



# 计算机通信与网络

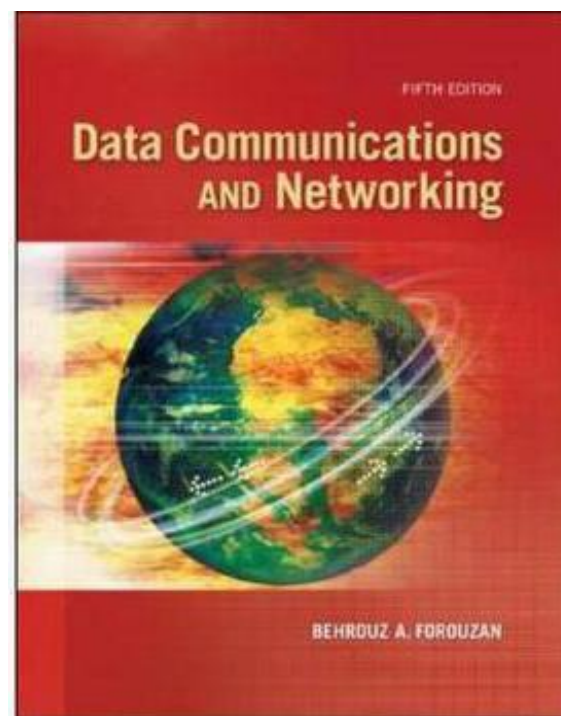
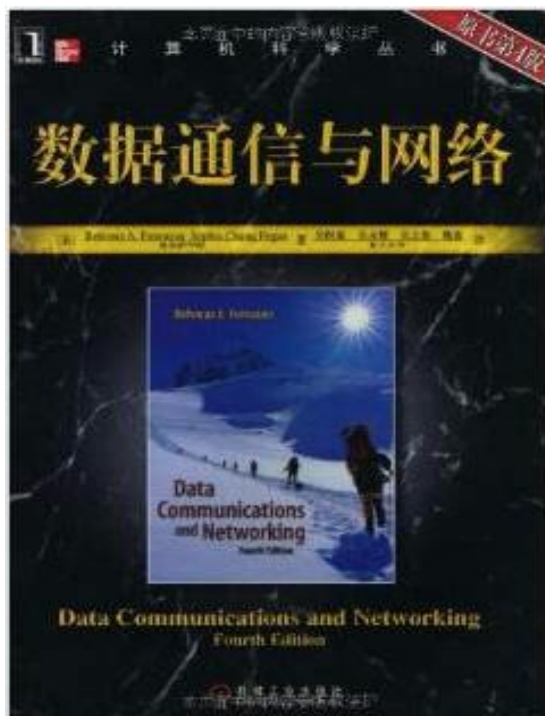


# 考核方式

- 方式：
  - 课堂讲授+课堂实践
  - 平时作业+课后拓展
  - 线下实验
- 考试：
  - 平时成绩：10%
  - 项目学习成绩：10%
  - 线下实验：20%
  - 期末考试：60%

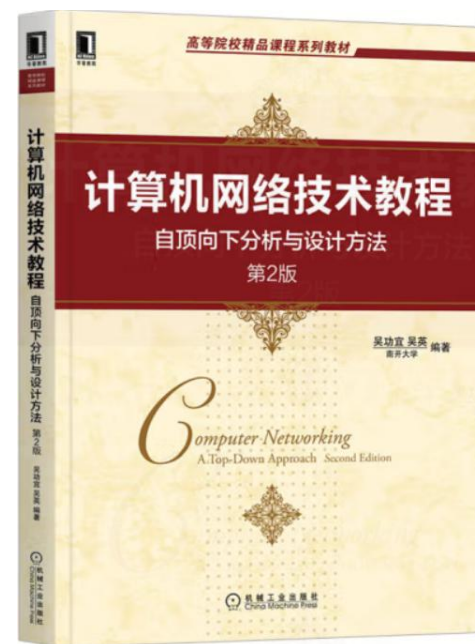
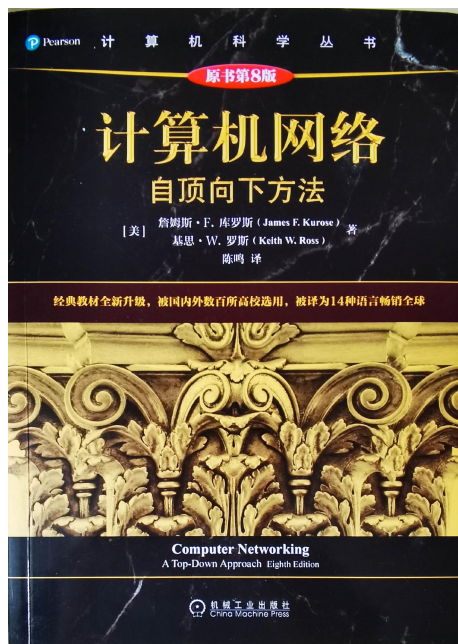
## 数据通信与网络(原书第4版, 中文版)

Behrouz A. Forouzan, Sophia Chung Fegan. 机械工业出版社



# 参考书

- 计算机网络(第6版), Andrew s.Tanenbaum. 清华大学出版社.(中英文)
- 计算机网络:自顶向下方方法(原书第8版), James F.Kurose、Keith W.Ross. 机械工业出版社.(中英文)
- 计算机网络技术教程 自顶向下分析与设计方法(第2版), 吴功宜, 吴英. 机械工业出版社

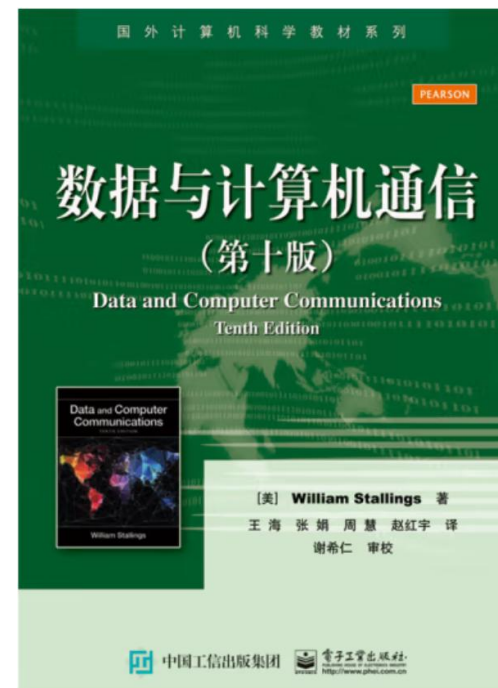
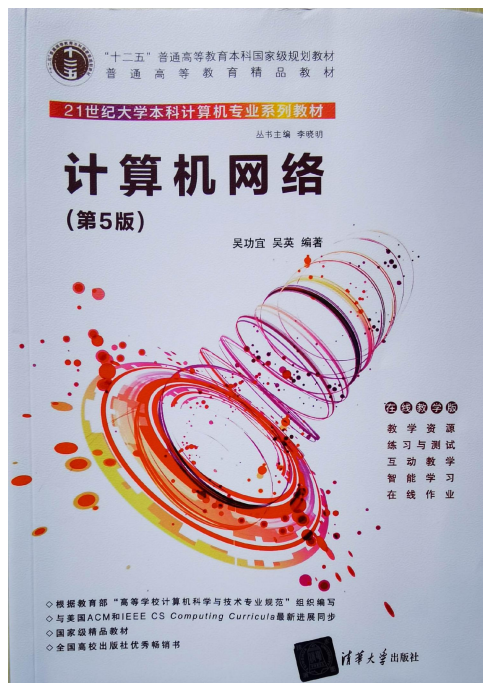




# 参考书



- 计算机网络（第5版），吴功宜，吴英. 清华大学出版社
- 计算机网络(第8版)， 谢希仁. 电子工业出版社
- 数据与计算机通信(第十版)， William Stallings. 电子工业出版社





- 课程名
  - 计算机通信与网络  
(Computer Communications and Networks)
- 教材名
  - 数据通信与网络  
(Data Communications and Networking)



# 教学计划

- 第**1**部分 概述（**2**次课，**4**学时）
- 第**2**部分 物理层（**4**次课，**8**学时）
- 第**3**部分 数据链路层（**5**次课，**10**学时）  
局域网与广域网（**4**次课，**8**学时）
- 第**4**部分 网络层（**8**次课，**16**学时）
- 第**5**部分 传输层（**3**次课，**6**学时）
- 第**6**部分 应用层（**2**次课，**4**学时）
- ~~第**7**部分 网络安全~~



# 网络课程学习心得

- 掌握网络课程的基本：协议
- 记住一些英文缩写
  - IP, TCP, ICMP, IGMP, FTP, DNS .....
- 读懂英文教材，对以后的裨益很大
  - 能够理解最原汁原味的概念和术语：
  - 如：protocol-协议，packet-分组，包，
  - Datagram-数据报，segment-分段，分片，在TCP中有特殊的含义
  - Fragment-分片，在TCP/IP协议中有特殊的含义
- 掌握网络基本原理的框架
  - 和TCP/IP体系结构
- 掌握一些重要协议的原理和结构
  - HDLC, **IP, TCP**, UDP, X.21, **802.3**, 802.11





# 第一章

## 绪论



如何使这些（异构）互联的设备能够通信？如何构建计算机网络？



# 1-1 数据通信

- **电信**(telecommunication)在一定距离上的通信(tele是希腊语，即“远程的”)。
- **数据**(data)指的是以任何格式表示的信息，该格式需要创建和使用数据的双方达成共识。
- **数据通信**(data communication)是在两台设备之间通过诸如线缆的某种形式的传输介质进行的数据交换。

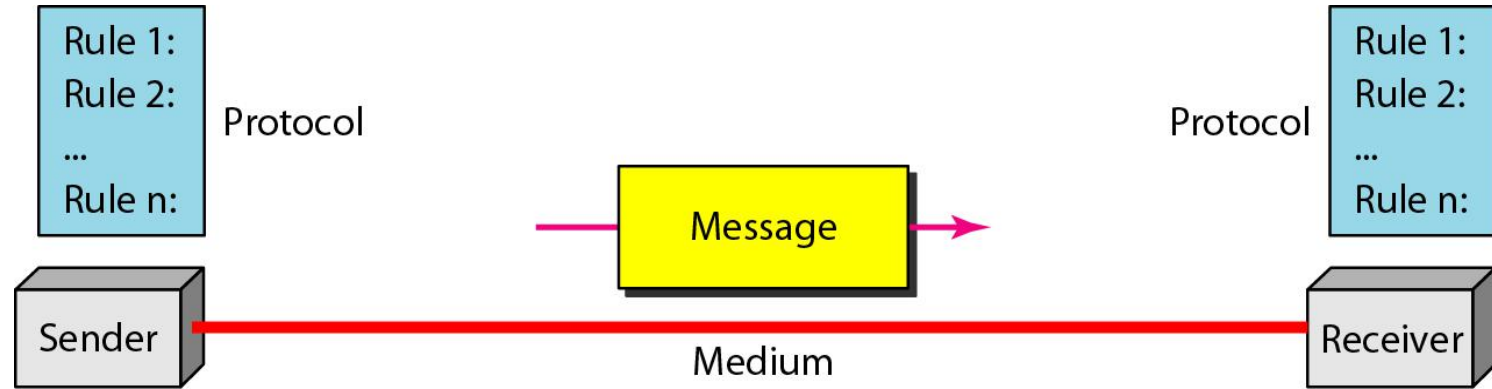
## 本节要点:

组件——报文、发送方、接收方、传输介质、协议

数据表示——文本、数字、图像、音频、视频等

数据流——单工、半双工、全双工

图 1.1 数据通信系统的五个组件



- 报文(Message)
- 发送方(Sender), Source
- 接收方(Receiver), Destination
- 传输介质(Transmission Medium)
- 协议(Protocol), 管理数据通信的一组规则, 表示通信设备之间的一组约定。



# 数据的表示

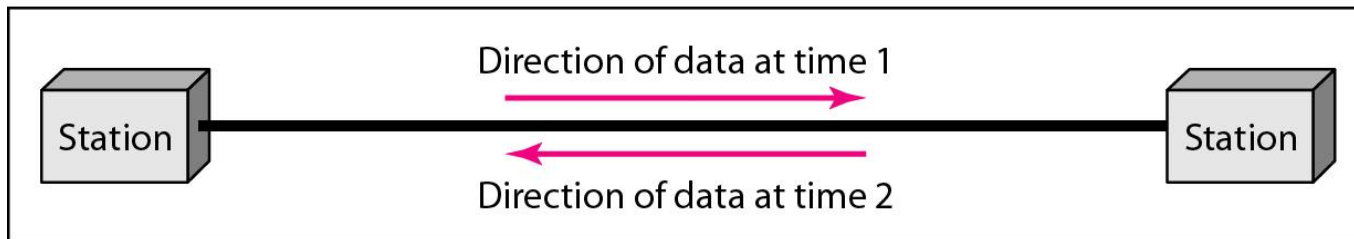
- ◆ 文本(Text): 编码, unicode, ASCII, GB码
- ◆ 数字(Number)
- ◆ 图像(Image): JPG, RGB, YCM (黄、紫、青)
- ◆ 音频(audio): MP3, APE
- ◆ 视频(Video): MPG, RMVB, MP4



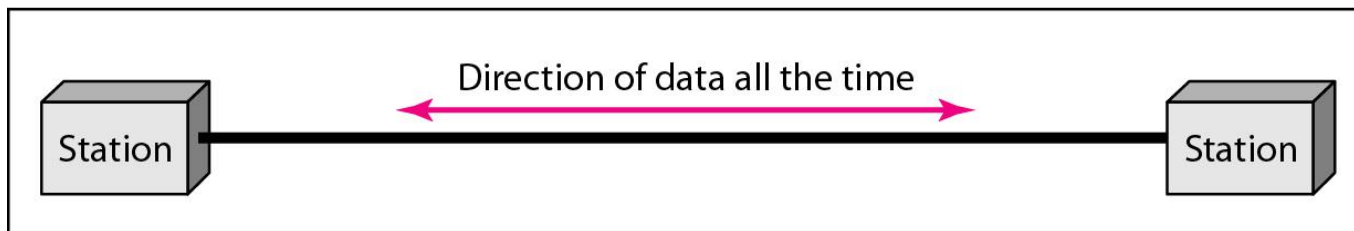
图1.2 数据流 (a.单工, b.半双工, c.全双工)



a. Simplex



b. Half-duplex



c. Full-duplex

## 1-2 网络

**网络(network)** 是用通信**链路**连接起来的设备(通常称为**节点**)的集合。一个节点可以是计算机, 打印机, 或者能够发送、接收由该网络上的其他节点产生的数据的任何其他设备。

### 本节要点:

分布式处理 **Distributed Processing**

网络准则 **Network Criteria** ——性能、可靠性、安全性等

物理结构 **Physical Structures** ——连接类型、拓扑

网络模型 **Network Models** ——OSI & TCP/IP

网络分类 **Categories of Networks** ——局域网 广域网 (范围)

互联网络 **Interconnection of Networks: Internetwork**



# 计算机网络的定义与特征

- 定义：以能够相互共享资源的方式互联起来的自治计算机系统的集合。
- 特征
  - 计算机网络建立的目的是实现计算机资源的共享；
  - 联网计算机之间的通信必须遵循共同的网络协议；
  - 互联的计算机是分布在不同地理位置的多台独立的“自治计算机系统”。



# 网络准则(Network Criteria)

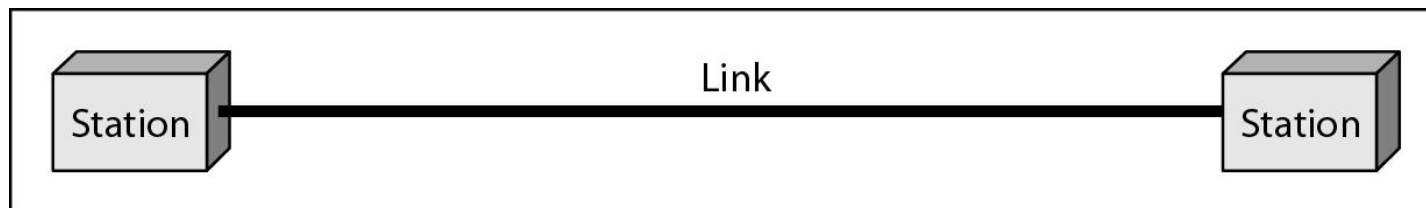
- 性能(Performance), 如传输时间, 响应时间
  - 吞吐量(throughput)
  - 延迟(delay), latency
- 可靠性(Reliability)
  - 故障出现的频率
  - 故障恢复所花费的时间
  - 灾难中的健壮性
- 安全性(Security)
  - 保护数据免受未授权的访问
  - 传输过程中免受攻击
  - 丢失、损伤的恢复策略和方法



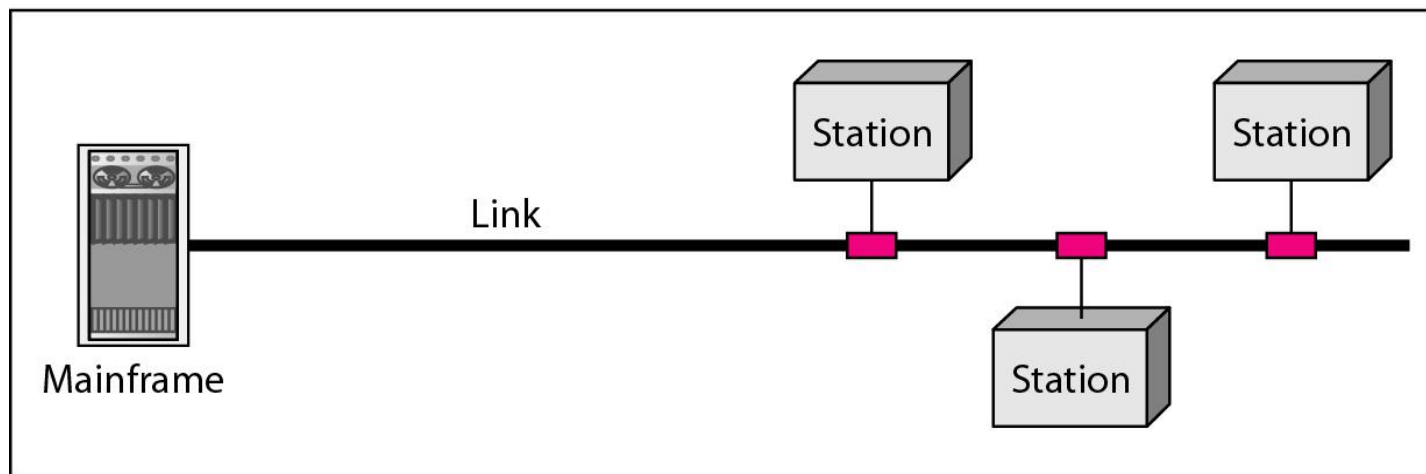
# 物理结构(Physical Topology)

- 链路(Link): 将数据由一台设备传输到另外一台设备的通信通路。网络是通过链路连接在一起的多台设备。
- 连接类型
  - 点到点(point to point): 链路全部的能力为两台设备之间的传输所共用, 即两台设备之间没有中间连接点。
  - 多点连接(multipoint connection, multidrop connection)

# 物理结构(Physical Topology)



a. Point-to-point



b. Multipoint

图1.3 连接类型：点到点连接与多点连接



## 图1.4 拓扑结构分类

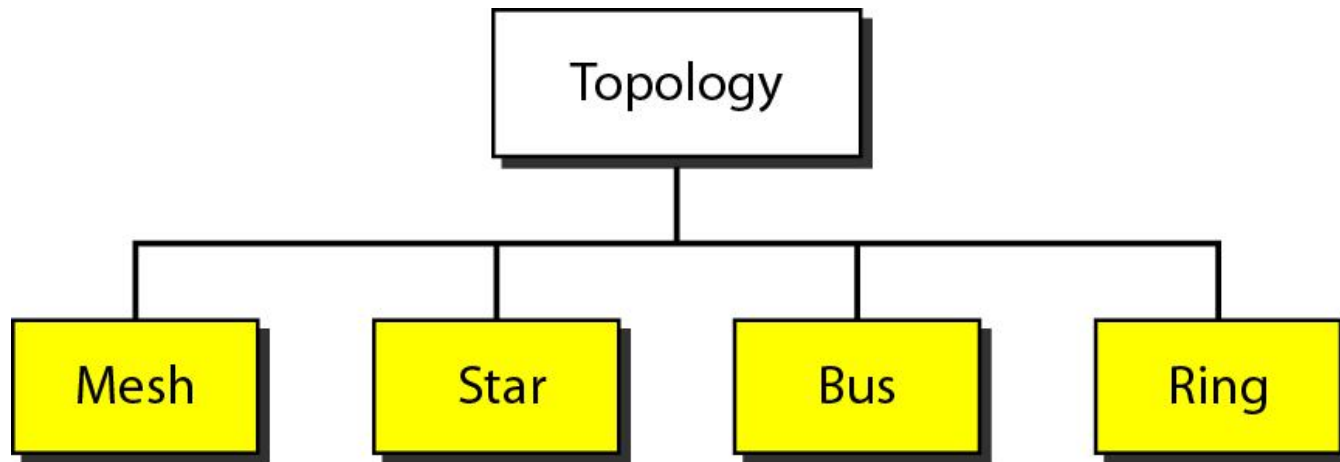
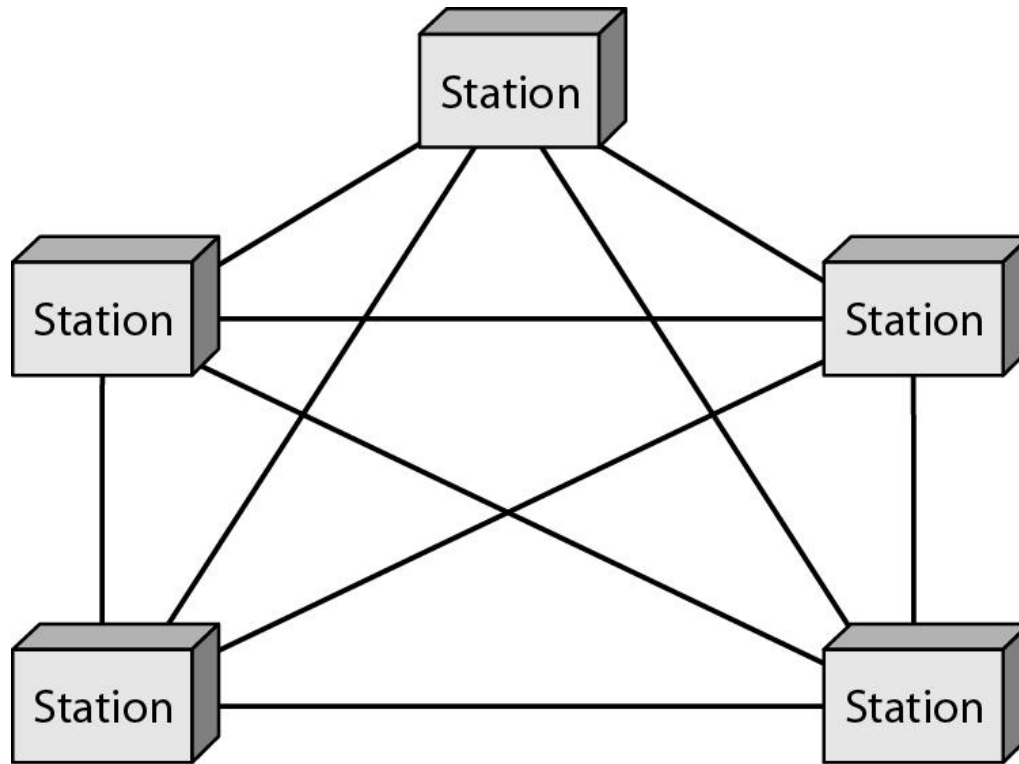


图1.5 全连接网状拓扑结构（5 台设备）





# 网状拓扑的优缺点

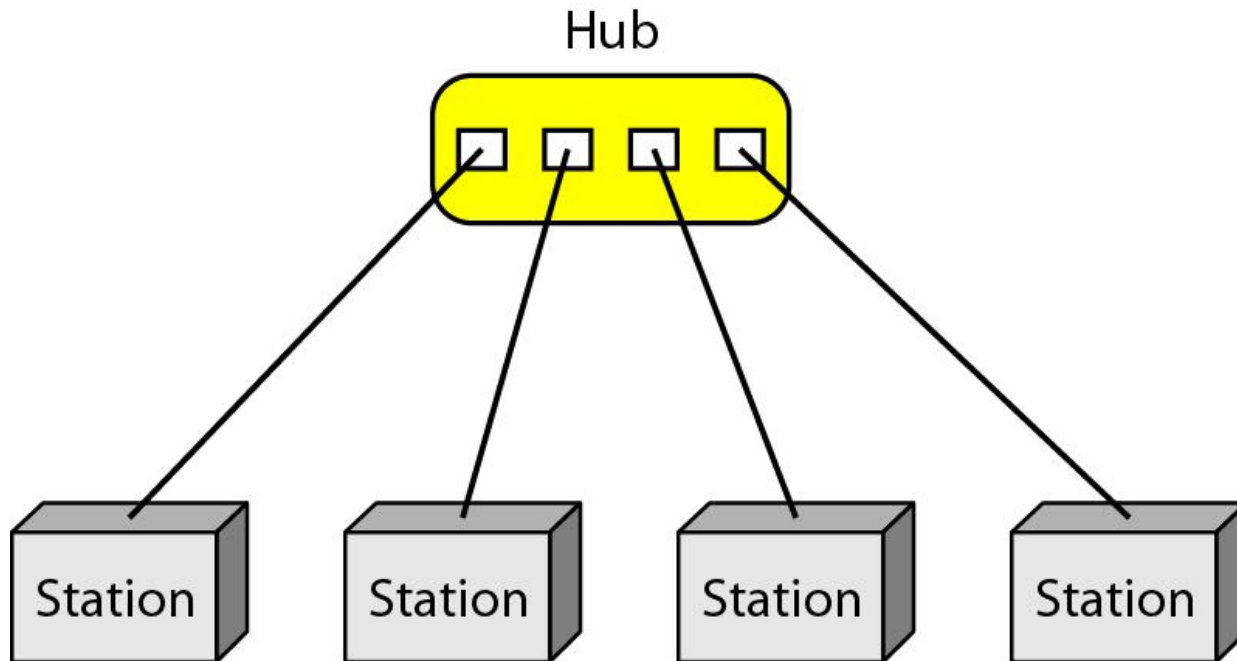
## ■ 优点

- 消除了共享通信量的问题
- 健壮性
- 安全性和机密性
- 易于故障识别和隔离

## ■ 缺点

- 安装困难
- 线缆数量多
- 费用高

图1.6 连接4个工作站的星型拓扑结构





# 星型拓扑的优缺点

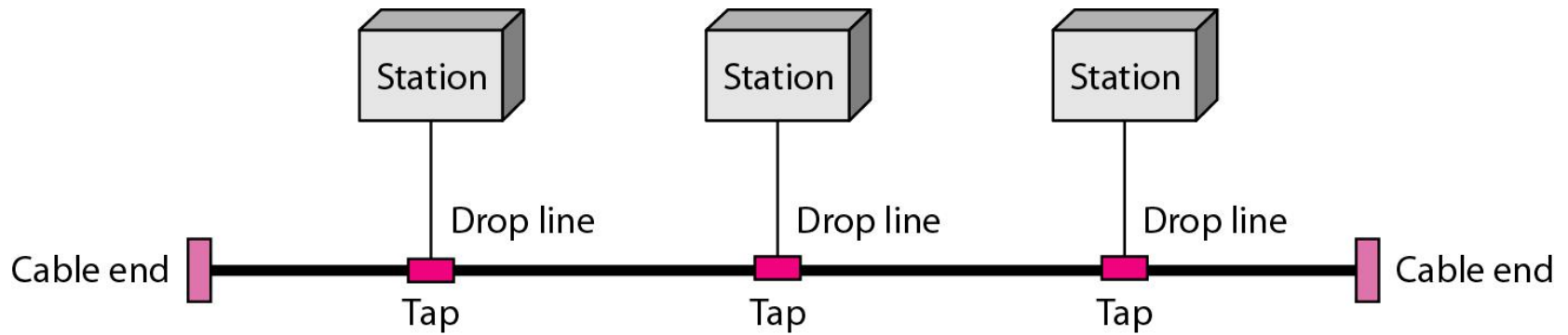
## ■ 优点

- 易于安装和配置
- 健壮性
- 易于故障识别和隔离
- 价格便宜

## ■ 缺点

- 依赖于集线器
- 线缆数量较多

图1.7 连接3个工作站的总线拓扑结构







# 总线型拓扑的优缺点

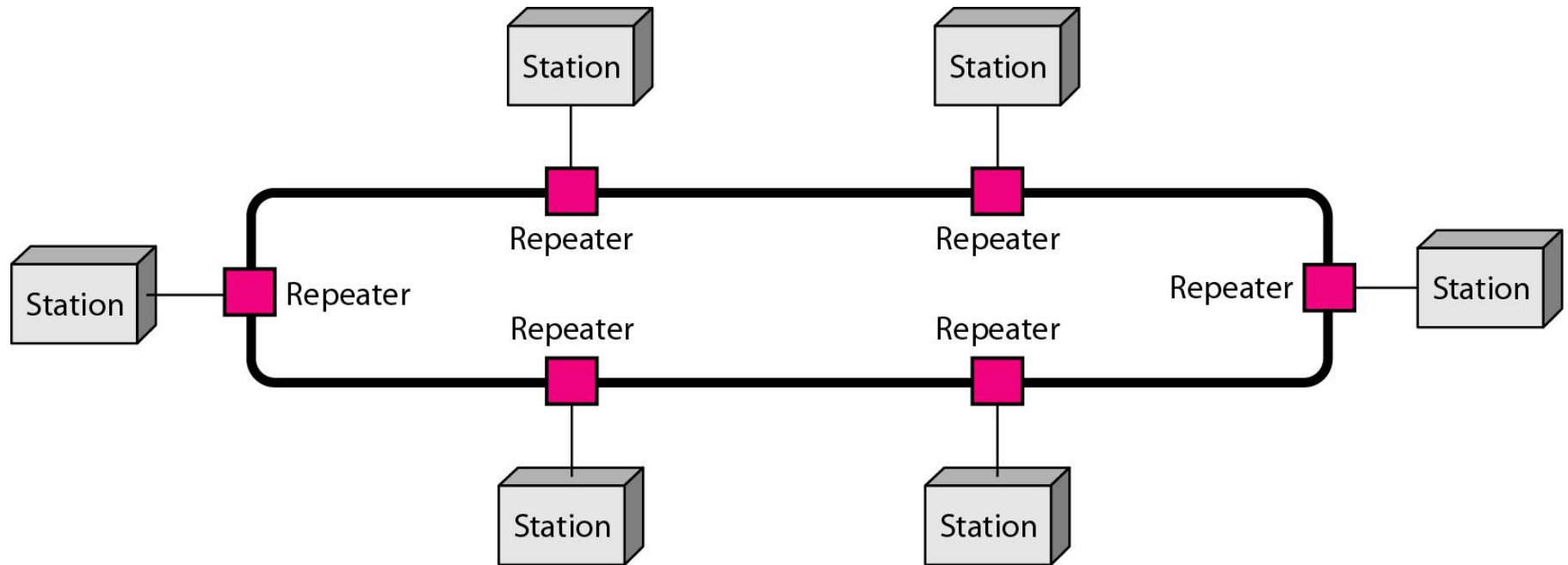
## ■ 优点

- 安装简单
- 线缆数量少

## ■ 缺点

- 重新连接和错误隔离困难
- 出现错误或中断会影响整条总线

图1.8 连接6个工作站的环状拓扑结构





# 环状拓扑的优缺点

## ■ 优点

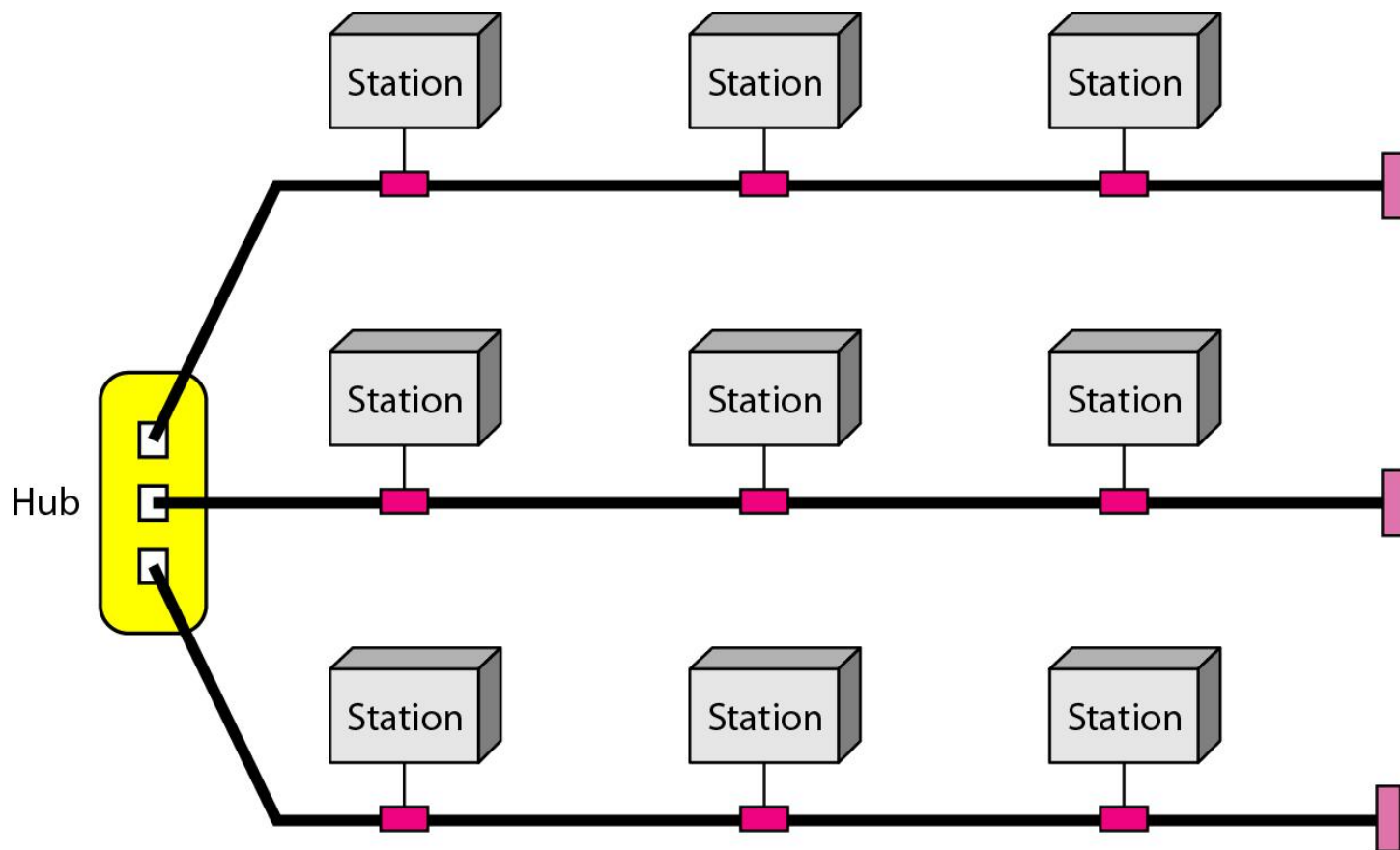
- 易于安装和重新配置
- 易于故障识别和隔离

## ■ 缺点

- 单点故障引起整个网络瘫痪



图1.9 混合型拓扑结构:一个星型结构为主干并具有三个总线结构的网络





## 1.2.4 网络模型(Network Models)

- OSI(Open System Interconnection)模型
  - 7层模型
- Internet 模型
  - 5层模型



## 1.2.5 网络分类 —— 按网络覆盖的地理范围

### 广域网（Wide Area Network, WAN）

- ◆覆盖范围从几十公里到几千公里，可以覆盖一个国家、地区，或横跨几个洲；
- ◆广域网将分布在不同地区的宽带城域网或主机系统互联，提供各种网络服务，实现信息资源共享。

### 城域网（Metropolitan Area Network, MAN）

- ◆满足几十公里范围内大量企业、机关、公司的局域网互联需求，以实现大量用户之间的数据、语音、图形与视频等信息的传输；
- ◆宽带城域网的概念逐渐取代传统意义的城域网，已经成为目前研究、应用与产业发展的一个重要领域。

### 局域网（Local Area Network, LAN）

- ◆用于将有限范围的各种计算机、终端与外部设备互联，一般是方圆几公里以内；
- ◆局域网技术发展迅速，应用日益广泛。

### 个人区域网（Personal Area Network, PAN）

- ◆个人区域网覆盖范围最小，用于连接计算机、平板电脑、智能手机等数字终端设备；
- ◆主要以无线技术实现联网设备之间的数据传输，因此可定义为无线个人区域网（WPAN）。



图1.10 12 台计算机连接到一个集线器的独立局域网

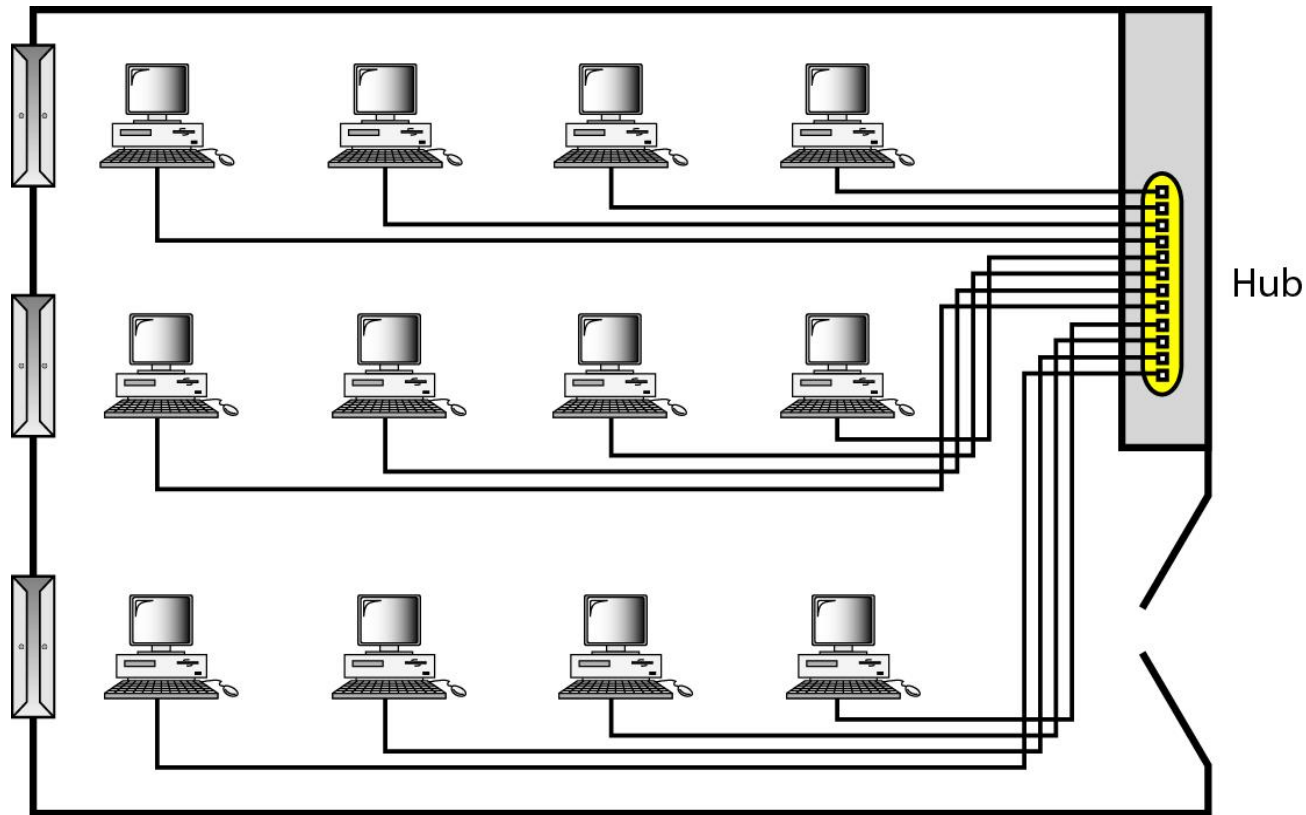
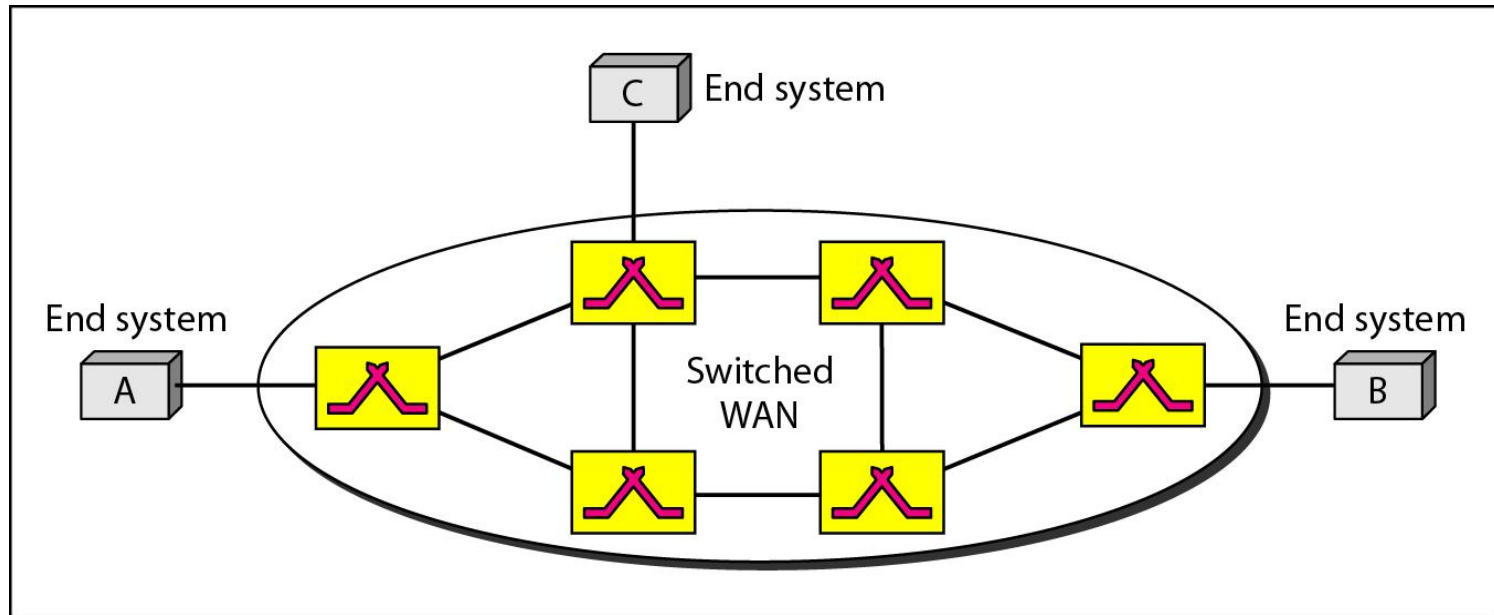
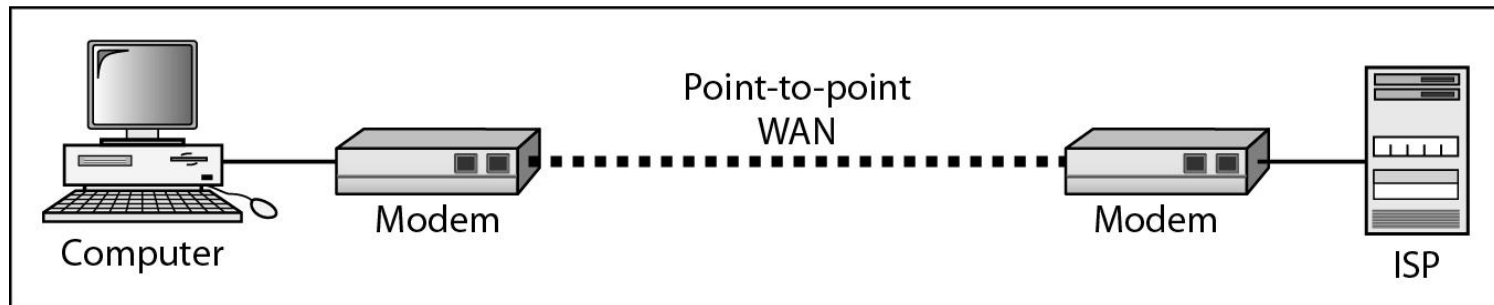


图1.11 广域网：交换广域网和点到点广域网



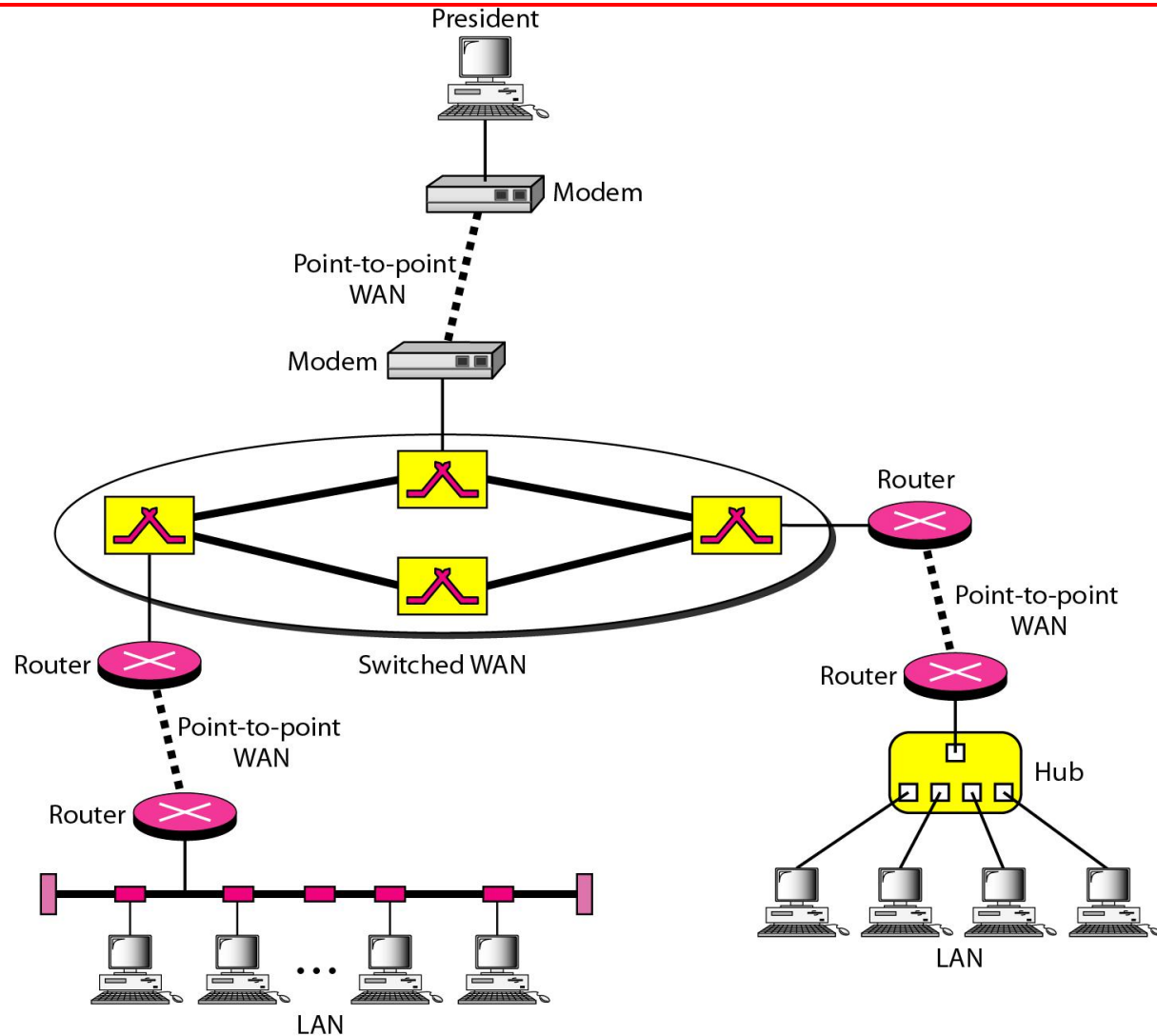
a. Switched WAN



b. Point-to-point WAN



图1.12 由四个广域网和两个局域网组成的混合网络





# 网络体系结构求同存异的智慧

- ◆ 网络起源于一些高校、科研院所、企业，起初各个机构设计的网络雏形结构不尽相同，虽然本机构内部的站点之间能够相互通信，但各机构网络由于结构不同、设备不同导致不能互通。
- ◆ OSI和TCP/IP分别作为计算机网络体系结构的理论指导和事实上的应用模型，运用了求同存异的理念，既追求可通信范围内的共同点，又尊重各个厂商与机构的创新与不同。
- ◆ 追求和谐、包容、兼容并蓄，理解差异，尊重不同。在诸多不同之上，定义统一的规范和标准。求同存异是在生活中解决问题的一大法宝。大到国与国之间复杂的政治、经济、外交等问题，小到人与人之间的日常小事，如果能够尊重并理解别人的不同，寻找共同共通之处，就可以实现共赢。在处理个人与社会的关系时，如果能够灵活运用求同存异的智慧，就能够享受到更多的获得感与幸福感。

## 1-3 因特网

因特网使我们日常生活的许多方面发生了革命性的变化，它不仅影响着我们商务活动的方式，还影响着我们生活娱乐的方式。因特网是一个通信系统，是一个结构化的，组织化的系统。

### 本节要点:

历史简介

因特网现状(因特网服务提供商)



# 计算机网络发展的三个阶段

## 第一阶段：计算机网络技术与理论准备 —— 20世纪50年代

- 数据通信研究与技术日趋成熟，为计算机网络形成奠定技术基础。
- 分组交换概念提出为计算机网络研究奠定理论基础。



# 计算机网络发展的三个阶段

## 第二阶段：计算机网络形成——20世纪60年代

- ARPANET成功运行证明分组交换理论正确；
- TCP/IP的广泛应用为更大规模的网络互联奠定坚实的基础；
- DNS、E-mail、FTP、Telnet、BBS等应用展现网络技术应用广阔前景。



# 计算机网络发展的三个阶段

## 第三阶段：网络体系结构研究 —— 20世纪70年代中期

- OSI参考模型研究对网络理论体系形成以及推进网络协议标准化方面起到重要作用；
- TCP/IP协议经受市场和用户的检验，吸引大量投资，推动互联网应用的发展，成为业界事实上的标准。





# 计算机网络发展的三个阶段

## 第四阶段：互联网应用、无线网络与网络安全技术发展 —— 20世纪90年代

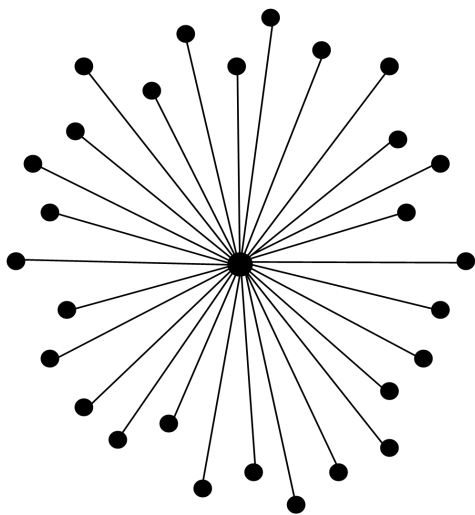
- 互联网作为全球性的网际网与信息系统，在政治、经济、文化、科研、教育与社会生活等方面发挥重要作用。
- 计算机网络与电信网、有线电视网的“三网融合”，促进宽带城域网概念、技术的演变。
- 对等网络（P2P）研究使新的网络应用不断出现，成为现代信息服务业新的产业增长点。
- 无线局域网与无线城域网技术日趋成熟，已经进入应用阶段，无线自组网、无线传感器网的研究与应用受到高度重视。
- 随着网络应用的快速增长，新的网络安全问题不断出现，促使网络安全技术的研究与应用进入高速发展阶段。



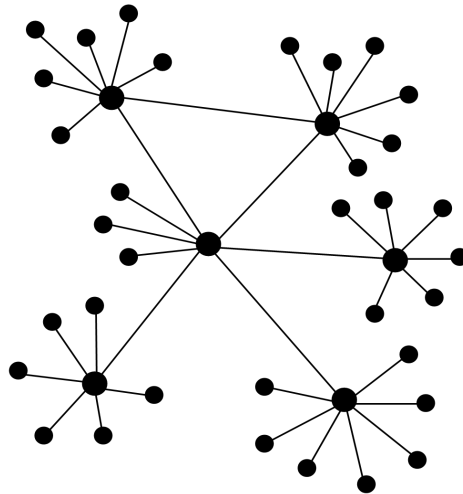
# ARPANET的研究背景

- 世界上第一台电子数字计算机出现于1946年，而通信技术的发展比计算机技术早得多。计算机网络是计算机技术与通信技术高度发展、密切结合的产物。
- 20世纪50年代，美国军方通过无线、有线与卫星信道将一些军事信息传送到美国本土的一台计算机进行处理，开启了计算机技术与通信技术结合的尝试。
- 1957年10月，苏联发射了第一颗人造卫星，美国成立了美国国防部高级研究计划署（Advanced Research Projects Agency, ARPA）。
- 在与苏联军事力量的竞争中，美国军方需要一个专门用于传输军事命令与控制信息的网络。当时美国军方的通信主要依靠电话交换网，1960年开始研究一种有效的通信网络方案。
- 早期的网络方案设计主要着重于解决两个问题：网络拓扑结构和数据传输方式。

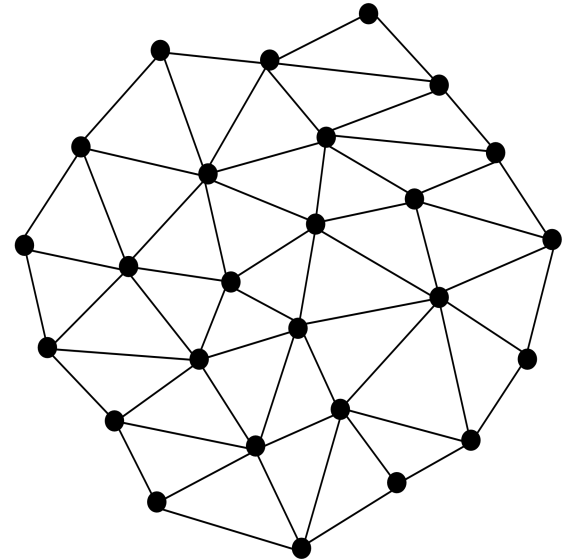
# 网络拓扑结构的设计思路



(a) 集中式



(b) 非集中式



星形结构

分布式结构

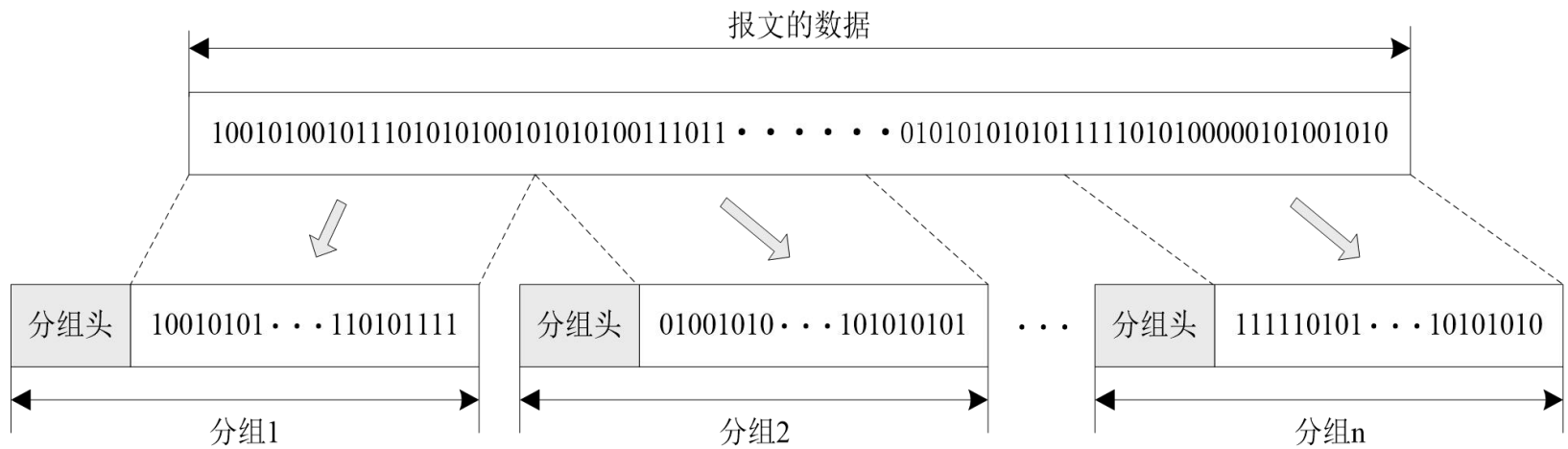


# 分组交换技术的设计思路

- ◆ 电话交换网的特点：通话之前需要建立连接；传输的是模拟语音信号。
- ◆ 电话交换网是为传输模拟语音信号而设计的。电话通话时间较长且是连续的，而计算机的数据传输通常是突发性的，通信线路在大部分时间里是空闲的，大量通信线路资源被浪费。
- ◆ 电话线路的误码率较高，对语音通信影响不大，但是不适于计算机数据传输。



# 分组交换技术的主要特点

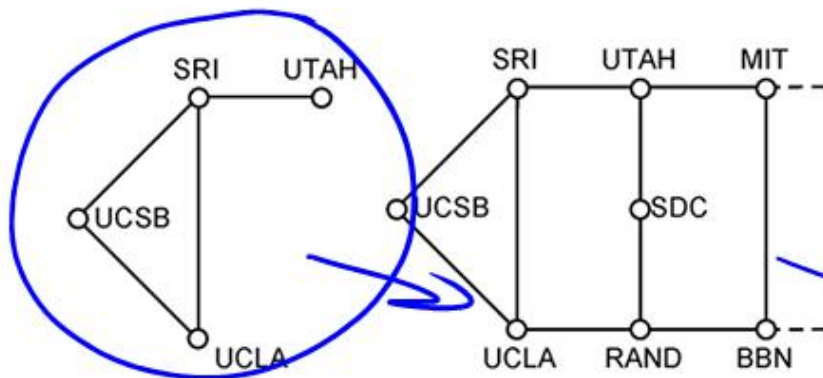


# ARPANET的发展

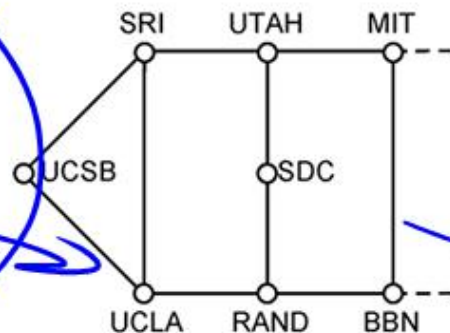


From this experimental network ...

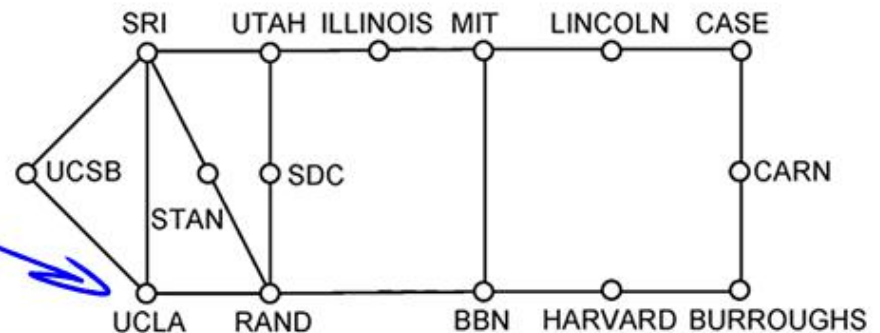
ARPANET ~1970



(a) Dec. 1969.



(b) July 1970.



(c) March 1971.



# ARPANET的发展过程

- ◆ 继ARPANET提出之后，从1969年到1971年，研究人员推出了远程登录Telnet服务。
- ◆ 1972年，ARPANET结点数增加到15个，随着英国伦敦大学与挪威皇家雷达研究所的加入，结点数增加到23个，标志着ARPANET的国际化。
- ◆ 1972年，第一个电子邮件程序出现。1973年，电子邮件通信量占ARPANET总通信量的3/4。
- ◆ 1975年，ARPANET已接入100多台主机，实验阶段结束，开始正式运行。
- ◆ 1983年，ARPANET向TCP/IP的转换结束,分为ARPANET和MILNET。
- ◆ 20世纪80年代中期，ARPANET的规模不断扩大，成为互联网的主干网。
- ◆ 1990年，ARPANET被新的网络代替。



# 互联网的形成与发展

20世纪90年代是互联网发展的黄金时期，用户数以平均每年翻一番的速度增长，互联网覆盖商业、金融、政府、医疗、科研、教育、信息服务、休闲娱乐等众多领域。

1995年2月，全球信息基础设施委员会（GIIC）成立，推动与协调各国信息技术与服务的发展，全球信息化的发展趋势已经不可逆转。



1977年10月，ARPANET研究人员决定将初期的TCP分为传输控制协议（TCP）与互联网络协议（IP）。1983年1月，TCP/IP正式成为ARPANET标准。



世界经济进入一个全新的发展阶段，进一步推动了信息产业的发展，信息技术与网络应用已成为衡量综合国力与企业竞争力的重要标准。1993年9月，美国公布国家信息基础设施建设计划，它被形象地称为信息高速公路。

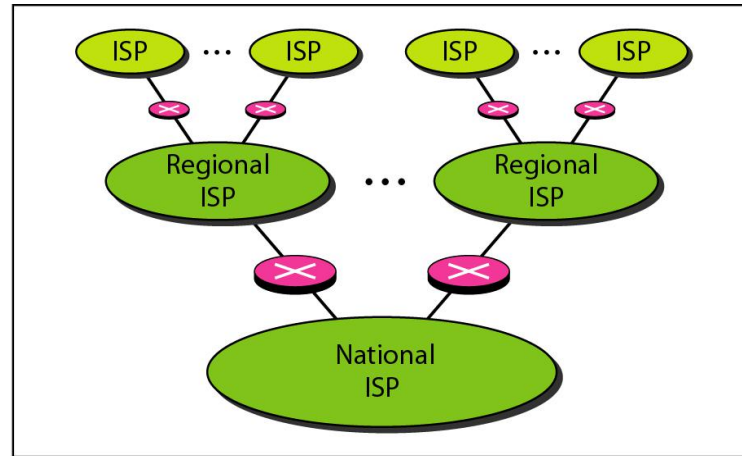


基于Web的电子商务、电子政务、远程医疗、远程教育，以及基于P2P的网络应用，使互联网以超常规的速度发展。

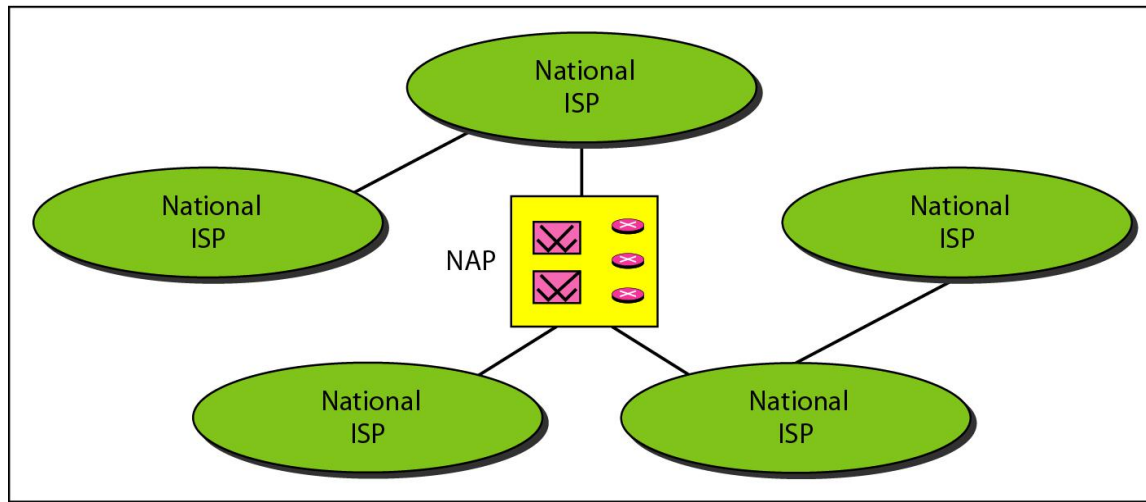




## 图1.13 因特网层次结构组织

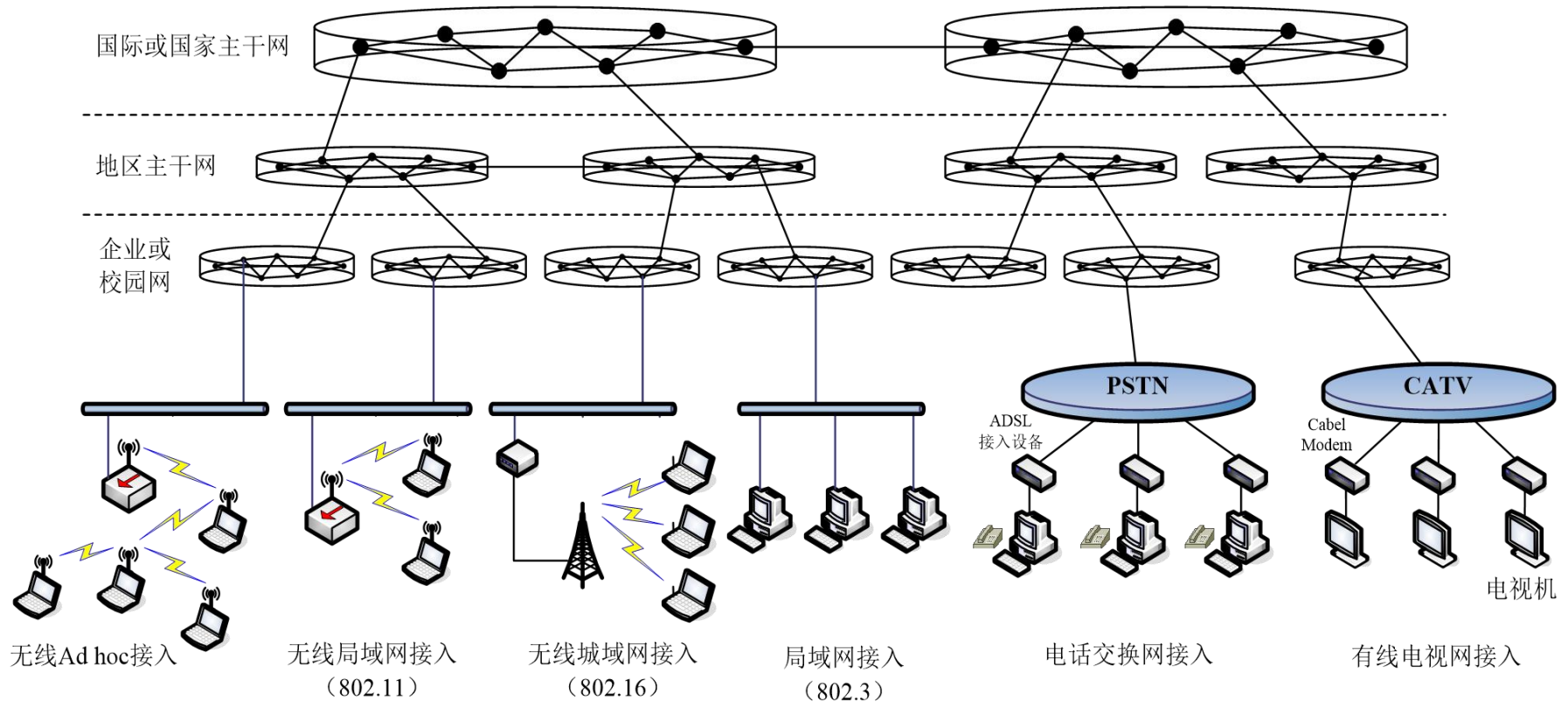


a. Structure of a national ISP



b. Interconnection of national ISPs

# 互联网的基本结构



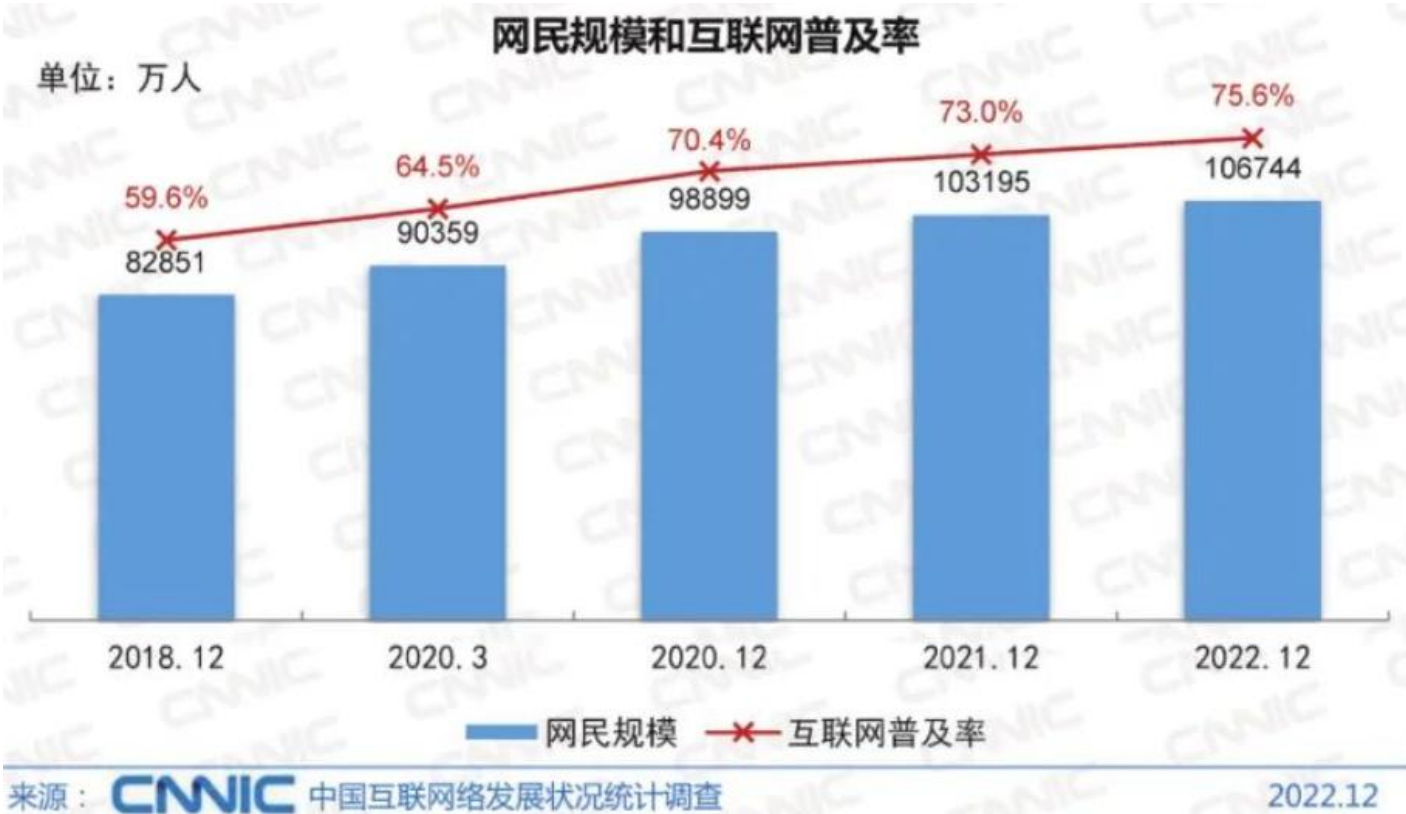


# 中国互联网络发展状况统计报告

- ◆ 1997年6月3日，中国互联网信息中心 CNNIC 成立并开始管理互联网主干网，承担国家网络基础资源的技术研发并保障安全，开展互联网发展研究并提供咨询促进全球互联网开放合作和技术交流。
- ◆ 从1997年开始，CNNIC每年发布两次“中国互联网络发展状况统计报告”，描绘我国互联网半年来的宏观发展状况。
- ◆ 1997年10月，我国的上网计算机数为29.9万台，上网用户数为62万，其中75%采用的是拨号上网方式；我国“.CN”域名数量为4066个；我国网站数量约1500个；我国国际出口带宽总和为25Mbps。



# 中国互联网用户数的增长（第51次）



2023年8月28日，CNNIC发布第52次《中国互联网络发展状况统计报告》。截至2023年6月，我国网民规模达10.79亿人，较2022年12月增长1109万人，互联网普及率达76.4%。

## 1-4 协议和标准

本节中，定义两个广泛使用的词：协议和标准。首先定义协议，它是规则的同义词，然后讨论标准，它是经过协商达成一致的规则。

### 本节要点：

协议

标准

标准化组织

互联网标准



## 1.4.1 协议(protocol)

- 协议：是规则的同义词
  - 是一组用来管理数据通信的一组规则，规定了通信的内容、通信方式和通信的时间。
  - 三个要素：
    - 语法(syntax)，数据的结构或格式
    - 语义(semantics)，地址和控制信息
    - 时序(timing)，报文发送的时间和发送的速率。
- 标准：是达成一致的规则



- 事实上的标准(de facto), 如TCP/IP
- 法定的标准(de jure), 如OSI/RM



# 网络协议的现实意义

- ◆ **规则意识：**为了实现网络通信，网络的每一层都有多个协议，这些协议都是为了实现特定功能而定义的一系列规则，只要遵守这些规则就可以和任意站点实现互联、互通和互操作。网络协议充分体现了和谐、包容、尊重规则的理念，这也是我们需要具备的品质。在社会生活中，只有遵守法律或约定俗成的社会规则，才能获得充分的自由及广阔的天地来发挥自己的个性，反之则寸步难行。
- ◆ **追求卓越：**每个协议的产生都是为了追求通信的卓越。我们也应该具备追求卓越的理念，只有持续坚持追求更高的目标，才能不断进步、提高能力并完善自我。





# 标准化组织

- ◆ 国际标准化组织ISO
- ◆ 国际电信联盟ITU-T，前身是CCITT
- ◆ 美国国家标准协会ANSI
- ◆ 电气和电子工程协会IEEE
- ◆ 电子工业协会IEA
- ◆ 论坛forums
- ◆ 管理机构，如美国联邦通信委员会FCC

# 作业



P16页

■ 17,18,23,24