

2 题型 - 信道利用率相关计算

题型： #信道利用率相关计算

历年真题

真题： 2012年

• 题目：

【2012 统考真题】两台主机之间的数据链路层采用后退 N 帧协议 (GBN) 传输数据，数据传输速率为 16kb/s ，单向传播时延为 270ms ，数据帧长范围是 $128 \sim 512$ 字节，接收方总是以与数据帧等长的帧进行确认。为使信道利用率达到最高，帧序号的比特数至少为 ()。

- A. 5 B. 4 C. 3 D. 2

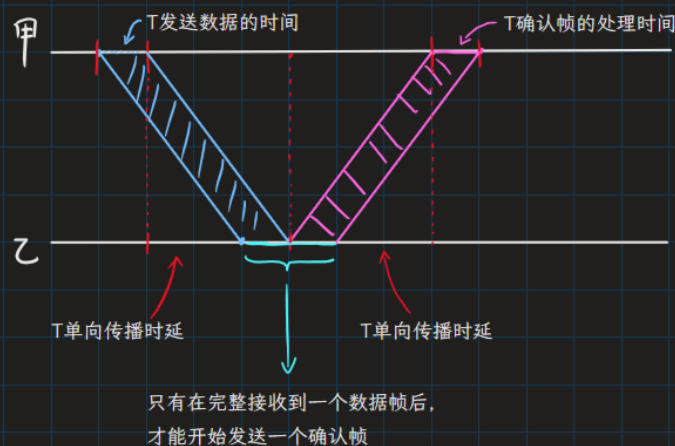
• 解析：

• 由于数据帧长的范围为 $128\text{B} \sim 512\text{B}$ ，且待求目标为帧序列的至少比特数，所以应当考虑当前数据帧最小的情况下时、需要至少多少位来表示帧序号，因此数据帧大小为 $128\text{B} = 1024\text{b}$

• 已有信息：

• $V_{\text{传}} = 16\text{kb/s}$ ， $T_{\text{单向}} = 270\text{ms}$ ， $N_{\text{数据报}} = N_{\text{确认帧报}} = 1024\text{b}$ ；

• 甲发送一个数据帧时，传输过程如下：



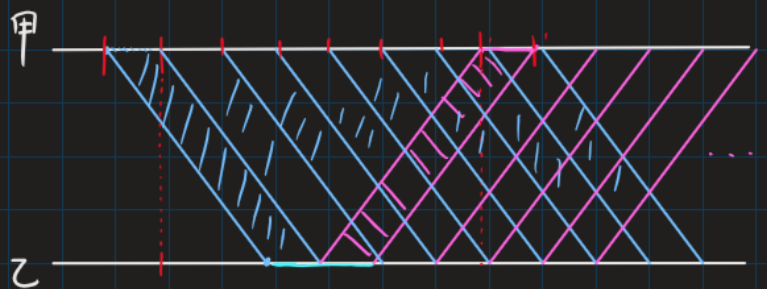
此时花费的总时间 = $T_{\text{发送数据}} + T_{\text{处理确认帧数据}} + 2 * T_{\text{传播时延}}$

$$\begin{aligned} T_{\text{发送数据}} &= T_{\text{处理确认帧数据}} = 1024\text{b} \div 16\text{kb/s} = 2^{10}\text{b} \div 2^4 \times 10^3\text{b/s} = 2^6 \div 10^3\text{s} \\ &= 64 \times 10^{-3}\text{s} \\ &= 64\text{ms} \end{aligned}$$

注意这里是 10^3 ，不是 2^{10}

因此传输一个报文的总时间 = $64\text{ms} * 2 + 270\text{ms} * 2 = 668\text{ms}$

• 由于采用GBN协议，为了使得信道传输利用率达到最高，则此时在信道传输第一个数据报的全过程中，假设发送报文占满整个信道，如下：



• 由于加传输一个数据所花的时间为64ms，则在668ms中，甲共可以传输 $668/64=10.4375$ ，因此为了能够表示这些数据，至少需要4位的帧序列，即最大帧序号为16，能够表示这10.4帧的数据；

• 答案：

- B

真题：2015年

• 题目：

【2014 统考真题】主机甲与主机乙之间使用后退 N 帧协议（GBN）传输数据，主机甲的发送窗口尺寸为 1000，数据帧长为 1000 字节，信道带宽为 100Mb/s，主机乙每收到一个数据帧，就立即利用一个短帧（忽略其传输延迟）进行确认，若主机甲和主机乙之间的单向传播时延是 50ms，则主机甲可以达到的最大平均数据传输速率约为（ ）。

- A. 10Mb/s B. 20Mb/s C. 80Mb/s D. 100Mb/s

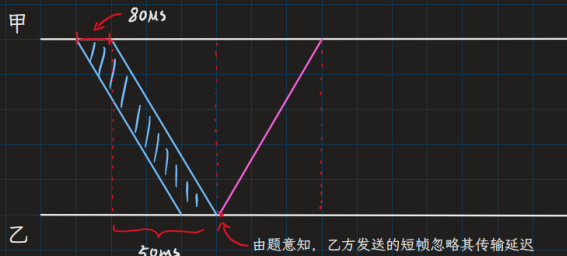
• 解析：

• 主机的最大平均数据传输速率受到两方面限制，一个是当前发送窗口的大小，另一个是当前信道下的最大信道利用率。因此为了求出其最大平均数据传输速率，需要分别求出这两种情况的限制条件；

• 由于当前数据帧长度为1000B，信道带宽为100Mb/s，因此传输一个数据帧需要： $1000 \times 2^3 \div 1 \times 10^2 \times 10^6 \text{ b/s}$

• 主机甲传输一个数据帧所花费的时间如下所示：

$$= 8 \times 10^{-8} \text{ s} = 8 \times 10^{-5} \text{ s} = 80 \mu\text{s}$$



• 因此从甲当前发出数据帧、到接收到确认帧共需要80微秒 + 50毫秒 $\times 2$ = 80微秒 + 100毫秒

• 因此在传输一个数据帧、并接受一个确认帧的全过程当中，甲一共可以发送 $1 + 100\text{ms}/80\mu\text{s} = 1 + 1250 = 1251$ 帧数据帧；

• 由于当前的发送窗口为1000，因此在接收到确认帧之前，甲最多可以发送1000个数据帧；

• 由于 $1000 \text{ 帧} < 1251 \text{ 帧}$ ，因此当前甲可以达到的最大数据传输速率为：

- (最大可传输数据量) / (传输总时长) = $1000 \text{ 帧} \times 8000 \text{ b} / 100\text{ms} + 80\mu\text{s}$ 约等于 80Mb/s

• 答案：

- C

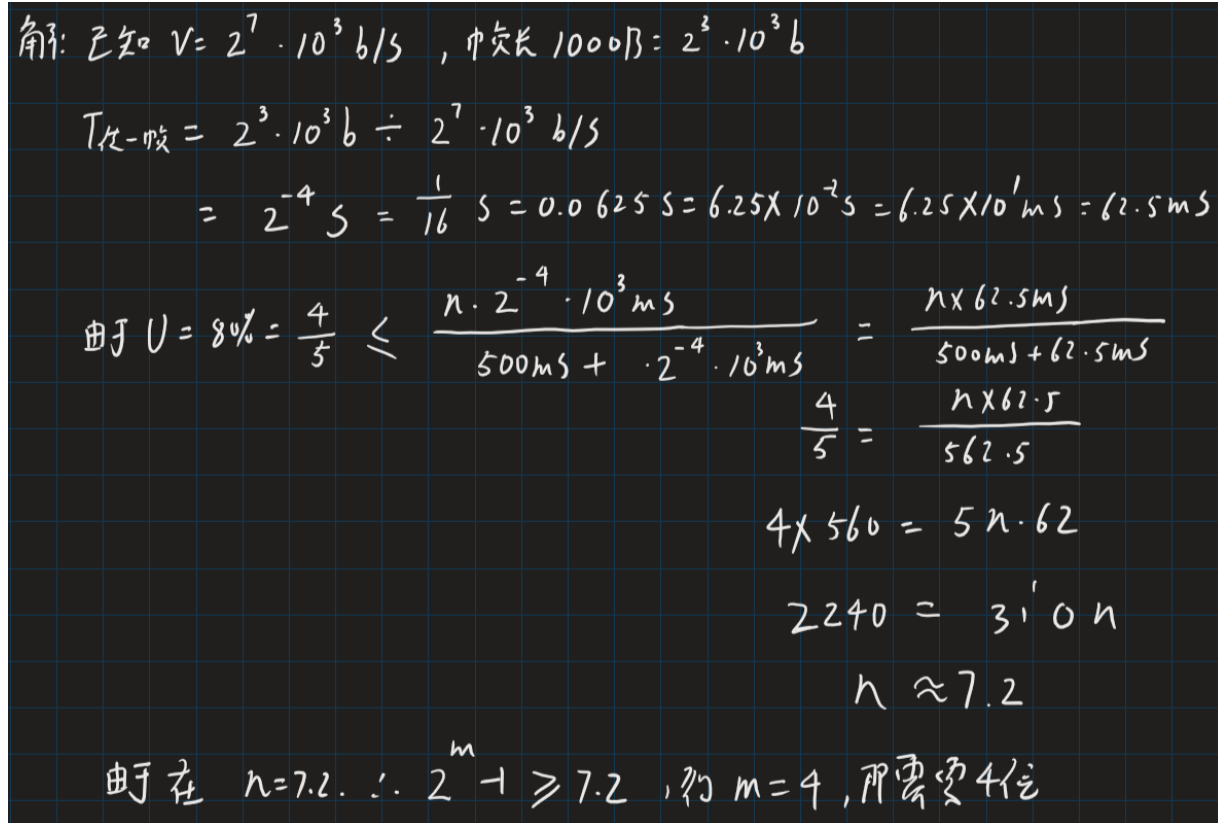
真题：2015年

• 题目：

【2015 统考真题】主机甲通过 128kb/s 卫星链路，采用滑动窗口协议向主机乙发送数据，链路单向传播时延为 250ms，帧长为 1000 字节。不考虑确认帧的开销，为使链路利用率不小于 80%，帧序号的比特数至少是（ ）。

- A. 3 B. 4 C. 7 D. 8

• 解答：



解：已知 $V = 2^7 \cdot 10^3 \text{ b/s}$ ，帧长 $1000\text{B} = 2^3 \cdot 10^3 \text{ b}$

$$T_{\text{fr-帧}} = 2^3 \cdot 10^3 \text{ b} \div 2^7 \cdot 10^3 \text{ b/s}$$
$$= 2^{-4} \text{ s} = \frac{1}{16} \text{ s} = 0.0625 \text{ s} = 6.25 \times 10^{-2} \text{ s} = 6.25 \times 10^{-1} \text{ ms} = 62.5 \text{ ms}$$
$$\text{由于 } U = 80\% = \frac{4}{5} \leq \frac{n \cdot 2^{-4} \cdot 10^3 \text{ ms}}{500 \text{ ms} + 2^{-4} \cdot 10^3 \text{ ms}} = \frac{n \times 62.5 \text{ ms}}{500 \text{ ms} + 62.5 \text{ ms}}$$
$$\frac{4}{5} = \frac{n \times 62.5}{562.5}$$
$$4 \times 560 = 5n \cdot 62$$
$$2240 = 310n$$
$$n \approx 7.2$$

则在 $n=7.2$ ， $\therefore 2^m - 1 \geq 7.2$ ，即 $m=4$ ，需要 4 位

• 答案：

- B

• 总结：

- 注意，计算帧序号所需的位数时，假设当前知道了需要表达的总帧数为 n ，当前的位数 m ，则当前位数和帧数的关系为：

•
$$2^m - 1 \geq n$$

- 这里面 -1 的原因是帧序号是从 0 开始计数的，因此需要减去一个；

真题：2018年

• 题目：

【2018 统考真题】主机甲采用停止-等待协议向主机乙发送数据，数据传输速率是 3kb/s，单向传播时延是 200ms，忽略确认帧的传输时延。当信道利用率等于 40%时，数据帧的长度为（ ）。

- A. 240 比特 B. 400 比特 C. 480 比特 D. 800 比特

• 解析：

由于采用停止-等待协议，因此当前传输时，只有在收到了对于甲的确认帧后，才能传输下一个数据；

• 假设当前甲的数据帧大小为N；

• 因此传输一个数据帧所花的时间 = $T_{\text{甲数据帧传输时间}} + 2 \times \text{传播时延} = (N \div 3 \cdot 10^3 \text{ b/s}) + 400 \text{ ms}$

• 由于信道利用率为40%，得到： $U = \frac{N \div 3 \cdot 10^3 \text{ b/s}}{400 \text{ ms} + N \div 3 \cdot 10^3 \text{ s}} = \frac{k}{400 \text{ ms} + k} = \frac{2}{5}$

$$\therefore 5k = 800 \text{ ms} + 2k$$

$$3k = 800 \text{ ms}$$

$$3 \cdot \frac{N}{3} \cdot 10^{-3} = 0.8 \text{ s}$$

$$N \cdot 10^{-3} \text{ s} = 0.8 \text{ s}$$

$$N = 0.8 \times 10^3 = 800$$

• 即数据帧的长度为800b

• 答案：

• D

真题：2020年

• 题目：

【2020 统考真题】假设主机甲采用停止-等待协议向主机乙发送数据帧，数据帧长与确认帧长均为 1000B，数据传输速率是 10kb/s，单项传播延时是 200ms。则主机甲的最大信道利用率为（ ）。

• A. 80% B. 66.7% C. 44.4% D. 40%

• 答案：

• D

真题：2023年

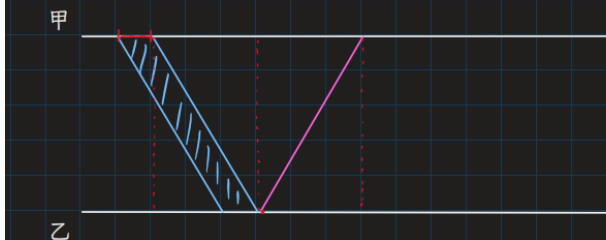
• 题目：

【2023 统考真题】假设通过同一条信道，数据链路层分别采用停止-等待协议、GBN 协议和 SR 协议（发送窗口和接收窗口相等）传输数据，三个协议的数据帧长相同，忽略确认帧长，帧序号位数为 3 比特。若对应三个协议的发送方最大信道利用率分别是 U_1 、 U_2 和 U_3 ，则 U_1 、 U_2 和 U_3 满足的关系是（ ）。

• A. $U_1 \leq U_2 \leq U_3$ B. $U_1 \leq U_3 \leq U_2$ C. $U_2 \leq U_3 \leq U_1$ D. $U_3 \leq U_2 \leq U_1$

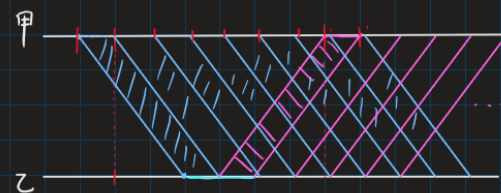
• 解析：

• 在S/W协议下，信道状态如下：



• 此时，信道利用率为 $U = T_{\text{甲传输数据帧}} / RTT + T_{\text{甲传输数据帧}}$

• 在GBN协议下，信道状态如下：

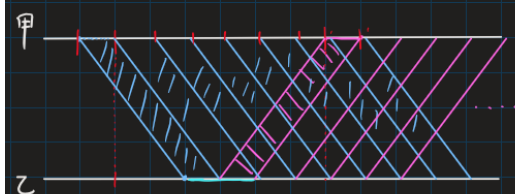


• 此时，信道利用率为 $U = \frac{n_{\text{发送窗口值}} * T_{\text{甲传输数据帧}}}{RTT + T_{\text{甲传输数据帧}}}$

• 在GBN下采用累计确认，发送窗口值不会发生变化；

• 由于当前帧序列占3位，因此 $W_{\text{发送窗口}} = 2^3 - 1 = 7$

• 在选择重传协议下，信道状态如下：



• 此时，信道利用率为 $U = \frac{n_{\text{发送窗口值}} * T_{\text{甲传输数据帧}}}{RTT + T_{\text{甲传输数据帧}}}$

• 但需要注意的是，在选择重传协议下，由于需要满足： $W_{\text{发}} + W_{\text{收}} \leq 2^n$ ，

• 由于当前帧序列占3位，并且接受窗口和发送窗口大小一致，因此 $W_{\text{发送窗口}} + W_{\text{接收窗口}} < 2^3 = 8$

• 所以发送窗口小于4，因此 $n < 4$ ，因此其信道利用率小于GBN协议；

• 答案：

• B

知识点复盘