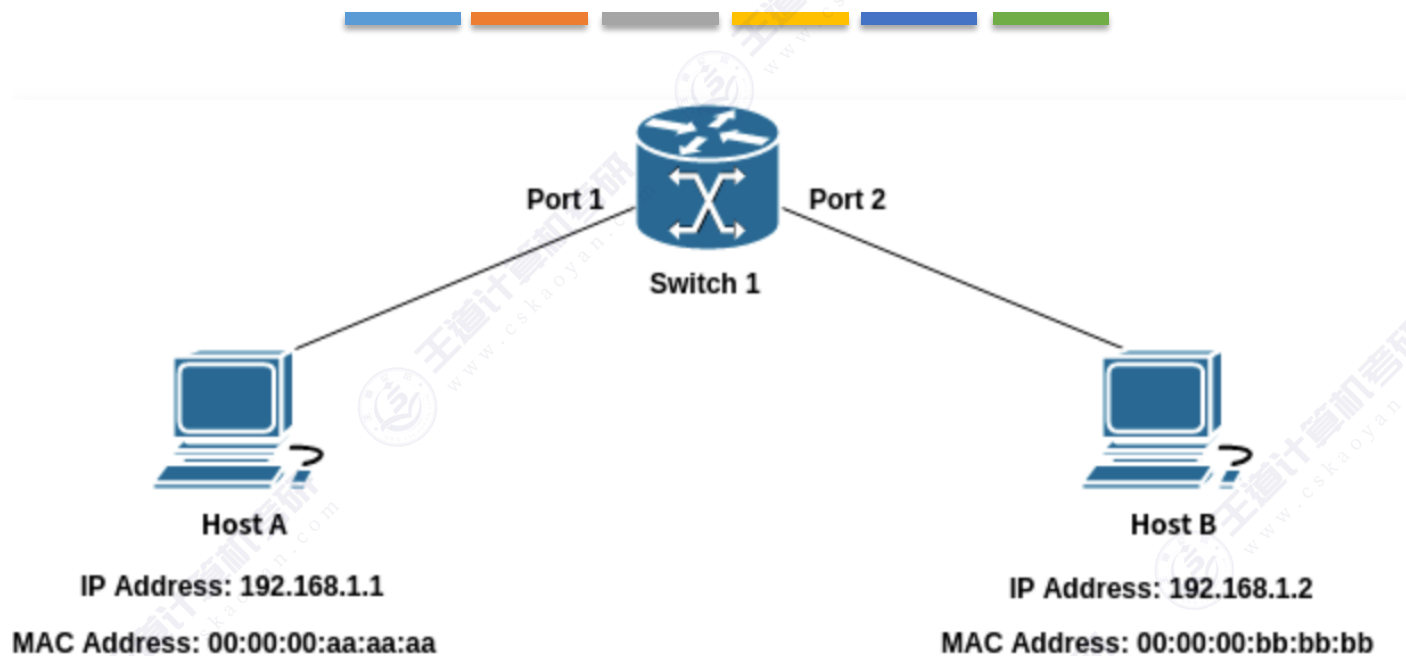


目的地址	端口
00-e1-d5-00-23-b1	2

- A. {3}和{1}    B. {2, 3}和{1}    C. {2, 3}和{1, 2}    D. {1, 2, 3}和{1}



# ARP表建立过程



检查**ARP高速缓存**，有对应表项则写入MAC帧，没有则用目的MAC地址为FF-FF-FF-FF-FF-FF的帧封装并**广播ARP请求分组**，**同一局域网中**所有主机都能收到该请求。目的主机收到请求后就会向源主机**单播一个ARP响应分组**，源主机收到后将此映射**写入ARP缓存**（10-20min更新一次）。

# 路由表建立过程

路由表

	目的网络IP地址	子网掩码	下一跳IP地址	接口
默认路由	0.0.0.0	0.0.0.0		

路由表建立方法：1.静态路由 2.动态路由（RIP、OSPF...）



# 计网大题

## 链路层(2)

- GBN
  - 帧顺序
  - 信道利用率
- CSMA/CD
  - 检测到冲突的时间
  - 有效数据传输率

协议流程

## 网络层(5)

- 地址问题
  - 子网划分
    - 定长子网划分
    - 变长子网划分
  - 路由聚合 (构造路由表)
- 报文段问题
  - 数据报分片
- 路由问题
  - 路由选择与转发 (选接口+能收到数据报的设备)
  - 路由协议

路由选择与转发  
地址划分与聚合

## 混合层(8)

- 网络层+链路层
  - 网络拓扑+mac帧
  - 设备选择
  - 重要协议
- 网络层+传输层
  - 网络拓扑+TCP (过程+报文段)
  - 数据报报文+TCP段
- 网络层+应用层 (+链路层)
  - 报文字段+应用层应用 (Web)

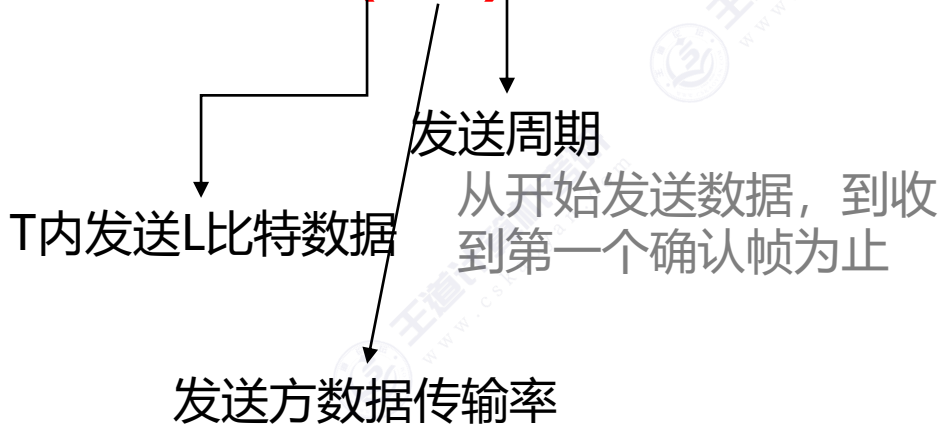
协议流程  
报文段 (字段、地址)



## 停等协议应用

发送方在一个发送周期内，有效地发送数据所需要的时间占整个发送周期的比率。

$$\text{信道利用率} = (L/C)/T$$



信道吞吐率 = 信道利用率 \* 发送方的发送速率

例题：一个信道的数据传输率为4kb/s，单向传播时延为30ms，如果使停止-等待协议的信道最大利用率达到80%，要求的数据帧长度至少为（ ）。

$$\begin{aligned} 80\% &= \frac{L/4}{L/4 + 2 \times 30\text{ms}} \\ &= \frac{L}{L + 2 \times 30\text{ms} \times 4\text{kb/s}} \\ L &= 960\text{bit} \end{aligned}$$





## 后退N帧协议

上层要发送数据时，发送方先检查发送窗口是否已满，如果**未**满，则产生一个帧并将其发送；如果**窗口已满**，发送方只需将数据返回给上层，暗示上层窗口已满。上层等一会再发送。（实际实现中，发送方可以缓存这些数据，窗口不满时再发送帧）。

GBN协议中，对n号帧的确认采用**累积确认**的方式，标明接收方已经收到n号帧和它之前的全部帧。

协议的名字为后退N帧/回退N帧，来源于出现丢失和时延过长帧时发送方的行为。就像在停等协议中一样，定时器将再次用于恢复数据帧或确认帧的丢失。如果出现超时，发送方重传所有已发送但未被确认的帧。

若采用n个比特对帧编号，那么发送窗口的尺寸 $W_T$  应满足： $1 \leq W_T \leq 2^n - 1$ 。



## 选择重传协议 (SR)

从上层收到数据后，SR发送方检查下一个可用于该帧的序号，如果序号位于发送窗口内，则发送数据帧；否则就像GBN一样，要么将数据**缓存**，要么**返回给上层**之后再传输。

如果收到ACK，加入该帧序号在窗口内，则SR发送方将那个被确认的帧标记为已接收。如果该帧序号是窗口的下界（最左边第一个窗口对应的序号），则窗口向前移动到具有最小序号的未确认帧处。如果窗口移动了并且有序号在窗口内的未发送帧，则发送这些帧。



每个帧都有自己的定时器，一个超时事件发生后**只重传一个帧**。



## 选择重传协议 (SR)



数据链路层采用了选择重传 (SR) 协议，发送方已经发送了编号为0~3的帧。现已收到1号帧的确认，而0、2号帧依次超时，则发送方需要重传的帧数是 ( )。

- A. 2    B. 3    C. 4    D. 5

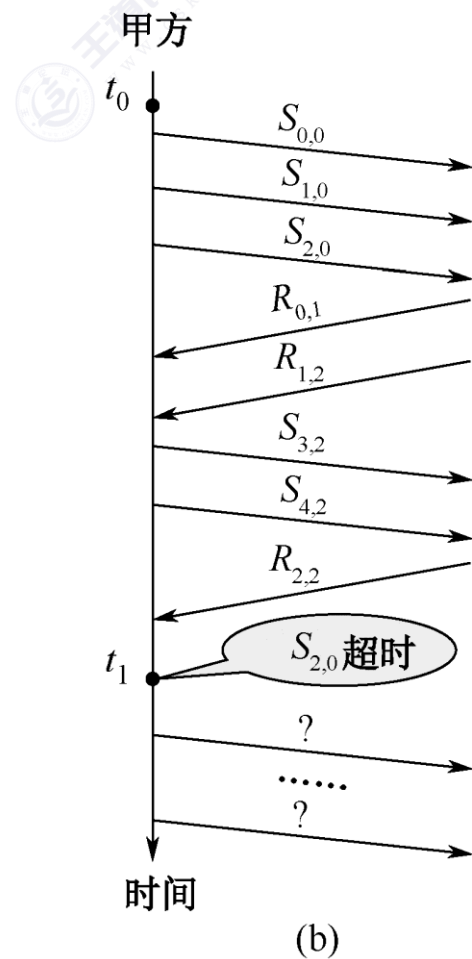
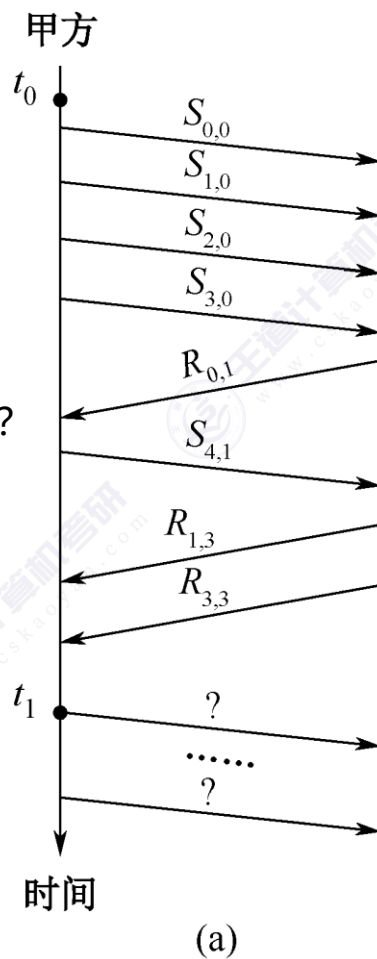
重新发送0、2号帧

## 后退N帧协议考研真题

【2017统考真题】甲乙双方均采用后退N帧协议（GBN）进行持续的双向数据传输，且双方始终采用捎带确认，帧长均为1000B。 $S_{x,y}$ 和 $R_{x,y}$ 分别表示甲方和乙方发送的数据帧，其中x是发送序号，y是确认序号（表示希望接收对方的下一帧序号），数据帧的发送序号和确认序号字段均为3比特。信道传输率为100Mb/s， $RTT = 0.96ms$ 。下图给出了甲方发送数据帧和接收数据帧的两种场景，其中 $t_0$ 为初始时刻，此时甲方的发送和确认序号均为0， $t_1$ 时刻甲方有足够多的数据待发送。

请回答下列问题。

- 1) 对于图(a)， $t_0$ 时刻到 $t_1$ 时刻期间，甲方可以断定乙方已正确接收的数据帧数是多少？正确接收的是哪几个帧（请用 $S_{x,y}$ 形式给出）？
- 2) 对于图(a)，从 $t_1$ 时刻起，甲方在不出现超时且未收到乙方新的数据帧之前，最多还可以发送多少个数据帧？其中第一个帧和最后一个帧分别是哪个（请用 $S_{x,y}$ 形式给出）？
- 3) 对于图(b)，从 $t_1$ 时刻起，甲方在不出现新的超时且未收到乙方新的数据帧之前，需要重发多少个数据帧？重发的第一个帧是哪个帧（请用 $S_{x,y}$ 形式给出）？
- 4) 甲方可以达到的最大信道利用率是多少？



分母=从发送第一个帧开始到收到第一个确认帧为止的时间



# CSMA/CD协议

## 载波监听多点接入/碰撞检测CSMA/CD (carrier sense multiple access with collision detection)

多点接入说明是总线型网络，计算机以多点接入的方式连接在一根总线上，协议的实质是“载波监听”和“碰撞检测”。

载波监听就是利用电子技术检测总线上有没有其他计算机也在发送。载波监听实际上就是检测信道。在发送前，每个站不停地检测信道，是为了获得发送权；在发送中检测信道，是为了及时发现有没有其他站的发送和本站发送的碰撞，这就是碰撞检测。总之，载波监听是全程都在进行的。

碰撞检测就是边发送边监听。就是网卡边发送数据边检测信道上的信号电压的变化情况，以便判断自己在发送数据的时候其他站是否也在发送数据。当几个站同时在总线上发送数据时，总线上的信号电压变化幅度将会增大（互相叠加），当网卡检测到的信号电压超过一定的门限值时，说明总线上至少有两个站同时在发送数据，表明产生了碰撞（冲突），所以也称为冲突检测。这时，由于接收的信号已经识别不出来，所以任何一个正在发送的站就会立即停止发送数据，然后等待一段随机事件以后再次发送。

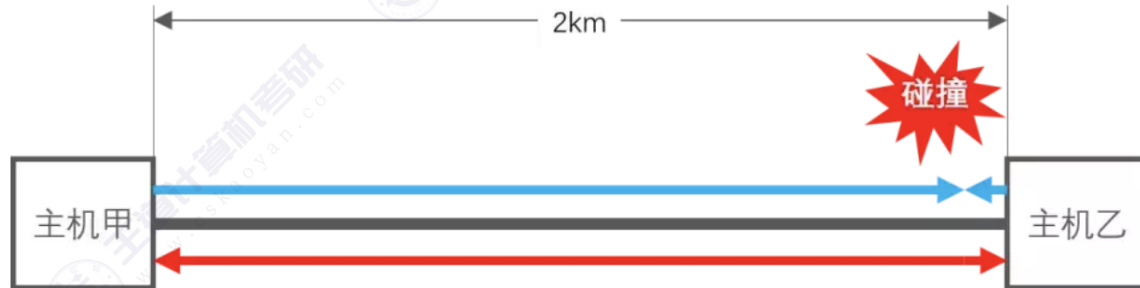
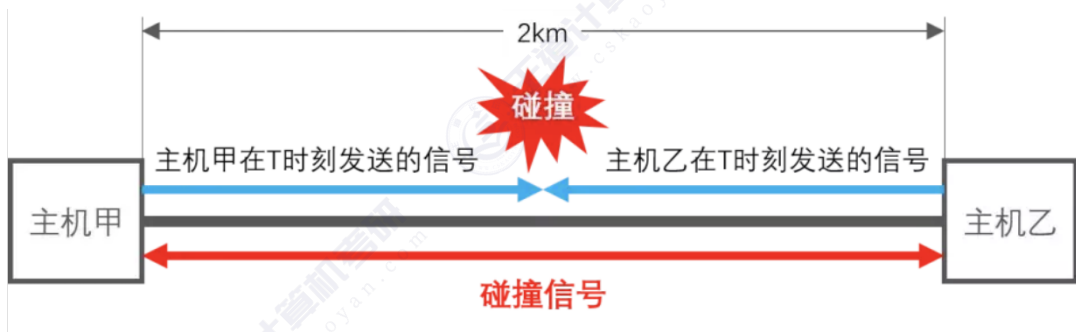
传播时延对碰撞检测的影响：

因为网卡只有在接收到电压幅度不正常的信号以后才能判断是否产生了冲突，所以它在接收到信号之前会认为信道是空闲的。

## 计算机网络考研真题

【2010统考真题】某局域网采用CSMA/CD协议实现介质访问控制，数据传输率为10Mb/s，主机甲和主机乙之间的距离是2km，信号传播速率是200000km/s。请回答下列问题，要求说明理由或写出计算过程。

- 1) 若主机甲和主机乙发送数据时发生冲突，则从开始发送数据的时刻起，到两台主机均检测到冲突为止，最短需要经过多长时间？最长需要经过多长时间（假设主机甲和主机乙在发送数据的过程中，其他主机不发送数据）？
- 2) 若网络不存在任何冲突与差错，主机甲总是以标准的最长以太网数据帧（1518字节）向主机乙发送数据，主机乙每成功收到一个数据帧后立即向主机甲发送一个64字节的确认帧，主机甲收到确认帧后方可发送下一个数据帧。此时主机甲的有效数据传输率是多少（不考虑以太网的前导码）？





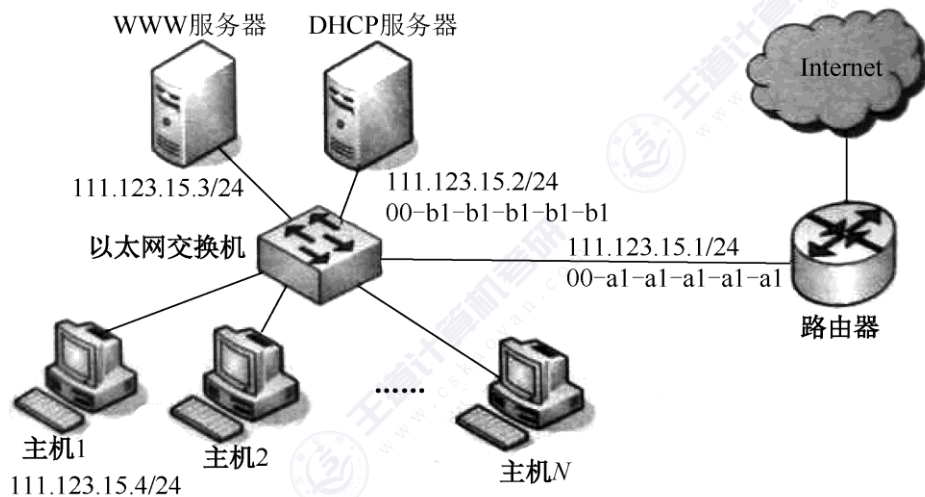


# 计算机网络考研真题

【2015统考真题】某网络拓扑如下图所示，其中路由器内网接口、DHCP服务器、WWW服务器与主机1均采用静态IP地址配置，相关地址信息见图中标注；主机2~主机N通过DHCP服务器动态获取IP地址等配置信息。

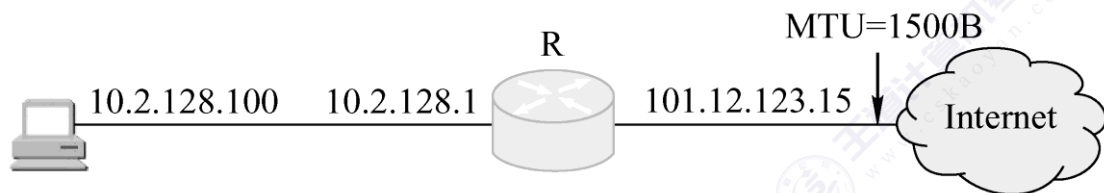
回答下列问题：

- 1) DHCP服务器可为主机2~N动态分配IP地址的最大范围是什么？  
主机2使用DHCP获取IP地址的过程中，发送的封装DHCP Discover报文的IP分组的源IP地址和目的IP地址分别是多少？
- 2) 若主机2的ARP表为空，则该主机访问Internet时，发出的第一个以太网帧的目的MAC地址是什么？封装主机2发往Internet的IP分组的以太网帧的目的MAC地址是什么？
- 3) 若主机1的子网掩码和默认网关分别配置为255.255.255.0和111.123.15.2，则该主机是否能访问WWW服务器？是否能访问Internet？请说明理由。



## 计算机网络考研真题

【2011统考真题】某主机的MAC地址为00-15-C5-C1-5E-28，IP地址为10.2.128.100（私有地址）。题47-a图是网络拓扑，题47-b图是该主机进行Web请求的1个以太网数据帧前80B的十六进制及ASCII码内容。



比特	0	8	16	24	31
<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>					

```
0000 00 21 27 21 51 ee 00 15 c5 c1 5e 28 08 00 45 00  .!!Q... ..^(..E.
0010 01 ef 11 3b 40 00 80 06 ba 9d 0a 02 80 64 40 aa  ....: @... ..d@.
0020 62 20 04 ff 00 50 e0 e2 00 fa 7b f9 f8 05 50 18  b ...P.. ..{ ...P.
0030 fa f0 1a c4 00 00 47 45 54 20 2f 72 66 63 2e 68  ....GE T /rfc.h
0040 74 6d 6c 20 48 54 54 50 2f 31 2e 31 0d 0a 41 63  tml HTTP
/1.1..Ac
```

请参考图中的数据回答以下问题。

- (1) Web服务器的IP地址是什么？该主机的默认网关的MAC地址是什么？
- (2) 该主机在构造题47-b图的数据帧时，使用什么协议确定目的MAC地址？封装该协议请求报文的以太网帧的目的MAC地址是什么？
- (3) 假设HTTP/1.1协议以持续的非流水线方式工作，一次请求-响应时间为RTT，rfc.html页面引用了5个JPEG小图像，则从发出题47-b图中的Web请求开始到浏览器收到全部内容为止，需要多少个RTT？
- (4) 该帧所封装的IP分组经过路由器R转发时，需修改IP分组头中的哪些字段？