

## 华东师范大学软件学院课程作业

课程名称：计算机网络  
作业主题：第三章作业  
指导老师：刘献忠

年级：2023 级本科  
学号：10235101526  
组号：

姓名：张梓卫  
作业日期：2024/11/05

### 一 3.1

3-1. The following data fragment occurs in the middle of a data stream for which the byte stuffing algorithm described in the text is used: A B ESC C ESC FLAG FLAG D. What is the output after stuffing?

下列数据片段出现在数据流的中间，使用字节填充算法处理后的数据流为：A B ESC C ESC FLAG FLAG D。经过填充后，输出是什么？

#### 解答

根据题意，遇到 ESC 或 FLAG 时需要进行字节填充，将这些特殊字符前面插入一个 ESC。例如：

- ESC 变为 ESC ESC
- FLAG 变为 ESC FLAG

原数据流为：A B ESC C ESC FLAG FLAG D。

经过字节填充后，数据变为：A B ESC ESC C ESC ESC ESC FLAG ESC FLAG D。

### 二 3.2

3-2. Can you think of any circumstances under which an open-loop protocol (e.g., a Hamming code) might be preferable to the feedback-type protocols discussed throughout this chapter?

你能想到在什么情况下开环协议（例如汉明码）比本章讨论的反馈类型协议更有利吗？

#### 解答

在以下情况下可能优于反馈协议：

- 在发送时间很长时，反馈协议需要确认和应答，增加了往返时间。在低延迟高效率场景中，汉明码更合适。
- 信道误码率低，可用汉明码来纠正少数错误，而无需每次都发送确认。
- 若需要广播数据，开放式协议可以减少开销，因为接收方不需要回复确认。

### 三 3.3

3-3. An 8-bit byte with binary value 10101111 is to be encoded using an even-parity Hamming code. What is the binary value after encoding?

一个 8 位字节的二进制值是 10101111，要求使用偶校验汉明码进行编码。编码后的二进制值是多少？

## 解答

对于汉明码编码，我们需要在数据流中插入校验位，使它们位于 2 的幂次方位置（如第 1 位、第 2 位、第 4 位、第 8 位等）。这些校验位用于检查特定位置的比特是否满足偶校验。

初始结构如下所示：

1	p1	p2	1	p4	0	1	0	p8	1	1	1	1
---	----	----	---	----	---	---	---	----	---	---	---	---

需要校验的位判断方法如下：

按二进制掩码确定

- p1 (1 = 0001) 校验所有二进制表示的最后一位为 1 的位置（如 1, 3, 5, 7, 9, 11...）。
- p2 (2 = 0010) 校验所有二进制表示的倒数第二位为 1 的位置（如 2, 3, 6, 7, 10, 11...）。

当检查出有奇数个时， $p_i$  要设置为 1，否则为 0，依次来满足或保持偶校验。

最终结果如下所示：

1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

## 四 3.4

3-4. What is the remainder obtained by dividing  $x^7 + x^5 + 1$  by the generator polynomial  $x^3 + 1$ ?

求余数： $\frac{x^7 + x^5 + 1}{x^3 + 1}$ 。

## 解答

Handwritten solution for the polynomial division:

Divisor: 1001 ( $x^3 + 1$ )

Dividend: 10110111 (with three zeros added, as noted: "由于生成多项式最高次数为3次 故补3个零")

The division steps show the remainder is 111.

Handwritten note: "则余数 (Remainder) 为: 111"

图 1: Hamming code

故最后答案为 111.

## 五 3.5

3-5. Suppose that a message 1001 1100 1010 0011 is transmitted using Internet Checksum (4-bit word). What is the value of the checksum?

假设消息 1001 1100 1010 0011 采用互联网校验和（4 位字）进行传输。校验和的值是多少？

## 解答

进行二进制加法，若有进位则加回到第一位：

$$(1001 + 1100 + 1010 + 0011) = 100010$$

进位被加到最低有效位，得到 0100。最后求反码即可。

$$\text{Checksum} = (0100)' = 1011.$$

## 六 3.6

3-6. 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

某通道的比特率为 4 kbps，传播延迟为 20 毫秒。对于多大范围的帧大小，停等协议能够达到至少 50% 的效率？

## 解答

Stop-and-Wait 协议的效率计算公式：

$$\text{效率} = \frac{\text{帧传输时间}}{\text{帧传输时间} + 2 \times \text{传播延迟}}$$

已知条件：

- 比特率  $R = 4 \text{ kbps} = 4000 \text{ bps}$
- 传播延迟  $T_p = 20 \text{ msec} = 0.020 \text{ 秒}$
- 帧大小  $F$ （以比特为单位）

$$\text{帧传输时间} = \frac{F}{R}$$

代入求解 效率  $> 50\%$  的不等式：

$$\frac{F}{4000} \geq 2 \times 0.020$$

$$F \geq 160 \text{ 比特}$$

故为了使停等协议的效率至少为 50%，帧大小  $F$  必须满足  $F \geq 160$  比特

## 七 3.7

3-7. A 3000-km-long T1 trunk is used to transmit 64-byte frames using protocol 5. If the propagation speed is 6 sec/km, how many bits should the sequence numbers be?

一条 3000 公里长的 T1 干线用于使用协议 5 传输 64 字节帧。如果传播速度是 6 s/km，序列号应该是多少位？

## 解答

$$\text{传播延迟} = 3000 \text{ km} \times 6 \mu\text{s}/\text{km} = 18000 \mu\text{s} = 18 \text{ ms}$$

帧大小为 64 字节，即  $64 \times 8 = 512$  位。

使用 T1 线路的传输速率为 1.544 Mbps，即 1.544 Mbits/s 或 1544 bits/ms。

$$\text{帧传输时间} = \frac{512 \text{ bits}}{1544 \text{ bits/ms}} \approx 0.33 \text{ ms}$$

每帧的总时间为传输时间加上传播延迟，再加上回执时间：

$$\text{总时间} = 0.33 \text{ ms} + 18 \text{ ms} + 18 \text{ ms} = 36.33 \text{ ms}$$

在此时间内信道可以发送的帧数为：

$$\frac{\text{总时间}}{\text{帧传输时间}} = \frac{36.33 \text{ ms}}{0.33 \text{ ms}} \approx 121 \text{ 帧}$$

序列号的位数  $n$  应满足  $2^n \geq 121$ ，即

$$2^n \geq 121$$

取  $n = 7$  位即可满足此要求。

## 八 3.8

3-8. In protocol 6, when a data frame arrives, a check is made to see if the sequence number differs from the one expected and no nak is true. If both conditions hold, aNAK is sent. Otherwise, the auxiliary timer is started. Suppose that the else clause were omitted. Would this change affect the protocol's correctness?

在协议 6 中，当接收到数据帧时，检查序列号是否与预期值不同且未收到 nak。如果这两个条件成立，则发送 aNAK。否则，启动辅助计时器。假设省略了 else 子句。这样做会影响协议的正确性吗？

### 解答

Protocol 6 here refers to the Selective Repeat Protocol.

May lead to deadlock. Assuming a set of frames arrives correctly and is received. Then, the receiving end will move the window forward. But if all the confirmation frames are lost, the sender will timeout and send the first frame again, while the receiver will send a NAK. Then NONAK was set to false. And it is impossible to know that the frames that have been sent have been received and there is no time limit, If NAK is also lost, the sender will continue to send frames that have already been accepted by the receiver. The receiver simply ignores these frames, but since NONAK is fake, it will not send NAK again, resulting in a deadlock. If an auxiliary counter is set (implementing the 'else' clause) and NAK is resent after timeout, both parties will eventually regain synchronization.

可能导致死锁。假定有一组帧正确到达，并被接收。然后，接收端会向前移动窗口。但若确认帧都丢失了，发送端就会超时，会再发送第一帧，接收端将发送一个 NAK。然后 NONAK 被置成伪。而无法得知已经发送的帧已被接收，并且没有时间限制，若 NAK 也丢失，那么发送方会不断发送已经被接收方接受的帧。接收方只是忽略这些帧，但由于 NONAK 为伪，所以不会再发送 NAK，从而产生死锁。如果设置辅助计数器（实现“else”子句），超时后重发 NAK，终究会使双方重新获得同步。

## 九 3.9

3-9. Suppose that the three-statement while loop near the end of protocol 6 was removed from the code. Would this affect the correctness of the protocol or just the performance? Explain your answer.

假设在协议 6 末尾的三语句 while 循环被移除。这样会影响协议的正确性还是仅影响性能？请解释你的答案。

### 解答

协议 6 中的三个语句 while 循环负责检查当前进程的值是否为所有其他进程值中的最小值。它通过将其值发送给所有其他进程并接收它们的值来实现这一点。

移除协议 6 末尾的三语句 while 循环可能会影响协议的正确性。该循环用于确保接收端能够处理并确认所有帧。如果移除它，接收端可能会遗漏某些帧的确认，从而导致发送端重传不必要的帧或造成数据丢失。

## 十 3.10

3-10. Frames of 1000 bits are sent over a 1-Mbps channel using a geostationary satellite whose propagation time from the earth is 270 msec. Acknowledgements are always piggybacked onto data frames. The headers are very short. Three-bit sequence numbers are used. What is the maximum achievable channel utilization for

通过 1 Mbps 的通道发送 1000 位的帧，使用地球同步卫星进行传输，地球到卫星的传播时间为 270 毫秒。确认总是附带在数据帧上。帧头非常短。使用三位序列号。以下协议的最大可实现通道利用率是多少？

- (a) 停等协议？
- (b) 协议 5？
- (c) 协议 6？

### 解答

帧的传输时间：

$$T_{\text{frame}} = \frac{\text{帧大小}}{\text{通道容量}} = \frac{1000 \text{ 位}}{1,000,000 \text{ bps}} = 1 \text{ ms}$$

由于单程传播延迟为 270 ms，因此往返时间为：

$$RTT = 2 \times 270 \text{ ms} = 540 \text{ ms}$$

(a) 停等协议

在停等协议中，发送方发送一个帧后需要等待确认后才能发送下一帧。这意味着在每帧发送之后的往返延迟期间信道都是空闲的。

利用率为：

$$U = \frac{\text{传输时间}}{\text{传输时间} + \text{往返时间}}$$

$$U = \frac{1 \text{ ms}}{1 \text{ ms} + 540 \text{ ms}} = \frac{1}{541} \approx 0.00185$$

(b) 协议 5（回退 N 协议）

在回退 N 协议中，窗口大小为  $W = 7$ （因为我们有三位序列号），发送方可以在等待确认之前最多发送 7 个帧。

回退 N 的信道利用率可以近似为：

$$U = \frac{\min(W, \frac{RTT}{T_{\text{frame}}}) \times T_{\text{frame}}}{RTT + T_{\text{frame}}}$$

因为  $\frac{RTT}{T_{\text{frame}}} = \frac{540}{1} = 540$ ，远大于  $W = 7$ ，我们使用  $W = 7$  进行计算：

$$U = \frac{7 \times 1 \text{ ms}}{540 \text{ ms} + 1 \text{ ms}} = \frac{7}{541} \approx 0.01294$$

(c) 协议 6（选择重传协议）

在选择重传协议中，每个帧的确认是独立发送的，并且只有出错的帧才会被重传。假设无错误情况下，发送方可以连续发送 7 个帧，并为每个帧接收确认。

由于信道可以在窗口大小范围内连续利用，在无错误条件下，利用率与回退 N 协议相同。因此：

$$U = \frac{7 \times 1 \text{ ms}}{540 \text{ ms} + 1 \text{ ms}} = \frac{7}{541} \approx 0.01294$$

综上所述，答案结果如下：

1. 停等协议：0.185% 2. 回退 N 协议（协议 5）：1.294% 3. 选择重传协议（协议 6）：1.294%

因此，最高可实现的信道利用率在无错误条件下约为 1.294%，适用于回退 N 和选择重传协议，假设最大窗口大小为 7。