

目录

XXF绪论	2
XXF物理层	5
XXF数据链路层	9
XXF网络层	14
XXF传输层	18
XXF应用层	23

1. 在网络协议的三要素中，定义消息格式和编码的是哪个要素？

- A. 语法 B. 语义 C. 时序 D. 流量控制

答案：A

2. 关于网络协议的三要素，下列说法正确的是：

- A. 语法决定了消息的含义 B. 语义决定了消息的格式
C. 时序决定了消息的发送和接收顺序 D. 安全性决定了数据的加密方式

答案：C

3. 请默写 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型的各层名称，并回忆其各层作用。

（答案仅参考）

OSI 参考模型：

物理层（Physical Layer）：负责比特的传输，通过物理介质传输原始的比特流。它定义了硬件设备之间的电气、机械、功能和过程特性。

数据链路层（Data Link Layer）：负责节点之间的数据传输，并对数据传输进行错误检测和纠正。它包括两个子层：逻辑链路控制（LLC）和介质访问控制（MAC）。

网络层（Network Layer）：负责不同网络之间的路由选择，确定数据传输的路径，并处理数据包的转发和拥塞控制。使用 IP 地址进行寻址。

传输层（Transport Layer）：提供端到端的传输服务，负责数据分段、传输、重组，并提供错误恢复和流量控制。常见协议有 TCP 和 UDP。

会话层（Session Layer）：负责建立、管理和终止会话，确保数据交换的有序进行，并提供对话控制和同步服务。

表示层（Presentation Layer）：负责数据的格式化、加密、解密和压缩，确保发送方和接收方的数据格式一致。

应用层（Application Layer）：提供用户与网络服务之间的接口，支持各种网络应用程序，如 HTTP、FTP、SMTP 等。

TCP/IP 模型：

网络接口层（Network Interface Layer）：包括 OSI 模型的物理层和数据链路层功能，负责物理设备之间的比特传输和节点之间的数据帧传输。

网际层（Internet Layer）：与 OSI 模型的网络层类似，负责数据包的路由和转发，使用 IP 地址进行寻址。主要协议有 IP、ICMP 等。

传输层（Transport Layer）：提供端到端的传输服务，与 OSI 模型的传输层类似。主要协议有 TCP 和 UDP，负责数据分段、传输、重组和流量控制。

应用层（Application Layer）：包括 OSI 模型的会话层、表示层和应用层功能，提供各种网络应用服务。常见协议有 HTTP、FTP、SMTP、DNS 等。

4. OSI 模型的哪一层负责在网络之间路由选择并将数据包传递给目标地址？

- A. 物理层 B. 数据链路层 C. 网络层 D. 传输层

答案：C

5. 在 TCP/IP 模型中, 以下哪一层与 OSI 模型的网络层最相似?

A. 网络接口层 B. 传输层 C. 应用层 D. 网际层

答案: D

6. DNS 协议在 OSI 模型的哪一层工作?

A. 物理层 B. 数据链路层 C. 网络层 D. 应用层

答案: D

7. 谢希仁教材 1-18

假设信号在媒体上的传播速度为 $2.3 \times 10^8 \text{m/s}$ 。媒体长度 l 分别为:

(1) 10cm (网络接口卡);

(2) 100m (局域网);

(3) 100km (城域网);

(4) 5000km (广域网)。

现在连续传送数据, 数据率为 1Mbit/s 和 10Gbit/s。试计算每一种情况下在媒体中的比特数。(媒体中的比特数实际上无法使用仪表测量。本题是假想我们能够看见媒体中正在传播的比特)

答案:

$$(1) \text{ 传播时延} = \frac{\text{信道长度}}{\text{传播速率}} = \frac{10\text{cm}}{2.3 \times 10^8 \text{m/s}} = 4.35 \times 10^{-10} \text{s}$$

数据率为 1Mbit/s 时,

$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽} = 4.35 \times 10^{-10} \text{s} \times 1\text{Mbit/s} = 4.35 \times 10^{-4} \text{bit}$$

数据率为 10Gbit/s 时,

$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽} = 4.35 \times 10^{-10} \text{s} \times 10\text{Gbit/s} = 4.35 \text{bit}$$

$$(2) \text{ 传播时延} = \frac{\text{信道长度}}{\text{传播速率}} = \frac{100\text{m}}{2.3 \times 10^8 \text{m/s}} = 4.35 \times 10^{-7} \text{s}$$

数据率为 1Mbit/s 时,

$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽} = 4.35 \times 10^{-7} \text{s} \times 1\text{Mbit/s} = 4.35 \times 10^{-1} \text{bit}$$

数据率为 10Gbit/s 时,

$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽} = 4.35 \times 10^{-7} \text{s} \times 10\text{Gbit/s} = 4.35 \times 10^3 \text{bit}$$

$$(3) \text{ 传播时延} = \frac{\text{信道长度}}{\text{传播速率}} = \frac{100\text{km}}{2.3 \times 10^8 \text{m/s}} = 4.35 \times 10^{-4} \text{s}$$

数据率为 1Mbit/s 时,

$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽} = 4.35 \times 10^{-4} \text{s} \times 1\text{Mbit/s} = 4.35 \times 10^2 \text{bit}$$

数据率为 10Gbit/s 时,

$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽} = 4.35 \times 10^{-4} \text{s} \times 10\text{Gbit/s} = 4.35 \times 10^6 \text{bit}$$

$$(4) \text{ 传播时延} = \frac{\text{信道长度}}{\text{传播速率}} = \frac{5000\text{km}}{2.3 \times 10^8 \text{m/s}} = 2.17 \times 10^{-2} \text{s}$$

数据率为 1Mbit/s 时,

$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽} = 2.17 \times 10^{-2} \text{s} \times 1\text{Mbit/s} = 2.17 \times 10^4 \text{bit}$$

数据率为 10Gbit/s 时,

$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽} = 2.17 \times 10^{-2} \text{s} \times 10\text{Gbit/s} = 2.17 \times 10^8 \text{bit}$$

8. 谢希仁教材 1-19

长度为 100 字节的应用层数据交给传输层传送，需加上 20 字节的 TCP 首部。再交给网络层传送，需加上 20 字节的 IP 首部。最后交给数据链路层的以太网传送，加上首部和尾部共 18 字节。试求数据的传输效率。数据的传输效率是指发送的应用层数据除以所发送的总数据（即应用数据加上各种首部和尾部的额外开销）。若应用层数据长度为 1000 字节，数据的传输效率是多少？

答案：

（1）应用层数据长度为 100 字节，最终传输 $100+20+20+18=158$ 字节。传输效率为 $100\text{B}/158\text{B}=63.3\%$

（2）应用层数据长度为 1000 字节，最终传输 $1000+20+20+18=1058$ 字节。传输效率为 $1000\text{B}/1058\text{B}=94.5\%$

9. 谢希仁教材 1-29

有一个点对点链路，长度为 50km。若数据在此链路上的传播速率为 $2 \times 10^8 \text{m/s}$ ，试问链路的带宽应为多少才能使传播时延和发送 100 字节的分组的发送时延一样大？如果发送的是 512 字节长的分组，结果又应如何？

答案：

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度}}{\text{传播速率}} = \frac{50\text{km}}{2 \times 10^8 \text{m/s}} = 2.5 \times 10^{-4} \text{s}$$

$$\text{发送时延} = \frac{\text{分组长度}}{\text{发送速率}}$$

由传播时延=发送时延，

$$\text{发送速率} = \frac{\text{分组长度}}{\text{传播时延}}$$

发送 100 字节的分组时，发送速率=3.2 Mbps

发送 512 字节的分组时，发送速率=16.384 Mbps

wd 选择题

1. 在计算机网络中，信宿指的是：

- A. 发送数据的源头
- B. 接收数据的目标
- C. 传输数据的介质
- D. 编码和解码数据的设备

答案：B

2. 一个信道的带宽为 1000 Hz，采用 8 电平码元进行传输，信噪比为 30 dB。请问根据奈氏准则和香农定理计算出的信道最大传输速率是多少？

- A. 6000 bps
- B. 3322 bps
- C. 9966 bps
- D. 5000 bps

答案：A

解析：

奈氏准则：最大数据速率= $2 \times 1000\text{Hz} \times \log_2 8 = 6000\text{bps}$

香农定理：

首先将信噪比从 dB 转换为实际比值：

$$S/N = 10^{(30/10)} = 1000$$

$$\text{最大数据速率} = 1000 \text{ Hz} \times \log_2(1 + 1000) \approx 1000 \times 9.97 \approx 9966\text{bps}$$

当题目条件足够，两个定理都能使用时，选择计算出来的较小的最大数据速率作为信道的最大数据速率。

3. 脉冲编码调制（PCM）过程中的第一步是：

- A. 量化
- B. 编码
- C. 采样
- D. 调制

答案：C

解析：三个步骤为采用、量化、编码

4. 在 PCM 系统中，采样定理指出：

- A. 采样频率应至少是信号带宽的两倍
- B. 采样频率应等于信号带宽
- C. 采样频率应高于信号的最大频率
- D. 采样频率应等于信号的最大频率

答案：A

5. 在数字信号处理中，曼彻斯特编码的主要特点是：

- A. 使用两个电平表示每个比特，且在每个比特周期中间发生电平变化
- B. 使用一个电平表示每个比特，不发生电平变化
- C. 使用多个电平表示每个比特，根据比特值切换电平
- D. 使用正弦波进行编码，频率随比特值变化

答案：A

6. 以下哪种交换方式在通信开始前必须建立一个专用的通信路径？

- A. 电路交换
- B. 报文交换
- C. 分组交换
- D. 频分复用

答案: A

7. 以下哪种交换方式是互联网的主要传输机制?

- A. 电路交换
- B. 报文交换
- C. 分组交换
- D. 频分复用

答案: C

8. 在数据报方式中, 下列哪一项是正确的?

- A. 所有分组沿相同路径传输
- B. 分组按序到达目的地
- C. 每个分组包含完整的路由信息
- D. 需要在传输前建立路径

答案: C

9. 中继器主要用于:

- A. 增强信号强度以延长传输距离
- B. 管理网络流量
- C. 路由数据包到特定网络
- D. 过滤网络流量

答案: A

10. 集线器的工作方式是:

- A. 只将数据发送到目标设备
- B. 广播数据到所有连接的设备
- C. 通过 MAC 地址转发数据
- D. 动态路由数据包

答案: B

11. 谢希仁教材 1-34

主机 A 向主机 B 发送一个长度为 10^7 比特的报文, 中间要经过两个节点交换机, 即一共经过三段链路。设每条链路的传输速率为 2 Mbit/s。忽略所有的传播、处理和排队时延。

(1) 如果采用报文交换, 即整个报文不分段, 每台节点交换机收到整个的报文后再转发。问从主机 A 把报文传送到第一个节点交换机需要多少时间? 从主机 A 把报文传送到主机 B 需要多少时间?

(2) 如果采用分组交换。报文被划分为 1000 个等长的分组 (这里忽略分组首部对本题计算的影响), 并连续发送。节点交换机能够边接收边发送。问从主机 A 把第一个分组传送到第一个节点交换机需要多少时间? 从主机 A 把第一个分组传

送到主机 B 需要多少时间?从主机 A 把 1000 个分组传送到主机 B 需要多少时间?

(3) 就一般情况而言, 比较用整个报文来传送和用划分多个分组来传送的优缺点。

答案:

(1) 从主机 A 到第一个节点交换机的时间 $\frac{10^7 \text{bits}}{2 \times 10^6 \text{bits/s}} = 5\text{s}$;

从主机 A 到主机 B 经过 3 段链路, 每段链路的传输时间相同, 总时间为 $5\text{s} \times 3 = 15\text{s}$ 。

(2) 报文被划分为 1000 个分组, 所以每个分组的长度为 $10^7 \text{bits} / 1000 = 10^4 \text{bits}$;

从主机 A 到第一个节点交换机的时间 $\frac{10^4 \text{bits}}{2 \times 10^6 \text{bits/s}} = 0.005\text{s}$;

从主机 A 到主机 B 经过 3 段链路, 每段链路的传输时间相同, 总时间为 $0.005\text{s} \times 3 = 0.015\text{s}$ 。

第一个分组在主机 B 后, 接下来的 999 个分组可以连续发送和接收:

发送每个分组需要 0.005s

发送 1000 个分组的时间是: $999 \times 0.005\text{s} = 4.995\text{s}$

因此, 1000 个分组全部到达主机 B 的时间是: $0.015\text{s} + 4.995\text{s} = 5.01\text{s}$

或者用 $1000 \times 0.005\text{s} + 0.005\text{s} \times 2 = 5.01\text{s}$ 理解 (所有分组从源节点发送时间 + (链路个数 - 1) \times 一个分组传输时间)

(3) 报文交换的优点: 适合传输大文件, 确保文件完整性; 简单易实现。缺点: 需要等待整个报文接收完再发送, 延迟较大; 如果报文很大, 单个节点的存储需求也很大。

分组交换的优点: 能够更好地利用网络资源, 提高带宽利用率; 边接收边发送, 延迟较小, 适合实时传输; 网络故障时只影响部分分组, 而不是整个报文, 提高了可靠性。缺点: 分组头部开销, 尤其在小分组情况下, 头部占比显得较大; 需要更复杂的路由和处理机制。

12. 谢希仁教材 2-05

物理层的接口有哪几个方面的特性? 各包含些什么内容?

答案:

机械特性: 指明接口所用接线器的形状和尺寸、引脚数目和排列、固定和锁定装置等;

电气特性: 指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围;

功能特性: 指明某条线上出现的某一电平的电压表示何种意义;

过程特性 (规程特性): 指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

13. 谢希仁教材 2-07

假定某信道受奈氏准则限制的最高码元速率为 20000 码元/秒。如果采用振幅调制, 把码元的振幅划分为 16 个不同等级来传送, 那么可以获得多高的数据率 (bit/s)?

答案: 采用振幅调制, 16 个不同等级代表 4 个比特为一组, 数据率 $C = R \times \log_2(16) = 20000 \text{ bit/s} \times 4 = 80000 \text{ bit/s}$ 。

14. 谢希仁教材 2-08

假定要用 3 kHz 带宽的电话信道传送 64 kbit/s 的数据 (无差错传输), 试问这个信道应具有多高的信噪比 (分别用比值和分贝来表示)? 这个结果说明什么问题?

答案: $C = W \times \log_2(1 + S/N)$ (bit/s)

代入 $C=64\text{ kbit/s}$, $W=3\text{ KHz}$, 得 $S/N=2621439$
 信噪比 $(\text{dB})=10*\log_{10}(S/N) (\text{dB})$
 则信噪比为 64.2 dB
 由于该信噪比较大, 说明信息的极限传输效率较高

15. 谢希仁教材 2-09

用香农公式计算一下, 假定信道带宽为 3100 Hz , 最大信息传输速率为 35 kbit/s , 那么若想使最大信息传输速率增加 60% , 问信噪比 S/N 应增大到多少倍? 如果在刚才计算出的基础上将信噪比 S/N 再增大到 10 倍, 问最大信息传输速率能否再增加 20% ?

答案: $C=W*\log_2(1+S/N) (\text{bit/s})$

代入 $C=35\text{ kbit/s}$, $W=3100\text{ Hz}$, 得 $S/N=2503.53$

由于最大信道传输速率要增加 60% , 即 $C_1=C*1.6$, W 不变, 代入得 $(S/N)_1=274128.8678$

信噪比增大到 $(S/N)_1/(S/N)=109$ 倍

在刚才计算的基础上将信噪比 S/N 增大到 10 倍, $C_2=W*\log_2(1+10*(S/N)_1)=66728.4952\text{ kbit/s}$

$C_2 < C_1*1.2$, 最大信息传输速率不能再增加 20% 。

16. 谢希仁教材 4-01

网络层向上提供的服务有哪两种? 试比较其优缺点。

	数据报服务	虚电路服务
连接的建立	不需要	必须有
目的地址	每个分组都有完整的目的地址	仅在建立连接阶段使用, 之后每个分组使用长度较短的虚电路号
路由选择	每个分组独立地进行路由选择和转发	属于同一条虚电路的分组按照同一路由转发
分组顺序	不保证分组的有序到达	保证分组的有序到达
可靠性	不保证可靠通信, 可靠性由用户主机来保证	可靠性由网络保证
对网络故障的适应性	出故障的结点丢失分组, 其他分组路径选择发生变化时可以正常传输	所有经过故障结点的虚电路均不能正常工作
差错处理和流量控制	由用户主机进行流量控制, 不保证数据报的可靠性	可由分组交换网负责, 也可由用户主机负责

1. 谢希仁教材 3-07

要发送的数据为 1101011011。采用 CRC 的生成多项式是 $P(X)=X^4+X+1$ 。试求应添加在数据后面的余数。

若要发送的数据在传输过程中最后一个 1 变成了 0,即变成了 1101011010,问接收端能否发现?

若要发送的数据在传输过程中最后两个 1 都变成了 0,即变成了 1101011000,问接收端能否发现?

采用 CRC 检验后,数据链路层的传输是否就变成了可靠的传输?

答:

1)除数:10011 被除数:11010110110000,经过模二除法,得添加在数据后面的余数为 1110

2)若最后一个变为 0,被除数:11010110101110,除数:10011,得到余数为 0011,余数不为 0,则接收端可以发现错误。

3)若最后两个成为 0,被除数:11010110001110,除数:10011,得到余数为 0101,余数不为 0,故接收端可以发现错误。

采用 CRC 检验,若接收端检测到错误,则丢弃该帧,然后就不做任何操作。因此,缺乏重传机制,数据链路层的传输还不是可靠的传输。

2. 谢希仁教材 3-16

数据率为 10 Mbit/s 的以太网在物理媒体上的码元传输速率(即码元/秒)是多少?

答:

码元传输速率即为波特率。以太网使用曼切斯特编码,这就意味着发送的每一位都有两个信号周期。标准以太网的数据速率是 10Mbit/s,因此波特率是数据率的两倍,即 20M 码元 / 秒。(这也是曼彻斯特编码的缺陷:它所占的频带宽度比原始的基带信号增加了一倍)

3. 谢希仁教材 3-20

假定 1 km 长的 CSMA/CD 网络的数据率为 1 Gbit/s。设信号在网络上的传播速率为 200000 km/s。求能够使用此协议的最短帧长。

答:

基本退避时间争用期为端到端的往返时延,而在争用期能发送的比特数就是最短有效帧长,因此最短有效帧长的计算公式为:

$S = \text{数据率} * \text{往返时延} (\text{争用期})$

所以:最短有效帧长 = $1 \text{ Gbit/s} * (1/200000 \text{ km/s} * 2) = 10000 \text{ bit}$

4. 谢希仁教材 3-22

假定在使用 CSMA/CD 协议的 10 Mbit/s 以太网中某个站在发送数据时检测到碰撞,执行退避算法时选择了随机数 $r=100$ 。试问这个站需要等待多长时间后才能再次发送数据?如果是 100 Mbit/s 的以太网呢?

答:

已知 10Mbit/s 以太网的争用期是 512 比特时间，即 $51.2\mu s(512/10^7)$ ，根据退避算法，发送数据应该推迟 r 个争用期的时间，所以这个站需要等待 5.12ms；
如果是 100Mbit/s 的以太网，争用期为 $5.12\mu s(512/10^8)$ ，所以此时这个站需要等待 512us。

5. 谢希仁教材 3-24

假定站点 A 和 B 在同一个 10 Mbit/s 以太网网段上。这两个站点之间的传播时延为 225 比特时间。现假定 A 开始发送一帧，并且在 A 发送结束之前 B 也发送一帧。如果 A 发送的是以太网所容许的最短的帧，那么 A 在检测到和 B 发生碰撞之前能否把自己的数据发送完毕？换言之，如果 A 在发送完毕之前并没有检测到碰撞，那么能否肯定 A 所发送的帧不会和 B 发送的帧发生碰撞？(提示：在计算时应当考虑到每一个以太网帧在发送到信道上时，在 MAC 帧前面还要增加共 8 字节的前同步码和帧定界符。)

答：

A 发送的是以太网所容许的最短的帧，即帧长 64B（即 512bit），再加上前同步码和帧定界符 8 字节，帧长总共为 $512+8*8 = 576\text{bit}$ 。

假设 A 站点从 $T = 0$ 开始发送数据，由于 CSMA/CD，B 发送数据只能有两种情况：

$T = 0 \sim 224$ 比特时间：此时 B 还没有检测到 A 发送的数据（ $T=225$ 时，A 的数据第一个比特到达 B），会发生碰撞；

$T \geq 225$ 比特时间：此时 B 能检测到 A 发送的数据，不会发生碰撞。

由于在 A 发送完毕之前 B 也发送一帧，所以 B 发送数据时，A 仅能发送 $0 \sim 224$ 比特时间，此时 A 最晚能在 $225*2=450$ 比特时间能检测到碰撞， $450 < 576$ ，所以此时 A 数据一定还没发送完，因此，A 不能在检测到碰撞之前将自己的数据发送完毕，也就相当于，如果在 A 发送完之前没有检测到碰撞，那么 A 的数据就一定没有和 B 发生碰撞。

6. 谢希仁教材 3-25

上题中的站点 A 和 B 在 $t=0$ 时同时发送了数据帧。当 $t=225$ 比特时间，A 和 B 同时检测到发生了碰撞，并且在 $t=225+48=273$ 比特时间完成了干扰信号的传输。A 和 B 在 CSMA/CD 算法中选择不同的 r 值退避。假定 A 和 B 选择的随机数分别是 $r_A=0$ 和 $r_B=1$ 。试问 A 和 B 各在什么时间开始重传其数据帧？A 重传的数据帧在什么时间到达 B？A 重传的数据会不会和 B 重传的数据再次发生碰撞？B 会不会在预定的重传时间停止发送数据？

答：

$t=0$ 时，A 和 B 开始发送数据。

$t=225$ 比特时间，A 和 B 都检测到碰撞。

$t=273$ 比特时间，A 和 B 结束干扰信号的传输。

$t=594$ 比特时间，A 开始发送。（ $T = 498 + r_A * \text{争用期} + \text{最小帧间间隔} (96 \text{ 比特时间}) = 594$ 比特时间）

$t=785$ 比特时间，B 再次检测信道。如空闲，则 B 将在 881 比特时间发送数据（帧间间隔 96 比特时间）。A 重传的数据在 819 比特时间到达 B，B 先检测到信道忙，因此 B 在预定的 881 比特时间不发送数据。

7. 谢希仁教材 3-26

以太网上只有两个站，它们同时发送数据，产生了碰撞。于是按截断二进制指数退避算法进行重传。重传次数记为 $i, i=1,2,3,\dots$ 。试计算第 1 次重传失败的概率、第 2 次重传失败的概率、第 3 次重传失败的概率，以及一个站成功发送数据之前的平均重传次数 I 。

答：

提示：将第 i 次重传失败的概率记为 P_i ，显然

$$P_i = (0.5)^k, k = \min[i, 10]$$

故第 1 次重传失败的概率 $P_1=0.5$,

第 2 次重传失败的概率 $P_2=0.25$,

第 3 次重传失败的概率 $P_3=0.125$ 。

$P[\text{传送 } i \text{ 次成功}] = P[\text{第 1 次传送失败}]P[\text{第 2 次传送失败}] \dots P[\text{第 } i-1 \text{ 次传送失败}]P[\text{第 } i \text{ 次传送成功}]$

求 $\{P[\text{传送 } i \text{ 次成功}]\}$ 的统计平均值，得出平均重传次数为 1.637。

8. 谢希仁教材 2-16

共有四个站进行码分多址 CDMA 通信。四个站的码片序列为：

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: $(-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)$

现收到这样的码片序列： $(-1 +1 -3 +1 -1 -3 +1 +1)$ 。问哪个站发送数据了？发送数据的站发送的是 1 还是 0？

答：

A 和 D 发送 1, B 发送 0, 而 C 未发送数据。

9. 谢希仁教材 5-16

在停止等待协议中如果不使用编号是否可行？为什么？

答：

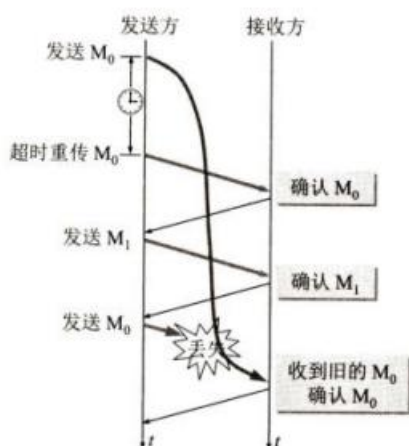
不可行，若发出的帧超时重传后收到确认，并发出下一帧，重传帧先于下一帧到达，无法分辨重传帧与下一帧。

10. 谢希仁教材 5-18

假定在运输层使用停止等待协议。发送方发送报文段 M_0 后在设定的时间内未收到确认，于是重传 M_0 ，但 M_0 又迟迟不能到达接收方。不久，发送方收到了迟到的对 M_0 的确认，于是发送下一个报文段 M_1 ，不久就收到了对 M_1 的确认。接着发送方发送新的报文段 M_0 ，但这个新的 M_0 在传送过程中丢失了。正巧，一开始就滞留在网络中的 M_0 现在到达接收方。接收方无法分辨 M_0 是旧的。于是收下 M_0 ，并发送确认。显然，接收方后来收到的 M_0 是重复的，协议失败了。

试画出双方交换报文段的过程。

答：（这说明停止等待协议的编号方法有时不能保证可靠传输）



旧的 M_0 被当成是新的 M_0 !

11. 谢希仁教材 5-21

假定使用连续 ARQ 协议，发送窗口大小是 3,而序号范围是 $[0,15]$,而传输媒体保证在接收方能够按序收到分组。在某一时刻，在接收方，下一个期望收到的序号是 5。试问：

(1)在发送方的发送窗口中可能出现的序号组合有哪些？

(2)接收方已经发送出的、但在网络中(即还未到达发送方)的确认分组可能有哪些?说明这些确认分组是用来确认哪些序号的分组。

答：

(1) 序号到 4 为止的分组都已收到。若这些确认都已到达发送方，则发送窗口的范围是 $[5,7]$ 。假定所有的确认都丢失了，发送方没有收到这些确认。这时，发送窗口应为 $[2,4]$ 。因此，发送窗口可以是 $[2,4],[3,5],[4,6],[5,7]$ 中的任何一个。

(2) 接收方期望收到序号 5 的分组，说明序号为 2,3,4 的分组都已收到，并且发送了确认。对序号为 1 的分组的确认肯定被发送方收到了，否则发送方不可能发送 4 号分组。可见，对序号为 2,3,4 的分组的确认有可能仍滞留在网络中。这些确认用来确认序号为 2,3,4 的分组。

12. 在后退 N 帧协议 (GBN) 中，当一个数据包出现错误时，发送方会如何处理？

- A. 只重传错误的数据包
- B. 重传所有未确认的数据包
- C. 停止发送新的数据包
- D. 等待接收方发送重传请求

答案：B

解析：在 GBN 协议中，当检测到一个数据包错误时，发送方会重传所有从出错的数据包开始的所有未确认的数据包。

13. 在以太网帧中，数据字段的最小长度为多少字节？

- A. 46
- B. 64
- C. 128
- D. 256

答案：A

解析：在以太网帧中，数据字段的最小长度为 46 字节，如果数据不足 46 字节，会进行填充以达到最小长度要求。

1. 谢希仁教材 4-11

设 IP 数据报使用固定首部，其各字段的具体数值如图所示(除 IP 地址外，均为十进制形式表示)。试用二进制运算方法计算应当写入到首部检验和字段中的数值(用二进制形式表示)。

4	5	0	28	
1			0	0
4	17		首部检验和（待计算后写入）	
10.12.14.5				
12.6.7.9				

答：

10001011 10110001

2. 谢希仁教材 4-14

在互联网中将 IP 数据报分片传送的数据报在最后的目的地主机进行组装。还可以有另一种做法，即数据报分片通过一个网络就进行一次组装。试比较这两种方法的优劣。

答：

在目的地站而不是在中间的路由器进行组装是由于：

(1)路由器处理数据报更简单些；

(2)并非所有的数据报片都经过同样的路由器，因此在每一个中间的路由器进行组装可能总会缺少几个数据报片；

(3)也许分组后面还要经过一个网络，它还要给这些数据报片划分成更小的片。如果在中间的路由器进行组装就可能会组装多次。

3. 谢希仁教材 4-15

一个 3200 位长的 TCP 报文传到 IP 层，加上 160 位的首部后成为数据报。下面的互联网由两个局域网通过路由器连接起来，但第二个局域网所能传送的最长数据帧中的数据部分只有 1200 位，因此数据报在路由器必须进行分片。试问第二个局域网向其上层要传送多少比特的数据(这里的“数据”当然指的是局域网看见的数据)?

答：

由于分片，共分为 4 个数据报片，故第二个局域网向上传送 3840 bit。

4. 谢希仁教材 4-16

(1)试解释为什么 ARP 高速缓存每存入一个项目就要设置 10~20 分钟的超时时钟器。这个时间设置得太大或太小会出现什么问题?

(2)举出至少两种不需要发送 ARP 请求分组的情况(即不需要请求将某个目的 IP 地址解析为相应的 MAC 地址)。

答:

(1)当网络中某个 IP 地址和硬件地址的映射发生变化时, ARP 高速缓存中的相应的项目就要改变。例如, 更换以太网网卡就会发生这样的事件。10~20 分钟更换一块网卡是合理的。超时时间太短会使 ARP 请求和响应分组的通信量太频繁, 而超时时间太长会使更换网卡后的主机迟迟无法和网络上的其他主机通信。

(2)在源主机的 ARP 高速缓存中已经有了该目的 IP 地址的项目; 源主机发送的是广播分组; 源主机和目的主机使用点对点链路。

5. 谢希仁教材 4-17

主机 A 发送 IP 数据报给主机 B,途中经过了 5 个路由器。试问在 IP 数据报的发送过程中总共使用了几次 ARP?

答:

6 次。主机用一次, 每一个路由器各使用一次。

6. 谢希仁教材 4-20

一个数据报长度为 4000 字节(固定首部长度)。现在经过一个网络传送, 但此网络能够传送的最大数据长度为 1500 字节。试问应当划分为几个短些的数据报片?各数据报片的数据字段长度、片偏移字段和 MF 标志应为何数值?

答:

3 个。数据字段长度分别为 1480,1480 和 1020 字节。片偏移字段的值分别为 0,185 和 370。MF 字段的值分别为 1,1 和 0。

7. 谢希仁教材 4-22

有如下的 4 个/24 地址块, 试进行最大可能的聚合。

212.56.132.0/24

212.56.133.0/24

212.56.134.0/24

212.56.135.0/24

答:

共同前缀是 22 位, 即: 1101010000111000100001。聚合的 CIDR 地址块是: 212.56.132.0/22。

8. 谢希仁教材 4-23

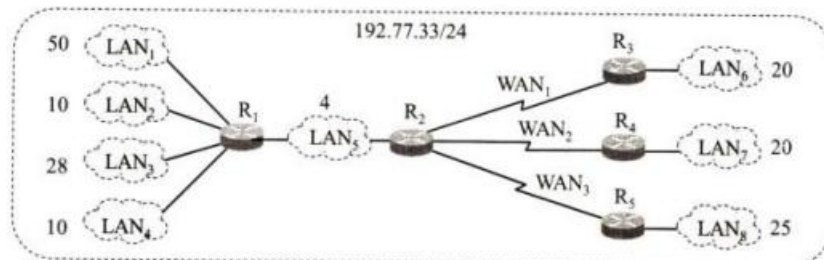
有两个 CIDR 地址块 208.128/11 和 208.130.28/22。是否有哪一个地址块包含了另一个的地址?如果有, 请指出, 并说明理由。

答:

前一个地址块包含了后一个。写出这两个地址块的二进制表示就可看出。

9. 谢希仁教材 4-26

一个大公司有一个总部和三个下属部门。公司分配到的网络前缀是 192.77.33/24。公司的网络布局如图所示。总部共有 5 个局域网，其中的 LAN₁~LAN₄ 都连接到路由器 R₁ 上，R₁ 再通过 LAN₅ 与路由器 R₂ 相连。R₂ 和远地的三个部门的局域网 LAN₆~LAN₈ 通过广域网相连。每一个局域网旁边标明的数字是局域网上的主机数。试给每一个局域网分配一个合适的网络前缀。



答：

本题的解答有很多种，下面给出其中的一种答案(先选择需求较大的网络前缀)：

- ◇ LAN₁ :192.77.33.0/26。
- ◇ LAN₃ :192.77.33.64/27; LAN₆ :192.77.33.96/27;
LAN₇ :192.77.33.128/27; LAN₈ :192.77.33.160/27。
- ◇ LAN₂ :192.77.33.192/28; LAN₄ :192.77.33.208/28。
- ◇ LAN₅ :192.77.33.224/29(考虑到以太网上可能还要再接几台主机，故留有余地)。
- ◇ WAN₁ :192.77.33.232/30; WAN₂ :192.77.33.236/30; WAN₃ :192.77.33.240/30。

10. 谢希仁教材 4-29

下面的前缀中的哪一个和地址 152.7.77.159 及 152.31.47.252 都匹配?请说明理由。

- (1)152.40/13; (2)153.40/9; (3)152.64/12; (4)152.0/11。

答：

前缀(4)和这两个地址都匹配。

11. 谢希仁教材 4-31

已知地址块中的一个地址是 140.120.84.24/20。试求这个地址块中的最小地址和最大地址。地址掩码是什么?地址块中共有多少个地址?相当于多少个 C 类地址?

答：

最小地址是 140.120.80.0/20。

最大地址是 140.120.95.255/20。

地址数是 4096。相当于 16 个 C 类地址。

12. 谢希仁教材 4-33

某单位分配到一个地址块 136.23.12.64/26。现在需要进一步划分为 4 个一样大的子网。试问：

(1)每个子网的网络前缀有多长？

(2)每一个子网中有多少个地址？

(3)每一个子网的地址块是什么？

(4)每一个子网可分配给主机使用的最小地址和最大地址是什么？

答：

(1)每个子网前缀 28 位。

(2)每个子网的地址中有 4 位留给主机用，因此共有 16 个地址。

(3)四个子网的地址块以及每个子网分配给主机的最小地址和最大地址是：

第一个地址块 136.23.12.64/28,可分配给主机使用的

最小地址：136.23.12.65

最大地址：136.23.12.78

第二个地址块 136.23.12.80/28,可分配给主机使用的

最小地址：136.23.12.81

最大地址：136.23.12.94

第三个地址块 136.23.12.96/28,可分配给主机使用的

最小地址：136.23.12.97

最大地址：136.23.12.110

第四个地址块 136.23.12.112/28,可分配给主机使用的

最小地址：136.23.12.113

最大地址：136.23.12.126

13. 谢希仁教材 4-45

已知一个/27 网络中有一个地址是 167.199.170.82,问这个网络的网络掩码、网络前缀长度和网络后缀长度是多少？网络前缀是多少？

答：

网络掩码是 255.255.255.224。网络前缀长度是 27,网络后缀长度是 5。网络前缀是 167.199.170.64/27。

1. 谢希仁教材 5-12

一个应用程序用 UDP，到了 IP 层把数据报再划分为 4 个数据报片发送出去。结果前两个数据报片丢失，后两个到达目的站。过了一段时间应用程序重传 UDP，而 IP 层仍然划分为 4 个数据报片来传送。结果这次前两个到达目的站而后两个丢失。试问：在目的站能否将这两次传输的 4 个数据报片组装成为完整的数据报？假定目的站第一次收到的后两个数据报片仍然保存在目的站的缓存中。

答：

不行。重传时，IP 数据报的标识字段会有另一个标识符。标识符相同的 IP 数据报片才能组装成一个 IP 数据报。前两个 IP 数据报片的标识符与后两个 IP 数据报片的标识符不同，因此不能组装成一个 IP 数据报。

2. 谢希仁教材 5-13

一个 UDP 用户数据报的数据字段为 8192 字节。在链路层要使用以太网来传送。试问应当划分为几个 IP 数据报片？说明每一个 IP 数据报片的数据字段长度和片偏移字段的值。

答：

6 个。数据字段的长度：前 5 个是 1480 字节，最后一个为 800 字节。片偏移字段的值分别是：0、185、370、555、740 和 925。

3. 谢希仁教材 5-14

一个 UDP 用户数据报的首部的十六进制表示是：06 32 00 45 00 1C E2 17。试求源端口、目的端口、用户数据报的总长度、数据部分长度。这个用户数据报是从客户发送给服务器还是从服务器发送给客户？使用 UDP 的这个服务器程序是什么？

答：

源端口为 1586，目的端口为 69，UDP 用户数据报总长度为 28 字节，数据部分长度为 20 字节。此 UDP 用户数据报是从客户发给服务器的(因为目的端口号 < 1023，是熟知端口)。服务器程序是 TFTP。

4. 谢希仁教材 5-23

主机 A 向主机 B 连续发送了两个 TCP 报文段，其序号分别是 70 和 100。试问：

(1) 第一个报文段携带了多少字节的数据？

(2) 主机 B 收到第一个报文段后发回的确认中的确认号应当是多少？

(3) 如果 B 收到第二个报文段后发回的确认中的确认号是 180，试问 A 发送的第二个报文段中的数据有多少字节？

(4) 如果 A 发送的第一个报文段丢失了，但第二个报文段到达了 B。B 在第二个报文段到达后向 A 发送确认。试问这个确认号应为多少？

答:

- (1)第一个报文段的数据序号是 70 到 99, 共 30 字节的数据。
- (2)确认号应为 100。
- (3)80 字节。
- (4)70。

5. 谢希仁教材 5-35

用 TCP 通过速率为 1Gbit/s 的链路传送一个 10 MB 的文件。假定链路的往返时延 $RTT = 50ms$ 。TCP 选用了窗口扩大选项, 使窗口达到可选用的最大值。在接收端, TCP 的接收窗口为 1 MB(保持不变), 而发送端采用拥塞控制算法, 从慢开始传送。假定拥塞窗口以分组为单位计算, 在一开始发送 1 个分组, 而每个分组长度都是 1KB。假定网络不会发生拥塞和分组丢失, 并且发送端发送数据的速率足够快, 因此发送时延可以忽略不计, 而接收端每一次收完一批分组后就立即发送确认 ACK 分组。

- (1)经过多少个 RTT 后, 发送窗口大小达到 1 MB?
- (2)发送端把整个 10 MB 文件传送成功共需要经过多少个 RTT? 传送成功是指发送完整个文件, 并收到所有的确认。TCP 扩大的窗口够用吗?
- (3)根据整个文件发送成功所花费的时间(包括收到所有的确认), 计算此传输链路的有效吞吐率。链路带宽的利用率是多少?

答:

- (1)10RTT; (2)14RTT; (3)有效吞吐率=119.8 Mbit/s。链路带宽利用率=11.98%。

6. 谢希仁教材 5-39

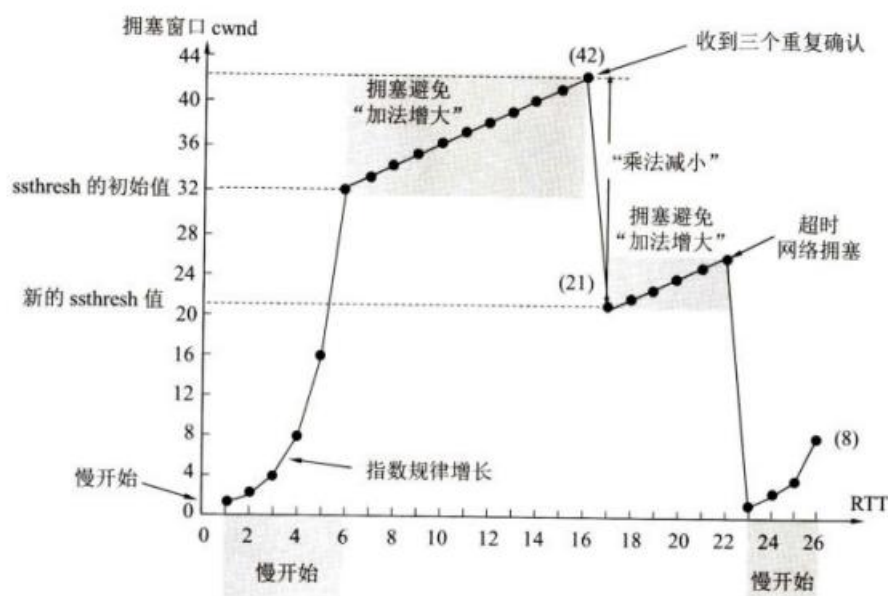
TCP 的拥塞窗口 cwnd 大小与 RTT 的关系如下所示:

cwnd	1	2	4	8	16	32	33	34	35	36	37	38	39
RTT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
cwnd	40	41	42	21	22	23	24	25	26	1	2	4	8
RTT	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

- (1)试画出如图所示的拥塞窗口与 RTT 的关系曲线。
- (2)指明 TCP 工作在慢开始阶段的时间间隔。
- (3)指明 TCP 工作在拥塞避免阶段的时间间隔。
- (4)在 $RTT=16$ 和 $RTT=22$ 之后发送方是通过收到三个重复的确认还是通过超时检测到丢失了报文段?
- (5)在 $RTT=1$ 、 $RTT=18$ 和 $RTT=24$ 时, 门限 ssthresh 分别被设置为多大?
- (6)在 RTT 等于多少时发送出第 70 个报文段?
- (7)假定在 $RTT=26$ 之后收到了三个重复的确认, 因而检测出了报文段的丢失, 那么拥塞窗口 cwnd 和门限 ssthresh 应设置为多大?

答：

(1) 拥塞窗口与 RTT 的关系曲线如图所示。



(2) 慢开始时间间隔：[RTT=1, RTT=6] 和 [RTT=23, RTT=26]。

(3) 拥塞避免时间间隔：[RTT=6, RTT=16] 和 [RTT=17, RTT=22]。

(4) 在 RTT=16 之后发送方通过收到三个重复的确认检测到丢失了报文段。在 RTT=22 之后发送方是通过超时检测到丢失了报文段。

(5) 在 RTT=1 发送时，门限 ssthresh 被设置为 32。

在 RTT=17 发送时，门限 ssthresh 被设置为发生拥塞时的一半，即 21。

在 RTT=23 发送时，门限 ssthresh 是 13。

(6) 第 70 报文段在 RTT=7 发送出。

(7) 拥塞窗口 cwnd 和门限 ssthresh 应设置为 8 的一半，即 4。

7. 谢希仁教材 5-41

用 TCP 传送 512 字节的数据。设窗口为 100 字节，而 TCP 报文段每次也是传送 100 字节的数据。再设发送方和接收方的起始序号分别选为 100 和 200，试画出类似于三报文握手的工作示意图，即包含客户和服务器的状态，以及每个报文的部分字段值。从连接建立阶段到连接释放都要画上(可不考虑传播时延)。

答：

要传送的 512 B 的数据必须划分为 6 个报文段传送，前 5 个报文段各 100 B，最后一个报文段传送 12 B。

【----- 进行三报文握手 -----】

报文段 #1：A 发起主动打开，发送 SYN 报文段，除以 SYN-SENT 状态，并选择初始序号 seq = 100。B 处于 LISTEN 状态。

报文段 #2：B 确认 A 的 SYN 报文段，因此 ack = 101（是 A 的初始序号加 1）。B 选择初始序号 seq = 200。B 进入到 SYN-RCVD 状态。

报文段 #3：A 发送 ACK 报文段来确认报文段 #2，ack = 201（是 B 的初始序号加 1）。A 没有在这个报文段中放入数据。因为 SYN 报文段 #1 消耗了一个序号，因此报文段 #3 的序号是 seq = 101。这样，A 和 B 都进入了 ESTABLISHED 状态。

【----- 三报文握手完成 -----】

【----- 开始数据传送 -----】

报文段 #4：A 发送 100 字节的数据。报文段 #3 是确认报文段，没有数据发送，报文段 #3 并不消耗序号，因此报文段 #4 的序号仍然是 seq = 101。A 在发送数据的同时，还确认 B 的报文段 #2，因此 ack = 201。

报文段 #5：B 确认 A 的报文段 #4。由于收到了从序号 101 到 200 共 100 字节的数据，因此在报文段 #5 中，ack = 201（所期望收到的下一个数据字节的序号）。B 发送的 SYN 报文段 #2 消耗了一个序号，因此报文段 #5 的序号是 seq = 201，比报文段 #2 的序号多了一个序号。在这个报文段中，B 给出了接收窗口 rwnd = 100。

从报文段 #6 到报文段 #13 都不需要更多的解释。到此为止，A 已经发送了 500 字节的数据。值得注意的是，B 发送的所有确认报文都不消耗序号，其序号都是 seq = 201。

报文段 #14：A 发送最后 12 字节的数据，报文段 #14 的序号是 seq = 601。

报文段 #15：B 发送对报文段 #14 的确认。B 收到从序号 601 到 602 共 12 字节的数据。因此，报文段 #15 的确认号是 ack = 613（所期望收到的下一个数据字节的序号）。需要注意的是，从报文段 #5 一直到报文段 #15，B 一共发送了 6 个确认，都不消耗序号，因此 B 发送的报文段 #15 的序号仍然和报文段 #5 的序号一样，即 seq = 201。

【-----数据传送完毕-----】

【-----进行四报文挥手-----】

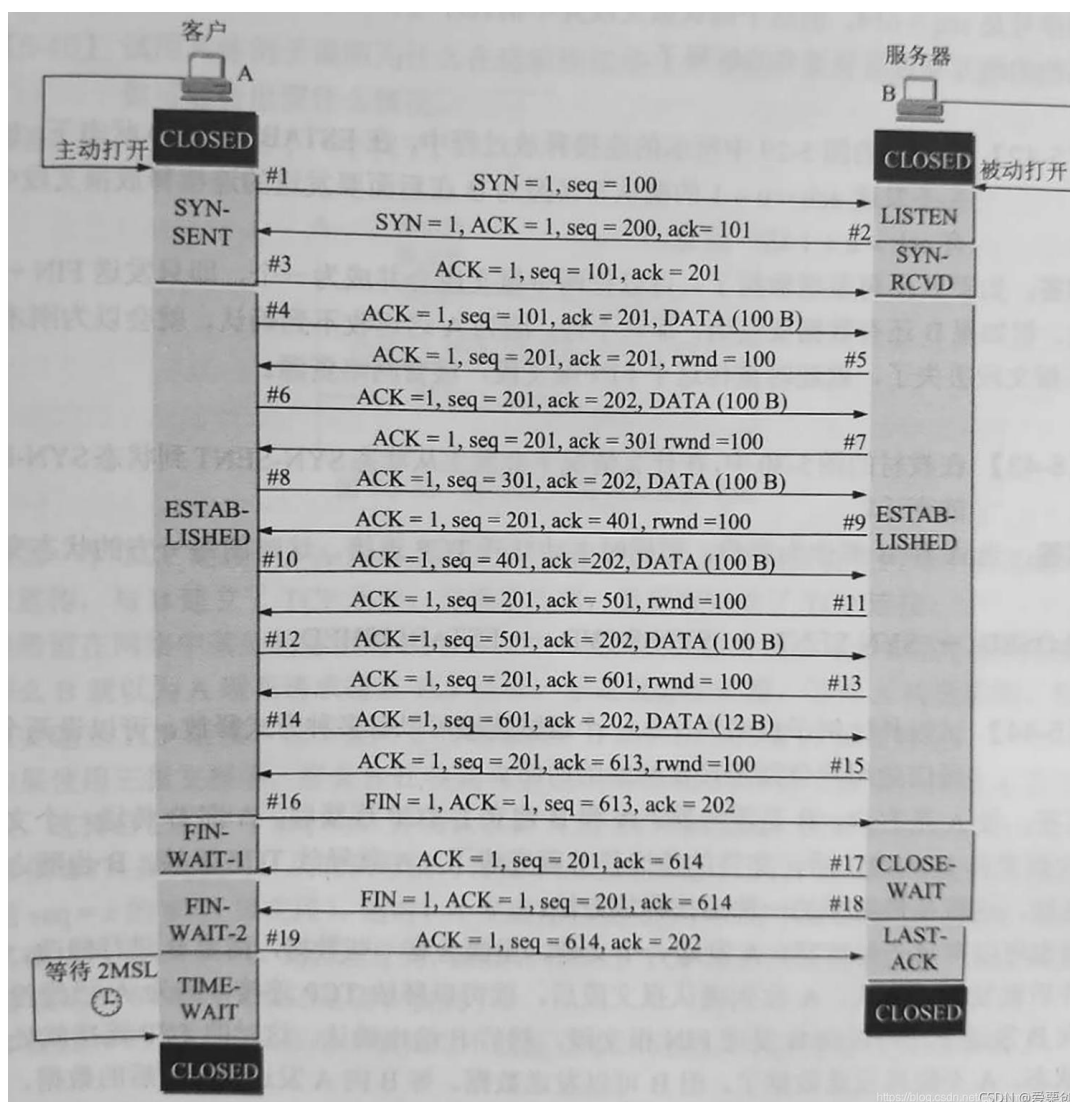
报文段 #16：A 发送 FIN 报文段。前面所发送的数据报文段 #14 已经用掉了序号 601 到 612，因此报文段 #16 序号是 seq = 613。A 进入 FIN-WAIT-1 状态。报文段 #16 的确认号 ack = 202。

报文段 #17：B 发送确认报文段，确认号为 614，进入 CLOSE-WAIT 状态。由于确认报文段不消耗序号，因此报文段 #17 的序号仍然和报文段 #15 的一样，即 seq = 201

报文段 #18：B 没有数据要发送，就发送 FIN 报文段 #18，其序号仍然是 seq = 201。这个 FIN 报文会消耗一个报文。

报文段 #19：A 发送最后的确认报文段。报文段 #16 的序号是 613，已经消耗掉了。因此，现在的序号是 seq = 614。但这个确认报文段并不消耗序号。

【-----四报文挥手结束-----】



1. 关于 P2P 结构,以下哪一项描述是错误的
A、web、FTP、e-mail 等互联网服务采用 P2P 结构
B、主机之间直接通信
C、每一个主机既是服务请求者,也是服务提供者
D、主机地位是平等的
答: A
2. 在 DNS 解析过程中,如果客户端配置使用递归查询,查询过程的步骤通常包括哪些?
A. 客户端直接与根域名服务器、顶级域名服务器和权威域名服务器逐个交互
B. 客户端只与本地 DNS 服务器交互,本地 DNS 服务器代表客户端完成查询
C. 客户端直接与权威域名服务器交互,忽略中间的 DNS 服务器
D. 客户端与根域名服务器进行一次交互,然后直接与权威域名服务器交互
答: B
3. 由新启动的域名服务器对 www.cs.washington.edu 进行迭代解析,解析后,该域名服务器缓存了哪一些域名服务器的域名相关信息?
A、www.cs.washington.edu, cs.washington.edu, washington.edu, and .edu
B、www.cs.washington.edu
C、www.cs.washington.edu, and cs.washington.edu
D、cs.washington.edu, washington.edu, and .edu
答: A
4. 下面关于 FTP 的叙述中错误的是
A、FTP 服务器默认在 21 号端口上监听客户端连接
B、FTP 中的控制连接在一次会话过程中一直保持
C、FTP 协议在会话过程中保持会话的状态
D、FTP 中的数据连接只能是由客户端向服务器端发起的
答: D。
FTP 的数据连接,如果是主动模式,则是服务器连接到客户端。
5. 下面关于电子邮件系统的叙述中错误的是 ()
A、SMTP 协议只能传送 ASCII 格式的文本信息
B、alice@qq.com 发送给 bob@163.com 的邮件将从 alice 的终端直接送到 163.com 的邮件服务器上
C、SMTP 是一种“推”协议,POP3 是一种“拉”协议
D、MIME 的重要作用是把非 ASCII 数据转换成 ASCII 数据
答: B。
Alice 发送给 Bob 的邮件并不是直接从 Alice 的终端送到 163.com 的邮件服务器上,而是通过各自的邮件服务器进行中继传输的。

6. 万维网(WWW)是资源的网络,它主要由哪些部分构成?

- A、HTML、URL 和 HTTP
- B、资源、统一资源定位符和传输协议
- C、HTTP、ASP 和 JSP
- D、静态/动态页面、HTTP 和 JSP

答: B

7. 谢希仁教材 6-09

假定一个超链从一个万维网文档链接到另一个万维网文档时,由于万维网文档上出现了差错而使得超链指向一个无效的计算机名字。这时浏览器将向用户报告什么?

答: 404 Not Found.

8. 谢希仁教材 6-10

假定要从已知的 URL 获得一个万维网文档。若该万维网服务器的 IP 地址开始时并不知道。试问: 除 HTTP 外,还需要什么应用层协议和传输层协议?

答:

应用层协议需要 DNS。

传输层协议需要 UDP (DNS 使用) 和 TCP (HTTP 使用)。

9. 谢希仁教材 6-14

请判断以下论述的正误,并简述理由。

(1) 用户点击某网页,该网页有 1 个文本文件和 3 个图片。此用户可以发送一个请求就可以收到 4 个响应报文。

(2) 有以下两个不同的网页:www.abc.com/m1.html 和 www.abc.com/m2.html。用户可以使用同一个 HTTP/1.1 持续连接传送对这两个网页的请求和响应。

(3) 在客户与服务器之间的非持续连接,只需要用一个 TCP 报文段就能够装入两个不同的 HTTP 请求报文。

(4) 在 HTTP 响应报文中的主体实体部分永远不会是空的。

答:

(1) 错误。HTTP 协议中,每一个请求对应一个响应。如果网页包含多个资源(如 1 个文本文件和 3 个图片),则用户需要发送多个请求才能获得所有资源。每个资源(文本文件或图片)需要一个独立的 HTTP 请求和相应的响应。因此,用户需要发送 4 个请求才能收到 4 个响应报文。

(2) 正确。

(3) 错误。非持续连接(也称为短连接)指的是每个 HTTP 请求和响应都会建立一个新的 TCP 连接。在这种情况下,一个 TCP 连接只能承载一个 HTTP 请求和响应,完成后就会关闭。因此,不能通过一个 TCP 报文段装入两个不同的 HTTP 请求报文。每个 HTTP

请求需要一个单独的 TCP 连接。

(4) 错误。HTTP 响应报文的主体实体部分（即消息体）可以为空。例如，对于某些状态码（如 204 No Content 或 304 Not Modified），HTTP 响应报文没有主体实体部分。这些响应仅包含头部信息，没有消息体。因此，主体实体部分不一定总是非空的。

10. 谢希仁教材 6-15

假定你在浏览器上点击一个 URL，但是这个 URL 的 IP 地址以前并没有缓存在本地主机上。因此需要用 DNS 自动查找和解析。假定要解析到所有要找到的 URL 的 IP 地址共经过 n 个 DNS 服务器，所经过的时间分别为 $RTT_1, RTT_2, \dots, RTT_n$ 。假定从要找的网页上只需读取一个很小的图片（即忽略这个小图片的传输时间）。从本地主机到这个网页的往返时间是 RTT_w 。试问从点击这个 URL 开始，一直到本地主机的屏幕上出现所读取的小图片，一共要经过多少时间？

答：

解析 IP 地址需要的时间是 $RTT_1 + RTT_2 + \dots + RTT_n$ 。

建立 TCP 连接和请求万维网文档需要 $2RTT_w$ 。

需要的总时间为 $2RTT_w + RTT_1 + RTT_2 + \dots + RTT_n$ 。

11. 谢希仁教材 6-16

在上题中假定同一台服务器的 HTML 文件中有链接了三个非常小的对象。若忽略这些对象的发送时间，试计算客户点击读取这些对象所需的时间。

(1) 没有并行 TCP 连接的非持续 HTTP；

(2) 使用并行 TCP 连接的非持续 HTTP；

(3) 流水线方式的持续 HTTP。

答：

(1) 所需时间 = $8RTT_w + RTT_1 + RTT_2 + \dots + RTT_n$ 。

(2) 所需时间 = $4RTT_w + RTT_1 + RTT_2 + \dots + RTT_n$ 。

(3) 所需时间 = $3RTT_w + RTT_1 + RTT_2 + \dots + RTT_n$ 。