

计算机网络概述(3)

华中科技大学电子信息与通信学院
通信工程系

陈京文

Email: jwchen@hust.edu.cn

2020.9.30

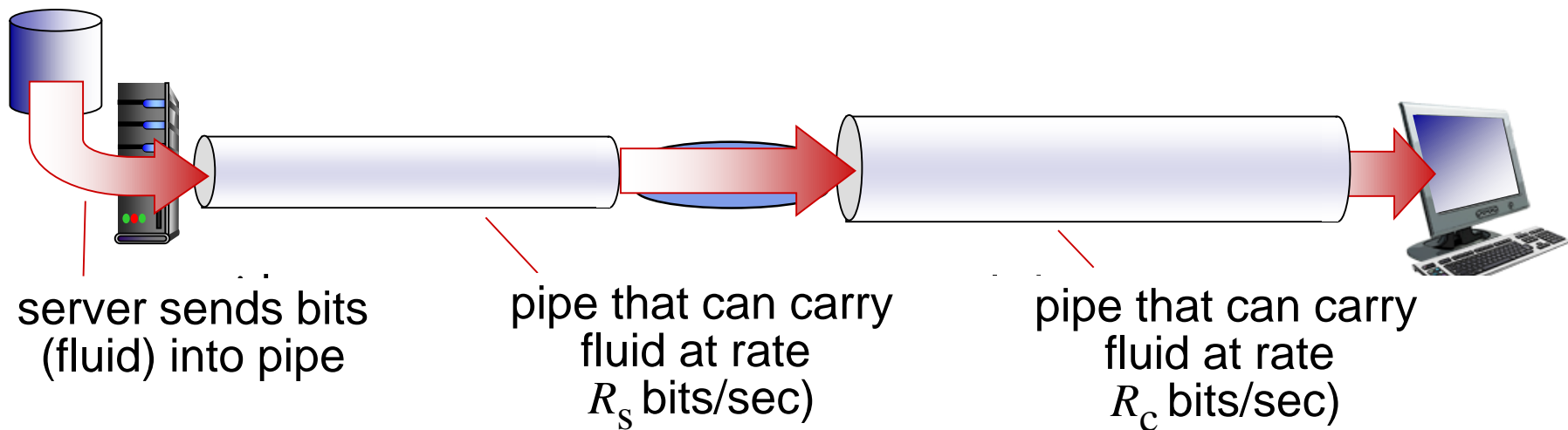


内容提要

- 计算机网络性能
 - 吞吐量，时延，时延带宽积，网络应用需求

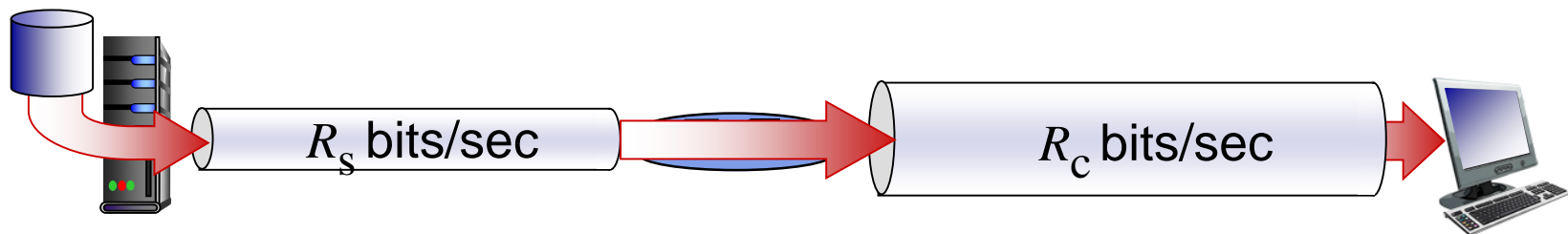
带宽与吞吐量

- 链路带宽/容量/速率(bandwidth/capacity/rate/speed)
 - 持续快速增长, 包括骨干网、接入网链路
- 逻辑通道可用带宽, 例如Internet中不同主机应用进程之间可用带宽
 - 随着时间随机变化
- 分组流吞吐量: 接收端收到数据的速率
 - 瞬时: 给定时刻的速率
 - 平均: 一定时间范围内的速率

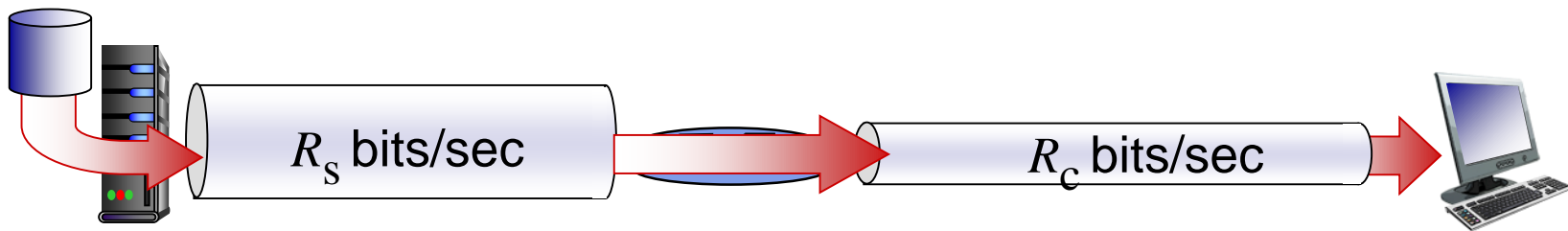


分组流吞吐量：简单场景

- $R_s < R_c$ ：平均吞吐量？



- $R_s > R_c$ ：平均吞吐量？

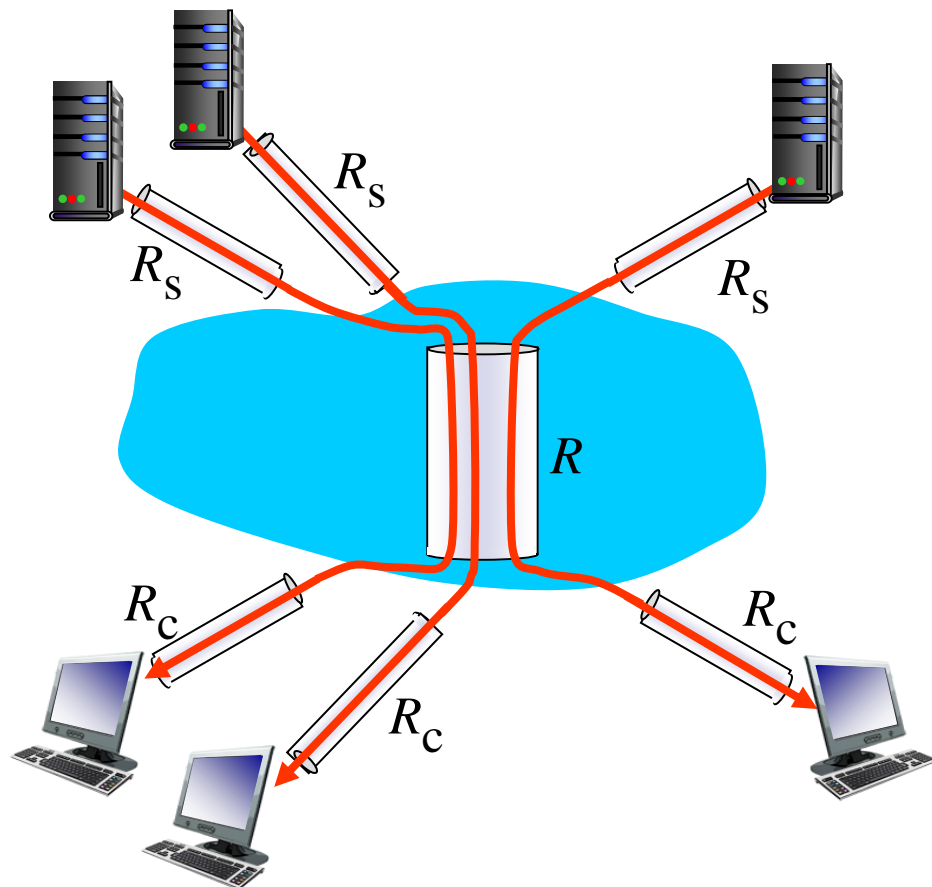


瓶颈链路

端到端路径中限制端到端吞吐量的链路

分组流吞吐量：简单网络场景

- 每个连接的端到端吞吐量 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- 实际网络中，往往是 R_c 或 R_s 构成瓶颈， R 比较富余



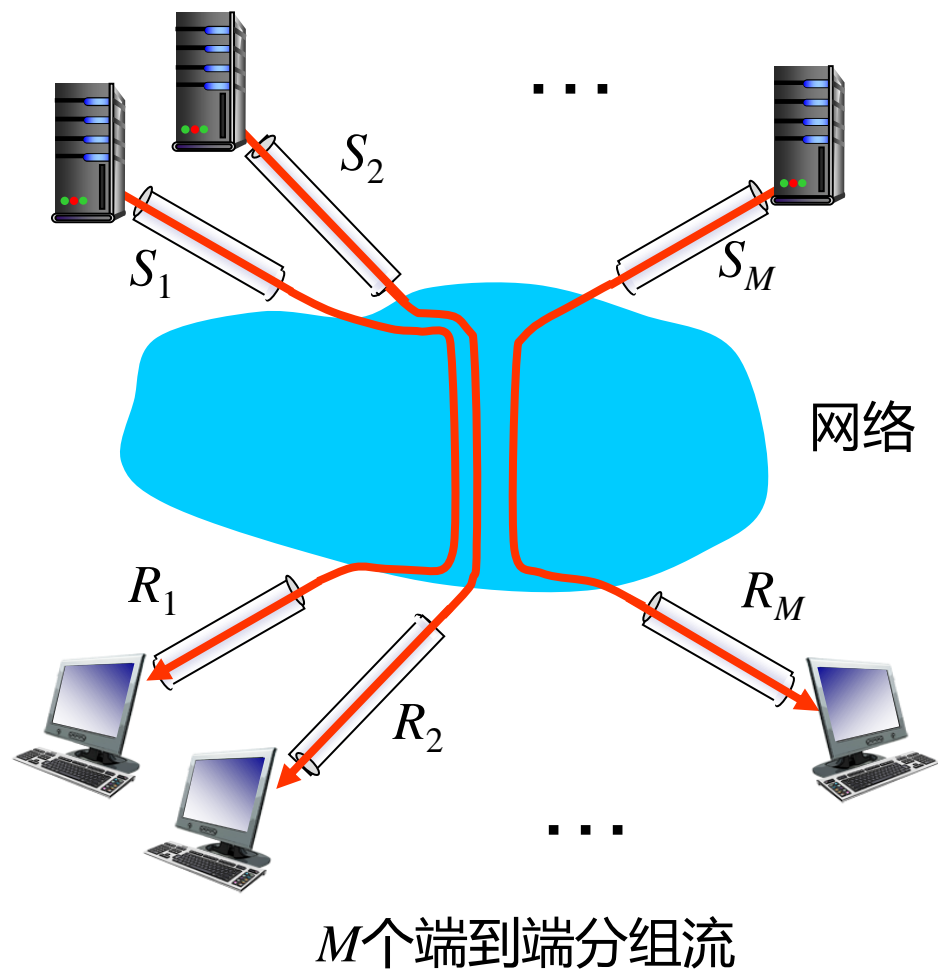
10个连接公平地共享骨干网瓶颈链路
带宽 R bps

网络吞吐量

- **网络吞吐量**：所有输出流量速率之和

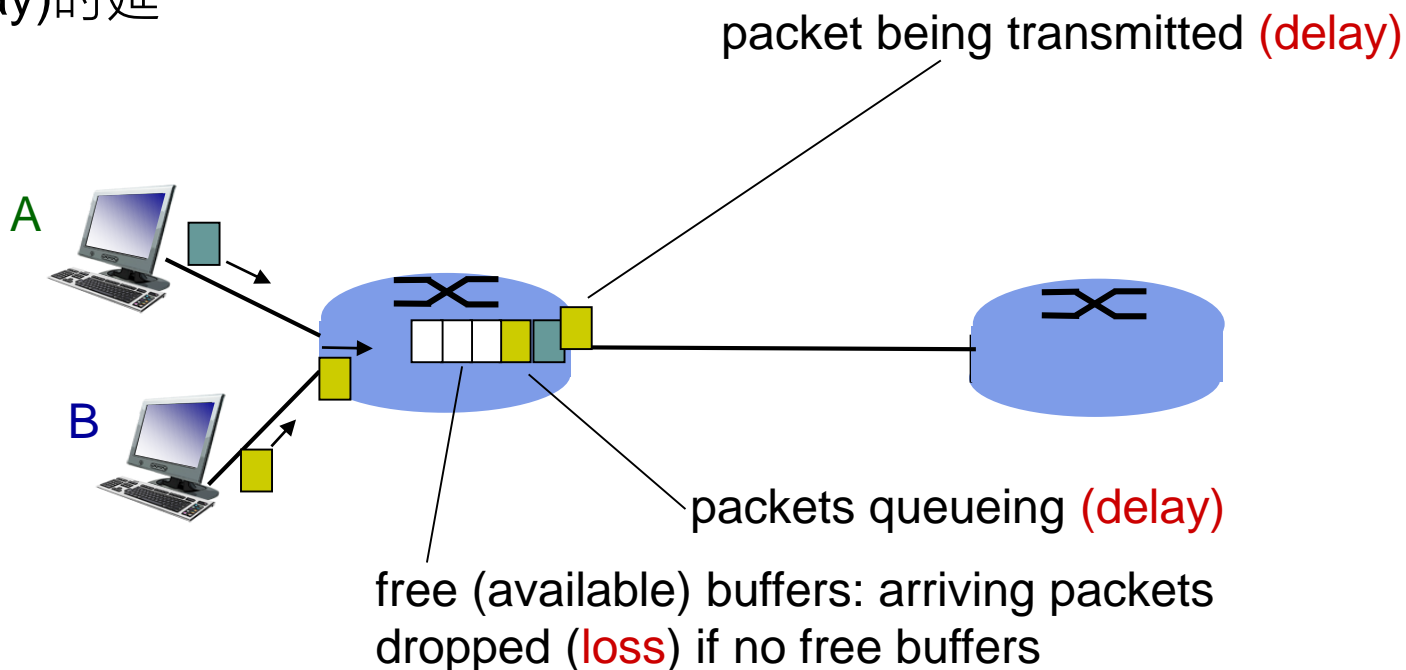
$$\sum_i R_i$$

- 影响网络吞吐量的因素？



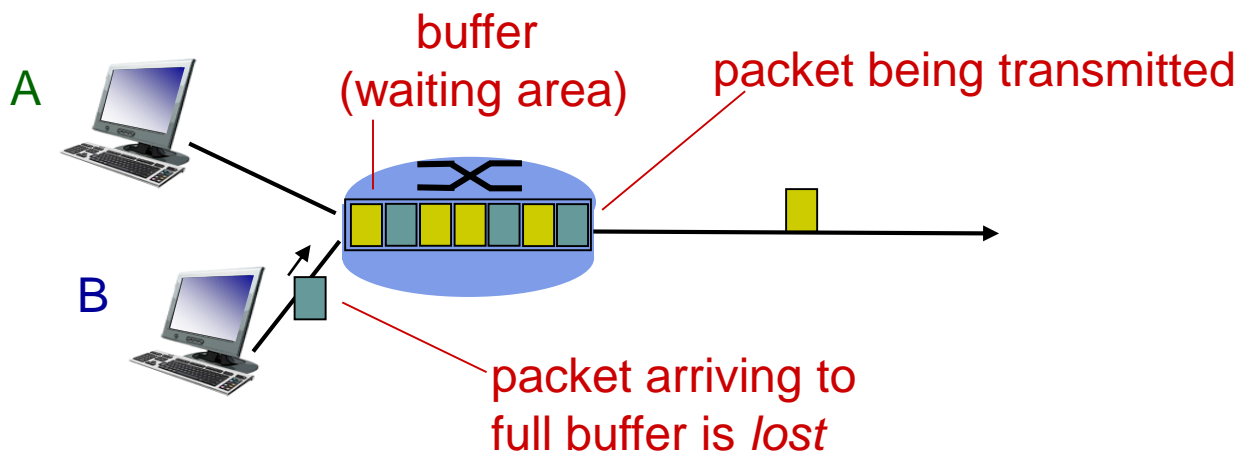
时延

- 分组在交换节点中**存储转发**
 - 分组到达速率超过输出链路容量时，需要在输出缓存中排队等候输出
- **分组时延**：分组从源端经过整个网络到达目的端所需的时间
- **往返时间(RTT, Round-Trip Time)**：从发送端到接受端的往返(two-way)时延



分组丢失(丢包)

- 输出端口缓存容量有限
- 如端口缓存已满，其后到达的分组被丢弃
- 分组丢失解决之道
 - 可由前一节点重传
 - 可由源端重传
 - 或者不重传
 - 注：上述三种选择均有着各自适用的场景和合理之处



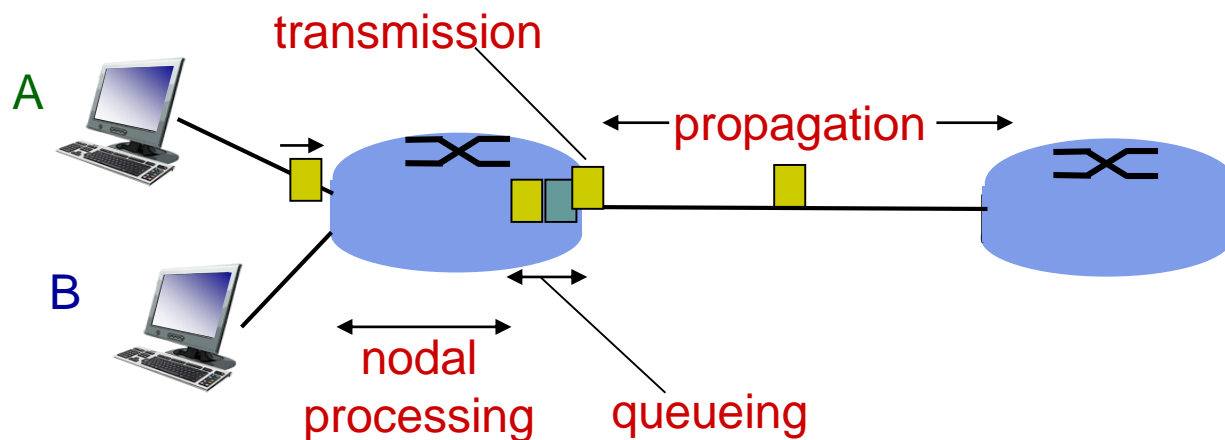
时延构成

1. 节点处理

- 检查比特错误
- 确定输出端口(链路)

2. 排队

- 等候输出链路开始传输的时间
- 取决于交换节点的拥塞程度



3. 传输时延

- 链路传输分组所需时间 = L/R
 - R — 链路带宽 (bps)
 - L — 分组长度 (bits)

4. 传播时延

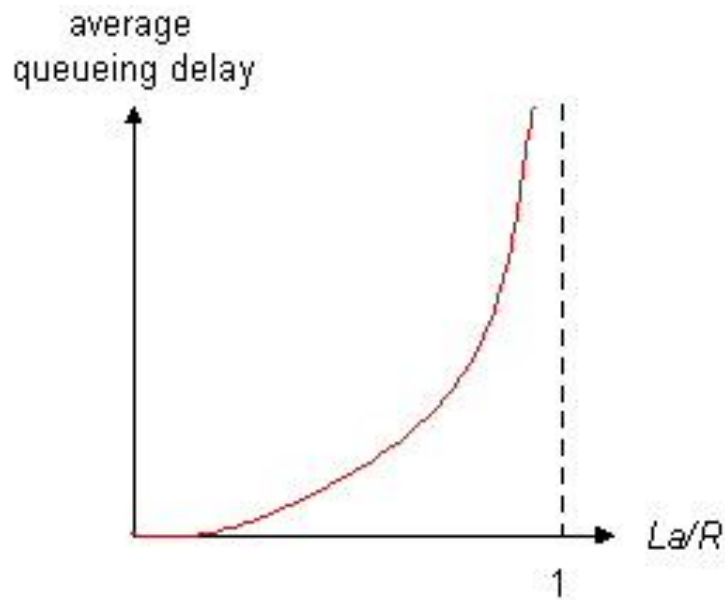
- 电磁信号传播时延 = d/s
 - d — 物理链路长度
 - s — 物理链路媒质电磁波传播速度 ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)

节点时延

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

- d_{proc} = 节点处理时延 (很多时候可以忽略)
 - 通常为几ms或更短
- d_{queue} = 排队时延
 - 取决于链路拥塞
- d_{trans} = 传输时延
 - 与链路速率有关
- d_{prop} = 传播时延
 - 几ms至数百ms

排队时延

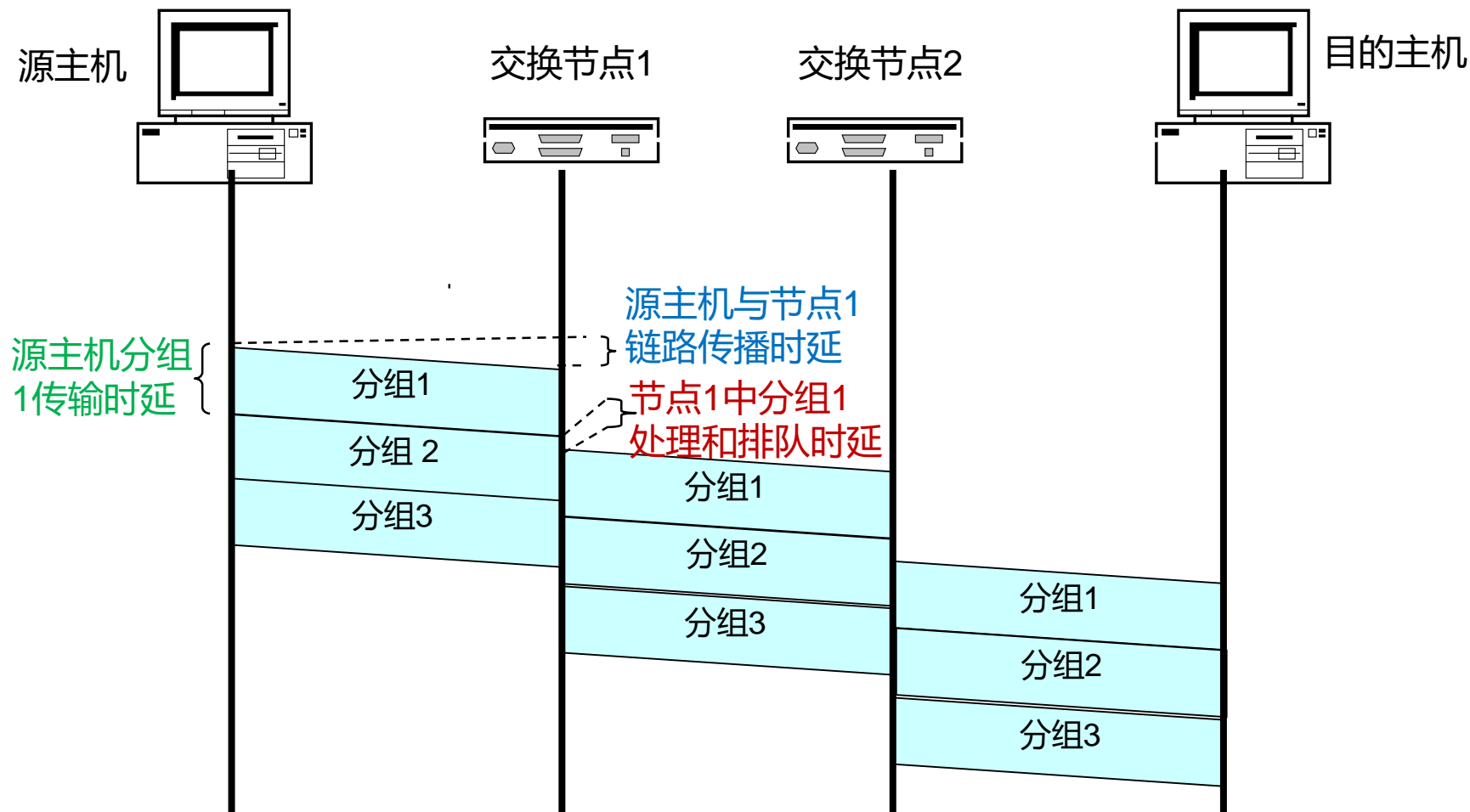


- R — 链路带宽(bps)
- L — 分组长度(bits)
- a — 分组平均到达速率(个数/秒)

流量强度 = La/R

- $La/R \sim 0$: 平均排队时延较小
- $La/R \rightarrow 1$: 排队时延变大
- $La/R > 1$: 流量负荷超出服务能力, 平均排队时延趋向无穷大

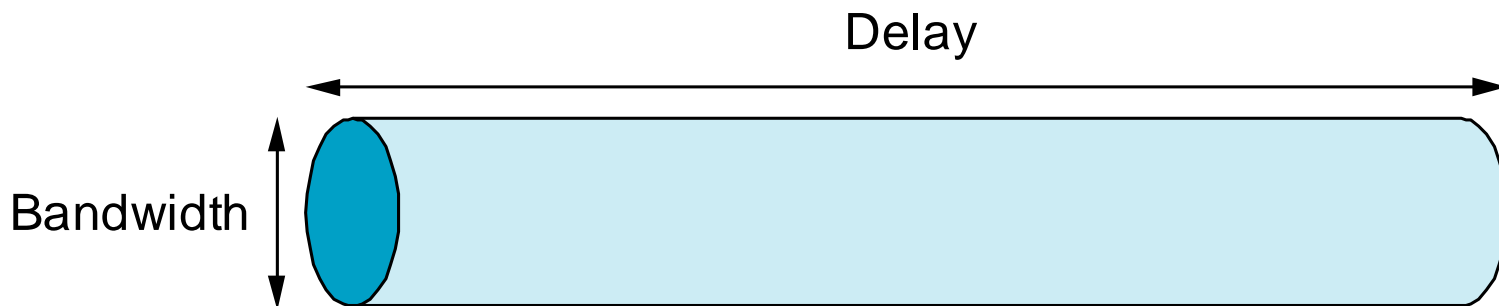
端到端分组传输时序过程



时延和带宽的影响

- 网络应用进程之间的**分组流吞吐量**
 - **传输时间** = 待传输数据量 / 带宽 + RTT
 - **吞吐量** = 待传输数据量 / 传输时间
 - 例: 1MB长度文件通过RTT为100ms的1Gbps链路传输, 吞吐量?
- **网络吞吐量**
 - 一般而言, 复用网络资源的分组流(来自不同的端到端网络应用会话)数量越多, 网络资源利用越有效
- **高速网络**
 - 链路速率越高, 数据传输越快
 - 然而, **传播时延**受限于物理定律

时延带宽积

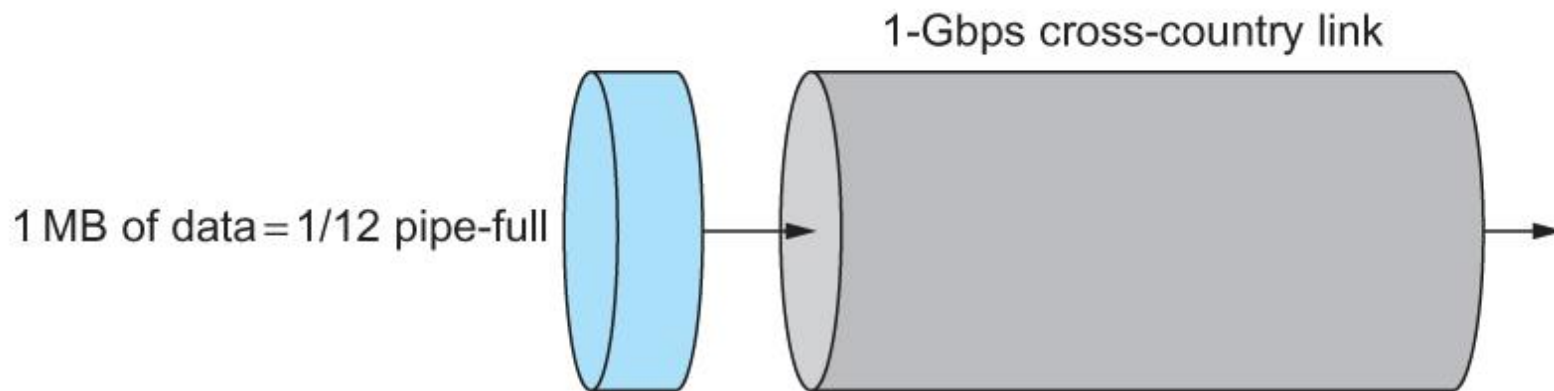
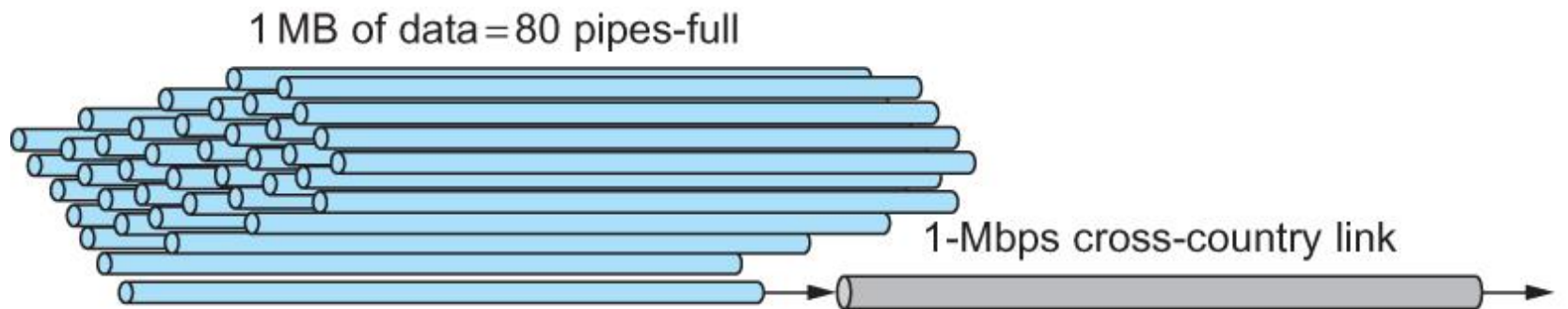


- **时延带宽积**：至首个比特到达接收端时，发送端可以发送的数据量
 - 可理解为网络系统持有的数据量
 - 收到接受端的确认消息之前，发送端可以发送至多 $RTT \times BW$ (即2倍单向时延带宽积)的数据

Link Type	Bandwidth	Distance	RTT	Delay x BW
Dial-up	56 kbps	10 km	87 μ s	5 bits
Wireless LAN	54 Mbps	50 m	0.33 μ s	18 bits
Satellite link	45 Mbps	35,000 km	230 ms	10 Mb
Cross-country fiber	10 Gbps	4,000 km	40 ms	400 Mb

时延带宽积示例

- 设 $RTT = 100\text{ms}$



网络应用的需求

- 网络应用的带宽需求起伏
 - 平均速率与突发性(burst), 例如压缩视频流
 - 引起的问题: 网络拥塞, 缓存溢出导致的丢包
- 延抖动(jitter) —— 时延的变动: 排队时延的变化引起
 - 接收不平顺, 特别是对于多媒体应用不利
 - 用于播放式应用的解决方案
 - 在目的主机上缓存接收数据、延迟播放
 - 对于交互式多媒体应用?
 - 如何处理时延?



小结

- 分组交换网络性能
 - 基本参量：带宽，吞吐量，时延，丢包，应用需求
 - 深入分析的困难：网络分布式特性、网络应用流量随机性及其弹性的影响
- 参考文献
 - 教材1.5节
 - [KR12]1.4节