



江苏师范大学  
JIANGSU NORMAL UNIVERSITY

电气工程及自动化学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING & AUTOMATION

# 计算机网络技术

授课教师：李灿

联系方式：57862787

[lic@jsnu.edu.cn](mailto:lic@jsnu.edu.cn)

课程网站：[sslic.cn/cnet](http://sslic.cn/cnet)

教研室：12#-407A（轨道交通系）



# 讲在前面

## □ 教材

- 《计算机网络》第3版，冯博琴，高等教育出版社，2016.9
- 《计算机网络》第8版，谢希仁，电子工业出版社，2021.6





# 讲在前面

## □ 教材

- 《计算机网络》第3版，冯博琴，高等教育出版社，2016.9
- 《计算机网络》第8版，谢希仁，电子工业出版社，2021.6

## □ 课程情况

- 教学：32学时
- 实验：8学时

## □ 考核

- 平时：30%，作业、实验、出勤（旷课、迟到扣分）、提问（加分）
- 期末考试：70%



# 教学内容

- 第1章 引论
- 第2章 数据通信基础知识
- 第3章 计算机网络体系结构
- 第4章 因特网及其应用
- 第5章 网络互连与因特网基础
- 第6章 局域网
- 第7章 广域网
- 第8章 常用网络设备
- 第9章 网络操作系统
- 第10章 网络安全



# 实验（8学时）

---

1. 双绞线电缆制作和测试
2. **Web服务器的安装与配置**
3. 对等网的组建（**Cisco**）
4. 路由器与交换机组网（**Cisco**）



# 第1章 引论



# 本章内容

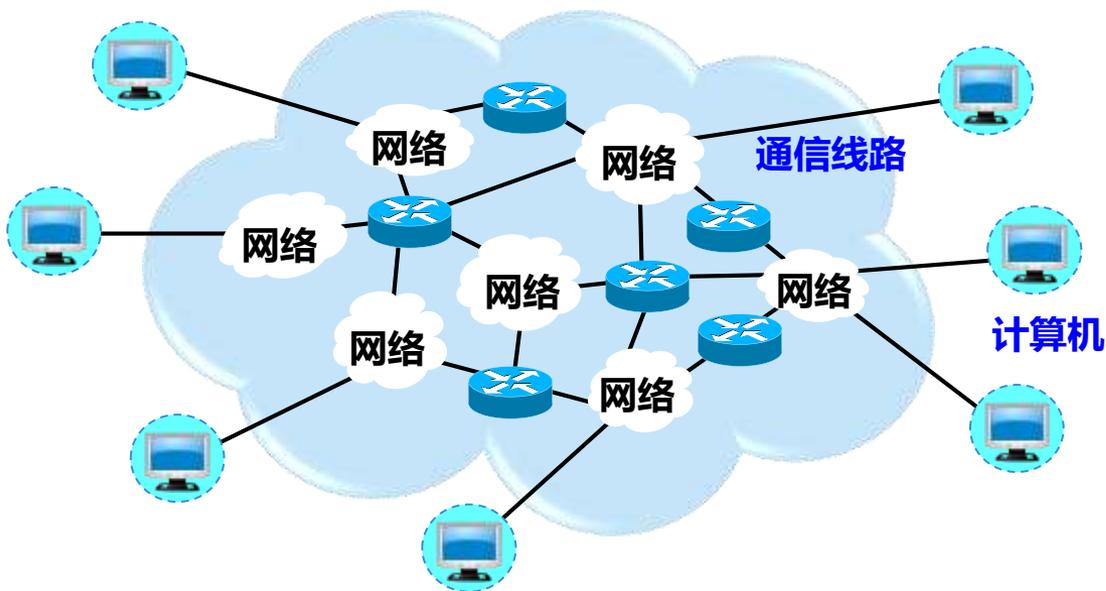
---

- 计算机网络的产生和发展
- 计算机网络的概念
- 计算机网络系统的组成
- 计算机网络的分类
- 计算机网络的应用
- 与计算机网络相关的国际标准化组织



# 计算机网络技术：源于计算机技术与通信技术结合

——始于20世纪50年代





# 1.1 计算机网络的产生和发展

## ➤ 早期的计算机应用模式：**单机**

- 大、中、小型机——庞大，**昂贵**，资源**无法共享**
- 分散的计算机构成了一个个的信息“孤岛”



ENIAC：占地170平方米  
造价48万美元

## ➤ 计算机网络产生始于**20世纪50年代**，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）

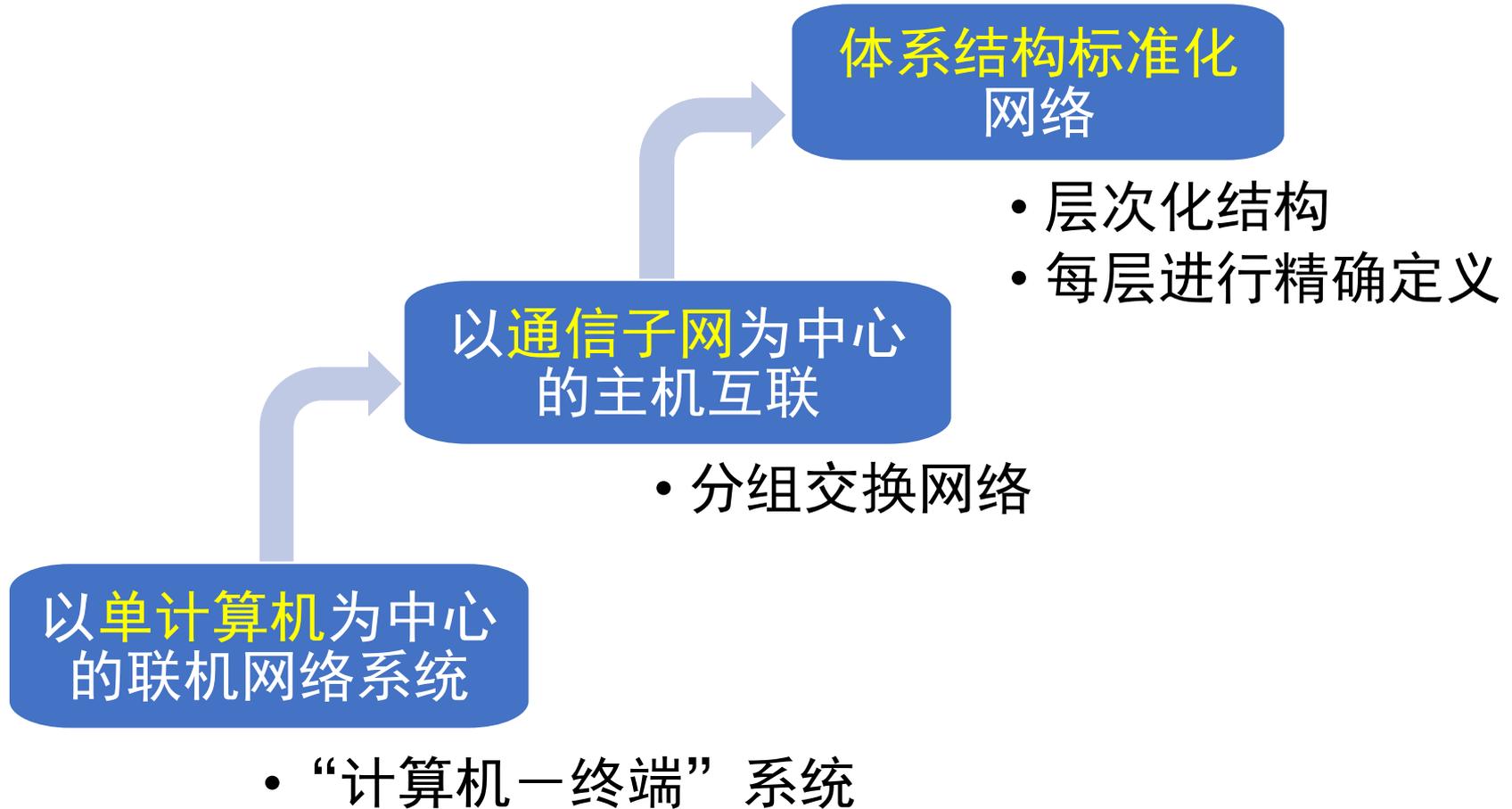
共享

协作

沟通



# 计算机网络发展的三个阶段（三代网络）





## 1.1.1 以单计算机为中心的联机网络系统

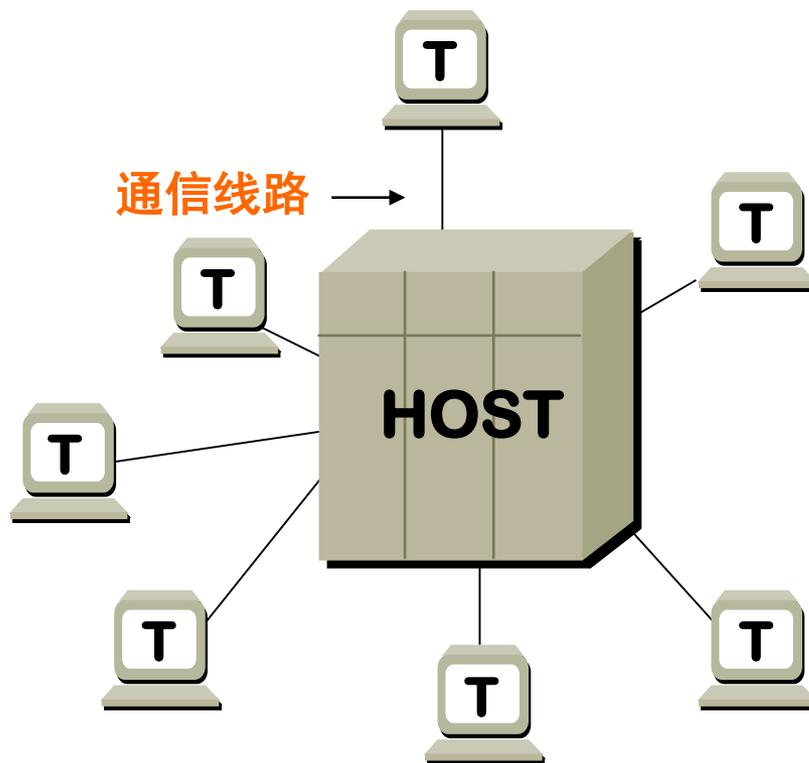
➤ **特征：终端 (Terminal) 共享主机 (Host) 的软硬件资源**

- 单台主机：执行数据处理和通信任务
- 多台终端：执行用户交互

➤ **连接方式：本地或远程**

例：**飞机订票系统**

- **HOST**（航空公司总部）
- **Terminals**（订票点）
- 通信线路（电话线路）





## 1.1.1 以单计算机为中心的联机网络系统

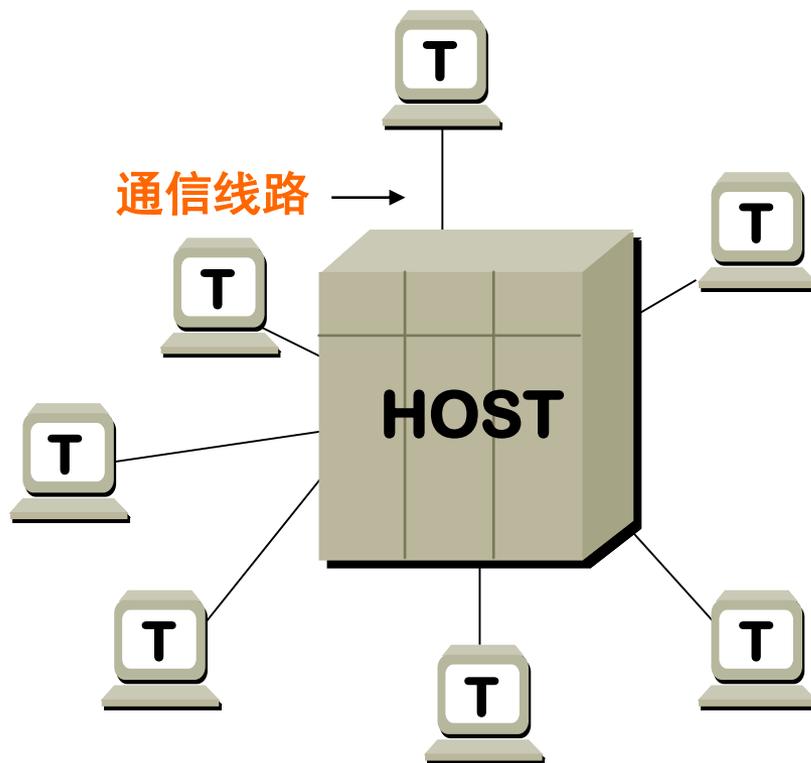
➤ 特征：终端 (Terminal) 共享主机 (Host) 的软硬件资源

- 单台主机：执行数据处理和通信任务
- 多台终端：执行用户交互

➤ 连接方式：本地或远程

缺点：

- 主机负荷重——数据处理 + 通信
- 线路利用率低
- 集中控制方式，可靠性低



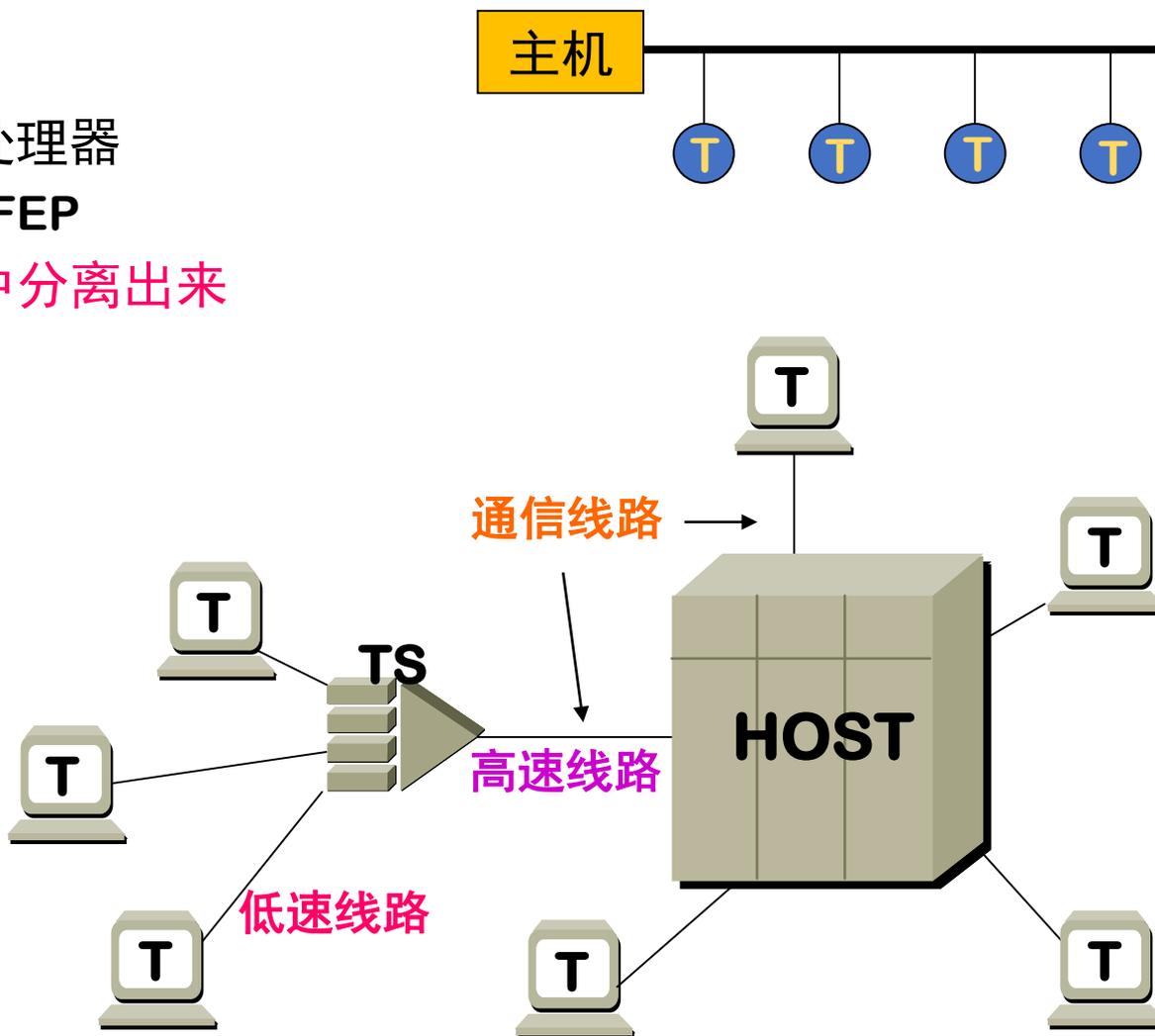


## 改进

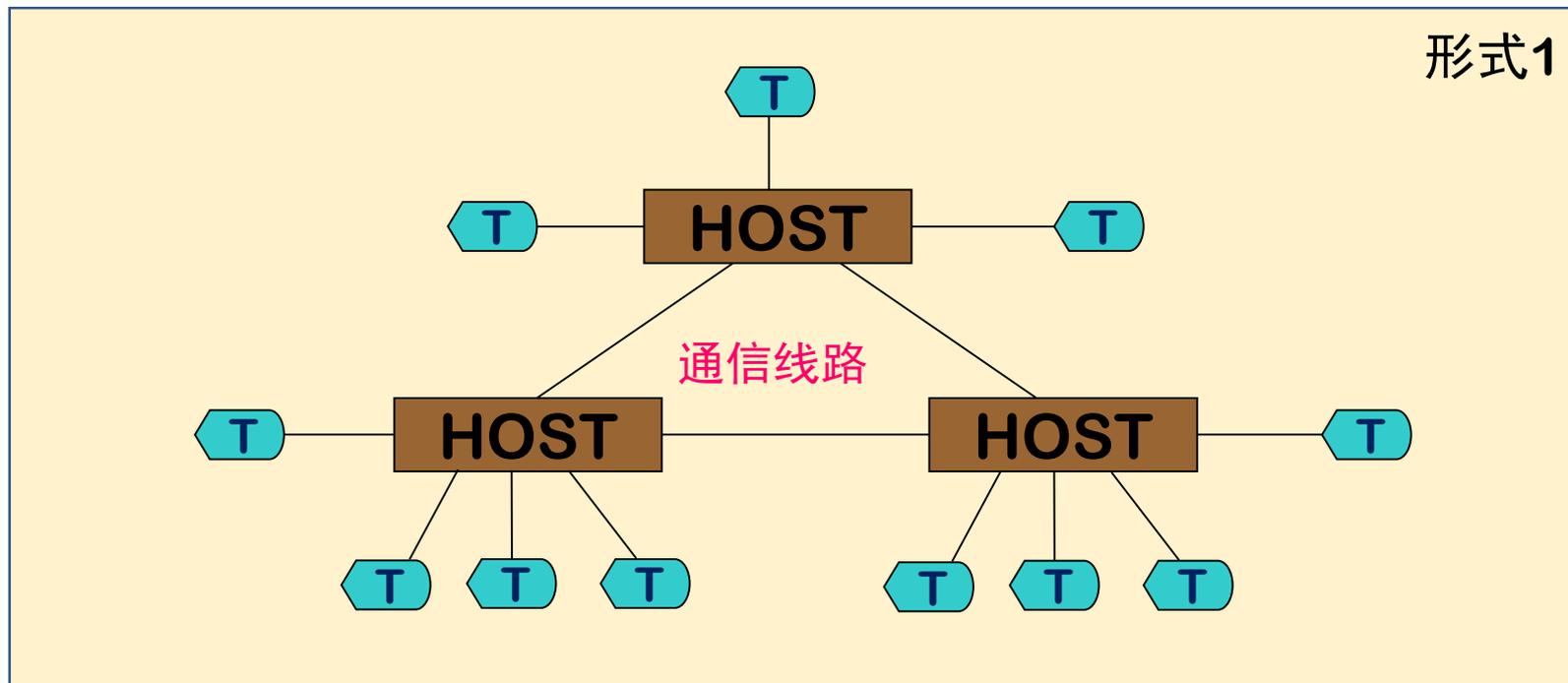
- 多点通信线路
- 终端集中器和前端处理器

Front-End Processor, FEP

将通信任务从主机中分离出来



## 1.1.2 分组交换网络（以通信子网为中心的主机互连）



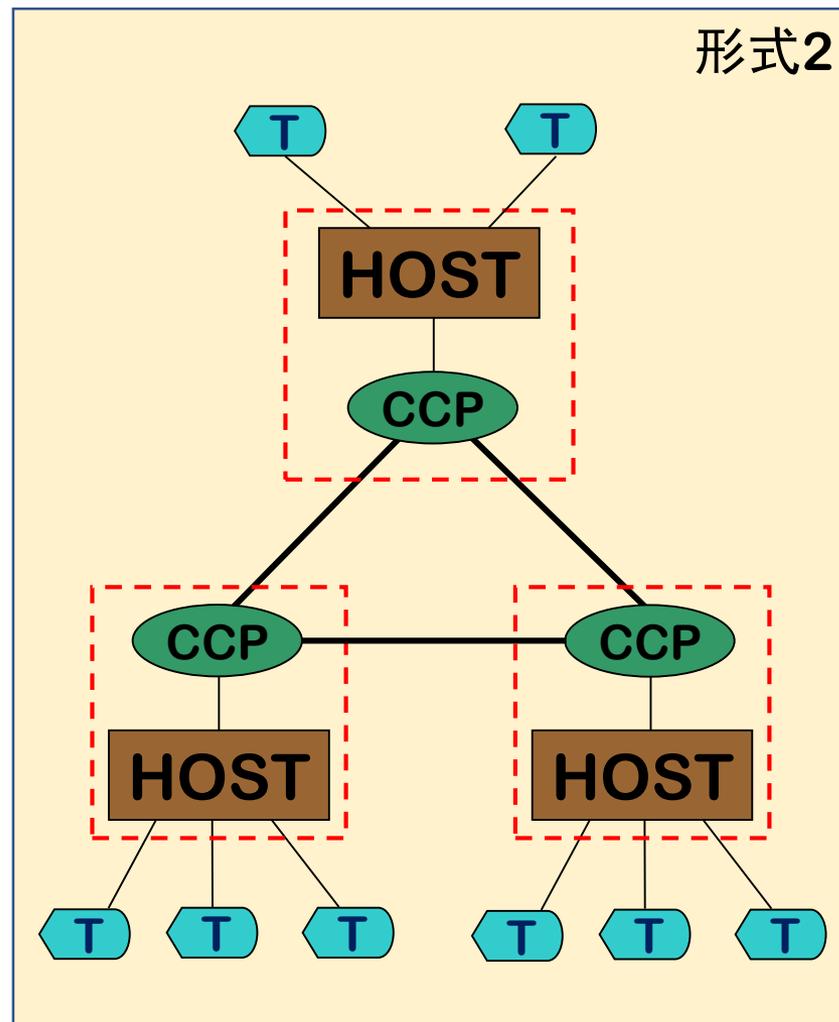
### ➤ 特征

- 多个终端主机系统互连，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”
- 主机既承担数据处理工作又承担通信工作

# 主机—主机网络的演变

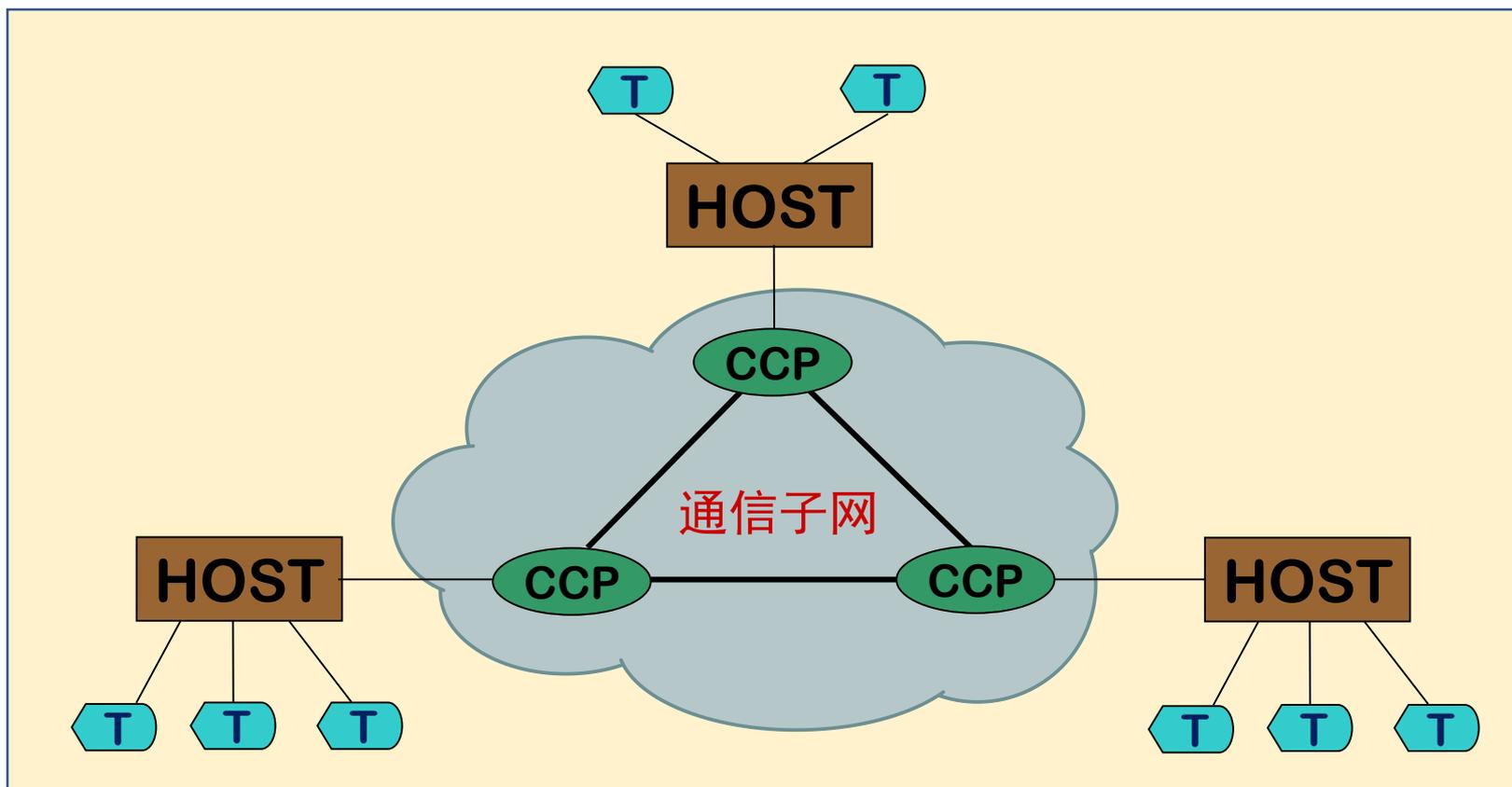
## ➤ 演变阶段1

- 通信任务从主机中分离  
引入**通信控制处理机 (CCP)**
- **CCP** (Communication Control Processor)  
处理主机之间完成**通信任务**的专用计算机



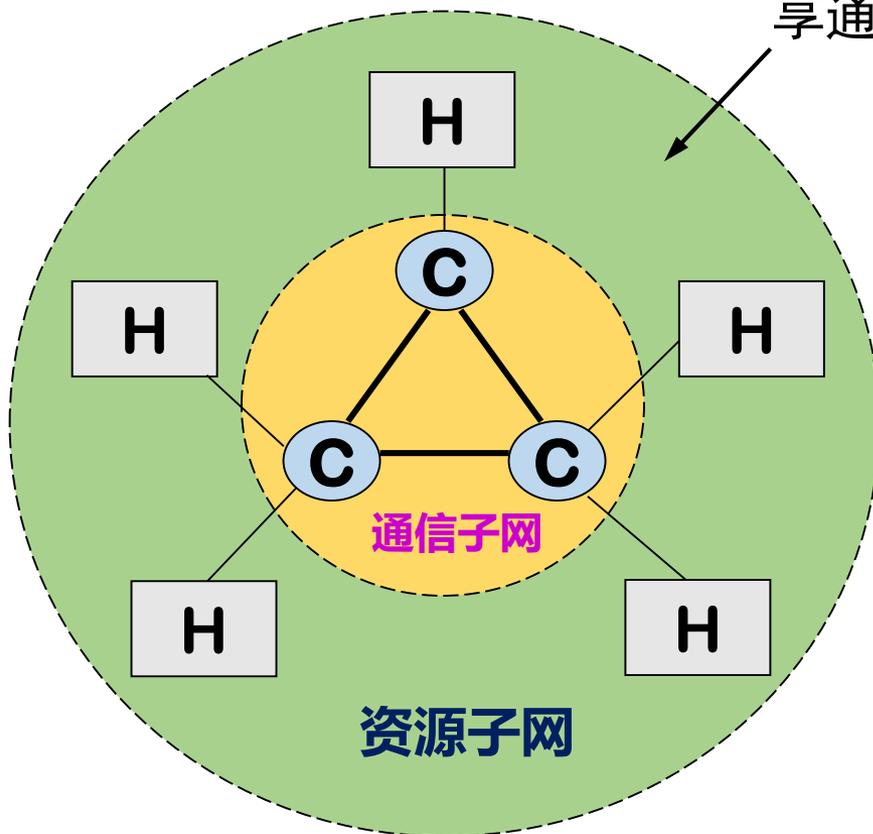
## ► 两层网络概念的出现

- 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



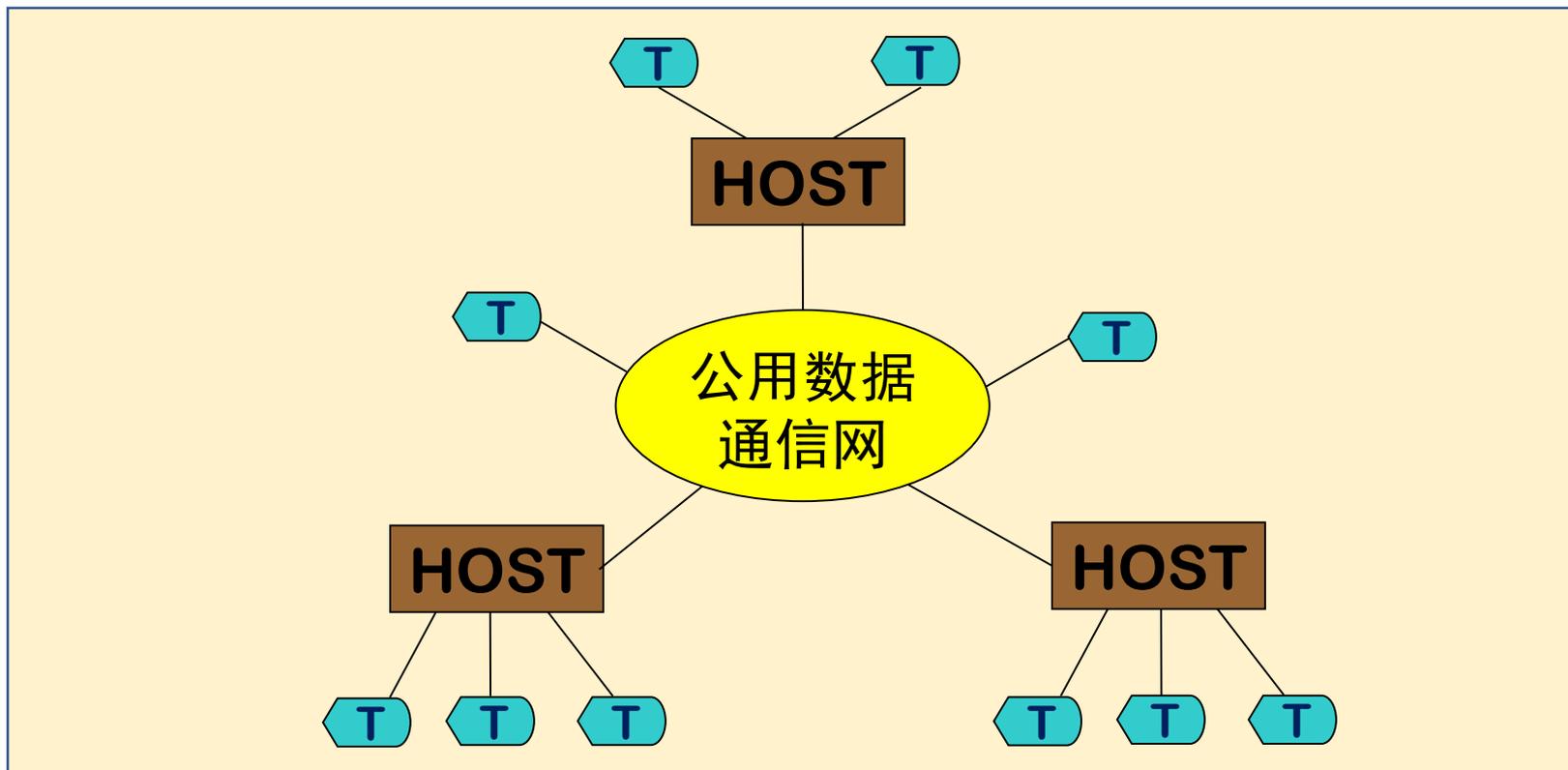
# 两层网络的概念结构

在通信子网上可有多个资源子网，共享通信子网的服务



## ➤ 演变阶段2

- 通信子网规模逐渐扩大
  - 专用→社会公用
- 公用数据通信网
  - **PSTN** (公用电话交换网)
  - **X.25** (公用分组交换网)
- **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**

- ◆ 1969美国军方建立的实验性网络
- ◆ 最初4个节点→20世纪70年代的60多个节点，100多台主机
- ◆ 地域跨越美洲、欧洲
- ◆ 具有**现代计算机网络的基本特征**，例如：
  - 资源共享
  - 分散控制
  - 分组交换
  - 采用专门的**CCP**
  - 分层次的网络体系
  - 较为完善的通信协议



## 1.1.3 体系结构标准化网络

- 计算机网络在体系结构上按**功能**被划分为若干**层次**（Layer）
- 网络计算机之间要进行正常、有序的通信，必须遵从一定的约定（**协议**）  
**协议**——网络中同等**层次**之间信息交互的**规则**
- **计算机网络的体系结构**：  
计算机网络的**层次结构**及各层**协议**的集合



## 1.1.3 体系结构标准化网络

### 为什么需要标准化？

1. 原动力：不同网络设备之间的**兼容性和互操作性**

**互操作性**：不同的计算机系统、网络、操作系统和应用程序（甚至是硬件设备）一起工作并共享信息的能力

2. 兼容性和互操作性的**最终目的**仍是**资源共享**



# 网络体系结构标准化过程的演变

- **厂商标准：IBM-SNA，DEC-DNA等**
  - 适用范围：兼容性？
  - 技术垄断：竞争
  - 标准不统一：用户利益
- **国际标准（ISO OSI/RM）**
- **开放系统互连参考模型（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**）



## 1.1.4 局域网（LAN）

---

- 始于**20世纪70年代**（美英）
- 超大规模集成电路（**VLSI**）技术——计算机降价——计算机局域网的发展
- 以太网是**LAN**的主流网络
- **IEEE**制定的**IEEE802**标准广泛影响国际标准



## 1.1.5 因特网时代

---

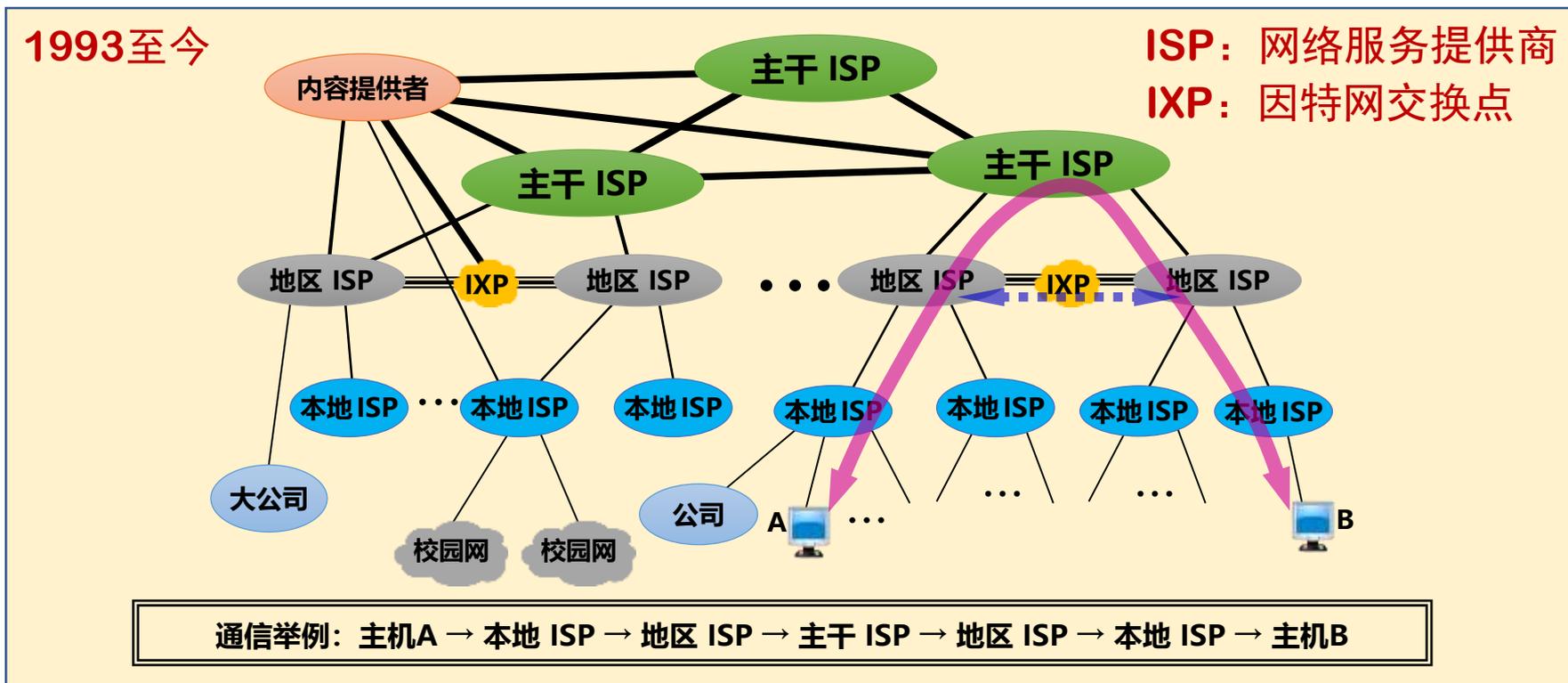
- Internet
- NGI
- Intranet

# Internet

- 因特网的出现标志着**网络时代**的到来

标志：1983年TCP/IP协议成为 ARPANET 上的标准协议

- 因特网是**全球性**的网络
- **丰富的信息**和**便利的使用**是其规模迅速增长的主要驱动力



# Internet

- 因特网的出现标志着**网络时代**的到来
- 因特网是**全球性**的网络
- **丰富的信息**和**便利的使用**是其规模迅速增长的主要驱动力
- 1980年，我国铁道部开始计算机联网实验  
1994年，我国正式接入因特网（64Kbps）
- 2021年9月15日，中国互联网络信息中心（**CNNIC**）在京发布第48次《中国互联网络发展状况统计报告》
  - 中国网民规模达**10.11亿**
  - 手机网民规模达**10.07亿**
  - 互联网普及率达**71.6%**
  - **40岁以下**网民超过**50%**
  - 内地国际出口带宽**11Tbps**为最初的**1.84亿倍**





# \*NGI (Next Generation Internet)

## ■ 各国NGI的情况

1. 美国政府资助的“下一代因特网计划”目标是：
  - 主干网的速率比现在的因特网高1000倍；
  - 端到端的速率要达到100Mb/s~10Gb/s。
2. 我国的第一个“互联网示范工程**CNGI**”是**NSFCNET**  
我国的“下一代中国教育科研网”——**CERNET2**

## ■ NGI的核心技术

1. **WDM**（波分复用），全光网络
2. **IPv6**（国际网路通讯协定第六版：Internet Protocol Version 6）



## \*Intranet (内联网)

- 将因特网的构造技术应用于企业的内部网络 (mini)
- 特点:
  - ① 为满足某个企业 / 事业单位自身的需要而建立
  - ② 基于因特网的技术和工具, 采用TCP/IP协议
  - ③ 广泛采用WWW (World Wide Web) 的技术
  - ④ 和因特网连接
  - ⑤ 连接底层的控制网络, 管理、优化、监控企业的生产过程
- **Extranet**: 外联网
  - 将内联网的范围延伸扩大, 扩大到企业的外部 (合伙、供销等) 形成企业外部网络
- **VPN** (虚拟专用网) 技术
  - 构建内联网和外联网
  - Intranet VPN, Extranet VPN

# 1.1.6 “三网”融合

■ 独立设计和运营的传统**电信网、计算机互联网和有线电视网**  
**相互渗透与相互融合**

■ 需解决的问题：

- 信号数字化
- 共同的承载网络
- 相同的呼叫地址形式
- 信息资源共享



需解决的问题	电信网	计算机网络	广播电视网络
信号数字化	已完成	全数字化	基本实现
承载网络	电路交换	电路交换、分组交换	无交换
呼叫地址形式	电话号码	域名、IP地址	无地址



## ■ “三网”融合后的特征：

- ① 网络在物理层上是互通的
- ② 用户只需一个物理网络连接
- ③ 在应用层上，各网络之间的业务是相互渗透和交叉的
- ④ 网络之间的协议要么兼容，要么可以进行无缝转换

## ■ “三网”融合不是简单互连

- 将推动信息产业的发展；
- 导致信息产业结构重组和管理体制及政策法规的相应变革。

## ■ 目前实现过程仍有困难，但它是势不可挡的历史潮流



## \*1.1.7 NGN（下一代通信网络）

- NGN以**软交换**为核心，能够提供包括语音、数据、视频和多媒体业务的基于**分组技术**的综合开放的网络架构。
- **技术优势**
  - ① 开放的、分层的网络构架体系
  - ② 业务与呼叫控制分离、呼叫控制与承载相分离
  - ③ 支持各种业务和用户无拘束的接入
  - ④ 可与现有网络互通
  - ⑤ 支持移动性
  - ⑥ 电信级的硬件平台



# IT技术变迁预言P11

- **摩尔定律**：集成电路芯片的能力每**18**个月提高一倍，而其价格则降低一倍。
- **贝尔定律**：如果保持计算机能力不变，微处理器的价格和体积每**18**个月减小一倍。
- **鲍伯·麦特尔卡夫提出**：**网络的价值同网络用户数量的平方成正比**。网络上的 $n$ 个用户，每个用户都可以共享使用其他用户的信息，即任何一个用户都可以使用 $n$ 个用户的信息，所以网络的价值与 $n^2$ 成正比。
- **乔治·吉尔得预测**：在未来**25**年，**主干网的带宽每6个月增加一倍**，其增长速率远远超过摩尔定律，是芯片增长速率的三倍。



## 1.2 计算机网络的概念

- **从应用的观点：**以相互共享资源方式连接起来，且各自具有独立功能的计算机系统的集合。
- **从物理的观点：**在网络协议的控制下，由若干台计算机和数据传输设备组成的系统。
- **多数人：**计算机网络是指把若干台地理位置不同且具有独立功能的计算机，通过通信设备和线路相互连接起来，以实现数据传输和资源共享的一种计算机系统。
- **特点：**不仅能够使用网络中的各台计算机（也可称作网络节点）之间相互通信，而且还可以共享某些节点（如服务器）上的系统资源。
- **系统资源：**硬件资源；软件资源；数据资源（最重要）

## 计算机网络：相互连接的自治计算机的集合

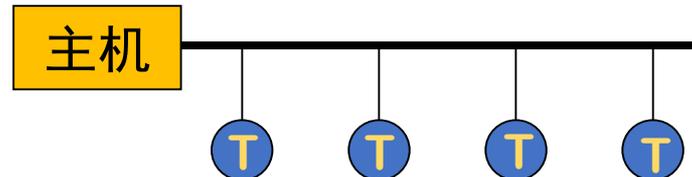
- **互连**：以任何可能的通信连接方式
  - 有线方式：铜线、光纤
  - 无线方式：红外、无线电（微波）、卫星
- **自治**：能独立运行，不依赖于其他计算机
  - “主机—终端”系统（第一代网络）是否为计算机网络？
- **集合**：共享资源



# 计算机网络与其他类似系统的比较：分时、多机

## 1. 终端分时系统

- 各终端**分时占用**主机资源
- **终端无计算能力**，对主机的依赖性极强
- 通信主要采用异步串行连接（本地或远程）



## 2. 多机系统



- **含义**：专指同一机房中的许多大型主机互连组成功能强大、能高速并行处理的计算机系统。

## 3. 与计算机网络的比较：在耦合度上有明显的差别

- **多机系统属于紧耦合**，主机间通信多采用共享存储器、共享总线等（有的系统也采用高速局域网）
- **计算机网络属于松耦合**。



# 计算机网络与其他类似系统的比较：分布式系统

## 1. 分布式系统的特点

- 在分布式OS统一调度下，各计算机协调工作，共同完成一项任务，如并行计算。
- 用户面对的是一台逻辑上的计算机，组成分布式系统的各计算机怎样协同工作，对用户透明。
- 用途主要是科学计算和事务处理。

## 2. 计算机网络的特点

- 非协调性的；
- 松散耦合的；
- 各计算机对用户非透明，用户必须指定资源的位置；
- 用途主要是资源共享。

## 3. 关系：分布式系统往往基于计算机网络来实现

- 例如：在因特网中，域名服务系统（DNS）是分布式系统的一项典型的应用
- 分布式数据库系统也需要网络的支持

# 1.3 计算机网络系统的组成——角度1

## 硬件

### ■ 网络节点

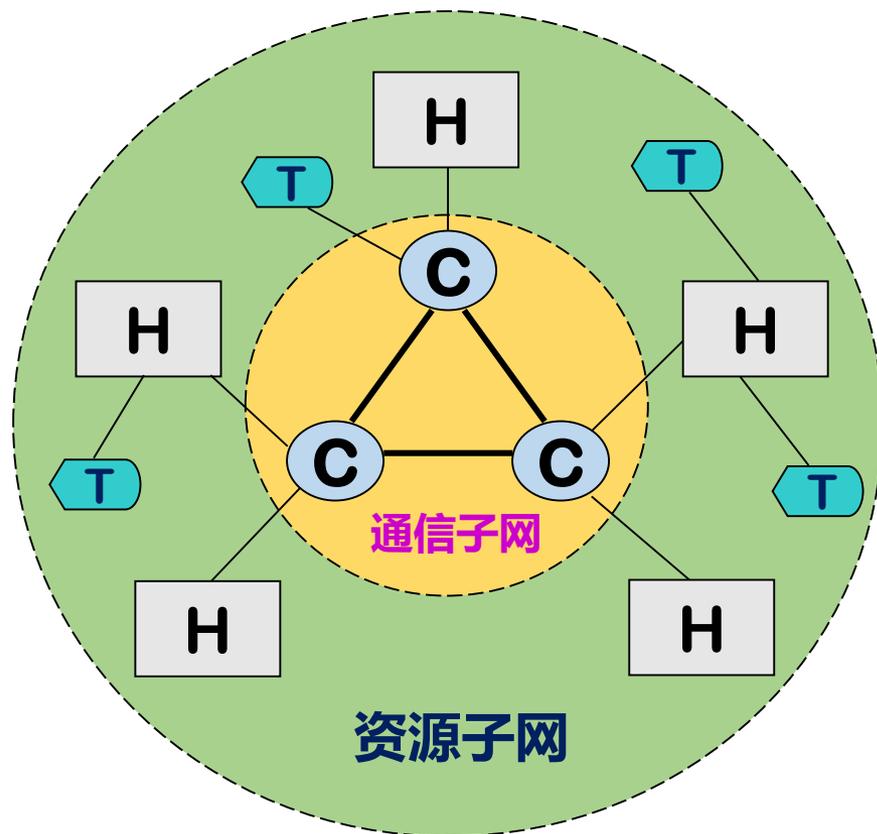
- 端节点：计算机
- 中间节点：交换机、集中器、复用器、路由器、中继器

### ■ 通信链路：信息传输的通道

- 物理：传输介质
- 逻辑：信道

## 软件

- 通信软件（网络协议软件）
- 网络操作系统
- 网络管理/安全控制软件、网络应用软件



资源子网+通信子网

# 1.3 计算机网络系统的组成——角度2

## 边缘部分

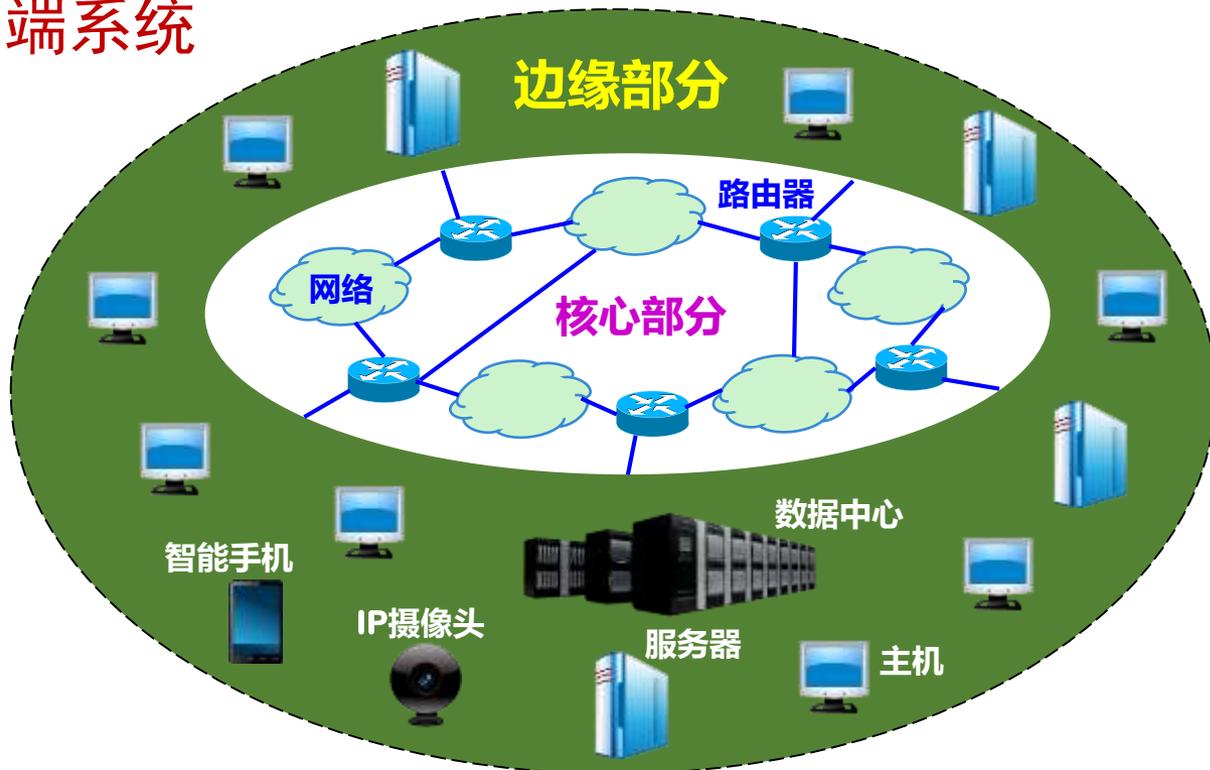
### ■ 连接在互联网上的端系统

- 用户直接使用
- 通信（传送数据）
- 资源共享

## 核心部分

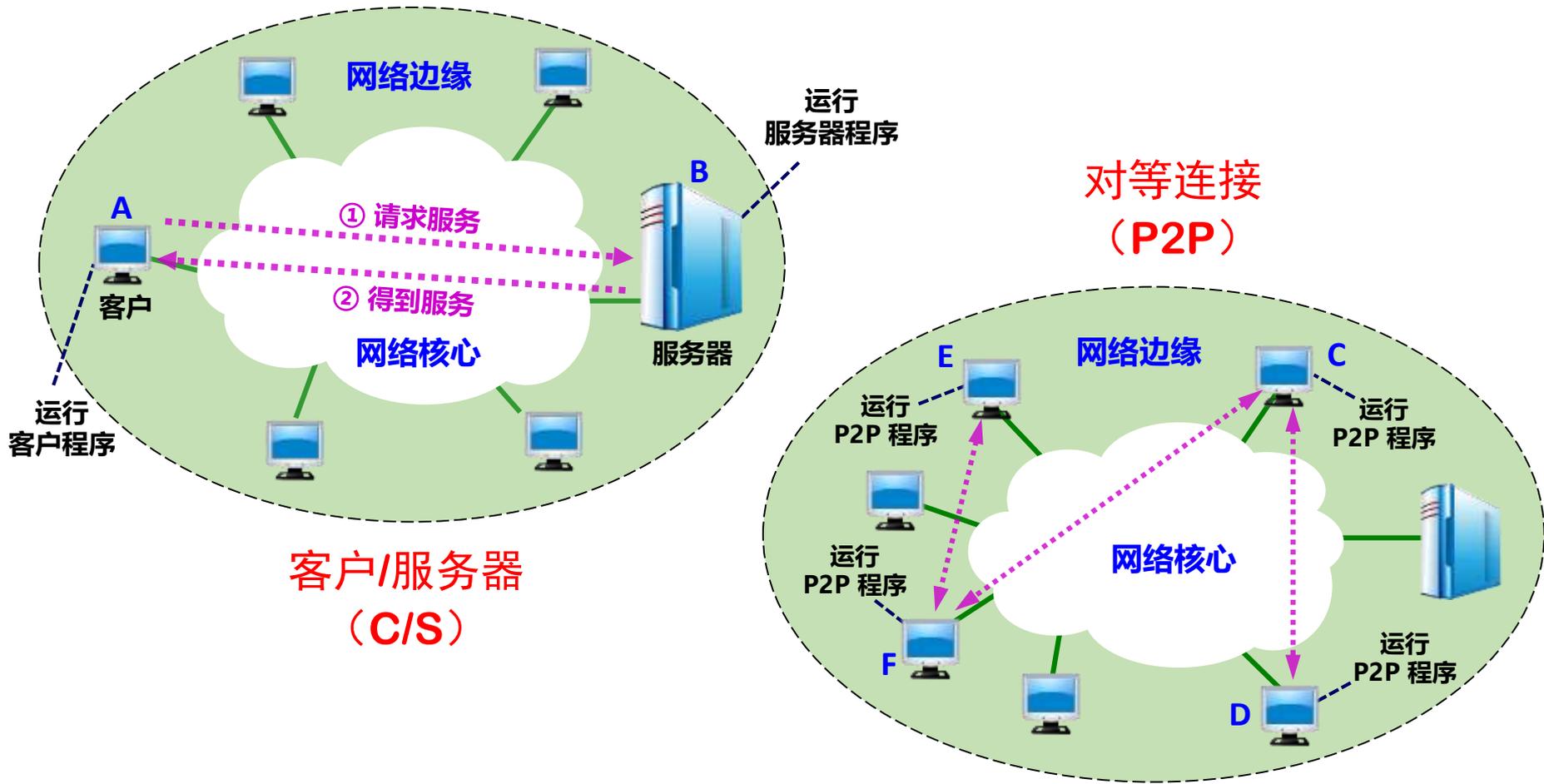
### ■ 大量网络+路由器

- 为边缘部分提供：  
**连通性和交换**



# 1.3 计算机网络系统的组成——角度2

## 端系统（进程）通信方式

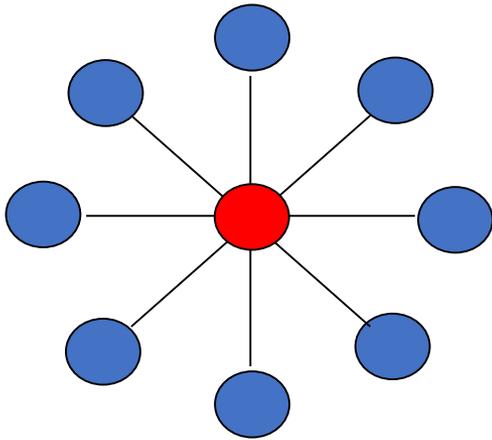




# 1.4 计算机网络的分类

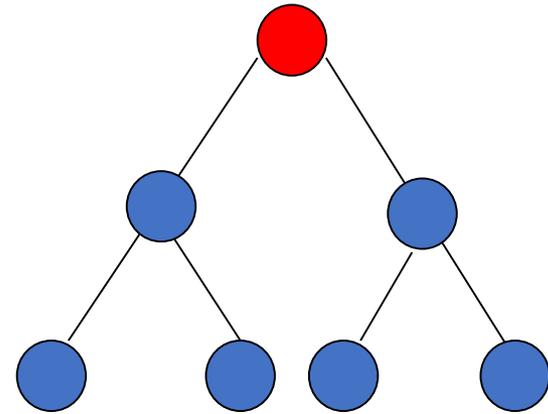
- 按拓扑结构
- 按距离
- 按通信介质
- 按信息传播方式
- 按通信速率
- 按用户
- 按网络控制方式
- 按网络环境

## 1.4.1 计算机网络的分类：拓扑结构



星形拓扑

有一个中心节点，其他节点与其构成点到点连接

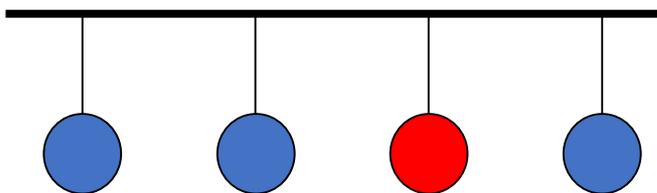


树形拓扑

一个根节点、多个中间分支节点和叶子节点构成

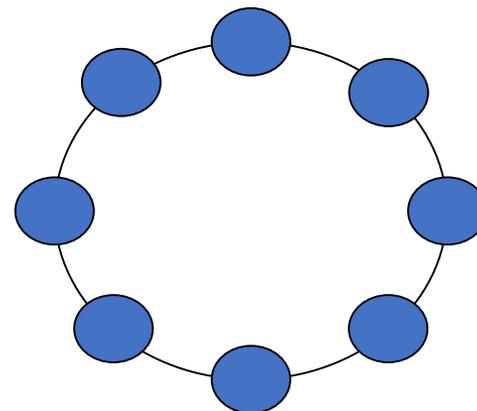
## 1.4.1 计算机网络的分类：拓扑结构

需要有介质访问控制规程以防止冲突



总线型拓扑

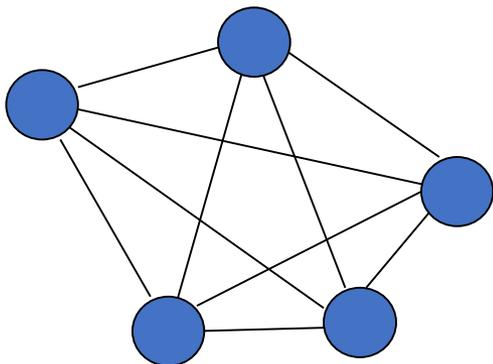
所有节点挂接到一条总线上，  
广播式信道



环形拓扑

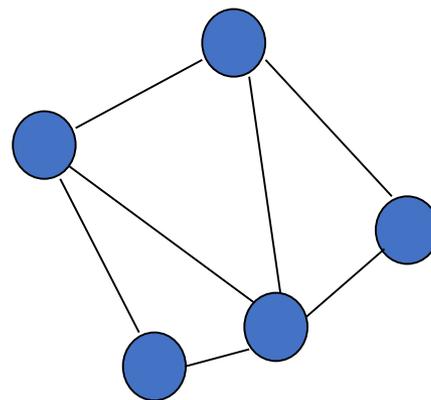
所有节点连接成一个闭合的  
环，节点之间为点到点连接

## 1.4.1 计算机网络的分类：拓扑结构



全连接拓扑

点到点全连接，连接数随节点数的增长迅速增长 ( $N(N-1)/2$ )，使建造成本大大提高，只适用于节点数很少的局域网中。



不规则拓扑

点到点部分连接，多用于广域网，由于连接的不完全性，需要有交换节点。



## 1.4.2 计算机网络的分类：距离

	局域网 LAN	城域网 MAN	广域网 WAN
范围	小 <20km	中等 <100km	大 >100km
传输技术	基带 10Mb/s~1000Mb/s 延迟低 出错率低 ( $10^{-11}$ )	宽带 基带	宽带, 延迟大, 出错率高
拓扑结构	总线型, 环型	总线型	不规则, 点到点



## 1.4.3 计算机网络的分类：通信介质

- 有线网：

采用同轴电缆、双绞线、光纤等物理介质来传输数据的网络

- 无线网：

采用卫星、微波等无线形式来传输数据的网络



## 1.4.4 计算机网络的分类：信息传播方式

### ■ 点对点传输方式的网络：

由一对对机器间的多条传输链路构成

- 信源与信宿之间的通信需经过一台和多台中间设备进行传输
- 网状、环形、树形、星形

### ■ 广播方式网络：

一台计算机发送的信息可被网络上所有的计算机接收

- 总线型、无线（微波、卫星）

### ■ 局域网络通常使用广播方式，广域网络通常使用点对点方式（也有例外）



## 1.4.5 计算机网络的分类：通信速率

### ■ 低速网

- 网上数据传输速率在**300b/s~1.4Mb/s**之间的系统。这种系统通常是借助调制解调器利用电话网来实现的。

### ■ 中速网

- 网上数据传输速率在**1.5Mb/s~45Mb/s**之间的系统。这种系统主要是传统的数字式公用数据网。

### ■ 高速网

- 网上数据传输速率在**50Mb/s ~1000Mb/s**之间的系统。信息高速公路的数据传输速率会更高。



## \*关于带宽

- **宽带速率**指的技术上所能达到的最大理论速率值，一般是上传和下载的速度，速率越高，上传和下载的越快。由于用户上网时还受到用户电脑软硬件的配置、所浏览网站的地址、对端网站带宽等情况的影响，因此，用户上网时的速率通常低于理论速率值。
- 理论上，**2M**，即**2Mb/s**，宽带理论速率是 **256KB/s**  
**128KB/s=1Mb/s**
- 在计算机网络或者是网络运营商中，一般，宽带速率的单位用**bps(或b/s)**表示；**bps**表示比特每秒即表示每秒钟传输多少位信息，是**bit per second**的缩写。在实际所说的**1M**带宽的意思是**1Mbps**（是**兆比特**每秒**Mbps**不是**兆字节**每秒**MBps**）
- **共享带宽与独享带宽**
- **影响上网速率的因素**



## 1.4.6 计算机网络的分类：用户

### ■ 公用网

- 又称公众网。对所有的人来说，只要符合网络拥有者的要求就能使用这个网，它是为全社会所有的人提供服务的网络。

### ■ 专用网

- 一个或几个部门所拥有，只为拥有者提供服务，不向拥有者以外的人提供服务。



## 1.4.7 计算机网络的分类：网络控制方式

### ■ 集中式计算机网络

- 这种网络的处理控制功能都高度集中在一个或少数几个节点上，所有的信息流都必须经过这些节点之一。可靠性低。

### ■ 分布式计算机网络

- 不存在控制中心，网络中的任一节点都至少和另外两个节点相连接，信息从一个节点到达另一节点时，可能有多条路径。
- 网络中的各个节点平等地相互协调工作和交换信息，可以共同完成一项大型任务。
- 具有信息处理的分布性、可靠性高、可扩充性及灵活性好的优点。
- **CBTC**（基于通信的列车控制）→ 车车通信、去中心化



## 1.4.8 计算机网络的分类：网络环境

- 部门网络（Departmental Network）
  - 局限于一个部门的LAN，该网络通常由几十个工作站、若干个服务器，以及可共享的打印机等设备所组成。
- 企业网络（Enterprise-Wide Network）
  - 在企业中配置的、能覆盖整个企业的计算机网络。
- 校园网络（Campus Network）
  - 在学校中配置的、覆盖整个学校的计算机网络。

# 1.5 计算机网络的应用

## ■ 计算机网络的应用领域

- 企业信息化
- 电子商务 网上购物...
- 信息发布与检索
- 个人通信
- 家庭娱乐
- .....



“互联网+” 各个传统行业

## ■ 计算机网络引发的社会问题

计算机犯罪、道德、隐私.....



传播病毒



窃取数据、钱财



散布谣言



不良信息



诈骗、勒索



沉迷游戏



.....



# 1.6 与计算机网络相关的国际标准化组织

## ■ 国际标准化组织

- 国际标准化组织（**ISO**：International Organization for Standardization）
- 电气与电子工程师学会（**IEEE**：Institute of Electrical and Electronics Engineers）

## ■ Internet 标准化组织

- 因特网协会（**ISOC**：Internet Society）
- 因特网体系结构研究委员会（**IAB**：Internet Architecture Board）
- 因特网工程任务部（**IETF**：Internet Engineering Task Force）
- 因特网研究任务组（**IRTF**：Internet Research Task Force）
- 因特网编号管理机构（**IANA**：Internet Assigned Number Authority）
- 因特网名称和号码分配公司（**ICANN**：Internet Corporation for Assigned Names and Numbers）
- 请求评注（**RFC**：Request for Comments）：发布因特网协议标准

## ■ 电信标准化组织

- 国际电信联盟（**ITU**：International Telecommunication Union）
- 国际电报电话咨询委员会（**CCITT**：Consultative Committee International Telegraph and Telephone）  
ITU-T的前身



# 本章小结

- 计算机网络的产生和演变
  - 三代计算机网络的概念和演化过程
- 计算机网络的概念
  - 相互连接的自治计算机的集合
- 计算机网络的组成
  - 硬件、软件
  - 核心、边缘
  - 端系统通信方式：C/S, P2P
- 计算机网络的分类
  - 按拓扑结构、距离、传播方式等



# 作业

---

- 第22页：

2, 5, 8

注：第8题仅比较星形和总线形即可