



1.5 计算机网络的产生和发展

- 计算机网络的产生
 - 世界上最早的计算机网络ARPANET（Internet的前身），由美国国防部高级计划研究署研制。
 - ARPANET于**1969**年开通。最初连接美国本土的四个节点（加州大学洛杉矶分校，加州大学伯克利分校，斯坦福研究所，犹他大学）。
 - **1983**年MILNET从ARPANET中分离，Internet由此诞生。随后网络规模不断扩大，连接的主机数目越来越多,由最初的纯军事网络演变成为面向教育、科研、商业的全球性互联网络。



1.5 计算机网络的产生和发展

- 早期的计算机应用模式——单机
 - 庞大，昂贵，资源无法共享
 - 计算机构成了一个个的信息“孤岛”
- 计算机网络产生始于**1950's**，产生的原因：
 - 资源共享的需求（计算能力、外设、软件、**数据**）
 - 大型项目的合作（进行工程项目协作）
 - 人与人之间的信息沟通（数据通信）



1.5 计算机网络的产生和发展

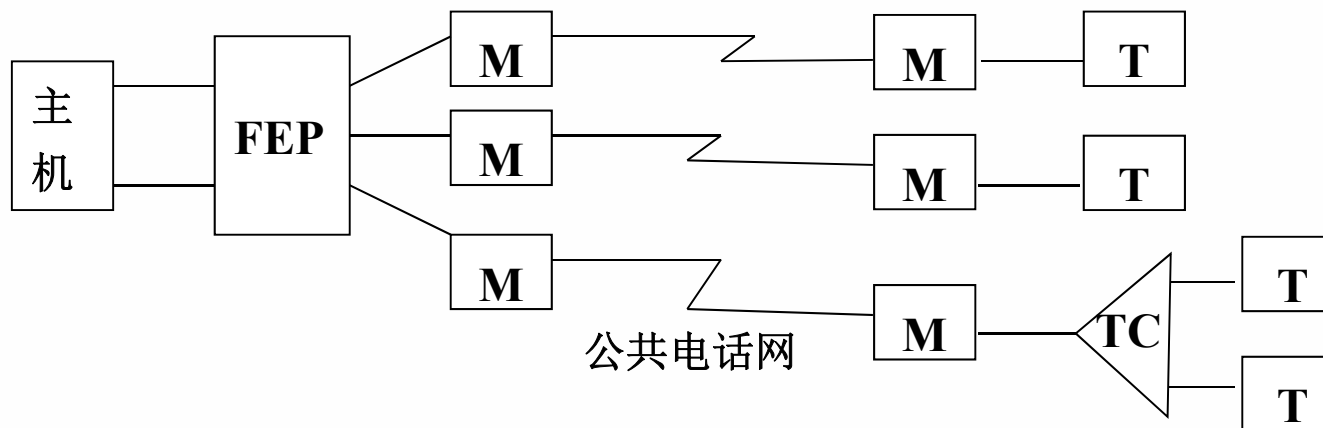
- 从体系结构来观察，计算机网络的发展可分为三个阶段（三代网络）：
 1. 以**主机为中心**的联机终端系统
“计算机—终端”系统
 2. 以**通信子网为中心**的主机互连
“计算机—计算机”网络
 3. **体系结构标准化**网络
层次化结构，并对每层进行了精确定义



1.5 计算机网络的产生和发展

1.5.1 以主机为中心的联机终端系统

特征：终端(**Terminal**)共享主机(**Host**)的软硬件资源



- **FEP**: Front End Processor, 前端处理机, 通常由一台廉价的计算机担任, 完成通信任务。
- **M**: Modem, 调制解调器, 将数字信号转化为模拟信号, 以便在模拟信道上传输。
- **TC**: Terminal Controller, 终端控制器, 将多条低速线路汇集到一条高速线路上, 从而提高了高速线路的利用率。



1.5 计算机网络的产生和发展

1.5.1 以主机为中心的联机终端系统

特征：终端(**Terminal**)共享主机(**Host**)的软硬件资源

- 多个远程终端用户可以同时向主机系统提交程序和命令。
- 程序和命令通过通信线路传递到**FEP**，由**FEP**进行串/并转换、差错控制和流量控制，并按一定次序向主机递交。
- 主机依次处理，并将结果返回给**FEP**，由**FEP**发送到各相应终端。



1.5 计算机网络的产生和发展

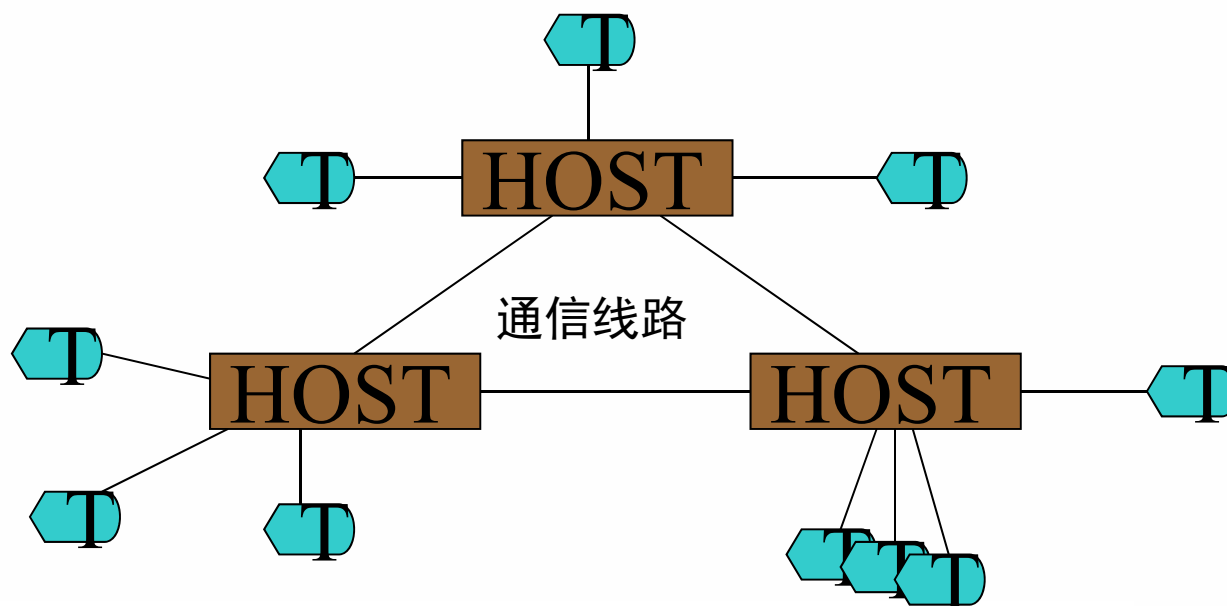
● 应用

- 美国通用公司的**GE**网络。**GE**网络是当时世界上最大的面向终端网络，覆盖美国国土，欧洲大部分，加拿大，日本及澳大利亚。
- 美国航空公司的飞机票预定系统**SABRE**，该系统由一台中心计算机和 **2000**多个终端组成。

1.5.2 以通信子网为中心的主机互连

●特征

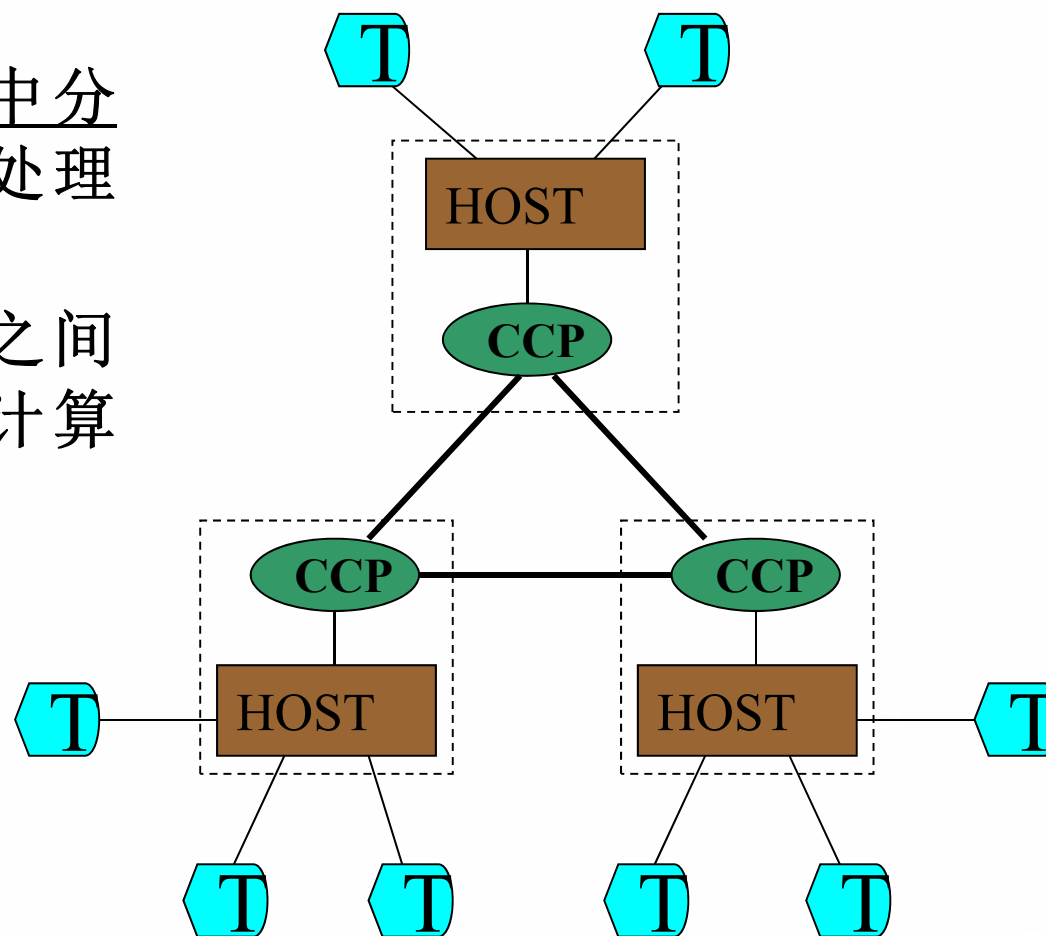
- 多个终端联机系统互连，形成了多主机互连网络
- 网络结构从“主机—终端”转变为“主机—主机”



主机—主机网络的演变

● 演变阶段1

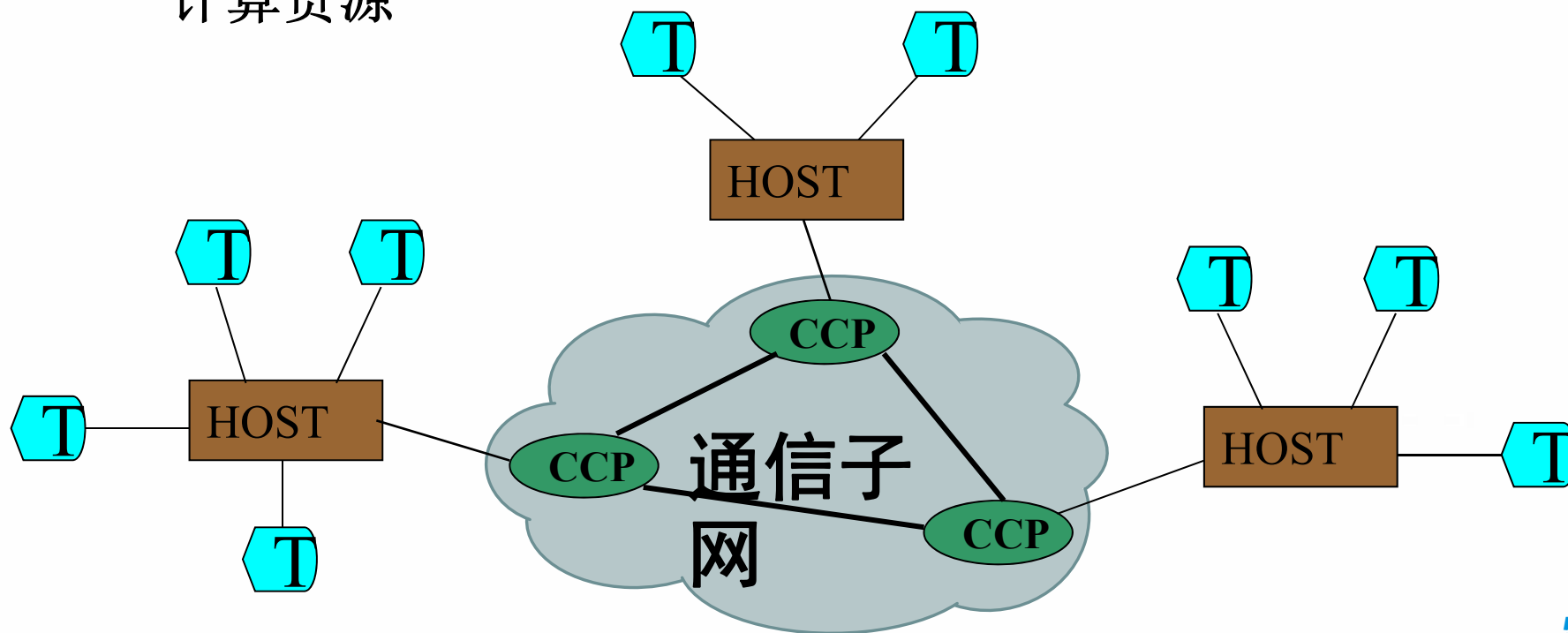
- 通信任务从主机中分离，由通信控制处理机（**CCP**）完成
- **CCP**：处理主机之间通信任务的专用计算机





● 两层网络概念的出现

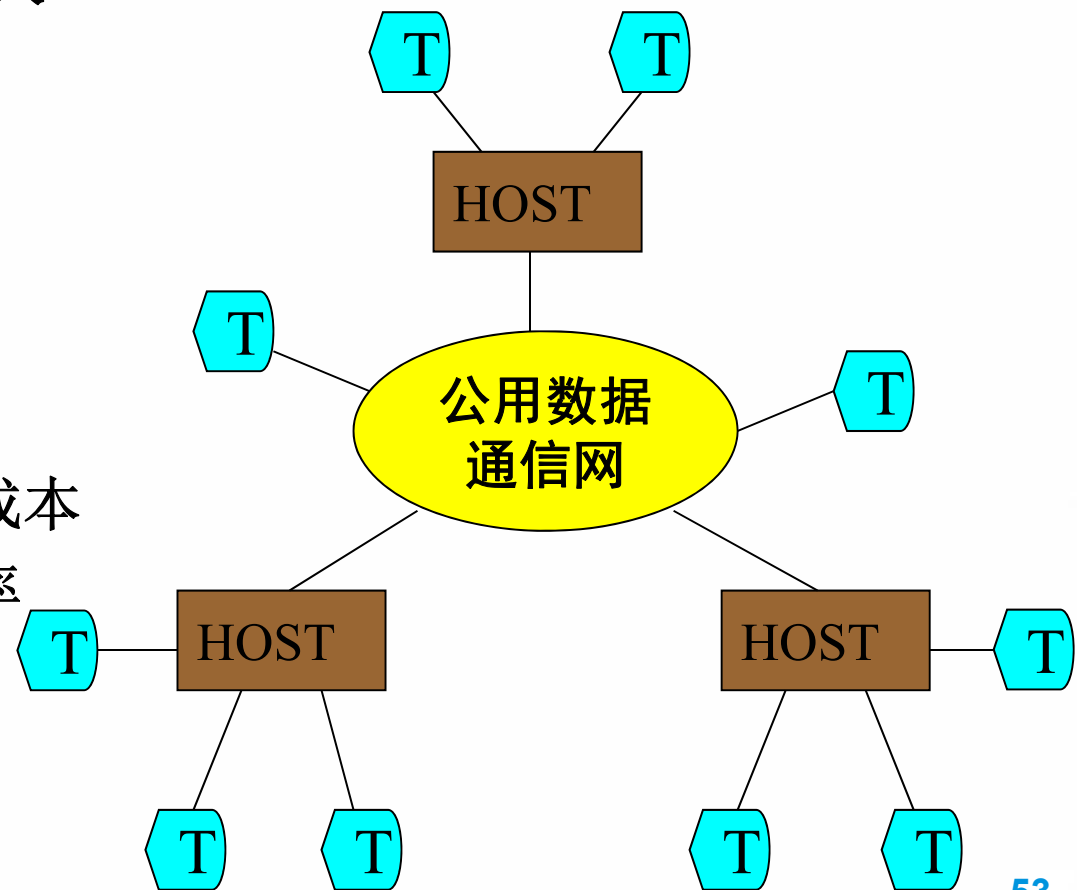
- 由**CCP**组成的传输网络——**通信子网**，提供信息传输服务
- 建立在通信子网基础上的主机集合——**资源子网**，提供计算资源





● 演变阶段2

- 通信子网规模逐渐扩大
 - 私有→社会公用
- 公用数据通信网
 - PSTN
 - X.25
- 优点
 - 降低用户系统建设成本
 - 提高通信线路利用率
 - 兼容性好





● 例子

● 因特网的前身——ARPANET

- 美苏冷战时期由美国军方建立的实验性网络
- 最初4个节点→70's的60多个节点
- 地域跨越美洲、欧洲
- 具有现代网络的许多特征，例如
 - 分组交换
 - 分层次的网络体系
 - 较为完善的通信协议



1.5 计算机网络的产生和发展

1.5.3 开放式标准化网络

- 具有统一的网络体系结构，遵守标准化协议，便于网络互连，大规模生产，降低成本。
- 为什么需要标准化？
 - 不同网络设备之间的兼容性和互操作性是推动网络体系结构的标准化的原动力
 - 兼容性和互操作性的最终目的仍是**资源共享**

体系结构标准化网络

- 网络体系结构标准
 - OSI参考模型
 - CCITT建议
 - TCP/IP协议族(Internet 参考模型)



● 网络体系结构标准化过程的演变

● 国际标准（ISO OSI/RM）

- **Open System Interconnection / Recommended Model** (开放系统互联参考模型，简称**OSI参考模型**)
- **OSI参考模型**是一种概念上的网络模型，规定了网络体系结构的框架：**7个层次**
- 只说明了做什么（**WHAT TO DO**），而未规定怎样做（**HOW TO DO**）
- 太复杂，几乎没有与之完全符合的网络

● 事实上的标准：**TCP/IP**(因特网的骨干协议)

- 从体系结构上看，它是**OSI参考模型**的简化（**4层**）



1.6 计算机网络标准化组织

(1) 网络协议标准化组织

- 国际电信联盟 (ITU)
- 电子工业协会 (EIA)
- 国际标准化组织 (ISO)
- 电气电子工程师协会 (IEEE)

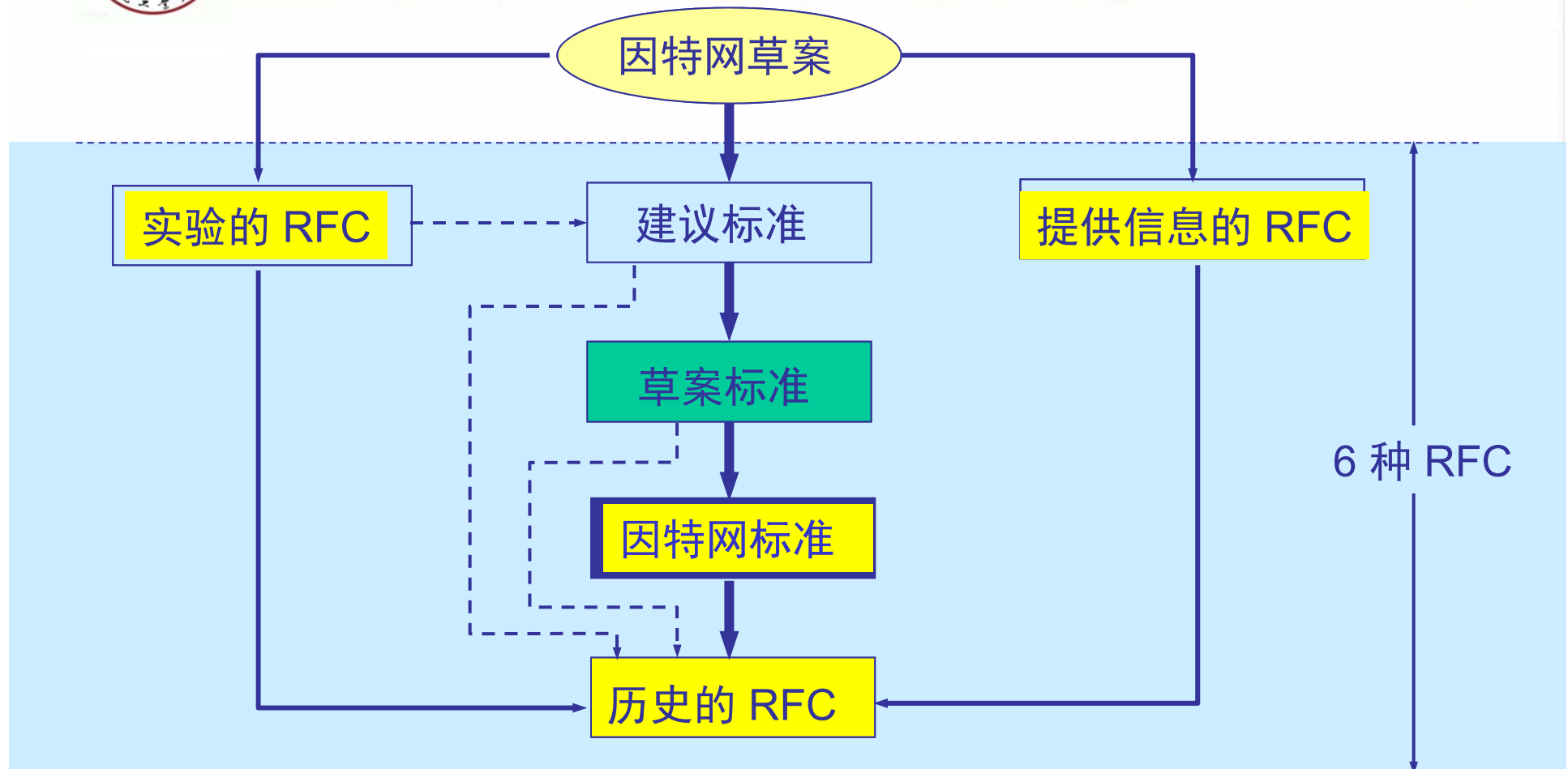


(2) 制定因特网标准的四个阶段

- 因特网草案(**Internet Draft**) ——在这个阶段还**不是 RFC** 文档。
- 建议标准(**Proposed Standard**) ——从这个阶段开始就成为 **RFC** 文档。
- 草案标准(**Draft Standard**)
- 因特网标准(**Internet Standard**)



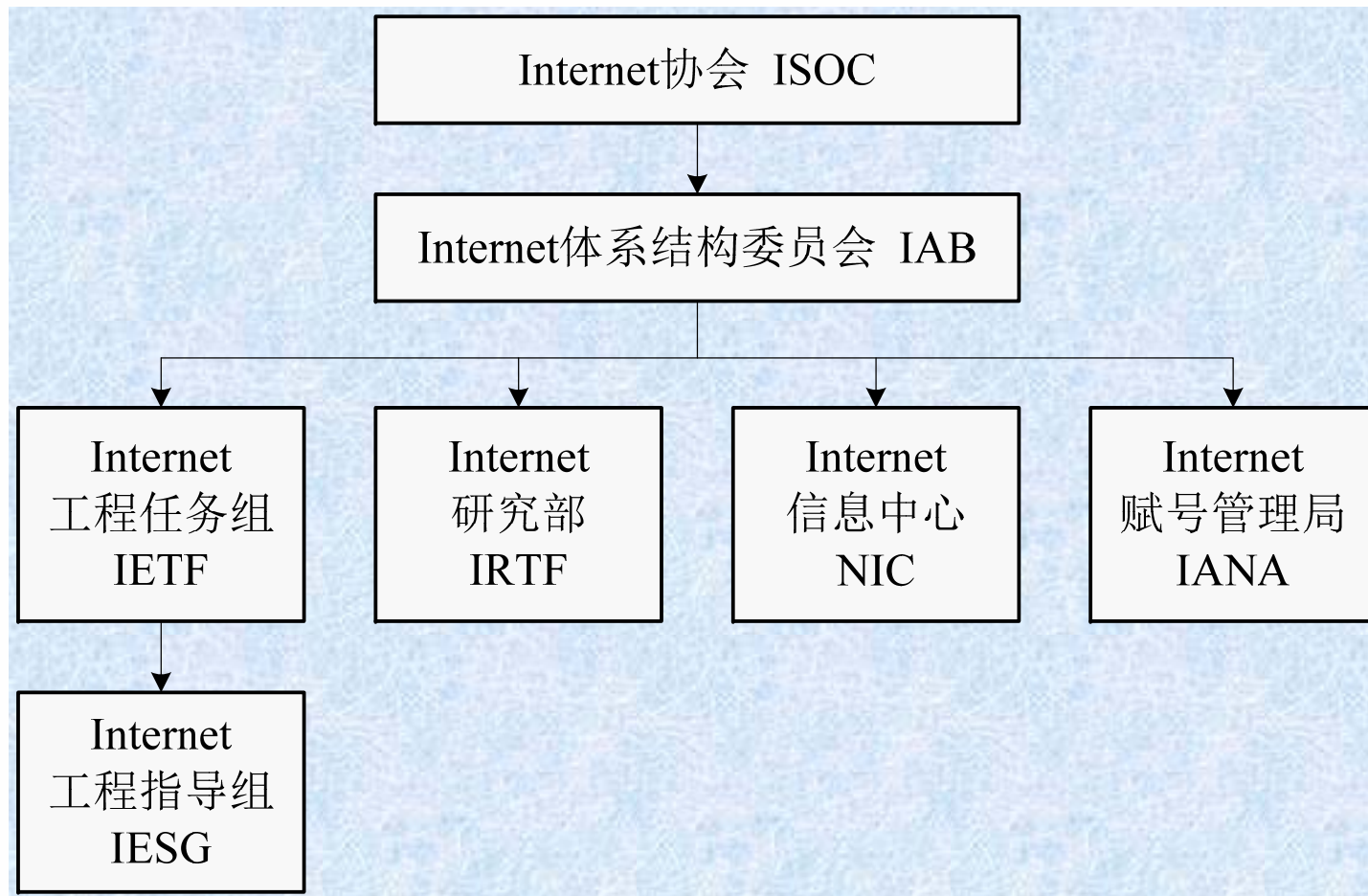
各种RFC之间的关系



- RFC文档有3种形式：实验性文档、信息性文档与历史性文档。
- 一种网络协议可能会出现很多相关的RFC文档。



(3) Internet管理机构





1.7 计算机网络的主要性能指标

带宽

- “**带宽**” (bandwidth)本来是指信号具有的频带宽度，单位是赫（或千赫、兆赫、吉赫等）。
- 计算机网络中的“带宽”是数字信道所能传送的“**最高数据率**”的同义语，单位是“比特每秒”，或 **b/s** (bit/s)。



常用的带宽单位

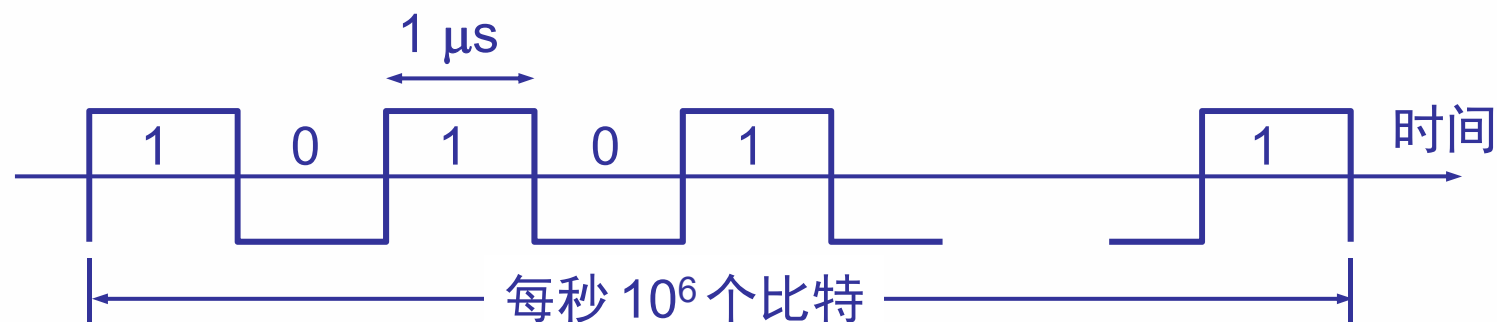
- 更常用的带宽单位是
 - 千比每秒，即 **kb/s** (10^3 b/s)
 - 兆比每秒，即 **Mb/s** (10^6 b/s)
 - 吉比每秒，即 **Gb/s** (10^9 b/s)
 - 太比每秒，即 **Tb/s** (10^{12} b/s)
- 请注意：在计算机界， **$k = 2^{10} = 1024$**
 $M = 2^{20}$, $G = 2^{30}$, $T = 2^{40}$ 。



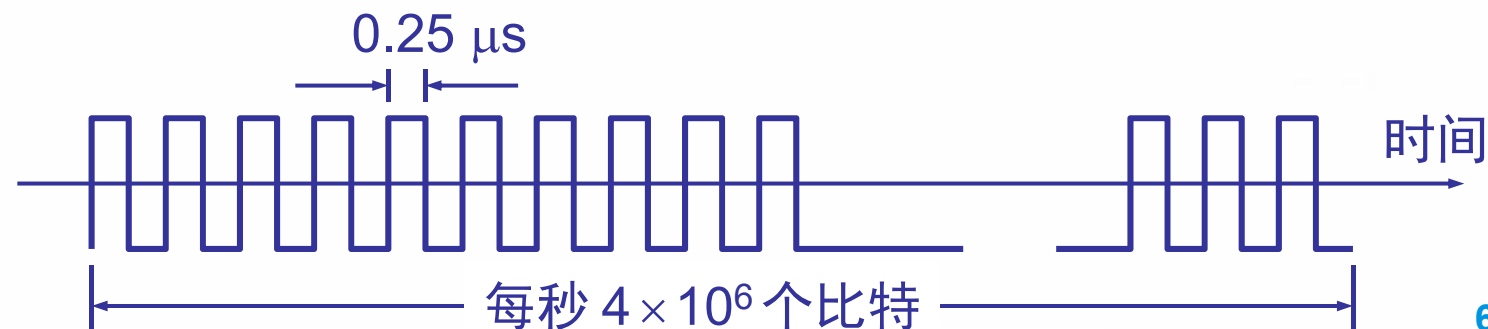
数字信号流随时间的变化

- 在时间轴上信号的宽度随带宽的增大而变窄。

带宽为
1 Mb/s



带宽为
4 Mb/s

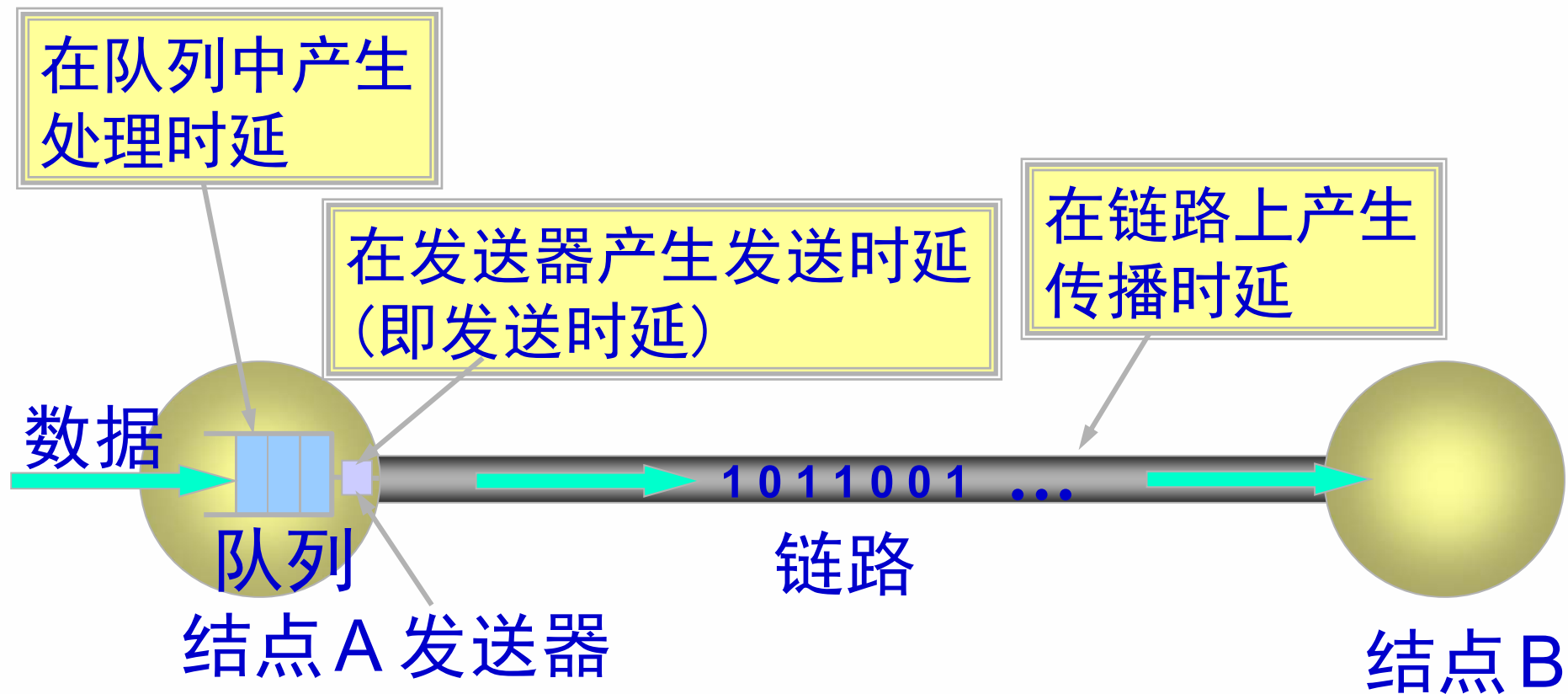


64



三种时延所产生的地方

从结点 A 向结点 B 发送数据





发送时延

- **发送时延**（传输时延）：发送数据时，数据块从结点进入到传输媒体所需要的时间。
- **信道带宽**：数据在信道上的发送速率。常称为数据在信道上的**传输速率**。

$$\text{发送时延} = \frac{\text{数据块长度（比特）}}{\text{信道带宽（比特/秒）}}$$



传播时延

- **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。
- 信号**传输速率**（即发送速率）和信号在信道上的**传播速率**是**完全不同的概念**。

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度（米）}}{\text{信号在信道上的传播速率（米/秒）}}$$



处理时延

- **处理时延**：交换结点为**存储转发**而进行一些必要的处理所花费的时间。
- 结点缓存队列中分组**排队**所经历的时延是处理时延中的重要组成部分。
- 处理时延的长短往往取决于网络中**当时的通信量**。
- 有时可用排队时延作为处理时延。



时延

- 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：

$$\text{总时延} = \text{发送时延} + \text{传播时延} + \text{处理时延}$$

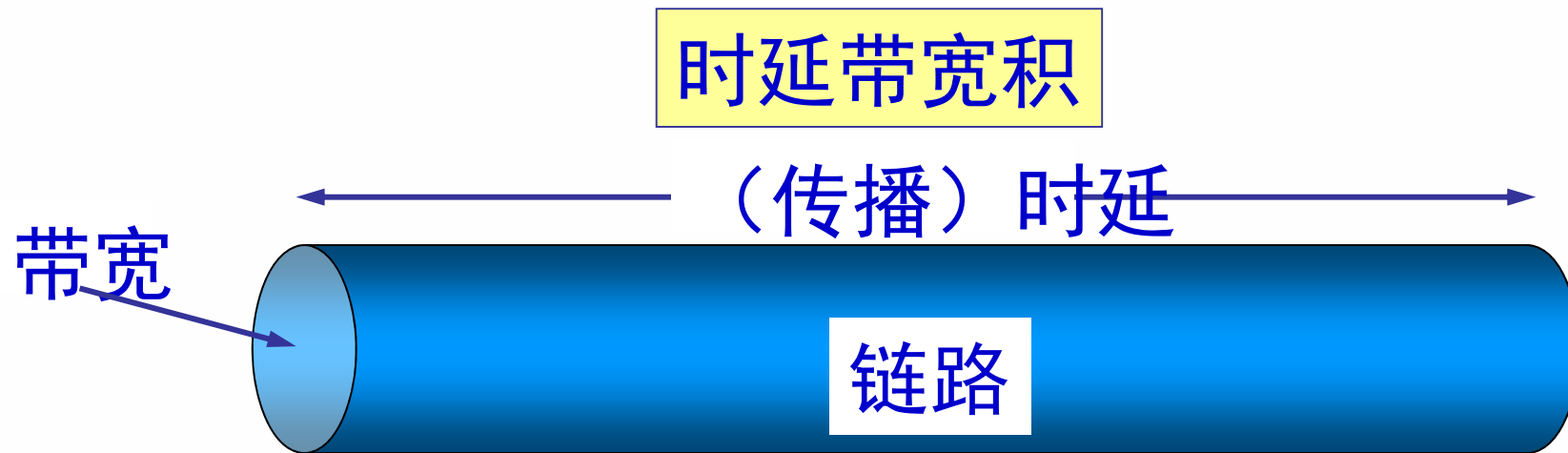


注意

- 对于高速网络链路，我们提高的仅仅是数据的发送速率而不是比特在链路上的传播速率。
- 提高链路带宽减小了数据的发送时延。



时延带宽积 (BDP)



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

- 链路的时延带宽积又称为以**比特**为单位的链路长度。



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。



吞吐量(throughput)

- 单位时间内通过某个网络（或信道、设备、端口）的数据量。
- 吞吐量受到网络带宽和网络速率的限制。
- 有时吞吐量可以用每秒传送的字节数或帧数来表示。



利用率

- 包括：信道利用率和网络利用率。
- 信道利用率：一段时间内信道被利用的时间的百分比。
- 网络利用率：全网络信道利用率的加权平均值。



本章小结

●主要内容

- 主要介绍计算机网络的产生和发展、特点、定义、分类、组成、网络功能、性能指标等。

●重点

- 了解计算机网络的分类、基本组成、性能指标以及计算机网络在信息化社会中的作用。