



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)

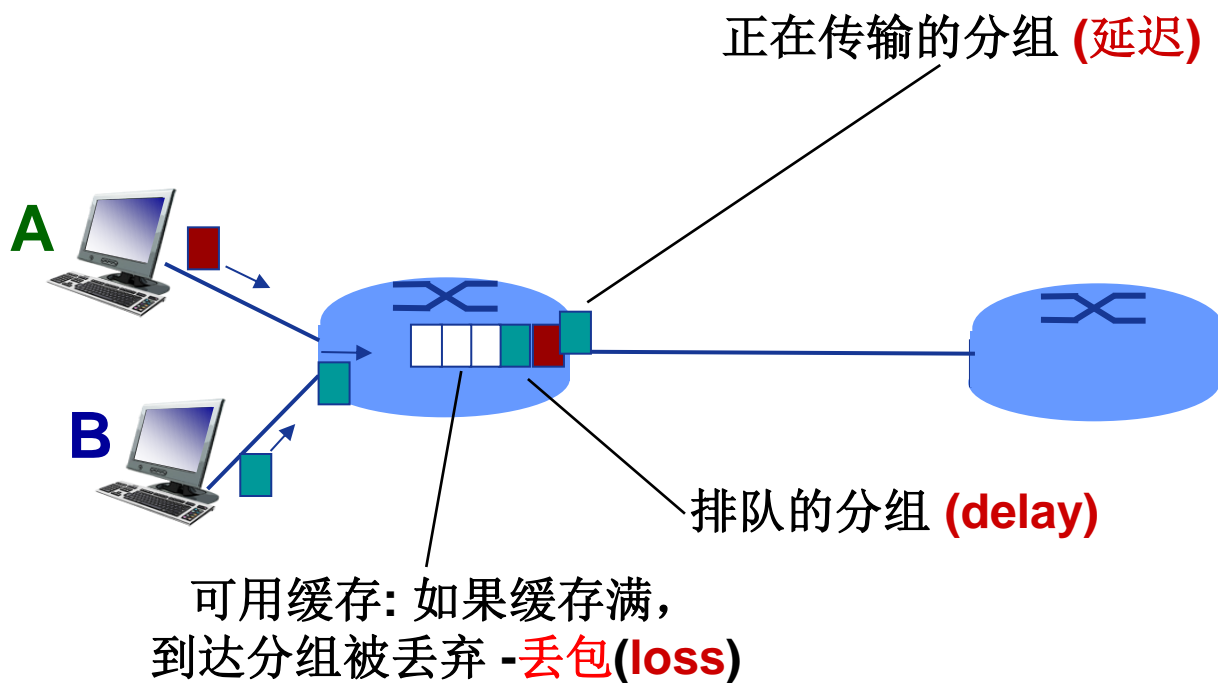


延迟/时延(delay或latency)

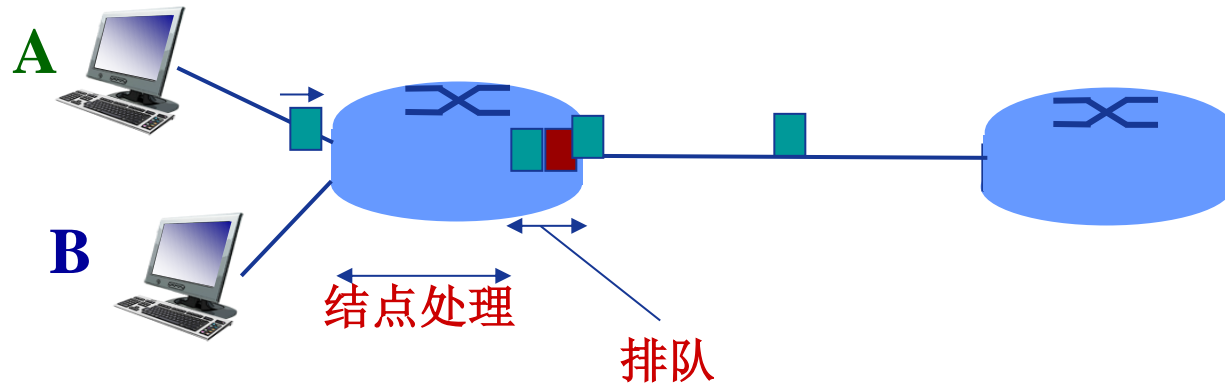
Q:分组交换为什么会发生丢包和时延?

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_{proc} : 结点处理延迟
(nodal processing delay)

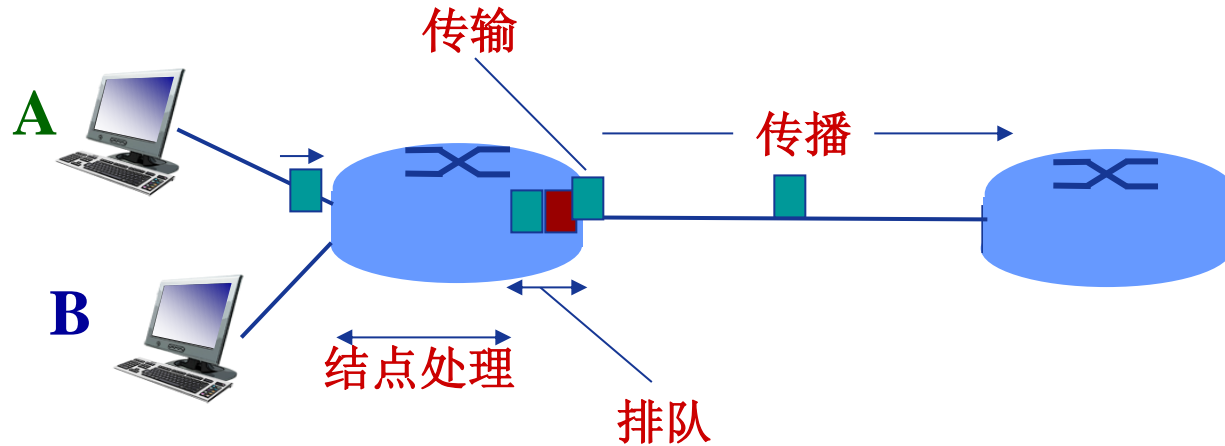
- 差错检测
- 确定输出链路
- 通常 < msec

d_{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_{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_{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_{trans} 与 d_{prop}
完全不同!



类比：车队



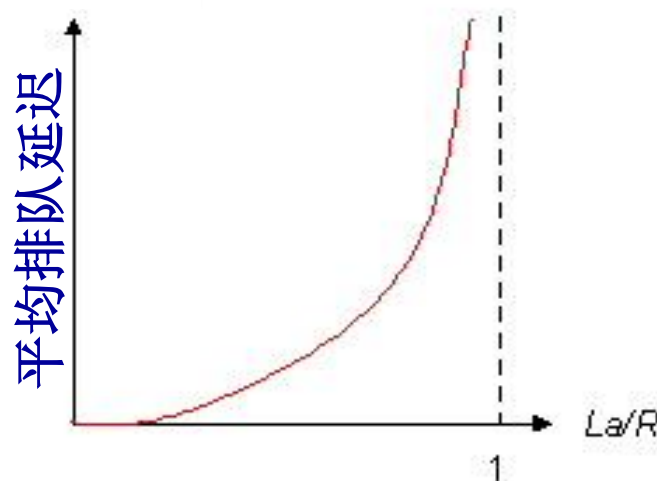
- ❖ 车速为100 km/hr ~ 信号传播速度
- ❖ 收费站放行一台车用时12 秒 ~ 比特传输时间
- ❖ 车 ~ 比特；车队 ~ 分组
- ❖ 车队通过收费站时间 ~ 传输延迟（120秒）
- ❖ 每台车从第一个收费站跑到第二个收费站用时 ~ 传播延迟（1小时）



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！