



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?

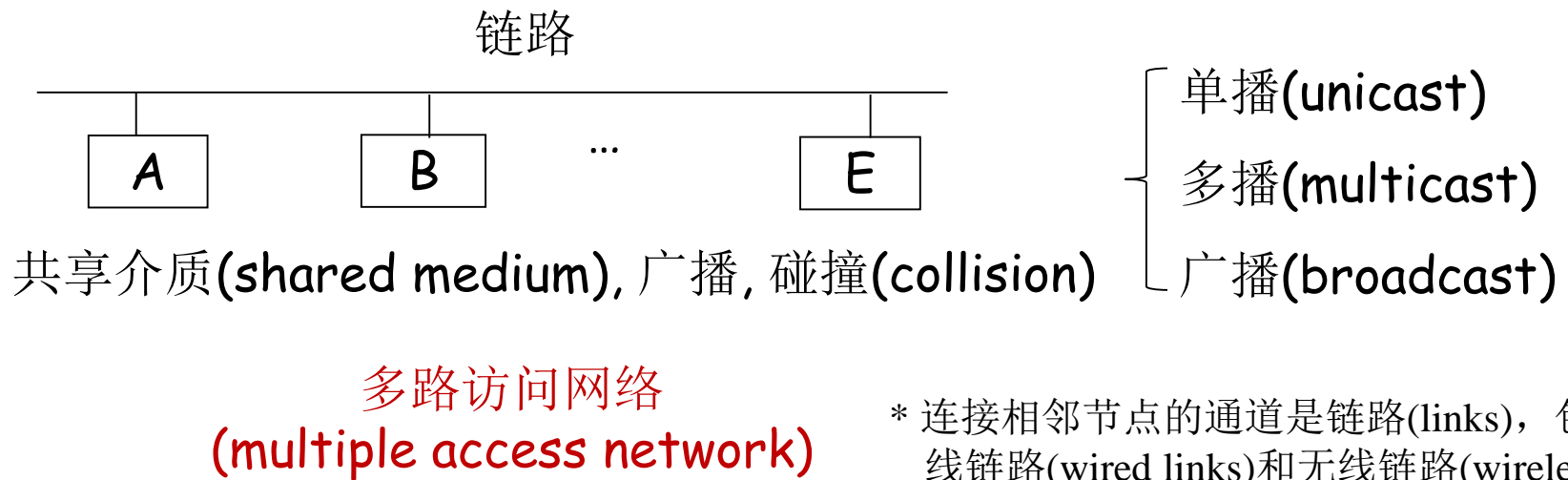
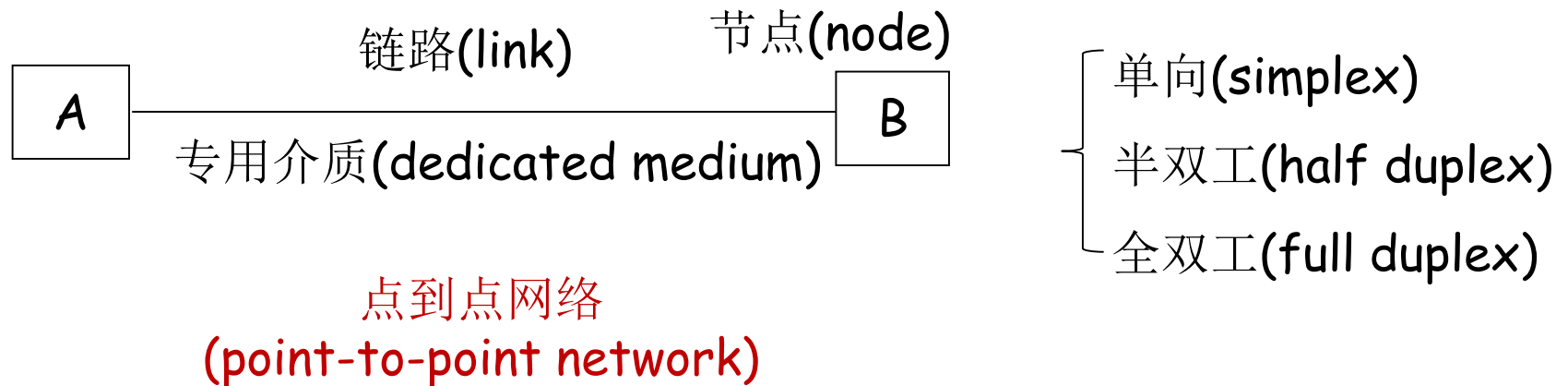
计算机网络(**computer network**)是自主计算机的互连集合。

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。

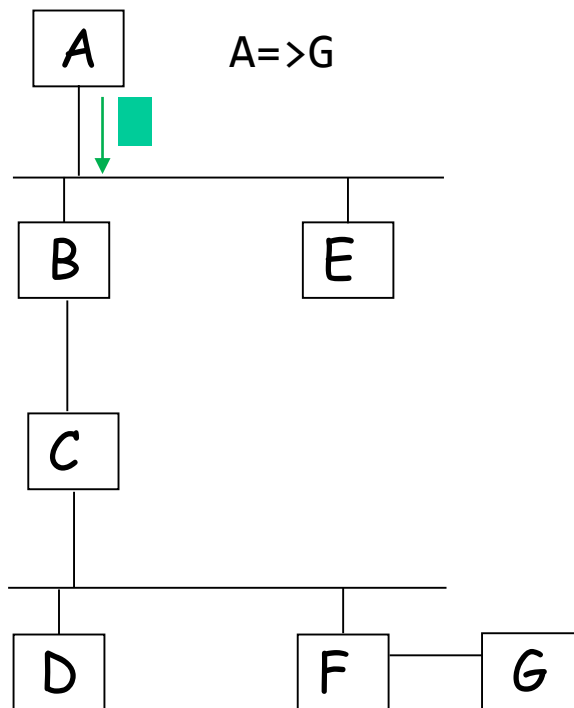
维基百科

直接连接的网络



* 连接相邻节点的通道是链路(links), 包括有线链路(wired links)和无线链路(wireless links)。

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)

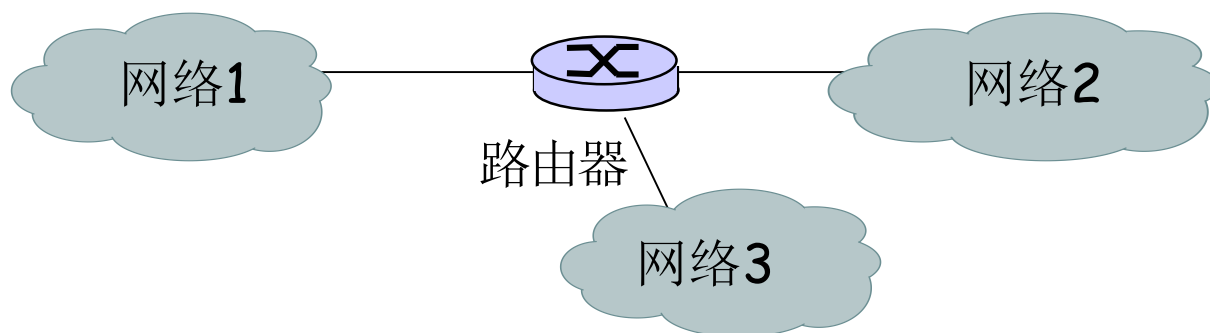
路由表(routing table)

有多少个直连网? 4个

节点(node)可以是主机(host)和路由器(router), 有时根据上下文会直接称为主机、站点(station)或设备(equipment)。

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。 网关-gateway



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

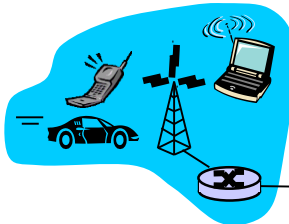


有线链路

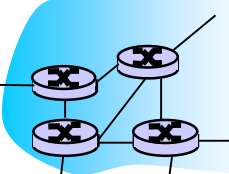


路由器

移动网络



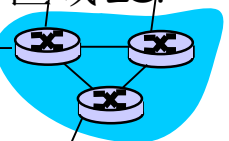
全球ISP



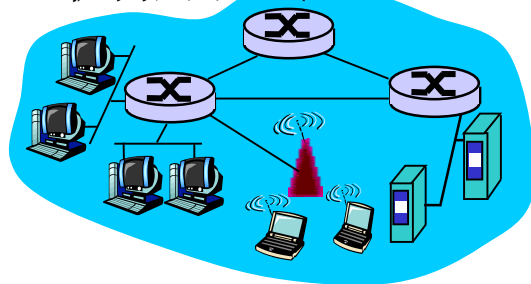
家庭网络



区域ISP

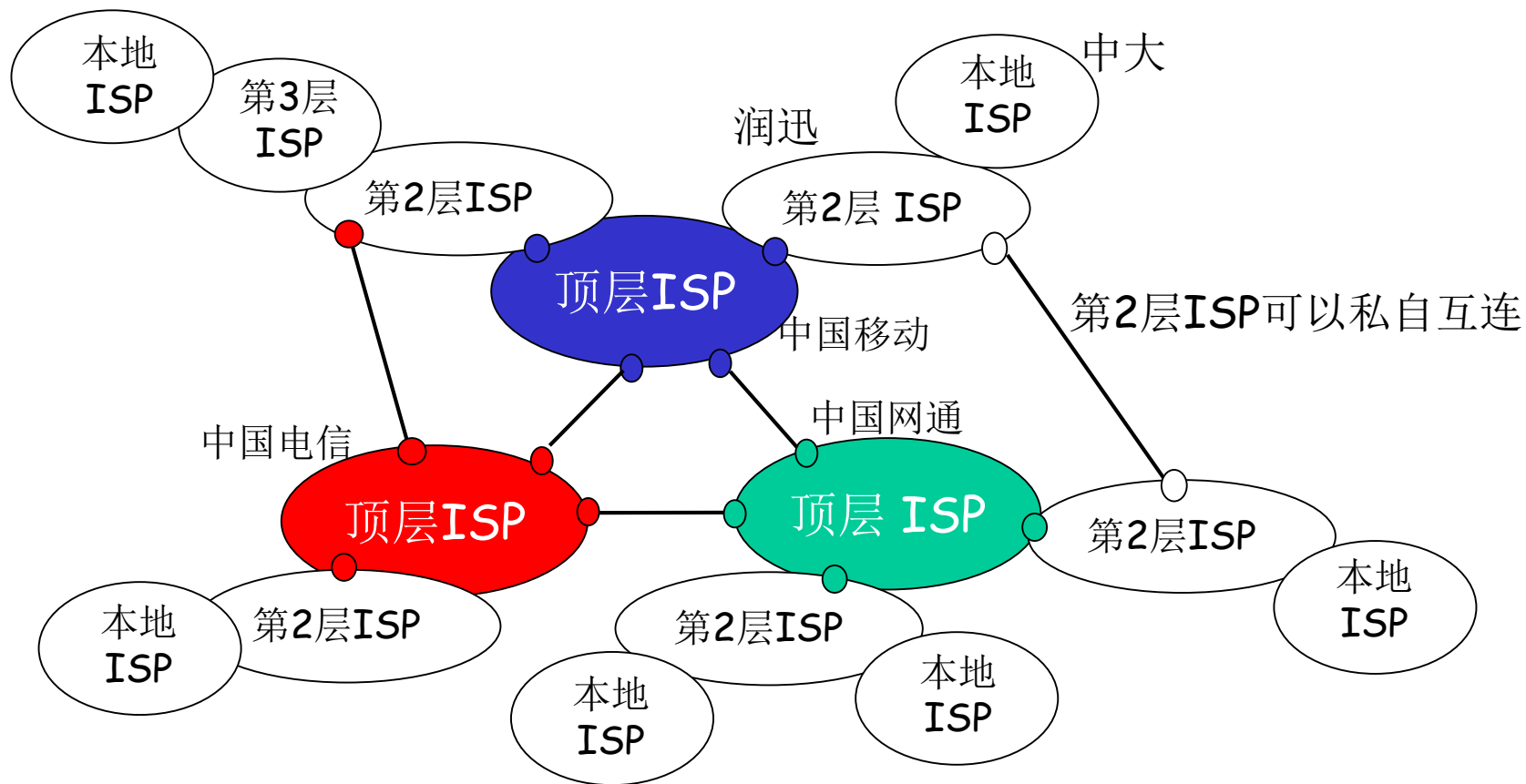


机构网络



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

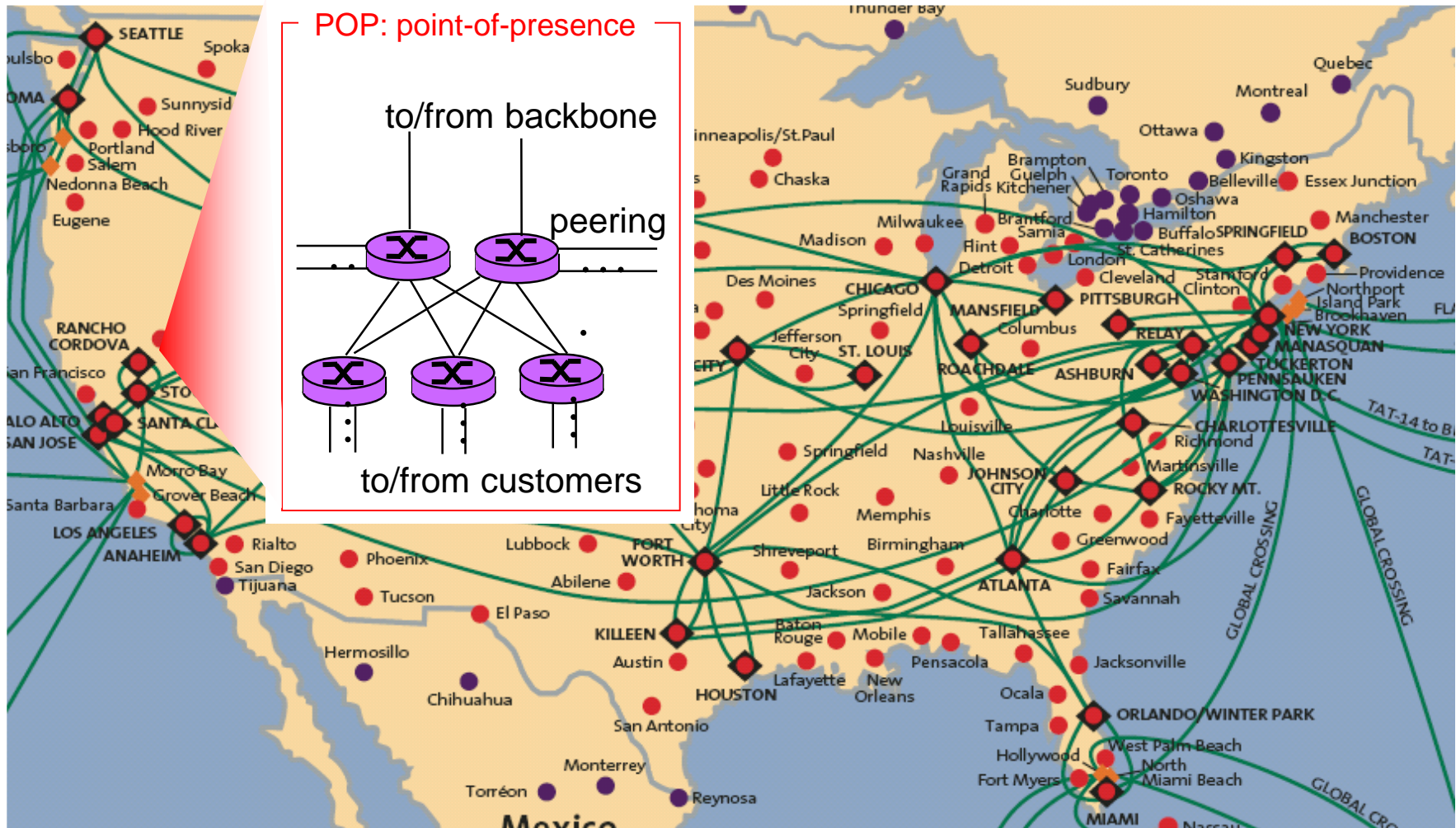
因特网的结构(1)



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

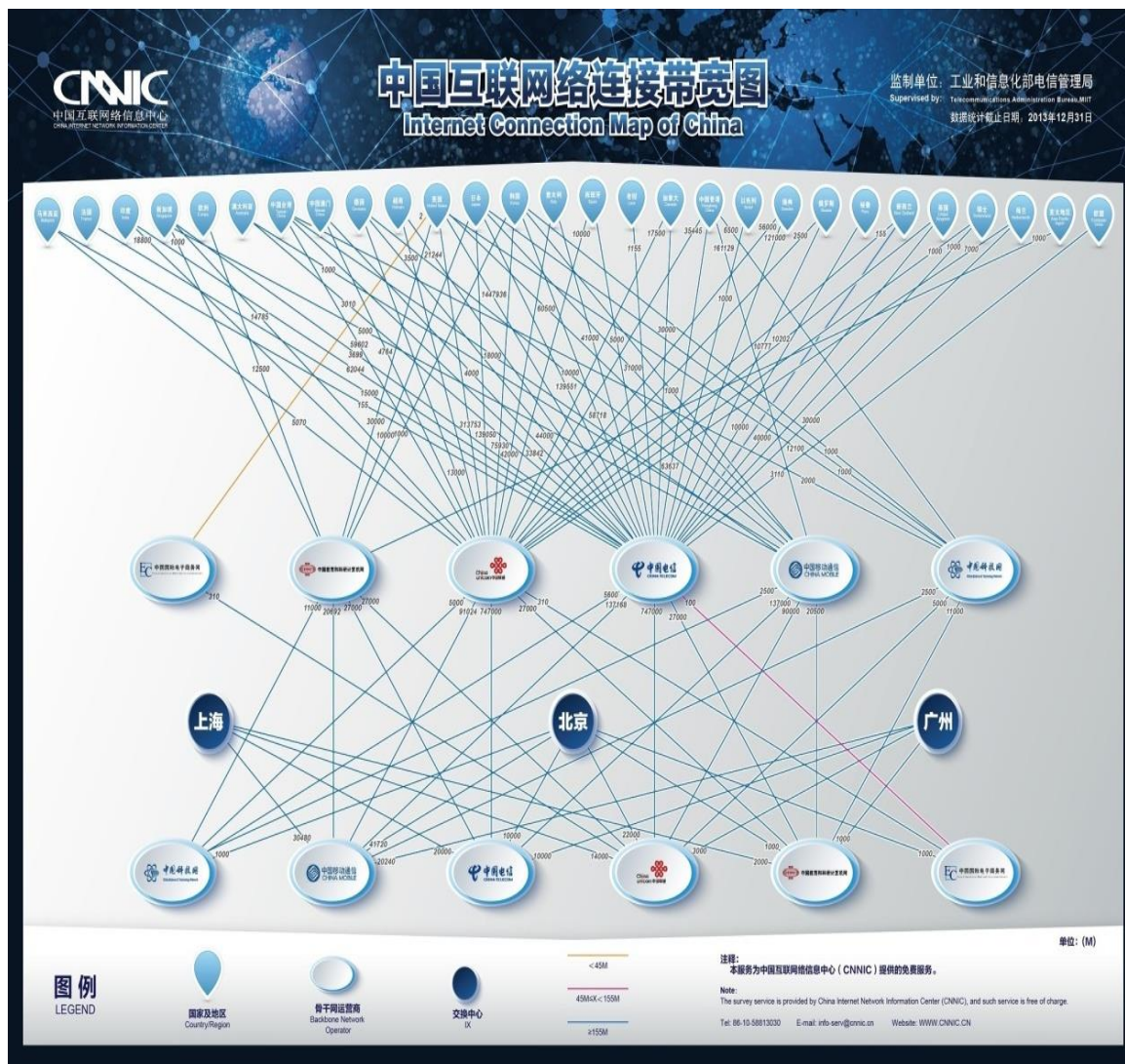
- 中国科研网: 5600Mbps
- 中国移动网: 137168Mbps
- 中国联通网: 747000Mbps
- 中国教育网: 27000Mbps
- 中国电商网: 100Mbps

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

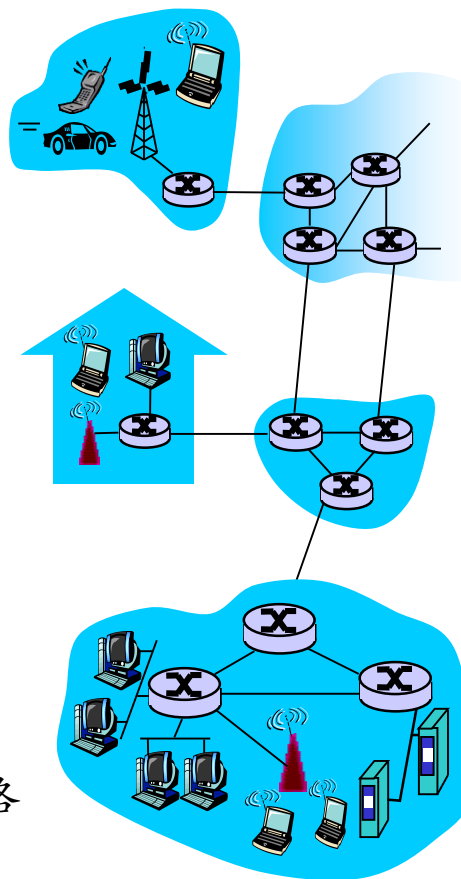


网络提供的服务

- ❑ 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

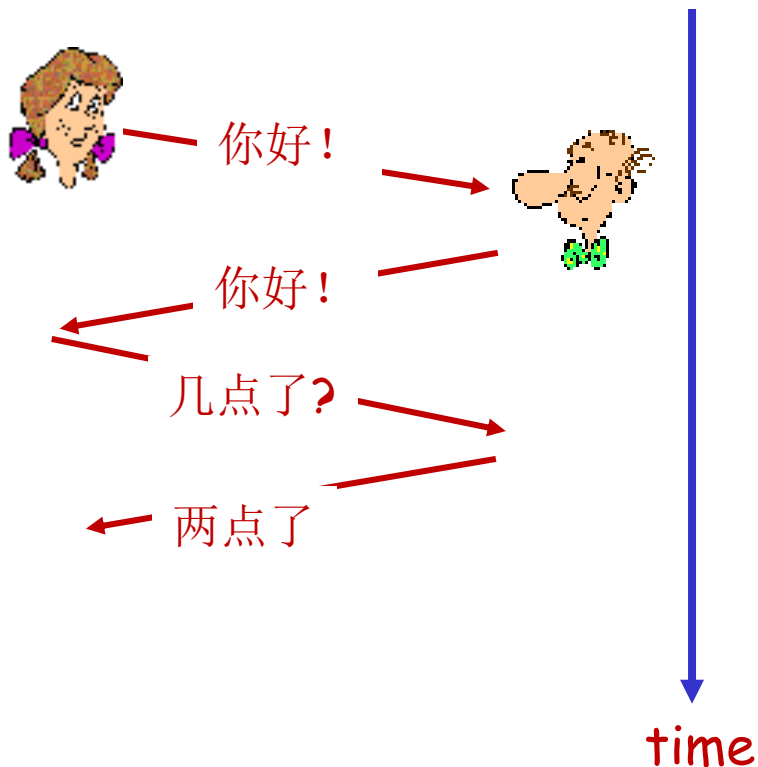


英文：

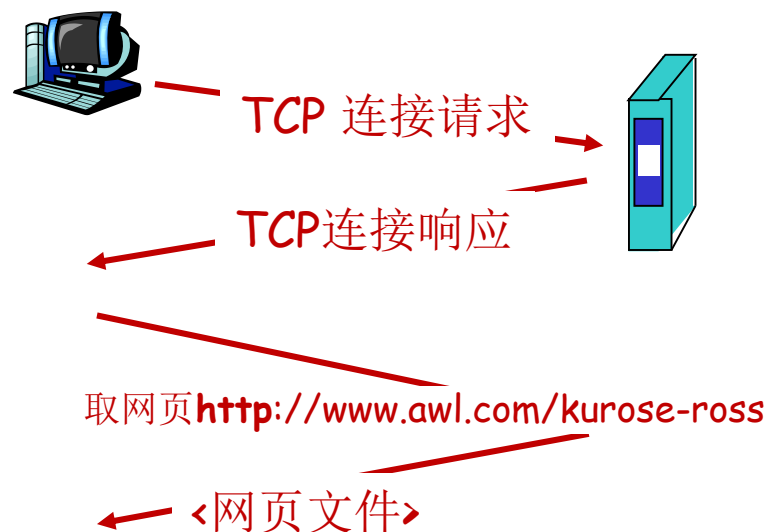
Reliable Service
Unreliable Service
Connection-Oriented Service
Connectionless Service
No acknowledgement Service
Acknowledgement Service
Datagram Service
Request-Response Service
Message-Stream Service

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

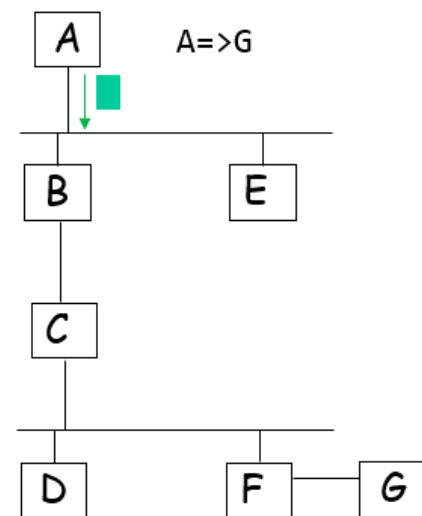
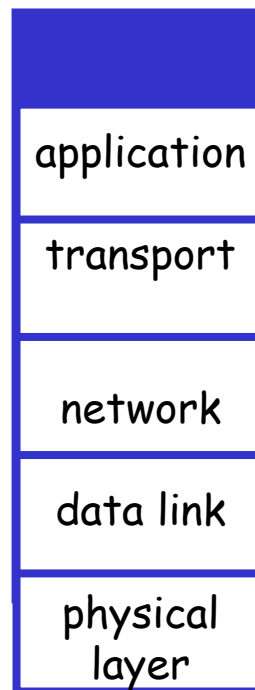
网络为什么分层? 模块化可以简化系统维护和修改



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**: 负责在进程之间传送数据包 (*端到端*)
 - ❖ TCP, UDP
- **网络层**: 通过路由选择实现在互连网的节点之间传送数据包 (*主机到主机*)
 - ❖ IP, routing protocols
- **数据链路层**: 负责在物理网络的节点之间传送数据包 (*节点到节点, 跳到跳*)
 - ❖ PPP, Ethernet
- **物理层**: 线上的比特 (传送原始比特流)

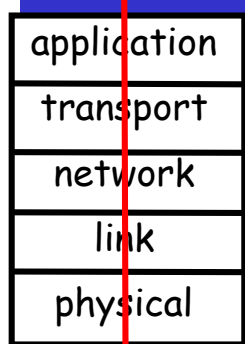


为什么要这样划分? 这样划分的根据是什么? 这些层是为了简化网络设计而人为划分的。每个协议可以属于某一层或若干层, 上层协议可以使用下层协议提供的服务。例如: 下载文件即可以利用应用层的ftp协议, 也可以利用应用层的http协议。

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

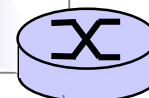
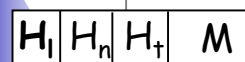
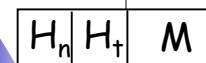
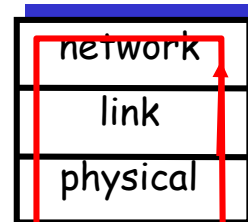
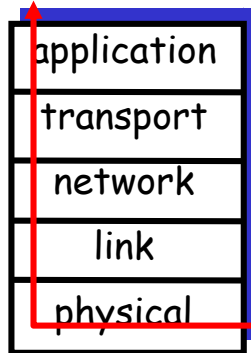
封装 (encapsulation)

source



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

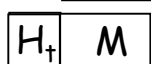


router

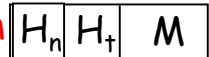
消息message



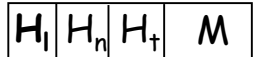
数据段segment



数据报datagram

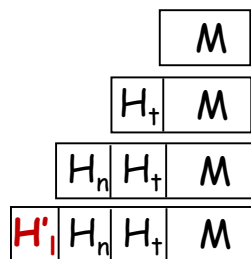


帧frame



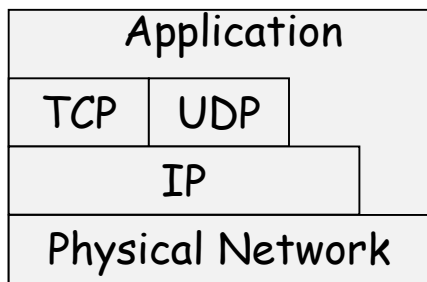
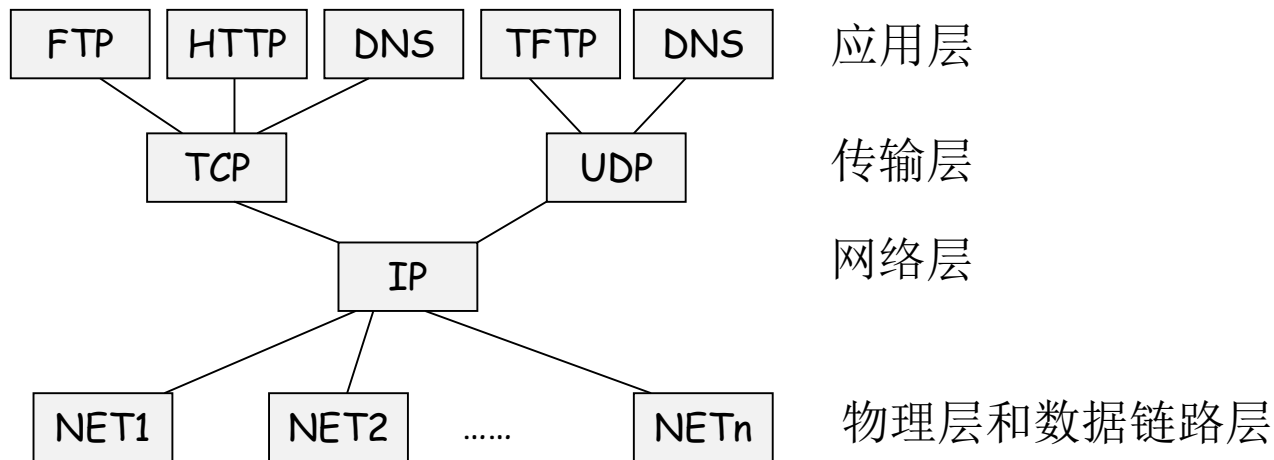
每层传输的数据单元都称为包(packets), 它们都属于某个协议, 也称为协议数据单元(protocol data unit, PDU)。

* PCI, SDU, SAP
protocol control info
service access point
service data unit



协议栈

协议簇(protocol family)



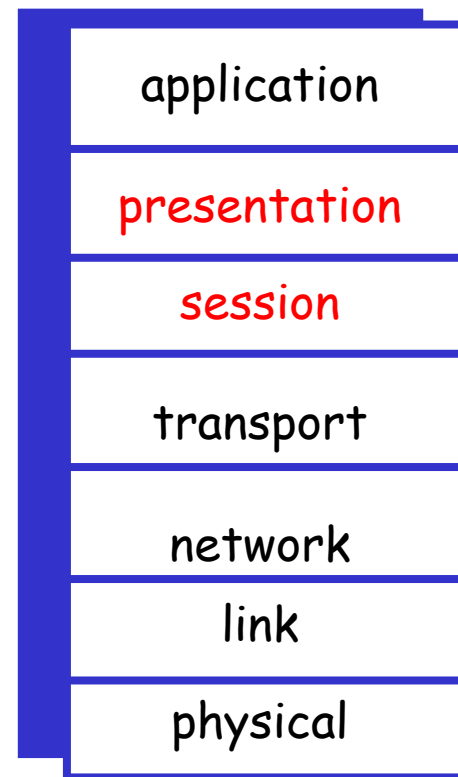
TCP 提供可靠的面向连接的服务

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**): 为实现会话类应用提供服务, 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。

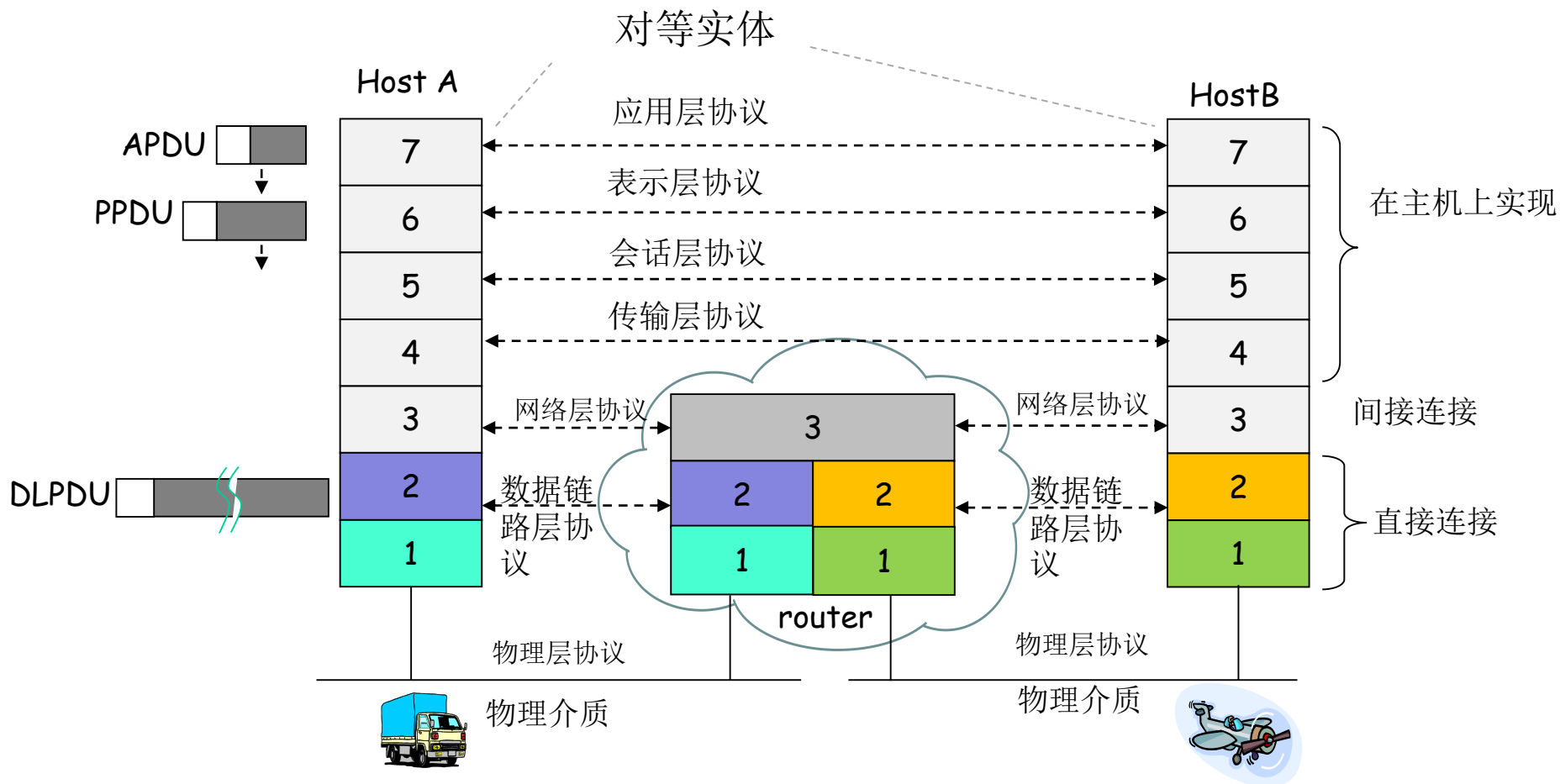


ISO — 国际标准化组织(International Organization for Standardization)
OSI — 开放系统互连(Open System Interconnection)

□ OSI参考模型

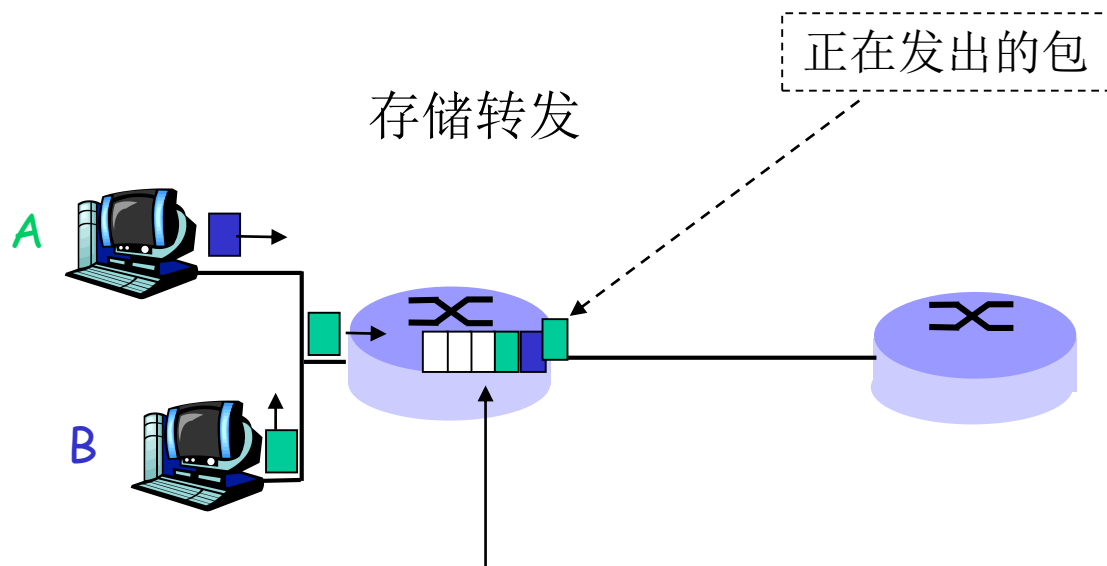
7	应用层 (Application Layer)	为专门应用提供服务
6	表示层 (Presentation Layer)	提供数据转换服务
5	会话层 (Session Layer)	提供会话式的数据传送服务
4	传输层 (Transport Layer)	用于进程之间的数据传送
3	网络层 (Network Layer)	通过路由选择连接各种网络
2	数据链路层 (Data Link Layer)	对物理链路的多路复用和访问控制
1	物理层 (Physical Layer)	传送原始比特流

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)

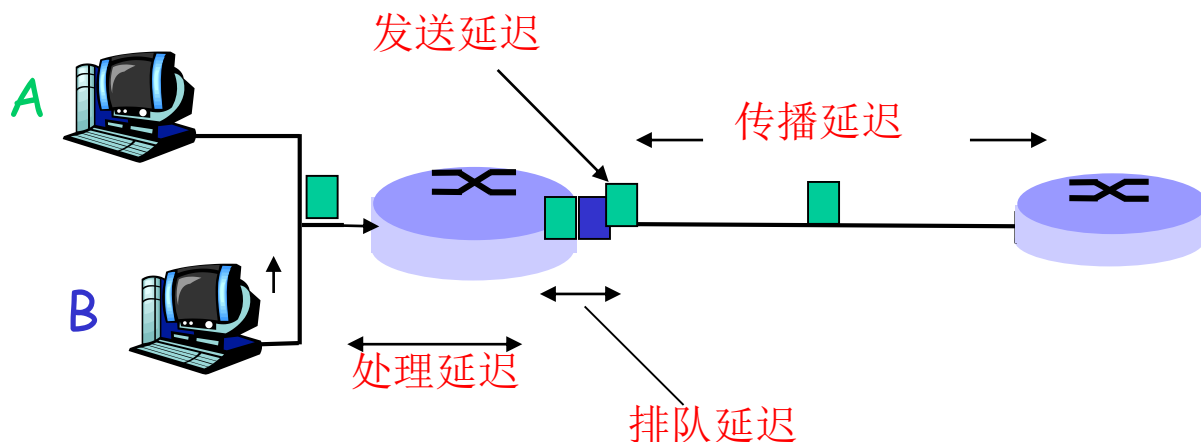
- ❖ 在输出链路队列等待发送
- ❖ 依赖于路由器的拥塞程度

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)



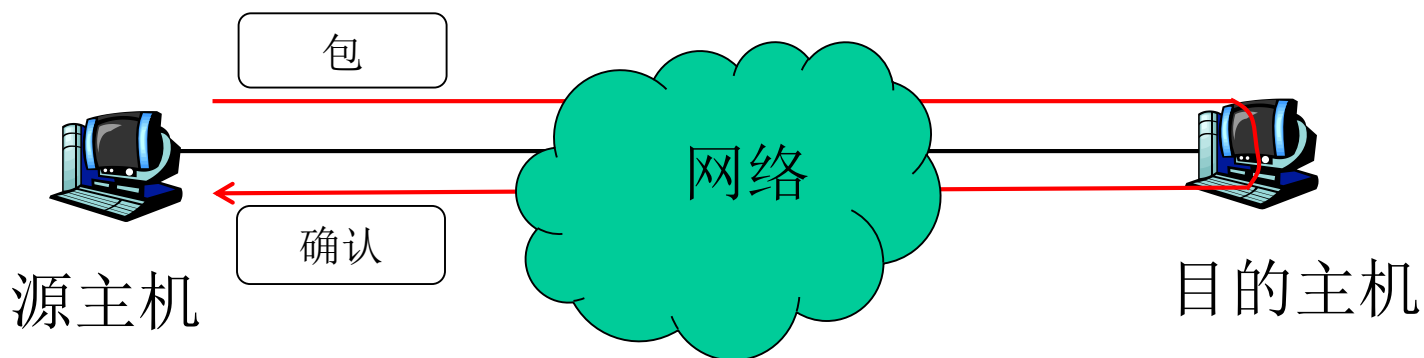
□ 节点延迟

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

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

□ 往返时间

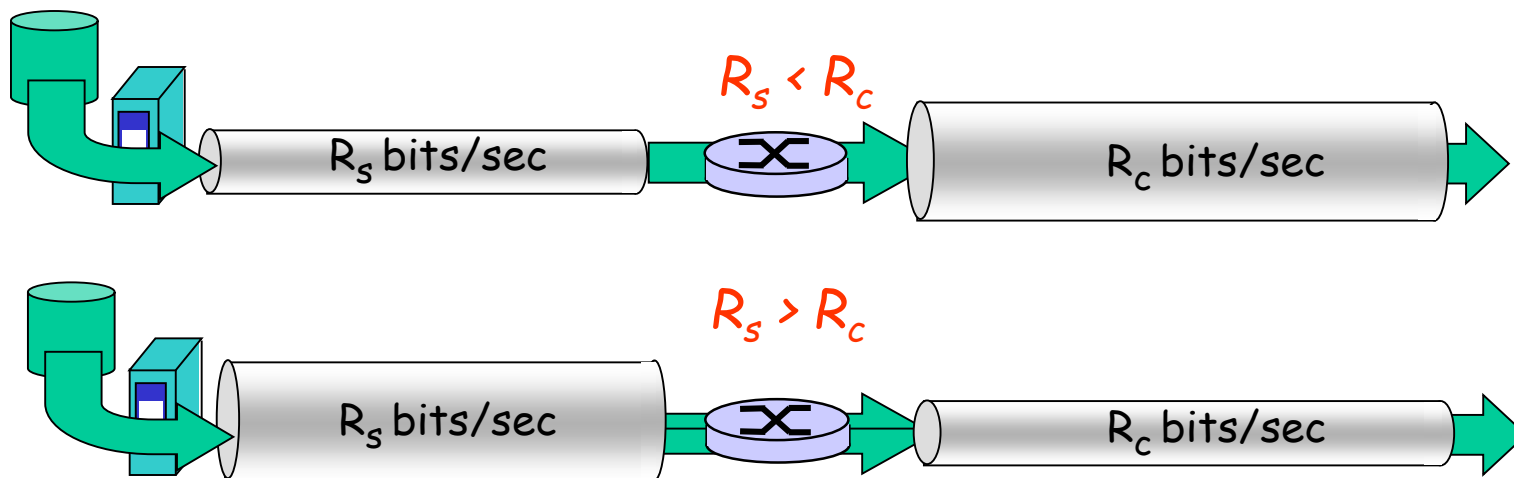
- 从源主机到目的主机再返回源主机所花的时间称为往返时间 (round trip time, RTT)。



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