

本节内容

## 三种协议的 信道利用率分析

## 知识总览

### 信道利用率

S-W 协议的信道利用率

GBN、SR 协议的信道利用率

补充几个术语

# S-W 协议的信道利用率

假设:

信道的数据传输速率= 1 kbps

数据帧长度 = 4 kb

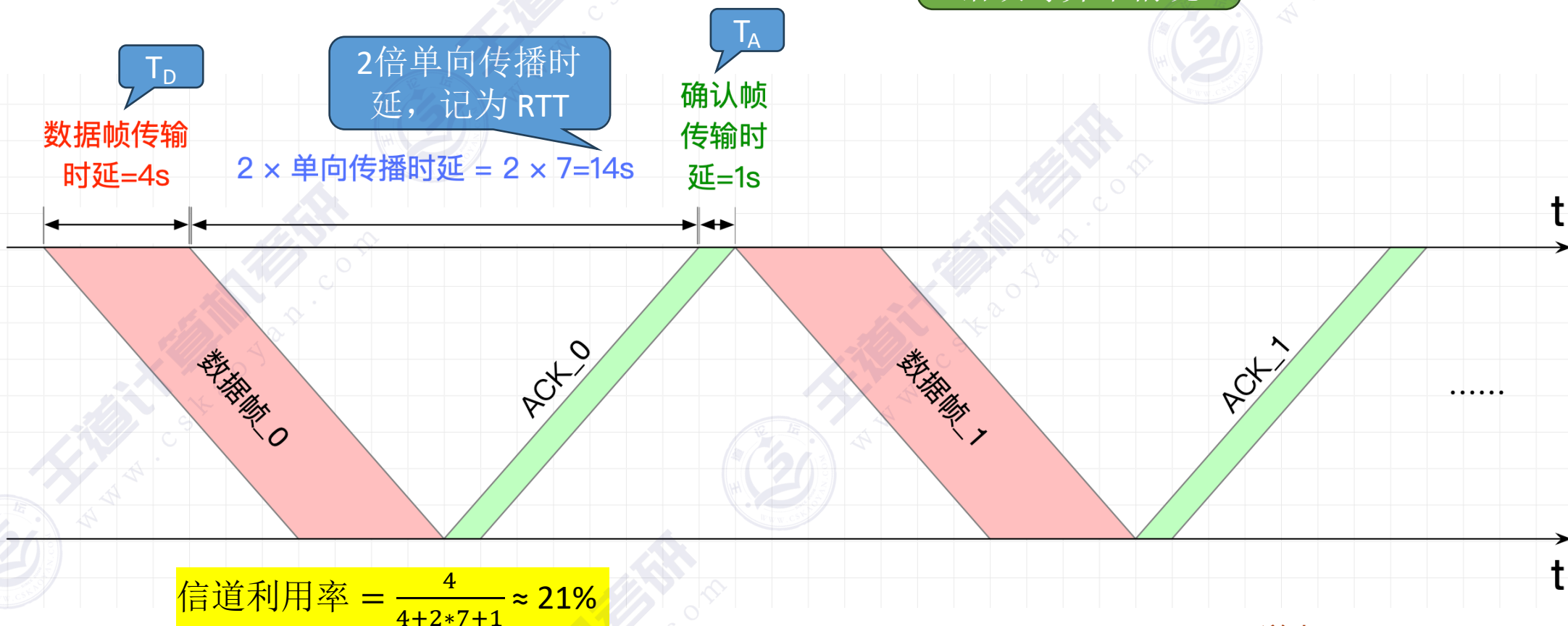
确认帧长度 = 1 kb

信道单向传播时延 = 7s

理想情况下, 信道利用率=

$$U = \frac{T_D}{T_D + RTT + T_A}$$

没有帧丢失、比特错误等异常情况



# S-W 协议的信道利用率

假设:

信道的数据传输速率= 1 kbps

数据帧长度 = 4 kb

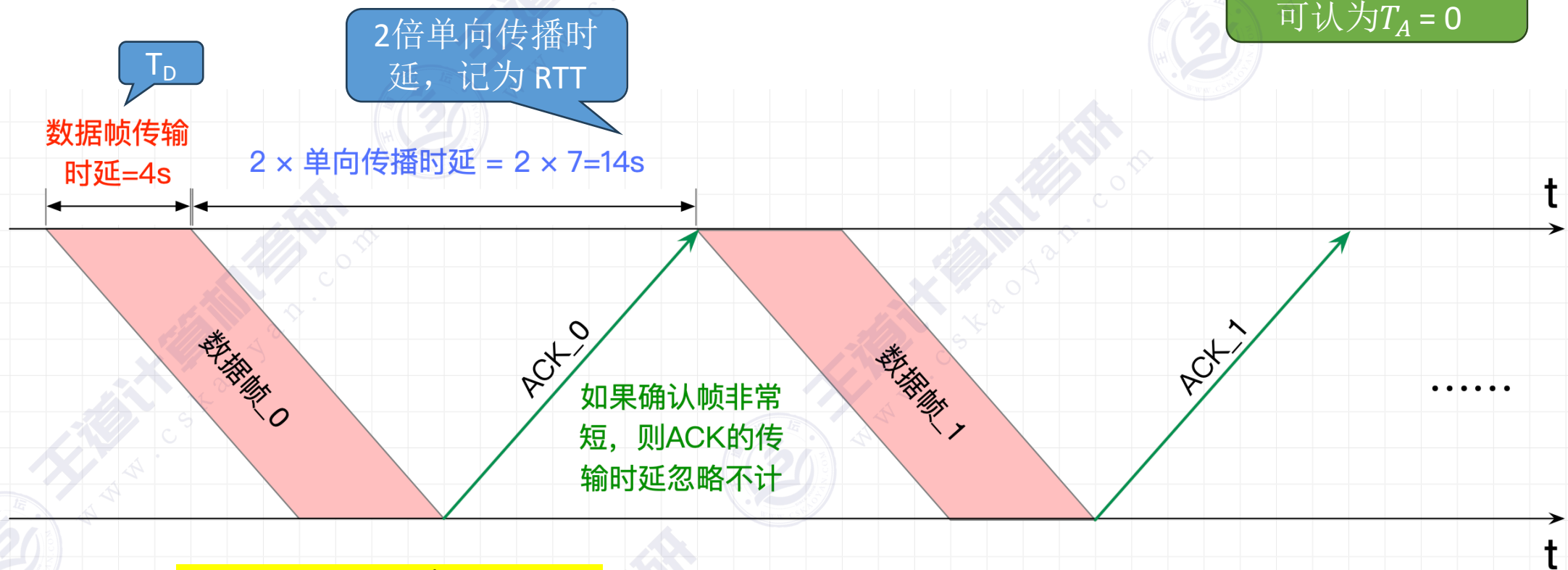
确认帧非常短

信道单向传播时延 = 7s

理想情况下, 信道利用率=

$$U = \frac{T_D}{T_D + RTT + T_A}$$

若确认帧非常短,  
可认为 $T_A = 0$



$$\text{信道利用率} = \frac{4}{4 + 2 \times 7} \approx 22.2\%$$

## 例题：2018真题\_36

36. 主机甲采用停-等协议向主机乙发送数据，数据传输速率是 3kbps，单向传播延时是 200ms，忽略确认帧的传输延时。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

确认帧很短，确认帧传输时延可忽略不计

$$\text{信道利用率} = \frac{\text{数据帧传输时延}}{\text{数据帧传输时延} + 2 \times \text{单向传播时延} + \text{确认帧传输时延}}$$

$$40\% = \frac{\left(\frac{\text{数据帧长度}}{3\text{kbps}}\right)}{\left(\frac{\text{数据帧长度}}{3\text{kbps}}\right) + 2 * 200\text{ms} + 0}$$



数据帧长度 = 800bit

## GBN、SR协议的信道利用率

假设:

发送窗口大小  $N=4$

信道的数据传输速率 = 1 kbps

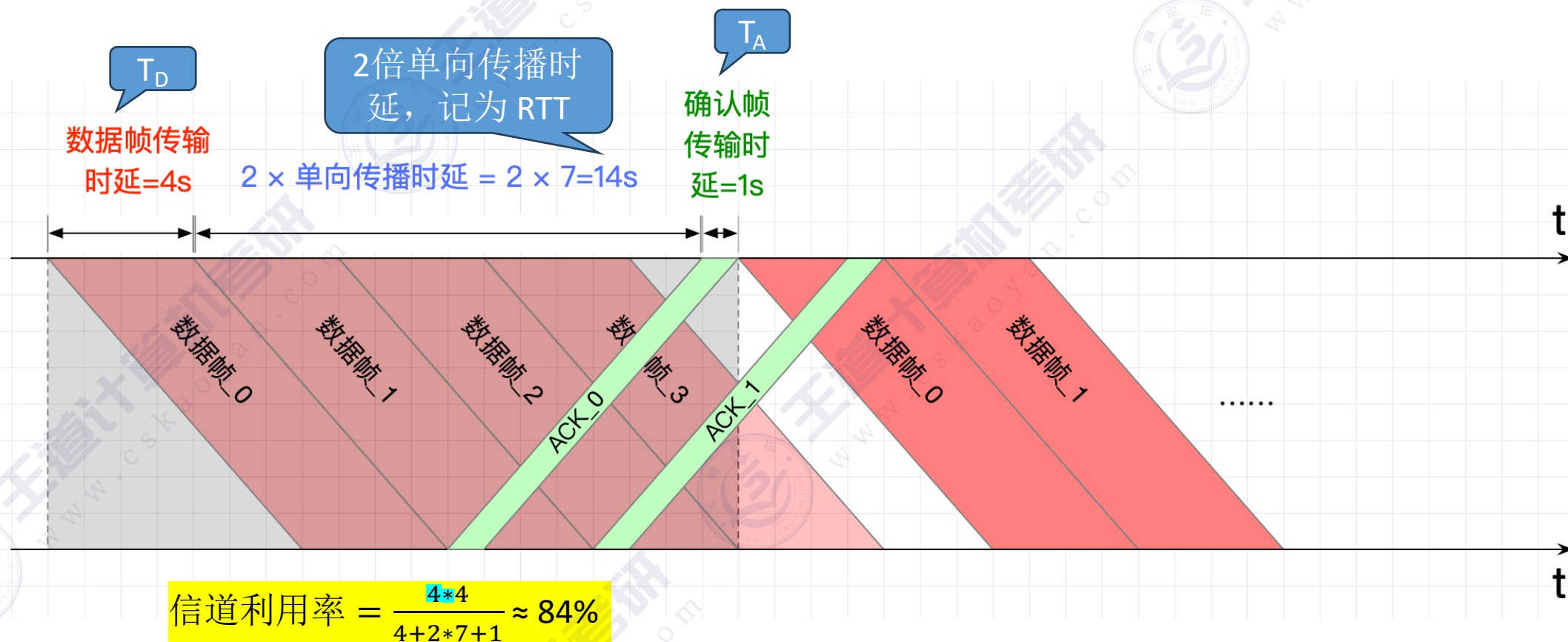
数据帧长度 = 4 kb

确认帧长度 = 1 kb

信道单向传播时延 = 7s

理想情况下, 信道利用率 =

$$U = \frac{N T_D}{T_D + RTT + T_A}$$





# GBN、SR协议的信道利用率

如果  $N T_D \geq T_D + RTT + T_A$ ，  
则最大信道利用率=1

假设：

发送窗口大小  $N=5$

信道的数据传输速率= 1 kbps

数据帧长度 = 4 kb

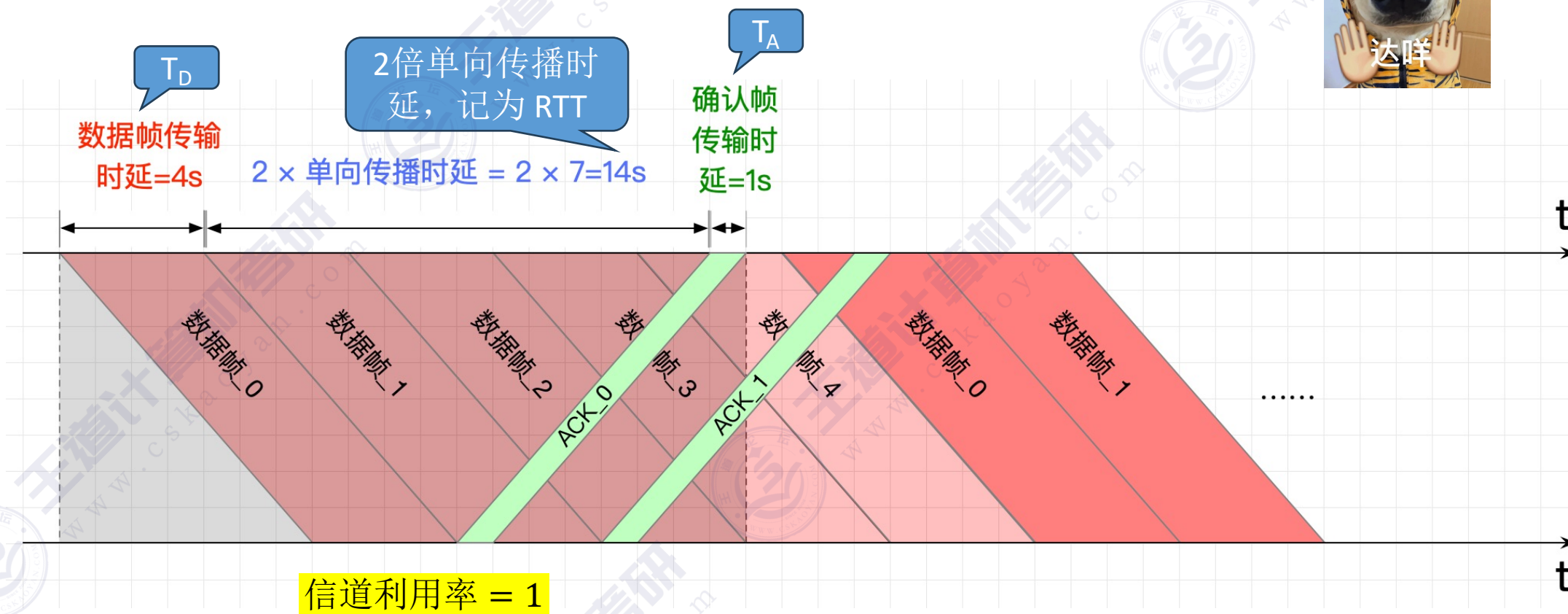
确认帧长度 = 1 kb

信道单向传播时延 = 7s

理想情况下，信道利用率=

$$U = \frac{N T_D}{T_D + RTT + T_A}$$

注意：信道利用率不可能超过1



## 例题：2014真题\_36

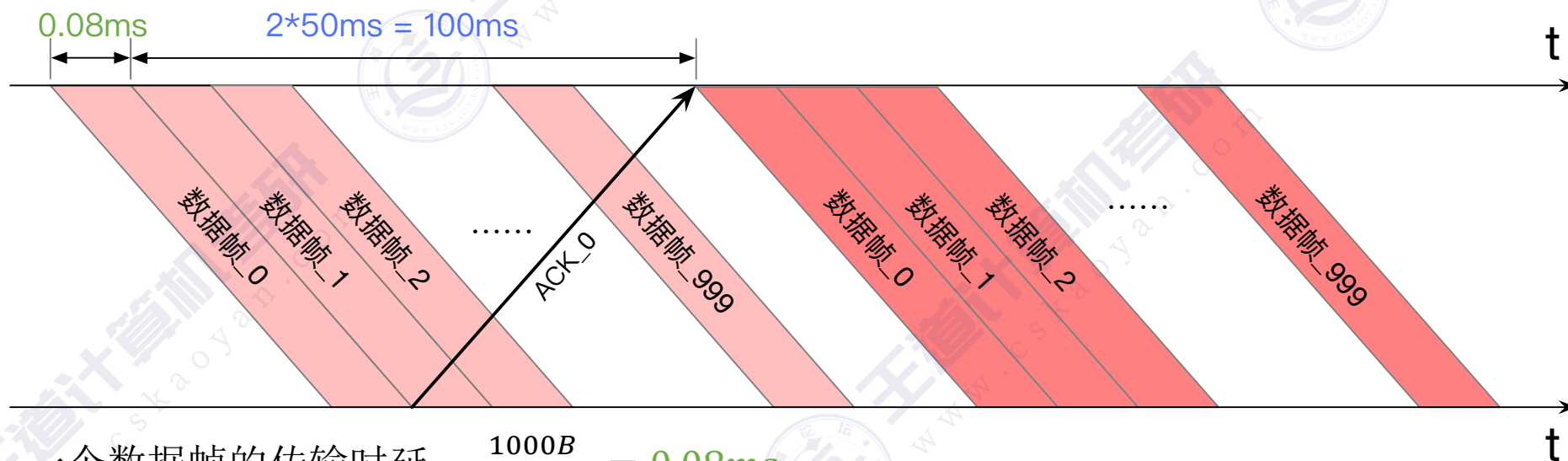
36. 主机甲与主机乙之间使用后退  $N$  帧协议 (GBN) 传输数据, 甲的发送窗口尺寸为 1000, 数据帧长为 1000 字节, 信道带宽为 100Mbps, 乙每收到一个数据帧立即利用一个短帧 (忽略其传输延迟) 进行确认, 若甲、乙之间的单向传播延迟是 50ms, 则甲可以达到的最大平均数据传输速率约为 ( )。

A. 10Mbps

B. 20Mbps

C. 80Mbps

D. 100Mbps



一个数据帧的传输时延 =  $\frac{1000B}{100Mbps} = 0.08ms$

连续发送1000个数据帧耗时 80ms

从发出第一个数据帧到收到第一个确认帧耗时  $2*50ms = 100ms$

最大平均数据传输速率 =  $\frac{1000*1000B}{100ms+0.08ms} \approx 80Mbps \longrightarrow$  信道利用率 $\approx 80\%$



## 例题：2015真题\_35

指GBN或SR

35. 主机甲通过 128kbps 卫星链路，采用滑动窗口协议向主机乙发送数据，链路单向传播延迟为 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

发送窗口大小

传输一个数据帧所需时间

$$\frac{1000B}{128kbps} = 0.0625s$$

对于GBN协议、SR协议，理想情况下，信道利用率

$$= \frac{N T_D}{T_D + RTT + T_A} \geq 80\%$$

$$N \geq 7.2$$

$$W_T > 1, W_R = 1$$

$$W_T > 1, W_R > 1$$

如果用  $n$  bit 表示帧序号，必需满足  $W_T + W_R \leq 2^n$

2倍的单向传播时延

$$2 * 250ms = 0.5s$$

传输一个确认帧所需时间

忽略不计=0

$n$ 相同时，GBN协议的  $W_T$  更大， $n$ 至少为4，才能确保  $W_T \geq 7.2$

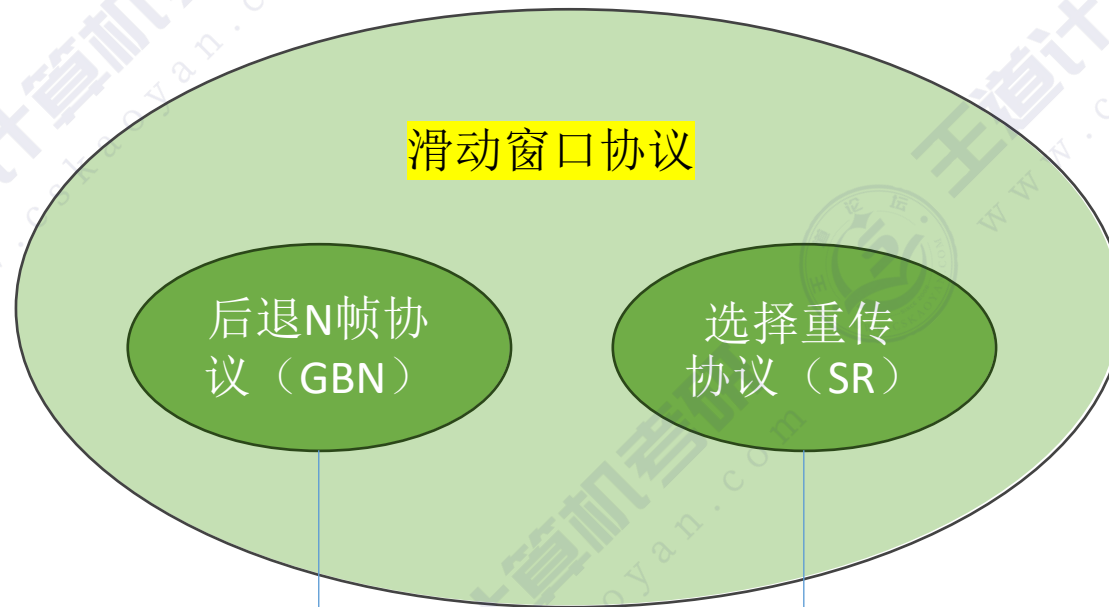
$$n \geq 4$$

## 术语补充：滑动窗口协议

术语使用上，停止-等待协议不属于“滑动窗口协议”范畴



$W_T=1, W_R=1$

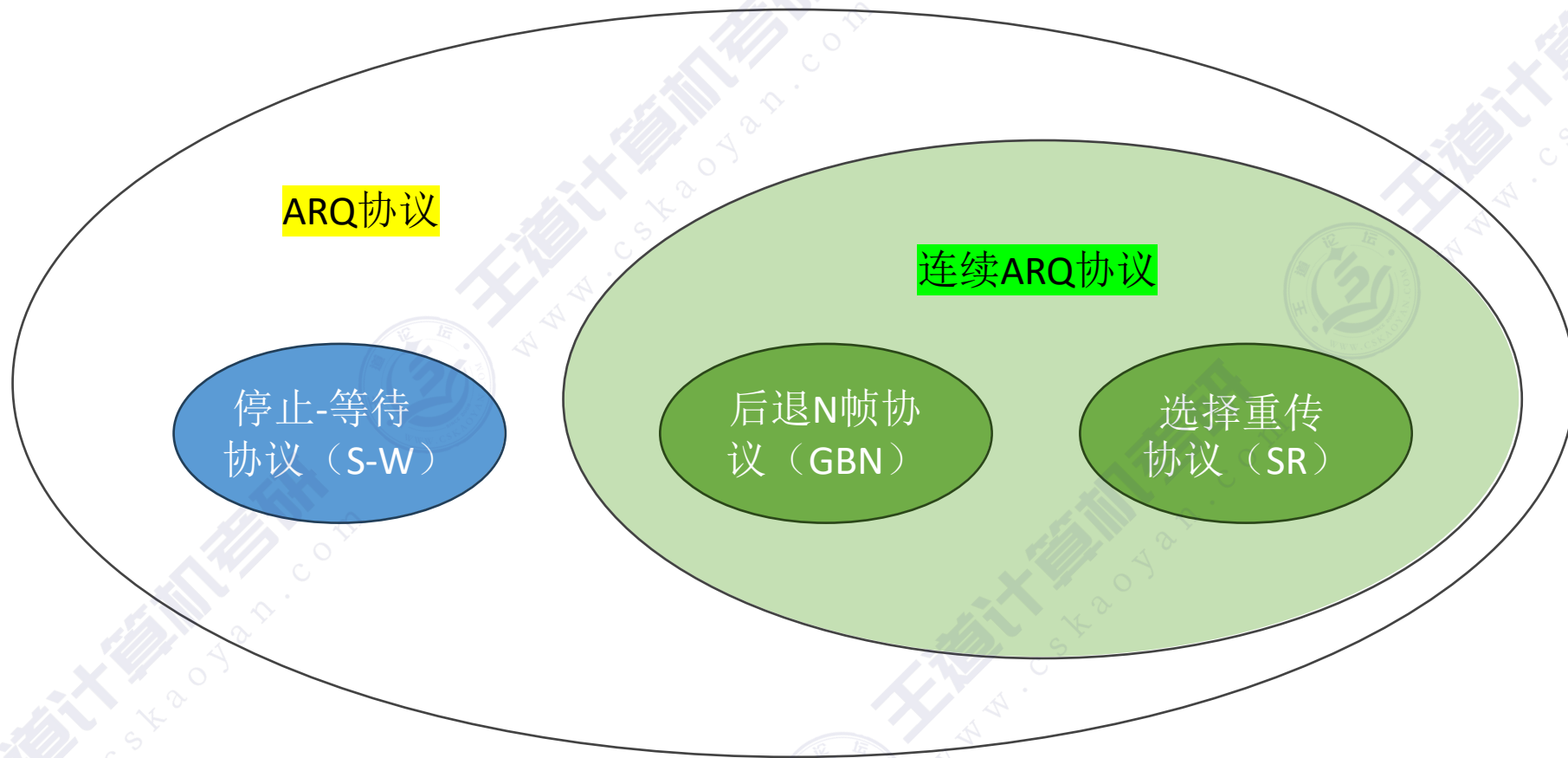


$W_T>1, W_R=1$

$W_T>1, W_R>1$

原理上，为了便于理解，三者都可以视为采用“滑动窗口机制”

## 术语补充：ARQ协议、连续ARQ协议



**ARQ协议**——即Automatic repeat request，通常译为“自动重传请求”协议，**包含 S-W、GBN、SR三种协议**

# 知识回顾与重要考点

## S-W、GBN、SR 的理想信道利用率

S-W

$$U = \frac{T_D}{T_D + RTT + T_A}$$

- $T_D$ : 一个数据帧的传输时延 (发送时延)
- $T_A$ : 一个ACK确认帧的传输时延 (发送时延)
- $RTT$ : 往返时延, 即两倍的单向传播时延
- 注意: 很多题目会忽略确认帧的传输时延  $T_A$

GBN、SR

$$U = \frac{N T_D}{T_D + RTT + T_A}$$

- $N$  表示发送窗口大小
- 注意: 信道利用率不能超过1

常结合“帧编号”考察

- 用  $n$  bit 给帧“编号”, 要求  $W_T + W_R \leq 2^n$
- GBN 协议  $W_R=1$ , SR 协议  $W_R>1$ 。因此, 同样用  $n$  bit 给帧编号, GBN 的发送窗口  $W_T$  更大, 因此 GBN 的信道利用率也会更高

术语补充

- 滑动窗口协议 — 指 GBN 协议 或 SR 协议
- ARQ 协议 — 指 S-W 或 GBN 或 SR 协议
- 连续ARQ协议 — 指 GBN 或 SR 协议