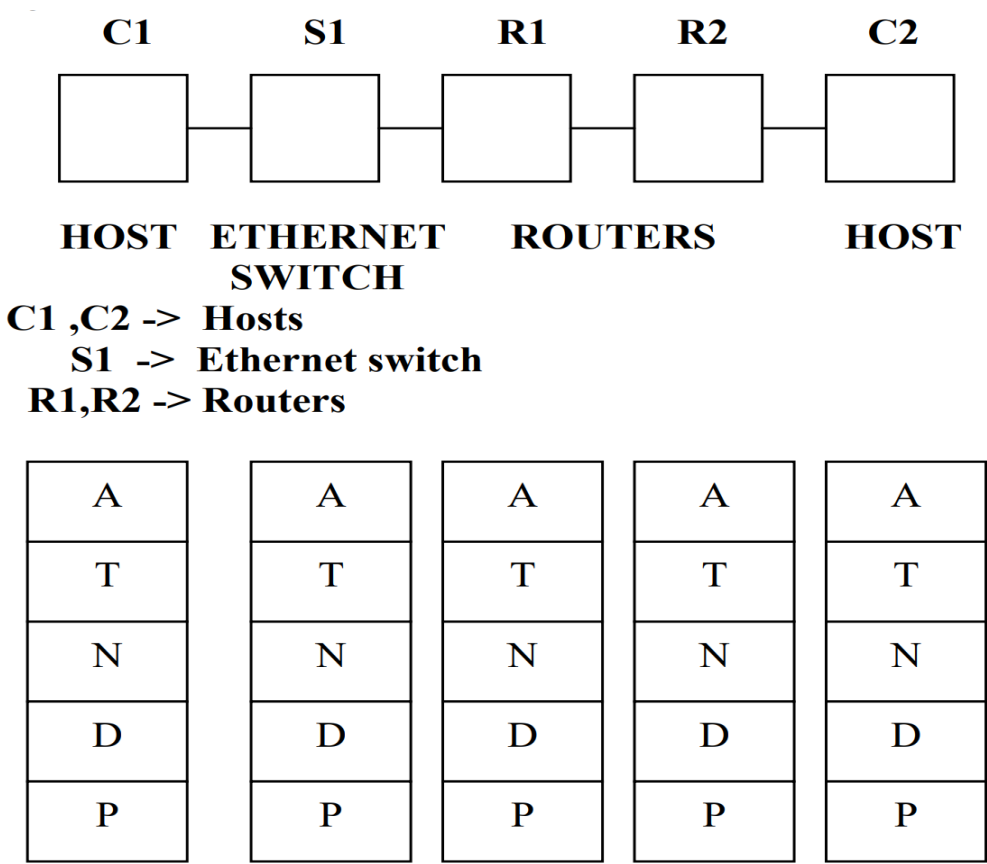


第一章习题

1.确定下面每个功能最可能属于TCP/IP模型的哪一层。应用层写“A”，传输层写“T”，网络层写“N”，数据链路层写“D”，物理层写“P”。

功能	层次
在两个直接连接的节点之间恢复丢失的数据包	D
在多跳分隔的两个节点之间恢复丢失的数据包	T
定义用于连接到网线的连接器中的引脚输出	P
为可视化的分组监视程序的提供接口	A
在连接到单个介质的多个节点之间进行仲裁	D
在多跳分隔的两个节点之间的寻找最短路径	N
定义WLAN的工作频率	P
定义MTU的大小	D

2.在下图中标注出一个连接中的数据包从C1到C2所遍历的正确的层次。



要传输一个d字节大小的文件。每个链路的带宽为b位/秒，传播延迟为f秒。路径上的所有路由器均采用存储转发。分组的总大小为P字节，其中h字节为分组的头部。最后一个分组总是被填充满。该传输没有启动时间。分组连续发送，不会丢失。不存在排队延迟或处理开销，并且忽略由接收方发回的确认。

1) 发送了多少个数据包?

$$N = \lceil \frac{d}{p-h} \rceil$$

2) 传输该文件经过一个链路的延迟是多少（从发送方开始传输到接收方接收到所有内容）？

$$D1 = f + N * P \text{ bytes} / b \text{ bps} = f + 8NP/b$$

3) 一个分组经过n个链路到达目的地的延迟是多少？

$$D2 = n * (f + 8P/b)$$

4) 跨n个链路传输整个文件的延迟是多少？

$$D3 = n * (f + 8P/b) + (N-1)8P/b$$

请给出DNS域名服务运行在UDP而不是TCP之上的一个理由。

连接建立存在开销；短时间交互适合使用UDP。

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18字节。试求数据的传输效率。

若应用层数据长度为1000字节，数据的传输效率是多少？

数据长度为100字节时，

传输效率 = $100 / (100 + 20 + 20 + 18) = 63.3\%$

数据长度为1000字节时，

传输效率 = $1000 / (1000 + 20 + 20 + 18) = 94.5\%$

有两个网络，它们都提供可靠的面向连接的服务。一个提供可靠的字节流，另一个提供可靠的报文流。请问二者是否相同？为什么？

不相同。在报文流中，网络保持对报文边界的跟踪；而在字节流中，网络不做这样的跟踪。例如，一个进程向一条连接写了1024 字节，稍后又写了另外1024 字节。那么接收方共读了2048 字节。对于报文流，接收方将得到两个报文，每个报文1024 字节。而对于字节流，报文边界不被识别。接收方把全部的2048 字节当作一个整体，在此已经体现不出原先有两个不同的报文的事实。

什么是通信子网和资源子网？试述这种结构的特点以及各部分的作用是什么？

通信控制处理机构成的通信子网是网络的核心层，或骨干层，是网络的重要组成部分。

网络上的主机负责数据处理，是计算机网络资源的拥有者，它们组成了网络的资源子网，是网络的外层，通信子网为资源子网提供信息传输服务，资源子网上用户间的通信是建立在通信子网的基础上。

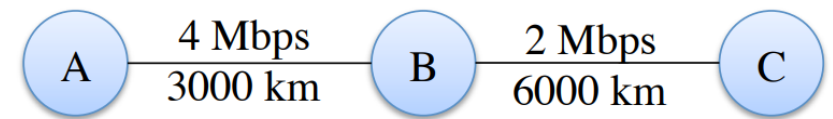
没有通信子网，网络不能工作，而没有资源子网，通信子网的传输也失去了意义，两者合起来组成了统一的资源共享的两层网络。将通信子网的规模进一步扩大，使之变成社会公有的数据通信网。

总线结构是否适合于广域网络，为什么？

不适合。总线型拓扑结构只适合采用广播式通信方式，而由于广域网规模过大，连接节点数量过大无法使用广播式通信方式。

第二章习题

分组交换中的延迟



假设所有分组都是使用分组交换发送的，中间节点在转发分组时使用存储转发。

(a) 如果A向B发送500字节分组，传输延迟是多少？

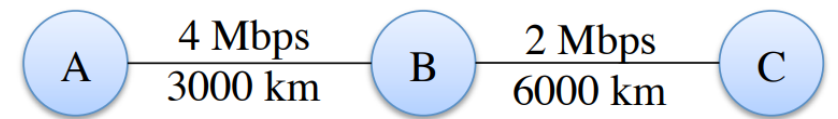
$$Dt_{A \rightarrow B} = 500 * 8 / 4 * 10^6 \text{bps} = 1 \text{ms}$$

(b) 如果A向B发送500字节分组，传播延迟是多少？

$$Dp_{A \rightarrow B} = 3000 \text{km} / 3 * 10^8 \text{m/s} = 10 \text{ms}$$

(c) 如果A向B发送500字节分组，端到端延迟是多少？

$$Dt_{A \rightarrow B} + Dp_{A \rightarrow B} = 1 \text{ms} + 10 \text{ms} = 11 \text{ms}$$



(d) 如果A向B发送1000字节分组，则端到端延迟是多少？哪部分延迟受分组大小的影响？

$$Dt'_{A \rightarrow B} = 1000 \times 8 / 4 \times 10^6 \text{bps} = 2 \text{ms}, \quad Dp_{A \rightarrow B} = 10 \text{ms} \text{ 不变}$$

$$Dt'_{A \rightarrow B} + Dp_{A \rightarrow B} = 10 \text{ms} + 2 \text{ms} = 12 \text{ms}$$

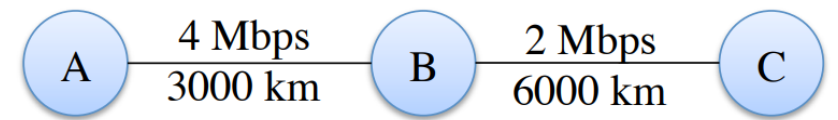
(e) 如果A向C发送500字节分组，则端到端延迟是多少？

$$\begin{aligned} & Dt_{A \rightarrow B} + Dp_{A \rightarrow B} + Dt_{B \rightarrow C} + Dp_{B \rightarrow C} \\ &= 1 \text{ms} + 10 \text{ms} + 500 \times 8 / 2 \times 10^6 \text{bps} + 6000 \text{km} / 3 \times 10^8 \text{m/s} \\ &= 1 \text{ms} + 10 \text{ms} + 2 \text{ms} + 20 \text{ms} = 33 \text{ms} \end{aligned}$$

(f) 如果A向C发送两个500字节分组，一个分组发完再发另一个分组，则端到端延迟是多少？

$$\begin{aligned} & Dt_{A \rightarrow B} + Dp_{A \rightarrow B} + 2 \times Dt_{B \rightarrow C} + Dp_{B \rightarrow C} \\ &= 1 \text{ms} + 10 \text{ms} + 2 \times 2 \text{ms} + 20 \text{ms} = 35 \text{ms} \end{aligned}$$

电路交换中的延迟



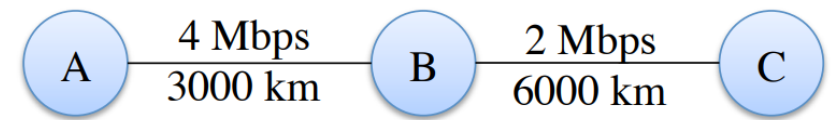
现在，假设所有分组都是使用电路交换发送的。假设我们使用的是虚拟电路交换，即首先使用一个电路建立分组在分组交换网络上建立电路。

(a) 建立从A到C的电路需要多久？假设中间节点可以即时处理电路建立消息，且电路建立消息为100字节。

$$\begin{aligned} D_{A \rightarrow C} &= Dt_{A \rightarrow B} + Dp_{A \rightarrow B} + Dt_{B \rightarrow C} + Dp_{B \rightarrow C} \\ &= 100 \cdot 8 / 4 \cdot 10^6 \text{bps} + 10 \text{ms} + 100 \cdot 8 / 2 \cdot 10^6 \text{bps} + 20 \text{ms} \\ &= 0.2 \text{ms} + 10 \text{ms} + 0.4 \text{ms} + 20 \text{ms} = 30.6 \text{ms} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{C \rightarrow A} &= Dt_{C \rightarrow A} + Dp_{C \rightarrow B} + Dp_{B \rightarrow A} \\ &= 100 \cdot 8 / 2 \cdot 10^6 \text{bps} + 10 \text{ms} + 20 \text{ms} \\ &= 0.4 \text{ms} + 10 \text{ms} + 20 \text{ms} = 30.4 \text{ms} \end{aligned}$$

$$D_s = D_{A \rightarrow C} + D_{C \rightarrow A} = 30.6 + 30.4 = 61 \text{ms}$$

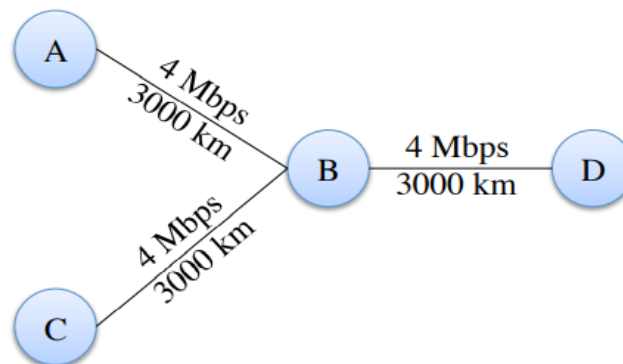


(b) 电路建立后，如果A将500字节分组发送到C，则端到端延迟是多少？

$$\begin{aligned} & D_{t_{A \rightarrow C}} + D_{p_{A \rightarrow B}} + D_{p_{B \rightarrow C}} \\ &= 500 \times 8 / 2 \times 10^6 \text{bps} + 10\text{ms} + 20\text{ms} \\ &= 2\text{ms} + 10\text{ms} + 20\text{ms} = 32\text{ms} \end{aligned}$$

(c) 现在，假设A需要向C发送1MB分组。电路交换的总延迟是什么，包括建立电路的时间（在（a）中相同的假设下）。

$$\begin{aligned} & D_s + D_{t_{A \rightarrow C}} + D_{p_{A \rightarrow B}} + D_{p_{B \rightarrow C}} \\ &= 61\text{ms} + 1 \times 10^6 \times 8 / 2 \times 10^6 \text{bps} + 10\text{ms} + 20\text{ms} \\ &= 61\text{ms} + 4\text{s} + 10\text{ms} + 20\text{ms} = 4.091\text{s} \end{aligned}$$



在上面的拓扑中，假设A在 $t=0$ 将两个500字节分组发送到D，并且C在1.5毫秒后将单个500字节分组发送到D。1.5毫秒。来自A的第一个分组的端到端延迟是什么？来自C的第一个分组的端到端延迟是什么？

$$\begin{aligned}
 D_{A \rightarrow D} &= D_{t_{A \rightarrow B}} + D_{p_{A \rightarrow B}} + D_{t_{B \rightarrow D}} + D_{p_{B \rightarrow D}} \\
 &= 500 \cdot 8 / 4 \cdot 10^6 \text{bps} + 3000 \text{km} / 3 \cdot 10^8 \text{m/s} + 100 \cdot 8 / 2 \cdot 10^6 \text{bps} + 3000 \text{km} / 3 \cdot 10^8 \text{m/s} \\
 &= 1 \text{ms} + 10 \text{ms} + 1 \text{ms} + 10 \text{ms} = 22 \text{ms}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{C的的第一个分组到达B的时间点} &= 1.5 \text{ms} + D_{t_{C \rightarrow B}} + D_{p_{C \rightarrow B}} = 1.5 \text{ms} + 500 \cdot 8 / 4 \cdot 10^6 \text{bps} + 3000 \text{km} / 3 \cdot 10^8 \text{m/s} \\
 &= 1.5 \text{ms} + 1 \text{ms} + 10 \text{ms} = 12.5 \text{ms}
 \end{aligned}$$

B发送完A的第二个分组的时间点是13ms

$$\begin{aligned}
 \text{C的的第一个分组到达D的时间点} &= 13 \text{ms} + D_{t_{B \rightarrow D}} + D_{p_{B \rightarrow D}} \\
 &= 13 \text{ms} + 500 \cdot 8 / 4 \cdot 10^6 \text{bps} + 3000 \text{km} / 3 \cdot 10^8 \text{m/s} \\
 &= 13 \text{ms} + 1 \text{ms} + 10 \text{ms} = 24 \text{ms}
 \end{aligned}$$

$$D_{C \rightarrow D} = 24 \text{ms} - 1.5 \text{ms} = 22.5 \text{ms}$$

第三章习题

1.速率为9600bps的调制解调器，若采用无校验位、一位停止位的异步传输方式，试计算2分钟内最多能传输多少个汉字(双字节)?

采用无校验位、一位停止位的异步传输方式传输一个字节数据，需加一位起始位，一位停止位，实际需传送10位。

2分钟内传输的数据为： $9600 * 2 * 60 = 1152000$ bit

每个汉字需要传输的位数为 $(8+1+1) * 2 = 20$ bit

2分钟内传输的汉字数为： $1152000 / 20 = 57600$

即2分钟内最多能传输57600个汉字。

2.如下所示协议中

(1) 当发送方在第12行语句中发送的一个数据帧丢失了,接收方执行何种动作?

(2) 当发送方在第12行语句中发送的一个数据帧丢失了,发送方执行何种动作?

(3) 当接收方正确收到发送方在第12行语句中发送的一个数据帧,并发送了该数据帧的确认,但该确认帧丢失了,发送方执行何种动作?

```

01 void protocol4 (void) {
02     seq_nr next_frame_to_send, frame_expected;
03     frame r, s;
04     packet buffer;
05     event_type event;
06
07     next_frame_to_send = 0; frame_expected = 0;
08     from_network_layer(&buffer);
09     s.info = buffer;
10     s.seq = next_frame_to_send;
11     s.ack = 1 - frame_expected;
12     to_physical_layer(&s); start_timer(s.seq);
13
14     while (true) {
15         wait_for_event(&event);
16         if (event == frame_arrival) {
17             from_physical_layer(&r);
18             if (r.seq == frame_expected){
19                 to_network_layer(&r.info);
20                 inc(frame_expected);
21             }
22             if (r.ack == next_frame_to_send){
23                 from_network_layer(&buffer);
24                 inc(next_frame_to_send);
25             }
26         }
27         s.info = buffer;
28         s.seq = next_frame_to_send;
29         s.ack = 1 - frame_expected;
30         to_physical_layer(&s); start_timer(s.seq);
31     }
32 }

```

(1) 接收方不做任何动作，等待事件发生。

(2) 定时器超时，重发该数据帧。

(3) 定时器超时，重发该数据帧。

3. 在一个负载很重（双向流量）的50kbps的卫星信道上使用协议6，数据帧包含40位的头和3960位的数据，请计算一下花费在头部和重传的开销占多少比例。

假设从地球到卫星的信号传输时间为270ms。ACK帧永远不会发生（捎带确认总是很及时）。NAK帧为40位。数据帧的错误率为1%，NAK帧的错误率忽略不计。序列号为8位。

1%的帧需要重传造成的开销： $1\% \times 4000 = 40$ 比特，

每个正常的帧头部开销：40比特，

NAK的开销： $40 \times 1\% = 0.4$ 比特，

总的每帧控制开销为80.4比特，

开销比例为 $80.4 / (3960 + 80.4) = 1.99\%$ 。

4.上一题中，计算信道利用率为100%时需要连续发送的帧的个数。

单向传输延迟 $L/B = 4000/50\text{Kbps} = 80\text{ms}$

单向传播延迟 270ms

注意：采用稍待确认，

信道利用率为100%时需要连续发送的帧数：

$$80 * N / 2 * (80 + 270) = 1, N = 700 / 80 = 8.75$$

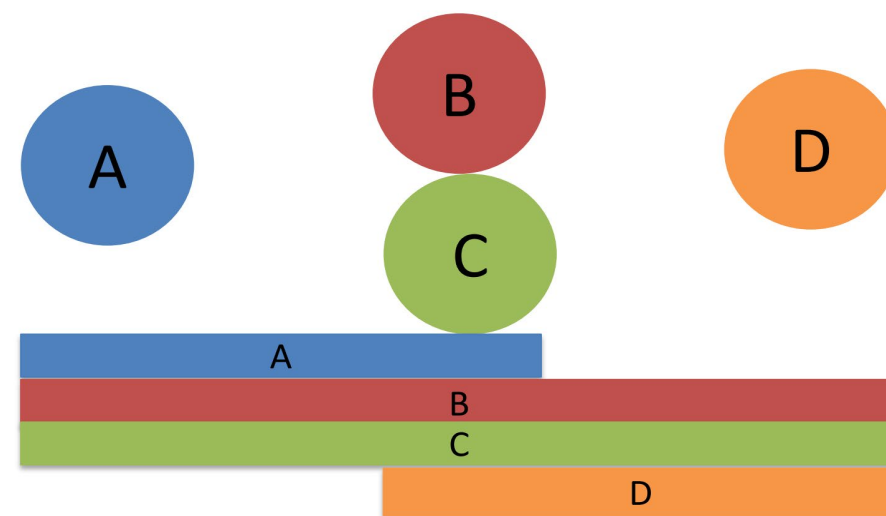
第四章习题

1.考虑以下无线通信场景，B和 C 可以听到 A，但 D 听不到；B 和 C 可以听到 D，但 A 听不到；每个节点都能听到 B 和 C 的声音。水平条表示这些范围。

假设 A 和 B 正在使用 MACA (Multiple Access with Collision Avoidance)，且 A 正在向 B 发送多个数据包（但 B 不需要发送回确认）。C 希望将数据传输给 D（同样，D 不需要发送回确认）。

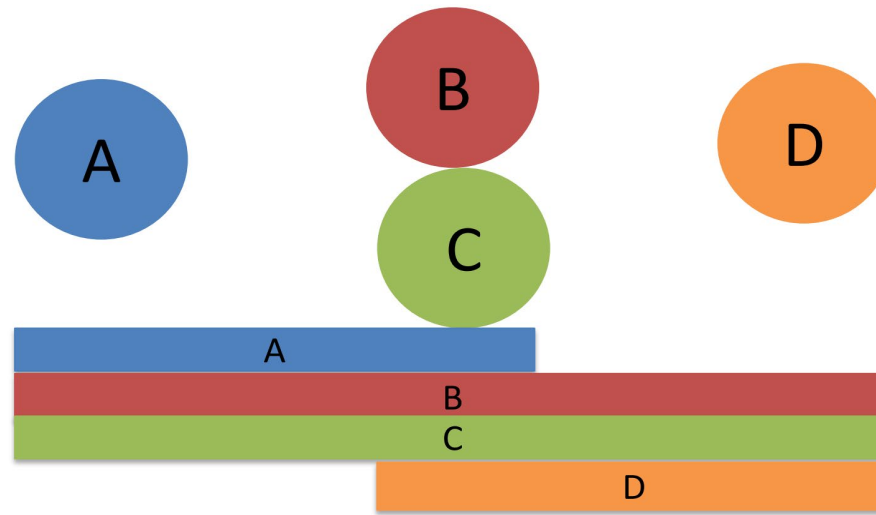
a) C 可以通过忽略 A 和 B 之间交换的 CTS 消息提高其性能吗？请解释原因（此处"忽略"意味着当C听到 CTS 消息时，不采取应该采取的操作）。

D 听不到 A 发送的消息，因此 C 可以自由发送给 D。
即使 C 本地将发生与 A 发送的消息冲突，D 仍将成功接收 C 的消息。
因此，C 可以通过一直传输来显著提高其性能。



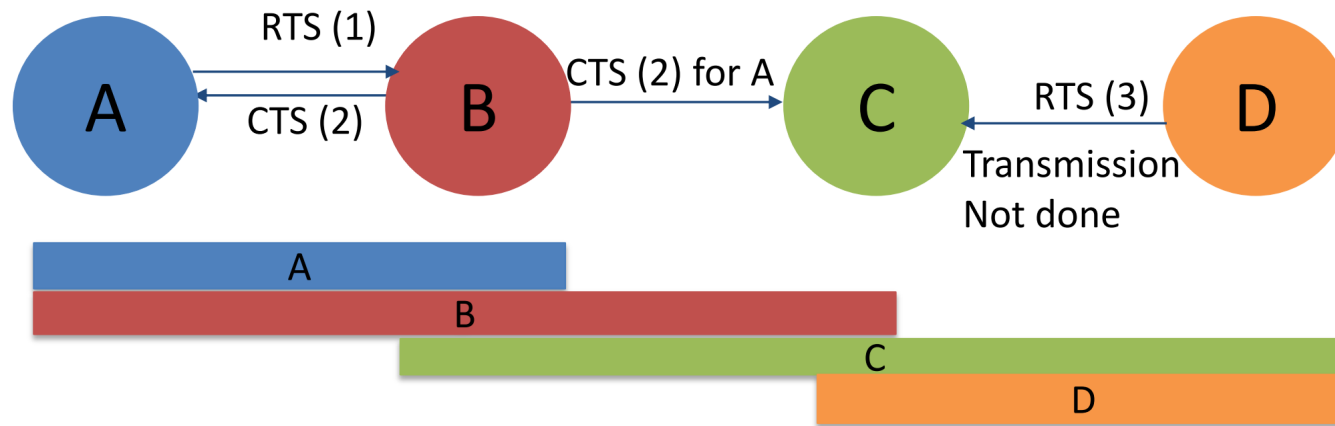
b) 现在考虑B将数据发送给 A。D可以通过忽略 A 和 B 之间交换的 CTS 消息提高其性能吗？请解释原因。

每当 B 发送到 A 时，C 都会听到它，在这些时候由于冲突D都无法将数据有效地传输到 C。因此D 无法提高其性能。



2.考虑以下场景，A 想要发送到 B，D 想要发送到 C。如果 A 和 B 成功进行了 RTS/CTS 交换，D 能否发送到 C？画出 RTS/CTS 数据包顺序。

不能。A 将 RTS 发送到 B，B 将 CTS 发送到 A 和 C。C 侦听到该消息，当 D 的 RTS 出现时，它不会发送 CTS 回来，传输无法完成。请注意，此传输是安全的，但 RTS/CTS 排除了它。



第五章习题

1.某大学有电子工程系、计算机系、数学系、化学系，其中化学系拥有123.100.0.0/18的地址块，数学系拥有123.100.128.0/18的地址块。假设使用CIDR寻址方案。

1) 请写出数学系的子网掩码、地址范围和该地址范围中地址的个数。

子网掩码：255.255.192.0

地址范围：123.100.128.0-123.100.191.255

地址个数： 2^{14}

2) 为电子工程系和计算机系预留的地址是123.100.192.0/18，请为上面两个系分配相等的地址空间，给出分配方案。

123.100.192.0/19和123.100.224.0/19

3) 包含上面所有四个系（电子工程系、计算机系、数学系、化学系）的最长前缀是什么？

上面四个系的地址块和第三个字节的二进制形式分别如下：

化学系: 123.100.0.0/18 00000000

数学系: 123.100.128.0/18 100000000

电子工程和计算机系: 123.100.192.0/18 110000000

前16位相同。最长前缀为123.100.0.0/16

4) 假设要新设置一个系, 其人数不超过50, 假设为每个人分配一个地址, 请给出地址分配方案。

与50最接近的2的幂次方是 $2^6=64$ ，网络前缀长度 $32-6=26$ 。

前面四个系未使用的地址块为123.100.64.0/18，地址分配方案为123.100.64.0/26

2.回答如下问题:

1) 在路由器发送数据包之前必须更新哪些标头字段?

TTL, 校验和

2) 假设 IP 路由器中存在错误, 因此它不再更新生存时间字段。这会引起什么问题?

如果网络的路由配置中存在环路, 则此数据包将永远循环 (直到不正确的路由配置更改)。

3) 假设供应商 A 设计其路由器, 以便不再更新校验和。其基本原理是, 端点通常计算自己的校验和无论如何。这会引起什么问题?

根据端到端原则, 当端点已经计算自己的校验和时, 从网络中解除校验和是一个合理的选择。但是, 并非所有路由器供应商都忽略校验和, 因此, 如果供应商 A 路由器不在 IP 级别上更新校验和, 则其他路由器可能会认为数据包已损坏, 即使该数据包未损坏, 也会导致大量丢弃的数据包。

4) 为了加速数据包转发, 供应商 A 决定始终分析目标地址的标头的最后 4 个字节。这会引起什么问题?

在有选项字段时会产生问题。

5) 为什么需要 MF 标志?

数据包可能会乱序到达;MF标志告诉端主机哪个片段是最后一个片段。

6) 为什么我们不能只对分段进行编号, 而是记录分段偏移量?

如何对分段的分段进行编号? (如分段经过MTU更小的网络时, 分段需要进一步分段)

7) IP分段在 IPv6 中完全删除。为什么会这样?

分段和重新组装非常耗时。路由器删除超大数据包, 然后向主机发送"数据包太大"错误消息的替代方法更简单, 并且能够更快地转发。

3.下面是一个使用链路状态路由来彼此通信的路由器网络。每个链路旁边的数字表示经过该链路的成本。

(a) 在所有路由器都有了网络拓扑的全局视图之后，在每个节点上运行Dijkstra算法并填写下表。

行表示每个表中的迭代，列表示目的地。每个单元格使用如下记法：（成本，前一个节点），S为已经确定好最小成本路径的节点集合。

节点A的表已填好，注意这些表不是节点的路由表，最终只有每个表的最后一行起作用。突出显示的单元格被选中添加至S。

$\begin{smallmatrix} Dest \\ i \end{smallmatrix}$	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>S</i>
<i>1</i>	(2, A)	(1, A)	(7, A)	∞	AC
<i>2</i>	(2, A)	(1, A)	(3, C)	∞	ACB
<i>3</i>	(2, A)	(1, A)	(3, C)	(7, B)	ACBD
<i>4</i>	(2, A)	(1, A)	(3, C)	(6, D)	ACBDE

Node A

$\begin{smallmatrix} Dest \\ i \end{smallmatrix}$	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>S</i>
<i>1</i>	(2, B)	∞	∞	(5, B)	BA
<i>2</i>	(2, B)	(3, A)	(9, A)	(5, B)	BAC
<i>3</i>	(2, B)	(3, A)	(5, C)	(5, B)	BACD
<i>4</i>	(2, B)	(3, A)	(5, C)	(5, B)	BACDE

Node B

$\begin{smallmatrix} Dest \\ i \end{smallmatrix}$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>S</i>
<i>1</i>	(1, C)	∞	(2, C)	∞	CA
<i>2</i>	(1, C)	(3, A)	(2, C)	∞	CAD
<i>3</i>	(1, C)	(3, A)	(2, C)	(5, D)	CADB
<i>4</i>	(1, C)	(3, A)	(2, C)	(5, D)	CADBE

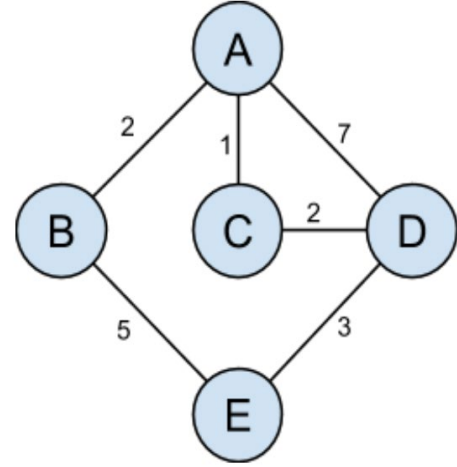
Node C

$\begin{smallmatrix} Dest \\ i \end{smallmatrix}$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>S</i>
<i>1</i>	(7, D)	∞	(2, D)	(3, D)	DC
<i>2</i>	(3, C)	∞	(2, D)	(3, D)	DCA
<i>3</i>	(3, C)	(5, A)	(2, D)	(3, D)	DCAE
<i>4</i>	(3, C)	(5, A)	(2, D)	(3, D)	DCAEB

Node D

$\begin{smallmatrix} Dest \\ i \end{smallmatrix}$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>S</i>
<i>1</i>	∞	(5, E)	∞	(3, E)	ED
<i>2</i>	(10, D)	(5, E)	(5, D)	(3, E)	EDB
<i>3</i>	(7, B)	(5, E)	(5, D)	(3, E)	EDBC
<i>4</i>	(6, C)	(5, E)	(5, D)	(3, E)	EDBCA

Node E



(b)节点B想要发送至节点D，分组经由哪条路径？
该路径的成本是多少？

通过查看节点B的表的最后一行，可以看出分组
经由的路径为 B->A->C->D，成本为 5。

第六章习题

1.TCP的面向连接的特点与虚电路面向连接的特点有什么区别？

答：TCP的面向连接的特点表现在：连接的状态存在于网络边缘的主机中，网络中的路由器并不保留传输中的连接状态，因此可以保证高度的灵活性和网络的健壮性，但不能保证传输带宽和实时性。某个路由器的失效不会影响到已经建立的连接。

虚电路面向连接特点表现在：连接的状态存在于网络中数据经过的所有节点上（包括路由器），因此可以保证传输带宽和通信的实时性。但是某个路由器的失效会影响到已经建立的连接，只有重新建立新的虚电路连接后才能继续进行通信。

2. 主机 A 和 B 之间建立了 TCP 连接。B 从 A 接收到以下数据包，字段值如下所示：

Sequence Number	101
ACK	10001
Window Size	5000
Payload Size	1400

所有数字都是以字节为单位的。B 处理数据包并更新其滑动窗口。对于下面的问题a)-c)，假设不考虑拥塞窗口的影响（即 CWND = 无穷大）。

a) B 响应 A 的下一个数据包使用的序列号范围是：[最低值：
10001 最高值： 15000]

b) B 将包含以下字段的数据包发送给 A，填写表中的 ACK 字段。

Sequence Number	13001
ACK	<u>1501</u>
Window Size	50
Payload Size	1400

c) A 可以在其应答消息中发送的序列号范围是：[最低值： 1501 最高值： 1550]

d) 假设 B 的操作系统始终将接收窗口大小设置为 65535B（最大可能）。假设 A 的窗口足够大且数据包可以无限大，A 能否始终同时发送 65535B 的数据？

不能。A 的发送窗口 = $\min(\text{CWND}, \text{RWND})$ ，如果拥塞，只能发送比接收窗口少的数据。

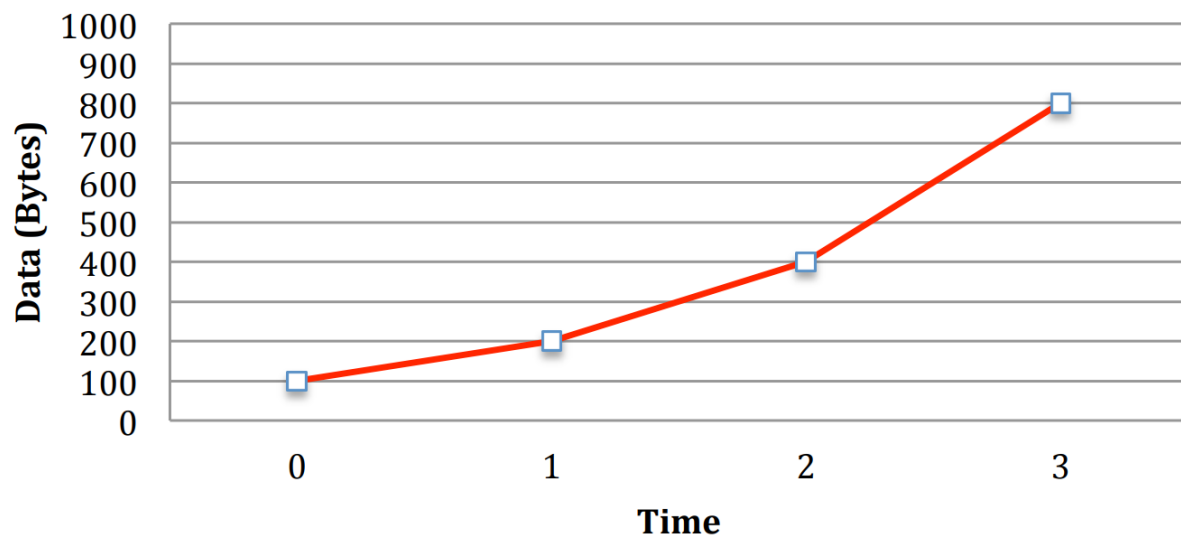
2. 假设使用**慢启动**来发送数据。首先建立连接，并开始发送 100B 数据包。注意：

- 在慢启动期间，对于每个 ACK， $CWND += MSS$ 。
- 对于本题， $MSS = 100B$

a) 填写下表。发送方在 $T+1$ 时刻接收到 T 时刻发送的数据包的 ACK。表中每行应有一个 ACK。多个 ACK 可以同时到达（因此某些行可能具有相同的“时间”值）。

Time	ACK	CWND	发送的数据包的序列号
0	---	100	1
1	101	200	101, 201
2	201	300	301, 401
2	301	400	501, 601
3	401	500	701, 801
3	501	600	901, 1001
3	601	700	1101, 1201
3	701	800	1301, 1401

b) 请记住每个数据包有 100B，请在每个时间点绘制发送方已发送并尚未被确认的数据量。



c) 以下哪一项最能描述上图中的增长？

A. 对数

B. 线性

C. 平方

D. 指数

3. 假设目前处于TCP拥塞控制的AIMD阶段，并使用简单的**快速重传**。MSS同样是 100B。

a) 为以下一系列 ACK 填写 CWND 和 Ssthresh 的值。除以整数时，始终向下舍入（例如 $55/10 = 5$ ）。注意：

- 在避免拥塞期间，对于每个新的ACK， $CWND += MSS / \lfloor CWND / MSS \rfloor$
- 对于三个重复的ACK， $Ssthresh = CWND / 2$ ，然后 $CWND = Ssthresh$

Time	ACK	CWND	Ssthresh
0	801	1000	800
1	901	1010	800
2	1001	1020	800
3	1101	1030	800
4	1101(1)	1030	800
5	1101(2)	1030	800
6	1101(3)	515	515

b) 快速重传主要是对以下哪个事件的响应?

A. 网络拥塞 **B. 单独的数据包丢失** C. 接收方缓冲区溢出

c) 以下哪一项最能描述 AIMD 阶段业务量随时间增长的情况?

A. 对数 **B. 线性** C. 平方 D. 指数

d) 使用先进的快速重传与快速恢复，而不是简单的快速重传。请填写下表中的 CWND 和 SSTHRESH 值。假设处于 $T=0$ 的 AIMD 阶段。注意：

- 在拥塞避免阶段，快速重传/快速恢复的工作方式与上述相同
- 对于三个重复 ACK, $SSTHRESH = CWND / 2$, 然后 $CWND = SSTHRESH + 3 MSS$
- 在快速恢复阶段，对于每个重复的 ACK, $CWND += MSS$
- 在收到新的 ACK 时退出快速恢复，设置 $CWND = SSTHRESH$

时间	ACK	CWND	SSTHRESH
0	801	1000	800
1	901	1010	800
2	1001	1020	800
3	1101	1030	800
4	1101(1)	1030	800
5	1101(2)	1030	800
6	1101(3)	815	515
7	1101	915	515
8	1101	1015	515
9	1101	1115	515
10	1801	515	515
11	1901	535	515

e) 发送方出现超时通常表示以下哪一个事件？

A. 网络拥塞 B. 单独的数据包丢失 C. 接收方缓冲区溢出

f) 你在e) 部分的答案是否与b) 部分的不同？解释为什么TCP在两种情况下响应不同。

TCP的响应方式不同：对于独立的丢包事件，无需激进的限制发送速率；对于超时事件，多个数据包被丢弃时，将发送速率下降到1MSS，以缓解网络拥塞。

4. 下图描述了拥塞窗口CWND随RTT变化的情况，假设连接已运行一段时间，显示的 RTT 数从开始观察连接行为时开始。

a) 指出TCP 慢启动运行的时间段。

1-6, 22-25

b) 指出TCP 拥塞避免运行的时间段 (AIMD)。

6-14, 15-21 (15-19亦可)

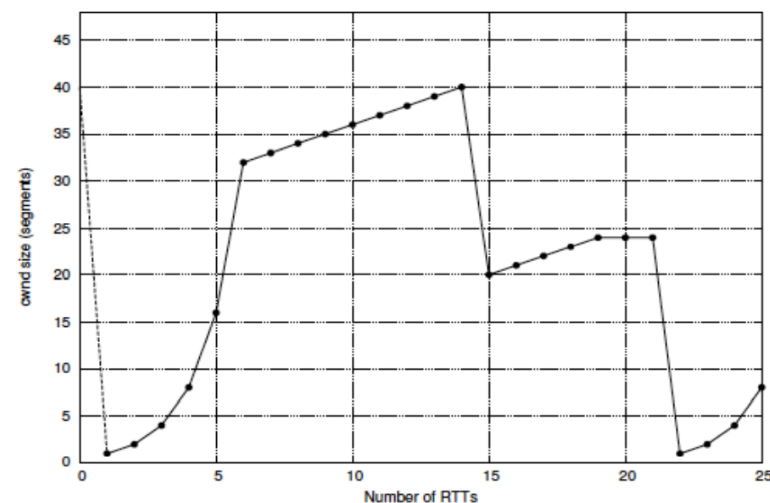
或6-21

c) 在第14个 RTT 之后，数据段丢失是由三次重复的ACK 检测到还是由超时检测到？

三次重复的 ACK

d) Ssthresh 在第一个拥塞避免间隔之前的初始值是什么？

32



e) Ssthresh 在第19个 RTT 的值是多少?

20

f) Ssthresh 在第24个 RTT 的值是多少?

12

g) 假设在第 25 RTT 后收到三个重复 ACK 后检测到数据包丢失, 拥塞窗口CWND和Ssthresh 的值是什么?

CWND: $8/2=4$

Ssthresh: $8/2=4$