

- 根据香农公式,在带宽为 6000HZ 的信道上用 2 秒钟发送 120kb 的数据块(无差错传输),信道上的信噪比应为多少分贝?(取整数)。  
答:由香农公式  $C = W \log_2(1+S/N)$  b/s, 可得:  
 $S/N = 2^{C/W} - 1 = 2^{10} - 1 = 1023$   
 $S/N(\text{db}) = 10 \lg(S/N) = 30\text{db}$
- 在无噪声情况下,若某通信链路的带宽为 3kHz,采用 4 个相位,每个相位具有 4 种振幅的 QAM 调制,则该通信链路的最大数据传输速率是多少?  
答:由奈奎斯特定理,最大数据传输速率  $= 2 W \log_2 V$  b/s  $= 2 \times 3000 \times \log_2(4 \times 4) = 2.4 \times 10^4$  b/s。
- CDMA 系统有 4 个站点(A、B、C、D),码片序列分别为: A: (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1); B: (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1); C: (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1); D: (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)。若某站收到 (-1 +1 -3 +1 -1 -3 +1 +1),则 C、D 站发送的二进制位是?  
答: C 站啥也没法送, D 站发 1。
- 要发送的数据为 1101011011,采用 CRC 检错技术(生成多项式为  $P(x)=x^4+x^3+1$ )  
1) 求添加上冗余码后所要发送的数据帧?  
2) 当数据帧在传输过程中出现 3 比特差错时,接受方有可能无法检验出该错误,请举例说明。  
答: 1) 11010110110100。  
2)  $P=11001$ ,  $P$  与所要发送的数据相加(GF(2)上的运算)得到的数据流是错 3 位,同时保证能够被  $P$  整除,进而导致接收方无法检测错误。实际上,所要发送的数据与  $N$  倍的  $P$  相加,前提是  $N$  倍的  $P$  是 3 个 1,都能逃避检测。
- 长度为 1km,数据传输率为 10Mbps 的 CSMA/CD 以太网,信号传播速度为 200m/us。试求能够使该网络正常运行的最小帧长?  
答:  
往返时延  $RTT = 2 \times 1000 \div (200 \times 10^6) = 10^{-5}$  s  
最小帧长  $= RTT \times 10\text{Mbps} = 10^{-5} \times 10^7 = 100$  比特。
- 设某路由器建立了如下路由表:现共收到 5 个分组,其目的地址分别为:(1) 128.96.39.1;(2)128.96.40.1;(3)128.96.40.10;(4)128.96.40.100;5)192.4.153.10。试分别计算其下一跳。

目的网络	子网掩码	下一跳
128.96.39.0	255.255.255.128	接口 m0
128.96.39.128	255.255.255.128	接口 m1
128.96.40.0	255.255.255.192	R2
128.96.40.1	255.255.255.255	R3

192.4.153.0	255.255.255.248	R4
0.0.0.0	0.0.0.0	R5

答：

(1) 128.96.39.1 与 255.255.255.128 进行逐位相与，得到 128.96.39.0，与第一项目的网络匹配，因此其下一跳为：接口 m0。

(2) 路由表中第 4 项有目的地址为 128.96.40.1 的特定主机路由，因此其下一跳为：R3。

(3) 128.96.40.10 与 255.255.255.192 进行逐位相与，得到 128.96.40.0，与第一项目的网络匹配，因此其下一跳为：R2。

(4) 由于在路由表中找不到任意一行满足如下关系：用其子网掩码和 128.96.40.100 逐位相与运算，得到的结果与其目的网络匹配，因此该分组的下一跳为默认路由，即 R5。

(5) 由于在路由表中找不到任意一行满足如下关系：用其子网掩码和 192.4.153.10 逐位相与运算，得到的结果与其目的网络匹配，因此该分组的下一跳为默认路由，即 R5。

7. 一个 IP 数据报长度为 3000 字节（固定首部长度）。现要经过一个网络传送，但此网络能够传送的最大 IP 数据报长度为 1420 字节。试问应划分为几个短些的数据报片？各数据报片的数据部分的长度、片偏移字段和 MF 标志应为何数值？

答：

3 个短些的数据报。

数据部分的长度分别为：1400、1400、180。

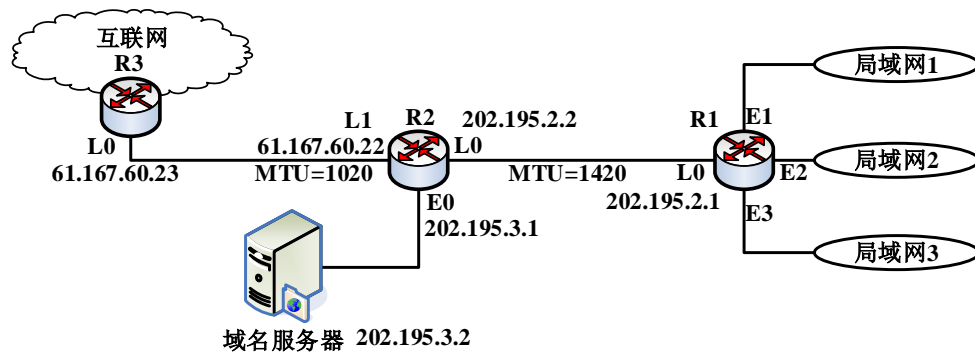
片偏移字段分别为 0、175、350。

MF 标志分别为 1、1、0。

8. 某网络拓扑图如下图所示，路由器 R1 通过接口 E1、E2、E3 分别连接局域网 1、局域网 2、局域网 3，通过接口 L0 连接路由器 R2，并通过路由器 R2 连接域名服务器与互联网。R1 的 L0 接口的 IP 地址是 202.195.2.1；R2 的 L0 接口的 IP 地址是 202.195.2.2，L1 接口的 IP 地址是 61.167.60.22，E0 接口 IP 地址是 202.195.3.1；域名服务器的 IP 地址是 202.195.3.2；R2 通过路由器 R3 的 L0 接口接入互联网，其 IP 地址为 61.167.60.23。R1 与 R2 间链路的 MTU=1420；R2 与 R3 间链路的 MTU=1020（注：MTU 为最大传送单元，为能够通过的 IP 数据报最大长度）。请回答以下问题（写出具体理由及推演过程）：

- 局域网 1、局域网 2 与局域网 3 上的主机数分别为 120，60，60。将 IP 地址空间 202.195.1.0/24 划分为 3 个子网，分别分配给局域网 1、局域网 2 与局域网 3，请给出每一个局域网的地址块（包括网络前缀与子网掩码）
- 给出 R1 的完整路由表，并要求包含的路由表项最少
- 给出 R2 的完整路由表，并要求包含的路由表项最少
- 若局域网 1 中某主机有一个 IP 数据报要发送给互联网的某一服务器，该 IP 数据报总长度为 2020 字节（固定首部长度），则经过 R1 时需要进行数据报分片，请给出分片结果？（包括每一个分片数据报的数据字段长度、片偏移和 MF 的值）
- 请进一步给出 d) 中数据报经过 R2 时的分片结果？

附：路由表项包括如下内容：目的网络 IP 地址、子网掩码、下一跳 IP 地址、接口



答:

a) 答案并不唯一，给出其中一种：↵

局域网 1 202.195.1.0/25；局域网 2 202.195.1.128/26；局域网 2 202.195.1.192/26↵

b) 基于 a)中给出的划分方法，给出相应的路由表：↵

目的网络 IP 地址↵	子网掩码↵	下一跳 IP 地址↵	接口↵
202.195.1.0↵	255.255.255.128↵	直接↵	E1↵
202.195.1.128↵	255.255.255.192↵	直接↵	E2↵
202.195.1.192↵	255.255.255.192↵	直接↵	E3↵
0.0.0.0↵	0.0.0.0↵	202.195.2.2↵	L0↵

c) ↵

目的网络 IP 地址↵	子网掩码↵	下一跳 IP 地址↵	接口↵
202.195.1.0↵	255.255.255.0↵	202.195.2.1↵	L0↵
202.195.3.2↵	255.255.255.255↵	直接(或 202.195.3.2)↵	E0↵
0.0.0.0↵	0.0.0.0↵	61.167.60.23↵	L1↵

d) 分成 2 个分片：↵

数据字段长度↵	片偏移↵	MF↵
1400↵	0↵	1↵
600↵	175↵	0↵

e) d) 中的第 1 个分片继续被分片，第 2 个分片保持不变，总共 3 个分片：↵

数据字段长度↵	片偏移↵	MF↵
1000↵	0↵	1↵
400↵	125↵	1↵
600↵	175↵	0↵

9. 路由选择协议使用 RIP 协议，假定路由器 A 的路由表有如下的项目：

目的网络	距离	下一跳路由器
N1	5	B
N2	3	C
N3	5	E
N4	5	D

现在 A 收到从 C 发来的路由信息：

目的网络	距离
N2	4
N3	3
N4	4
N5	3

试求出路由器 A 更新后的路由表。(详细说明每一个步骤)

答：对 C 发来的报文，先修改此报文中的所有项目：把下一跳字段中的地址都改为 C，并把所有的“距离”字段的值增加 1，于是得到：

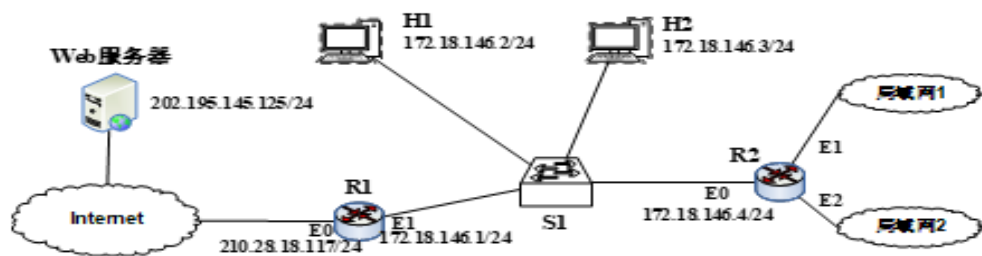
目的网络	距离	下一跳路由器
N2	5	C
N3	4	C
N4	5	C
N5	4	C

对修改后的 RIP 报文中的每一项，进行以下步骤：

若项目中的目的网络不在路由表中，则把该项目加到路由表中，因此把“N5 4 C”添加到路由表；否则，若下一跳字段给出的路由器地址是同样的，则把收到的项目替换原路由表中的项目。因此将“N2 3 C”替换为“N2 5 C”；否则，若收到项目中的距离小于路由表中的距离，则进行更新。因此将“N3 5 E”替换为“N3 4 C”；否则，什么也不做。(N4 5 D)。于是得到路由器 A 更新后的路由表为：

目的网络	距离	下一跳路由器
N1	5	B
N2	5	C
N3	4	C
N4	5	D
N5	4	C

10. 某网络拓扑图如下图所示，路由器 R2 通过接口 E1、E2 分别连接局域网 1、局域网 2，通过接口 E0 连接交换机 S1；主机 H1、H2 分别与交换机 S1 相连；路由器 R1 通过接口 E1 与 S1 相连，通过接口 E0 与 Internet 连接；Internet 上有一台 Web 服务器。R1 的 E0 接口的 IP 地址是 210.28.18.117/24；E1 接口的 IP 地址是 172.18.146.1/24。R2 的 E0 接口的 IP 地址是 172.18.146.4/24。H1 的 IP 地址是 172.18.146.2/24；H2 的 IP 地址是 172.18.146.3/24；Web 服务器的 IP 地址是 202.195.145.125/24。请回答以下问题：



(1) 局域网 1 与局域网 2 上的主机数分别为 120，100。将 IP 地址空间 172.18.145.0/24 划分为 2 个子网，分别分配给局域网 1、局域网 2，请给出每一个局域网的地址块（包括网络前缀与子网掩码）

(2) 基于(1)，给出 H1 的完整路由表，并要求包含的路由表项最少（路由表项包括内容：目的网络地址、子网掩码、下一跳 IP 地址）

(3) 若主机 H1（为专用 IP 地址）可访问 Web 服务器，则其 IP 分组经过路由器 R1 转发到 Internet 时，需要改变 IP 分组首部的哪些字段？（不考虑 IP 分片情况）

(4) 若主机 H2 (为专用 IP 地址) 同时可访问 Web 服务器, 则其 TCP 报文段经过路由器 R1 转发到 Internet 时, 需要改变 TCP 报文段首部的哪些字段?

答:

(1) 答案并不唯一, 给出其中一种:

局域网 1: 172.18.145.0/25 (子网掩码: 255.255.255.128); 可分配 IP 地址为 126 个, 满足 120 个主机的要求。

局域网 2 : 172.18.145.128/25 (子网掩码: 255.255.255.128); 可分配 IP 地址为 126 个, 满足 100 个主机的要求。

(2)

目的网络地址	子网掩码	下一跳 IP 地址
172.18.146.0	255.255.255.0	直接交付
172.18.145.0	255.255.255.0	172.18.146.4
0.0.0.0	0.0.0.0	172.18.146.1

(3) 需要改变 IP 分组首部的 3 个字段:

- TTL (生存时间): 因为每经过一跳路由器 TTL 值就会减 1;
- 源地址 (源 IP 地址): 因为源地址为专用 IP 地址, 若能访问 web 服务器, 路由器 R1 具有 NAT 功能, 源地址从 172.18.146.2 改变为 210.28.18.117;
- 首部校验和; TTL 值与源地址的改变触发首部校验和重新计算。

(4) 需要改变 TCP 报文段首部的 2 个字段

- 源端口: 若 H1 与 H2 同时可访问 Web 服务器, 则路由器 R1 具有 NAPT 功能, 相应源端口会发生改变。
- 检验和: 源端口、源地址等信息的改变触发校验和重新计算。

11. 卫星信道采用连续 ARQ 协议,  $W_T = 7$ , 带宽为 1Mbps, 数据帧长为 2000 比特, 忽略确认帧长和处理时间, 并设卫星信道单程传播时延为 0.25 秒, 则实际数据率是多少? 信道利用率是多少?

答:

$$\text{实际数据率} = (2000 \times 7) / (2000 / 1000000 + 0.25 \times 2) = 27.89 \text{ kb/s}$$

$$\text{信道利用率} = (2000 / 1000000 \times 7) / (2000 / 1000000 + 0.25 \times 2) = 7 / 251 = 2.789\%$$

12. 假设 A 向 B 发送数据。设建立连接时, B 告诉 A: “我的接收窗口  $\text{rwnd}=500$ ”; 设数据报文段序号的初始值为 1; 并设每一个报文段为 100 字节长。当 A 发送了 4 个报文段后, 收到 B 发送来的信息为: “ACK=1,  $\text{ack}=301$ ,  $\text{rwnd} = 400$ ”, 这表明 B 的接收缓存中尚有多少个报文段没有被接收应用程序读取? 当 A 收到该信息后, 它的发送窗口后沿向前移动多少个字节? 前沿向前移动多少个字节?

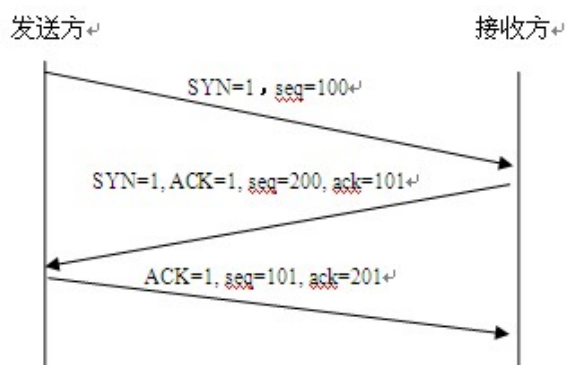
答: 1, 300, 200。

13. 用 TCP 传送 512 字节的数据。设窗口为 300 字节, 而 TCP 报文段每次传送 100 字节的数据。再设发送方和接收方的起始序号分别为 100 和 200。试回答下面问题:

- 画出 TCP 连接建立过程的示意图。
- 发送方发送完毕 512 个字节的数据以后, 进行连接释放, 这时连接释放报文段序号应该为多少?

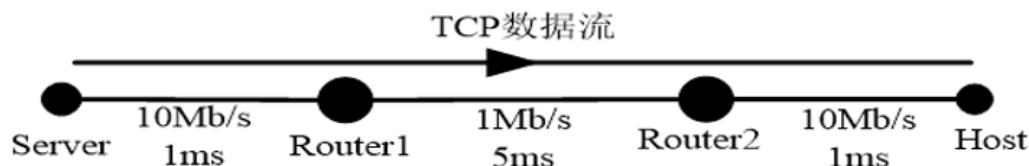
答:

1) 连接建立过程示意图:



2) 此时连接释放报文段序号为 613。  $100+1+512=613$

14. 如下图网络链路, 具有 1 个服务器 (Server), 2 个路由器 (Router1, Router2), 1 个主机 (Host), 其中 Server 与 Host 之间存在 TCP 数据流, 数据流向为 Server 到 Host。设定 Server 与 Router1 间链路带宽为 10Mb/s, 传播延迟为 1ms; Router1 与 Router2 间链路带宽为 1Mb/s, 传播延迟为 5ms; Router2 与 Host 间链路带宽为 10Mb/s, 传播延迟为 1ms; 假定这些链路都使用以太网协议。TCP 协议的应用程序有大量数据发送, 并且每一个 TCP 报文数据字段长度都等于 MSS (设 MSS=1000 字节), TCP 首部长度与 IP 首部长度都为固定首部长度。假设发出第一个 TCP 报文的序号为 1001。设 TCP 协议拥塞窗口 cwnd 的初始值设为 1 (即 1 个 MSS), 慢开始门限 ssthresh 初始值为 16。请回答以下问题: (写出具体理由及推演过程)



- 1) 若网络不出现拥塞, 则在第几轮次 TCP 协议发出第 50 个报文?
- 2) 若 Server 发送完第 1 个 TCP 报文之后, 收到来自 Host 的确认报文“ACK, ack=2001, rwnd=3000”, 则此时能否发送第 4 个 TCP 报文, 为什么?
- 3) 若 Server 发送完第 1 个 TCP 报文之后, 收到来自 Host 的确认报文“ACK, ack=2001, rwnd=50000”, 并假设路由器 Router1 与 Router2 都采用 RED 算法, 丢包率  $p(t)$  通过如下公式计算得到: (不作要求)

$$p(t) = \begin{cases} 0 & 0 \leq Q(t) < T_{\min} \\ p_{\max} \frac{Q(t) - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}} & T_{\min} \leq Q(t) < T_{\max} \\ 1 & T_{\max} \leq Q(t) \end{cases}$$

其中  $T_{\min}$  为最小阈值, 设为 10;  $T_{\max}$  为最大阈值, 设为 30;  $p_{\max}$  为最大丢包概率, 设为 0.2;  $Q(t)$  为路由器缓存队列在  $t$  时刻 (即报文到达时刻) 的瞬时队列长度。试分别求 TCP 协议第 28、29、30 个报文在 Router1 上的丢包概率?

答：

- 1) 若网络不出现拥塞，则根据慢开始算法以及拥塞避免算法， $cwnd$  大小与轮次  $n$  的关系如下：

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	...
$cwnd$	1	2	4	8	16	17	18	19	...

因  $(1+2+4+8+16+17) < 50 < (1+2+4+8+16+17+18)$ ，因此在第 7 轮次发出第 50 个 TCP 报文。（3分）

2) 不能发送第 4 个 TCP 报文，因为根据慢开始算法，此时  $cwnd=2(MSS)=2000$  字节，尽管此时  $rwnd=3000$ ，但是发送方窗口上限值  $= \min\{cwnd, rwnd\} = 2000$  字节，也就是说此时可以发送第 2、第 3 个报文，但不能发送第 4 个报文。（4分）

3) 收到来自 Host 的确认报文表明，此时接收方通知窗口允许发送第 2-51 个报文，但由于  $cwnd$  大小与轮次  $n$  的关系如下：

$n$	1	2	3	4	5	6			...
$cwnd$	1	2	4	8	16	17			...

表明，在 TCP 每一轮次的开始，都有若干个报文同时由 Server 发送给 Router1，其中，第 2 轮次发送第 2-3 报文，第 3 轮次发送第 4-7 报文，第 4 轮次发送第 8-15 报文，第 5 轮次发送第 16-31 报文。它们的时间间隔为  $(1058 \times 8) / 10^7 = 0.8464ms$ ；Router1 负责转发这些报文，转发时间间隔为  $(1058 \times 8) / 10^6 = 8.464ms$ ，显然对于 Router1 而言，接收频率高于发送频率，接收频率是发送频率的 10 倍，容易积压报文，并出现丢包。

由于  $T_{max} = 10$ ，表明，当积压的报文不超过 10 时，不会出现丢包，因此在第 1、2、3、4 轮次都不会出现丢包。

在第 5 轮次，前 11 个报文（即第 16-26 个报文）不会出现丢包，因为这些报文到达时，必然有  $Q(t) \leq 10$ 。

第 27 个报文同样不出现丢包，因为该报文到达时，尽管前面已经到达了 11 个报文，但其中第 1、2 个报文已经移出缓存队列并被转发或正在被转发，因此  $Q(t) = 9$ ，按照 RED 算法公式，不会出现丢包。

同理，当第 28 个报文到达时， $Q(t) = 10$ ，因此第 28 个报文丢包率  $p_{28}(t) = 0.0$ ；

第 29 个报文到达时，此时  $Q(t) = 11$ ，可得第 29 个报文丢包率：

$$p_{29}(t) = p_{max} \frac{Q(t) - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} = 0.2 \times (11 - 10) / (30 - 10) = 0.01;$$

第 30 个报文到达时，此时  $Q(t)$  被分为两种情况：若第 29 个报文丢包（概率为  $p_{29}$ ），则  $Q(t) = 11$ ，丢包率为 0.01；若第 29 个报文不丢包（概率为  $1 - p_{29}$ ），则  $Q(t) = 12$ ，丢包率为 0.02。综合看来，第 30 个报文丢包率为：

$$p_{30}(t) = 0.01 \times 0.01 + 0.99 \times 0.02 = 0.0199。$$

15. 以下为通过抓包软件捕获得到的一个以太网帧：

```
00 1B 38 A0 CC 26 00 0F E2 53 FC 08 08 00 45 00 00
28 E4 2D 40 00 2D 06 31 4D CA 76 E0 99 AC 10 E1 34
00 19 04 A7 B4 5A 72 EB 1E CC F7 88 50 11 16 D0 1E
53 00 00 00 00 00 00
```

请回答以下问题（写出具体理由）：

- 1) 求源 IP 地址、源端口、目的 IP 地址、目的端口？（IP 地址点分十进制表示，端口用十进制表示）
- 2) 该以太网帧是从客户发送给服务器还是从服务器发送给客户？相应的服务器程序是什么？
- 3) 该以太网帧是在 TCP 运输连接的什么阶段捕获的？

答：

(1) 根据以太网帧格式，类型字段中为“0x0800”，表明数据区中为 IP 数据报。IP 数据报起始于“45”字段。根据 IP 数据报格式，协议字段为“0x06”表明 IP 数据报数据部分为 TCP 报文段，源地址为“CA 76 E0 99”，目的地址为“AC 10 E1 34”，TCP 报文段起始于“00 19”。根据 TCP 报文段格式，源端口为“00 19”，目的端口为“04 A7”。于是，

源 IP 地址：202.118.224.153

源端口：25

目的 IP 地址：172.16.225.52

目的端口：1191

(2) 由于源端口是熟知端口号“25”，因此该以太网帧是从服务器发送给客户，相应的服务器程序是：SMTP 服务器程序。

(3) 根据 TCP 报文段格式，控制位为“0x11”，转换为二进制的形式：“010001”，报文 FIN=1，表明要求释放运输连接，因此该以太网帧是在连接释放阶段捕获的。