

第 1 章 计算机网络概述

课程名称: 计算机网络

主讲教师: 朱怡安

课程代码: U10M11016.02 第3次课

E-MAIL: zhuya@nwpu. edu. cn

2021 - 2022 学年第一学期

因特网(互联网)的组成

从因特网的工作方式上看,可以划分为两大块:

- 边缘部分: 由所有连接在因特网上的主机组成。这部分是用户直接 使用的,它用来进行通信(传送数据、音频或视频)和资源共享。
- 核心部分:由大量网络和连接这些网络的路由器组成。这部分是为 边缘部分提供服务的(提供连通性和交换)。

因特网的组成 因特网的边缘部分 路由器 主机 网络 因特网的核心部分 23

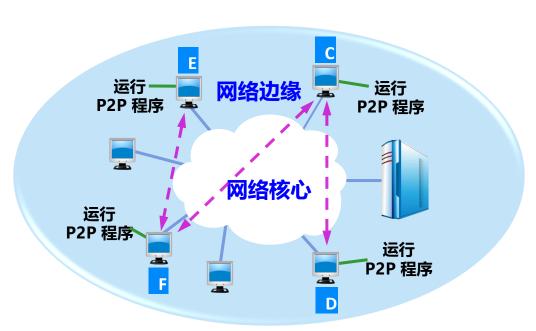
端系统之间的两种通信方式

端系统之间的通信方式通常可划分为两大类:

客户—服务器方式 (C/S方式) 即 Client/Server 方式, 简称为 C/S 方式。 对等方式 (P2P方式) 即 Peer-to-Peer 方式, 简称为 P2P 方式。

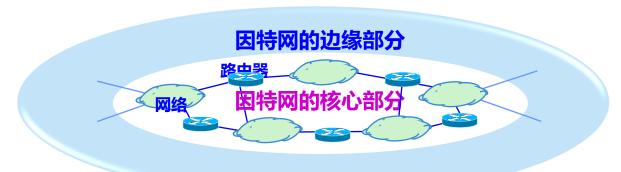


客户 A 向服务器 B 发出请求服务,服务器 B 向客户 A 提供服务



因特网的核心部分

- 网络核心部分是因特网中最复杂的部分。
- 网络中的核心部分要向网络边缘中的大量主机提供连通性,使边缘部分中的任何一个主机都能够向其他主机通信(即传送或接收各种形式的数据)。
- 在网络核心部分起特殊作用的是路由器 (router)。
- 路由器是实现分组交换 (packet switching) 的关键构件,其任务是 转发收到的分组,这是网络核心部分最重要的功能。

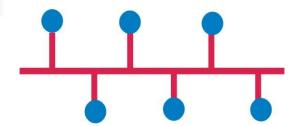


- 在网络核心部分起特殊作用的是路由器 (router)。
- 路由器是实现分组交换 (packet switching) 的关键 构件,其任务是转发收到的分组,这是网络核心部分 最重要的功能。

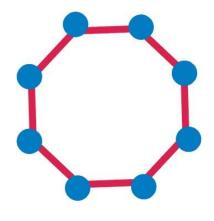
分组转发是网 络核心部分最 重要的功能。



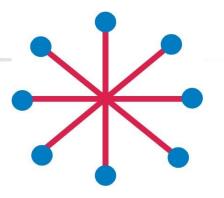
按拓扑结构分类



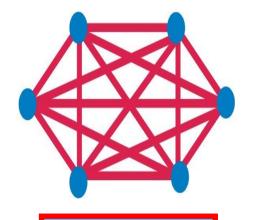
总线型



环 型



星 型



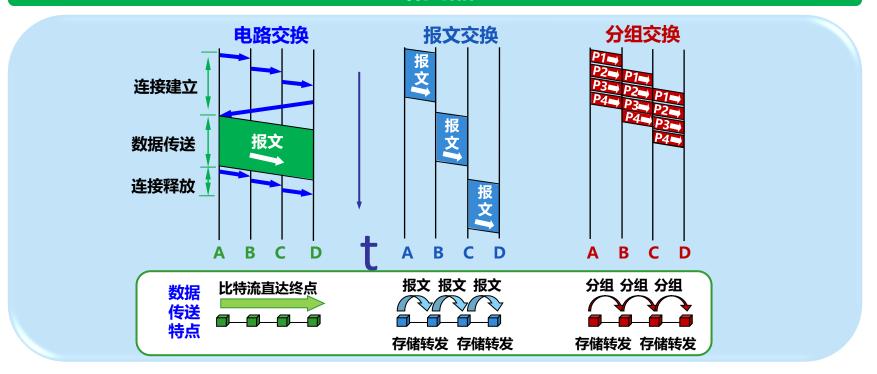
网状

计算机网络的分类

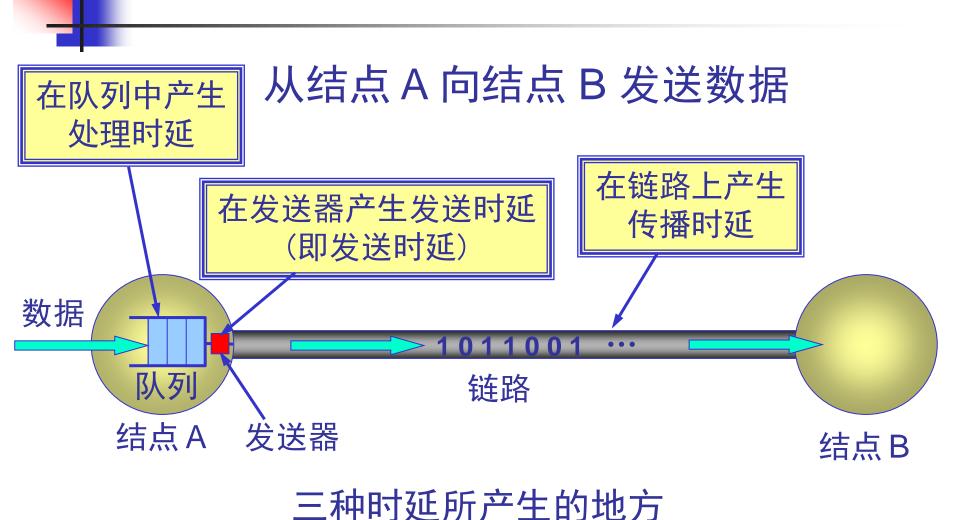
按数据交换技术分类

- 电路父换
- 报文交换
- 分组交换(数据报+虚电路)
- 信元交换
- 信元交换又叫异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode,ATM),是一种 面向连接的快速分组交换技术,它是通过建立虚电路来进行数据传输的。
- ATM采用固定长度的信元作为数据传送的基本单位,信元长度为53字节,其中信元头尾5字节,数据为48字节。
- 长度固定的信元可以使ATM交换机的功能尽量简化,只用硬件电路就可以对信 元头中的虚电路表示进行识别,因此缩短了每个信元的处理时间。

路由器



时延(delay 或 latency)





■ 电磁波在自由空间传播速率: 3.0×10⁵km/s

铜线电缆中传播速率: 2.3×10⁵km/s

光纤中传播速率: 2.0×10⁵km/s

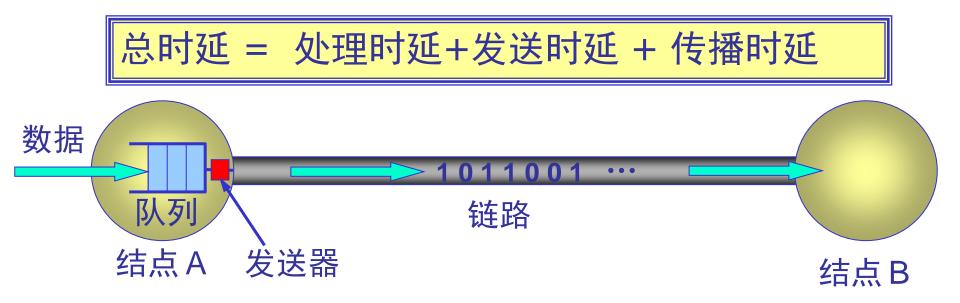
发送时延 = 数据块长度(比特)

发送速率(比特/秒)

传播时延 = <u>信道长度(米)</u> 信号在信道上的传播速率(米/秒)

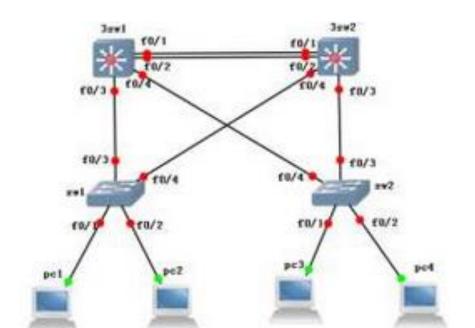
5.2 时延(delay 或 latency)

数据经历的总时延就是发送时延、传播时延和处理时延之和:



5. 计算机网络的几个重要概念

如何计算一条数字线路上数字数据比特位个数?



5.3 时延带宽积

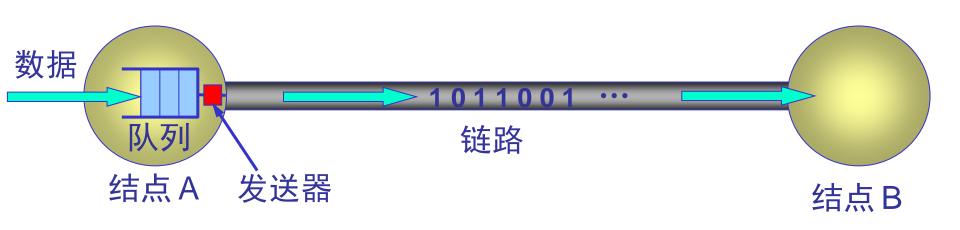


- 举例:某信道传播延迟为20ms,带宽为10Mb/s,则时延带宽积= $20 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^6 = 2 \times 10^5$ bit,说明若发送端连续发送数据,在发送第一个比特到达终点时,发送端已经发送了20万比特数据。
- 链路的时延带宽积又称为以比特为单位的链路长度。



5. 4 往返时延 RTT

- 往返时延 RTT (Round-Trip Time)
 - 表示从发送端发送数据开始,到发送端收到来自接收端的确认(接收端收到数据后立即发送确认),总共经历的时延。



如果线路速率不对称,如何得到各自双向正确速率?

5. 计算机网络的几个重要概念

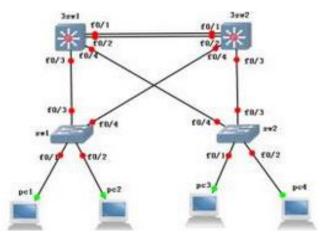
你觉得线路时延与线路 利用率之间有关系吗? (网络延迟与网络利用 率之间关系?)

5.5 利用率

- 4
 - 线路利用率:线路被占用时间比率。
 - 某线路有百分之几的时间是被利用(有数据通过)。

信道利用率:

有数据通过时间 (有十无)数据通过时间



- 结论
 - 完全空闲的线路的利用率是零。
 - 网络利用率指网络中所有线路利用率的(加权)平均值。

线路利用率是不是越高越好? 网络利用率是不是越高越好?



时延与网络利用率的关系

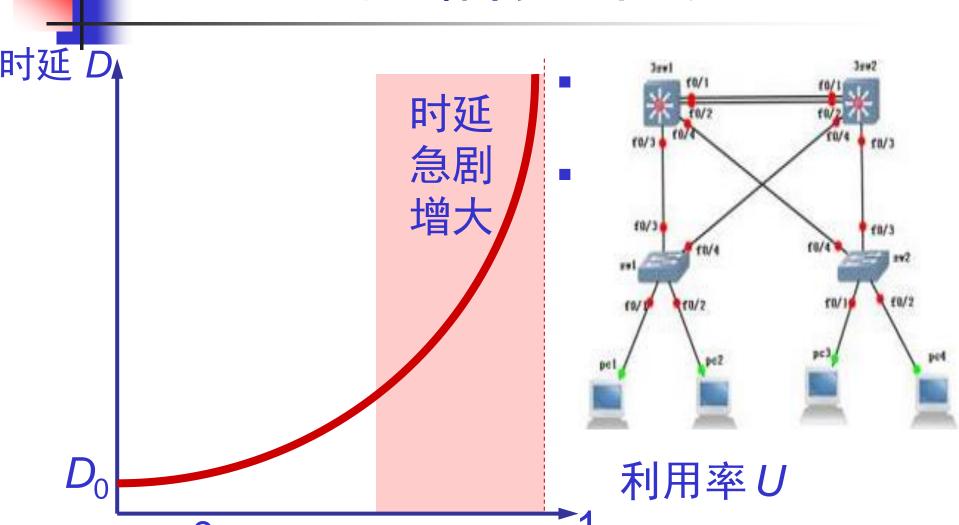
若令 D₀ 表示网络空闲时的时延, D 表示网络当前的时延,则在适当的假定条件下,可以用下面的简单公式(根据排队论的理论)表示 D 和 D₀之间的关系:

$$D = \frac{D_0}{1 - U}$$

U是网络的利用率,数值在0到1之间。

结论: 当信道的利用率增大时,引起的网络时延也就迅速增加。

时延与网络利用率的关系



计算机网络的非性能特征

- 费用: 网络的价格(包括设计和实现的费用)总是必须考虑的,因为网络的性能与其价格密切相关。一般说来,网络的速率越高,其价格也越高。
- 标准化: 网络的硬件和软件的设计既可以按照通用的国际标准,也可以遵循特定的专用网络标准。最好采用国际标准的设计,这样可以得到更好的互操作性,更易于升级换代和维修,也更容易得到技术上的支持。
- 可靠性:可靠性与网络的质量和性能都有密切关系。速率更高的网络的可靠性不一定会更差。 但速率更高的网络要可靠地运行,则往往更加困难,同时所需的费用也会较高。
- 可扩展性和可升级性:在构造网络时就应当考虑到今后可能会需要扩展(即规模扩大)和升级(即性能和版本的提高)。网络的性能越高,其扩展费用往往也越高,难度也会相应增加。
- 易于管理和维护: 网络如果没有良好的管理和维护, 就很难达到和保持所设计的性能。

吞吐量

- 吞吐量 (throughput) 表示在单位时间内通过某个网络(或信道、接口)的数据量。
- 吞吐量更经常地用于对现实世界中的网络的一种测量,以便知道实际 上到底有多少数据量能够通过网络。
- 吞吐量受网络的带宽或网络的额定速率的限制。

- 时延 (delay 或 latency) 是指数据 (一个报文或分组,甚至比特) 从网络 (或链路)的一端传送到另一端所需的时间。
- 有时也称为延迟或迟延。
- 网络中的时延由以下几个不同的部分组成:
 - ① 发送时延
 - ② 传播时延
 - ③ 处理时延
 - 4 排队时延

- ① 发送时延
 - 也称为传输时延。
 - 发送数据时,数据帧从结点进入到传输媒体所需要的时间。
 - 也就是从发送数据帧的第一个比特算起,到该帧的最后一个比特 发送完毕所需的时间。

 数据帧长度 (bit)

 发送速率 (bit/s)

- ② 传播时延
 - 电磁波在信道中需要传播一定的距离而花费的时间。
 - 发送时延与传播时延有本质上的不同。
 - 信号发送速率和信号在信道上的传播速率是完全不同的概念。

传播时延 =

信道长度(米)

信号在信道上的传播速率 (米/秒)

- ③ 处理时延
 - 主机或路由器在收到分组时,为处理分组(例如分析首部、提取数据、差错检验或查找路由)所花费的时间。
- 4 排队时延
 - 分组在路由器输入输出队列中排队等待处理所经历的时延。
 - 排队时延的长短往往取决于网络中当时的通信量。

数据在网络中经历的 总时延就是发送时延 、传播时延、处理时 延和排队时延之和。

总时延 = 发送时延

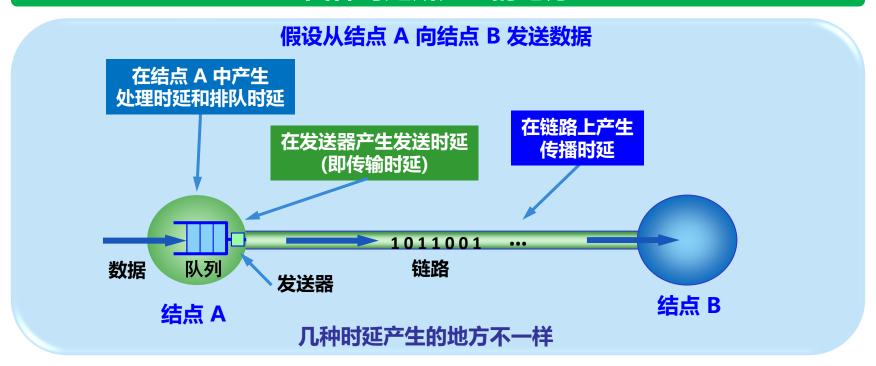
+ 传播时延

+ 处理时延

+ 排队时延

必须指出,在总时延中,究竟是哪一种时 延占主导地位,必须具体分析。

四种时延所产生的地方



本节课程位置

1. 概述

2. 物理层

3. 数据链路层

4. 局域网

5. 网络层

6. 传输层

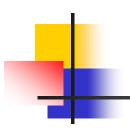
7. 应用层

8. 广域网

9. 网络新技术



计算机网络体系结构



内容提要

- 计算机网络体系结构
 - ISO/0SI参考模型
 - TCP/IP参考模型
 - 五层网络体系结构
- 网络标准化组织

什么是计算机网络体系结构?

计算机网络体系结构

- 计算机网络体系结构是一种关于计算机网络基础架构的描述和规定,它包括硬件、功能层、接口和协议,用于建立通信,并确保信息的可靠传递。
- 计算机网络体系结构是从体系的角度来研究和设计计算机网络,其核心是计算机网络系统的逻辑结构和功能分配定义,即描述不同计算机系统之间互连通信的方法和结构,是层和协议的集合。

计算机网络体系结构

- 计算机网络体系结构就是为了完成计算机间的通信合作,把每个计算机 互连的功能划分成定义明确的层次,规定了同层次进程通信的协议及相 邻层之间的接口和服务。将这样的层次结构模型和通信协议统称为网络 体系结构。
- 计算机网络体系结构是计算机网络的层次及其协议的集合。具体而言是 关于计算机网络应设置哪几层,每层应提供哪些功能的精确定义。至于 这些功能应如何实现,则不属于计算机网络体系结构部分。 包括: 各层 和协议集合。是计算机网络及其部件所应完成的功能的精确定义。 功能的实现:

是遵循体系结构的实现(implementation)的问题。体系结构是抽象的,实现则是具体的。是真正在运行的计算机硬件和软件。

为了能够更清楚地理解计算机网络体系结构与协议,先分析一下实 L 际生活中的邮政系统。

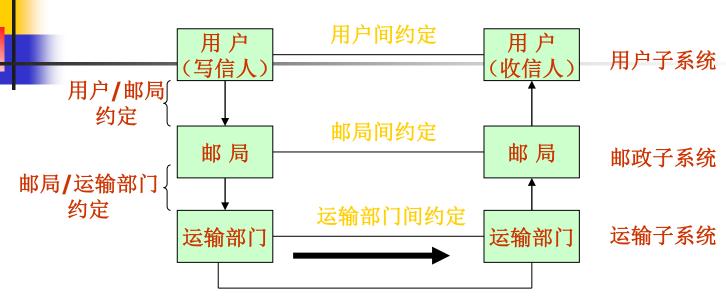


图1 邮政部门分层模型

用户和用户(写信人和收信人)之间都有个约定:信件的格式和内容。一般必须采用 双方都懂得的语言文字和文体,开头称谓,最后落款等。

寄信人和邮局之间也要有约定:规定信封的写法并贴邮票。

邮局和运输部门之间也有约定:到站地点、时间、包裹形式等。

邮政系统可分为三层,而且上下层之间,同一层之间均有协定,亦即协议。

层次结构

人类思维能力不是无限的,如果同时面临的因素太多,就不可能做出精确的思维。处理复杂问题的一个有效方法,就是用抽象和层次的方式去构造和分析。对于计算机网络这类复杂的大系统,亦可将其抽象为若干层

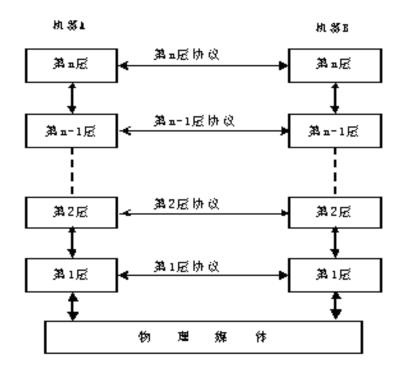


图2 层次结构

4

我们对计算机网络体系结构是如何理解的?

计算机网络体系结构

- 计算机网络体系结构是计算机网络的逻辑结构和功能 分配定义,是一个抽象的概念。
- 为了完成计算机间的通信合作,把每个计算机互连的功能划分成定义明确的层次,并规定不同层次进程通信的协议及相邻层之间的接口和服务。这样的层次结构模型和通信协议统称为计算机网络体系结构。

计算机网络采用层次结构的优点:

(1) 各层之间相互独立,高层不需要知道低层是如何实现的,而仅知道该层通过层间的接口所提供的服务。

由于每一层只实现一种相对独立的功能,因而可将一个难以处理的复杂问题分解为若干个较容易处理的更小一些的问题。这样,整个问题的复杂程度就下降了。

(2) 灵活性好。某层的改变(例如由于技术的变化) , 只要层间接口不变,则不影响上下层。

此外,对某一层提供的服务还可进行修改。当某层提供的服务不再需要时,甚至可以将这层取消。

- (3) 结构上可分割开,各层都可以采用最合适的技术来实现。
- (4) 这种结构使得系统的实现、调试和维护变得容易控制。
- (5) 这有利于促进标准化工作。

因为每一层的功能及其所提供的服务都已有了精确的说明。

注意:层数多少要适当

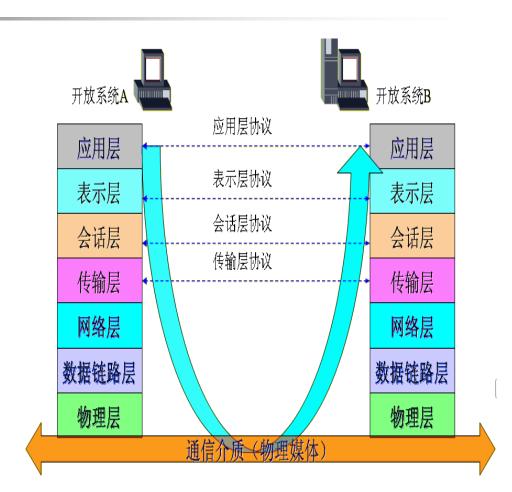
若层数太少,每一层的协议仍旧复杂。

若层数太多,系统集成复杂,有些层难适应实际需求(空、重复)。



1. 计算机网络的体系结构

- 计算机网络的体系结构 (architecture)
 - 层次划分与各层协议的 集合。
 - 是一个抽象的概念。
- 实体(entity)
 - 具有发送或接收数据的 硬件或软件进程。
 - 每一层实现可以看作一个实体。
 - 对等实体: 同层的实体



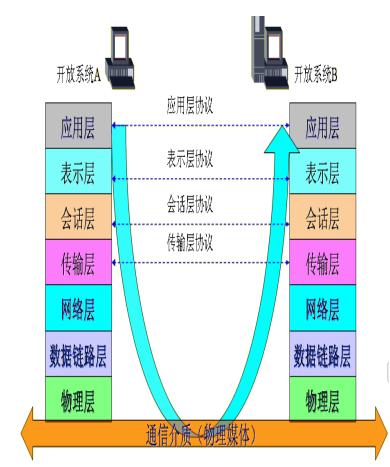
1. 计算机网络的体系结构

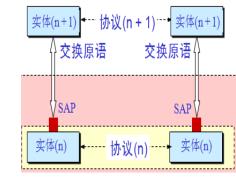
- 网络协议
 - 两个实体间控制数据交换的规则集合
 - 下层向上一层提供服务。
- 网络协议三要素

语法:报文(控制信息、数据)结构(或格式)。规定通信双方"如何讲",即确定协议元素的格式。

语义:报文(控制信息)含义,发出的控制信息,完成什么功能以及对方做出何种响应。规定通信双方"讲什么",即确定协议元素的类型。

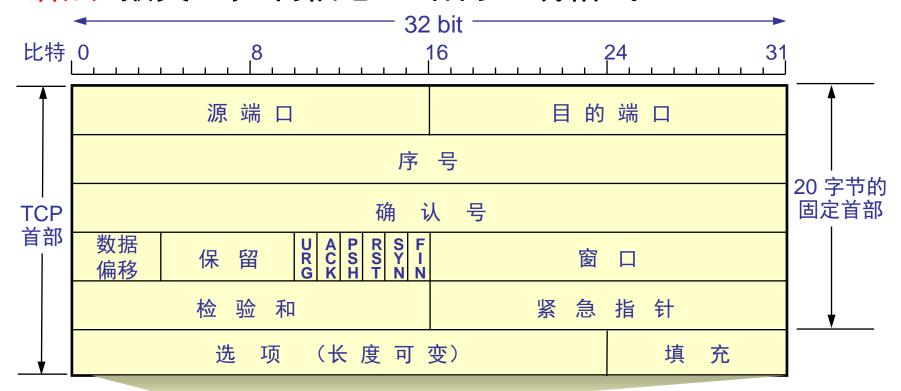
同步:不同类型报文(控制信息)发送时序关系。包括速度匹配、排序和拥塞控制等,即有关事件实现顺序的详细说明。





网络协议三要素(1)

语法:报文(控制信息)结构(或格式)



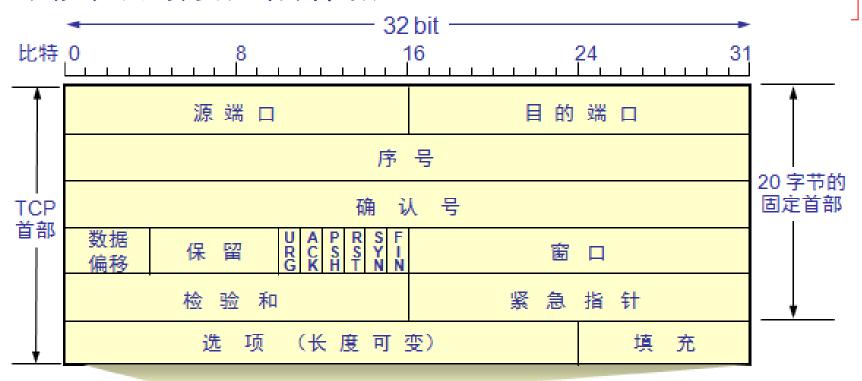
TCP 报文段

TCP 首部

TCP 数据部分

网络协议三要素(1)

■ 语义:数据(控制信息)含义,发出的控制信息,完成什么功能以及对方做出何种响应。

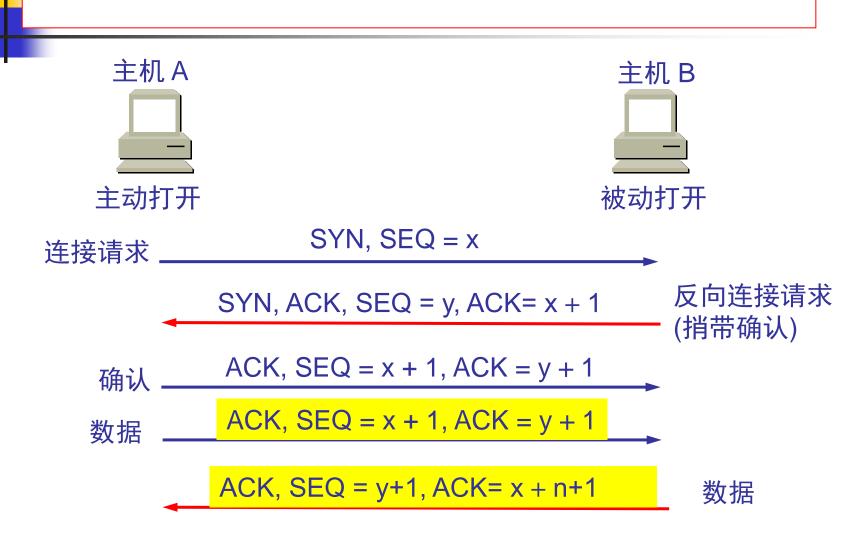


TCP报文段 TCP 数据部分

URG表示Urgent Pointer字段有意义, ACK表示Acknowledgment Number字段有意义 PSH表示Push功能, RST表示复位TCP连接, SYN表示SYN报文(在建立TCP连接的时候使用) FIN表示没有数据需要发送了(在关闭TCP连接的时候使用)

网络协议三要素(1)

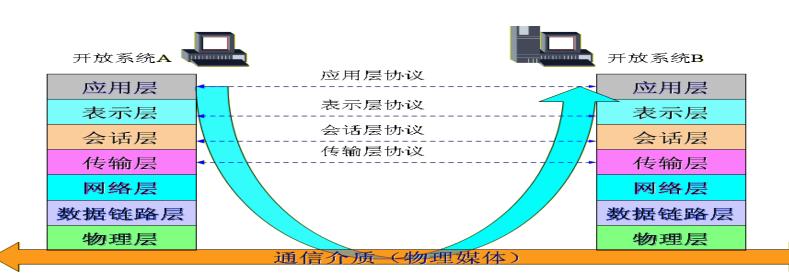
■ 同步:不同类型数据(控制信息)发送时序关系



在设计网络通信协议时需要考虑哪些问题?

网络协议复杂性

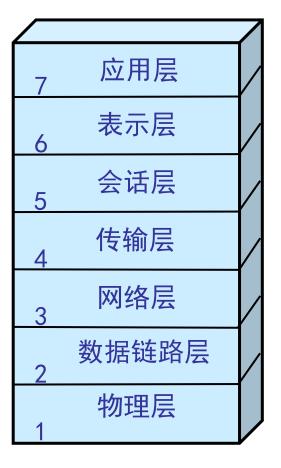
- 可扩展性(保留位),时序关系合理性(有限自动机)
- 协议必须把所有异常事件先估计到,而不能假定一切都是正常的和非常理想。
- 结论:一个计算机网络协议是否正确,不能光看在正常情况下是否正确,而且还要看协议能否应付各种异常情况。





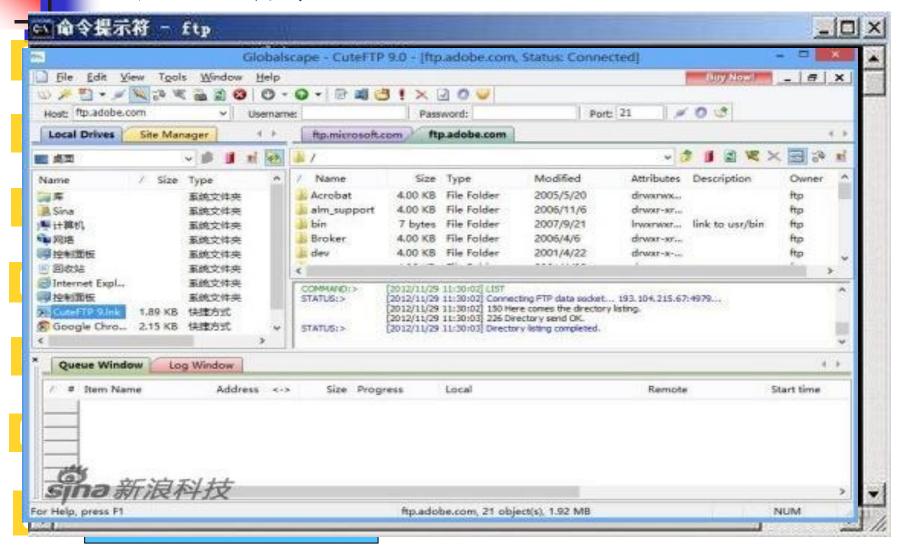
你认为目前世界上计算 机网络体系结构应该是 什么?





- 2.1 OSI模型分层原则
 - 按照需求划分层: 当需要一个实体 时创建一层。
 - 每一层都有明确的功能定义。
 - 选择层边界时,应使跨层的信息流 尽可能最小。
 - 层数适当:以保证不同的功能在不同层,同时层数也不能太多,避免 集成复杂。
 - 网络节点:端节点+网络交换节点

应用层



表示层

7

应用层

6

表示层

5

会话层

4

传输层

3

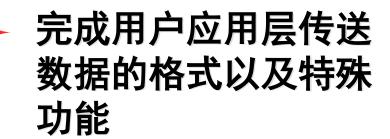
网络层

2

数据链路层

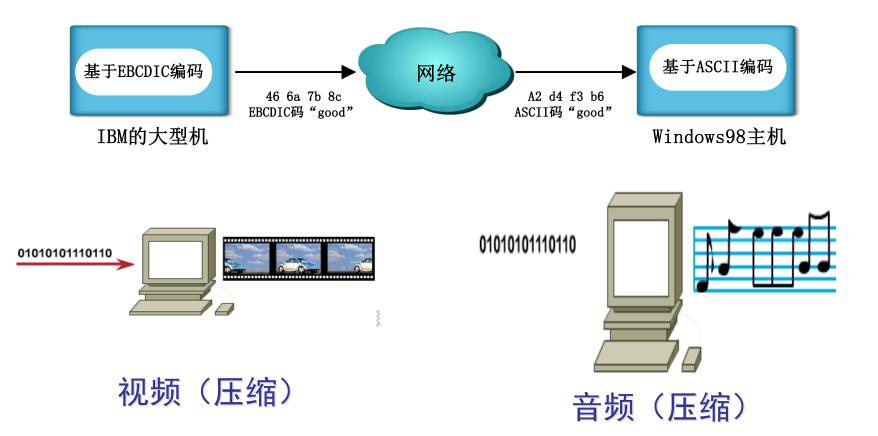
1

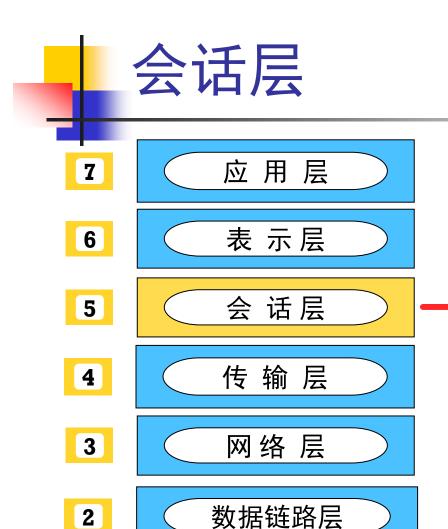
物理层



- 格式化数据
- 数据压缩/解压缩
- 数据加密/解密

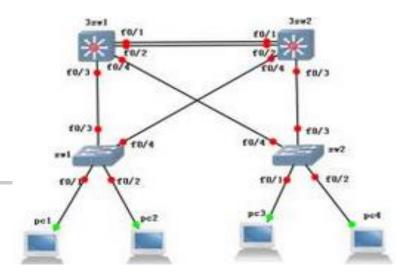
表示层数据格式的转换





物理

۱۱۰



■ 建立,维护和管理会话

- 通信协商:存在性,身份验证,通信参数协商。
- 会话同步:利用同步点解决 大文件传输。



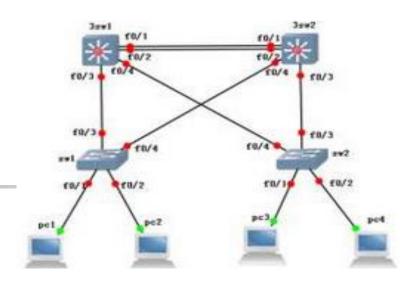
7 应用层

6 表示层

5 会 话层

3 网络层

2 数据链路层



- 不同主机用户进程之间 通信。
- 提供可靠/不可靠的端 到端通信
- 保证数据按序、可靠传输。
 - 差错控制
 - 流量控制
 - 拥塞控制

网络层

7 应用层

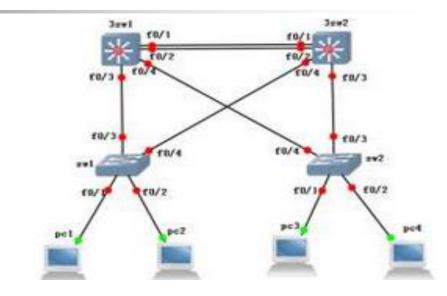
6 表示层

4 传输层

3 网络层

2 数据链路层

1 物理层



→ 不同主机之间通信

- 建立路由表: 寻找路由
- 选择路由(多条)
- 拥塞控制
- 异构网络互连



数据链路层

7

应用层

6

表示层

5

会话层

4

传输层

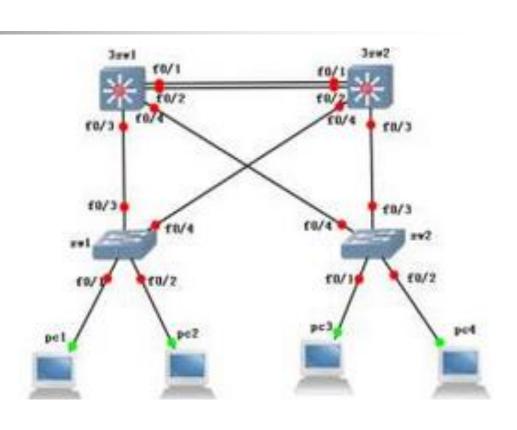
3

网络层

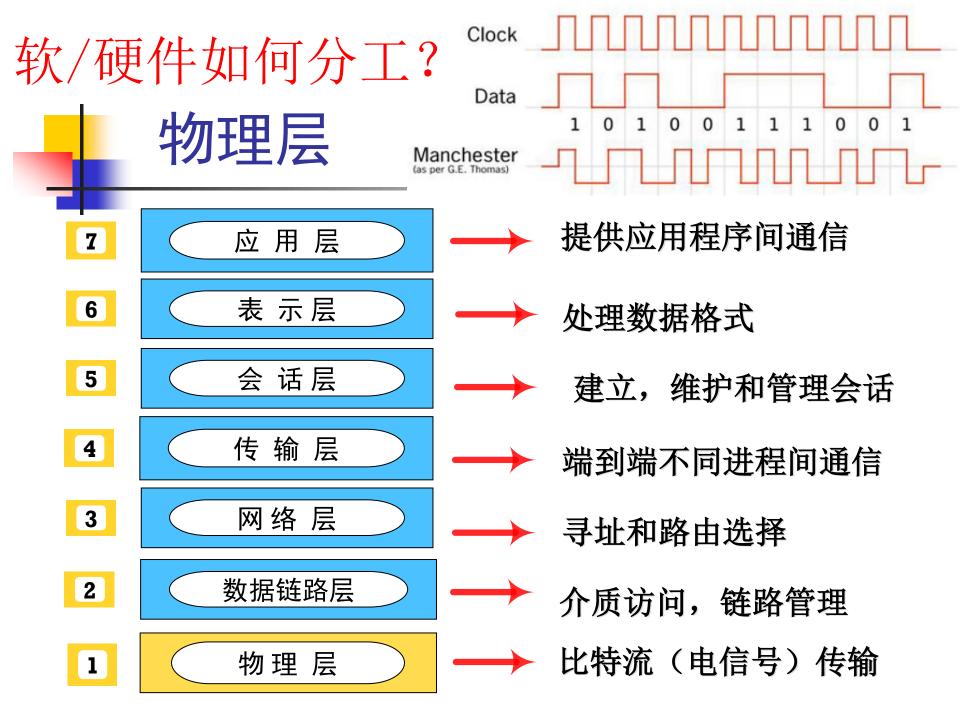
2

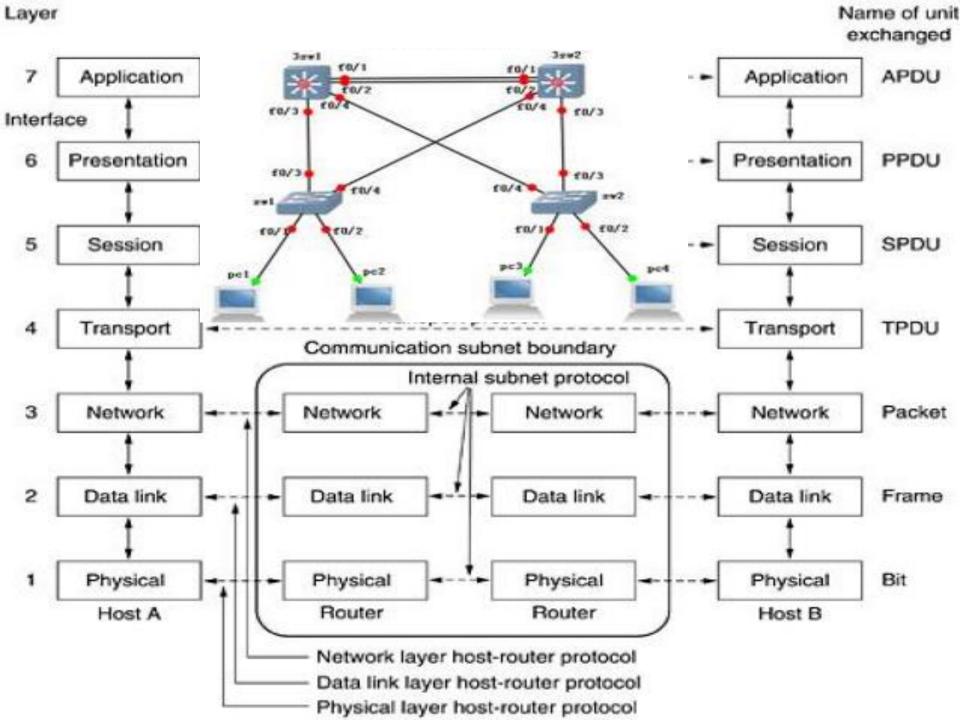
数据链路层

1 物理层



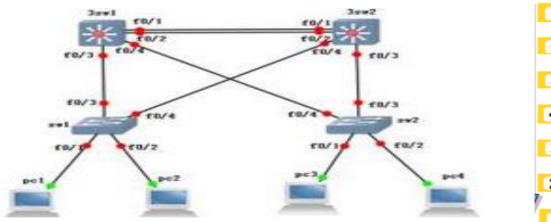
将不可靠的物理链路转 变为可靠的数据链路





注意-1

- 数据链路层(包括)以下为点到点之间的通信提供服务-相邻节点之间通信
- 网络层(包括)以上为端到端系统提供服务
 - 网络层提供主机到主机之间通信;
 - 传输层提供进程到进程之间通信;
 - 端系统含所有七层功能,网络交换设备最高一般工作在网络层。



7 应用层

6 (表示层)

5 (会话层)

4 传输层

3 网络层

2 数据链路层

1 物理层

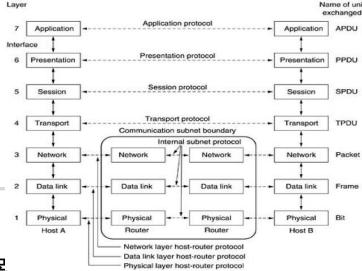
注意-2

- ▪网络互联设备
 - 物理层互连设备:中继器、集线器。
 - 二层互连设备: 网桥、二层交换机;
 - 三层互连设备:三层交换机、路由器





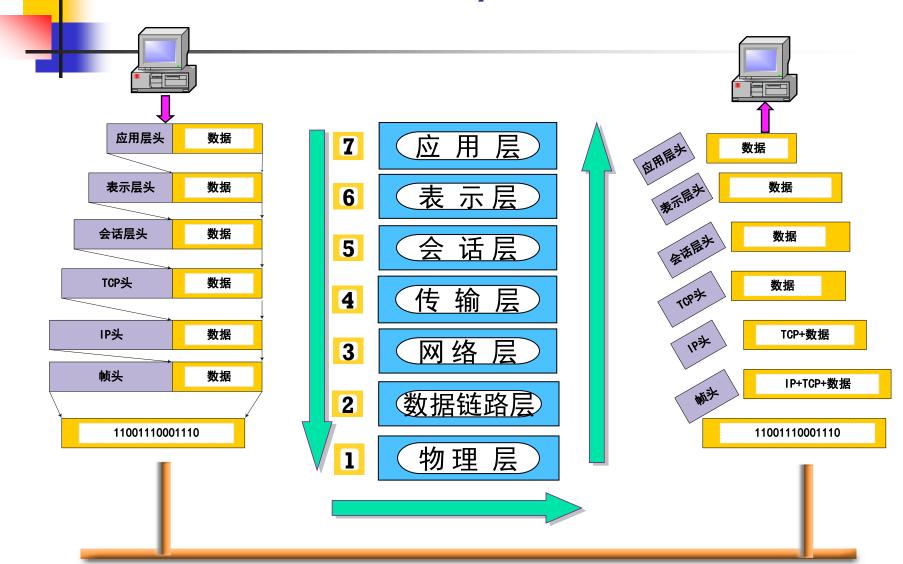




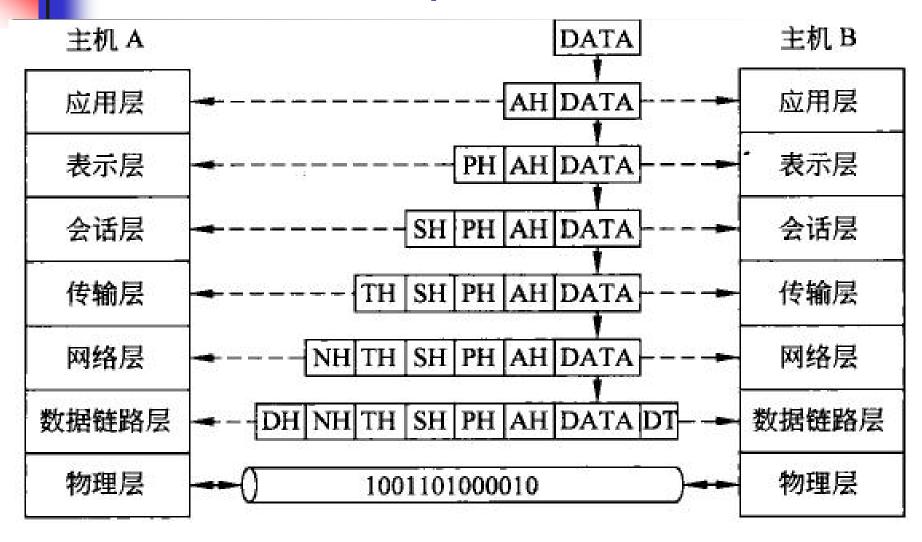


问题5:网络中计算机是如何发送和接收数据?

2.2 数据封装/解封



2.2 数据封装/解封

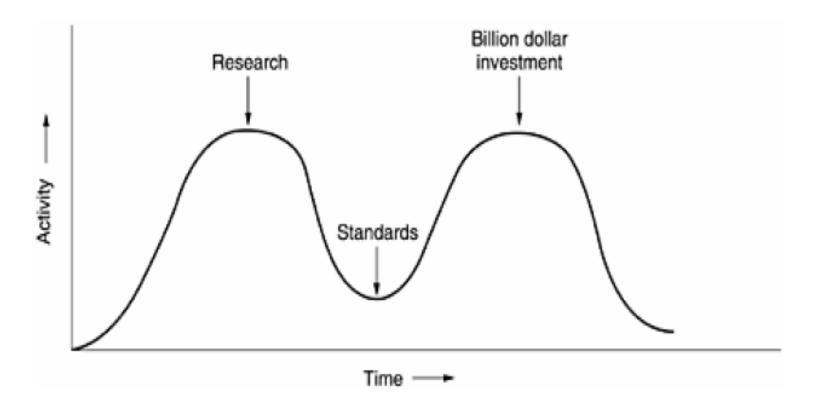


2. 开放系统互连参考模型OSI/RM

- 作用: 网络互连
 - 网络节点(计算机,网络交换设备)只要遵循0SI标准, 就可以和位于世界上任何地方、遵循同一标准的其他任何 网络系统互连并通信。
- 仅仅是法律上国际标准
 - 0SI 模型复杂,难实现(层数多),运行效率低;
 - OSI的专家们在完成OSI/RM时没有商业驱动力;
 - 0SI的层次划分不太合理: (1) 有些功能在多个层次中重复出现(2) 有些层在实际中没有使用。
 - OSI/RM制定周期太长,按OSI/RM生产的设备无法及时进入 市场;

2. 开放系统互连参考模型0SI/RM

■糟糕的时机(麻省"两头大象的启示")





■结束