



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。简单的说即连接两台或多台计算机进行通信的系统。

维基百科

计算机网络是自主计算机的互连集合。

ANDREW S. TANENBAUM

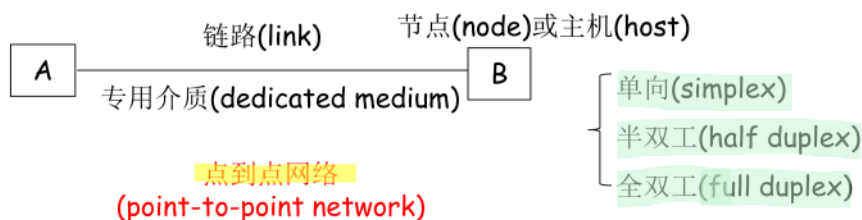
★ Also called 直连网

直接连接的网络

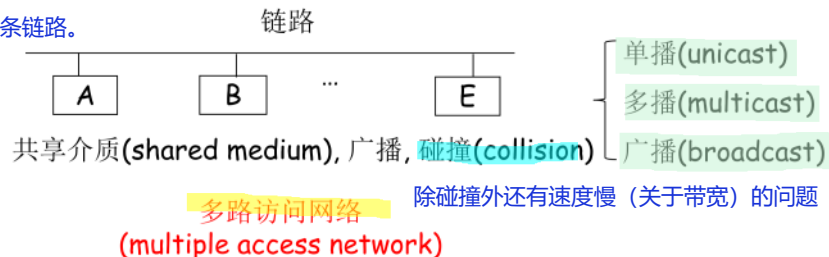
- ★ 半双工：在某一时刻,只允许数据在一个方向上传。e.g. 对讲机
- ★ 全双工：在同一时间可以同时接受和发送信息，实现双向通信。e.g.电话通信。

★ Also called 直连网

直接连接的网络



★ 这里的“点对点网络”是两两主机间各有一条。如100个主机： $100 \times 99 / 2 = 4950$ 条链路。



注：如果在多路网中，A→D，B→E，那么B\E也会看到A的包，但是由于地址不对，不会收。

对讲机

- ★ 全双工：在同一时间可以同时接受和发送信息，实现双向通信。e.g. 电话通信。
- ★ 单向：如电视。

★ 单播：一对一

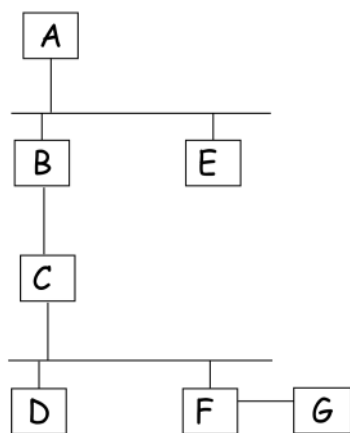
★ 多播：（也叫组播）一对多

★ 广播：一对所有

任意波(anycast)：谁都可以，只要有一个收到即可

因特网的构造形式就是这种。

间接连接的网络



有多少个直连网？ 4个

★ Q: 如何从A→G?

A: A → B → C → F → G

★ 存储转发：每个节点会根据目的地地址（G）查路由表，然后将包转给下一跳，之后就不管了。

包(packet) 以前也叫“分组”

存储转发(store-and-forward)

路由选择(routing)

路由表(routing table)

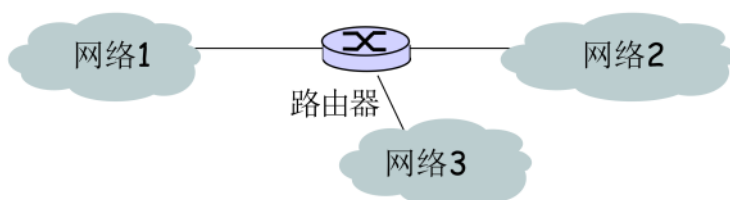
路由(route)

中间节点、路由器(router)

网络互连

互连网络(internetwork 或internet)是由用**路由器(或网关)**连接起来的网络构成的。因特网 (**Internet**) 是一种互连网络。

“**互连网络internetwork**”：把许多网络连接而成。



系统域网(System Area Network)
局域网(Local Area Network)
城域网(Metropolitan Area Network)
广域网(Wide Area Network)

- ★ 系统域网SAN: 系统域网比局域网小, 指的是主机和它的周边设备 (老师原话), 他还提到了蓝牙
- ★ 局域网LAN: **多路访问网络** (范围受限, 即比较小的范围如家里、实验室, 广播型)
- ★ 城域网MAN: 范围更大 (城市), 如有线电视
- ★ 广域网WAN: 如INTERNET

因特网的三个组成部分

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)

光纤: 基础设施都是共用的。

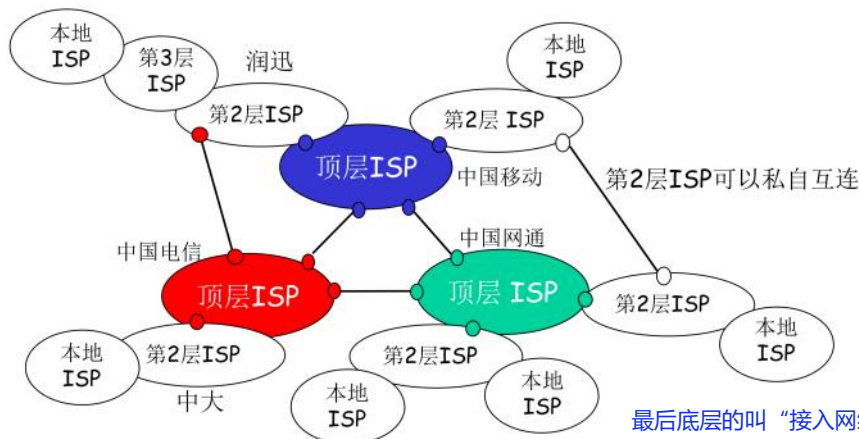
- **通信链路(communication link)**
 - ❖ 光纤, 铜线, 无线电, 卫星
 - ❖ 传输速率=带宽

- **路由器(router)**

连接多个网络来形成更大的网络



因特网的结构(1)



Network core

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。终端系统通过一个ISP网络(接入网络)连入互联网。

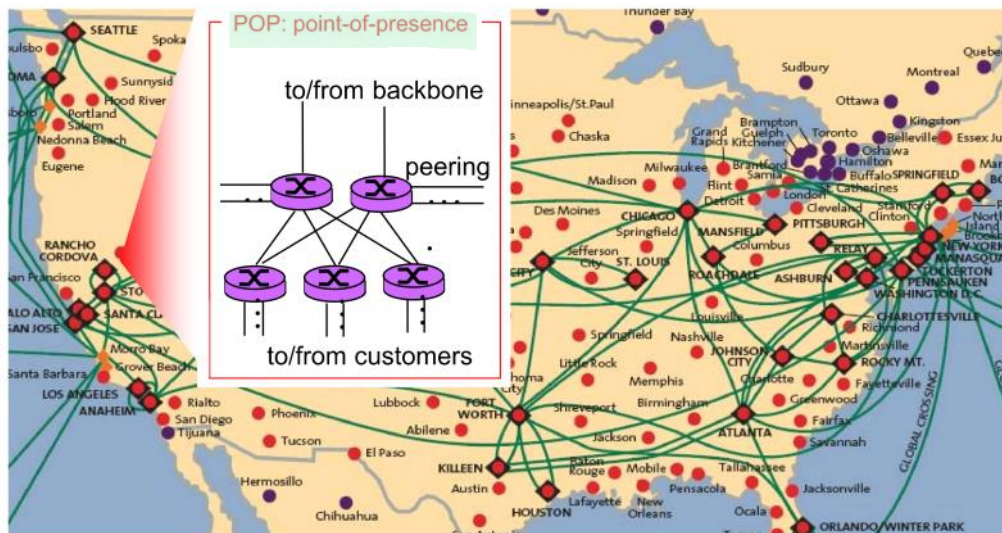
ISP (Internet Service Provider) -- 因特网服务提供商

ISP如中国移动、中国电信。

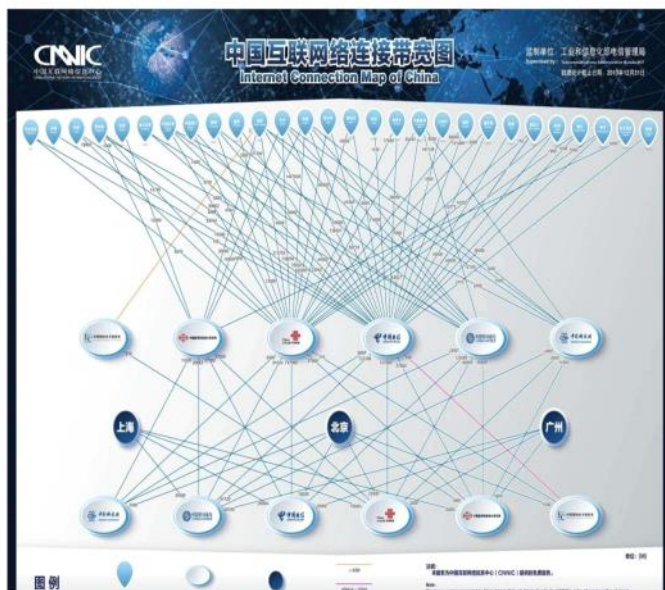
因特网的结构(2)

ISP-to-ISP connection point

出现点



因特网的结构(3)



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

这是带宽。

(在学校里面, 可以走不同的出口, 如老师和学生所走的出口不同。)

中国教育网

- 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

TCP

UDP

- **可靠的服务**: 文件传输, 浏览网页, 电子邮件, 电子商务
- **不可靠的服务**: 视频直播, IP电话, 网络会议
- **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**

QoS: Quality of Service

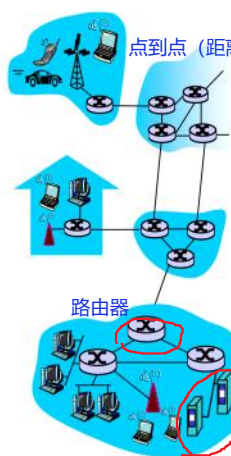
一般来说, 有确认是可靠的, 没确认是不可靠的。

★ Example:

- 面向连接: 电话
- 无连接: 电子邮件
- 有确认: 有签收的快递/挂号信
- 无确认: 普通邮件 (属于“尽力服务”, 无连接无确认, cause可以随便写地址交给邮局)
- 请求响应: 浏览网页
- 消息流: 电视 (连接上之后就不停传数据)

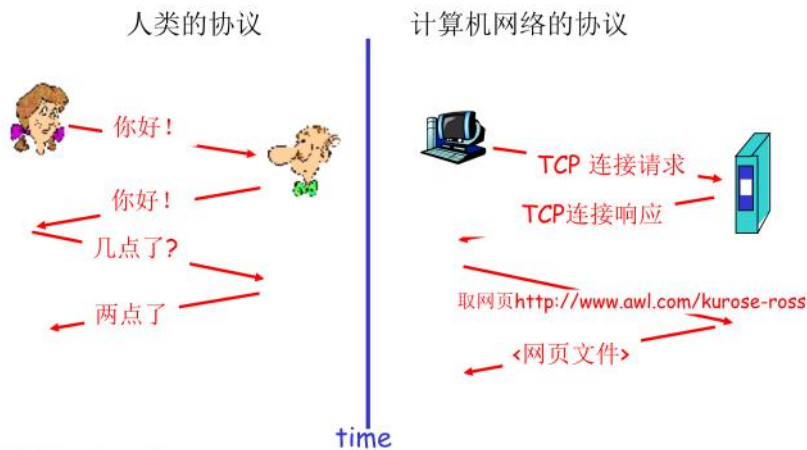
英文:

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



这是多路访问网络。

什么是协议?



协议(protocol)定义了在网络实体(entities)之间传送消息的规则, 例如, 协议可以约定消息的格式、发送和接收消息的次序。

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



每层的服务都可以使用更低层提供的服务来实现本层的功能。

分层: 高层依赖底层去实现, 否则没有底层, 高层没有意义。

这是分治思想的体现! (面向对象是模块化的体现)

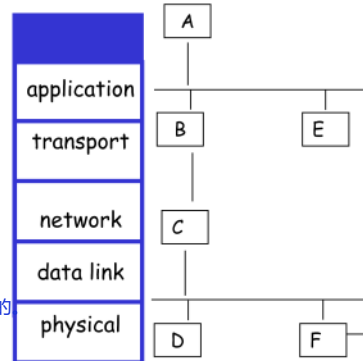


因特网体系结构

注意：是从下面开始数的！！

- 且通常将最下面的两层，即物理层和数据链路层进行合并，叫**物理网络层**。
- 总共有**4层**。
- 虽然因特网体系结构少了会话层和表示层，但是它们会在应用程序中实现。

- **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)
 - 注：这里的括号里面的是方便记忆的
 - ❖ PPP, Ethernet
- **物理层**：线上的比特(传送原始比特流)



注：

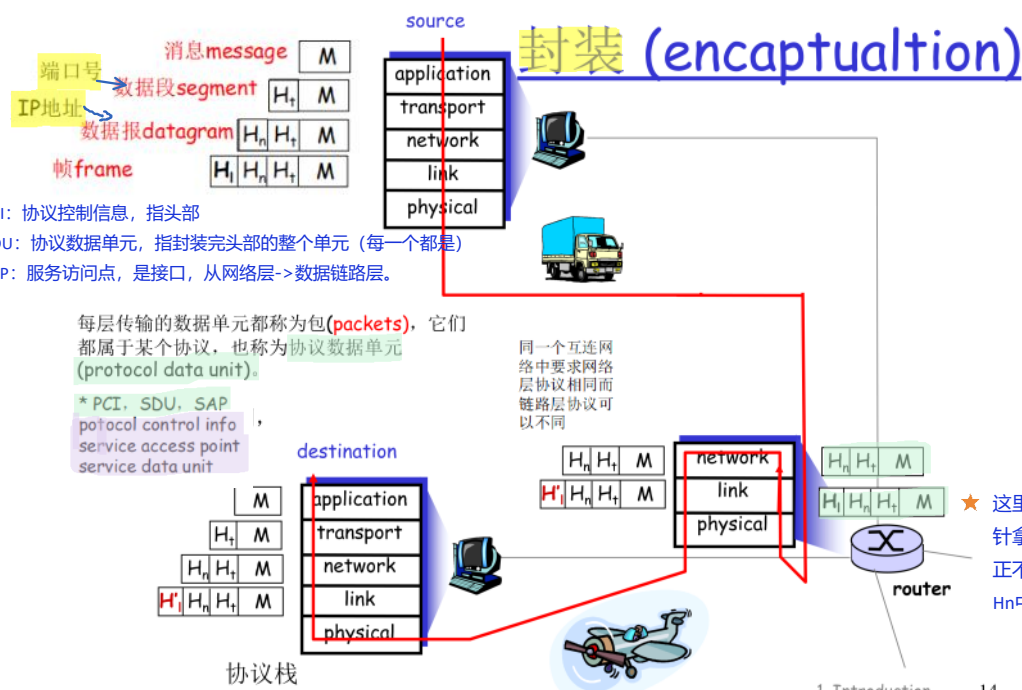
- 物理层：传送0,1比特流，传错不管
- 数据链路层（可缩写为link）：
 - 将数据分成包（在**多路访问**中会加上下一条的地址，如A->B的时候会加上B，且不管后面的跳，只关注此跳），E会监听到这个包，但在网卡阶段会因为地址不同而扔掉这个包。
- 网络层：中间节点查路由表，进行路由选择。
 - 注：网络层&数据链路层的区别：数据链路层实现了包从节点到节点的传输，网络层实现选择正确的路由来传输。
- 某些协议可以跨越两层结构，如以太网则跨越了link和physical。而ftp也要用到TCP。

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

点到点/跳到跳（数据链路层），主机到主机，端到端

封装的过程会不停加头部！！



PCI：协议控制信息，指头部

PDU：协议数据单元，指封装完头部的整个单元（每一个都是）

SAP：服务访问点，是接口，从网络层->数据链路层。

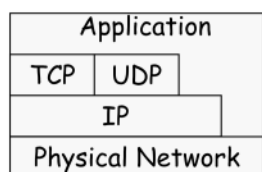
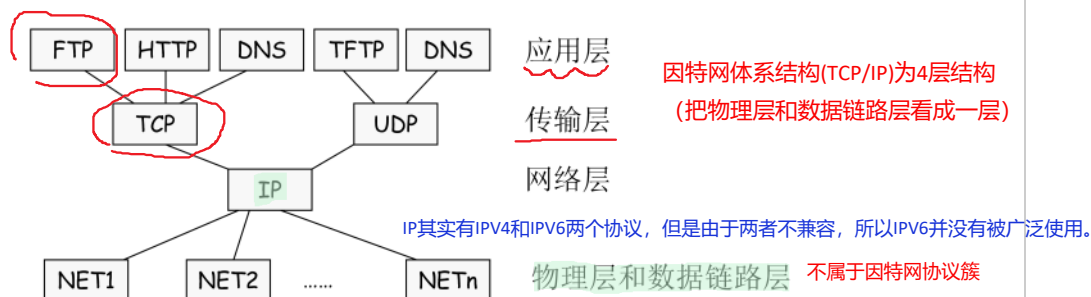
每层传输的数据单元都称为包(packets)，它们都属于某个协议，也称为协议数据单元(protocol data unit)。

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

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

- ★ 这里到达路由器后，会解封装，即去除头部指针拿出来看看有没有错，如果有错就纠正，纠正不了就直接扔掉。
Hn中有目的地的IP地址，是用来查路由表的。

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

注：其实application也可以直接用physical实现，但是没有必要。（太麻烦）

我们所讲的“网络分层概念”是指osi模型，而不是前面的“因特网体系结构”。

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。实现会话机制。
- 因特网没有这两层，如果需要，可以在应用程序中实现。

注：这里的“数据流同步”指的是如视频时的视频流和音频流同步。



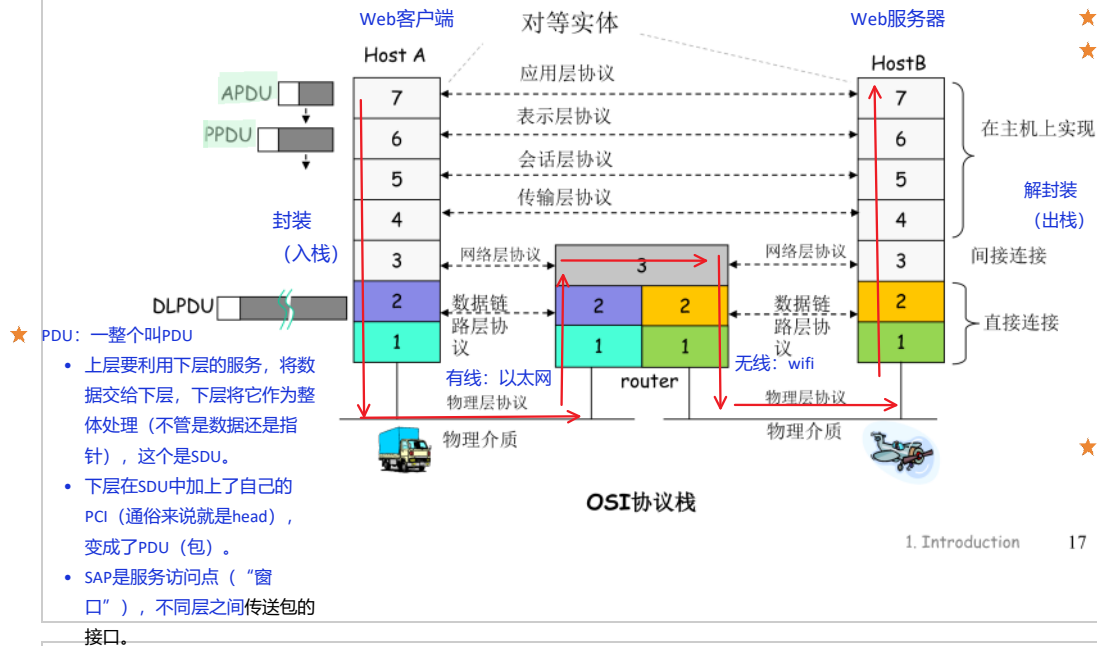
7层

这是各大公司共用的模型。

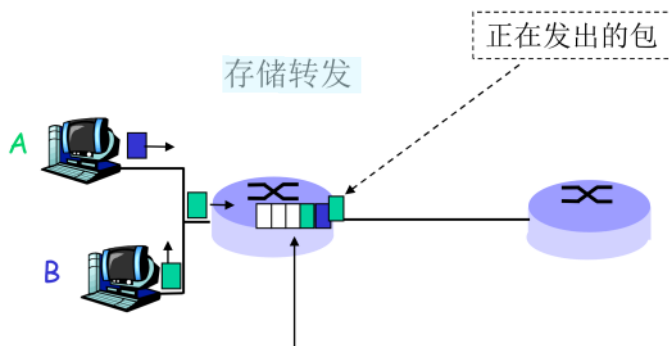
ISO — 国际标准化组织(International Organization for Standardization)

OSI — 开放系统互连(Open System Interconnection)

对等实体 (Peer Entity)



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

Q: 为什么不用一个大硬盘来构造排队序列而不用丢包呢?

A: 因为这样大大增大了延迟, 而延迟增加就没有意义了。(重传更快)

有很多这种类型的题。

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

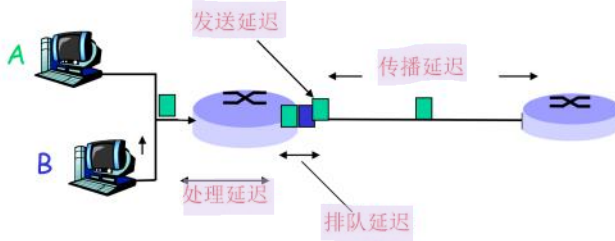
Bit per second

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)

有线: 电信号 (速度接近光速)

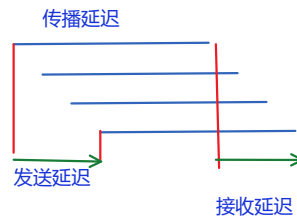
无线: 电磁波



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



通常处理延迟和排队延迟会被忽略。(除非题目给出具体数值) 所以延迟=发送延迟+传播延迟=传播延迟+接收延迟

往返时间

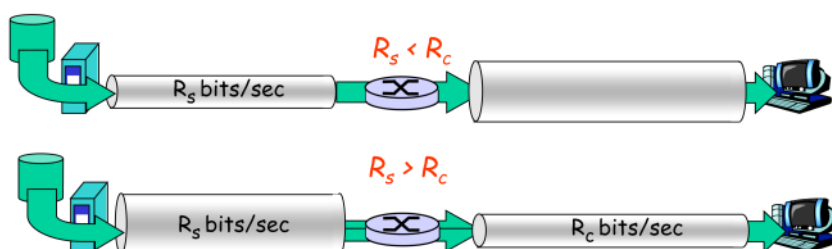
- 从源主机到目的主机再返回源主机所花的时间称为往返时间(round trip time, **RTT**)。



带宽与吞吐量

- **吞吐量(throughput)**: 发送者和接收者之间的数据传送速率(bits per second, **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
- **带宽(bandwidth)**为一条链路可达到的最大传输速率(**bps**)。

下面两种情况的端到端的平均吞吐量是多少？ 应该是最大的平均吞吐率



都是取小的!!!

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