

第一章概述 习题

1、你的上下行速率是多少？在这个网站上测一下吧。

<https://www.speedtest.net>

2、与全球平均速率对比一下。

<https://www.speedtest.net/global-index>

3、你的家庭接入网是什么样的网络拓扑？

4、你家使用的是哪种接入方式？

第二章应用层 习题

浏览器请求一个 Web 页面，其 HTML 文件引用了 8 个对象。HTML 文件与对象均很小，忽略发送时间。不考虑 DNS 解析和缓存，在下列情况下，从 Web 页面被点击到接收完 HTML 文件和全部对象需要多少时间？设浏览器与服务器的时延为 RTT。

1、没有并行 TCP 连接的非持续 HTTP。

解： $2RTT * 9$

每个对象包括 HTML 文件均需要 2RTT，一个 RTT 是用来建立 TCP 连接，一个 RTT 是用来请求和接收对象。

2、配置有 5 个并行连接的非持续 HTTP。

解： $2RTT + 2 * 2RTT$

考虑到并行，8 除以 5 上取整为 2，因此加上 2 个 2RTT。

3、持续 HTTP(流水线)。

解： $2RTT + RTT$

传输完 HTML 文件以后，连接保持，后续的 8 个对象继续使用该连接。考虑到忽略发送时间的流水线方式。

第三章传输层 习题

1、两个主机之间的距离是 L 千米，帧长为 K 比特，单位距离的传播时延为 t 秒/千米，它们之间的信道容量为 R 比特/秒，假设处理时延和确认帧的传输时延可以忽略，那么当使用流水线协议时，使得信道利用率最大化的分组数是()。

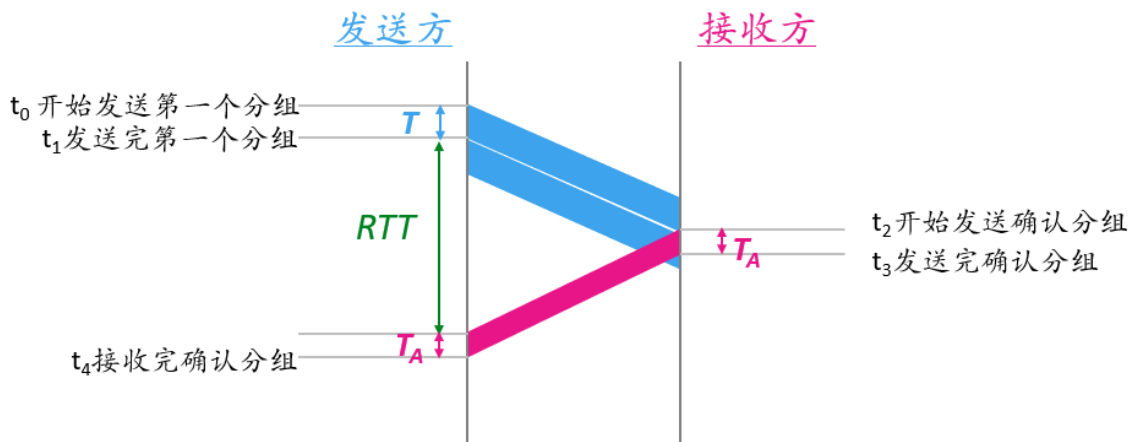
- A. $\frac{2LtR+K}{K}$
 B. $\frac{2LtR}{K}$
 C. $\frac{2LtR+2K}{K}$
 D. $\frac{2LtR+K}{2K}$

解：A

$T=K/R$ 单位秒， $RTT=2Lt$ 单位秒， $T_A=0$

信道利用率 $= \frac{nT}{T+RTT+T_A} = \frac{nK/R}{K/R+2Lt}$ ，其中 n 是分组个数。

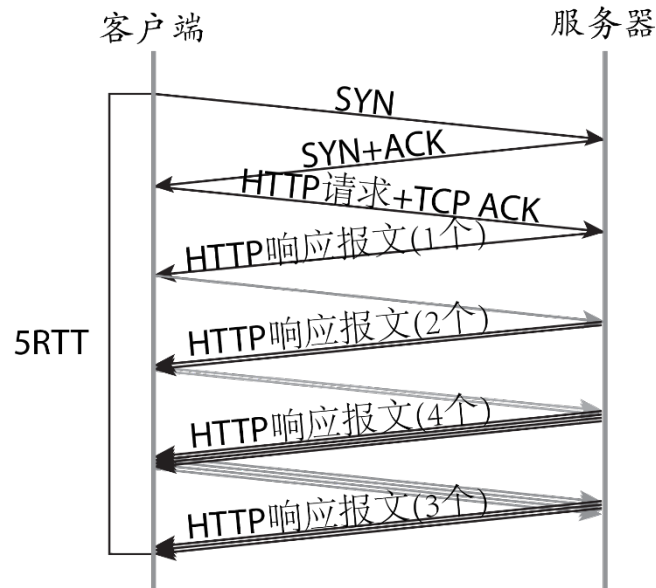
信道利用率随 n 增大，但最大为 1。所以由 $\frac{nK/R}{K/R+2Lt} = 1$ 求出的 n 就是使得信道利用率最大化的分组数。



2、假定一个客户端从一个 HTTP 服务器上获取一个对象，传输层使用 TCP Reno 协议。已知客户端已经完成了域名解析，忽略客户端接收窗口的影响。

如果该对象需要 10 个 MSS 才能够传输完，那么从该客户端发起连接到它收到该文件需要几个 RTT，说明理由？假定初始拥塞窗口为 1MSS，并且整个传输中没有丢包。

解：



3、【2018 年考研 33 题】下列 TCP/IP 应用层协议中，可以使用传输层无连接服务的是

- A. FTP
- B. DNS
- C. SMTP
- D. HTTP

解：B

4、【2018 年考研 36 题】主机甲采用停-等协议向主机乙发送数据，数据传输速率是 3kbps，单向传播延时是 200ms，忽略确认帧的传输延时。当信道利用率等于 40%时，数据帧的长度为

- A. 240 比特
- B. 400 比特
- C. 480 比特
- D. 800 比特

解：D

5、【2018 年考研 39 题】UDP 协议实现分用（demultiplexing）时所依据的头部字段是

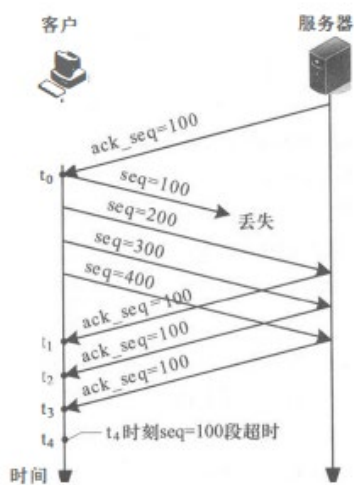
- A. 源端口号
- B. 目的端口号
- C. 长度
- D. 校验和

解：B

6、【2019 年考研 38 题】某客户通过一个 TCP 连接向服务器发送数据的部分过程如图所示，客户在 t_0 时刻第一次收到确认序号 $\text{ack_seq} = 100$ 的段，并发送序列号 $\text{seq} = 100$ 的段，但发生丢失。若 TCP 支持快速重传，则客户重新发送 $\text{seq} = 100$ 段的时刻是

- A. t_1
- B. t_2
- C. t_3
- D. t_4

解：C



题 38 图

7、【2019 年考研 39 题】若主机甲主动发起一个与主机乙的 TCP 连接，甲、乙选择的初始序号分别为 2018 和 2046，则第三次握手 TCP 段的确认序号是

- A. 2018
- B. 2019
- C. 2046
- D. 2047

解：D

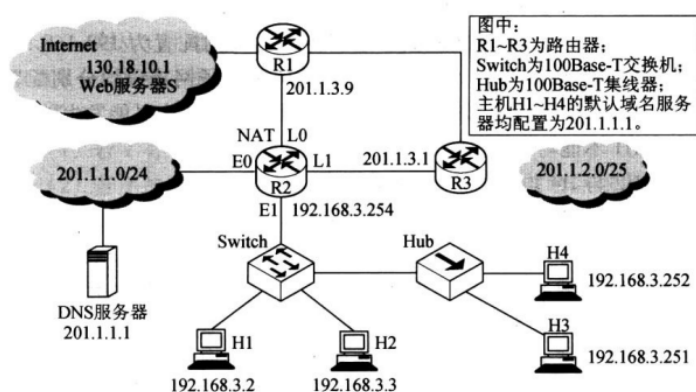
8、【2017 年考研 39 题】若甲向乙发起一个 TCP 连接，最大段长 $MSS=1\text{ KB}$ ， $RTT=5\text{ ms}$ ，乙开辟的接收缓存为 64 KB ，则甲从连接建立成功至发送窗口达到 32 KB ，需经过的时间至少是

- A. 25 ms B. 30 ms C. 160 ms D. 165 ms

解：A

第 n 个 RTT	1	2	3	4	5	6
起始时拥塞窗口 cwnd	1	2	4	8	16	32
起始时接收窗口 rwnd	64	63	61	57	49	33
起始时发送窗口 $\min\{cwnd, rwnd\}$	1	2	4	8	16	32

9、【2016 年考研 41 题】假设题 33~41 图中的 H3 访问 Web 服务器 S 时，S 为新建的 TCP 连接分配了 $20\text{ KB}(K=1024)$ 的接收缓存，最大段长 $MSS=1\text{ KB}$ ，平均往返时间 $RTT=200\text{ ms}$ 。H3 建立连接时的初始序号为 100，且持续以 MSS 大小的段向 S 发送数据，拥塞窗口初始阈值为 32 KB ；S 对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定 TCP 连接建立完成后，S 端的 TCP 接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。



题33~41图

- (1) 在 TCP 连接建立过程中，H3 收到的 S 发送过来的第二次握手 TCP 段的 SYN 和 ACK 标志位的值分别是多少？确认序号是多少？
- (2) H3 收到的第 8 个确认段所通告的接收窗口是多少？此时 H3 的拥塞窗口变为多少？H3 的发送窗口变为多少？

(3) 当 H3 的发送窗口等于 0 时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3 从发送第 1 个数据段到发送窗口等于 0 时刻为止，平均数据传输速率是多少（忽略段的传输延时）？

(4) 若 H3 与 S 之间通信已经结束，在 t 时刻 H3 请求断开该连接，则从 t 时刻起，S 释放该连接的最短时间是多少？

解：

(1) 知识点：TCP 连接建立

第二次握手 TCP 段的 SYN 和 ACK 标志位的值均为 1，确认序号是 101。

(2) 知识点：流量控制：接收方根据接收缓存计算接收窗口 rwnd，将其放在 TCP 首部随数据发给发送方

H3 收到的第 8 个确认段所通告的接收窗口是 $20-8=12$ KB，原因是 S 收到了 8 个数据帧。

知识点：

拥塞控制：慢启动阶段，每收到一个 ACK，拥塞窗口增加一个 MSS。

拥塞窗口的初始值默认为 1 个 MSS。

因为 $ssthresh=32$ KB，所以此时拥塞控制仍然处于“慢启动”阶段，该阶段，cwnd 增加的特点是：每收到一个确认段，cwnd 加 1 MSS，即 1 KB。例如，收到第一个确认段时， $cwnd=1+1=2$ KB；收到第二个确认段时， $cwnd=2+1=3$ KB；依次类推，收到第八个确认段时， $cwnd=8+1=9$ KB。

知识点：

发送窗口 = $\min(\text{拥塞窗口}, \text{接收窗口})$

H3 的发送窗口取接收窗口和拥塞窗口两者中小的值，即 $\min\{cwnd, rwnd\} = 9$ KB。

注意，这里的确认段不包括建立连接时的。题目没有说，默认 cwnd 的初始值是一个 MSS。

(3) 当 H3 的发送窗口等于 0 时，下一个待发送的数据段序号是多少？

知识点：

发送窗口 = $\min(\text{拥塞窗口}, \text{接收窗口})$

TCP 数据段序号单位是字节

H3 的发送窗口为 0，意味着 S 接收缓存为 0，说明 S 已收到了 20KB 的数据。注意，TCP 序号是基于字节流的。

$$101 + 20 * 1024 = 20581。$$

H3 从发送第 1 个数据段到发送窗口等于 0 时刻为止，平均数据传输速率是多少？

(忽略段的传输延时)

这段时间内，H3 累计发送了 20 KB 数据。

这段时间的时长是 5 RTT。（原因见下面的分析）

$$\text{因此，} 20 \text{ KB} / (5 * 200 \text{ ms}) = 20 \text{ KB/s}$$

分析传输时长需要综合运用以下知识点：

拥塞控制：慢启动阶段，每收到一个 ACK，拥塞窗口增加一个 MSS；

拥塞避免阶段，一个 RTT 周期，拥塞窗口增加一个 MSS。

流量控制：每收到一个 MSS，接收窗口（缓存）减去一个 MSS。

发送窗口 = min(拥塞窗口，接收窗口)

单位: MSS 或 KB ↓	第 n 个 RTT →	i	i+1
起始时拥塞窗口 cwnd		cwnd(i)	慢启动阶段: $\text{cwnd}(i+1) = \text{cwnd}(i) + \text{swnd}(i)$
			拥塞避免阶段: $\text{cwnd}(i+1) = \text{cwnd}(i) + 1$
起始时接收窗口 rwnd		rwnd(i)	$\text{rwnd}(i+1) = \text{rwnd}(i) - \text{swnd}(i)$
起始时发送窗口 $\text{swnd} = \min\{\text{cwnd}, \text{rwnd}\}$		swnd(i)	$\text{swnd}(i+1) = \min\{\text{cwnd}(i+1), \text{rwnd}(i+1)\}$

第 n 个 RTT	1	2	3	4	5	6
起始时拥塞窗口 cwnd (单位: MSS 或 KB)	1	2	4	8	16	21
起始时接收窗口 rwnd	20	19	17	13	5	0
起始时发送窗口 $\min\{\text{cwnd}, \text{rwnd}\}$	1	2	4	8	5	0

(4) 若 H3 与 S 之间通信已经结束，在 t 时刻 H3 请求断开该连接，则从 t 时刻起，S 释放该连接的最短时间是多少？

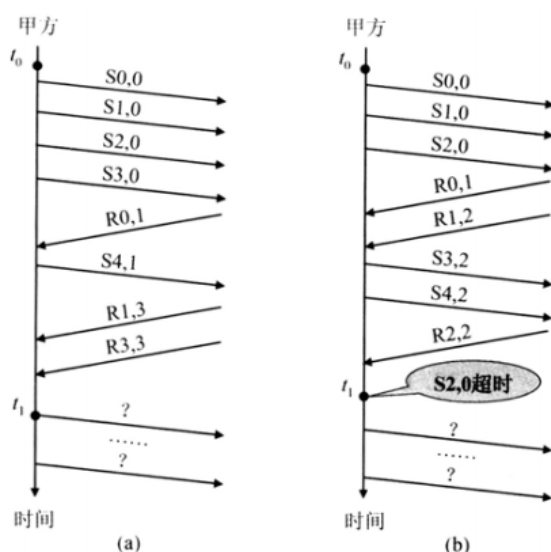
知识点：

释放连接

$$1.5 \text{ RTT} = 300 \text{ ms.}$$

注意，这里不考虑 S 与 H3 同时发起拆除连接 (FIN) 请求的情况。

10、【2017 年考研 47 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 1000 B。Sx, y 和 Rx, 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。信道传输速率为 100 Mbps，RTT=0.96 ms。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 t0 为初始时刻，此时甲方的发送和确认序号均为 0，t1 时刻甲方有足够的待发送数据。



请回答下列问题。

- (1)对于图(a)， t0 时刻到 t1 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 Sx, y 形式给出)？
- (2)对于图(a)，从 t1 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 Sx, y 形式给出)？
- (3)对于图(b)，从 t1 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(请用 Sx, y 形式给出)？
- (4)甲方可以达到的最大信道利用率是多少？

解：

GBN 的窗口最大是序号空间容量减一。

分析图 a，蓝色表示发送窗口的范围。

	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1
S0, 0	发送									
S1, 0		发送								
S2, 0			发送							
S3, 0				发送						
R0, 1	确认									
S4, 1					发送					
R1, 3		确认	确认							
R3, 3			重复 确认							

(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3。正确接收的是 S0, 0; S1, 0; S2, 0。

(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5个数据帧。其中第一个帧和最后一个帧分别是 S5, 2 和 S1, 2。

分析图 b，蓝色表示发送窗口的范围。

	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1
S0, 0	发送									
S1, 0		发送								
S2, 0			发送							
R0, 1	确认									
R1, 2		确认								
S3, 2				发送						

S4, 2				发送					
R2, 2	重复 确认								

(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3个数据帧。重发的第一个帧 S2, 3。

(4)甲方可以达到的最大信道利用率是 $0.08 * 7 / (0.96 + 0.08 * 2) = 7/14 = 50\%$ 。

帧传输时间 $t = 1000 * 8 / 100 \text{ us} = 80 \text{ us} = 0.08 \text{ ms}$

最大信道利用率 = 窗口 * t / 一个传输周期的时间

= 窗口 * t / (接收完第一个确认帧的时刻 -- 开始发送第一帧的时刻)

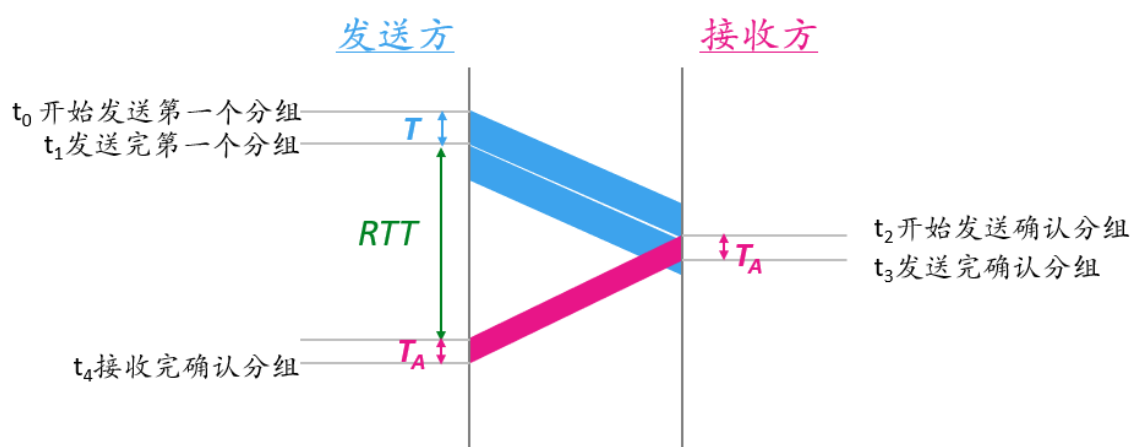
= 窗口 * t / ($RTT + 2 * t$)

注意, 这里分母出现二是因为题目说“双方始终采用捎带确认”。所以确认帧的传输时间和数据帧的一样。

= $7 * t / (RTT + 2 * t)$

= $7 * 0.08 / (0.96 + 0.08 * 2)$

= 50%



第四章 网络层

1、假设 IPv4 数据报长度为 1500 字节，用 TCP 发送一个 5MB 的文件需要（ ）个 IP 分组。假定所有协议不使用选项，只使用固定长度的头部。(1M=10⁶)

- A. 3334
- B. 3379
- C. 3425
- D. 3473

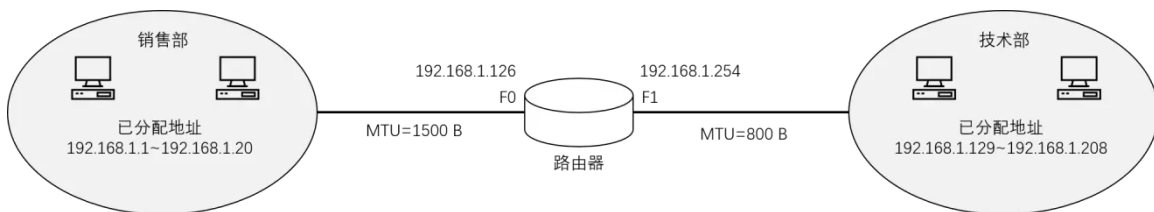
解：C

2、【2018 年考研 38 题】某路由表中有转发接口相同的 4 条路由表项，其目的网络地址分别为 35.230.32.0/21、35.230.40.0/21、35.230.48.0/21 和 35.230.56.0/21，将该 4 条路由聚合后的目的网络地址为

- A. 35.230.0.0/19
- B. 35.230.0.0/20
- C. 35.230.32.0/19
- D. 35.230.32.0/20

解：C

3、【2018 年考研 47 题】某公司网络如题 47 图所示。IP 地址空间 192.168.1.0/24 被均分给销售部和技术部两个子网，并已分别为部分主机和路由器接口分配了 IP 地址，销售部子网的 MTU=1500 B，技术部子网的 MTU=800 B。请回答下列问题。



1) 销售部子网的广播地址是什么？技术部子网的子网地址是什么？若每个主机仅分配一个 IP 地址，则技术部子网还可以连接多少台主机？

解：

销售部子网的广播地址是 192.168.1.127

技术部子网的子网地址是 192.168.1.128/25

若每个主机仅分配一个 IP 地址，则技术部子网还可以连接 45 台主机。

技术部子网有 128 个地址，除去全 0（网络地址），全 1（广播地址），可分配地址是 126 个。已经分配了 80 个给主机，一个给路由器接口，还剩 $126 - 80 - 1 = 45$ 个。

2) 假设主机 192.168.1.1 向主机 192.168.1.208 发送一个总长度为 1500 B 的 IP 分组，IP 分组的头部长为 20 B，路由器在通过接口 F1 转发该 IP 分组时进行了分片。若分片时尽可能分为最大片，则一个最大 IP 分片封装数据的字节数是多少？至少需要分为几个分片？每个分片的片偏移量是多少？

解：

1500 B 的 IP 分组包含 20 B 头部和 1480 B 数据。MTU 为 800 B，意味着数据部分最长为 $800 - 20 = 780$ B。但是这里要注意的是，因为片偏移的计算方法是数据字节数 / 8 字节， $780 / 8 = 97.5$ ，出现了无法整除的情况，所以需要调整数据长度，使其为 8 字节的整数倍，即 $97 * 8 = 776$ B。那么 1480 B 的数据就被分成了两份，一份 776 B，另一份 704 B。

一个最大 IP 分片封装数据的字节数为 776 B。

至少需要分为两个分片。

每个分片的片偏移量为 0 和 97。

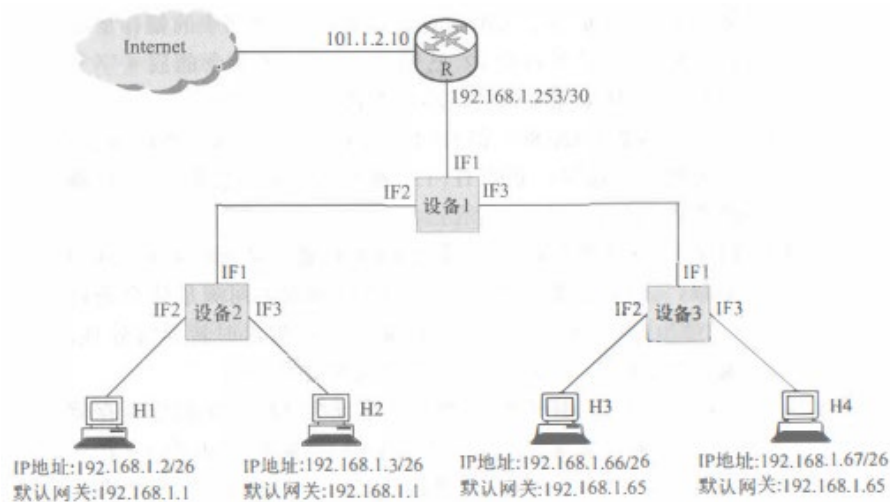
4、【2019 年考研 47 题】某网络拓扑如图所示，其中 R 为路由器，主机 H1-H4 的 IP 地址配置以及 R 的各接口 IP 地址配置如图所示。现在若干台以太网交换机（无 VLAN 功能）和路由器两类网络互连设备可供选择。请回答以下问题：

(1) 设备 1、设备 2 和设备 3 分别应选择什么类型网络设备？

(2) 设备 1、设备 2 和设备 3 中，哪几个设备的接口需要配置 IP 地址？并为对应的接口配置正确的 IP 地址。

(3) 为确保主机 H1-H4 能够访问 Internet，R 需要提供什么服务？

(4) 若主机 H3 发送一个目的地址为 192.168.1.127 的 IP 数据报，网络中哪几个主机会接收该数据报？



解：

(1) 设备 1、设备 2 和设备 3 分别应选择什么类型网络设备？

设备 1 为路由器，设备 2 和设备 3 为交换机。因为 H1 和 H2 属于同一个子网，H3 和 H4 属于同一个子网。R 与设备 1 相连的接口地址不属于前面两个子网。

(2) 设备 1、设备 2 和设备 3 中，哪几个设备的接口需要配置 IP 地址？并为对应的接口配置正确的 IP 地址。

设备 1 的接口需要 IP 地址。IF2 的地址应该是 192.168.1.1，因为这是 H1-H2 子网的网关。IF3 的地址是 192.168.1.65，因为这是 H3-H4 子网的网关。IF1 的地址是 192.168.1.254/30，因为这是该子网剩余可用的唯一 IP 地址。

(3) 为确保主机 H1-H4 能够访问 Internet，R 需要提供什么服务？

需要 NAT 服务。

(4) 若主机 H3 发送一个目的地址为 192.168.1.127 的 IP 数据报，网络中哪几个主机会接收该数据报？

192.168.1.127 是 H3-H4 网络的广播地址，所以只有 H4 会收到该广播数据报。

补充：

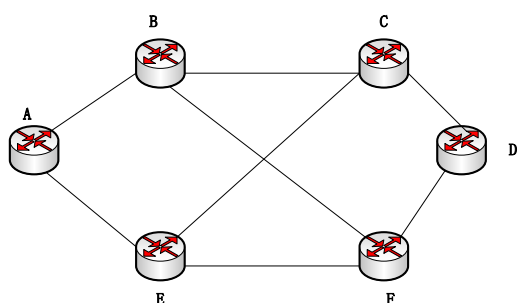
若主机 H3 发送一个 IP 数据报，其目的地址为 H1 和 H2 所属子网的网络地址，那么网络中哪几个主机会接收该数据报？答案是 H1 和 H2 会收到。这种情况下，路

由器会先将该 IP 数据报转发到目的子网，然后再进行广播。标准 RFC922

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc922> 对这种情况作了具体说明，见下图。

- Broadcast to all hosts on a remote hardware network: It is occasionally useful to send a broadcast to all hosts on a non-local network; for example, to find the latest version of a hostname database, to bootload a host on a subnet without a bootserver, or to monitor the timeservers on the subnet. This case is the same as local-network broadcasts; the datagram is routed by normal mechanisms until it reaches a gateway attached to the destination hardware network, at which point it is broadcast. This class of broadcasting is also known as "directed broadcasting", or quaintly as sending a "letter bomb" [1].

5、考虑如下图所示的采用基于距离-矢量的路由选择算法的子网。假设路由器 C 刚启动，并测得到它的邻接路由器 B、D 和 E 的时延分别是 4、5 和 6。此后，路由器 C 依次收到下列矢量：来自 D 的(10,8,5,0,8,9)、来自 E 的(7,5,3,7,0,3)以及来自 B 的(5,0,6,10,6,3)。上面的矢量表示的是发送该矢量的结点分别与结点 A、B、C、D、E、F 的延时。路由器在收到 3 个矢量之后的新路由表是什么？



解：

目的路由器	最短距离估计	下一跳路由器
A	$\min(4 + 5, 5 + 10, 6 + 7) = 9$	B
B	$\min(4 + 0, 5 + 8, 6 + 5) = 4$	B
C	0	--
D	$\min(4 + 10, 5 + 0,$	D

	$6 + 7) = 5$	
E	$\min(4 + 6,$ $5 + 8,$ $6 + 0) = 6$	E
F	$\min(4 + 3,$ $5 + 9,$ $6 + 3) = 7$	B

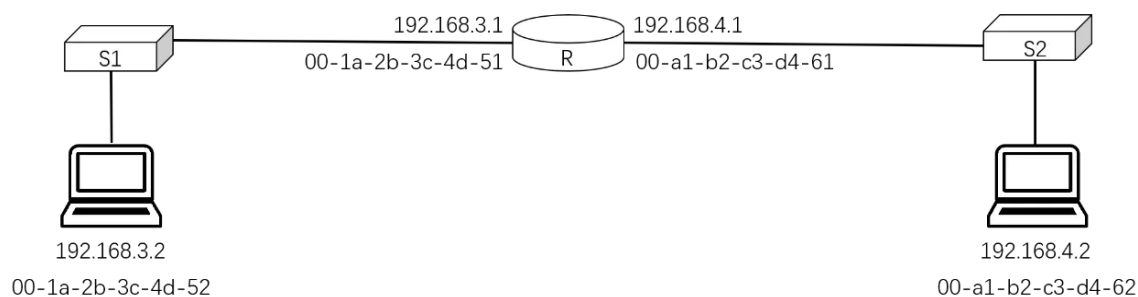
第五章 链路层

1、【2018 年考研 34 题】下列选项中，不属于物理层接口规范定义范畴的是

- A. 接口形状
- B. 引脚功能
- C. 物理地址
- D. 信号电平

解：C

2、【2018 年考研 37 题】路由器 R 通过以太网交换机 S1 和 S2 连接两个网络，R 的接口、主机 H1 和 H2 的 IP 地址与 MAC 地址如下图所示。



若 H1 向 H2 发送一个 IP 分组 P，则 H1 发出的封装 P 的以太网帧的目的 MAC 地址、H2 收到的封装 P 的以太网帧的源 MAC 地址分别是

- A. 00-a1-b2-c3-d4-62、00-1a-2b-3c-4d-52
- B. 00-a1-b2-c3-d4-62、00-1a-2b-3c-4d-61
- C. 00-1a-2b-3c-4d-51、00-1a-2b-3c-4d-52
- D. 00-1a-2b-3c-4d-51、00-a1-b2-c3-d4-61

解：D

3、【2019 年考研 36 题】假设一个采用 CSMA/CD 协议的 100Mbps 局域网，最小帧长是 128 B，则在一个冲突域内两个站点之间的单向传播延时最多是

- A. 2.56 us
- B. 5.12 us
- C. 10.24 us

D. 20.48 us

解： B

第六章 物理层

1、【2017 年考研 34 题】若信道在无噪声情况下的极限数据传输速率不小于信噪比为 30 dB 条件下的极限数据传输速率，则信号状态数至少是

- A. 4
- B. 8
- C. 16
- D. 32

解：D