

第 17 章思考题和补充习题

1、**问题一**：既然网络层协议或网际互联协议能够将源主机发出的分组按照协议首部中的目的地址交到目的主机，为什么还需要再设置一个运输层（传输层）呢？

问题二：面向连接的运输服务与面向连接的网络服务十分相似，无连接的运输服务与无连接的网络服务也十分相似。那为什么要划分成运输与网络两层呢？

- 2、比较一下主机到主机协议（如 IP）与端口到端口协议（如 TCP）。
- 3、物理地址、逻辑地址与端口地址几者的区别是什么？
- 4、描述一下利用面向连接协议的数据通信所要求的步骤。
- 5、与 TCP 相比，使用 UDP 的优点是什么？
- 6、在 TCP/IP 网络中，以什么来全局地唯一标识一个运输服务用户？
- 7、为什么套接字（Socket）能在 Internet 上全局唯一标识某个应用进程？
- 8、教材上为面向连接的运输协议提供的可靠的顺序的网络服务与不可靠的网络服务分别讨论了哪几方面有关内容？每个方面是否都只是该种服务所特有的？
- 9、面向连接的运输层流量控制可采用具有信用量机制的滑动窗口技术。设窗口初始大小为 200，若 100 个八比特组被确认，且增加信用量后窗口大小变为 300，窗口前沿需要右移多少个八比特组位置？
- 10、在面向连接的可靠网络服务的连接建立过程中，主动/被动打开和主动/主动打开两种连接建立方式有何区别？
- 11、在不可靠的网络服务上建立运输连接，二次握手可能带来什么问题？采用什么方案能解决？
- 12、TCP 报文段首部中的检验和的计算对象是什么？
- 13、TCP 提供了哪两种数据标记？
- 14、TCP 和 UDP 协议的报文段伪首部需不需要直接传递到目的主机。
- 15、TCP 在实现时可以选择哪些重传策略？
- 16、重传计时器管理可采用指数平均的方法，通过一个与过去观察的数值无关的常数 α ($0 < \alpha < 1$)，估算出平滑往返时间值。该计算公式及其展开式，还有我们推导的简化计算公式分别是什么？
- 17、见教材图 17.14，当采用慢启动的拥塞窗口达到 16 时出现超时，再执行慢启动过程，若恢复到超时时时刻的原窗口大小，需要的往返时间次数是多少？
- 18、仅仅使用二次握手而不使用三次握手时，是否会出现死锁？请举例说明。（教材题 17.10）
- 19、试计算一个包括 5 段链路的运输连接的单程端到端时延。5 段链路中有 2 段是卫星链路。每条卫星链路又由上行链路和下行链路两部分组成。可以取这两部分的传输时延之和为 250ms。每一个广域网的范围为 1500km，其传输时延可按 150000km/s 来计算。各数据链路速率为 48Kb/s，帧长为 960 比特。
- 20、重复 19 题，但假定其中的一个陆地上的广域网的传输延迟为 150ms。
- 21、若一个应用进程使用运输层的用户数据报 UDP。但继续向下交给 IP 层后，又封装成 IP 数据报。既然都是数据报，是否可以跳过 UDP 而直接交给 IP 层？UDP 能否提供 IP 没有提供的功能？
- 22、一个 UDP 数据报的数据字段为 8192 字节。要使用以太网来传送。试问应当划分为几个数据报片？说明每一个数据报片的数据字段长度和片偏移字段的值。
- 23、设 TCP 的门限窗口的初始值为 8（单位为报文段）。当拥塞窗口上升到 12 时网络发生了超时，TCP 使用慢启动、加速递减和拥塞避免。试分别求出第 1 次到第 15 次传输的各拥塞窗口大小。
- 24、通信信道速率为 1Gb/s，端到端时延为 10ms。TCP 的发送窗口为 65535 字节。试问：

可能达到的最大吞吐量是多少？信道的利用率是什么？

25、网络允许的最大报文段长度为 128 字节，序号用 8 比特表示，报文段在网络中的寿命为 30 秒。求每一条 TCP 连接所能达到的最高数据率。

26、若 TCP 中的序号采用 64bit 编码，而每一个字节有其自己的序号，试问：在 75Tb/s 的传输速率下（这是光纤信道理论上可达到的数据率），分组的寿命应为多大才不会使序号发生重复？

27、一个 TCP 连接下面使用 256Kb/s 的链路，其端到端时延为 128ms。经测试，发现吞吐量只有 120Kb/s。试问发送窗口是多少？

28、设源站和目的站相距 20km，而信号在传输媒体中传输速率为 200Km/ms。若一个分组长度为 1KB，而其发送时间等于信号的往返传输时延，求数据的发送速率。

29、一个 TCP 报文段中的数据部分最多多少个八比特组？为什么？

30、主机 A 与主机 B 使用 TCP 通信。A 收到 B 连续发送的两个报文段中分别包含 ACK=320 和 ACK=200（即前一个报文段确认的序号大于后一个的）。这可能吗？试说明理由。

31、在使用 TCP 传输数据时，如果有一个确认报文段丢失了，也不一定会引起对方数据的重传。试说明理由（可结合上一题讨论）。

32、讨论信用量协议相对于滑动窗口协议的优缺点。

33、考虑在一条具有 10ms 往返路程时间的线路上采用慢启动拥塞控制而不发生网络拥塞情况下的效应。接收窗口 24KB，且最大段长 2KB。那么，需要多长时间才能够发送第一个完全窗口？

34、一个 TCP 实体打开一个连接并使用慢启动。在 TCP 可以发送 N 个报文段之前大约要花多少个往返时间？（教材题 17.19）

35、假定 TCP 最大报文段长度为 1KB，拥塞窗口被设定成 18KB，并且发生了超时事件。如果接着的 4 次突发传输都是成功的，那么该窗口将是多大？

36、指出 Nagle 算法用于严重拥塞网络时潜在的缺点。

第 17 章思考题和补充习题参考答案

1、**问题一**：既然网络层协议或网际互联协议能够将源主机发出的分组按照协议首部中的目的地址交到目的主机，为什么还需要再设置一个运输层（传输层）呢？

问题二：面向连接的运输服务与面向连接的网络服务十分相似，无连接的运输服务与无连接的网络服务也十分相似。那为什么要划分成运输与网络两层呢？

解答

两个问题归结起来，是同一类问题。即是：有了网络层，为何还要设置运输层？下面给出相应的解释。

1) 严格地讲，两个主机进行通信实际上是两个主机中的应用进程互相通信。一个主机中经常有多个应用进程同时分别与另一个主机中的多个应用进程通信(例如某用户使用浏览器查找某网站的信息时，其主机的应用层运行浏览器客户进程。如果在浏览网页的同时，还要用电子邮件给网站发送反馈意见，那么主机的应用层还要运行电子邮件的客户进程)。网络层协议或网际互联协议能够将分组送达目的主机，但它无法交付给主机中的应用进程(请注意在 TCP/IP 协议族中，IP 地址标识的是一个主机，而不是标识主机中的应用进程)。因此，我们可以回想一下 OSI 参考模型，其中网络层是通过通信子网为主机之间提供逻辑的通信；而运输层则是依靠网络层的服务在两个主机的运输层实体之间建立一条端到端的逻辑通信信道，为应用进程之间提供逻辑通信。

2) 需要运输层对收到的报文进行差错检测。大家应该还记得教材 424 页上 IP 首部中的首部检查和字段只检验首部是否出现差错而不检查数据部分

3) 根据应用的不同，运输层需要执行不同的运输协议来提供不同的运输服务。运输协议可以是面向连接的，也可以是无连接的。当运输层采用面向连接的协议（如 TCP）时，它为应用进程在运输实体间建立一条全双工的可靠逻辑信道，尽管下面的网络可能是不可靠的（如 IP 交换网络）。当运输层采用如 UDP 这样的无连接协议时，这种逻辑信道是不可靠的。而有的网络层无法同时实现这两种协议，譬如 X.25 交换网络可提供虚电路网络服务或者提供数据报服务，但 IP 网络只能是数据报服务。

4) 网络层是通信子网的组成部分，如果网络质量不可靠怎么办？用户不能对通信子网加以控制，无法解决网络层的服务质量不佳问题，更不可能通过改进数据链路层纠错能力来改善低层条件。解决这一问题惟一可行办法就是在网络层上面增加一层即运输层。运输层的存在使得运输服务比网络服务更可靠，分组的丢失、残缺甚至网络重置都可以被运输层检测到，并采取相应的补救措施。

5) 由于运输服务独立于网络服务，故可以采用一个标准的原语集提供运输服务。而网络服务则因不同的网络可能有很大差异。因为运输服务是标准的，它为网络向高层提供了一个统一的服务界面，所以用运输服务原语编写的应用程序就可以广泛适用于各种网络。

关于运输层，还需要补充两点：

1) 我曾经在第二章协议体系结构教学中给大家提过运输层的承上启下作用，它是面向通信的最高层，又是用户功能（面向信息处理）的最低层。运输层只存在于通信子网之外的主机中，在通信子网中没有运输层，也就是说通信子网中最高层是网络层（OSI，图 2.10）或网际互联层（TCP/IP，图 2.4）。

2) 由于网络层提供主机-主机逻辑通信，运输层提供多组应用进程-应用进程逻辑通信，因此，运输层的一个很重要的功能就是复用和分用。应用层不同进程交下来的报文到达运输层后，再往下就共用网络层提供的网络服务。当这些报文由网络层选路和控制经过主机与通信子网各中间节点之间若干链路的转送到达目的主机后，目的主机的运输层就使用分用功能，将报文分别交付给相应的应用进程。

2、比较一下主机到主机协议（如 IP）与端口到端口协议（如 TCP）。

解答

主机到主机协议将报文的每个分组从一个物理设备递交到另一个物理设备，端口到端口协议则将整个报文从一个应用程序（进程）交付给另一个应用程序。

3、物理地址、逻辑地址与端口地址几者的区别是什么？

解答

物理地址标识一个物理网络内的单台设备，典型例子是可以从以太网 NIC（网络接口卡）中找到的 MAC 地址；逻辑地址（如 IP 地址）则标识一个主机到网络的连接；而端口地址（端口号）标识源主机或目的主机上的一个应用程序。

4、描述一下利用面向连接协议的数据通信所要求的步骤。

解答

1）连接建立，2）数据传送，3）连接终止。

5、与 TCP 相比，使用 UDP 的优点是什么？

解答

UDP 递交更快，报文段的额外开销更小。

6、在 TCP/IP 网络中，以什么来全局地惟一标识一个运输服务用户？

解答

套接字（socket）。它由 32 比特 IP 地址与 16 比特端口号组成，共 48 比特。运输服务的用户即是应用进程。

7、为什么套接字（Socket）能在 Internet 上全局唯一标识某个应用进程？

解答

因为套接字是 IP 地址和进程的端口号结合在一起，用 IP 地址唯一地标识出全球互联网上的一台主机，该套接字的端口号部分则受限于 IP 地址，仅能标识出该主机上的特定进程，而不会与其它主机上的相同进程相混淆。

8、教材上为面向连接的运输协议提供的可靠的顺序的网络服务与不可靠的网络服务分别讨论了哪几方面有关内容？每个方面是否都只是该种服务所特有的？

解答

可靠的顺序的网络服务主要讨论了寻址，复用，流量控制、连接建立、连接终止；不可靠的网络服务讨论了按序交付、重传策略、副本检测、流量控制、连接建立、连接终止、崩溃恢复。

网络层的寻址是共性问题，两者并无什么不同。流量控制、连接建立、连接终止也是都有的问题，但两种服务的实现是不一样的。按序交付、重传策略、副本检测等确实是不可靠网络服务所才需涉及的问题，复用是可靠网络服务为充分利用连接电路、提高传输效率所采取的措施。

9、面向连接的运输层流量控制可采用具有信用量机制的滑动窗口技术。设窗口初始大小为 200，若 100 个八比特组被确认，且增加信用量后窗口大小变为 300，窗口前沿需要右移多

少个八比特组位置？

解答

先分析整个传输窗口的动态变化过程。

窗口初始为 200 个八比特组大小，随着多个八比特组连续发送，传输窗口前沿（右侧）不变，后沿（左侧）右移，窗口变小。注意传输窗口左侧的定界游标（我们姑且把它称为游标）不动。100 个八比特组被目的端确认且增加信用量使窗口大小扩大为 300，一旦发送端收到该确认，将游标右移 100 个八比特组（新的窗口大小从此开始，而不是从传输窗口后沿算起），窗口后沿还在继续随着八比特组的发送继续右移，窗口的前沿则右移 200 个八比特组（确认 100 使窗口前沿右移 100，并增加了 100，从游标算起，还有 100 个八比特组未确认，所以窗口大小正好 300）。从上分析，知窗口前沿右移了 200 个八比特组的位置。

需要提及的是，有些教材把信用量滑动窗口机制用前墙（前沿）、后墙（后沿，相当于这里的游标），中间墙（相当于这里的传输窗口后沿）三个术语来描述。后沿的变化和这里不相同。

10、在面向连接的可靠网络服务的连接建立过程中，主动/被动打开和主动/主动打开两种连接建立方式有何区别？

解答

一个系统监听到另一个系统发送的 SYN 报文段则同样以 SYN 报文段予以响应的连接建立方式称为被动/主动打开；两个系统同时发送 SYN 报文段并同时被对方所收到，随之建立连接的方式称为主动/主动打开。

11、在不可靠的网络服务上建立运输连接，二次握手可能带来什么问题？采用什么方案能解决？

解答

在二次握手的过程中，可能主要出现的是由滞后的数据报文段带来的问题，尤其是建立连接的同步报文段的滞后问题。

举例说明这种情况，当连接终止后源端 A 的一个旧的同步报文段 SYN i 到达目的端 B，B 认为是一个新的连接请求并以 SYN j 给予响应，并且将要求 A 从数据报文段 SN= j 开始传输。与此同时 A 发送 SYN k 欲与 B 建立一条新连接，B 将其作为 SYN i 的副本予以丢弃。A 将收到的 SYN j 误认为是对 SYN k 的确认响应，于是从 SN= k 的报文段开始传输，B 收到该报文则认为与它要求的 SN= j 报文段不符，拒绝接收。

该问题的解决方法是使用三次握手的连接建立过程，即每一方都需明确地确认对方的同步报文段及其序号。

12、TCP 报文段首部中的检验和的计算对象是什么？

解答

TCP 报文段（包括 TCP 首部和数据）加上伪首部。

13、TCP 提供了哪两种数据标记？

解答

TCP 提供了两种数据标记，其中，急迫（push）要求所标记的数据立即发送而不管发送缓存中累积的数据是否达到报文段长度；而紧急（urgent）只是用标记通知终点 TCP 用户即将到达的数据流中有重要的数据，请其自行决定如何处理。

14、TCP 和 UDP 协议的报文段伪首部需不需要直接传递到目的主机。

解答

不需要将整个伪首部直接下传，而是把伪首部中的源 IP 地址、目的 IP 地址、协议三个字段传递给 IP 层装进 IP 首部相应字段，至于 TCP/UDP 报文段长度字段，则加上 IP 首部长度作为 IP 首部中的“总长度”字段。并将伪首部与 TCP/UDP 报文段（包括首部及数据）一并计算检验和。TCP/UDP 报文段发送到目的主机后，目标主机的 IP 层将其首部中的源和目的 IP 地址、协议三字段，连同从总长度字段中扣除 IP 首部长度还原出的 TCP/UDP 报文段长度一并递交给 TCP 层，相当于是递交了一个伪首部。目的主机的 TCP 或 UDP 协议将这些字段和报文段合在一起进行检验。

15、TCP 在实现时可以选择哪些重传策略？

解答

可选择的策略是：第一，仅第一个重传（first only），即重传队列中最前端的第一个报文段；第二，批量重传（batch）；第三，单个重传（individual）。

16、重传计时器管理可采用指数平均的方法，通过一个与过去观察的数值无关的常数 α （ $0 < \alpha < 1$ ），估算出平滑往返时间值。该计算公式及其展开式，还有我们推导的简化计算公式分别是什么？

解答

假如定义 $SRTT(0)=0$ ，则 $k+1$ 次往返时延（RTT）的指数平均往返时间值 $SRTT(k+1)$ 的计算公式为

$$SRTT(k+1) = \alpha \times SRTT(k) + (1-\alpha) \times RTT(k+1)$$

其展开式为

$$SRTT(k+1) = (1-\alpha) \times RTT(k+1) + \alpha(1-\alpha)RTT(k) + \alpha^2(1-\alpha)RTT(k-1) + \dots + \alpha^k(1-\alpha)RTT(1)$$

当 $k+1$ 次 RTT 均相等时，可采用我们在教材题 17.15 中推导的简化计算公式

$$SRTT(k+1) = (1-\alpha^{k+1}) \times RTT$$

17、见教材图 17.14，当采用慢启动的拥塞窗口达到 16 时出现超时，再执行慢启动过程，若恢复到超时时时刻的原窗口大小，需要的往返时间次数是多少？

解答

可以根据图的直观地看出，或者根据 $RTn = 1 + \log_2(N/2) + N/2$ 可以计算出，当 $N=16$ 时，得知往返时间次数 $RTn=12$ 。

18、仅仅使用二次握手而不使用三次握手时，是否会出现死锁？请举例说明。（教材题 17.10）

解答

我们知道，三次握手完成两个重要功能，既要双方做好发送数据的准备工作（双方都知道彼此已准备好），也要允许双方就初始序列号进行协商，这个序列号在握手过程中被发送与确认。

如果不这样做，改为二次握手，即不需要第三个报文，可能发生死锁。

作为例子，考虑计算机 A 和 B 之间的通信。

假定 B 给 A 发送一个连接请求分组，A 收到了这个分组，并发送了确认应答分组。按照两次握手的协定，A 认为连接已经成功地建立了，可以开始发送数据分组。

然而另一方面，B 在 A 的应答分组在传输中被丢失的情况下，将不知道 A 是否已准备

好,不知道 A 建议什么样的序列号用于 A 到 B 的交通,也不知道 A 是否同意 B 所建议的用于 B 到 A 交通的初始序列号,B 甚至怀疑 A 是否收到自己的连接请求分组。在这种情况下,B 认为连接还未建立成功,将忽略 A 发来的任何数据分组,只等待接收连接确认应答分组。而 A 在发出的数据分组超时后,重复发送同样的分组。这样就形成了死锁。

19、试计算一个包括 5 段链路的运输连接的单程端到端时延。5 段链路程中有 2 段是卫星链路。每条卫星链路又由上行链路和下行链路两部分组成。可以取这两部分的传输时延之和为 250ms。每一个广域网的范围为 1500km,其传输时延可按 150000km/s 来计算。各数据链路速率为 48Kb/s,帧长为 960 比特。

解答

两段卫星链路的传播时延为 500ms

每一广域网的传输时延为 $1500/150000=0.01s=10ms$

一帧数据的发送时间为 $960 \div (48 \times 10^3) = 0.02s = 20ms$

总的端到端时延为 $500 + 10 \times 3 + 20 \times 5 = 630ms$

20、重复 19 题,但假定其中的一个陆地上的广域网的传输延迟为 150ms。

解答

总的端到端时延为 $500 + 10 \times 2 + 150 + 20 \times 5 = 770ms$

21、若一个应用进程使用运输层的用户数据报 UDP。但继续向下交给 IP 层后,又封装成 IP 数据报。既然都是数据报,是否可以跳过 UDP 而直接交给 IP 层?UDP 能否提供 IP 没有提供的功能?

解答

仅仅使用 IP 分组还不够。IP 分组包含 IP 地址,该地址指定一个目的地机器。一旦这样的分组到达了目的地机器,网络控制程序如何知道该把它交给哪个进程呢?UDP 分组包含一个目的地端口,这一信息是必需的,因为有了它,分组才能被投递给正确的进程。

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

解答

分为 6 个数据报片。因为以太网 MAC 帧中 LLC 数据最大长度为 1500 个八比特组。LLC PDU 首部最多 4 个八比特组,所以其有效数据最大长度为 1496 个八比特组。因 IP 用户协议是 UDP,IP 首部只需 20 个八比特组,所以 IP 数据报最大载荷 1476 八比特组。由于 IP 数据报分片必须是 8 个八比特组的整倍数,因此数据报分片最大有效长度为 1472 个八比特组。所以可分为 6 片。

前 5 片每个长 1472 个八比特组,最后一片长 832 个八比特组。片偏移字段的值分别为 0、1472、2944、4416、5888 和 7360。国内某著名教材上此题给出的答案没有考虑到以太网 LLC PDU 首部的开销。

23、设 TCP 的门限窗口的初始值为 8 (单位为报文段)。当拥塞窗口上升到 12 时网络发生了超时,TCP 使用慢启动、加速递减和拥塞避免。试分别求出第 1 次到第 15 次传输的各拥塞窗口大小。

解答

参考教材 P. 506 的描述,可得知第 1 次到第 15 次传输的各拥塞窗口大小分别为 1、2、

4、8、9、10、11、12、1、2、4、6、7、8、9。

24、通信信道速率为 1Gb/s，端到端时延为 10ms。TCP 的发送窗口为 65535 字节。试问：可能达到的最大吞吐量是多少？信道的利用率是什么？

解答

[解法一]

利用第 7 章中附录给出的滑动窗口线路利用率公式 $U = W/(2a+1)$ ，可知当信用量（窗口数）大于等于 $2a+1$ 时可以达到 100% 的利用率。根据题意这里设窗口数为 1，即大小为 65535 字节。

由 $U = W/(2a+1)$ 得

$$W = 1, a = T_{\text{prop}}/T_{\text{frame}} = 10\text{ms} / [65535 \times 8 \div (1\text{Gb/s})] = 19.07\text{ms}$$

所以信道利用率为 $1/(2 \times 19.07\text{ms} + 1) \times 2.55\%$

最大吞吐量为 $1\text{Gb/s} \times 2.55\% = 25.5\text{Mb/s}$

[解法二]

因传输时间远小于端到端时延，可忽略传输时间。端到端往返时延为

$$10\text{ms} \times 2 = 20\text{ms}$$

每 20ms 可以发送一个窗口大小的通信量，每秒 50 个窗口（ $1000\text{ms} \div 20\text{ms} = 50$ ）。

$$65535 \times 8 \times 50 = 26.214\text{Mb/s}$$

$$26.214\text{Mb/s} \div 1\text{Gb/s} = 2.6\%$$

所以，最大吞吐量是 26.214Mb/s，信道的利用率约为 2.6%。

25、网络允许的最大报文段长度为 128 字节，序号用 8 比特表示，报文段在网络中的寿命为 30 秒。求每一条 TCP 连接所能达到的最高数据率。

解答

具有相同编号的报文段不应该同时在网络中传输，必须保证，当序列号循环回来重复使用的时候，具有相同序列号的报文段已经从网络中消失。现在报文段的寿命为 30 秒，那么在 30 秒的时间内发送方发送的报文段的数目不能多于 255 个。

$$255 \times 128 \times 8 \div 30 = 8704\text{b/s}$$

所以，每一条 TCP 连接所能达到的最高数据率为 8.704Kb/s。

26、若 TCP 中的序号采用 64bit 编码，而每一个字节有其自己的序号，试问：在 75Tb/s 的传输速率下（这是光纤信道理论上可达到的数据率），分组的寿命应为多大才不会使序号发生重复？

解答

序号空间的大小是 2^{64} 个字节，约为 2×10^{19} 字节， $75 \div 8 = 9.375$ ，即 75Tb/s 的发送器每秒消耗 9.375×10^{12} 个序号。 $2 \times 10^{19} \div (9.375 \times 10^{12}) = 2 \times 10^6$ ，所以序号循环一周需用 $2 \times 10^6\text{s}$ 。又因一天有 86400s（ $60 \times 60 \times 24 = 86400$ ），以 75Tb/s 速率传输，序号循环一周所花的时间约等于 $2 \times 10^6 \div 86400 = 23$ 天，因此，最长的分组的寿命应小于 3 个星期才不会使序号发生重复。

27、一个 TCP 连接下面使用 256Kb/s 的链路，其端到端时延为 128ms。经测试，发现吞吐量只有 120Kb/s。试问发送窗口是多少？

解答

来回路程的时延等于 256ms（ $=128\text{ms} \times 2$ ）。设窗口值为 X （注意：以字节为单位），假

定一次最大发送量等于窗口值，且发射时间等于 256ms，那么，每发送一次都得停下来期待再次得到下一窗口的确认，以得到新的发送许可。这样，发射时间等于停止等待应答的时间，结果，测到的平均吞吐率就等于发送速率的一半，即

$$8X \div (256 \times 1000) = 256 \times 0.001$$
$$X = 8192$$

所以，窗口值为 8192。

28、设源站和目的站相距 20km，而信号在传输媒体中传输速率为 200Km/ms。若一个分组长度为 1KB，而其发送时间等于信号的往返传输时延，求数据的发送速率。

解答

信号在传输媒体中的传播速率为 200km/ms，对于一条 20km 的线路，单程延迟是 100us，往返延迟是 200us。1K 字节就是 $1024 \times 8 = 8192$ 位。如果发送 8192 位的时间是 200us，那么发送延迟等于传播延迟。设 W 是发送 1 位的时间，那么从等式： $8192W = 200 \times 10^{-6}$ 得到 $1/W = 8192 \div (2 \times 10^{-4}) = 40 \times 10^6$ ，所以，数据的发送速率应为 40Mb/s。

29、一个 TCP 报文段中的数据部分最多多少个八比特组？为什么？

解答

由第 15 章 P.425 得知 IP 数据报的最大长度（数据字段连同 IP 首部）为 65535 个八比特组，TCP 报文段必须适配 IP 数据报的最大长度，因为 IP 首部至少 20 个八比特组，因此 IP 数据报最多余下 65515 个八比特组承载 TCP 报文段。再根据第 17 章 P.495 图 17.11 所示，TCP 首部至少 20 个八比特组，所以 TCP 报文段中的用户数据部分最多为 65495 个八比特组。

此分析正好映证了教材 P.496 倒数第 4 行的一句话：“值得注意的是这种 TCP/IP 之间的联系意味着每个数据单元实际上需要的最小开销为 40 个八比特组”。国内某些教材上此题给出的答案为 65515 个八比特组，因为该答案没有注意到 IP 数据报长度字段是将 IP 首部长度计算在内的，因此是错误的。

30、主机 A 与主机 B 使用 TCP 通信。A 收到 B 连续发送的两个报文段中分别包含 ACK=320 和 ACK=200（即前一个报文段确认的序号大于后一个的）。这可能吗？试说明理由。

解答

完全可能。设想主机 A 连续发送两个报文段：（SEQ=92，段长 108 个八比特组）和（SEQ=200，段长 120 个八比特组），均正确到达主机 B。B 连续发送两个确认：（ACK=200）和（ACK=320），但前一个确认传丢了。于是 A 超时重传（SEQ=92，段长 108 个八比特组），而 B 收到该报文段后，发送（ACK=200）。这样，A 就连续收到 B 发送的两个报文段（ACK=200）和（ACK=320）。

31、在使用 TCP 传输数据时，如果有一个确认报文段丢失了，也不一定会引起对方数据的重传。试说明理由（可结合上一题讨论）。

解答

很简单。对方还未来得及重传，就收到了对更高序号的确认，相当于对连同被丢失确认的那些报文段一并确认。

32、讨论信用量协议相对于滑动窗口协议的优缺点。

解答

滑动窗口协议比较简单，仅需管理窗口边缘一组参数，而且，对于到达顺序有错的 TPDU

不会引起窗口增加和减少方面的问题。然而，信用量方案比较灵活，允许独立确认，动态地管理缓冲区。

33、考虑在一条具有 10ms 往返路程时间的线路上采用慢启动拥塞控制而不发生网络拥塞情况下的效应。接收窗口 24KB，且最大段长 2KB。那么，需要多长时间才能够发送第一个完全窗口？

解答

因最大段长 2KB，从 2KB 开始，下面的突发量分别是 4KB、8KB、16KB，直至 24KB，即 4 次往返时间发送完第一个完全窗口。该时间为 $10\text{ms} \times 4 = 40\text{ms}$ 。

34、一个 TCP 实体打开一个连接并使用慢启动。在 TCP 可以发送 N 个报文段之前大约要花多少个往返时间？（教材题 17.19）

解答

因为拥塞窗口大小是呈二进制指数规律增长的，所以在发生超时事件之前，发送 N 个报文段之前需要 $\log_2 N$ 次往返时间。如果发生超时事件后，如要发送 N 个报文段则需要 $1 + \log_2(N/2) + (N/2)$ 次往返时间。此题是 17 题的一般性推广。

35、假定 TCP 最大报文段长度为 1KB，拥塞窗口被设定成 18KB，并且发生了超时事件。如果接着的 4 次突发传输都是成功的，那么该窗口将是多大？

解答

根据 Jacobson 方法，在超时发生后，下次传输将是 1 个最大报文段（1KB），然后是 2 个（2KB）、4 个（4KB）和 8 个（8KB）。所以在 4 次突发传输成功后，该拥塞窗口为 8KB 大小。

36、指出 Nagle 算法用于严重拥塞网络时潜在的缺点。

解答

Nagle 算法建议，当数据一次一个字符（用八比特组表示）地来到发送方时，只发送一个八比特组，并缓冲其它后续八比特组，直到收到接收方对所发出该八比特组的确认为止。然后，在一个 TCP 报文段中发送所缓冲的全部八比特组。接着开始继续缓冲后续八比特组，直到前一个报文段被确认。这种方式适用于用户终端远程使用主机的场合，如果用户键入字符的速度足够快而网络比较慢的话，那么在每个报文段中都可以有相当数量的字符。该算法还允许输入足够的数据填满半个窗口或一个最大报文段的情况下发送一个新的分组。在这种运行方式下，尽管用户即使以均匀的速度键入，而字符却仍以突发的方式回印。在网络严重拥塞时，用户可能敲击了好几个键，而屏幕什么也没有显示，然后突然地在屏幕上显示出所有已键入的字符，人们对此可能感到很恼火。