

## 第 1 章 概述

1-6 A client-server system uses a satellite network, with the satellite at a height of 40,000 km. What is the best-case delay in response to a request?

一个客户—服务器系统使用了卫星网络，卫星的高度为40000km。在对一个请求进行响应的时候，最佳情形下的延迟是什么？

答：由于请求和应答都必须通过卫星，因此传输总路径长度为 160,000 千米。在空气和真空中的光速为 300,000 公里/秒，因此最佳的传播延迟为  $160,000/300,000$  秒，约 533 msec。

1-11 What are two reasons for using layered protocols?

请说出使用分层协议的两个理由？

答：通过协议分层可以把设计问题划分成较小的易于处理的片段。分层意味着某一层协议的改变不会影响高层或低层的协议。

1-13 What is the principal difference between connectionless communication and connection-oriented communication?

在无连接通信和面向连接的通信二者之间，最主要的区别是什么？

答：主要的区别有两条。

其一：面向连接通信分为三个阶段，第一是建立连接，在此阶段，发出一个建立连接的请求。只有在连接成功建立之后，才能开始数据传输，这是第二阶段。接着，当数据传输完毕，必须释放连接。而无连接通信没有这么多阶段，它直接进行数据传输。

其二：面向连接的通信具有数据的保序性，而无连接的通信不能保证接收数据的顺序与发送数据的顺序一致。

1-25 When a file is transferred between two computers, two acknowledgement strategies are possible. In the first one, the file is chopped up into packets, which are individually acknowledged by the receiver, but the file transfer as a whole is not acknowledged. In the second one, the packets are not acknowledged individually, but the entire file is acknowledged when it arrives. Discuss these two approaches.

当一个文件在两台计算机之间传输的时候，可能会有两种不同的确认策略。在第一种策略中，该文件被分解成许多个分组，接收方会独立地确认每一个分组，但是文件传输过程作为整体并没有被确认。在第二种策略中，这些分组并没有被单独地确认，但是当整个文件到达的时候，它会被确认。请讨论这两种方案。

如果网络容易丢失分组，那么对每一个分组逐一进行确认较好，此时仅重传丢失的分组。而在另一方面，如果网络高度可靠，那么在不发差错的情况下，仅在整个文件传送的结尾发送一次确认，从而减少了确认的次数，节省了带宽；不过，即使有单个分组丢失，也需要重传整个文件。

1-27 How long was a bit on the original 802.3 standard in meters? Use a transmission speed of 10 Mbps and assume the propagation speed in coax is 2/3 the speed of light in vacuum.

在原始的802.3标准中，一位是多长（按米来计算）？请使用10Mbps的传输速率，并且假设同轴电缆的传播速度是真空中光速的2/3。

波在同轴电缆中的速度是大约 200,000 km/sec，即  $200 \text{ m}/\mu\text{sec}$ 。在 10 Mbps，传输一位需要  $0.1 \mu\text{sec}$ 。因此，这个

位在时间上持续  $0.1\mu\text{sec}$ ，在此期间传播 20 meters。因此，这里的一位是 20 米。

1-30 Wireless networks are easy to install, which makes them inexpensive since installation costs usually far overshadow equipment costs. Nevertheless, they also have some disadvantages. Name two of them.

无线网络很容易安装，这使得它们并不非常昂贵。因为安装费用通常会占去整个设备费用的很大比例。然而，它们也有一些缺点。请说出两个缺点。

一个缺点是安全性。每个碰巧在此房屋内的随机发送者都能在网络上监听。另一个缺点是可靠性。无线网络造成大量错误。第三个潜在的问题是电池寿命，因为多数无线设备倾向于可移动性。

1-31 List two advantages and two disadvantages of having international standards for network protocols.

请列举出网络协议国际化的两个优点和缺点。

优点 1: 如果每个人都使用标准，那么每个人都可以与其他任何人交流；优点 2: 广泛使用标准将导致规模经济，比如生产大规模集成电路芯片。缺点 1: 为了取得标准化所需要的政治妥协经常会导致差的标准；缺点 2: 一旦标准被广泛采用了，要对它再做改变就会非常困难，即使发现了新的更好的技术或方法，也难以替换。

## 第 2 章 物理层

2-2 A noiseless 4-kHz channel is sampled every 1 msec. What is the maximum data rate?

一条无噪声4kHz信道按照每1ms一次进行采样，请问最大数据传输率是多少？

答：无噪声信道最大数据传输率公式：最大数据传输率= $2H\log_2 V$  b/s。因此最大数据传输率决定于每次采样所产生的比特数，如果每次采样产生 16bits，那么数据传输率可达 128kbps；如果每次采样产生 1024bits，那么可达 8.2Mbps。注意这是对无噪声信道而言的，实际信道总是有噪声的，其最大数据传输率由香农定律给出。

2-4 If a binary signal is sent over a 3-kHz channel whose signal-to-noise ratio is 20 dB, what is the maximum achievable data rate?

如果在一条3kHz信道上发送一个二进制信号，该信道的信噪比为20dB，则最大可达到的数据传输率为多少？

答：信噪比为 20 dB 即  $S/N = 100$ 。由于  $\log_2 101 \approx 6.658$ ，由香农定理，该信道的信道容量为  $3 \log_2(1 + 100) = 19.98 \text{ kbps}$ 。

又根据奈奎斯特定理，发送二进制信号的 3kHz 信道的最大数据传输速率为  $2 \times 3 \log_2 2 = 6 \text{ kbps}$ 。

所以可以取得的最大数据传输速率为 6kbps。

2-5 What signal-to-noise ratio is needed to put a T1 carrier on a 50-kHz line?

在50kHz的线路上使用T1线路需要多大的信噪比？

答：为发送 T1 信号，我们需要

$$H \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right) = 1.544 \times 10^6$$

$$H = 50000$$

$$\frac{S}{N} = 2^{31} - 1$$

$$10 \log_{10} (2^{31} - 1) = 93 \text{ dB}$$

所以，在 50kHz 线路上使用 T1 载波需要 93dB 的信噪比。

2-28 Ten signals, each requiring 4000 Hz, are multiplexed on to a single channel using FDM. How much minimum bandwidth is required for the multiplexed channel? Assume that the guard bands are 400 Hz wide.

有10个信号，每个都要求4000Hz，现在用FDM将它们复用在一条信道上。对于被复用的信道，最小要求多少带宽？假设防护频段为400Hz宽。

有 10 个 4000Hz 信号。我们需要 9 个防护频段来避免干扰。最小带宽需求是  $4000 \times 10 + 400 \times 9 = 43,600 \text{ Hz}$ 。

2-29 Why has the PCM sampling time been set at 125  $\mu\text{sec}$ ?

29. 为什么 PCM 采样时间被设置为 125 $\mu\text{s}$ ?

答：125 $\mu\text{s}$ 的采样时间对应于每秒 8000 次采样。一个典型的电话通道为 4kHz。根据奈奎斯特定理，为获取一个 4kHz 的通道中的全部信息需要每秒 8000 次的采样频率。

(实际上额定带宽稍有些少，截止点并不清晰)

2-30 What is the percent overhead on a T1 carrier; that is, what percent of the 1.544 Mbps are not delivered to the end user?

30. T1 线路上额外开销的百分比为多少？也就是说，1.541Mbps 中有百分之多少没有被递交给最终用户？

每一帧中，端点用户使用 193 位中的 168 ( $7 \times 24$ ) 位，开销占 25 ( $=193-168$ ) 位，因此开销比例等于  $25/193=13\%$ 。

2-34 A signal is transmitted digitally over a 4-kHz noiseless channel with one sample every 125  $\mu\text{sec}$ . How many bits per second are actually sent for each of these encoding methods?

(a) CCITT 2.048 Mbps standard. (b) DPCM with a 4-bit relative signal value. (c) Delta modulation.

2-39 What is the essential difference between message switching and packet switching?

39. 消息交换和分组交换之间的本质区别是什么？

信息交换发送到数据单元可以是任意长度。分组交换有最大报文大小限制，任何大于限制的信息将被拆分成多个报文。

2-41 Three packet-switching networks each contain  $n$  nodes. The first network has a star topology with a central switch, the second is a (bidirectional) ring, and the third is fully interconnected, with a wire from every node to every other node. What are the best-, average-, and-worst case transmission paths in hops?

三个分组交换网络每个包含  $n$  个节点。第一个网络是一个星型拓扑结构，有一个中心交换机；第二个网络是一个双向环；第三个网络是一个全连接结构，从任何一个节点到其他的节点都有一条线路。请问从传输路径的跳数来看，哪个最好？其次？最差？

答：The three networks have the following properties:

星型：最好为 2，最差为 2，平均为 2；

环型：最好为 1，最差为  $n/2$ ，平均为  $n/4$

如果考虑  $n$  为奇偶数，

则  $n$  为奇数时，最坏为  $(n-1)/2$ ，平均为  $(n+1)/4$

$n$  为偶数时，最坏为  $n/2$ ，平均为  $n/4$

全连接：最好为 1，最差为 1，平均为 1。

2-44 In a typical mobile phone system with hexagonal cells, it is forbidden to reuse a frequency band in an adjacent cell. If 840 frequencies are available, how many can be used in a given cell?

在一个典型的移动电话系统中，蜂窝单元为六角形，在相邻的单元内禁止重新使用频段。如果总共有 840 个频率可以使用的话，则任何一个给定的单元内可以使用多少个频率？

每个单元有 6 个邻居。如果中间的单元使用频段组合 A，它的六个邻居可以分别使用的频段组合 B, C, B, C, B, C。换句话说，只需要 3 个单一的单元。因此，每个单元可以使用 280 个频率。

### 第 3 章 数据链路层

3-2 The following character encoding is used in a data link protocol: A: 01000111; B: 11100011; FLAG: 01111110; ESC: 11100000 Show the bit sequence transmitted (in binary) for the four-character frame: A B ESC FLAG when each of the following framing methods are used:

(a) Character count. (b) Flag bytes with byte stuffing. (c) Starting and ending flag bytes, with bit stuffing.

2. 数据链路协议中使用了下面的字符编码:

A: 01000111; B: 11100011; FLAG: 01111110; ESC: 11100000

为了传输一个包含 4 个字符的帧: A B ESC FLAG, 请给出当使用下面的成帧方法时所对应的位序列(用二进制表达):

(a) 字符计数。

(b) 包含字节填充的标志字节。

(c) 包含位填充的起始和结束标志。

结果是

(a) 00000100 01000111 11100011 11100000 01111110

(b) 01111110 01000111 11100011 11100000 11100000 11100000 01111110  
01111110

(c) 01111110 01000111 110100011 111000000 011111010 01111110

3-6 When bit stuffing is used, is it possible for the loss, insertion, or modification of a single bit to cause an error not detected by the checksum? If not, why not? If so, how? Does the checksum length play a role here?

假设使用了位填充成帧方法, 请问, 因为丢失一位, 插入一位, 或者篡改一位而引起的错误是否有可能通过校验和检测出来? 如果不能的话, 请问为什么? 如果能的话, 请问校验和长度在这里是如何起作用的?

答: 可能。假定原来的正文包含位序列 01111110 作为数据。位填充之后, 这个序列将变成 01111010。如果由于传输错误第二个 0 丢失了, 收到的位串又变成 01111110, 被接收方看成是帧尾。然后接收方在该串的前面寻找校验和, 并对它进行验证。如果校验和是 16 位, 那么被错误的看成是校验和的 16 位的内容碰巧经验证后仍然正确的概率是  $1/2^{16}$ 。如果这种概率的条件成立了, 就会导致不正确的帧被接收。显然, 校验和段越长, 传输错误不被发现的概率会越低, 但该概率永远不等于零。

3-16 Data link protocols almost always put the CRC in a trailer rather than in a header. Why?

数据链路协议几乎总是将CRC放在尾部, 而不是头部, 为什么?

答: CRC 是在发送期间进行计算的。一旦把最后一位数据送上外出线路, 就立即把 CRC 编码附加在输出流的后面发出。如果把 CRC 放在帧的头部, 那么就要在发送之前把整个帧先检查一遍来计算 CRC。这样每个字节都要处理两遍, 第一遍是为了计算校验码, 第二遍是为了发送。把 CRC 放在尾部就可以把处理时间减半。

3-17 A channel has a bit rate of 4 kbps and a propagation delay of 20 msec. For what range of frame sizes does stop-and-wait give an efficiency of at least 50 percent?

一个信道的位速率为4kbps, 传输延迟为20ms。请问帧的大小在什么范围内, 停-等协议才可以获得至少50%的效率?

答: 当发送一帧的时间等于信道的传播延迟的 2 倍时, 信道的利用率为 50%。或者说, 当发送一帧的时间等于来回路程的传播延迟时, 效率将是 50%。而在帧长满足发送时间大于延迟的两倍时, 效率将会高于 50%。现在发送速率为 4Mb/s, 发送一位需要  $0.25\mu s$ 。

$$(20 \times 10^{-3} \times 2) \div (0.25 \times 10^{-6}) = 160000 \text{ bit}$$

只有在帧长不小于 160kb 时，停等协议的效率才会至少达到 50%。

3-18 A 3000-km-long T1 trunk is used to transmit 64-byte frames using protocol 5. If the propagation speed is 6  $\mu\text{s}/\text{km}$ , how many bits should the sequence numbers be?

一条3000公里长的T1骨干线路被用来传输64字节的帧，两端使用了协议5。如果传输速度为6  $\mu\text{s}/\text{公里}$ ，则序列号应该有多少位？

答：为了有效运行，序列空间（实际上就是发送窗口大小）必须足够的大，以允许发送方在收到第一个确认应答之前可以不断发送。信号在线路上的传播时间为

$$6 \times 3000 = 18000 \text{ } \mu\text{s}, \text{ 即 } 18\text{ms}.$$

在 T1 速率，发送 64 字节的数据帧需花的时间： $64 \times 8 \div (1.536 \times 10^6) = 0.33 \mu\text{s}$ 。

所以，发送的第一帧从开始发送起，18.33ms 后完全到达接收方。确认应答又花了很少的发送时间（忽略不计）和回程的 18ms。这样，加在一起的时间是 36.33ms。发送方应该有足够大的窗口，从而能够连续发送 36.33ms。

$$36.33 / 0.33 = 110$$

也就是说，为充满线路管道，需要至少 110 帧，因此序列号为 7 位。

3-26 Imagine that you are writing the data link layer software for a line used to send data to you, but not from you. The other end uses HDLC, with a 3-bit sequence number and a window size of seven frames. You would like to buffer as many out-of-sequence frames as possible to enhance efficiency, but you are not allowed to modify the software on the sending side. Is it possible to have a receiver window greater than 1, and still guarantee that the protocol will never fail? If so, what is the largest window that can be safely used?

想象你正在编写一个数据链路层软件，它被用在一条专门给你发送数据的线路上，而不是让你往外发送数据。另一端使用了HDLC，3位序列号和一个可容纳7帧的窗口。你希望将乱序的帧尽可能多地缓存起来，以提高效率，但是你不允许修改发送方的软件。是否有可能让接收方的窗口大于1，并且仍然保证该协议不会失败呢？如果可能的话，能够安全使用的最大窗口是多少？

答：不可以。最大接收窗口的大小就是 1。现在假定该接收窗口值变为 2。开始时发送方发送 0 至 6 号帧，所有 7 个帧都被收到，并作了确认，但确认被丢失。现在接收方准备接收 7 号和 0 号帧，当重发的 0 号帧到达接收方时，它将会被缓存保留，接收方确认 6 号帧。当 7 号帧到来的时候，接收方将把 7 号帧和缓存的 0 号帧传递给主机，导致协议错误。因此，能够安全使用的最大窗口值为 1。

3-32 A 100-km-long cable runs at the T1 data rate. The propagation speed in the cable is 2/3 the speed of light in vacuum. How many bits fit in the cable?

32. 一条 100 公里长的电缆运行在 T1 数据速率上。电缆的传输速度是真空中光速的 2/3。请问电缆中可以容纳多少位？

答：在该电缆中的传播速度是每秒钟 200 000km，即每毫秒 200km，因此 100km 的电缆将会在 0.5ms 内填满。T1 速率 125 $\mu\text{s}$ 传送一个 193 位的帧，0.5ms 可以传送 4 个 T1 帧，即  $193 \times 4 = 772\text{bit}$ 。

## 第 4 章 介质访问子层

4-2 A group of  $N$  stations share a 56-kbps pure ALOHA channel. Each station outputs a 1000-bit frame on an average of once every 100 sec, even if the previous one has not yet been sent (e.g., the stations can buffer outgoing frames). What is the maximum value of  $N$ ?

$N$ 个站共享一个56kbps的纯ALOHA信道。每个站平均每100秒输出一个1000位的帧，及时前面的帧还没有被送出，它也这样进行（比如这些站可以将送出的帧缓存起来）。请问 $N$ 的最大值是多少？

答：对于纯的 ALOHA，可用的带宽是  $0.184 \times 56 \text{ Kb/s} = 10.304 \text{ Kb/s}$ 。每个站需要的带宽为  $1000/100 = 10 \text{ b/s}$ 。而  $N = 10304/10 \approx 1030$  所以，最多可以有 1030 个站，即  $N$  的最大值为 1030。

4-4 Ten thousand airline reservation stations are competing for the use of a single slotted ALOHA channel. The average station makes 18 requests/hour. A slot is 125  $\mu\text{sec}$ . What is the approximate total channel load?

4. 10 000 个航线预定站正在竞争使用一个分槽的 ALOHA 信道。这些站平均每小时发出 18 次请求。时槽为 125  $\mu\text{s}$ 。总的信道载荷大约是多少？

每个终端每 200 ( $=3600/18$ ) 秒做一次请求，总共有 10 000 个终端，因此，总的负载是 200 秒做 10000 次请求。平均每秒钟 50 次请求。每秒钟 8000 个时隙，所以平均每个时隙的发送次数为  $50/8000 = 1/160$ 。

4-6 Measurements of a slotted ALOHA channel with an infinite number of users show that 10 percent of the slots are idle. (a) What is the channel load,  $G$ ? (b) What is the throughput? (c) Is the channel underloaded or overloaded?

对一个无限用户的分槽ALOHA信道的测试表明，10%的时槽是空闲的。(a)信道载荷 $G$ 是多少?(b)吞吐量是多少？

(c)该信道是载荷不足，还是过载了？

答：(a) 从泊松定律得到  $p_0 = e^{-G}$ ，因此  $G = -\ln p_0 = -\ln 0.1 = 2.3$

(b)  $S = G e^{-G}$ ， $G = 2.3$ ， $e^{-G} = 0.1$

$S = 2.3 \times 0.1 = 0.23$

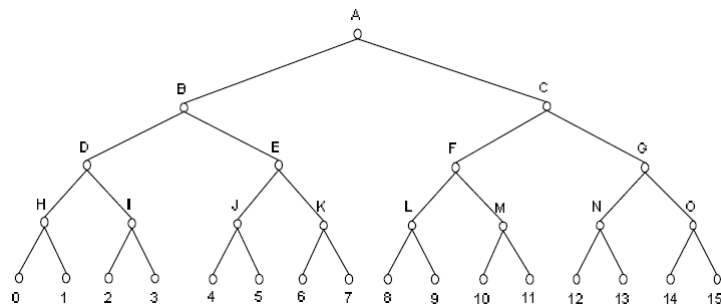
(c) 因为每当  $G > 1$  时，信道总是过载的，因此在这里信道是过载的。

4-10 Sixteen stations, numbered 1 through 16, are contending for the use of a shared channel by using the adaptive tree walk protocol. If all the stations whose addresses are prime numbers suddenly become ready at once, how many bit slots are needed to resolve the contention?

16个站的编号从1到16，它们正在竞争使用一个使用了可适应树径协议的共享信道。如果地址编号为素数的所有站突然间全部要发送帧，请问需要多少位时槽才能解决竞争？

答：在自适应树遍历协议中，可以把站点组织成二叉树（见图）的形式。在一次成功的传输之后，在第一个竞争时隙中，全部站都可以试图获得信道，如果仅其中之一需用信道，则发送冲突，则第二时隙内只有那些位于节点 B 以下的站（0 到 7）可以参加竞争。如其中之一获得信道，本帧后的时隙留给站点 C 以下的站；如果 B 点下面有两个或更多的站希望发送，在第二时隙内会发生冲突，于是第三时隙内由 D 节点以下各站来竞争信道。





本题中，站 2、3、5、7、11 和 13 要发送，需要 13 个时隙，每个时隙内参加竞争的站的列表如下：

第一时隙：2、3、5、7、11、13

第二时隙：2、3、5、7

第三时隙：2、3

第四时隙：空闲

第五时隙：2、3

第六时隙：2

第七时隙：3

第八时隙：5、7

第九时隙：5

第十时隙：7

第十一时隙：11、13

第十二时隙：11

第十三时隙：13

4-21 Consider building a CSMA/CD network running at 1 Gbps over a 1-km cable with no repeaters. The signal speed in the cable is 200,000 km/sec. What is the minimum frame size?

考虑在一条1km长的电缆（无中继器）上建立一个1Gbps速率的CSMA/CD网络。信号在电缆中的速度为200000km/s。请问最小的帧长度为多少？

答：对于1km 电缆，单程传播时间为  $1/200000 = 5 \times 10^{-6} \text{ s}$ ，即  $5\mu\text{s}$ ，来回路程传播时间为  $2t = 10\mu\text{s}$ 。为了能够按照 CSMA/CD 工作，最小帧的发射时间不能小于  $10\mu\text{s}$ 。以 1Gb/s 速率工作， $10\mu\text{s}$ 可以发送的比特数等于：

$$\frac{10 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-9}} = 10000$$

因此，最小帧是 10 000 bit 或 1250 字节长。

4-22 An IP packet to be transmitted by Ethernet is 60 bytes long, including all its headers. If LLC is not in use, is padding needed in the Ethernet frame, and if so, how many bytes?

一个通过以太网传送到IP分组有60字节长，其中包括所有的头部。如果没有使用LLC的话，则以太网帧中需要填补字节码？如果需要的话，请问需要填补多少字节？

最小的以太网帧是 64bytes，包括了以太网帧头部的二者地址、类型/长度域、校验和。因为头部域占用 18 bytes 报文是 60 bytes，总的帧长度是 78 bytes，已经超过了 64-byte 的最小限制。因此，不需要填补。

4-23 Ethernet frames must be at least 64 bytes long to ensure that the transmitter is still going in the event of a collision at the far end of the cable. Fast Ethernet has the same 64-byte minimum frame size but can get the bits out ten times faster. How is it possible to maintain the same minimum frame size?

23. 以太网帧必须至少 64 字节长，这样做的理由是，当电缆的另一端发生冲突的时候，传送方仍然还在发送过程中。快速以太网也有同样的 64 字节最小帧长度限制，但是，它可以以快 10 倍的速度发送数据。请问它如何有可能维持同样的最小帧长度限制？



快速以太网的最大线路长度是以太网的 1/10 。

4-24 Some books quote the maximum size of an Ethernet frame as 1518 bytes instead of 1500 bytes. Are they wrong? Explain your answer.

**24. 有些书将以太网帧的最大长度说成是 1518 字节,而不是 1500 字节。这些书错了吗? 请说明你的理由。**

有效载荷是 1500 bytes, 但将目的地址、源地址、类型/长度和校验和域都计算进去的话, 总和就是 1518.

4-42 Briefly describe the difference between store-and-forward and cut-through switches.

**42. 简略地描述一下存储-转发型交换机和直通型交换机之间的区别。**

存储-转发型交换机完整存储输入的每个帧, 然后检查并转发。直通型交换机在输入帧没有全部到达之前就开始转发。一得到目的地址, 转发就开始了。

4-43 Store-and-forward switches have an advantage over cut-through switches with respect to damaged frames. Explain what it is.

**43. 从损坏帧的角度而言,存储-转发型交换机比起直通型交换机更有优势。请说明这种优势是什么。**

Store-and-forward switches store entire frames before forwarding them. After a frame comes in, the checksum can be verified. If the frame is damaged, it is discarded immediately. With cut-through, damaged frames cannot be discarded by the switch because by the time the error is detected, the frame is already gone. Trying to deal with the problem is like locking the barn door after the horse has escaped.

存储-转发型交换机在转发帧之前存储整个帧。当一个帧到达时, 校验和将被验证。如果帧已被损坏, 它将被立即丢弃。

在直通型交换机, 损坏的帧不能被交换机丢弃。因为当错误被检测到时, 帧已经过去了。想要处理这个问题就像是在马已经逃逸之后再锁上牲口棚。

## 第 5 章 网络层

5-2 Are there any circumstances when connection-oriented service will (or at least should) deliver packets out of order? Explain.

2. 请问有没有可能发生这样的情形：面向连接的服务也会(或者至少应该)以乱序的方式递交分组？请解释原因。

答：有。中断信号应该跳过在它前面的数据，进行不遵从顺序的投递。典型的例子是当一个终端用户键入退出（或 kill）键时。由退出信号产生的分组应该立即发送，并且应该跳过当前队列中排在前面等待程序处理的任何数据（即已经键入但尚未被程序读取的数据）。

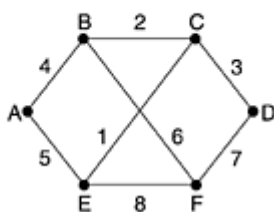
5-6 Assuming that all routers and hosts are working properly and that all software in both is free of all errors, is there any chance, however small, that a packet will be delivered to the wrong destination?

6. 假设所有的路由器和主机都正常工作,并且它们的软件也都没有错误,请问一个分组被递交到错误目的地的可能性有没有(无论可能性有多小)?

答：有可能。大的突发噪声可能破坏分组。使用  $k$  位的检验和,差错仍然有  $2^{-k}$  的概率被漏检。如果分组的目的地段或虚电路号码被改变,分组将会被投递到错误的目的地,并可能被接收为正确的分组。换句话说,偶然的突发噪声可能把送往一个目的地的完全合法的分组改变成送往另一个目的地的也是完全合法的分组。

5-9 Consider the subnet of Fig. 5-13(a). Distance vector routing is used, and the following vectors have just come in to router C: from B: (5, 0, 8, 12, 6, 2); from D: (16, 12, 6, 0, 9, 10); and from E: (7, 6, 3, 9, 0, 4). The measured delays to B, D, and E, are 6, 3, and 5, respectively. What is C's new routing table? Give both the outgoing line to use and the expected delay.

**Figure 5-13. (a) A subnet.**



9. 考虑图 5.13(a)中的子网。该子网使用了距离矢量路由算法,下面的矢量刚刚到达路由器 C: 来自 B 的矢量为(5,0,8,12,6,2);来自 D 的矢量为(16,12,6,0,9,10);来自 E 的矢量为(7,6,3,9,0,4)。经测量,到 B、D 和 E 的延迟分别为 6、3 和 5。请问 C 的新路由表将会怎么样? 请给出将使用的输出线路以及期望的延迟。

答：通过 B 给出 (11, 6, 14, 18, 12, 8)

通过 D 给出 (19, 15, 9, 3, 12, 13)

通过 E 给出 (12, 11, 8, 14, 5, 9)

取到达每一目的地的最小值 (C 除外) 得到: (11, 6, 0, 3, 5, 8)

输出线路是: (B, B, -, D, E, B)

5-22 A datagram subnet allows routers to drop packets whenever they need to. The probability of a router discarding a packet is  $p$ . Consider the case of a source host connected to the source router, which is connected to the destination router, and then to the destination host. If either of the routers discards a packet, the source host eventually times out and tries again. If both host-router and router-router lines are counted as hops, what is the mean number of

(a) hops a packet makes per transmission? (b) transmissions a packet makes? (c) hops required per received packet?

22. 一个数据报子网允许路由器在必要的时候丢弃分组。一台路由器丢弃一个分组的概率为  $p$ 。请考虑这样的情形：源主机连接到源路由器，源路由器连接到目标路由器，然后目标路由器连接到目标主机。如果任一台路由器丢掉了一个分组，则源主机最终会超时，然后再重试发送。如果主机至路由器以及路由器至路由器之间的线路都计为一跳，那么：

- (a) 一个分组每次传输中的平均跳数是多少？
- (b) 一个分组的平均传输次数是多少？
- (c) 每个接收到的分组平均要求多少跳？

答：(1) 由源主机发送的每个分组可能行走 1 个跳段、2 个跳段或 3 个跳段。走 1 个跳段的概率为  $p$ ，走 2 个跳段的概率为  $(1-p)p$ ，走 3 个跳段的概率为  $(1-p)^2 p$ 。那么，一个分组平均通路长度的期望值为：

$$L = 1 \cdot p + 2 \cdot (1-p)p + 3 \cdot (1-p)^2 p = p^2 - 3p + 3$$

即每次发送一个分组的平均跳段数是  $p^2 - 3p + 3$ 。

(2) 一次发送成功（走完整个通路）的概率为  $(1-p)^2$ ，令  $a = (1-p)^2$ ，两次发射成功的概率等于  $(1-a)a$ ，三次发射成功的概率等于  $(1-a)^2 a$ ，...，因此一个分组平均发送次数为：

$$T = \sum_{n=1}^{\infty} n a (1-a)^{n-1} = \frac{1}{a} = \frac{1}{(1-p)^2}$$

即一个分组平均要发送  $1/(1-p)^2$  次。

(3) 最后，每一个接收到的分组行走的平均跳段数等于

$$H = L \times T = (p^2 - 3p + 3)/(1-p)^2$$

5-24 Give an argument why the leaky bucket algorithm should allow just one packet per tick, independent of how large the packet is.

24. 请说明为什么漏桶算法应该每个时钟滴答只允许一个分组，而不管分组的大小？

答：通常计算机能够以很高的速率产生数据，网络也可以用同样的速率运行。然而，路由器却只能在短时间内以同样高的速率处理数据。对于排在队列中的一个分组，不管它有多大，路由器必须做大约相同分量的工作。显然，处理 10 个 100 字节长的分组所作的工作比处理 1 个 1000 字节长的分组要做的工作多得多。

5-31 Consider the user of differentiated services with expedited forwarding. Is there a guarantee that expedited packets experience a shorter delay than regular packets? Why or why not?

31. 请考虑使用快速型转发方法的区分服务用户。是否可以保证快速型分组比常规的分组的延迟更短？为什么是，或者为什么不是？  
不能保证。如果过多报文被加快，它们的通道性能可能比常规通道更差。

5-32 Is fragmentation needed in concatenated virtual-circuit internets or only in datagram systems?

32. 在串联虚电路的互连网络中,需要分段机制吗? 还是说只有在数据报系统中才需要分段机制?

答: 在这两种情况下都需要分割功能。即使在一个串接的虚电路网络中, 沿通路的某些网络可能接受 1024 字节分组, 而另一些网络可能仅接受 48 字节分组, 分割功能仍然是需要的。

5-34 Suppose that host A is connected to a router R 1, R 1 is connected to another router, R 2, and R 2 is connected to host B. Suppose that a TCP message that contains 900 bytes of data and 20 bytes of TCP header is passed to the IP code at host A for delivery to B. Show the Total length, Identification, DF, MF, and Fragment offset fields of the IP header in each packet transmitted over the three links. Assume that link A-R1 can support a maximum frame size of 1024 bytes including a 14-byte frame header, link R1-R2 can support a maximum frame size of 512 bytes, including an 8-byte frame header, and link R2-B can support a maximum frame size of 512 bytes including a 12-byte frame header.

34. 假设主机 A 被连接到一台路由器 R1 上, R1 又连接到另一台路由器 R2 上, R2 被连接到主机 B。假定一条 TCP 消息包含 900 字节的数据和 20 字节的 TCP 头, 现在该消息被传递给主机 A 的 IP 代码, 请它递交给主机 B。请写出在三条链路上传输的每个分组中 IP 头部的 Total length、Identification、DF、MF 和 Fragment offset 域。假定链路 A-R1 可以支持的最大帧长度为 1024 字节, 其中包括 14 字节的帧头; 链路 R1-R2 可以支持的最大帧长度为 512 字节, 其中包括 8 字节的帧头; 链路 R2-B 可以支持的最大帧长度为 512 字节, 其中包括 12 字节的帧头。

开头的 IP 数据报会在 R1 被拆分成两个 IP 数据包, 不会出现其他的拆分。???

链路 A-R1:

Length = 940; ID = x; DF = 0; MF = 0; Offset = 0

链路 Link R1-R2:

(1) Length = 500; ID = x; DF = 0; MF = 1; Offset = 0

(2) Length = 460; ID = x; DF = 0; MF = 0; Offset = 60

链路 R2-B:

(1) Length = 500; ID = x; DF = 0; MF = 1; Offset = 0

(2) Length = 460; ID = x; DF = 0; MF = 0; Offset = 60

## 第 6 章 传输层

6-1 In our example transport primitives of Fig. 6-2, LISTEN is a blocking call. Is this strictly necessary? If not, explain how a nonblocking primitive could be used. What advantage would this have over the scheme described in the text?

**Figure 6-2. The primitives for a simple transport service.**

Primitive	Packet sent	Meaning
LISTEN	(none)	Block until some process tries to connect
CONNECT	CONNECTION REQ.	Actively attempt to establish a connection
SEND	DATA	Send information
RECEIVE	(none)	Block until a DATA packet arrives
DISCONNECT	DISCONNECTION REQ.	This side wants to release the connection

1. 在图 6.2 的传输原语例子中,LISTEN 是一个阻塞调用。这是必要的吗?如果不是,请解释如何有可能使用一个非阻塞的原语。与正文中描述的方案相比,你的方案有什么优点?

答:不是。事实上,LISTEN 调用可以表明建立新连接的意愿,但不封锁。当有了建立连接的尝试时,调用程序可以被提供一个信号。然后,它执行,比如说,OK 或 REJECT 来接受或拒绝连接。然而,在原先的封锁性方案中,就缺乏这种灵活性。

6-5 Why does the maximum packet lifetime, T, have to be large enough to ensure that not only the packet but also its acknowledgements have vanished?

5. 为什么最大分组生存期 T 必须足够大以便确保不仅分组本身消失而且它的确认也消失,然后协议才有效?

答:首先看三次握手过程是如何解决延迟的重复到达的分组所引起的问题的。

正常情况下,当主机 1 发出连接请求时,主机 1 选择一个序号 x,并向主机 2 发送一个包含该序号的请求 TPDU;接着,主机 2 回应一个接受连接的 TPDU,确认 x,并声明自己所选用的初始序列号 y;最后,主机 1 在其发送的第一个数据 TPDU 中确认主机 2 所选择的初始序列号。

当出现延迟的重复的控制 TPDU 时,一个 TPDU 是来自于一个已经释放的连接延迟重复的连接请求

(CONNECTION REQUEST),该 TPDU 在主机 1 毫不知情的情况下到达主机 2。

主机 2 通过向主机 1 发送一个接受连接的 TPDU (CONNECTION ACCEPTED) 来响应该 TPDU,而该接受连接的 TPDU 的真正目的是证实主机 1 确实试图建立一个新的连接。在这一点上,关键在于主机 2 建议使用 y 作为从主机 2 到主机 1 交通的初始序列号,从而说明已经不存在包含序列号为 y 的 TPDU,也不存在对 y 的应答分组。当第二个延迟的 TPDU 到达主机 2 时,z 被确认而不是 y 被确认的事实告诉主机 2 这是一个旧的重复的 TPDU,因此废止该连接过程。在这里。三次握手协议是成功的。

最坏的情况是延迟的“连接请求”和对“连接被接收”的确认应答都在网络上存活。可以设想,当第 2 个重复分组到达时,如果在网上还存在一个老的对序列号为 y 的分组的确认应答,显然会破坏三次握手协议的正常工作,故障性的产生一条没有人真正需要的连接,从而导致灾难性的后果。

6-6 Imagine that a two-way handshake rather than a three-way handshake were used to set up connections. In other words, the third message was not required. Are deadlocks now possible? Give an example or show that none exist.

6. 想象用两步握手过程而不是三步握手过程来建立连接。换句话说,第三个消息不再需要了。现在有可能死锁吗?请给出一个例子,或者证明死锁不存在。

答:我们知道,3 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。

现在把三次握手改成仅需要两次握手,死锁是可能发生的。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



接已经成功的建立了，可以开始发送数据分组。

可是，B 在 A 的应答分组在传输中被丢失的情况下，将不知道 A 是否已经准备好，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 A 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 在发出的分组超时后，重复发送同样的分组。这样就形成了死锁。

6-13 Discuss the advantages and disadvantages of credits versus sliding window protocols.

### 13. 请讨论一下信用协议和滑动窗口协议的优点和缺点。

答：滑动窗口协议比较简单，仅需要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，允许独立于确认，动态的管理缓冲区。

6-14 Why does UDP exist? Would it not have been enough to just let user processes send raw IP packets?

### 14. UDP 为什么有必要存在？难道只让用户进程发送原始的 IP 分组还不够吗？

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，这一信息是必须的，因为有了它，分组才能够被投递给正确的进程。

6-15 Consider a simple application-level protocol built on top of UDP that allows a client to retrieve a file from a remote server residing at a well-known address. The client first sends a request with file name, and the server responds with a sequence of data packets containing different parts of the requested file. To ensure reliability and sequenced delivery, client and server use a stop-and-wait protocol. Ignoring the obvious performance issue, do you see a problem with this protocol? Think carefully about the possibility of processes crashing.

15. 请考虑一个建立在 UDP 基础上的简单应用层协议，它允许客户从一个远程服务器获取文件，而且该服务器位于一个知名的地址上。客户首先发送一个请求，该请求中包含了文件名，然后服务器以一个数据分组序列作为响应，这些数据分组包含了客户所请求的文件的不同部分。为了确保可靠性和顺序递交，客户和服务端使用了停一等协议。忽略显然存在的性能问题，你还看得到这个协议的另一个问题吗？请仔细想一想进程崩溃的可能性。

客户有可能得到错误的文件。假设客户 A 发送了一个对于文件 f1 的请求，然后就崩溃了。另一个客户 B 接着使用相同的协议请求另一个文件 f2。假设客户 B 运行在与 A 相同的机器上（具有相同的 IP 地址），把它的 UDP 套接字连接到与 A 先前用过的相同的端口上。此外，假设 B 的请求丢失了，当服务器的应答（对 A 的请求）到达时，客户 B 将接收并猜想是给它自己的应答。

6-18 Both UDP and TCP use port numbers to identify the destination entity when delivering a message. Give two reasons for why these protocols invented a new abstract ID (port numbers), instead of using process IDs, which already existed when these protocols were designed.

18. UDP 和 TCP 在递交消息的时候，都使用端口号来标识目标实体。请给出两个理由说明为什么这两个协议要发明一个新的抽象 ID(端口号)，而不是使用进程 ID(在设计这两个协议的时候，进程 ID 早已经存在了)。

有三个原因。第一，进程 ID 是 OS 特定的，使用进程 ID 将使得协议 OS 依赖；第二，一个单一的进程可能建立多个通信通道，单一的进程 ID（每个进程）作为目的标识符不能被用来区别这些通道；第三，进程很容易监听众所周知的端口，但众所周知的进程 ID 是不可能的。

6-19 What is the total size of the minimum TCP MTU, including TCP and IP overhead but not including data link layer overhead?

19. 最小的 TCP MTU 的总长度(包括 TCP 和 IP 的开销但是不包括数据链路层的开销)是多少?

默认的分段是 536bytes。TCP 增加 20 bytes，IP 也是如此，造成默认合计 576 bytes。

6-20 Datagram fragmentation and reassembly are handled by IP and are invisible to TCP. Does this mean that TCP does not have to worry about data arriving in the wrong order?

20. 数据报的分段和重组机制是由 IP 来处理的,对于 TCP 是不可见的。这是否意味着 TCP 不用担心数据错序到达的问题呢?

答: 尽管到达的每个数据报都是完整的,但可能到达的数据报的顺序是错误的,因此, TCP 必须准备适当的重组报文的各个部分。

6-23 A process on host 1 has been assigned port p, and a process on host 2 has been assigned port q. Is it possible for there to be two or more TCP connections between these two ports at the same time?

23. 主机 1 上的一个进程已经被分配了端口 p,主机 2 上的一个进程已经被分配了端口 q. 请问这两个端口之间有可能同时存在两个或者多个 TCP 连接吗?

答: 不可以。一条连接仅仅用它的套接口标识。因此, (1, p) - (2, q) 是在这两个端口之间唯一可能的连接。