

# Principles of Computer Networks

## Homework 2\*

Chenghua Liu<sup>†</sup>

liuch18@mails.tsinghua.edu.cn

*Department of Computer Science*

*Tsinghua University*

### 目录

<b>1</b>	<b>2</b>
1.1 problem 1 . . . . .	2
1.2 problem 3 . . . . .	2
1.3 problem 4 . . . . .	2
1.4 problem 9 . . . . .	2
1.5 problem 10 . . . . .	2
1.6 problem 11 . . . . .	3
1.7 problem 12 . . . . .	3
1.8 problem 15 . . . . .	3
1.9 problem 20 . . . . .	3
1.10 problem 33 . . . . .	3
<b>2</b>	<b>4</b>
2.1 problem 1 . . . . .	4
2.2 problem 3 . . . . .	4
2.3 problem 4 . . . . .	4
2.4 problem 5 . . . . .	4
2.5 problem 9 . . . . .	4
2.6 problem 20 . . . . .	4
2.7 problem 25 . . . . .	4

---

\*from Computer Networks, 5th Edition

<sup>†</sup>2018011687

2.8 problem 37	5
2.9 problem 38	5
2.10 problem 39	5
2.11 problem 40	5
2.12 problem 48	5

## 1

### 1.1 problem 1

这条狗携带 21 GB，或 168 Gb 数据，以 18 km/h，或 0.005 km/s 的速度行进。当传输距离是  $x$  km 时所需时间是  $200x$  s。数据速率是  $168/(200x)$  Gbps，即  $840/x$  Mbps。

因此，当传输距离  $x < 5.6$  km 时，狗带着磁带跑的数据速率大于 150 Mbps 的数据线。

如果狗的速度加倍或磁带容量加倍，临界传输距离加倍；数据线路速率加倍，临界传输距离减半。

### 1.2 problem 3

跨大洋海底光纤网络是高带宽、高延迟的网络。其带宽可达数 Gb 每秒，但由于距离太远，所以延迟高。

用一根很短的线连起来的服务器和客户端之间可以是一个低带宽、低延迟的网络。

### 1.3 problem 4

对于视频和音频传输，要求网络的延迟稳定，即延迟不能经常或大幅度变化。

对于金融传输，要求可靠性和安全性。

### 1.4 problem 9

在一个时间槽内，每个主机成功取得使用权的概率是  $p(1-p)^{n-1}$ ；没有主机申请的概率是  $(1-p)^n$ 。除此以外的所有情况都会导致冲突。因此造成冲突的概率是

$$1 - n \cdot p(1-p)^{n-1} - (1-p)^n$$

这也就是被浪费的时间槽的比例。

### 1.5 problem 10

第一，对系统进行分层。我们可以将设计需求分解成数个较为简单的子任务从而简化设计工作。第二，只要保持向上和向下的接口不变，每一层的协议都可以在不产生额外影响的情况下更换。

但是，分层系统由于要进行层级间的数据交换，其效率要低于整合的单层系统。

### 1.6 problem 11

根据 OSI 模型，真实的物理连接只能发生在最底层。而该事件中每一层之间都发生了直接的、物理的连接。

### 1.7 problem 12

报文流和字节流是不同的。前者在传输过程中标记了消息的边界，而后者不会。举例说，发送方向流中发送两条各 10 Bytes 的消息，然后接收方从流中读 20 Bytes。如果是报文流，接收方应收到两条消息，各 10 Bytes；如果是字节流，接收方应收到 20 Bytes 的数据，而不能（根据流）分辨出这是两条消息。

### 1.8 problem 15

记传一个帧需要的传输次数是  $X$ ，则  $P(X) = (1 - p)^{X-1}p$ 。换句话说， $X$  服从几何分布  $GE(p)$ ，其期望是

$$E(X) = \frac{1}{p}$$

### 1.9 problem 20

如果网络经常发生数据丢失，逐数据包验证是更合适的。因为这样接收方可以只要求对方重新传输丢失的数据包，而无需重传整个文件，因此降低的重传成本占主要地位。相反的，如果网络可靠性较好，逐文件验证是更合适的。因为这样接收方只需发送一次确认信号（发送方也只需等待一个信号），因此降低的确认信号成本占主要地位。

### 1.10 problem 33

域名	距离 (km)	耗时 (ms)
www.tsinghua.edu.cn	0	3
berkeley.edu	9500	210
sysu.edu.cn	1883	40
mit.edu	10000	90

可见传输时间与直线距离并不成线性关系，但是大致正相关。

## 2

### 2.1 problem 1

注意到有  $T = 1, f = 1$ ,

$$\begin{aligned}c &= 2 \cdot \int_0^1 f(t) dt = 1 \\a_n &= 2 \cdot \int_0^1 f(t) \sin(2\pi nt) dt = -\frac{1}{n\pi} \\b_n &= 2 \cdot \int_0^1 f(t) \cos(2\pi nt) dt = 0\end{aligned}$$

### 2.2 problem 3

由 Nyquist 定理, 最大传输速率为  $2 \cdot 6 \text{ Mhz} \cdot \log_2 4 = 24 \text{ Mbps}$ 。

### 2.3 problem 4

由 Shannon 定理, 最大传输速率为  $3 \text{ kHz} \cdot \log_2(1 + 10^{20/10}) = 19.97 \text{ kbps}$ 。但考虑信号电平级数和采样速度后, 由 Nyquist 定理计算出最大传输速率为  $6 \text{ kbps}$ , 因此此处应该取后者。

### 2.4 problem 5

T1 载波要求  $1.544 \text{ Mbps}$ 。由 Shannon 定理计算出所需的  $\frac{S}{N} = 1.976 \times 10^9$ 。即信噪比  $10 \log \frac{S}{N} = 93 \text{ dB}$ 。

### 2.5 problem 9

Nyquist 定理是数学结论, 与具体实现无关。因此不论铜线与光纤均等地受其限制。

### 2.6 problem 20

石油管线是半双工系统, 因为 (理论上) 石油可以双向传输。河流在水流的意义上是单工系统, 在河流上的船只的意义上是全双工系统。PTT 对讲机是半双工系统。

### 2.7 problem 25

10 个信号两两之间需要一个保护带, 总计需要 9 个。因此信道的总带宽不能低于  $4000 \times 10 + 400 \times 9 = 43600 \text{ Hz}$ 。

## 2.8 problem 37

从跳数来看:

最好的是全联通结构, 任意两个节点通信只需要 1 跳。

其次是星形结构, 任意两个节点之间均需要 2 跳。

对于双向环结构, 最好情况 (当两个节点直接相连) 需要 1 跳, 最坏情况 (当两个节点正对面) 需要  $n/2$  跳, 随机两个节点的期望跳数是  $n/4$ 。

## 2.9 problem 38

对于电路交换网络: 完成传输需要的时间是  $t_{circuit} = s + x/b + kd$ 。

对于包交换网络, 最后一个 bit 被发送的时刻是  $x/b$ ; 每个数据包总共被转发  $k-1$  次, 每次转发在数据传输上用时  $p/b$ ; 外加线路上的延迟  $kd$ , 总计用时是  $t_{packet} = x/b + (k-1)p/b + kd$ 。

因此, 在  $s > (k-1)p/b$  时包交换网络延迟较短。

## 2.10 problem 39

实际数据发送量  $\frac{x}{p}(p+h)$ , 路由间传输时间  $\frac{(k-1)(p+h)}{b}$

$$\begin{aligned}\frac{x(p+h)}{pb} + \frac{(k-1)(p+h)}{b} &= \frac{xh}{pb} + \frac{(k-1)p}{b} + \frac{x + (k-1)h}{b} \\ &\geq 2\sqrt{\frac{xh(k-1)}{b^2}} + \frac{x + (k-1)h}{b}\end{aligned}$$

当  $p = \sqrt{\frac{xh}{k-1}}$  时取最小。

## 2.11 problem 40

每个蜂窝有 6 个相邻蜂窝。为了最大化每个蜂窝的频率数, 考虑最小化蜂窝所使用的频段数量。

假定一个蜂窝使用了频段 A, 那么其 6 个相邻蜂窝至少需要 2 个频段 B, C (两者交替使用)。而铺满整个平面恰好不需要其他频段。对于使用 B 的蜂窝, 其相邻蜂窝只需交替地使用 A 和 C; 使用 C 的也是这样。

则每个频段可以拥有 280 个频率。

## 2.12 problem 48

用总线结构模拟星形结构是可行的。不考虑电视光纤上的电视业务, 将全部带宽分配给电话通信, 可以采用时分复用。

在 10 Gbps 总线上, 每台电话需要的数据速率为 64 kbps, 可以支持 156250 台电话。