



# 第一单元 概述

- ❑ 什么是计算机网络？
- ❑ 什么是因特网？
- ❑ 因特网体系结构
- ❑ 开放系统互连参考模型
- ❑ 网络性能分析



# 什么是计算机网络?

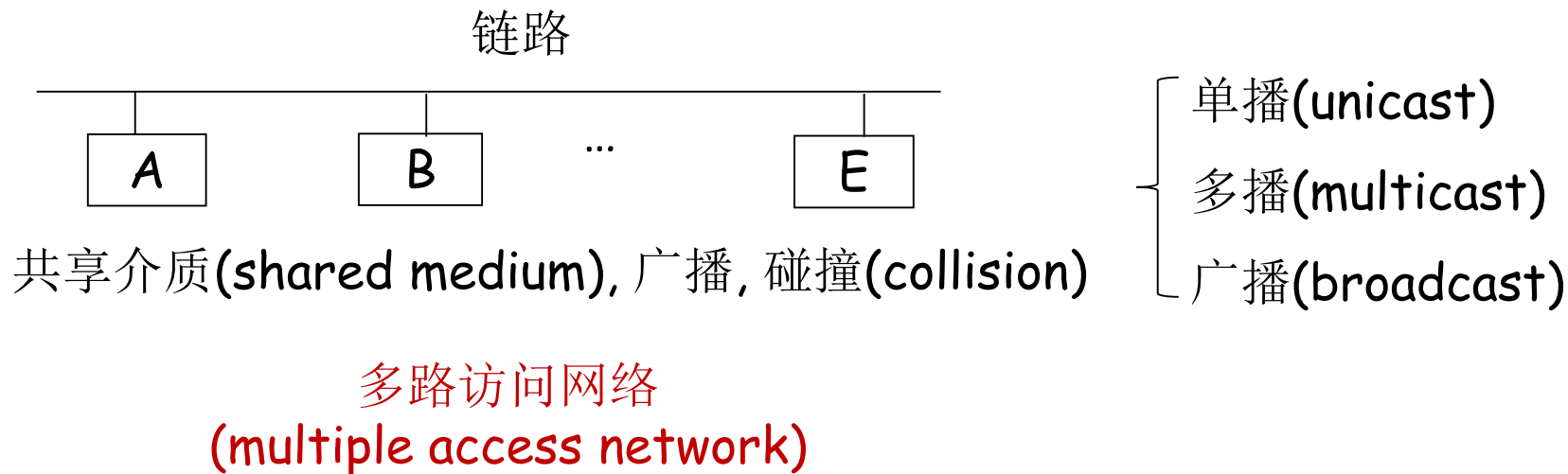
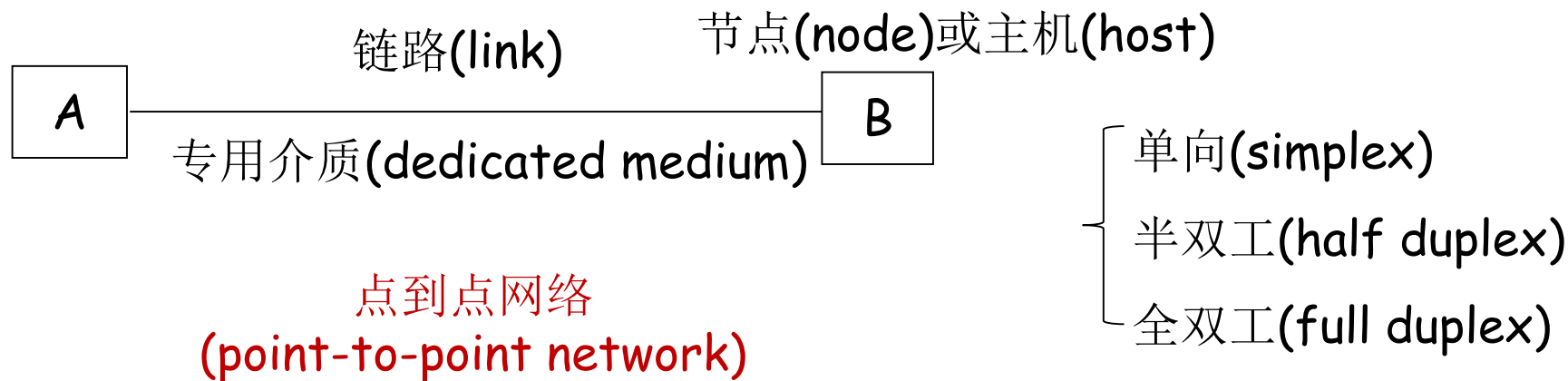
计算机网络(**computer network**)是自主计算机的互连集合。

*ANDREW S. TANENBAUM*

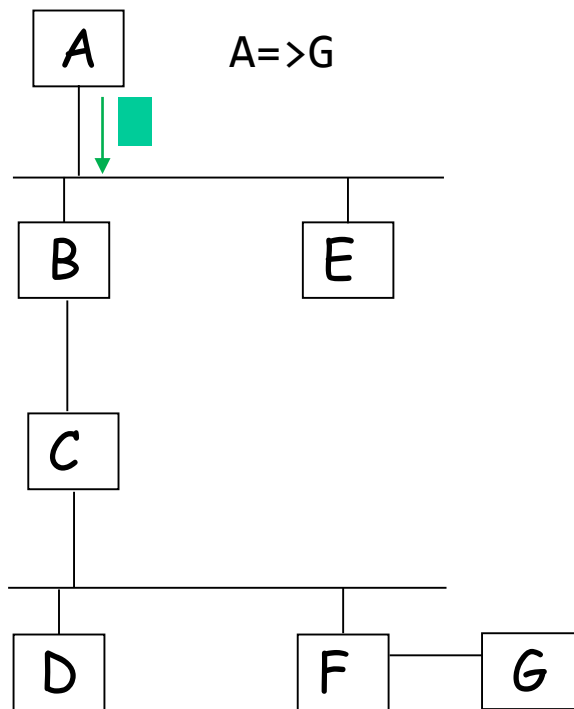
计算机网络是利用通信设备和线路将地理位置不同的、功能独立的**多个计算机系统连接起来**，以功能完善的网络软件实现网络的硬件、软件及资源**共享**和信息**传递**的系统。简单来说就是连接两台或多台计算机进行通信的系统。

维基百科

# 直接连接的网络



# 间接连接的网络



中间节点、路由器(router)

包(packet)

存储转发(store-and-forward)

路由选择(routing)

路由(route)

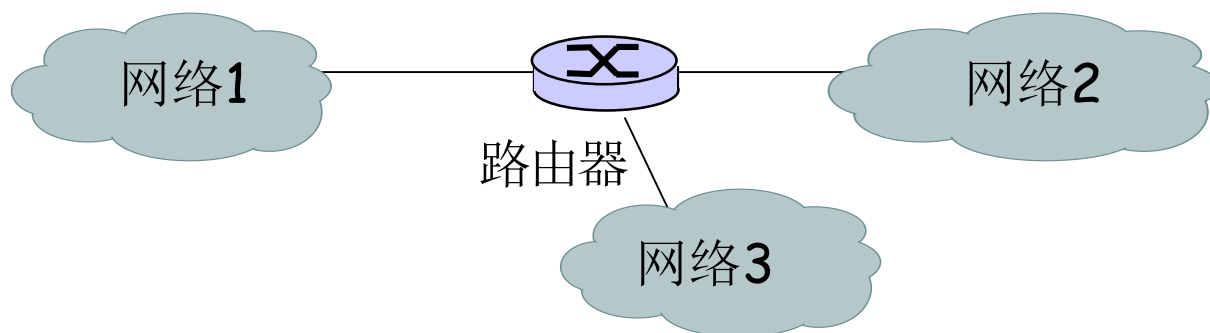
目的地(destination), 下一跳(next hop)

路由表(routing table)

有多少个直连网? 4个

# 网络互连

用路由器(或网关)连接起来构成的网络称为互连网络(internetwork或internet)。因特网 (**Internet**) 是一种互连网络。



系统域网(System Area Network)

SAN

局域网(Local Area Network)

LAN

城域网(Metropolitan Area Network)

MAN

广域网(Wide Area Network)

WAN

# 什么是因特网？

- 终端系统(end system): 主机
  - ❖ 运行网络应用程序 (例如, 浏览器)
- 通信链路(communication link)
  - ❖ 光纤, 铜线, 无线电, 卫星
  - ❖ 传输速率=带宽
- 路由器(router)



电脑



服务器



手提电脑



手机



无线接入点

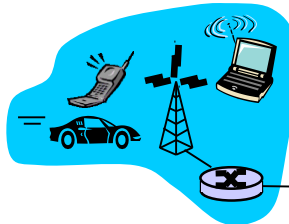


有线链路



路由器

移动网络



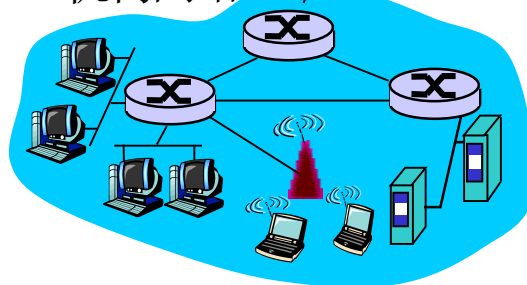
全球ISP

区域ISP

家庭网络

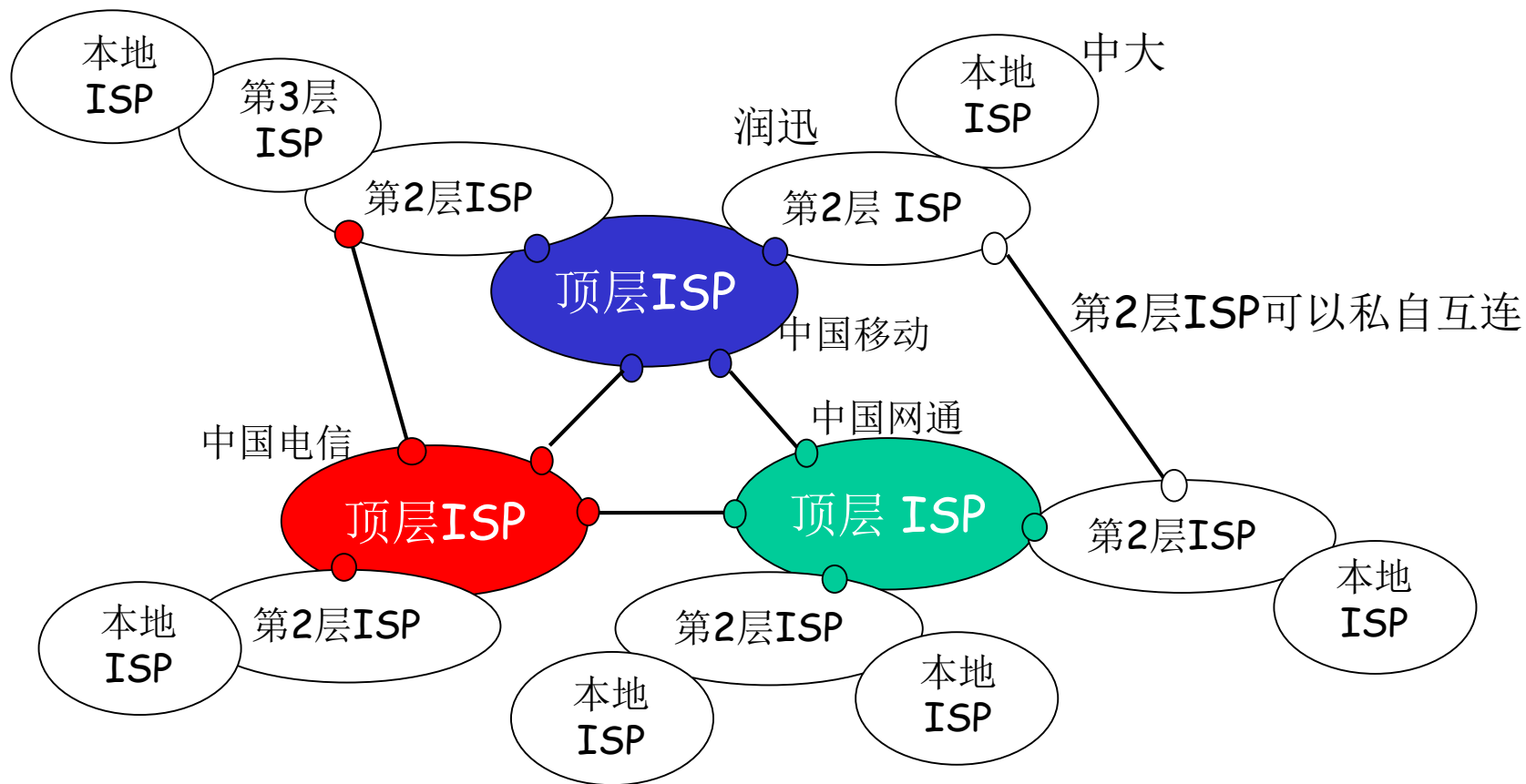


机构网络



ISP ( Internet Service Provider) -- 因特网服务提供商

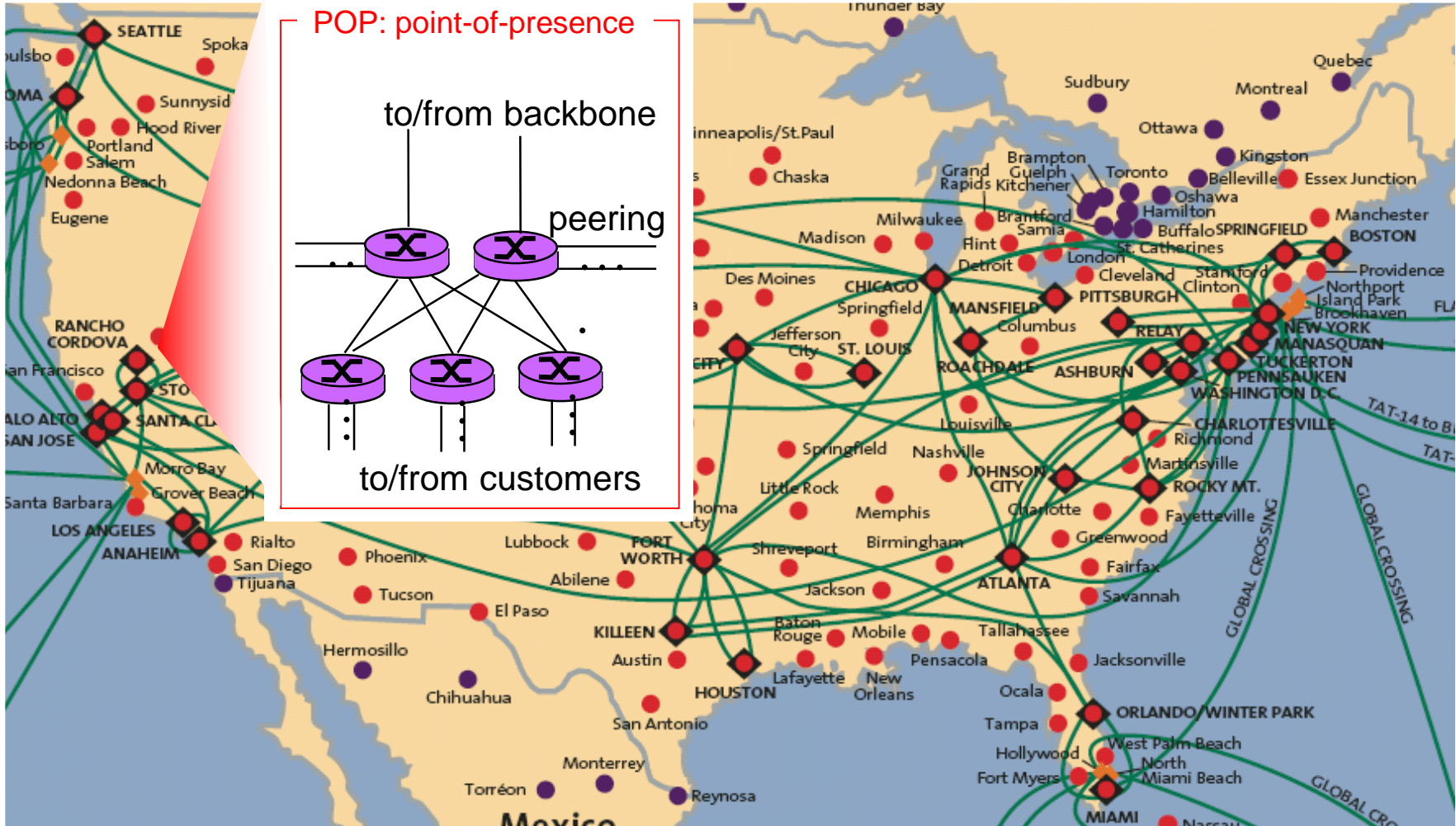
# 因特网的结构(1)



**顶层ISP**也称为主干网。**第2层ISP**是更小的ISP(常常是区域ISP), 是顶层ISP的客户, 可以连到顶层ISP或其它第2层ISP。终端系统可以通过第2层ISP或本地ISP网络(接入网络)连入互联网。

## 因特网的结构(2)

## ISP-to-ISP connection point





# 因特网的结构(3)

2013年

广州

- 中国电信网: 10000Mbps
- 中国移动网: 20240Mbps
- 中国联通网: 3000Mbps
- 中国教育网: 1000Mbps

中国电信网

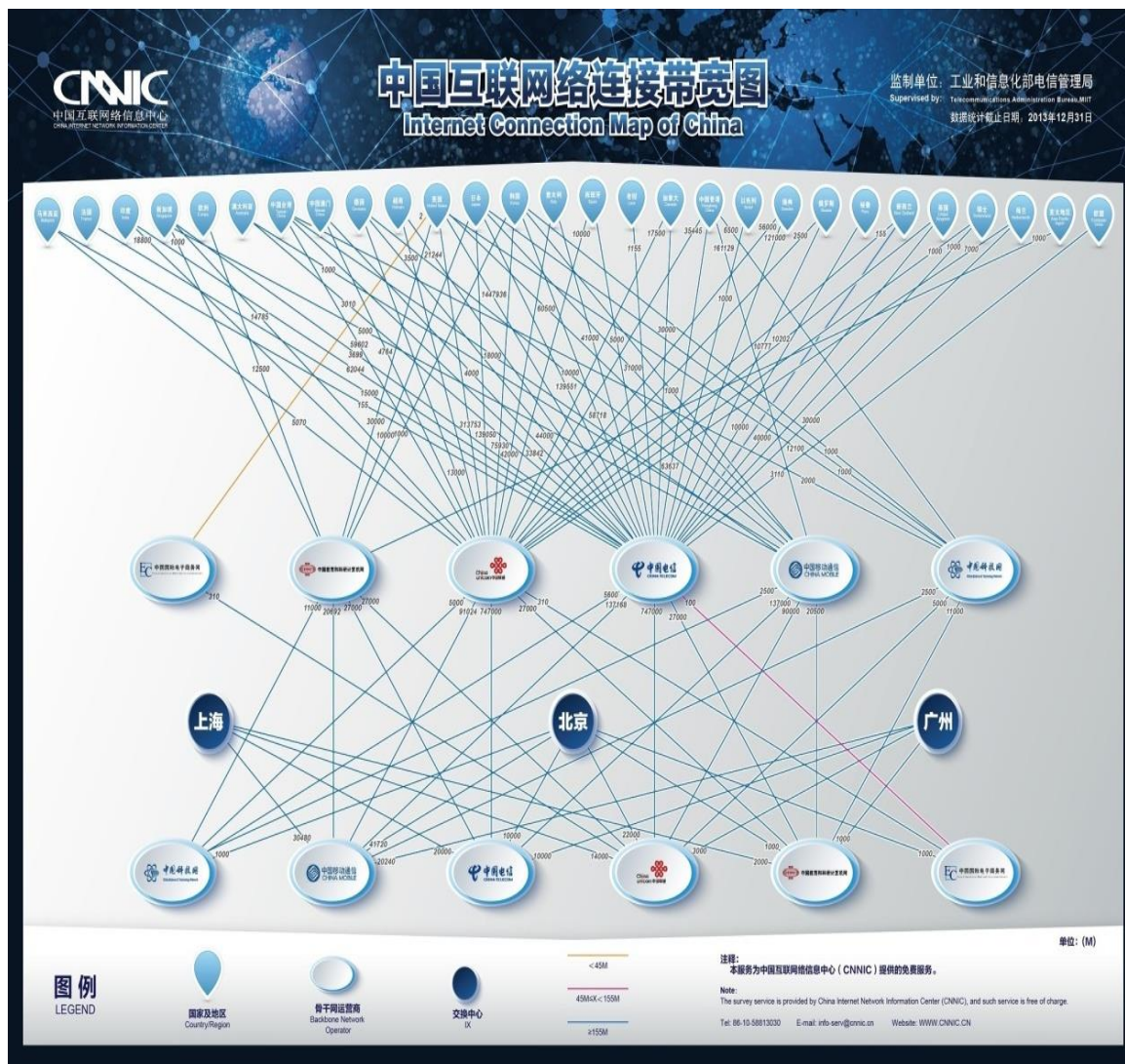
- 中国科研网: 5600Mbps
- 中国移动网: 137168Mbps
- 中国联通网: 747000Mbps
- 中国教育网: 27000Mbps
- 中国电商网: 100Mbps

中国教育网

即中国教育和科研计算机网

中国电商网

即中国国际电子商务网

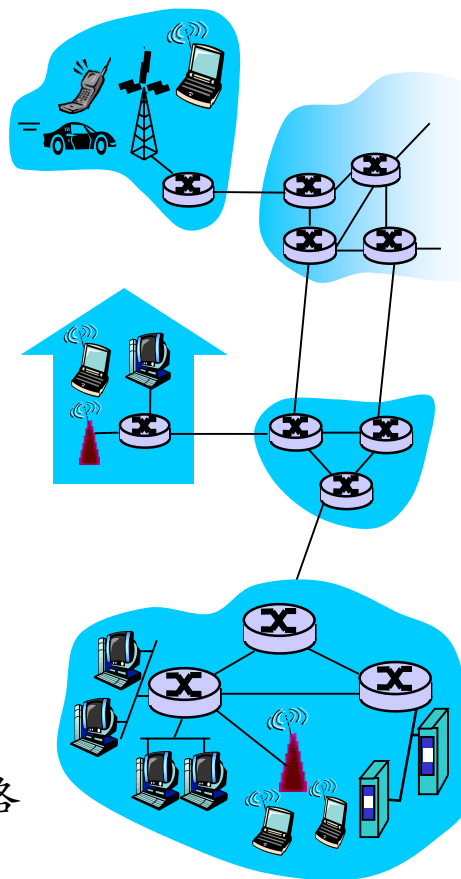


# 网络提供的服务

- ❑ 可靠的服务  
不可靠的服务
- ❑ 面向连接的服务  
无连接的服务
- ❑ 有确认的服务  
无确认的服务
- ❑ 数据报服务：无连接无确认
- ❑ 请求响应和消息流服务

可选：一般邮件，文件传输，电子商务，  
视频直播，IP电话，电子邮件，网络  
会议，浏览网页，普通电话

QoS: Quality of Service

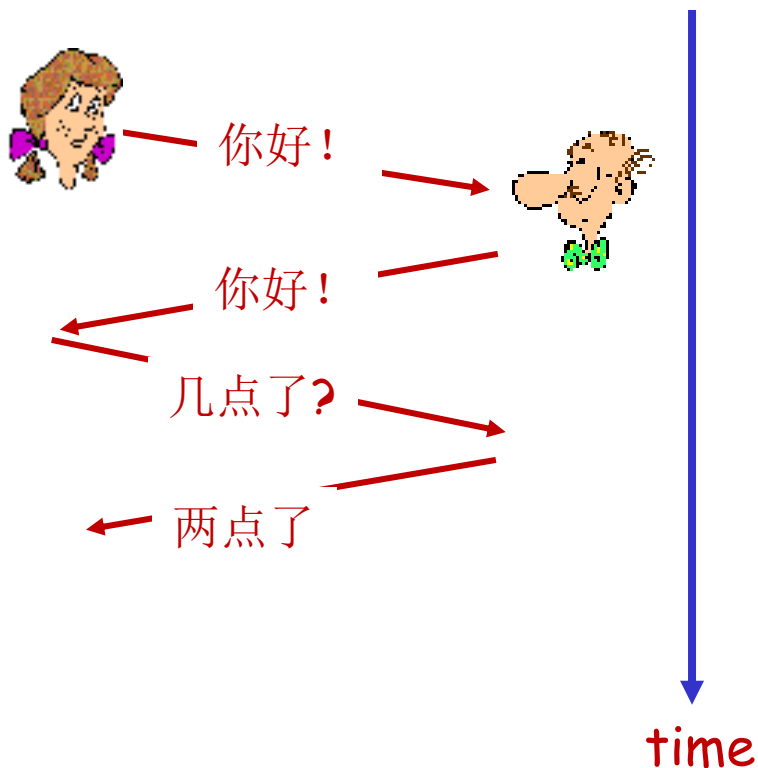


英文：

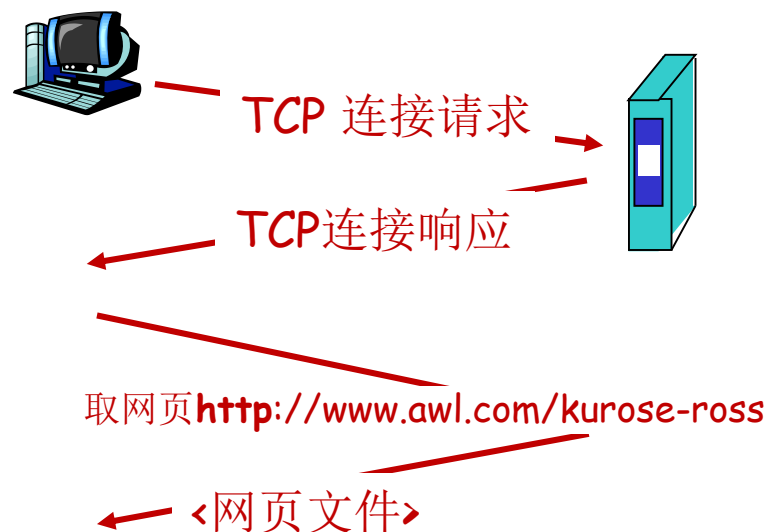
Reliable Service  
Unreliable Service  
Connection-Oriented Service  
Connectionless Service  
No acknowledgement Service  
Acknowledgement Service  
Datagram Service  
Request-Response Service  
Message-Stream Service

# 什么是协议?

人类的协议



计算机网络的协议



协议(protocol)是在网络实体(entities)之间传送消息的规则, 例如, 消息的格式、收发消息的次序等。

# 网络的分层结构

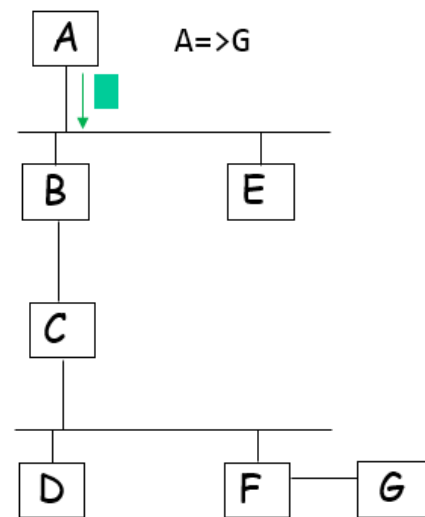
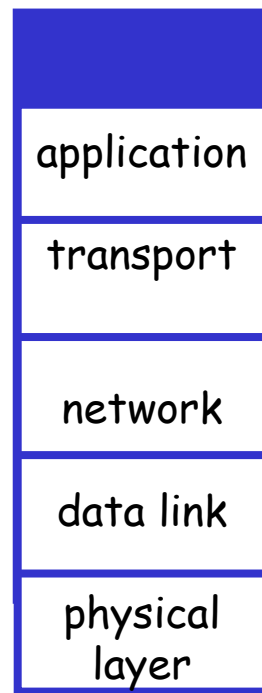
网络为什么分层? 模块化可以简化系统维护和修改



每层的服务的实现都可以利用更低层提供的服务。

# 因特网体系结构

- **应用层**: 提供对某些专门应用的支持
  - ❖ 文件服务(FTP), 邮件(SMTP), 网页(HTTP)
- **传输层**: 进程之间的数据传送 (端到端)
  - ❖ TCP, UDP
- **网络层**: 路由选择, 实现在互连网中的数据传送 (主机到主机)
  - ❖ IP, routing protocols
- **数据链路层**: 在物理网络中传送包 (跳到跳, 节点到节点)
  - ❖ PPP, Ethernet
- **物理层**: 线上的比特 (传送原始比特流)

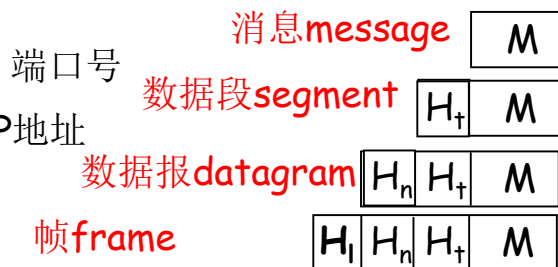
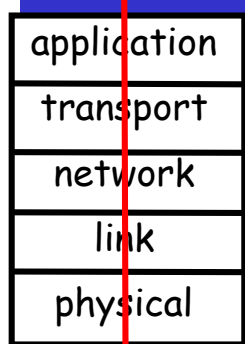


每一层都可以多个协议, 每个协议都可以使用下层提供的服务并为上层提供服务。

node-to-node, hop-by-hop, host-to-host, end-to-end

# 封装 (encapsulation)

source

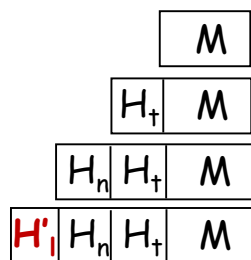


每层传输的数据单元都称为包(packets), 它们都属于某个协议, 也称为协议数据单元(protocol data unit, PDU)。

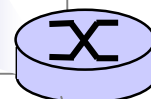
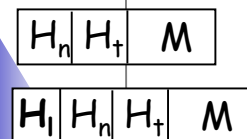
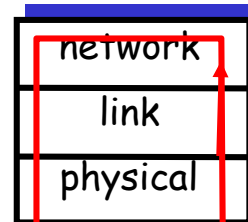
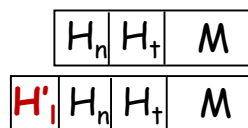
\* PCI, SDU, SAP  
control、info、access、service

同一个互连网络中要求网络层协议相同而链路层协议可以不同

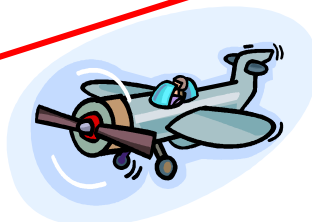
destination



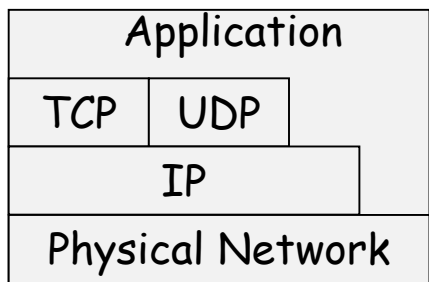
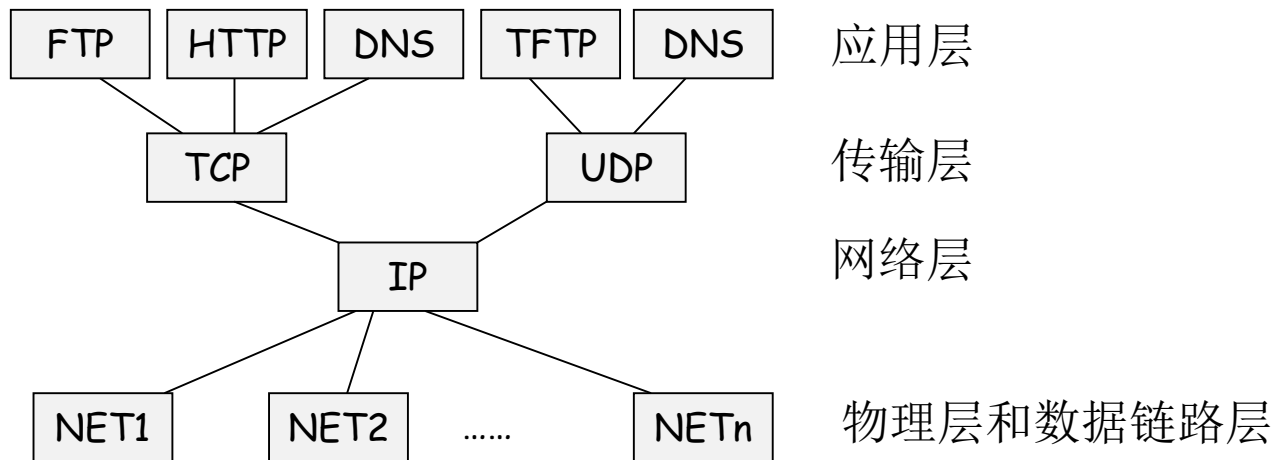
协议栈



router



# 协议簇(protocol family)

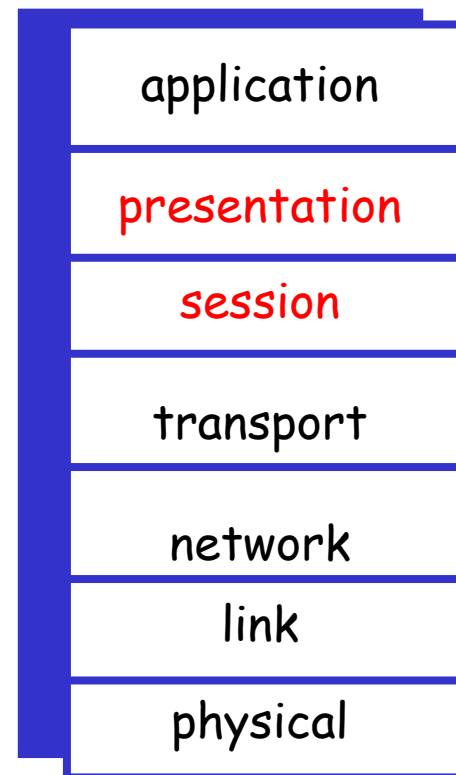


TCP 提供可靠的面向连接的服务

UDP 提供无连接不可靠的服务

# ISO/OSI参考模型

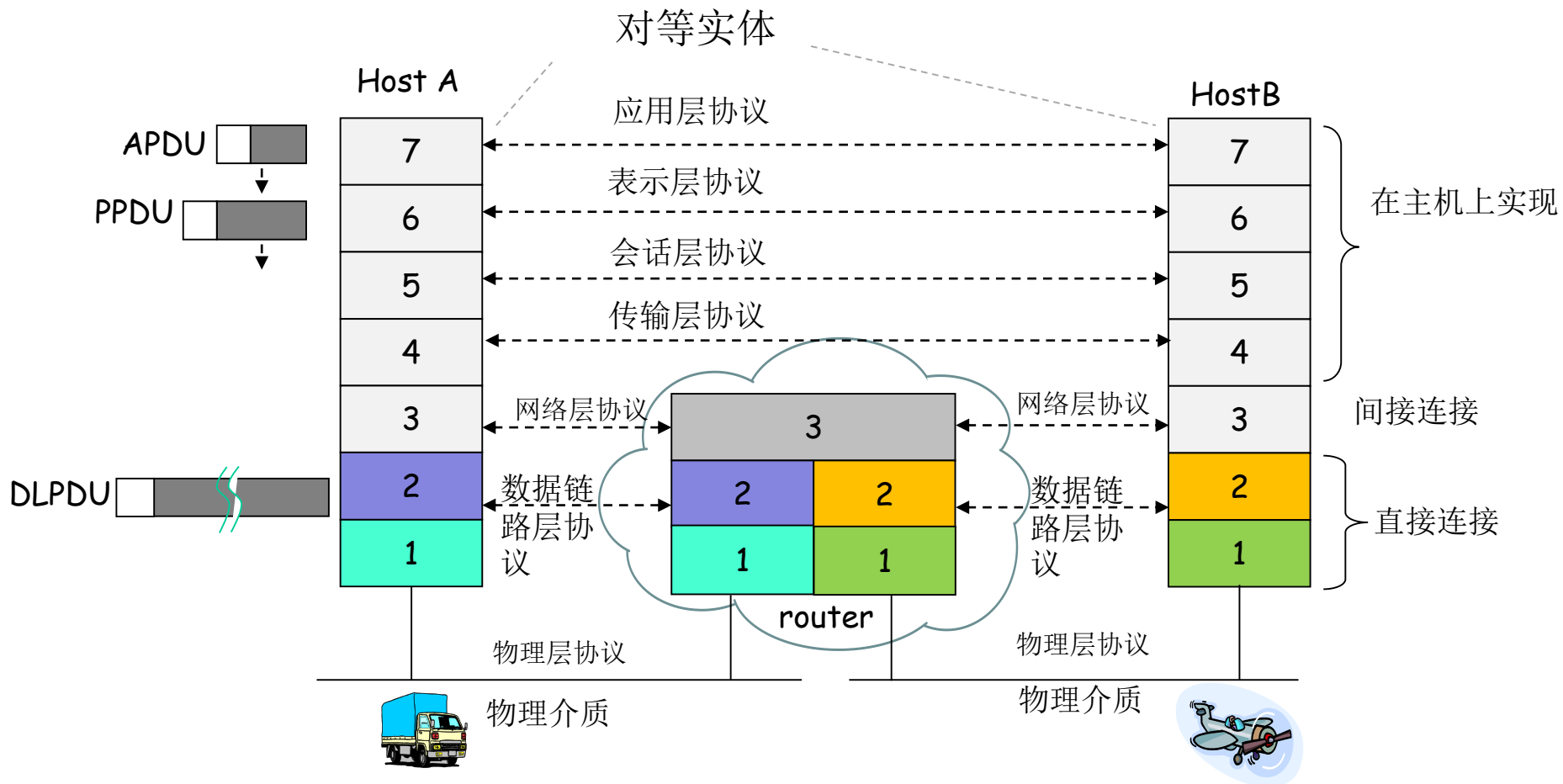
- ❑ 表示层(**presentation**): 提供数据转换服务, 例如, 加密解密, 压缩解压缩, 数据格式变换
- ❑ 会话层(**session**): 简化会话实现机制, 例如, 数据流的检查点设置和回滚以及多数据流同步。
- ❑ 因特网没有这两层, 如果需要, 可以在应用程序中实现。



ISO — 国际标准化组织(International Organization for Standardization )  
OSI — 开放系统互连(Open System Interconnection)

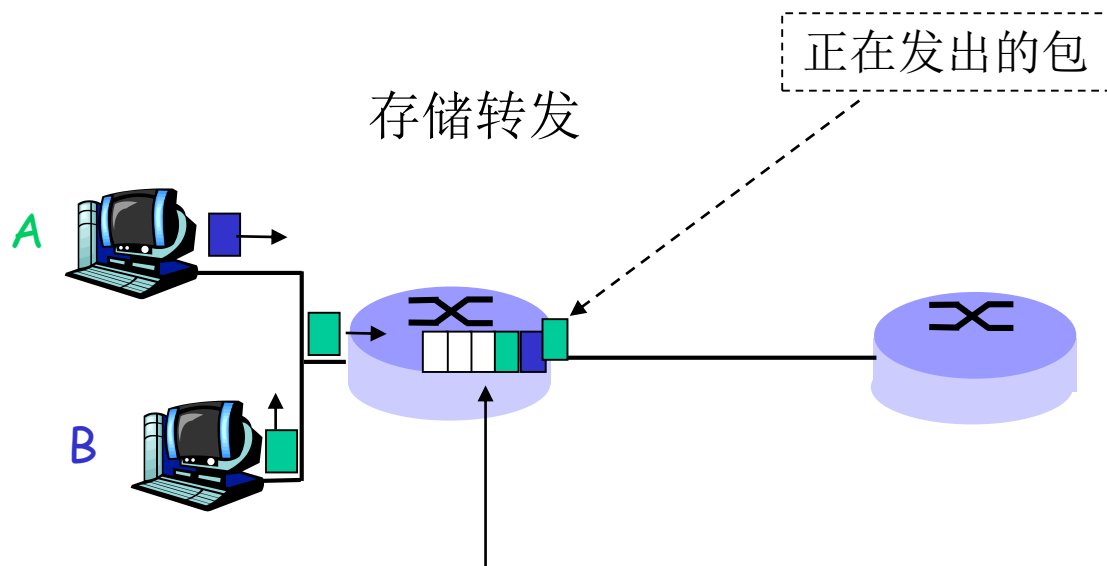


## 对等实体 (Peer Entity)



# OSI协议栈

# 网络性能分析：延迟和丢包



当一个包到达时如果有空闲缓存则排队等待转发，产生延迟(**delay**)  
如果没有空闲缓存，则丢弃该包，造成丢失 (**loss**)

包交换技术：Packet-Switching

# □ 包交换网络中的延迟

## 1. 处理延迟(processing)

- ❖ 检查比特错
- ❖ 确定输出链路

## 2. 排队延迟(queueing)

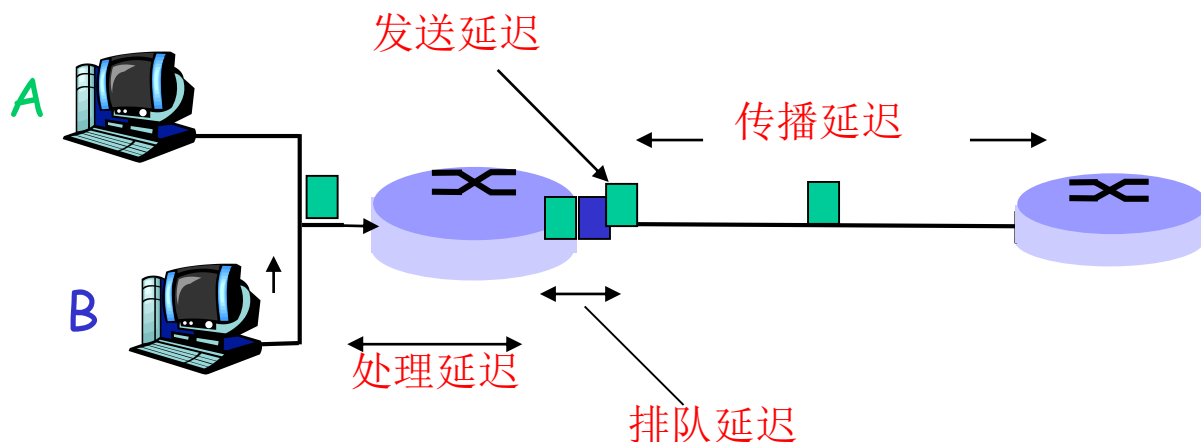
- ❖ 在输出链路队列等待发送
- ❖ 依赖于路由器的拥塞程度

## 3. 传输延迟(Transmission delay):

包长(bits)/链路带宽 (bps)  
也称为发送延迟

## 4. 传播延迟(Propagation delay):

物理链路长度/信号传播速度  
( $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)



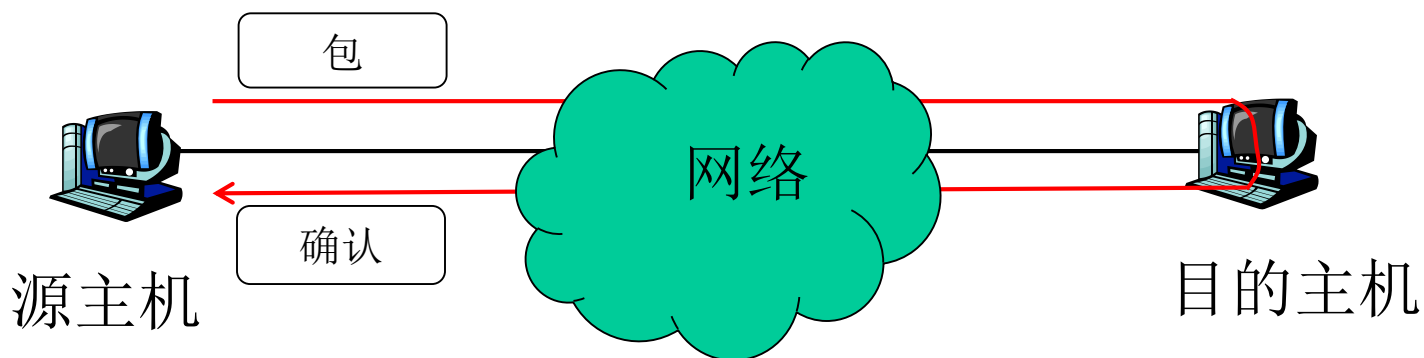
## □ 节点延迟

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

- $d_{\text{proc}}$  = 处理延迟
- $d_{\text{queue}}$  = 排队延迟
- $d_{\text{trans}}$  = 发送延迟
- $d_{\text{prop}}$  = 传播延迟

## □ 往返时间

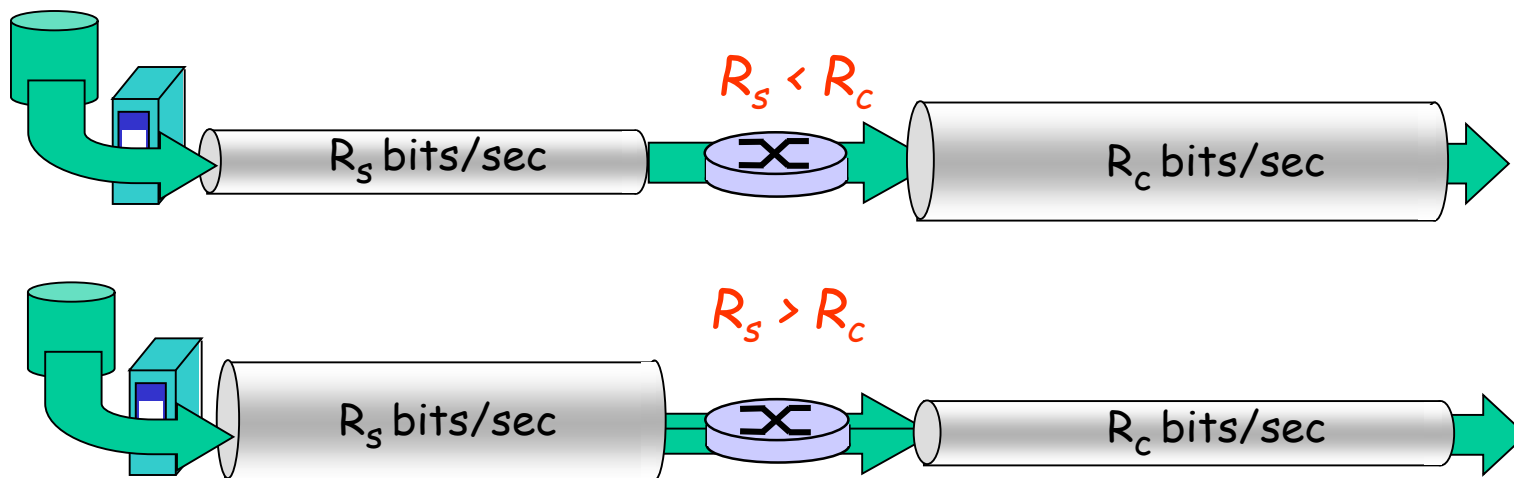
- 从源主机到目的主机再返回源主机所花的时间称为往返时间 (round trip time, RTT)。



# 带宽与吞吐量

- ❑ **带宽(bandwidth)**为一条链路或通道可达到的最大数据传送速率(bits per second, bps)。
- ❑ **吞吐量(throughput)**: 一条链路或通道的实际数据传送速率(bps)
  - ❖ **瞬时吞吐量**: 某个时刻的数据速率
  - ❖ **平均吞吐量**: 在某个较长时期的数据速率

下面两种情况的端到端的平均吞吐量是多少？  $R_s$ 和 $R_c$ 为链路带宽



# 总结

- ❑ 什么是计算机网络？
- ❑ 什么是因特网？
- ❑ 因特网体系结构
- ❑ 开放系统互连参考模型
- ❑ 网络性能分析