

# 计算机网络

## 传输层习题讲解

---

谢瑞桃

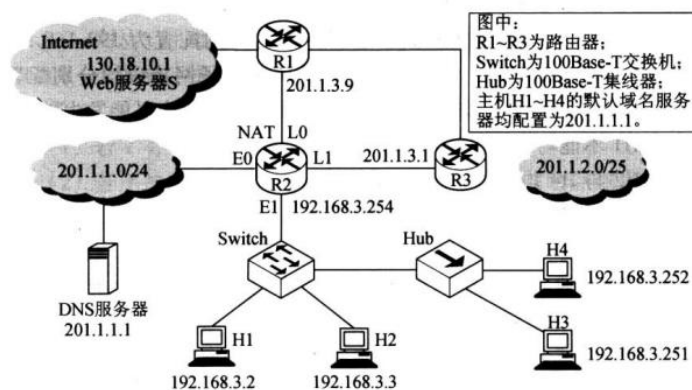
[xie@szu.edu.cn](mailto:xie@szu.edu.cn)

[rtxie.github.io](https://github.com/rtxie)

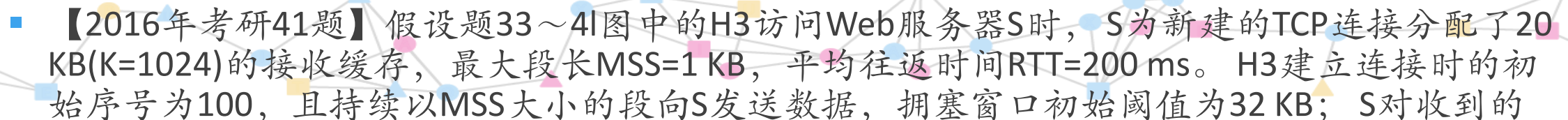
计算机与软件学院

深圳大学

- 【2016年考研41题】假设图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1\text{ KB}$ ，平均往返时间 $RTT=200\text{ ms}$ 。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
- (1)在TCP连接建立过程中，H3收到的S发送过来的第二次握手TCP段的SYN和ACK标志位的值分别是多少？确认序号是多少？
- (2)H3收到的第8个确认段所通告的接收窗口是多少？此时H3的拥塞窗口变为多少？H3的发送窗口变为多少？
- (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？
- (4)若H3与S之间通信已经结束，在t时刻H3请求断开该连接，则从t时刻起，S释放该连接的最短时间是多少？

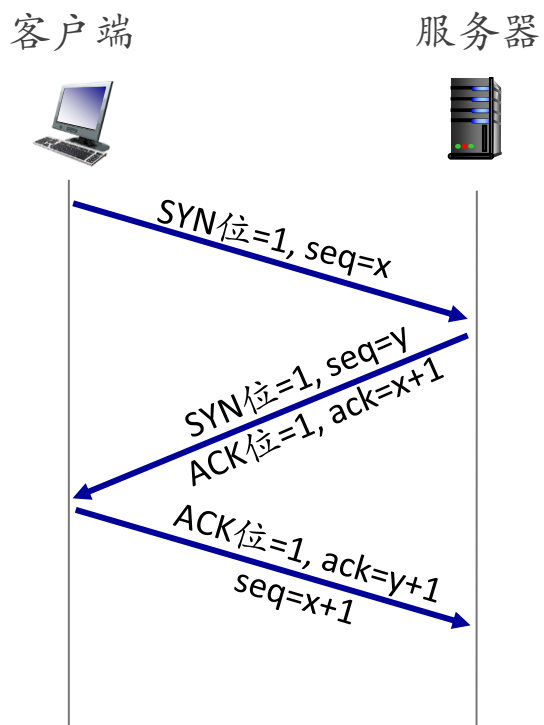


题33~41图

- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (1)在TCP连接建立过程中，H3收到的S发送过来的第二次握手TCP段的SYN和ACK标志位的值分别是多少？确认序号是多少？

- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。

- (1)在TCP连接建立过程中，H3收到的S发送过来的第二次握手TCP段的SYN和ACK标志位的值分别是多少？确认序号是多少？

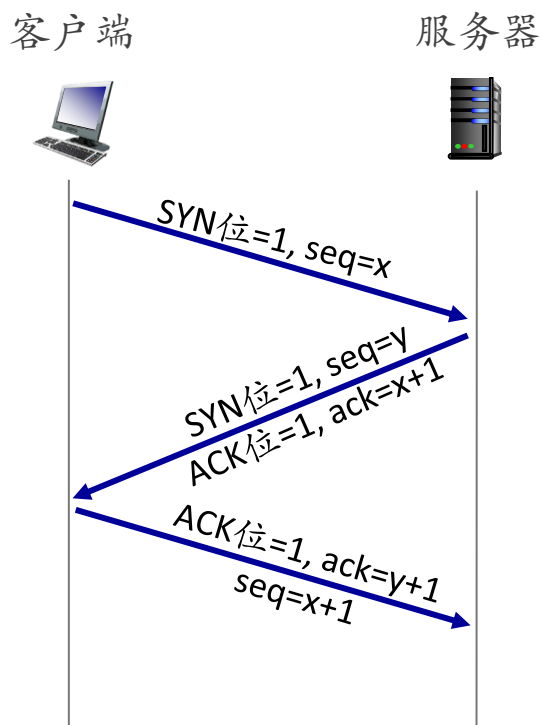


知识点：  
建立TCP连接

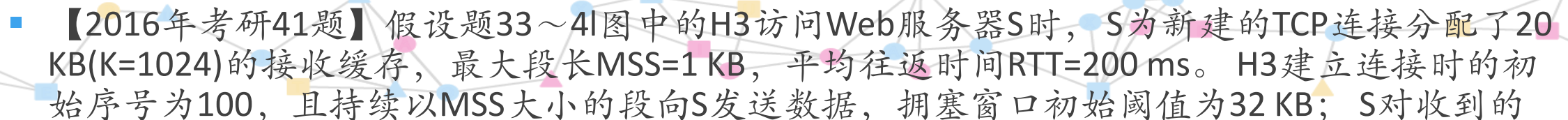
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。

- (1)在TCP连接建立过程中，H3收到的S发送过来的第二次握手TCP段的SYN和ACK标志位的值分别是多少？确认序号是多少？

- SYN和ACK标志位分别是1
- 确认序号是 $100+1=101$

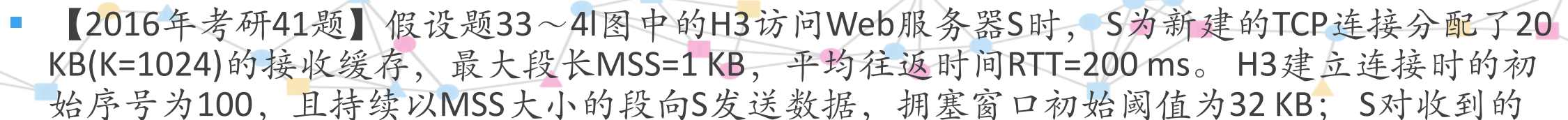


知识点：  
建立TCP连接

- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (2)H3收到的第8个确认段所通告的接收窗口是多少？此时H3的拥塞窗口变为多少？H3的发送窗口变为多少？

知识点：

流量控制：接收方根据接收缓存计算接收窗口 $rwnd$ ，将其放在TCP首部随数据发给发送方

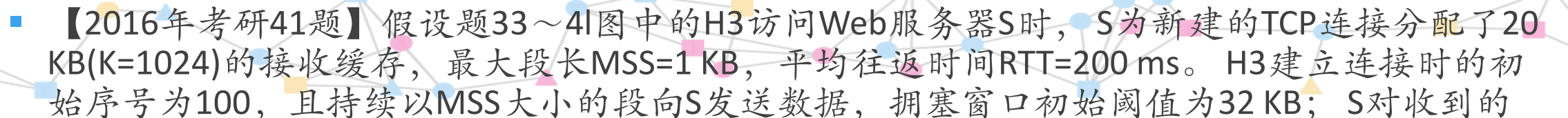
- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1\text{ KB}$ ，平均往返时间 $RTT=200\text{ ms}$ 。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (2)H3收到的第8个确认段所通告的接收窗口是多少？此时H3的拥塞窗口变为多少？H3的发送窗口变为多少？

- 接收窗口是 $20\text{KB}-8\text{KB}=12\text{KB}$

知识点：

流量控制：接收方根据接收缓存计算接收窗口 $rwnd$ ，将其放在TCP首部随数据发给发送方



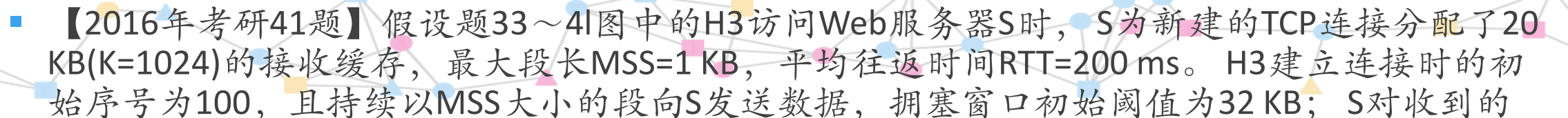
- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (2)H3收到的第8个确认段所通告的接收窗口是多少？此时H3的拥塞窗口变为多少？H3的发送窗口变为多少？

知识点：

拥塞控制：慢启动阶段，每收到一个ACK，拥塞窗口增加一个MSS.

拥塞窗口的初始值默认为1个MSS.



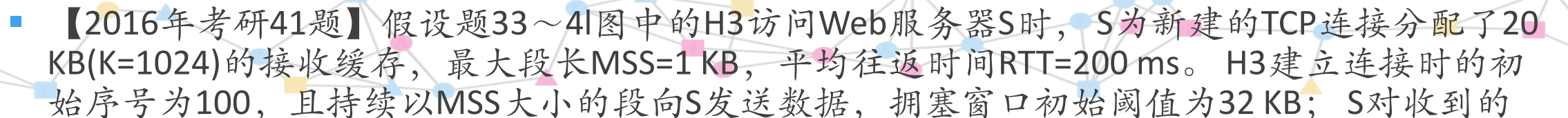
- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (2)H3收到的第8个确认段所通告的接收窗口是多少？此时H3的拥塞窗口变为多少？H3的发送窗口变为多少？

知识点：

拥塞控制：慢启动阶段，每收到一个ACK，拥塞窗口增加一个MSS。

拥塞窗口的初始值默认为1个MSS。

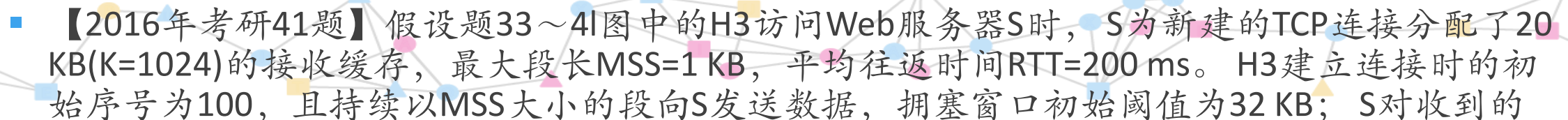
- 拥塞窗口为 $1+8*1=9$ KB。

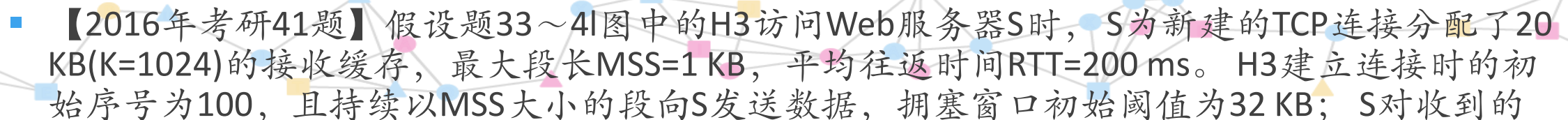
- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (2)H3收到的第8个确认段所通告的接收窗口是多少？此时H3的拥塞窗口变为多少？H3的发送窗口变为多少？

知识点：

发送窗口= $\min(\text{拥塞窗口}, \text{接收窗口})$

- 接收窗口是 $20\text{KB}-8\text{KB}=12\text{KB}$
- 拥塞窗口为 $1+8*1=9\text{KB}$
- 发送窗口为9KB

- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？

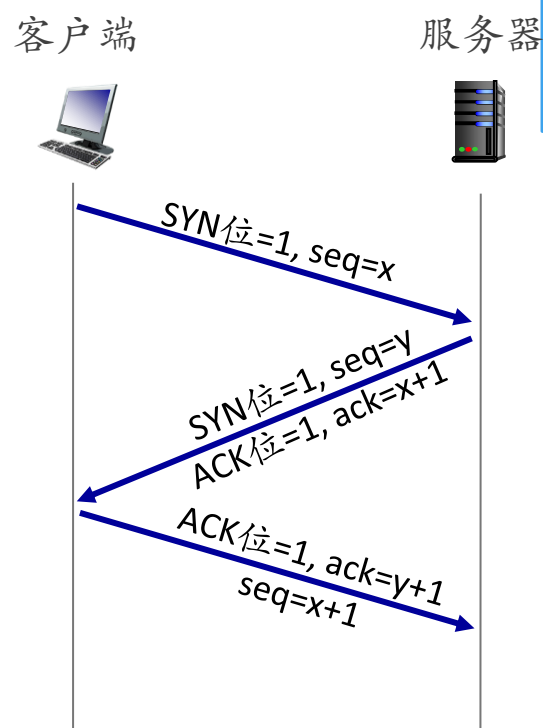
- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？

知识点：

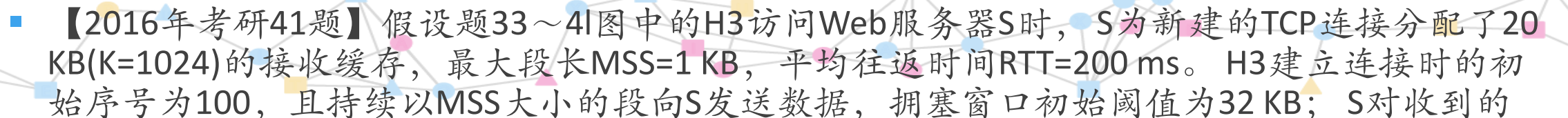
发送窗口= $\min$ (拥塞窗口，接收窗口)

TCP数据段序号单位是字节

- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
- (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？



知识点：  
连接管理

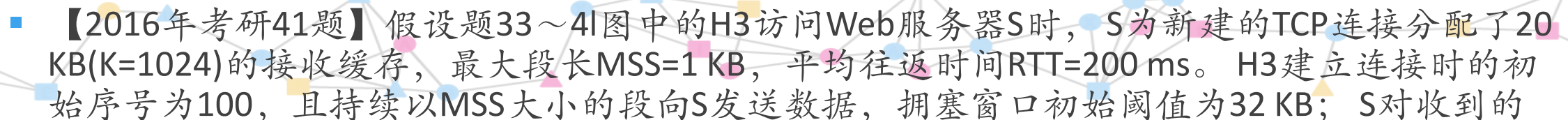
- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？

知识点：

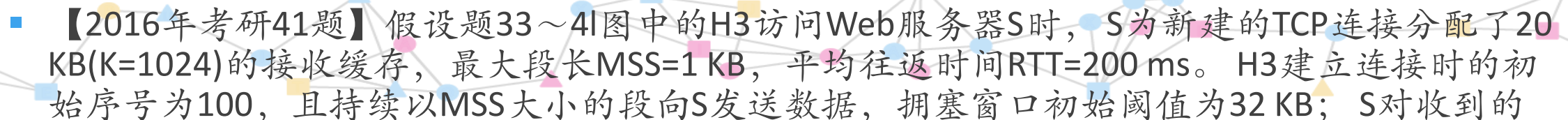
发送窗口= $\min(\text{拥塞窗口}, \text{接收窗口})$

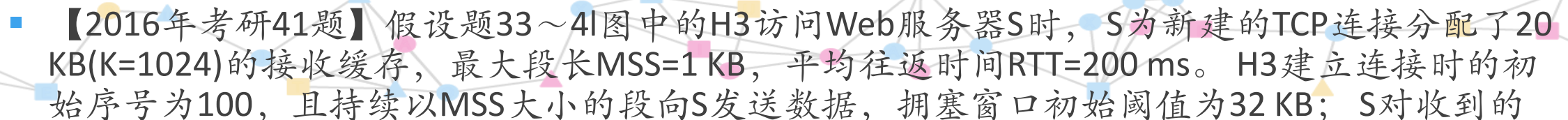
TCP数据段序号单位是字节

- 下一个待发送的数据段序号是 $101+20*1024=20581$ 字节。

- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？



- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？
  - 平均数据传输速率=所传输的数据量/所用的总时间

- 
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？

知识点：

拥塞控制：慢启动阶段，每收到一个ACK，拥塞窗口增加一个MSS；

拥塞避免阶段，一个RTT周期，拥塞窗口增加一个MSS。

流量控制：每收到一个MSS，接收窗口（缓存）减去一个MSS。

发送窗口= $\min$ (拥塞窗口，接收窗口)

- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB(K=1024)的接收缓存，最大段长MSS=1 KB，平均往返时间RTT=200 ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以MSS大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
- (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？

知识点：

拥塞控制：慢启动阶段，每收到一个ACK，拥塞窗口增加一个MSS；

拥塞避免阶段，一个RTT周期，拥塞窗口增加一个MSS。

流量控制：每收到一个MSS，接收窗口（缓存）减去一个MSS。

发送窗口= $\min(\text{拥塞窗口}, \text{接收窗口})$

单位: MSS或KB ↓	第n个RTT →	i	i+1
起始时拥塞窗口 cwnd		cwnd(i)	慢启动阶段: $\text{cwnd}(i+1) = \text{cwnd}(i) + \text{swnd}(i)$
			拥塞避免阶段: $\text{cwnd}(i+1) = \text{cwnd}(i) + 1$
起始时接收窗口 rwnd		rwnd(i)	$\text{rwnd}(i+1) = \text{rwnd}(i) - \text{swnd}(i)$
起始时发送窗口 $\text{swnd} = \min\{\text{cwnd}, \text{rwnd}\}$		swnd(i)	$\text{swnd}(i+1) = \min\{\text{cwnd}(i+1), \text{rwnd}(i+1)\}$

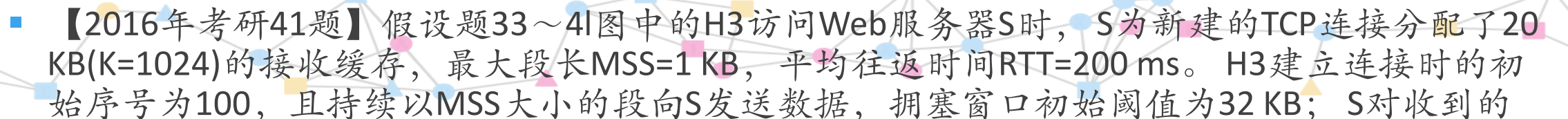
- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1\text{ KB}$ ，平均往返时间 $RTT=200\text{ ms}$ 。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
- (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？

单位: MSS或KB ↓	第n个RTT →	1	2	3	4	5	6
起始时拥塞窗口cwnd							
起始时接收窗口rwnd							
起始时发送窗口 $\min\{cwnd, rwnd\}$							

- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB(K=1024)的接收缓存，最大段长MSS=1 KB，平均往返时间RTT=200 ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以MSS大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
- (3)当H3的发送窗口等于0时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3从发送第1个数据段到发送窗口等于0时刻为止，平均数据传输速率是多少(忽略段的传输延时)？

单位: MSS或KB ↓	第n个RTT →	1	2	3	4	5	6
起始时拥塞窗口cwnd		1	2	4	8	16	21
起始时接收窗口rwnd		20	19	17	13	5	0
起始时发送窗口min{cwnd, rwnd}		1	2	4	8	5	0

- 平均数据传输速率:  $20\text{KB}/(5\text{RTT})=20\text{KB}/(5*200\text{ms})=20\text{ KB/s}$

- 
- **【2016年考研41题】** 假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以 $MSS$ 大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
  - (4) 若H3与S之间通信已经结束，在 $t$ 时刻H3请求断开该连接，则从 $t$ 时刻起，S释放该连接的最短时间是多少？

- 【2016年考研41题】假设题33~41图中的H3访问Web服务器S时，S为新建的TCP连接分配了20 KB( $K=1024$ )的接收缓存，最大段长 $MSS=1$  KB，平均往返时间 $RTT=200$  ms。H3建立连接时的初始序号为100，且持续以MSS大小的段向S发送数据，拥塞窗口初始阈值为32 KB；S对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定TCP连接建立完成后，S端的TCP接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题。
- (4)若H3与S之间通信已经结束，在t时刻H3请求断开该连接，则从t时刻起，S释放该连接的最短时间是多少？

知识点：  
释放连接

- 最短时间是 $1.5RTT=300ms$

