

21世纪特征, 数字化, 网络化, 信息化
三网融合

网络的基础知识

一. 计算机网络的组成

- 终端：哑终端、智能终端、PC 等
- 节点设备：交换机、路由器、防火墙、IDS、IPS 等
- 传输线路：有线、无线

— 特性 — 连通性 — 信息、软件、硬件

IPS: 入侵检测系统

IPS: 入侵防御系统

二. 计算机网络的发展

- 计算机网络——冷战的产物
- 计算机网络是通信技术与计算机技术密切结合的产物。
- 这两种技术既相互渗透又密切结合主要体现在两个方面：
 - a. 通信技术为多台计算机之间进行信息传输和交换提供了必要的手段；
 - b. 计算机技术应用于各个通信领域，极大地提高了通信系统的各项性能。
- 计算机网络已经历了由单一网络向互联网发展的过程。

组成

硬件
软件
协议

互联网组成

边缘部分
核心部分

应用层
网络层

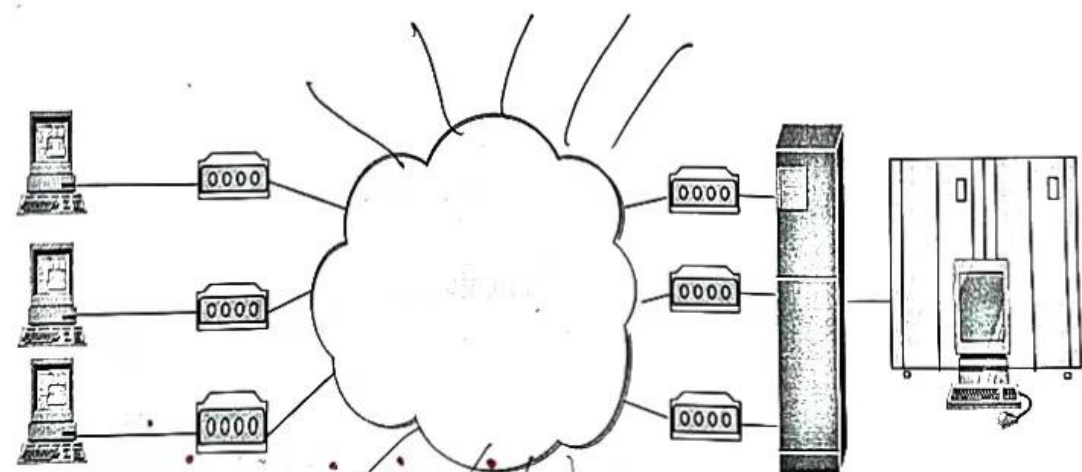
1. 计算机网络的发展过程

计算机问世之初，因数量少、价格贵、设置集中、使用不便。用户在终端上输入数据通过线路送往远地计算机，是计算机与通信相结合的开始。（所以最早的出现网络是广域网）

2. 计算机网络的发展过程分 3 个阶段

(1) 第 1 阶段：自计算机问世以来，为了提高资源利用率，曾采用批处理的工作方式。为适应终端与计算机的连接，出现了多重线路控制器。以单个计算机为中心的远程联机系统，称为面向终端的计算机通信网络。

采用多重线路控制器的计算机网络



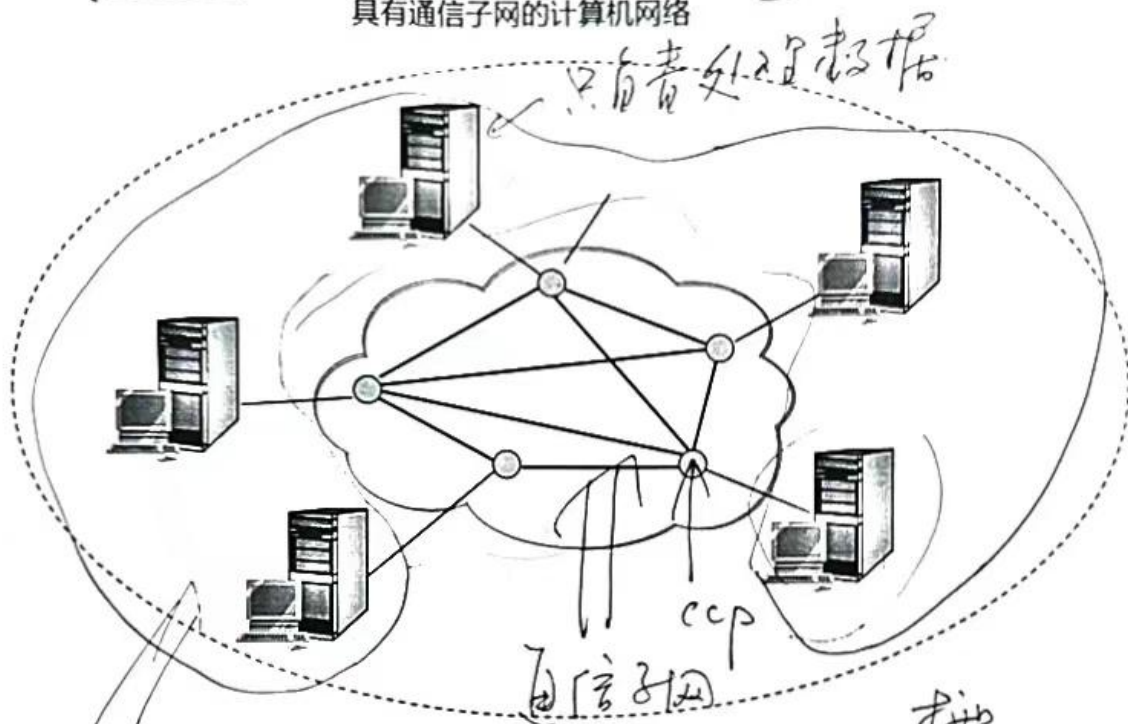
随着终端个数的增多，终端与计算机的通信对批处理造成了额外开销，因而出现了前置处理机 FEP 来取代多重线路控制器，同时在终端密集处设置集中器或复用器。

(2) 第 2 阶段：20 世纪 60 年代后期，又出现多台主计算机通过通信线路互连构成的计算机网络。主计算机承担着数据处理和通信双重任务。为了提高主计算机的数据效率，出现了通信控制处理机 CCP。CCP 负责通信控制任务，而主计算机仅负责数据处理。从而引成了处于内层的各 CCP 构成的通信子网，而处于外层的主计算机和终端构成的

资源子网

ARPANET 是以通信子网为中心的典型代表。在 ARPANET 中，负责通信控制处理的 CCP 称为接口报文处理机 IMP (或称结点机)，以存储转发方式传送分组的通信子网称为分组交换网。

具有通信子网的计算机网络



资源子网

ccp 应用: ccp \Rightarrow 报文处理机

ISO/OSI/RM \Rightarrow 路由器

互联网阶段:

(3) 第 3 阶段: 计算机网络产生了很好的经济效益和社会效益, 它的主要不足是没有统一的网络体系结构。从而造成不同制造商生产的计算机及网络产品互连困难。

1977 年国际标准化组织为适应计算机网络向标准化发展的趋势, 成立了专门研究机构。并提出了“开放系统互连参考模型 OSI/RM”。OSI 是一个设计计算机网络的国际化的框架结构。因多种原因, 后来又出现非标准化的而事实上的国际标准

TCP/IP

在 20 世纪 70 年代中期, 人们意识到多个计算机网络间的资源共享问题。

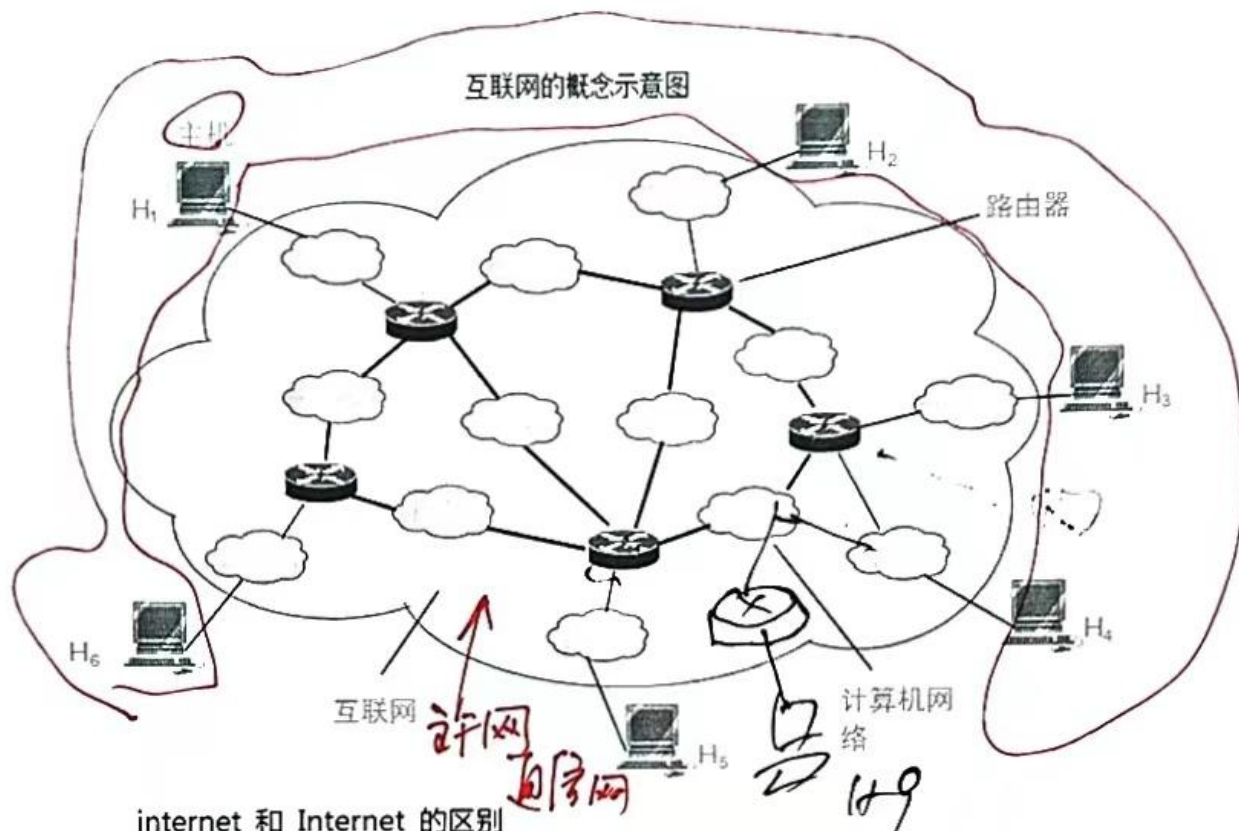
把多个计算机网络通过路由器互连起来, 构成了一个覆盖范围更大的网络, 俗称互联网或互连网。

互联网是“网络的网络” (network of networks)。

互联网是一个通用名词, 泛指由多个计算机网络互连而成的网络, 在这些网络之间采用的通信协议 (即通信规则) 可以是任意的。

互联网的概念示意图





internet 和 Internet 的区别

以小写字母 i 开始的 internet(互联网或互连网)是一个通用名词, 它泛指由多个计算机网络互连而成的网络。

以大写字母 I 开始的 Internet(因特网)则是一个专用名词, 它指当前全球最大的、开放的、由众多网络相互连接而成的特定计算机网络, 它采用 TCP/IP 协议族作为通信的规则, 且其前身是美国的 ARPANET。

三. 计算机网络功能及分类

1. 功能: 数据通信、资源共享、分布式处理、提供可靠性、负载均衡

2. 分类:

✓ (1) 按分布范围: 广域网、城域网、局域网

✓ (2) 按传输技术: 广播式、点对点

(3) 按拓扑结构: 物理拓扑、逻辑拓扑 (星形、网形、总线、环形)

✗ (4) 按使用者: 公用网、专用网

(5) 按交换技术: 电路、报文、分组

(6) 按传输介质: 有线、无线

四. 计算机网络的性能指标

计算机网络的主要性能指标, 包括速率、带宽、吞吐量、时延、时延带宽积和利用率。

除主要性能指标外, 还有一些非性能特征, 如费用、质量、标准化、可靠性、可扩展性、可升级性和可维性等, 也对计算机网络的性能有很大的影响。

1. 速率

指计算机网络中的主机在信道上单位时间内传送数据量, 又称数据率(data rate)或比特率(bit rate)。

互联网组成

边缘部分
核心部分

边缘部分：由所有连接到互联网上的主机组成——宿主机网

——由用户直接应用

——作用：用户之间用来通信和资源共享

通信方式

C/S 方式 client/server —— B/S 方式

应用层

客户机

服务器

client 客户机

点对点方式

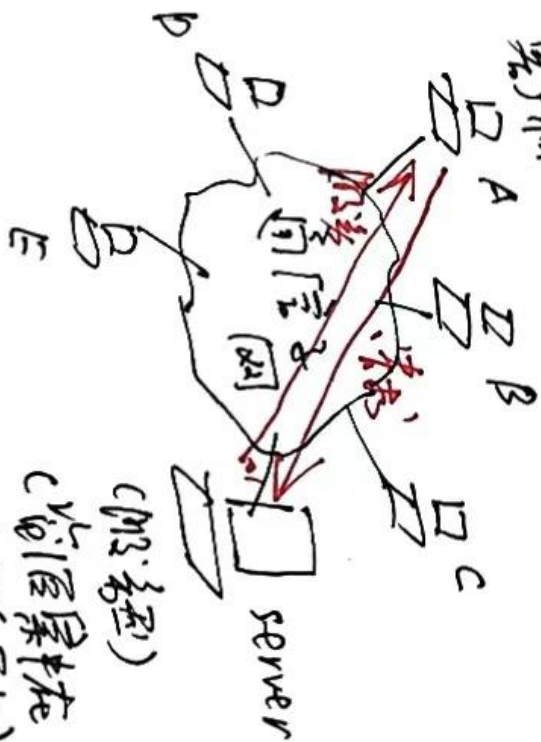
—— P2P 服务器

都是主机

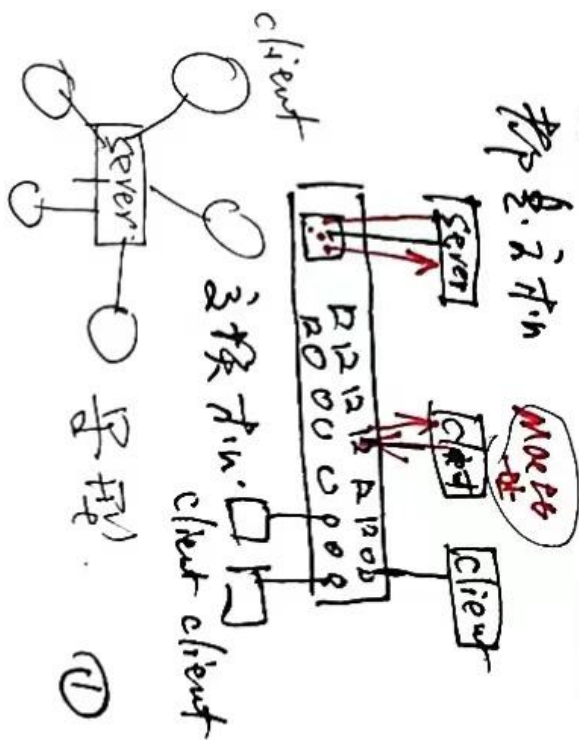
服务器

服务器

①

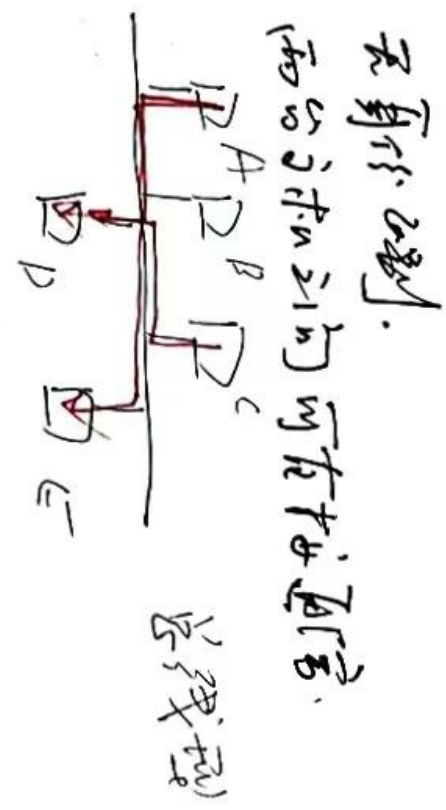
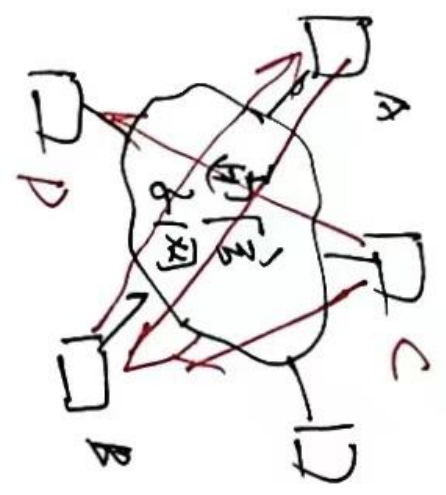


(服务器类型)
(客户机类型)



①

ii> 点对点模式 (P2P 模式).



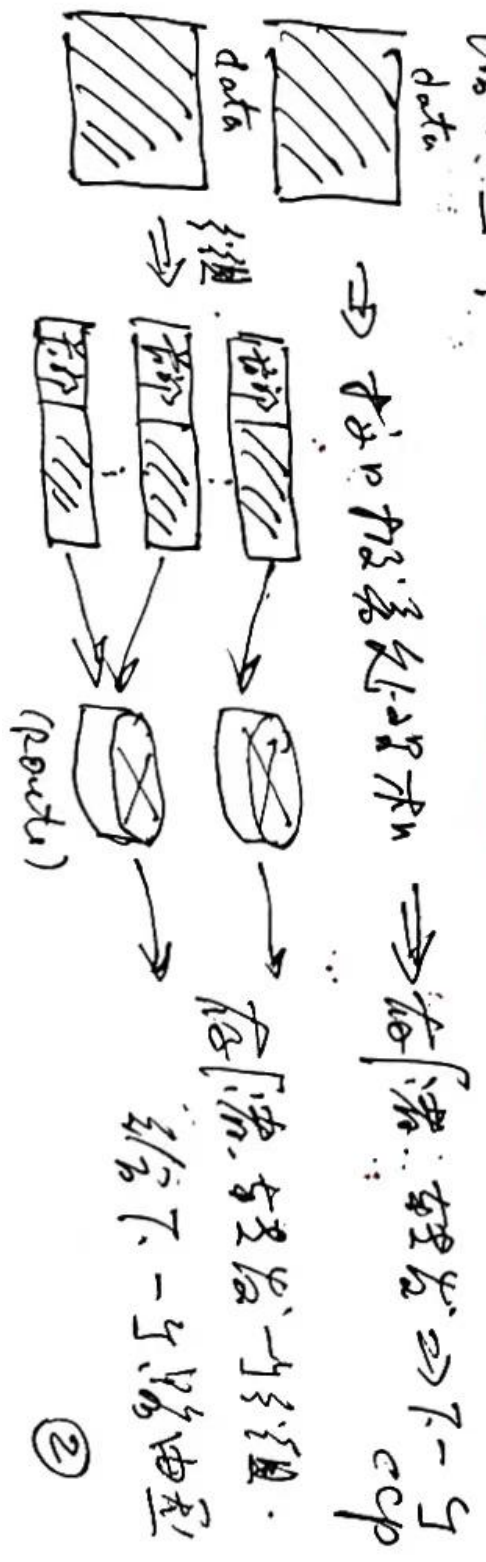
2> 核心部:

① 核心部中: 路由型 (Route)

② 路由型作用: 实现分组交换 —— 在源节点与汇点、

接收分组

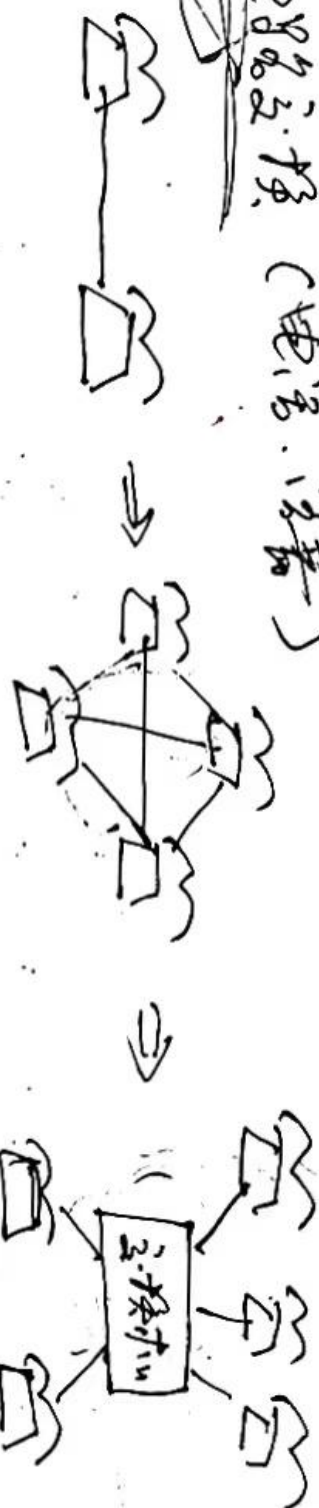
发送分组



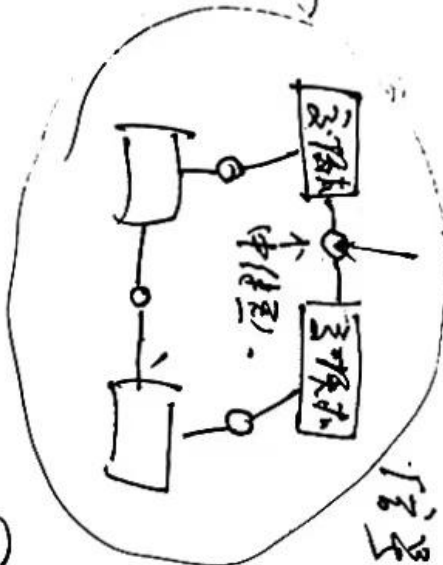
②

交换形式

1. 电路交换 (电话、语音)



交换过程: 建立连接 \Rightarrow 通信 \Rightarrow 释放连接
 ☆ 通信时, 两节点间建立一条通信线路
 ☆ 交换节点间网中建立连接



电路交换
 1. 建立连接
 2. 释放连接
 3. 信息

③

1) > 子网互连. — 通过路由互连实现子网的存储转发

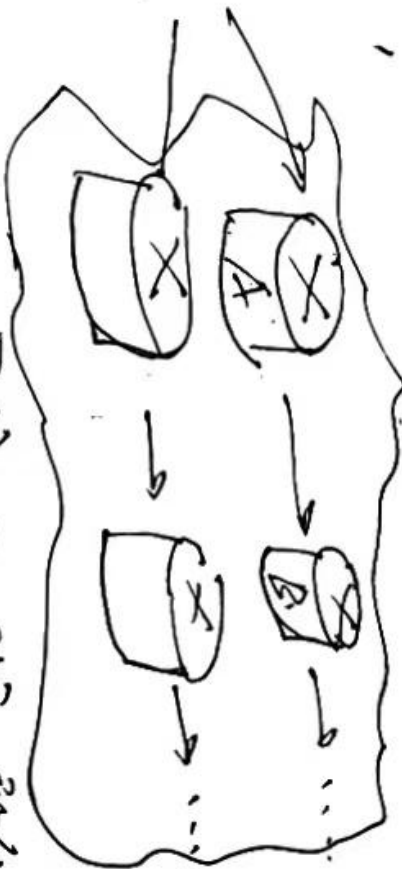
A > 子网



1024B
15固定字节
= 子网: 字节

转发:

子网 A
(源子网)



子网 B
(目的子网)

子网互连 (核心部分)

Route 2作:

接收 (在源子网) → 查询 route 表 (目的 IP)

→ 若找到 → 送给下一 Route → 依次类推

→ 若未找到 → 给默认 Route

★ 若找到目的 IP. 建立 Route 表

④

目的 IP	下一 Route

iii > 节点选择

不分组

采用“源节点选择”形式。

总结：电路选择

降低时延从源节点到目的节点处：4块、（源节点）

未知：不利用中间节点和带宽

节点选择：降低了节点间通信的延迟和带宽。

→ 留给下一节点和中间节点处理

优点：中间节点计算和带宽

ii > 节点处带宽和带宽选择。带宽选择。

缺点：若带宽过大，容易堵塞网络。

分组选择：

采用“源节点选择”形式。

中间节点选择带宽（带宽选择）

优点：

- i > 不易阻塞网络
- ii > 带宽选择带宽
- iii > 带宽选择带宽

(5)

internet 和 Internet 的区别

以小写字母 i 开始的 internet(互联网或互连网)是一个通用名词,它泛指由多个计算机网络互连而成的网络。

以大写字母 I 开始的 Internet(因特网)则是一个专用名词,它指当前全球最大的、开放的、由众多网络相互连接而成的特定计算机网络,它采用 TCP/IP 协议族作为通信的规则,且其前身是美国的 ARPANET。

三. 计算机网络功能及分类

1. 功能: 数据通信、资源共享、分布式处理、提供可靠性、负载均衡
2. 分类:
 - (1) 按分布范围: 广域网、城域网、局域网
 - (2) 按传输技术: 广播式、点对点
 - (3) 按拓扑结构: 物理拓扑、逻辑拓扑 (星形、网形、总线、环形)
 - (4) 按使用者: 公用网、专用网
 - (5) 按交换技术: 电路、报文、分组
 - (6) 按传输介质: 有线、无线

四. 计算机网络的性能指标

计算机网络的主要性能指标, 包括速率、带宽、吞吐量、时延、时延带宽积和利用率。

除主要性能指标外, 还有一些非性能特征, 如费用、质量、标准化、可靠性、可扩性、可升级性和可维性等, 也对计算机网络的性能有很大的影响。

1. 速率

指计算机网络中的主机在信道上单位时间内传送数据量, 又称数据率(data rate)或比特率(bit rate)。

单位是 b/s(bit/s 或 bps, 即 bit per second)。有时也用 kb/s, Mb/s, Gb/s 和 Tb/s。

比特(bit)是计算机中数据量的单位, 也是信息论中使用的信息量的单位。Bit 来源于 binary digit, 意思是 一个“二进制数字”, 因此一个比特就是二进制数字中的一个 1 或

0.

速率指的是额定速率或标称速率。网络的实际速率往往比额定速率要低，因为它与许多因素(如主机的处理能力、信道容量、信道的拥塞状况等)有关。

2. 带宽

带宽(bandwidth)有两种不同的意义：

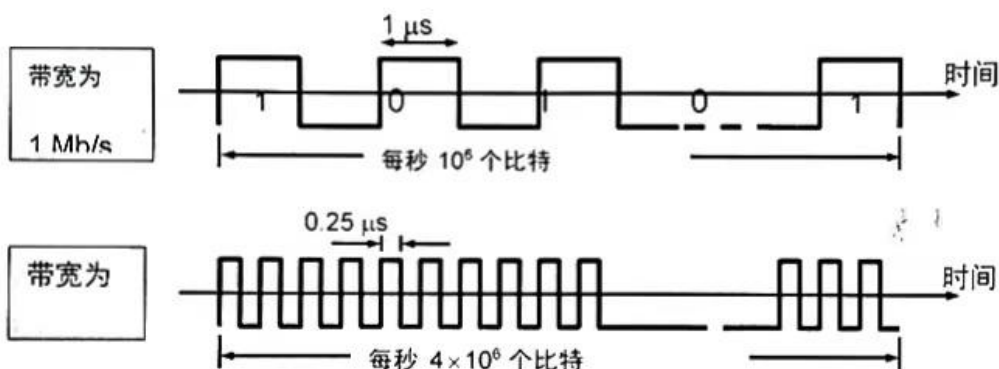
在通信领域，带宽指某个信号具有的频带宽度。单位是赫(或千赫、兆赫、吉赫等)。如话音信号的带宽是 3.1kHz (300Hz ~ 3400Hz)。

在计算机领域，带宽指计算机网络的通信线路所能传送数据的能力，即在单位时间内从网络中的某一点到另一点所能达到的“最高数据速率”。单位是 b/s (bit/s)。

当速率较高时，可在单位 b/s 前加上干(K=103)、兆(M=106)、吉(G=109)和太(T=1012)。

数字信号流随着时间的变化关系

在时间轴上信号的宽度随带宽的增大而变窄。



3. 吞吐量

指单位时间内通过某个网络(或信道、接口)的数据量。单位是 b/s (bit/s 或 bps, 即 bit per second)。有时也用 kb/s, Mb/s, Gb/s 和 Tb/s。

吞吐量常用于对某个网络的性能测试。

吞吐量受网络的带宽或网络的额定速率的限制。如 100Mb/s 的以太网，带宽是 100Mb/s，典型的吞吐量可能只有 70Mb/s。

4. 时延

指数据(一个报文或分组或比特)从网络(或链路)的一端传送到另一端所需的时间。时延由四个部分组成：

(1) 发送时延 指主机或路由器发送数据帧所需要的时间，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。

$$\text{传输时延} = \frac{\text{数据帧长度 (比特)}}{\text{信道带宽 (比特/秒)}}$$

100 MB 100 x 2

二倍
十倍

(2) 传播时延 指电磁波在信道中传播一定距离所花费的时间。



$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度 (m)}}{\text{电磁波在信道上的传播速率 (m/s)}}$$

例：自由空间中电磁波的传播速率为 $3.0 \times 10^8 \text{ km/s}$

铜线电缆中电磁波的传播速率为 $2.3 \times 10^8 \text{ km/s}$

光缆中电磁波的传播速率为 $2.0 \times 10^8 \text{ km/s}$

3.0×10^8
 2.3×10^8
 2.0×10^8

注意：信息的发送速率和信号在信道上的传播速率是完全不同的两个概念。虽然它们只有一字之差，但不能将传输时延和传播时延混为一谈。

(3) 处理时延 指主机或网络结点(路由器或交换机) 处理分组所花费的时间。包括对分组的首部分析、从分组中提取数据部分、进行差错检验或查找适当的路由等。

(4) 排队时延 指分组进入网络结点后，需先在输入队列中排队等待处理，以及处理完毕后在输出队列中排队等待转发的时间。排队时延的长短往往取决于网络中当时的通信量。当网络的通信量很大时，会发生队列溢出，使分组丢失，这相当于处理时延为无穷大。

注意：上述哪一种时延在总时延中占主导地位，必须具体分析。

数据在网络中的总时延是上述 4 种时延之和：

$$\text{总时延} = \text{传输时延} + \text{传播时延} + \text{处理时延} + \text{排队时延}$$

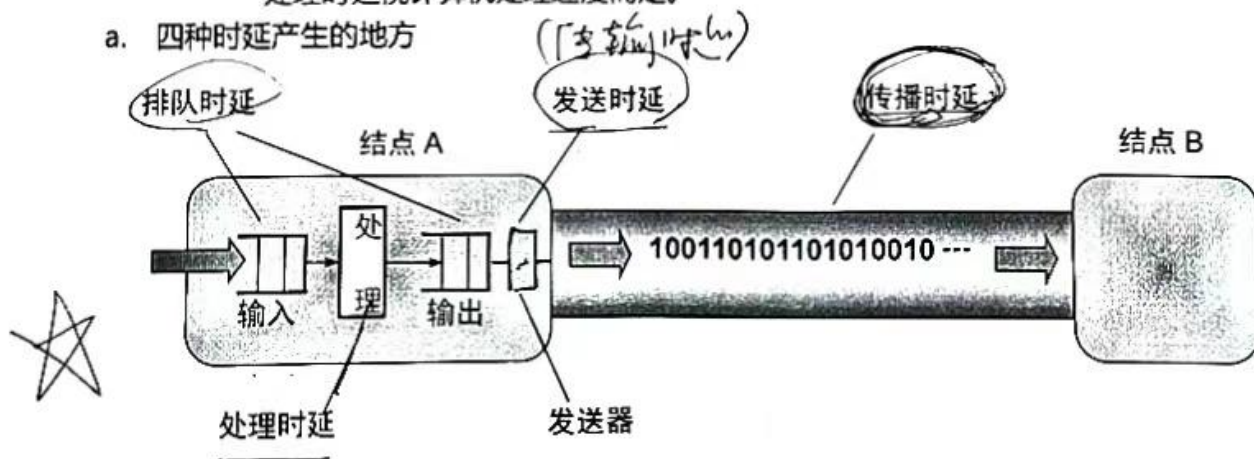
例：一个 100MB(M 表示 $2^{20}=1048576$) 的数据块在带宽为 1Mb/s(M 表示 10^6) 的光纤信道上传输时的各种时延：

发送时延 $\frac{100 \times 1048576 \times 8}{10^6} = 838.9 \text{ s}$

传播时延 1000km 为 5ms, 1km 为 5μs

处理时延视计算机处理速度而定。

a. 四种时延产生的地方



A 站

B 站

发送时延

b. 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应答所经历的时延。如果接收端收到数据后立即发送确认, 这相当于传播时延的两倍。

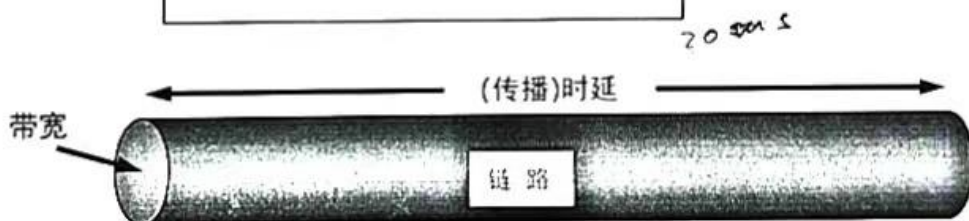
例: 设某段链路的传播时延为 20ms, 则它的往返时延 RTT = 40ms。

在复杂的互联网中, 往返时延应包括各中间结点的处理时延和转发数据的发送时延。

5. 时延带宽积

时延带宽积是指传播时延与带宽之乘积。

$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽}$$



链路的时延带宽积又称为以比特为单位的链路长度。

例: 设某段链路的传播时延为 20ms, 带宽为 10Mb/s。则时延带宽积为 $20 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^6 = 2 \times 10^5 \text{ bit}$ 。

6. 利用率

利用率分为信道利用率和网络利用率。

- 信道利用率 指在规定时间内信道上用于传输数据的时间比例。完全空闲的信道的利用率是零。

- 网络利用率 指全网络的信道利用率的加权平均值。

信道利用率力求高些, 但并非越高越好。因为信道的利用率增大时, 该信道引起的时延也就迅速增加。

网络利用率的表示式

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

以太网信道利用率: 83%
 超过 70% — 升级
 30% — 40% — 流畅
 50% — 80% — 卡顿

$$\text{发送时间} = \frac{\text{数据帧长度}}{\text{信道带宽}}$$

$$= \frac{100 \text{ MB}}{1 \text{ Mb/s}} = \frac{100 \times 8 \text{ Mb}}{1 \text{ Mb/s}}$$

$$= \frac{100 \times 2^{20} \times 8}{1 \times 10^6} = \frac{2^{23}}{10^6}$$

$$\text{传播时间} = \frac{\text{信道长度 (m)}}{\text{传播速度 (m/s)}}$$

$$= \frac{1000 \times 10^3}{2.0 \times 10^8 \text{ (m/s)}}$$

$$= \frac{10^6}{2.0 \times 10^8 \times 10^3} = \frac{1}{2.0 \times 10^5}$$

$$= 0.5 \times 10^{-2} \text{ s}$$

$$= 5 \times 10^{-3} \text{ ms} = 5 \text{ ms}$$

$$1 \text{ km} = \frac{5 \text{ ms}}{1000 \text{ km}} \Rightarrow 1 \text{ km} : 5 \text{ ms}$$

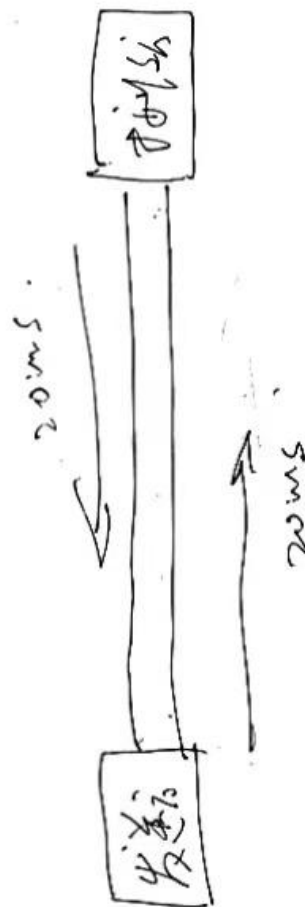
100MB 数据: $100 \times 2^{20} \times 8 \text{ bit}$

带宽: $1 \text{ Mb/s} \quad 10^6 \text{ (b/s)}$

✓ 发送时间 = $\frac{\text{数据长度/bit}}{\text{带宽}} = \frac{100 \times 2^{20} \times 8}{10^6} = 838.9 \text{ (s)}$

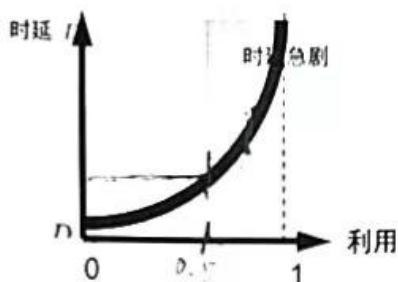
数据 1000cm

✓ 传播时间 = $\frac{\text{数据长度/bit}}{\text{传播速率}} = \frac{1000 \times 10^3 \text{ m}}{2.0 \times 10^8 \text{ m/s}} = 0.5 \times 10^{-2} \text{ s} = 5 \times 10^{-3} \text{ (s)} = 5 \text{ ms}$



$1 \text{ kb/s} \Rightarrow 1 \times 10^3 \text{ bit/s}$
 $1 \text{ Mb/s} \Rightarrow 1 \times 10^6 \text{ bit/s}$

式中, D_0 表示网络空闲时的时延, D 示网络当前的时延。 U 的数值在 0 到 1 之间。
时延与利用率的关系表



此图表明, 当 U 达到 $1/2$ 时, 当前时延就要加倍。而当 U 接近最大值 1 时, 当前时延就会趋近于无穷大。这说明信道利用率或网络利用率的提高都会加大时延。因此, 拥有较大主干网的 ISP 都把信道利用率控制在 50% 以内, 否则就采取扩容措施。

五. 计算机网络体系结构的发展

1974 年, IBM 公司最先宣布了按照分层方法制订的系统网络体系结构 (SNA/ System Network Architecture)。

1977 年, ISO 专门研究不同体系结构的计算机互连问题, 并成立专门机构。

1983 年, 形成了开放系统互连基本参考模型 OSI/RM 的正式文件, 即 ISO 7498 国际标准。

只要遵循 OSI 标准, 一个系统就可以和位于世界上任何地方的、也遵循这一标准的其他任何系统进行通信。

20 世纪 80 年代, 许多大公司和一些国家政府机构都支持 OSI。

六. 体系结构的特点及组成

计算机网络是一个非常复杂的系统。相互通信的两个计算机系统必须高度协调工作才行, 而这种“协调”是相当复杂的。以两台计算机通过网络互相传送文件为例, 除两者之间必须有一条物理链路外, 还涉及到许多工作要做。

这些工作需要通信双方密切配合和协同工作。在具体工程实现上, 是将它分解成若干个子任务, 然后再独立实现每个子任务。这就“分层”设计的思想。

早在设计 ARPANET 时就提出了分层的方法, “分层”可将庞大而复杂的问题, 转化为若干较小的局部问题, 而这些较小的局部问题就比较易于研究和处理。

✓ 1. 分层的原则

当需要有一个不同等级的抽象时, 就应当有一个相应的层次。

每一层的功能应当是非常明确的。

层与层的边界应该选择得使通过这些边界的信息量尽量地少些。

难点: 层次太少会使每一层协议太复杂, 太多则在描述和综合各层的系统工程任务时产生较大困难。

★ 2. 分层的好处

- 各层之间是独立的。 互不影响的
- 灵活性好。
- 结构上可分割开。
- 易于实现和维护。

互不影响的

层与层是独立的

- 能促进标准化工作。

3. 层数的确定

- 若层数太少，就会使每一层的协议太复杂。
- 层数太多又会在描述和综合各层功能的系统工程任务时遇到较多的困难。

七. 网络协议

计算机网络中的各主机之间要做到有条不紊地交换数据，必须遵循事先约定好的规则。这些规则明确规定了所交换的数据的格式以及有关的同步问题（同步含有时序的意思）。为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定即网络协议(network protocol)，简称为协议。

网络协议主要由以下三个要素组成：

- 语法 数据与控制信息的结构或格式。
- 语义 需要发出何种控制信息，完成何种动作以及做出何种响应。
- 同步 事件实现顺序的详细说明。

协议有两种类型：

一种是文字描述，另一种是程序代码。无论哪种协议都需对交换的信息作出精确解释。

八. OSI 参考模型

1. OSI 模型

- (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

用户服务平台。面向用户的应用进程，使得一些无关的软件具有互操作性。

网络服务平台。面向通信的功能

2. TCP/IP 参考模型

(4) 应用层

该层向用户提供一组常用的应用程序，为不同主机上的进程或应用之间提供通信。

(3) 传输层

该层提供端对端系统的数据传送服务。

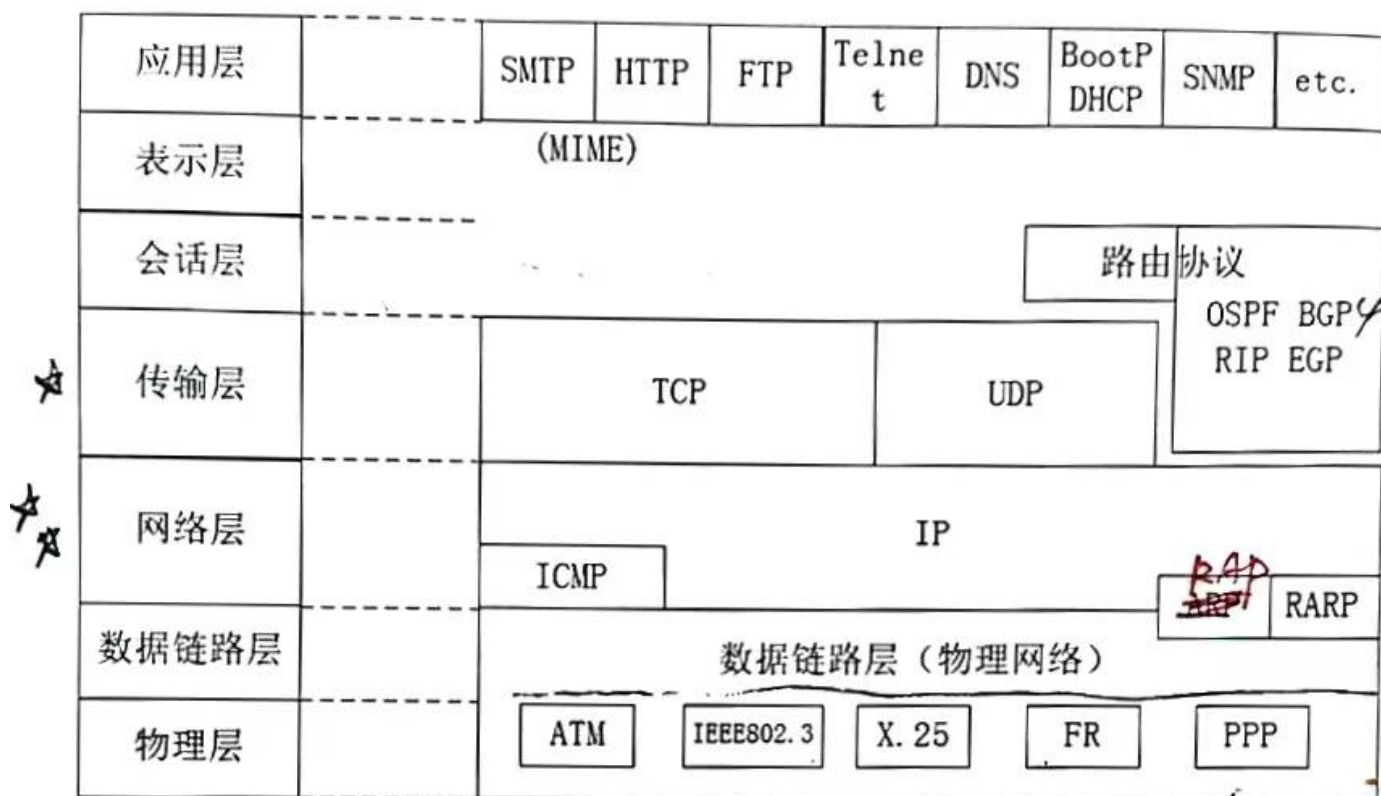
(2) 互联网层

该层使用网际协议实现穿越多个网络的路由选择功能。

(1) 网络接入层

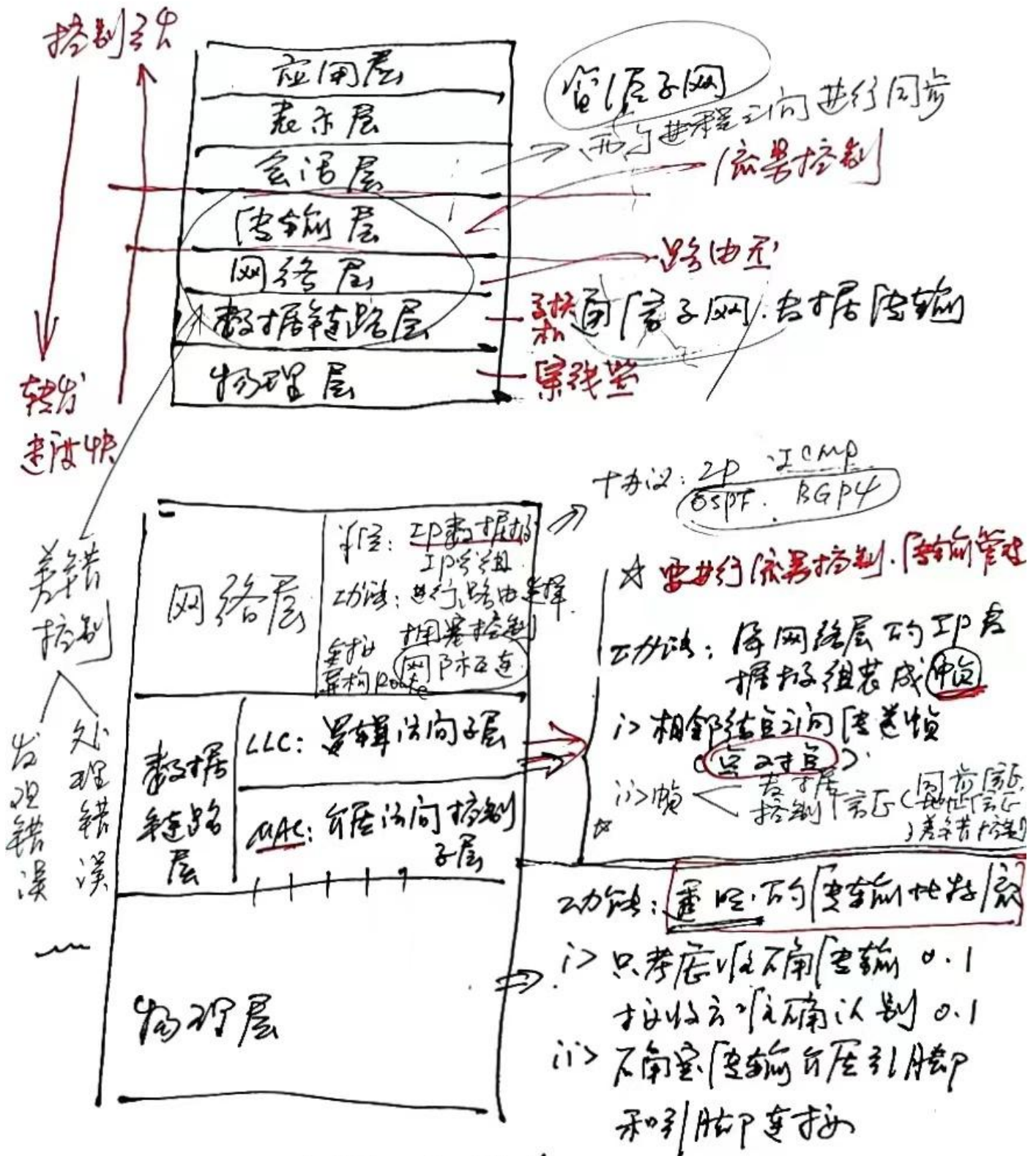
该层是端系统和通信子网之间的接口，实现端系统与其相连的网络进行数据交换。

3. OSI 与 TCP/IP 的比较



Internet 分层体系结构

ISO/OSI 模型 各层功能



★ 不解释地址/含义

★ 不进行差错控制, 流量控制

物理层协议:

传输层 (运输层)

单位: 传输层协议 (TCP) - 可靠传输
 单位: 用户数据报 (UDP) - 不可靠传输
 提供: 端到端 服务 < 两个进程之间
 范围: 屏蔽通信子网差异, 向上三层只关心逻辑, 不关心物理
 技术: 复用: 多个应用层进程可同时使用传输层服务
 分用: 传输层识别收到的数据分发给不同的进程

功能: 差错控制, 流量控制, 服务质量, 数据拥塞管理

协议: TCP, UDP

i) 不同主机的两个进程之间通信
 ii) 利用传输层的端到端服务实现通信
 向表示层提供服务
 * 功能: 为表示层的进程通信建立连接并在连接上可靠传输数据

层间互连



两个通信系统之间交换信息的表示方法 (编码形式, 数据结构等)

网络层: { 传输 IP 数据包. IP 分组.
~~进行流量控制. 差错控制~~, 拥塞控制
 进行路由选择. 基础. 网际互连.
 协议: IP. ICMP 异构型 Route.

传输层 { 传输 报文 (TCP) 或 用户数据包 (UDP).
 提供端到端服务. 两个进程之间.
 可靠 每个进程用端口识别
 → 注意: 忽略通信子网. (屏蔽通信子网差异)
 使上层而面逻辑.
 复用技术: 多个应用层进程可同时 (复用) 传输层服务
 分用技术: 传输层接收到的数据 交给上层不同的进程
 功能: 流量控制. 差错控制. 服务质量. 数据 传输管理程序
 协议: TCP. UDP

分层的好处：

① 各层互不干扰。

i> 每一层独立的意义自己的协议、功能

ii> 不关心下一层的实现过程

iii> 层与层间通过接口实现信息交换。

② 灵活性好

③ 结构上可分割

④ 易于实现、易于维护

⑤ 便于设计、验证工作

每层实现功能：

① 差错控制：使相应层对通信更加可靠

② 流量控制：发送端和接收端的速率相匹配

③ 分段和重装：发送端将数据层向下一层要分成
文小的片段，接收端要还原

④ 复用和分用

⑤ 建立连接和释放：交换数据层时建立的
逻辑连接。

注意:

- ① 每层功能由协议支撑.
- ② 层之间只能通过接口完成层间交互,
 - i> k 层 \rightarrow 下层: 传输数据
 - ii> 下层 \rightarrow 上层: 调用服务.

参考结构: 网络各层的功能及其协议的集合

★ 参考结构是抽象的
但实现的具体的

网络的协议、接口、服务.

协议: { 两相邻层进行通信的规则集合
以层为序.

组成 { 语法: 规定传输数据格式
语义: 要完成的功能
同步: 执行各种操作的手段.
顺序

功能: 传输管理 (建立连接、释放连接)
差错控制、流量控制、数据转换.

接口：同一结内相邻两层的接口。

作用：

- 发送时，上一层向下一层传输数据
- 下层向上层通过地址提供信息

* SAP — 服务访问点

- 上一层通过调用 SAP 得到下一层服务
- 是一逻辑接口

服务：

① 术语：报文 — 在应用层用户需要传输的数据

SDU — 服务数据单元 — 是成功能可靠传输的数据

PT — 协议控制信息。

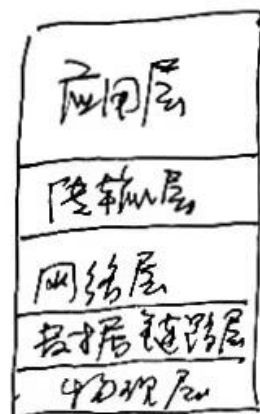
PDU — 协议数据单元。

— 组成：

PCI	SDU
-----	-----

— 每层 PDU 不同

- 应用层：报文段
- 网络层：分组
- 数据链路层：帧



data

h4 | data

h3 | h4 | data

h2 | h3 | h4 | data

报文段

分组

帧



注意:

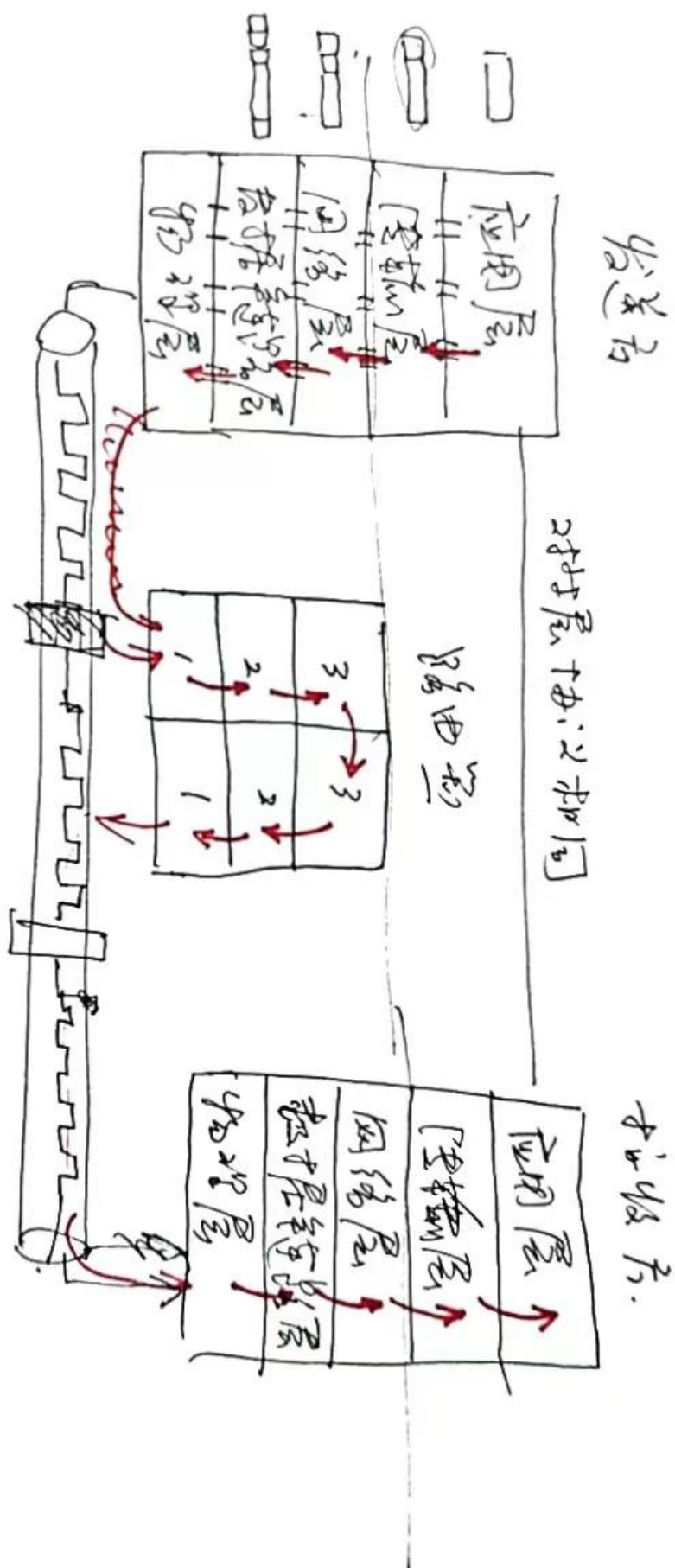
- ① 每层的功能要调用下一层的服务来实现
- ② 最底层只提供服务。
- ③ 上一层通过接口使用下一层服务。
- ④ 对相邻层通信时，在逻辑上要建立一条虚拟连接。
使用需要解释

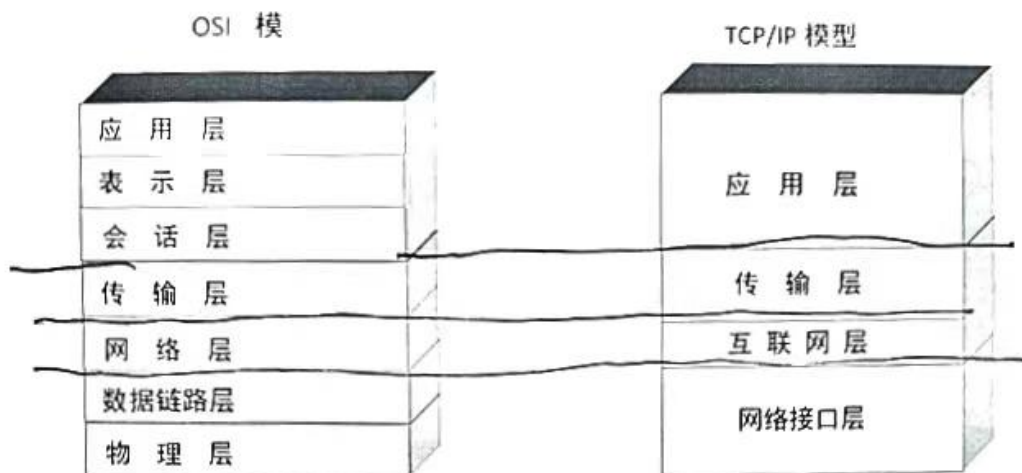
★ 服务通过服务原语实现

服务原语: 请求 (Request)
指示 (Indication)
响应 (Response).
证实 (Confirmation).

★ 三种服务:

- ① 面向连接服务和无连接服务。
- ② 可靠服务和不可靠服务
- ③ 有应答服务和无应答服务





4. 两种模型的异同点

相同之处:

- (1) 两者都采用层次型的模型;
- (2) 都以协议栈的概念为基础,且协议栈中的协议是彼此相互独立的;
- (3) 两个模型中各层的功能大体相似。

不同之处:

- ★ (1) 服务、接口和协议这三个概念,OSI 非常明确,TCP/IP 没有区分三者间的差异。前者的协议隐蔽性比后者好,这有利于协议的更新。
- (2) OSI 是模型在先协议在后,这意味着该模型具有通用性,而 TCP/IP 模型却相反,模型只是已有协议的一个描述,但未必适合其他的协议栈。
- (3) 两种模型层的数目不同。
- ★ (4) OSI 的网络层同时支持面向连接和无连接服务,但运输层只支持面向连接服务。而 TCP/IP 的网络层只有一种无连接服务模式,但在运输层同时支持两种服务模式。
- (5) TCP/IP 较早就有较好的网络管理。OSI 后来才考虑网管问题。

到 20 世纪 90 年代初,整套 OSI 国际标准都制订出来了;但却几乎找不到有什么厂家生产出符合 OSI 标准的商用产品。因为因特网抢先覆盖了世界相当大的范围。这说明:OSI 虽获得了一些理论研究的成果,但在市场化方面已失去了竞争能力。

两种国际标准

- (1) 法律上的(de jure)国际标准 OSI,但没有得到市场的认可。
- (2) 非国际标准 TCP/IP 且获得了最广泛的应用,成为事实上的(de facto) 国际标准。

OSI 失败的原因:

- (1) OSI 标准的制定周期太长,无法及时进入市场,使得按 OSI 标准生产的设备失去了良好的投资时机。
- (2) OSI 本身存在的不足。如层次划分不太合理,有些功能在多个层次中重复出现。
- (3) OSI 模型及相应服务和协议过于复杂,难以实现,即便实现,运行效率也很低。
- (4) 政府主管未能把握正确的发展方向,运用技术策略不当。

Tcp/IP 模型.

分层协议:

