



哈尔滨工业大学  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

立足航天，服务国防，面向国民经济主战场



# 计算机网络之网尽其用

主讲人：李全龙

# 本讲主题

## 计算机网络性能（1）



# 速率

- ❖ 速率即数据率(data rate)或称数据传输速率或比特率(bit rate)
  - 单位时间（秒）传输信息（比特）量
  - 计算机网络中最重要的一个性能指标
  - 单位：b/s（或bps）、kb/s、Mb/s、Gb/s
  - $k=10^3$ 、 $M=10^6$ 、 $G=10^9$
- ❖ 速率往往是指额定速率或标称速率



# 带宽

- ❖ “带宽” (bandwidth)原本指信号具有的频带宽度，即最高频率与最低频率之差，单位是赫兹 (Hz)
- ❖ 网络的“带宽”通常是数字信道所能传送的“最高数据率”，单位：b/s (bps)
- ❖ 常用的带宽单位：
  - kb/s ( $10^3$  b/s)
  - Mb/s ( $10^6$  b/s)
  - Gb/s ( $10^9$  b/s)
  - Tb/s ( $10^{12}$  b/s)

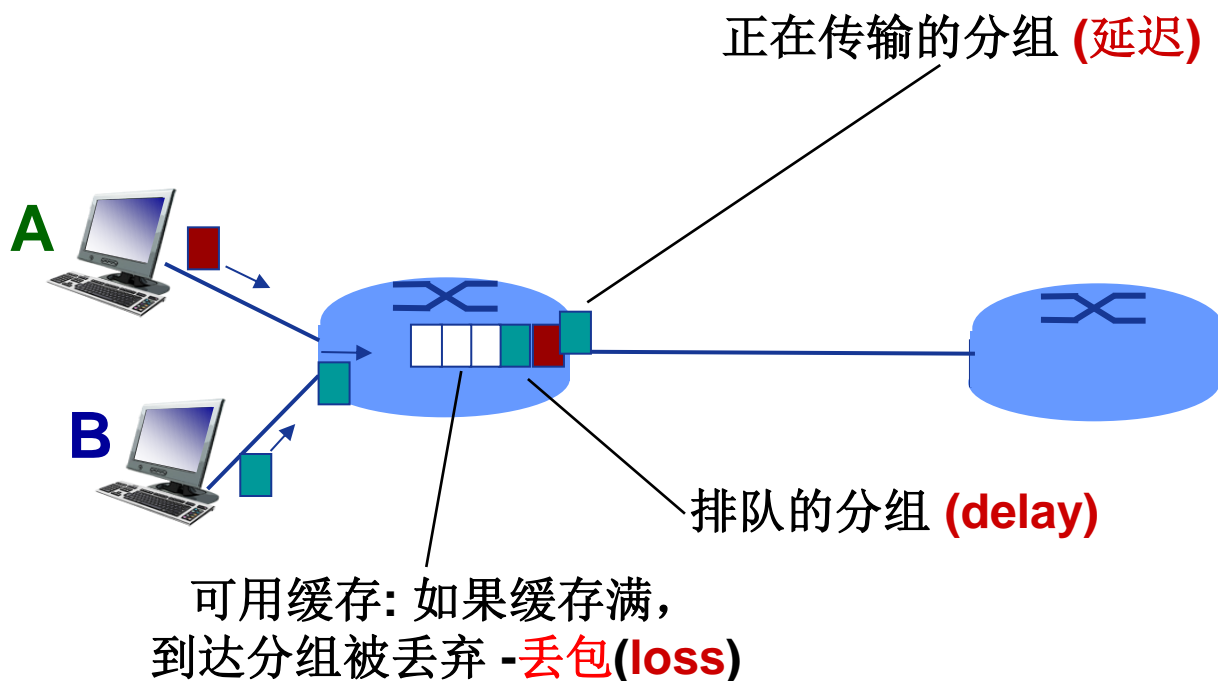


# 延迟/时延(delay或latency)

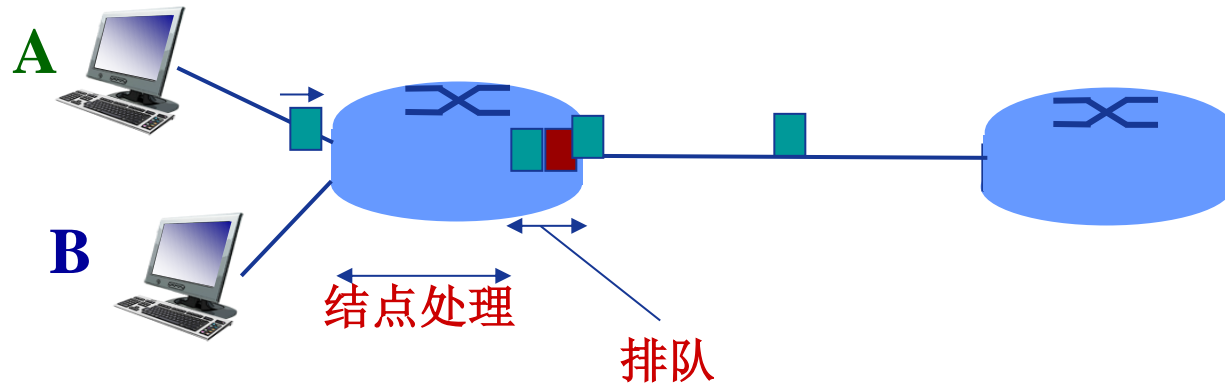
**Q:**分组交换为什么会发生丢包和时延?

**A:**分组在路由器缓存中排队

- ❖ 分组到达速率超出输出链路容量时
- ❖ 分组排队, 等待输出链路可用



# 四种分组延迟



$d_{\text{proc}}$ : 结点处理延迟  
(nodal processing delay)

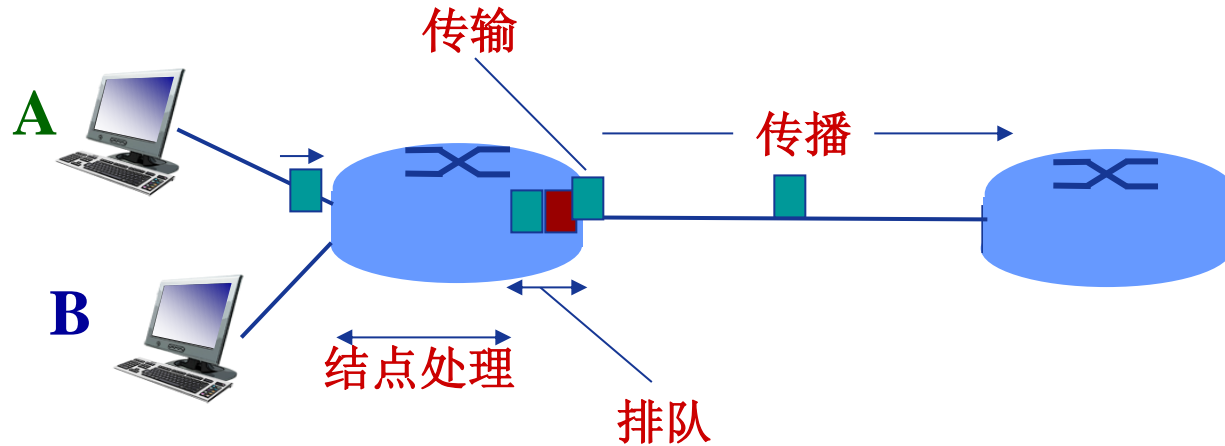
- 差错检测
- 确定输出链路
- 通常 < msec

$d_{\text{queue}}$ : 排队延迟  
(queueing delay)

- 等待输出链路可用
- 取决于路由器拥塞程度



# 四种分组延迟



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

$d_{\text{trans}}$ : 传输延迟  
(transmission delay)

- $L$ : 分组长度(bits)
- $R$ : 链路带宽 (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

$d_{\text{prop}}$ : 传播延迟 (propagation delay)

- $d$ : 物理链路长度
- $s$ : 信号传播速度 ( $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)
- $d_{\text{prop}} = d/s$

$d_{\text{trans}}$  与  $d_{\text{prop}}$   
完全不同!



# 类比：车队



- ❖ 车速为100 km/hr ~ 信号传播速度
- ❖ 收费站放行一台车用时12 秒 ~ 比特传输时间
- ❖ 车 ~ 比特；车队 ~ 分组
- ❖ 车队通过收费站时间 ~ 传输延迟（120秒）
- ❖ 每台车从第一个收费站跑到第二个收费站用时 ~ 传播延迟（1小时）

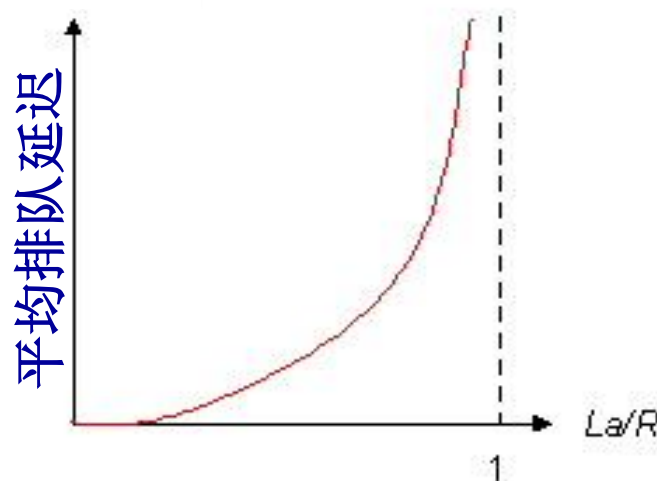




# 排队延迟

- ❖  $R$ : 链路带宽(bps)
- ❖  $L$ : 分组长度 (bits)
- ❖  $a$ : 平均分组到达速率

流量强度 (traffic intensity)  
 $= La/R$



- ❖  $La/R \sim 0$ : 平均排队延迟很小
- ❖  $La/R \rightarrow 1$ : 平均排队延迟很大
- ❖  $La/R > 1$ : 超出服务能力, 平均排队延迟无限大!

$La/R \sim 0$



$La/R \rightarrow 1$





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!