



# 第1章 计算机网络概述

刘亚维

# 主要内容



## 1 计算机网络概念

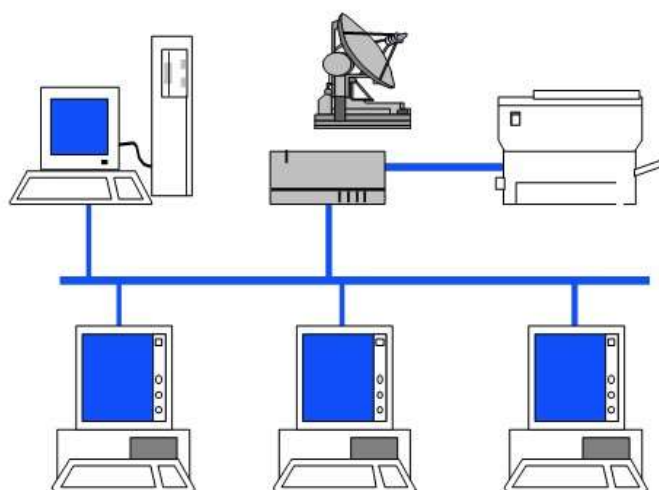
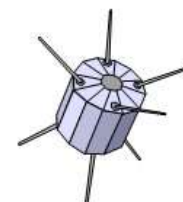
- 1.1 网络互联
- 1.2 网络的边缘
- 1.3 网络的核心
- 1.4 接入网络
- 1.5 数据交换
- 1.6 计算机网络性能指标

## 2 计算机网络体系结构

- 2.1 协议与划分层次
- 2.2 TCP/IP体系结构

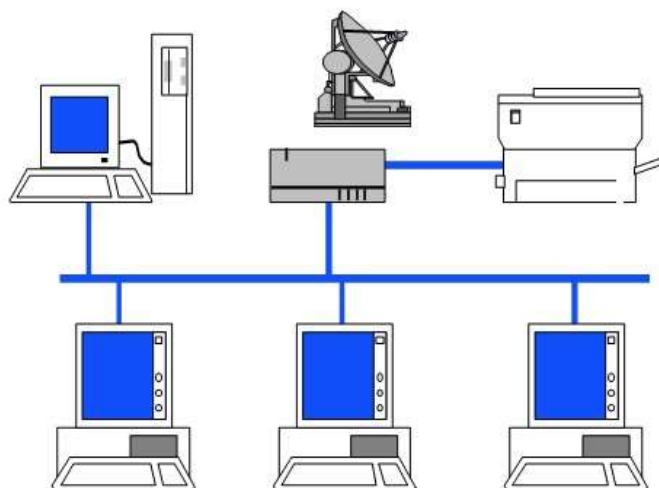
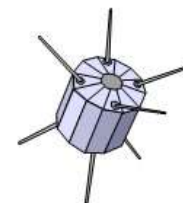


# 计算机网络



- 定义：把分布在不同地理位置上的，具有独立功能的**多台计算机、终端及其附属设备**，用**通信设备和通信线路**连接起来，再配以相应的**网络软件**，以实现计算机**资源共享**。

# 计算机网络



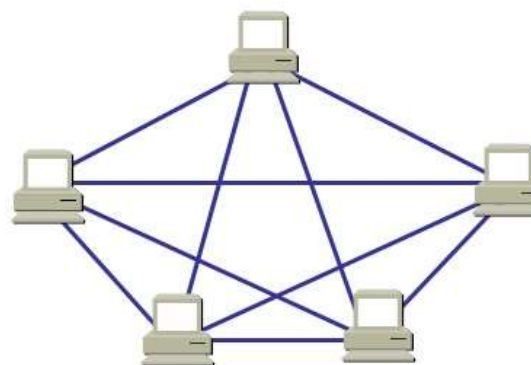
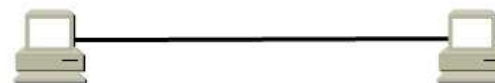
• 定义：计算机网络就是**互连的、自治的**计算机集合。

- **自治**-无主从关系
- **互连**-互联互通



# 一对一组网

- 即两两相连
  - 两台计算机**独占**一条线路
- N 个计算机两两相连
  - 需  $N(N - 1)/2$  对电线。



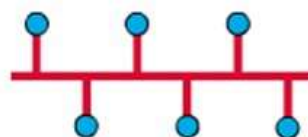
# LAN物理拓扑结构



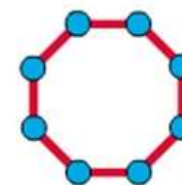
目前局域网多采用**共享通**  
**信介质**

节省线路

但对**介质访问**的管理更  
为复杂



Bus Topology



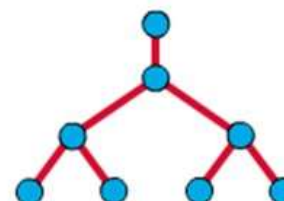
Ring Topology



Star Topology



Extended Star Topology

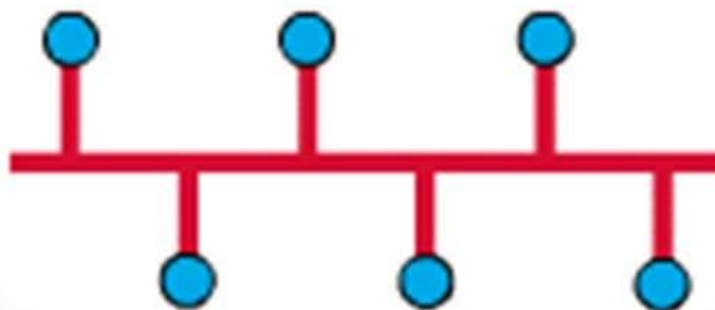


Hierarchical Topology

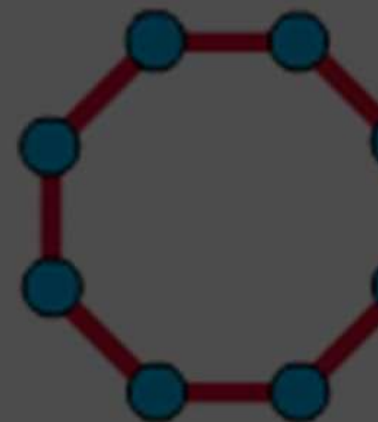


Mesh Topology

# LAN物理拓扑结构



Bus Topology

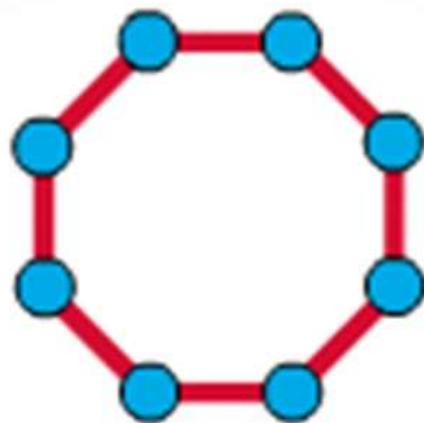


Ring Topology

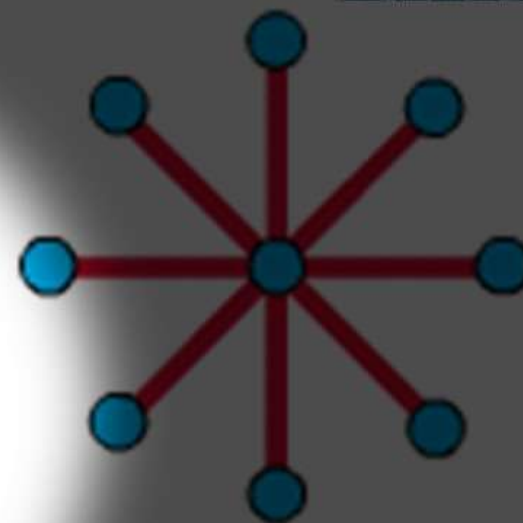
## I AN物理拓扑结构



oology



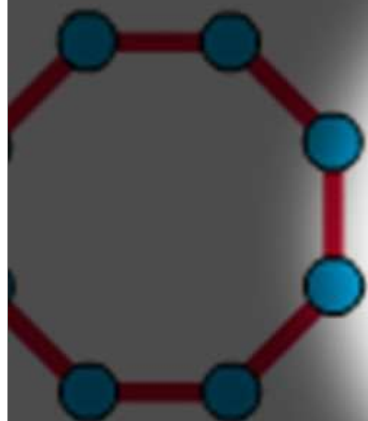
Ring Topology



Star Topology



# LAN物理拓扑结构



g Topology



Star Topology

# 计算机网络分类？



- 按照网络拓扑分类：

- **总线**网络
- **星形**网络
- **树形**网络
- **网状**网络

- 按照网络覆盖范围分类：

- 个人区域网**PAN** (Personal Area Network) ~10米
- 局域网**LAN** (Local Area Network) ~1公里
- 城域网**MAN** (Metropolitan Area Network) ~5-50公里
- 广域网**WAN** (Wide Area Network) ~几十-几千公里

- 按照网络使用者分类：

- **专用网**(private network)
- **公用网**(public network)



# 网络互联的动机与目标

## • 动机

### • 基于**两个**基本现实

1. 没有一种单一的网络技术能够满足所有的需求
  - 以太网、令牌环、SMDS等等
2. 将不同类型的网络互相连接是用户的自然需求
  - 单个网络孤岛->互联网

## • 目标

### • **Universal Service**, Comer

- 任意两个设备之间可以互相通信
- 对提高生产率和社会进步是必需的

### • 产生的一些**问题**

- 不要求用户知道网络互联的硬件连接细节
- 不能硬性规定单一的网络拓扑、协议
- 异构网络(硬件、寻址方式等不兼容)



# 网络互联的结果

- 由许多不同的**异构**(heterogeneous)网络开始
  - 用**硬件**手段连接这些物理网络
  - 用**软件**手段使得连接之后的系统看起来是“**同类的**”(homogeneous)
- 称之为internetwork 或internet
  - Internet, 因特网

# 网络互联的硬件设备



# 网络互联的硬件设备



# 网络互联的硬件设备



这只是一个**家用**路由器



# 网络互联的硬件设备

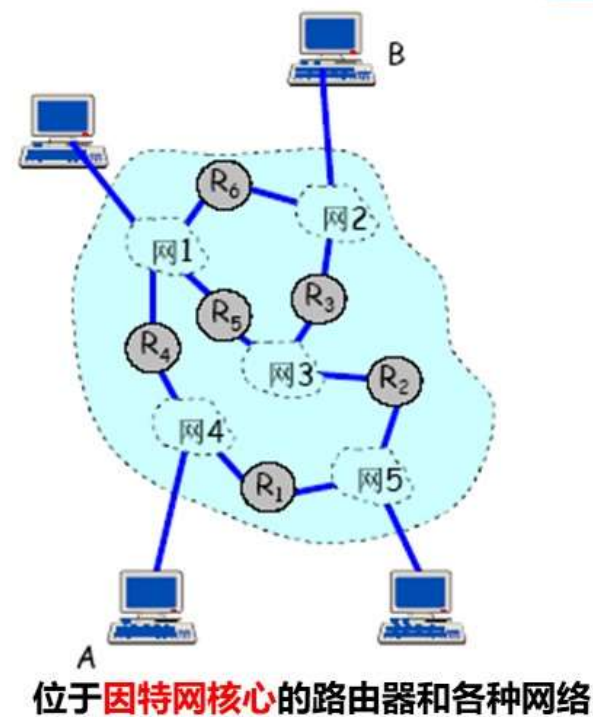
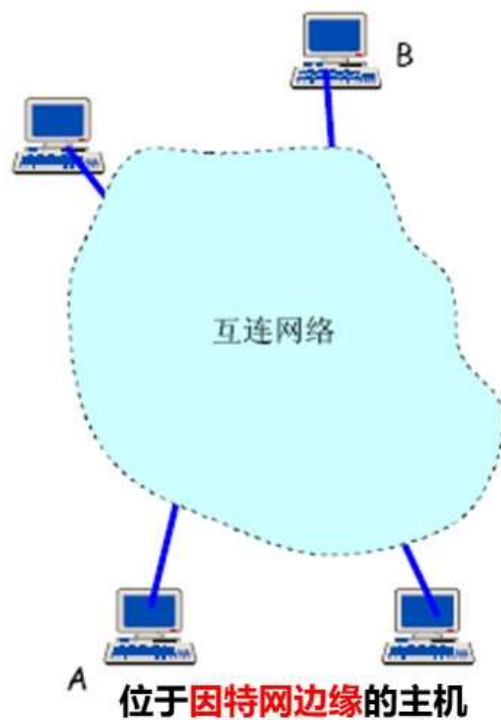


- 路由器(Router)
  - 用于连接各种不同的LAN和WAN
    - 不同传输速率
    - 运行于各种环境
  - 主要任务
    - 连接不同的网络
    - 解析第三层信息
    - 选择从A点到B点的**最优数据传输路径**
    - 重新定向路由



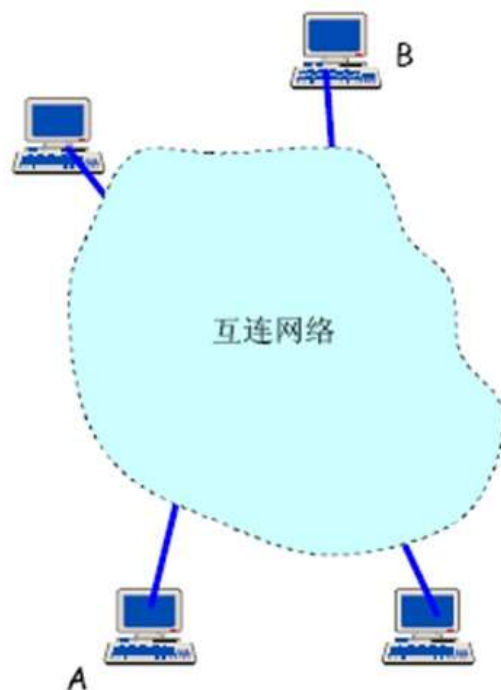


# Internet结构(简单视图)





# Internet结构：网络的边缘



- 主机host，也称端系统(end system)
- “主机 A 和主机 B 通信”
  - 实际上是指：“分别运行在两个主机A 和B上的**两个程序间的通信**”。
  - 即“主机 A 的某个**进程**和主机 B 上的另一个进程进行通信”。
  - 简称为“计算机之间通信”。
- 工作模式
  - cs: client/server
  - p2p: peer to peer

# 客户/服务器模型



互联网

# 客户/服务器模型



- **客户** (client) 和**服务器** (server)

- 都是指通信中所涉及的两个**应用进程**。

- **客户-服务器方式**

- 所描述的是**进程之间服务和被服务**的关系。

客户

服务器



互联网

# 客户/服务器模型

- **客户 (client) 和服务器 (server)**
  - 都是指通信中所涉及的两个**应用进程**。
- **客户—服务器方式**
  - 所描述的是**进程之间服务和被服务**的关系。
  - 客户是**服务的请求方**，服务器是**服务的提供方**。
  - 双方都要使用**网络核心**部分所提供的服务。



客户

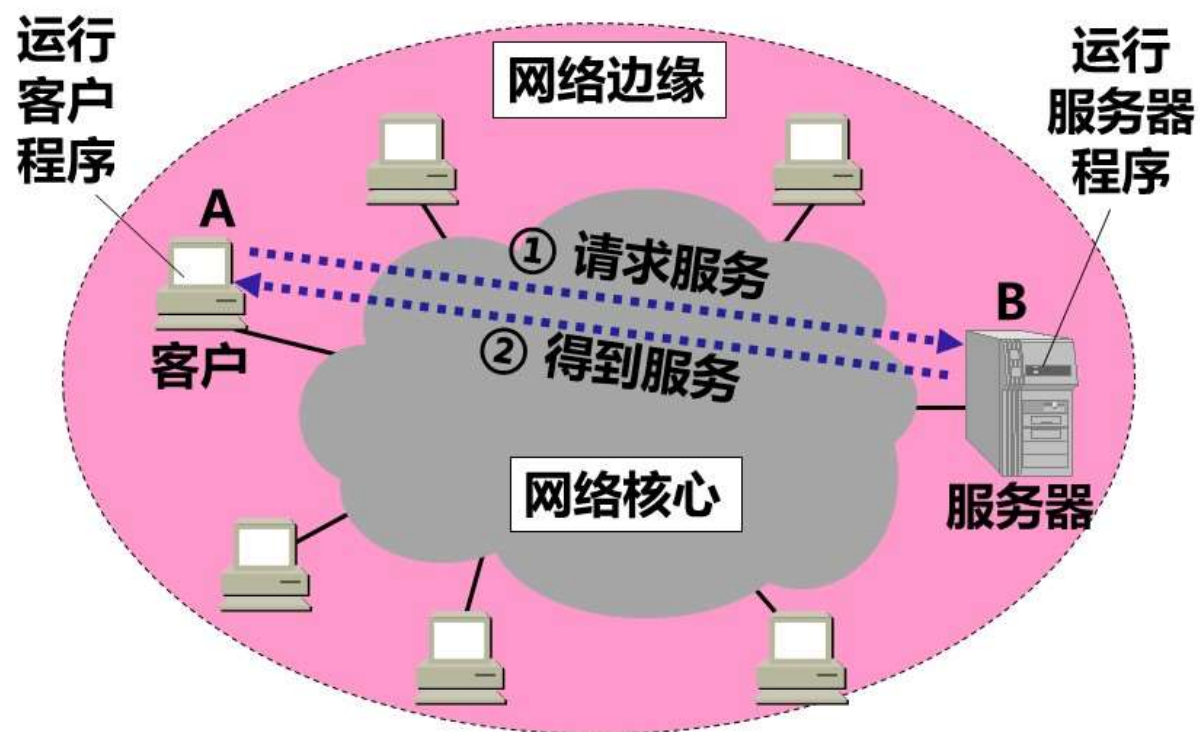
服务器







## 客户-服务器工作方式



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



# 客户/服务器模型：动机

- 符合现实生活中的习惯
- 客户/服务器主要解决：**通信会合**问题
  - 同一时刻双方互发消息通信不可靠
  - 通信的一方**启动执行后一直等待**对方的联系更加可靠
  - 减少了网络核心的复杂性



# 客户/服务器模型：动机

- 通信发起的方向来区分
  - 客户：**发起**对等通信的应用程序
    - 每次执行都与服务器联系
    - 容易构建，往往不需要系统特权
    - 属于常规的网络应用程序，如浏览器
  - 服务器：**等待**接收客户通信请求的程序
    - 接收客户的请求
    - 执行必要的操作
    - 返回结果给客户





# 服务器特权和复杂性

- 服务器的**并发**
  - 需要同时面对大量客户的访问
- 服务器需要系统**特权**
  - 经常需要访问受操作系统保护的资源：
  - 服务器不能把特权传递给使用服务的客户
- 特权和并发导致了**服务器软件的复杂性**





# 服务器特权和复杂性

- **服务器需要处理的安全问题：**
  - **鉴别：**验证客户身份
  - **授权：**判断某个客户是否可以使用服务器提供的
  - **数据安全：**确保数据不被无意泄漏或者损坏
  - **保密：**防止未经授权访问信息
  - **保护：**确保网络程序不能滥用系统资源





# 服务器特权和复杂性

- 服务器的**并发**
  - 需要同时面对大量客户的访问
- 服务器需要系统**特权**
  - 经常需要访问受操作系统保护的资源：
  - 服务器不能把特权传递给使用服务的客户
- 服务器需要处理的安全问题：
  - 鉴别：验证客户身份
  - 授权：判断某个客户是否可以使用服务器提供的服务
  - 数据安全：确保数据不被无意泄漏或者损坏
  - 保密：防止未经授权访问信息
  - 保护：确保网络程序不能滥用系统资源
- **特权和并发导致了服务器软件的复杂性**





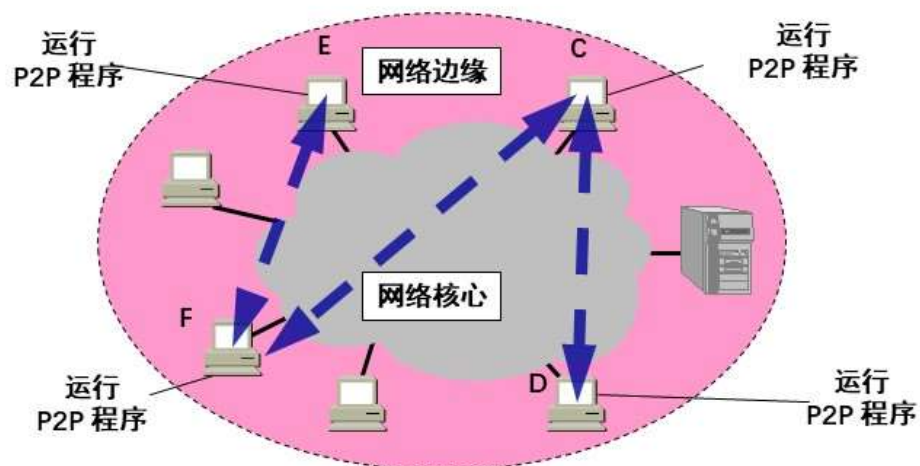
# P2P对等连接方式

- 指两个主机在通信时并**不区分**哪一个是**服务请求方**还是**服务提供方**。
- 只要两个主机都运行了对等连接软件 (P2P 软件) , 它们就可以进行**平等的、对等连接通信**。
- 双方都可以下载对方已经存储在硬盘中的共享文档。



# 对等连接方式的特点

- 对等连接方式从**本质上**看仍然是使用客户服务器方式
  - 对等连接中的**每一个主机既是客户又是服务器。**
- 对等连接工作方式可支持**大量**对等用户（如上百万个）同时工作。

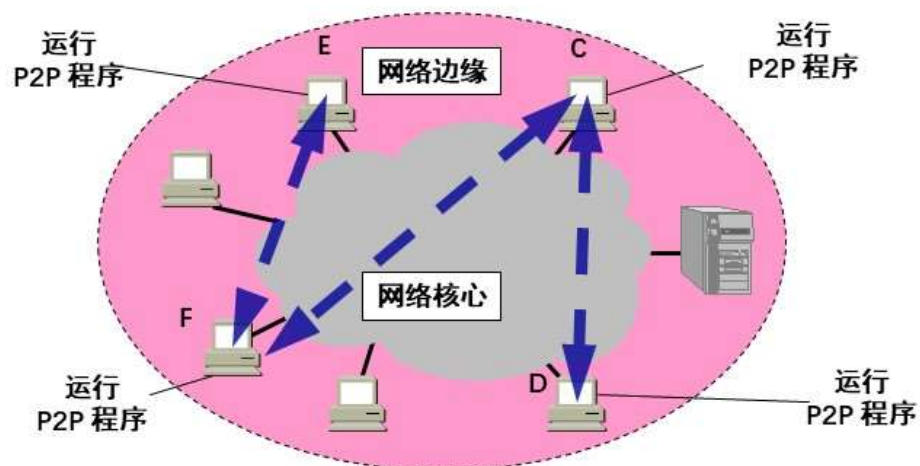






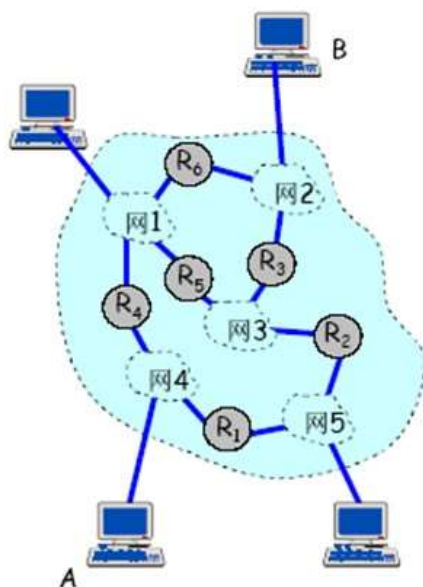
# 对等连接方式的特点

- 对等连接方式从**本质**上看仍然是使用客户服务器方式
  - 对等连接中的**每一个主机既是客户又是服务器。**
  - 例如主机 C 请求 D 的服务时，**C 是客户**，D 是服务器。但如果 C 又同时向 F 提供服务，那么 **C 又同时起着服务器的作用。**
- 对等连接工作方式可支持大量对等用户（如上百万个）同时工作。





# Internet结构：网络的核心



- 网络的网络
- 结构不同的单一网络
  - 异构网络
- 路由器
  - 特殊的计算机
  - 用于网络互连
  - 选路和翻译



# 如何隐藏异构性?

- 创建 “virtual” 网络
  - 发明
    - 新的寻址机制
    - 命名机制
  - 实现手段
    - 协议软件
  - 注意:主机和路由器都需要协议软件
- Internet的协议: **TCP/IP**
    - 包括很多的协议,一起称为 “簇” 或 “族”
    - 这些协议需要互相配合
    - 包括HTTP, TCP, UDP, IP, .....





# 路由器的重要任务

- 路由器是实现**分组交换**(packet switching)的关键构件
- 路由器的任务是**转发**收到的分组，
  - **选路**是其另一个重要的功能
- **分组交换**是网络核心部分最重要的功能。



# 分组交换的主要特点

- 在发送端，先把较长的报文划分成较短的、固定长度的数据段。

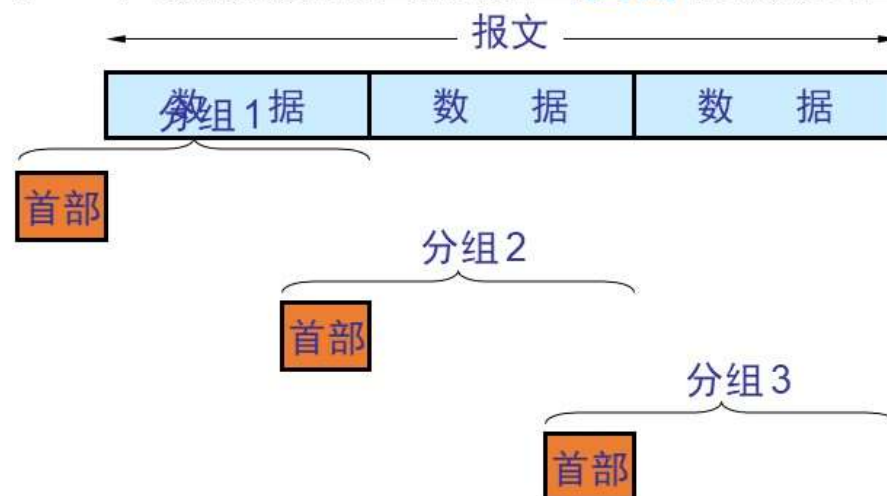


假定这个报文较长  
不便于传输



# 添加首部构成分组

- 每一个数据段前面添加上**首部**构成分组。

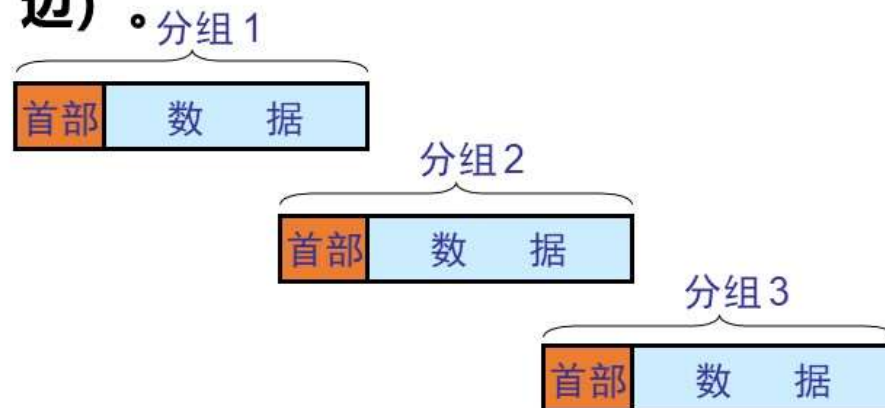


请注意：现在左边是“前面”



# 分组交换的传输单元

- 分组交换网以“**分组**”作为数据传输单元。
- **依次**把各分组发送到接收端（假定接收端在左边）





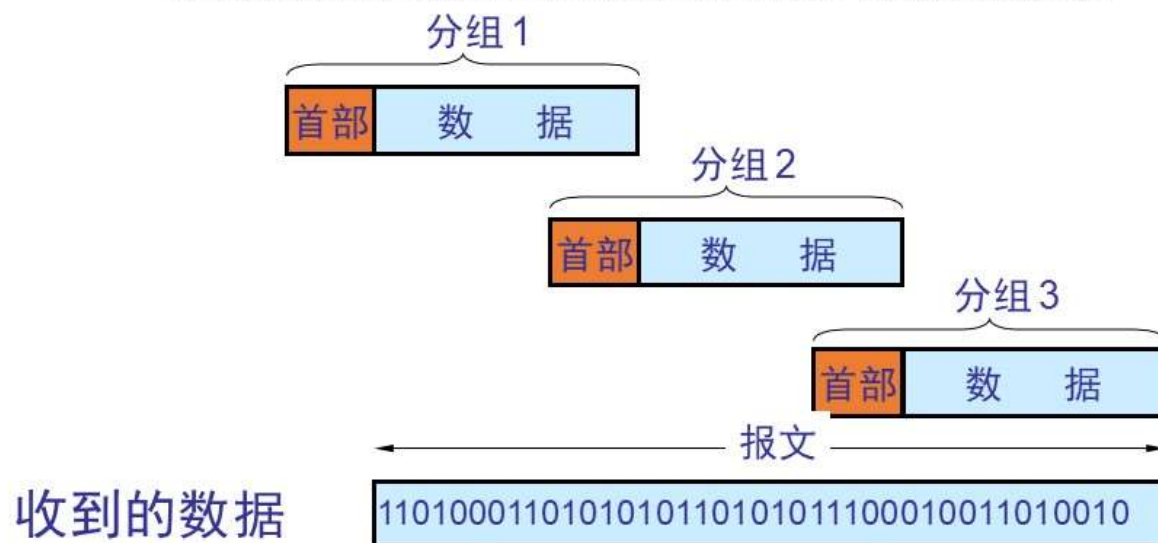
# 分组首部的重要性

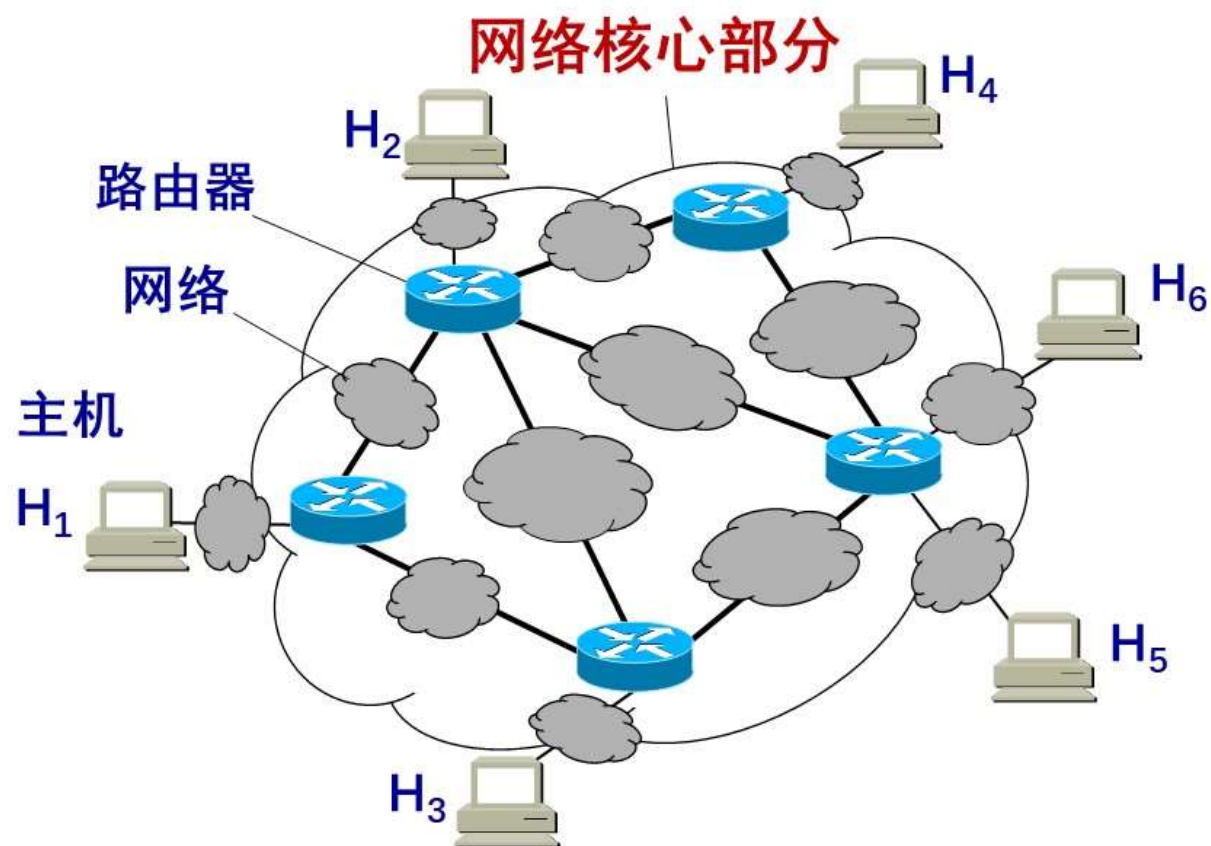
- 每一个分组的首部都含有**地址**等控制信息。
- 分组交换网中的**结点交换机**根据收到的分组的首部中的**地址信息**，把分组**转发**到下一个结点交换机。
- 用这样的**存储转发**方式，最后分组就能到达**最终目的地**。



# 收到分组后剥去首部

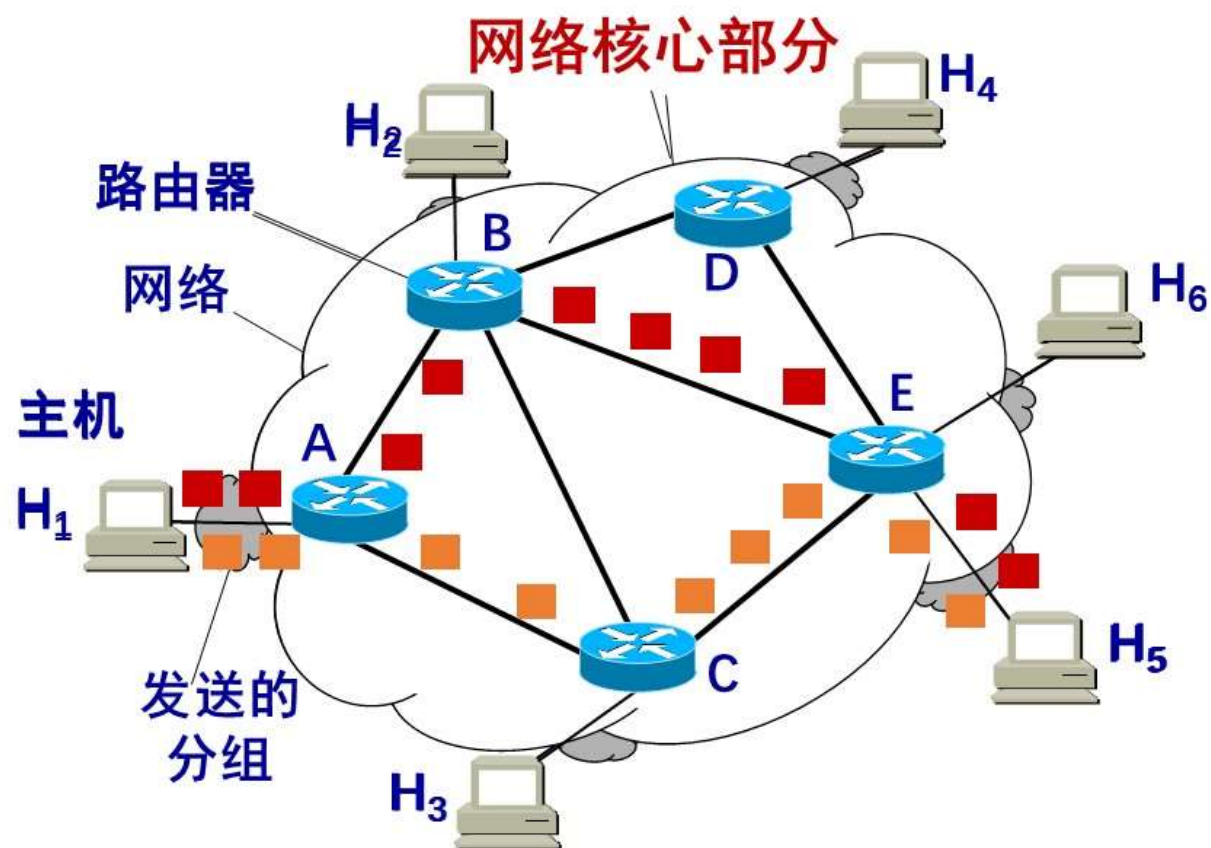
- 接收端收到分组后剥去首部还原成报文。





(a) 核心部分的路由器把网络互连起来  
分组交换的示意图



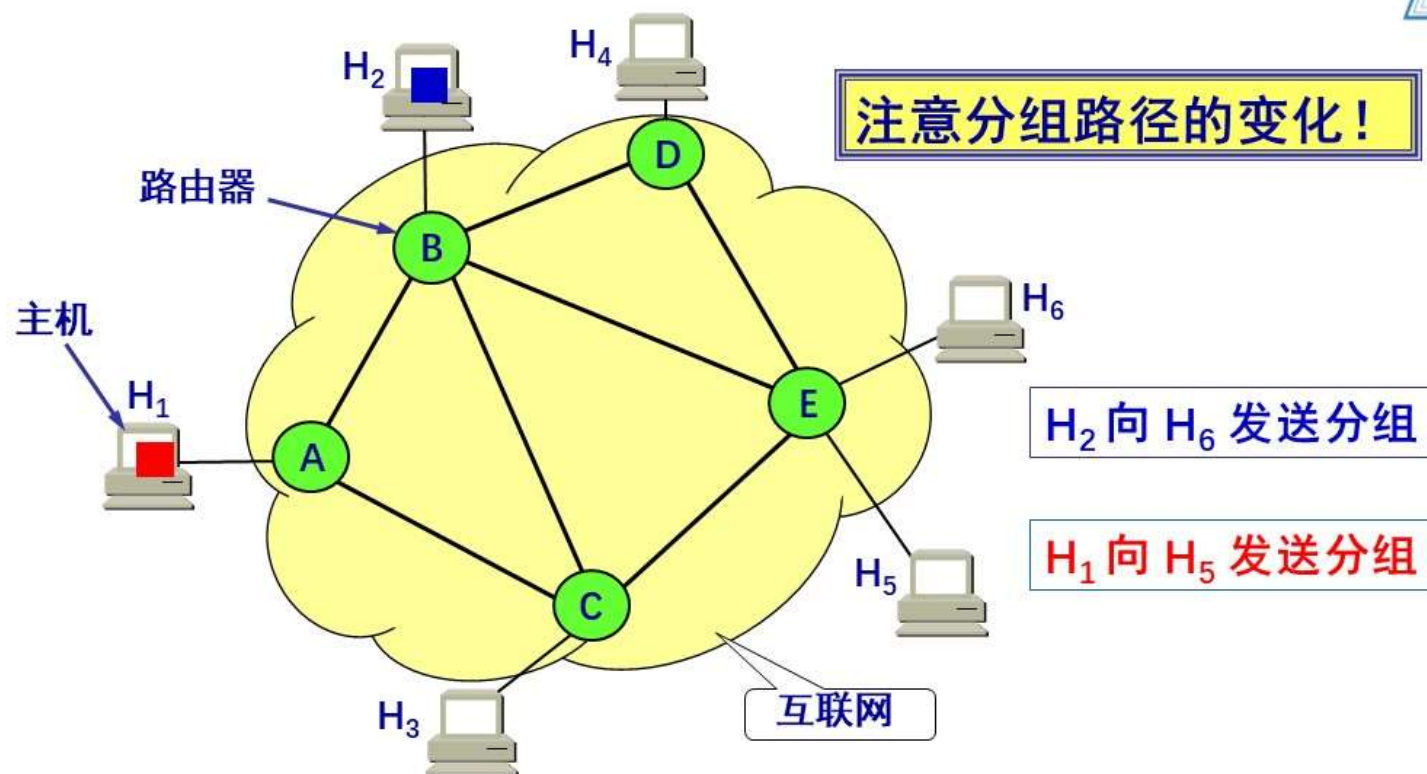


(b) 核心部分中的网络可用一条链路表示  
分组交换的示意图



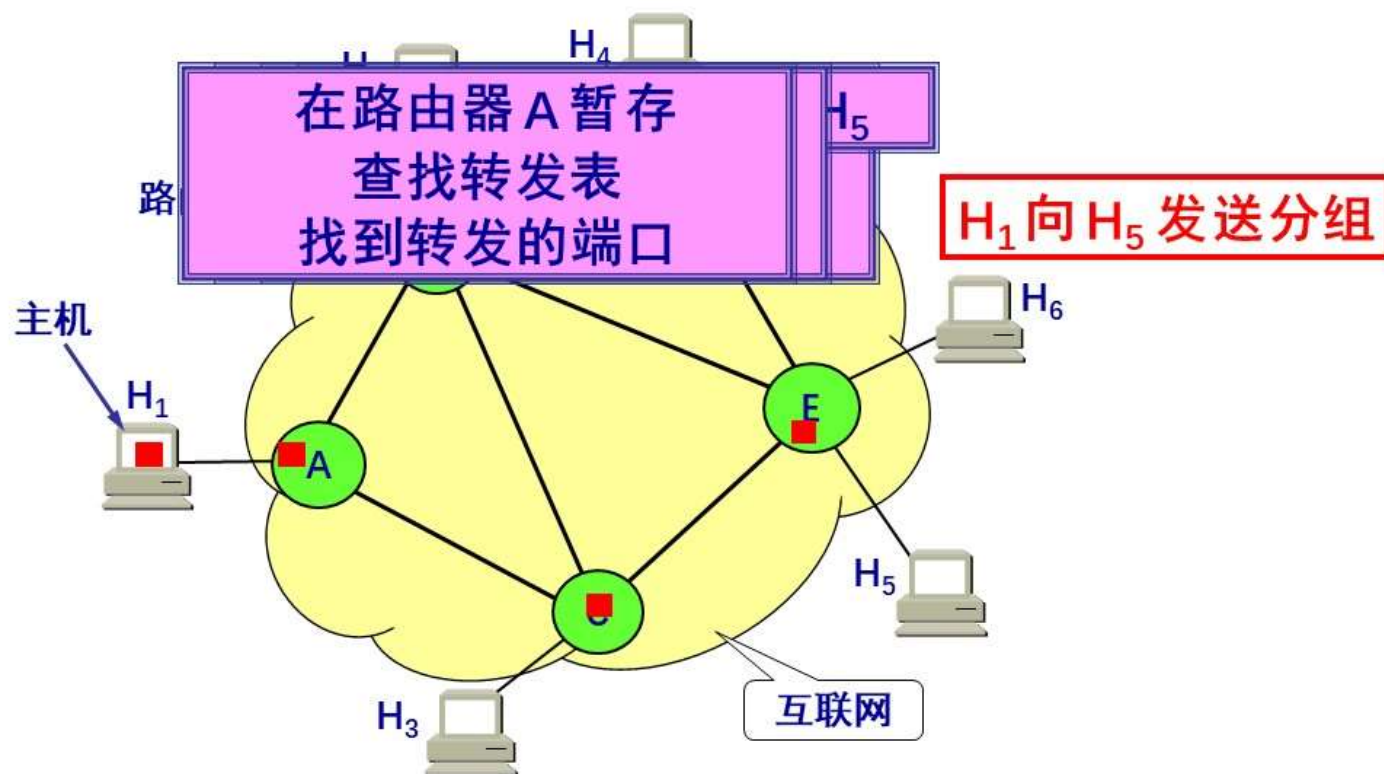


## 分组交换网的示意图





# 注意分组的存储转发过程



# 因特网的核心与边缘比较



- **因特网的核心部分**
- 由许多**网络**和把它们互连起来的**路由器**组成
- 在因特网核心部分的路由器之间一般都用**高速链路**相连接
- **路由器的用途**是用来转发分组的，即进行**分组交换**的。
- **主机**处在因特网的边缘部分。
- 在网络边缘的主机接入到核心部分则通常以相对**较低速率**的链路相连接。
- **主机的用途**是为用户进行信息处理的，并且可以和其他主机通过网络交换信息。



## 路由器的存储转发

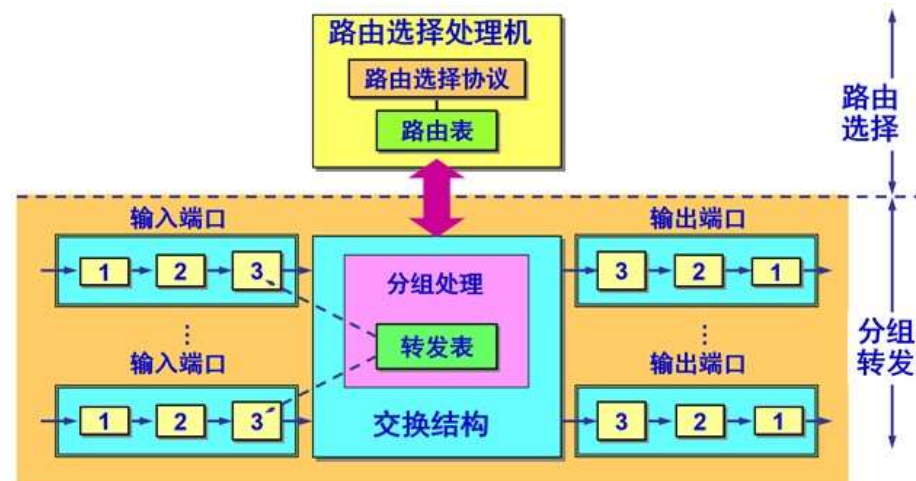
在路由器中的输入和输出端口之间  
没有**直接**连线。

路由器处理分组的过程是：

把收到的分组先放入缓存（暂时存储）；

查找转发表，找出到某个目的地址  
应从哪个端口转发；

把分组送到适当的端口转发出去。



图中数字表示相应层次的构件：

- 3——网络层
- 2——数据链路层
- 1——物理层



# 分组交换的优点及问题

## • 优点

- **高效** 动态分配传输带宽，对通信链路是逐段占用。
- **灵活** 以分组为传送单位和查找路由。
- **迅速** 不必先建立连接就能向其他主机发送分组。
- **可靠** 保证可靠性的网络协议；分布式的路由选择协议使网络有很好的生存性。

## • 问题

- 分组在各结点存储转发时需要**排队**，这就会造成一定的**时延**。
- 分组必须携带的**首部**（里面有必不可少的控制信息）也造成了一定的**开销**。



# Internet - 组成细节角度

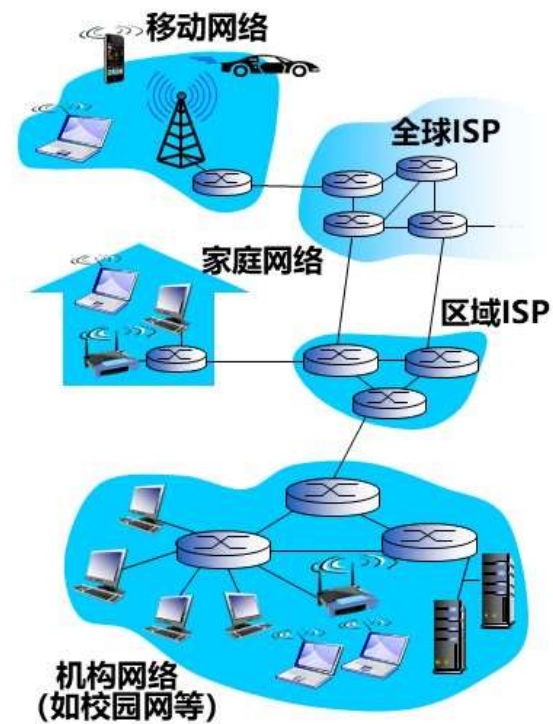
- 全球最大的**互联网络**
  - ISP网络互连的“**网络之网络**”
- 数以百万计的互连的**计算设备**集合:
  - **主机**(hosts)=**端系统** (end systems)
  - 运行各种网络应用
- ❖ **通信链路**
  - 光纤, 铜缆, 无线电, 卫星.....
- ❖ **分组交换: 转发分组 (数据包)**
  - **路由器**(routers)和**交换机**(switches)



52



# Internet - 服务角度



53

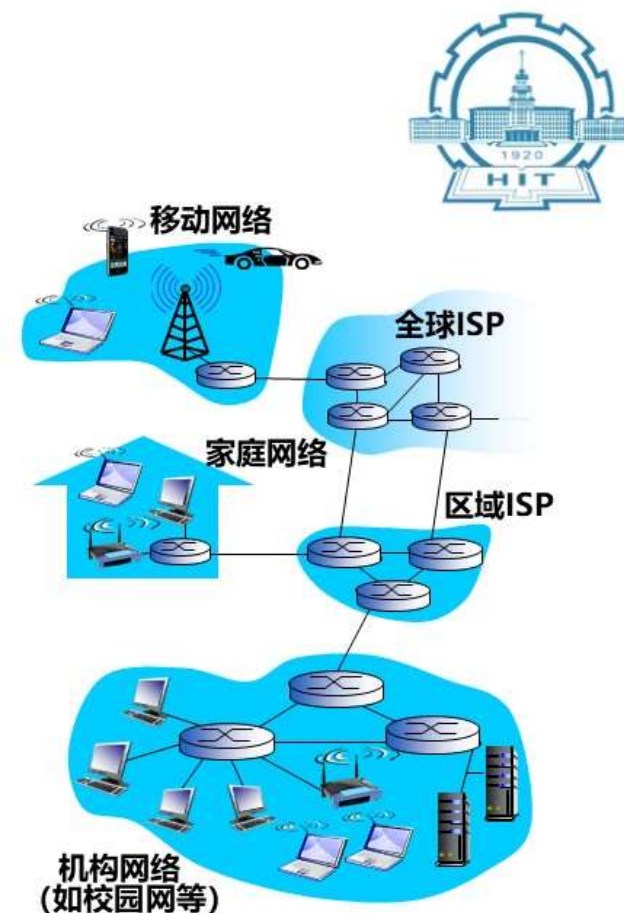
# Internet - 服务角度

- 为网络应用提供通信服务的通信基础设施:

- Web, VoIP, email, 网络游戏, 电子商务, 社交网络, ...

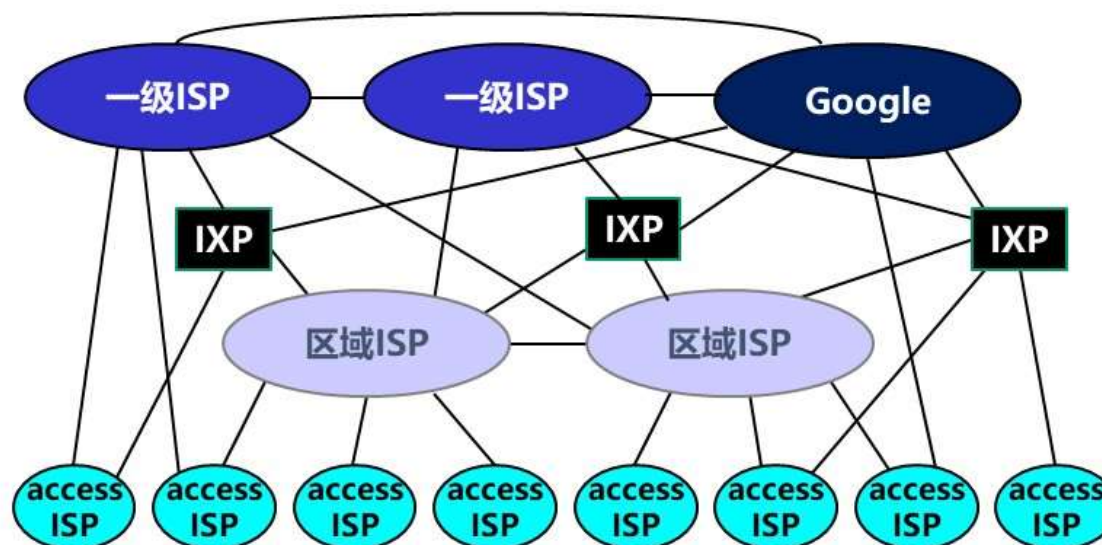
- 为网络应用提供应用编程接口 (API) :

- 支持应用程序“连接” Internet, 发送/接收数据
- 提供类似于邮政系统的数据传输服务



54

# Internet结构: 网络之网络



- 在网络中心: 少数互连的大型网络
  - “一级” (tier-1)商业ISPs (如: 中国联通、中国电信、Sprint、AT&T), 提供国家或国际范围的覆盖
  - 内容提供商网络 (content provider network, 如: Google): 私有网络, 连接其数据中心与Internet, 通常绕过一级ISP和区域ISPs

56

# 接入网络

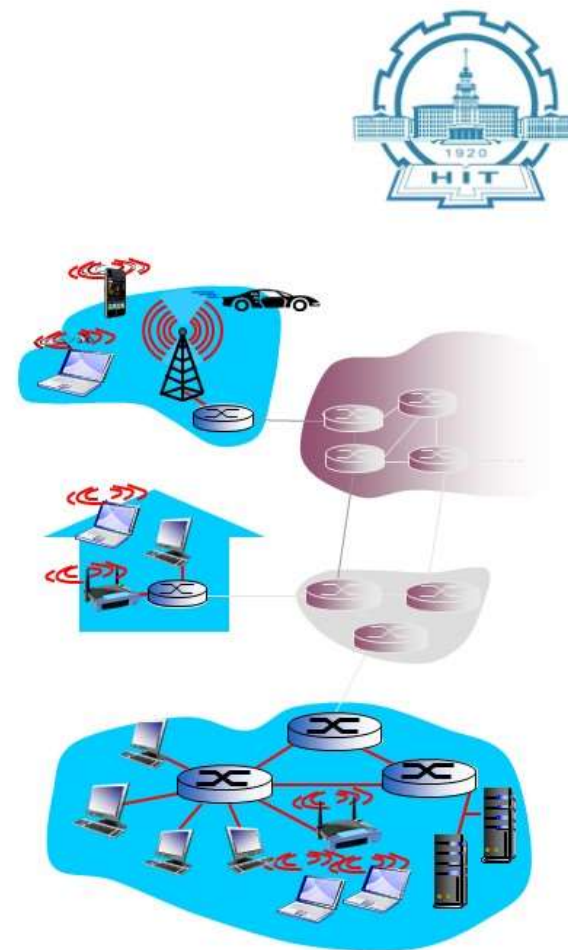
**Q: 如何将网络边缘接入核心网 (边缘路由器)?**

**A: 接入网络**

- 住宅 (家庭) 接入网络
- 机构接入网络 (学校, 企业等)
- 移动接入网络

**用户关心是:**

- 带宽 (bandwidth) (bps)?
- 共享/独占?

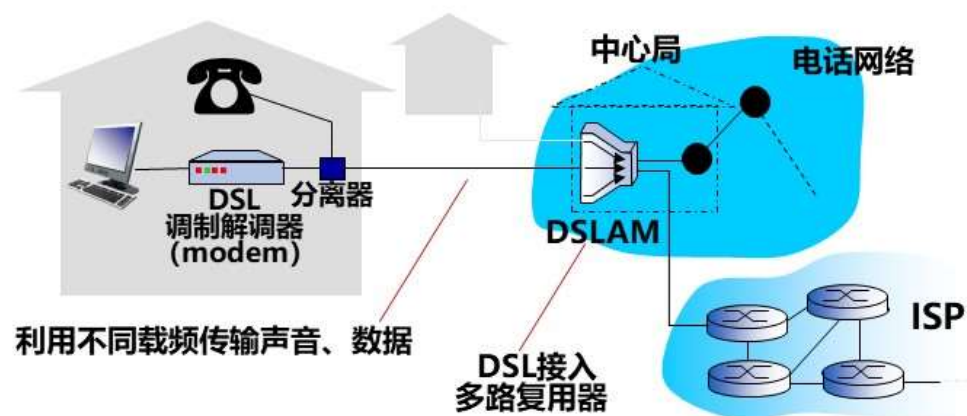


57

# 接入网络: 数字用户线路 (DSL)

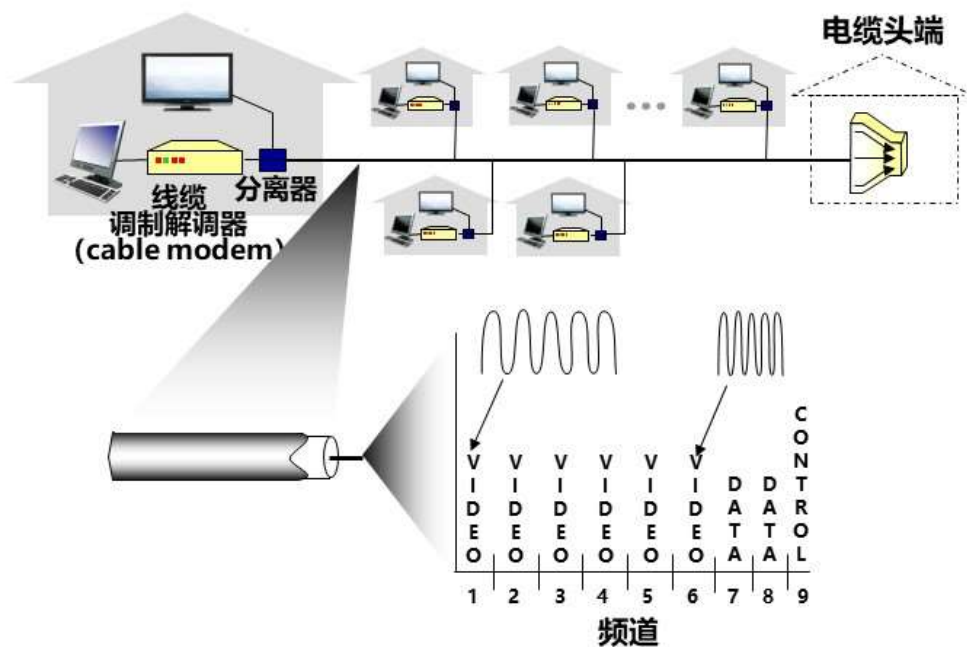


- ❖ 利用**已有的**电话线连接中心局的DSLAM
  - 数据通信通过DSL电话线接入Internet
  - 语音 (电话) 通过DSL电话线接入电话网
- ❖ 3.5-16 Mbps上行传输速率
- ❖ 24 -52 Mbps下行传输速率
- ❖ **FDM**: > 50 kHz - 1 MHz用于下行  
4 kHz - 50 kHz用于上行  
0 kHz - 4 kHz用于传统电话





# 接入网络: 电缆网络

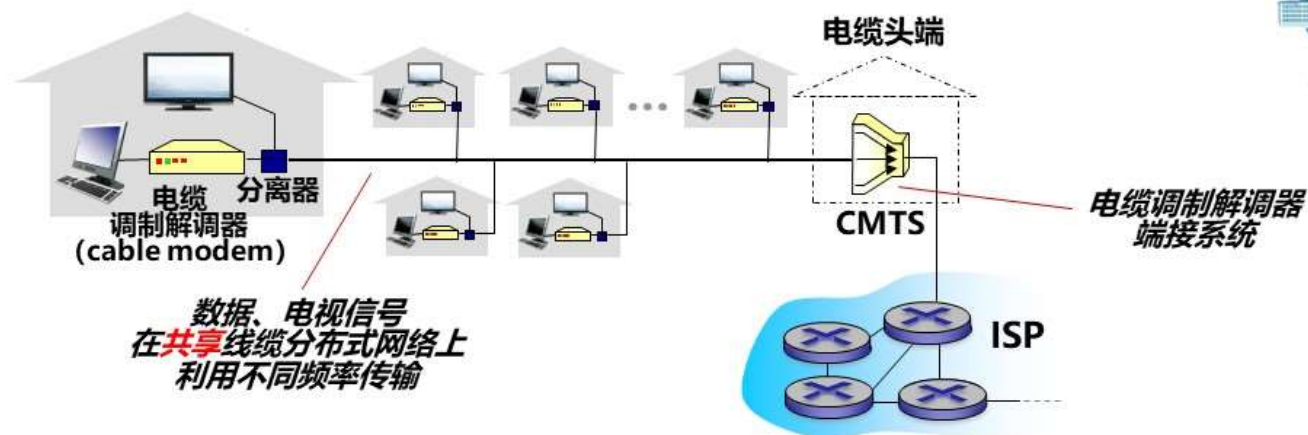


利用了有线电视公司现有的**有线电视基础设施**

**频分多路复用:** 在不同频带 (载波) 上传输不同频道



# 接入网络: 电缆网络



- ❖ **HFC:混合光纤同轴电缆 ( hybrid fiber coax)**
  - 非对称: 下行高达40Mbps-1.2Gbps传输速率, 上行为30-100Mbps传输速率
- ❖ 各家庭 (设备) 通过电缆网络→光纤接入ISP路由器
  - 各家庭**共享**家庭至电缆头端的**接入网络**
  - 不同于DSL的**独占**至中心局的接入

60



# 接入网络:光纤到户 (FTTH)



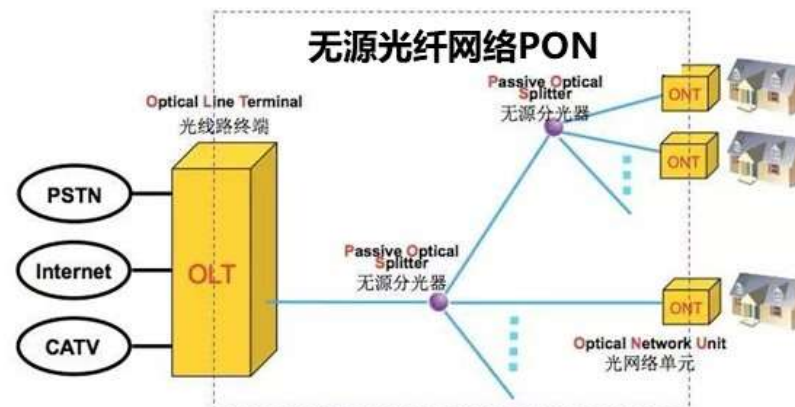
## ❖ 光纤到户FTTH

- FTTH: Fiber To The Home
- 我国及全球先进地区普遍采用的光纤通信的传输方法
- 分为两类：有源光纤网络AON和无源光纤网络PON
- 带宽大、线路稳定

我国FTTH用户  
已接近5亿

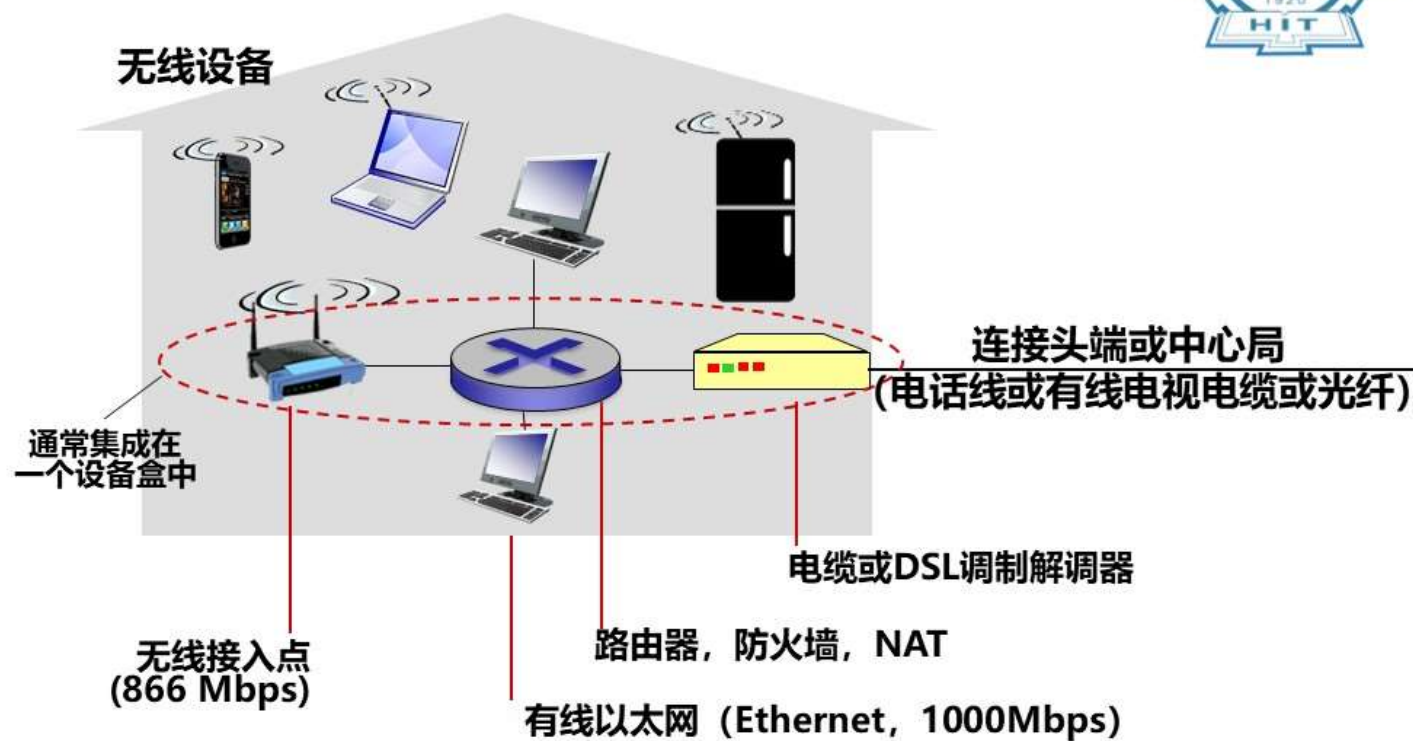
## ❖ 无源光纤网络PON

- PON: Passive Optical Network
- OLT: 局端的光线路终端
- ONU光网络单元 (如光猫ONT)
- 光猫ONT通过一个或多个无源分光器，连接到局端的光线路终端OLT

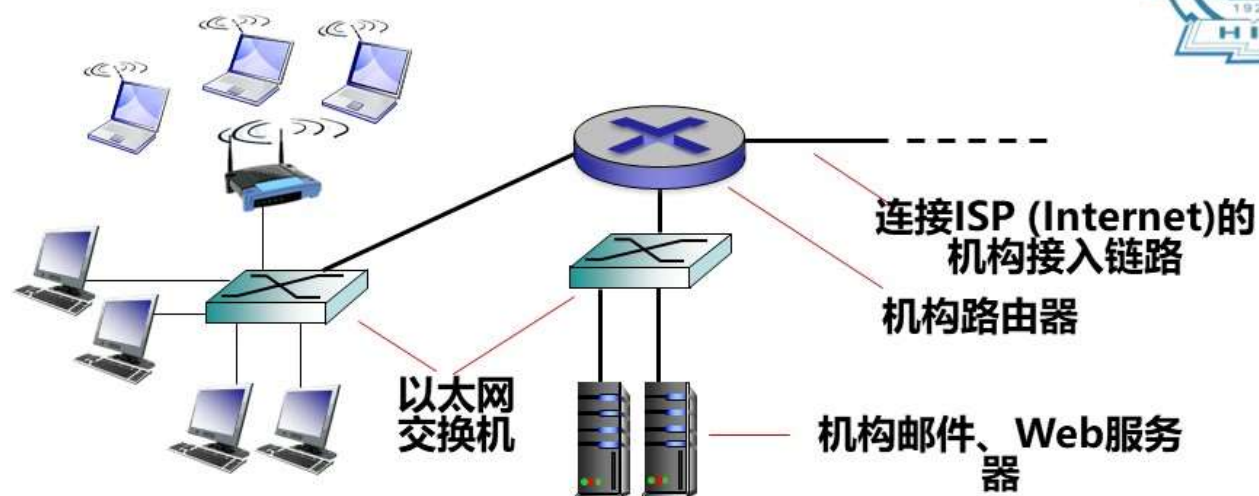


61

# 典型家庭网络的接入



# 机构（企业）接入网络 (Ethernet)



- 主要用于公司、高校、企业等组织机构
- 典型传输速率：10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps
- 目前，端系统通常直接连接以太网交换机 (switch)

63



# 无线接入网络



- 通过**共享**的无线接入网络连接端系统与路由器

- 通过**基站** (base station) 或称为“**接入点**” (access point)

## 无线局域网 (LANs) :

- 同一建筑物内 (30m)
- 802.11ac (WiFi5): 866Mbps传输速率
- WiFi6 (802.11ax) 最高速率可达9.6Gbps



## 广域无线接入:

- 通过电信运营商 (蜂窝网), 接入范围在几十公里~
- 带宽: 1 Mbps、10 Mbps、100Mbps、1Gbps
- 3G、4G、5G: LTE
- 移动互联网



64