



哈爾濱工業大學  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

立足航天，服务国防，面向国民经济主战场



# 计算机网络

李全龙

# 第4周 课堂教学 –传输层（上）

## ❖ 束广就狭：

- 3.1 传输层服务
- 3.2 复用与分用
- 3.3 UDP协议
- 3.4 可靠数据传输



# 第4周 课堂教学 - 传输层（上）

## ❖ 开疆拓土：

- UDP的校验和计算

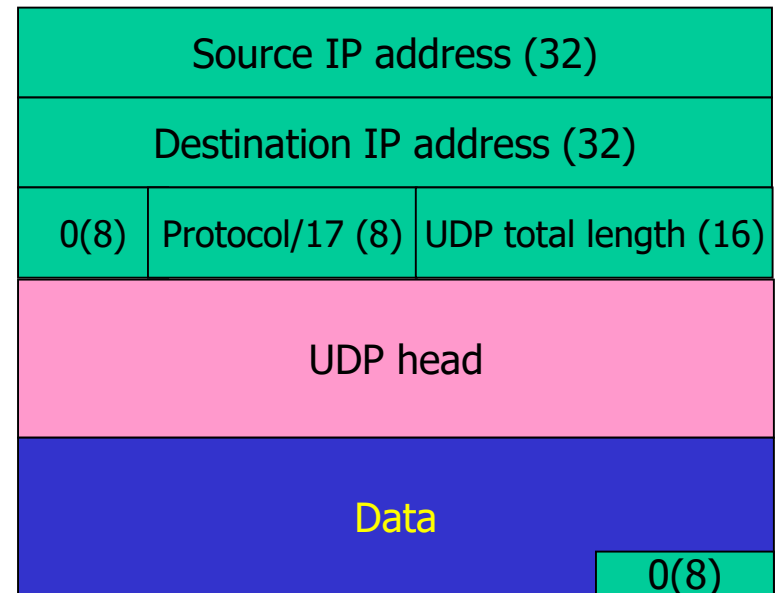


# UDP校验和(checksum)

## ❖ Include 3 parts:

- Pseudo head
- UDP head
- Application data

Pseudo  
head



## ❖ 在生成Checksum时，Checksum字段是否参与计算？取什么值？

- 00000000 00000000



# 校验和计算示例

❖ 示例:

	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
<hr/>																
wraparound	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
<hr/>																
sum	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
checksum	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1

❖ 注意:

- 最高位进位必须被加进去

❖ 接收方如何校验?

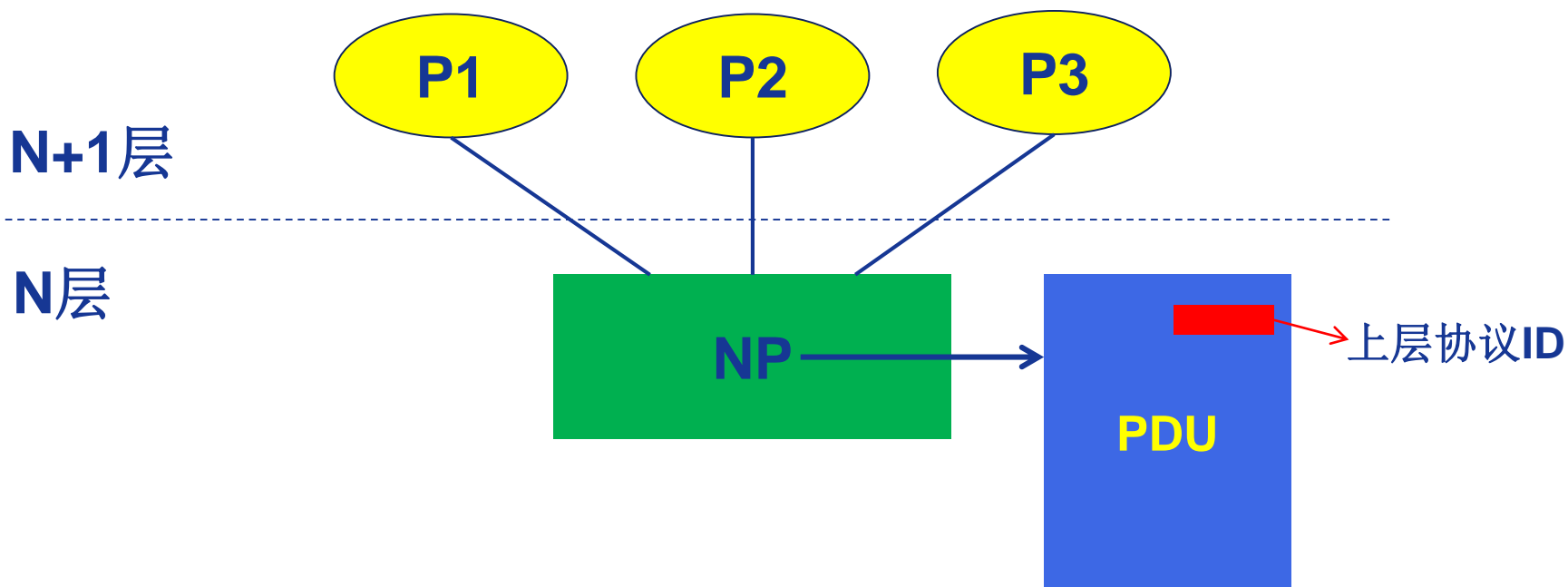
- 采用发送方生成Checksum的相同算法



# 第4周 课堂教学 - 传输层（上）

## ❖ 质疑辨惑：

- 1. 如何理解复用与分解？复用与分解只在传输层进行吗？可能通过其他方式实现复用与分解吗？



2. 哪些因素会影响滑动窗口大小的确定？发送窗口与接收窗口大小必须相同吗？

作答



# 第4周 课堂教学 –传输层（上）

## ❖ 质疑辨惑：

- 1. 如何理解复用与分解？复用与分解只在传输层进行吗？可能通过其他方式实现复用与分解吗？
- 2. 哪些因素会影响滑动窗口大小的确定？发送窗口与接收窗口大小必须相同吗？
- 因素：
  - 缓存
  - 流量控制
  - 拥塞控制
  - .....
- 发送窗口未必与接收窗口相等





# 第4周 课堂教学 –传输层（上）

## ❖ 质疑辨惑：

- 1. 如何理解复用与分解？复用与分解只在传输层进行吗？可能通过其他方式实现复用与分解吗？
- 2. 哪些因素会影响滑动窗口大小的确定？发送窗口与接收窗口大小必须相同吗？
- 3. 滑动窗口协议窗口大小与序号字段比特位数有什么关系？为什么？



# 第4周 课堂教学 -传输层（上）

## ❖ 质疑辨惑:

### 3.滑动窗口协议窗口大小与序号字段比特位数有什么关系？为什么？

$$W_s + W_r \leq 2^k$$

- $W_s$ 发送窗口,  $W_r$ 接收窗口,  $k$ 序号位数
- 对于GBN协议  $W_r=1$

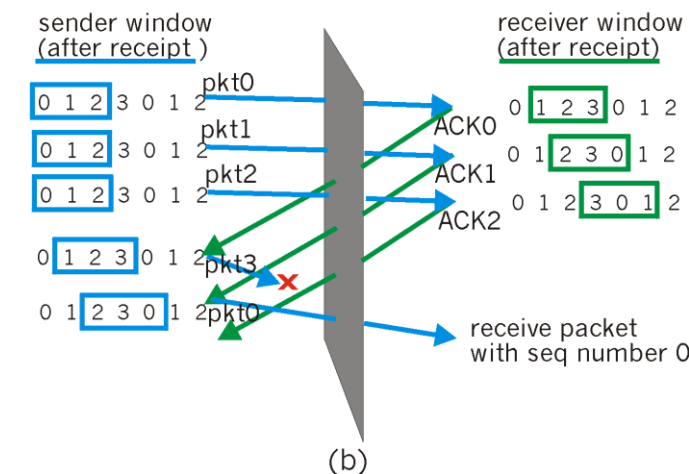
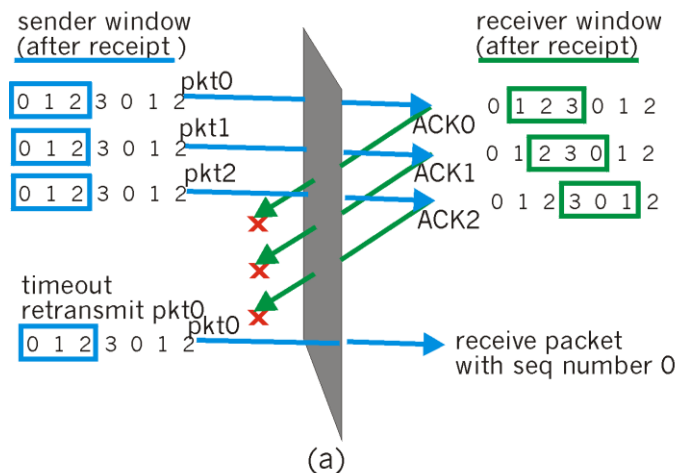
$$W_S \leq 2^k - 1$$

- 对于典型的 $W_s=W_r=W$ 的SR协议

$$W_S \leq 2^{k-1}$$

- 对于停-等协议, 即  $W_s=W_r=1$

$$k \geq 1$$



# 第4周 课堂教学 –传输层（上）

## ❖ 质疑辨惑：

- 1. 如何理解复用与分解？复用与分解只在传输层进行吗？可能通过其他方式实现复用与分解吗？
- 2. 哪些因素会影响滑动窗口大小的确定？发送窗口与接收窗口大小必须相同吗？
- 3. 滑动窗口协议窗口大小与序号字段比特位数有什么关系？为什么？
- 4. 如何计算滑动窗口协议的信道利用率？如何理解信道利用率？



# 第4周 课堂教学 –传输层（上）

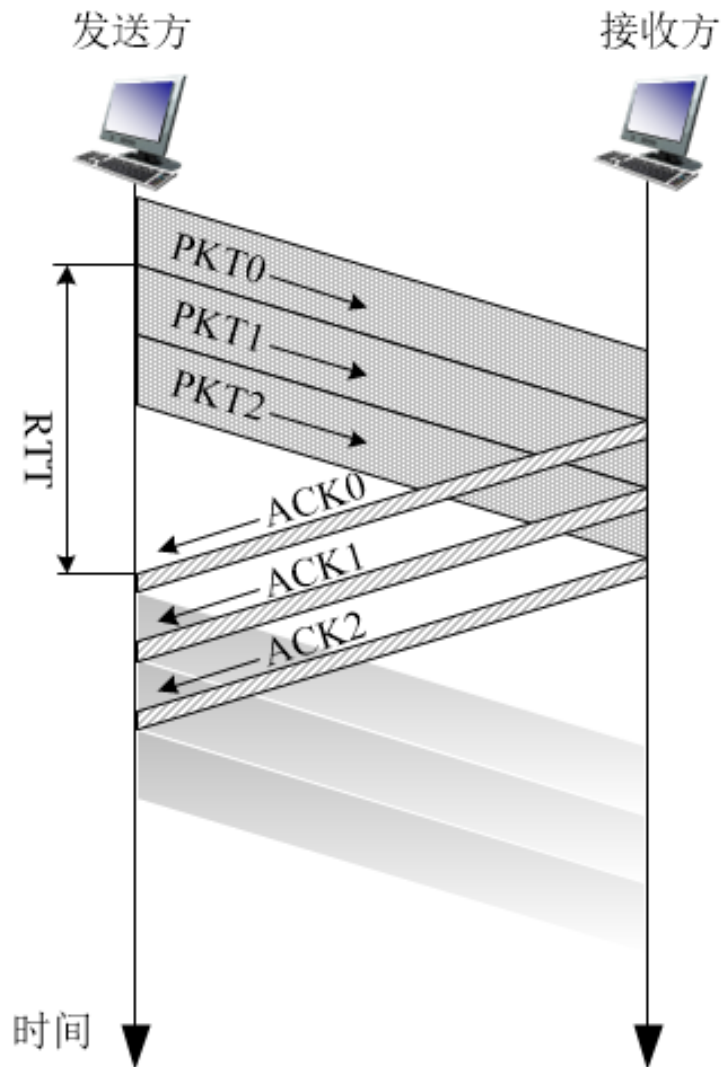
## ❖ 质疑辨惑:

- 4. 如何计算滑动窗口协议的信道利用率？如何理解信道利用率？

$$U = \frac{W_s \times t_{seg}}{t_{seg} + RTT + t_{ACK}}$$



$$U = \frac{W_s \times L/R}{L/R + 2dp + L'/R}$$



# 第4周 课堂教学 –传输层（上）

## ❖ 质疑辨惑：

- 1. 如何理解复用与分用？复用与分用只在传输层进行吗？可能通过其他方式实现复用与分用吗？
- 2. 哪些因素会影响滑动窗口大小的确定？发送窗口与接收窗口大小必须相同吗？
- 3. 滑动窗口协议窗口大小与序列号比特位数有什么关系？为什么？
- 4. 如何计算滑动窗口协议的信道利用率？如何理解信道利用率？
- 5. 如果设计一个数据链路层GBN协议，在优化GBN的发送窗口大小时，需要考虑哪些因素？
  - 帧序号字段的位数
  - .....？



# 第4周 课堂教学 –传输层（上）

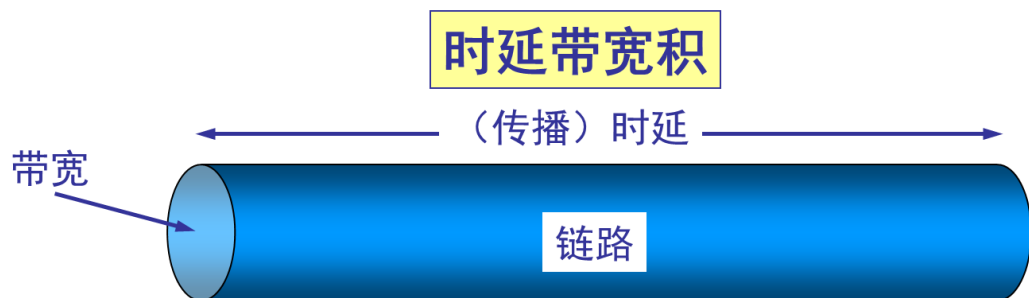
## ❖ 质疑辨惑:

- 5. 如果设计一个数据链路层GBN协议，在优化GBN的发送窗口大小时，需要考虑哪些因素？
  - 帧序号字段的位数
  - .....?

$$U = \frac{W_s \times L/R}{L/R + 2dp + L'/R}$$

↓

$$U = \frac{W_s \times L}{L + 2dpR + L'}$$



$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽}$$



6. 主机甲通过**128 kbps**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**250 ms**，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多少？

**A: 4 bits**

作答



# 第4周 课堂教学 –传输层（上）

## ❖ 解疑释惑：

- 1.可靠数据传输机制能实现100%可靠吗？
- 2.停-等在什么情况下就不可靠了？
- 3.停等协议与滑动窗口协议只用于传输层吗？
- 4.UDP协议如何计算校验和？
- 5.停等协议和滑动窗口协议能实现流量控制吗？  
能用于实现拥塞控制吗？
- .....





# 第4周 课堂教学 - 传输层（上）

❖ 演武修文：

- 课堂测验



数据链路层采用后退N帧（GBN）协议，发送方已经发送了编号为0~7的帧。当计时器超时时，若发送方只收到0、2、3号帧的确认，则发送方需要重发的帧数是

- ☐ A 2
- ☐ B 3
- ☒ C 4
- ☐ D 5

提交

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16 kbps，单向传播时延为270 ms，数据帧长度范围是128~512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

提交

甲乙双方均采用后退N帧协议（GBN）进行持续的双向数据传输，且双方始终采用捎带确认，帧长均为1000 B。S<sub>x,y</sub>和R<sub>x,y</sub>分别表示甲方和乙方发送的数据帧，其中：x是发送序号；y是确认序号（表示希望接收对方的下一帧序号）；数据帧的发送序号和确认序号字段均为3比特。信道传输速率为100 Mbps，RTT = 0.96ms。下图给出了甲方发送数据帧和接收数据帧的两种场景，其中 $t_0$ 为初始时刻，此时甲方的发送和确认序号均为0， $t_1$ 时刻甲方有足够多的数据待发送。

(1) 对于图(a)， $t_0$ 时刻到 $t_1$ 时刻期间，甲可以断定方已正确接收的数据帧是\_\_\_\_\_。

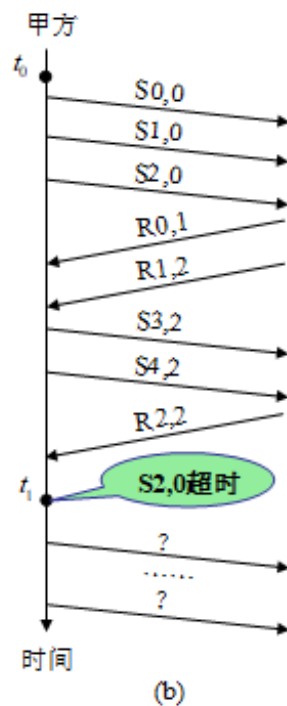
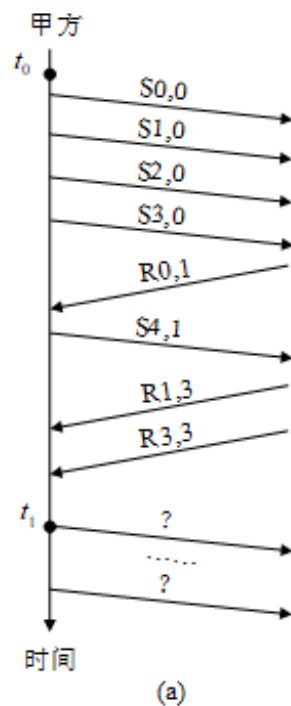
**A** S0,0

**B** S1,0

**C** S2,0

**D** S3,0

提交



甲乙双方均采用后退N帧协议（GBN）进行持续的双向数据传输，且双方始终采用捎带确认，帧长均为1000 B。 $S_{x,y}$ 和 $R_{x,y}$ 分别表示甲方和乙方发送的数据帧，其中： $x$ 是发送序号； $y$ 是确认序号（表示希望接收对方的下一帧序号）；数据帧的发送序号和确认序号字段均为3比特。信道传输速率为100 Mbps， $RTT = 0.96ms$ 。下图给出了甲方发送数据帧和接收数据帧的两种场景，其中 $t_0$ 为初始时刻，此时甲方的发送和确认序号均为0， $t_1$ 时刻甲方有足够多的数据待发送。

（2）对于图(a)，从 $t_1$ 时刻起，甲方在不出现超时且未收到乙方新的数据帧之前，最多还可以发送的帧数是\_\_\_\_\_。

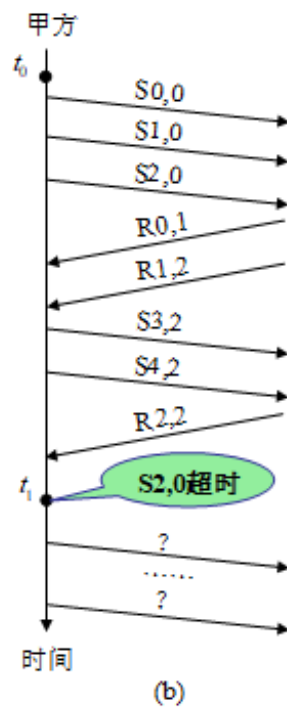
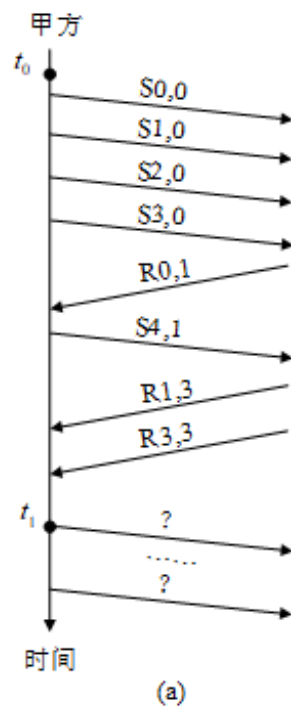
A 2

B 3

C 4

D 5

提交



甲乙双方均采用后退N帧协议（GBN）进行持续的双向数据传输，且双方始终采用捎带确认，帧长均为1000 B。 $S_{x,y}$ 和 $R_{x,y}$ 分别表示甲方和乙方发送的数据帧，其中： $x$ 是发送序号； $y$ 是确认序号（表示希望接收对方的下一帧序号）；数据帧的发送序号和确认序号字段均为3比特。信道传输速率为100 Mbps， $RTT = 0.96ms$ 。下图给出了甲方发送数据帧和接收数据帧的两种场景，其中 $t_0$ 为初始时刻，此时甲方的发送和确认序号均为0， $t_1$ 时刻甲方有足够多的数据待发送。

（3）对于图(b)，从 $t_1$ 时刻起，甲方在不出现新的超时且未收到乙方新的数据帧之前，需要重发的数据帧是\_\_\_\_\_。

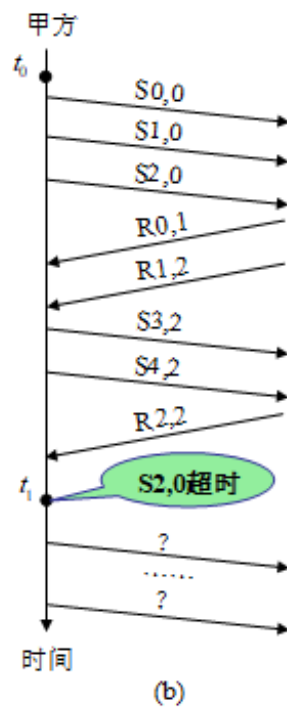
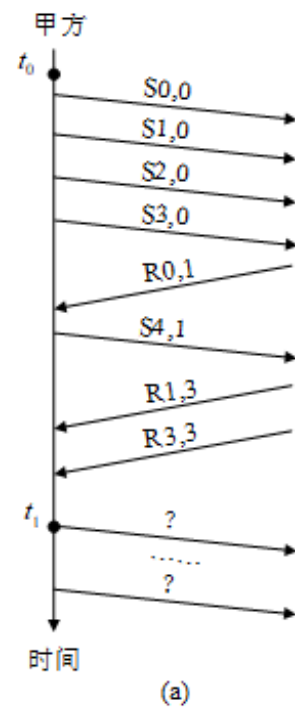
**A** **S2,0**

**B** **S2,3**

**C** **S3,3**

**D** **S4,3**

提交

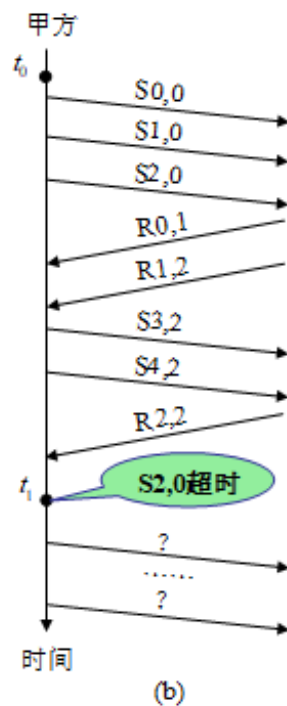
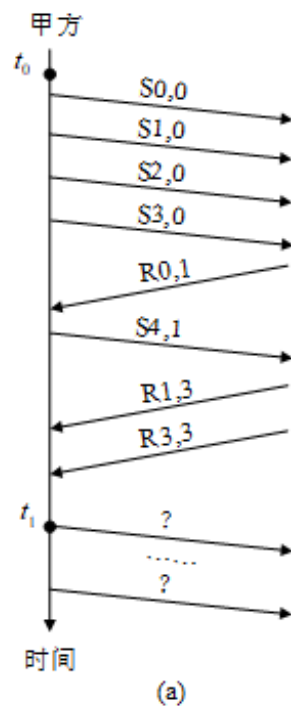


甲乙双方均采用后退N帧协议（GBN）进行持续的双向数据传输，且双方始终采用捎带确认，帧长均为1000 B。 $S_{x,y}$ 和 $R_{x,y}$ 分别表示甲方和乙方发送的数据帧，其中： $x$ 是发送序号； $y$ 是确认序号（表示希望接收对方的下一帧序号）；数据帧的发送序号和确认序号字段均为3比特。信道传输速率为100 Mbps， $RTT = 0.96ms$ 。下图给出了甲方发送数据帧和接收数据帧的两种场景，其中 $t_0$ 为初始时刻，此时甲方的发送和确认序号均为0， $t_1$ 时刻甲方有足够多的数据待发送。

(4) 甲方可以达到的最大信道利用率是\_\_\_\_\_。

- ☐ A 25%
- ☒ B 50%
- ☐ C 75%
- ☐ D 100%

提交



# 第5周 课堂教学-传输层（下）

- ❖ 束广就狭：（20分钟）**第4组汇报总结**
  - 总结TCP协议：TCP段结构，TCP连接管理，TCP的可靠数据传输、拥塞控制策略、TCP拥塞控制方法。
- ❖ 开疆拓土：（15分钟）
  - TCP的快速恢复
- ❖ 质疑辨惑：（45分钟）
  - 1.如何理解TCP协议的点对点特性？
  - 2.TCP协议为什么要采用三次握手建立连接？涉及哪几个标志位？
  - 3.TCP协议三次握手过程中序列号如何确定与变化？
  - 4.TCP如何断开连接？
  - 5.TCP有哪几个状态？如何迁移？
  - 6.TCP如何进行拥塞控制？
  - .....
- ❖ 解疑释惑：（10分钟）
  - 解答疑问
- ❖ 演武修文：（10分钟）
  - 课堂测验
  - 讲解







哈爾濱工業大學  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY



立足航天，服务国防，面向国民经济主战场

谢谢！