

计算机网络概述(2)

华中科技大学电子信息与通信学院
通信工程系
陈京文

Email: jwchen@hust.edu.cn

2020.9.25



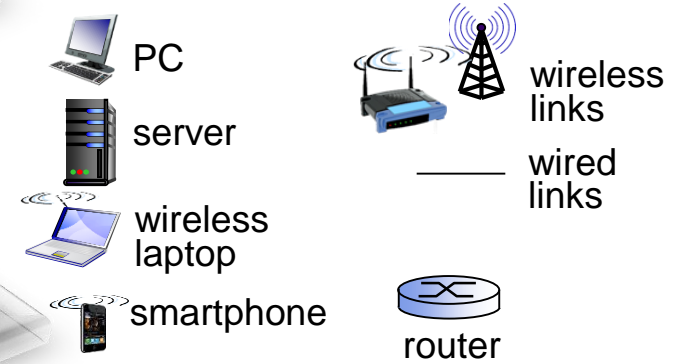
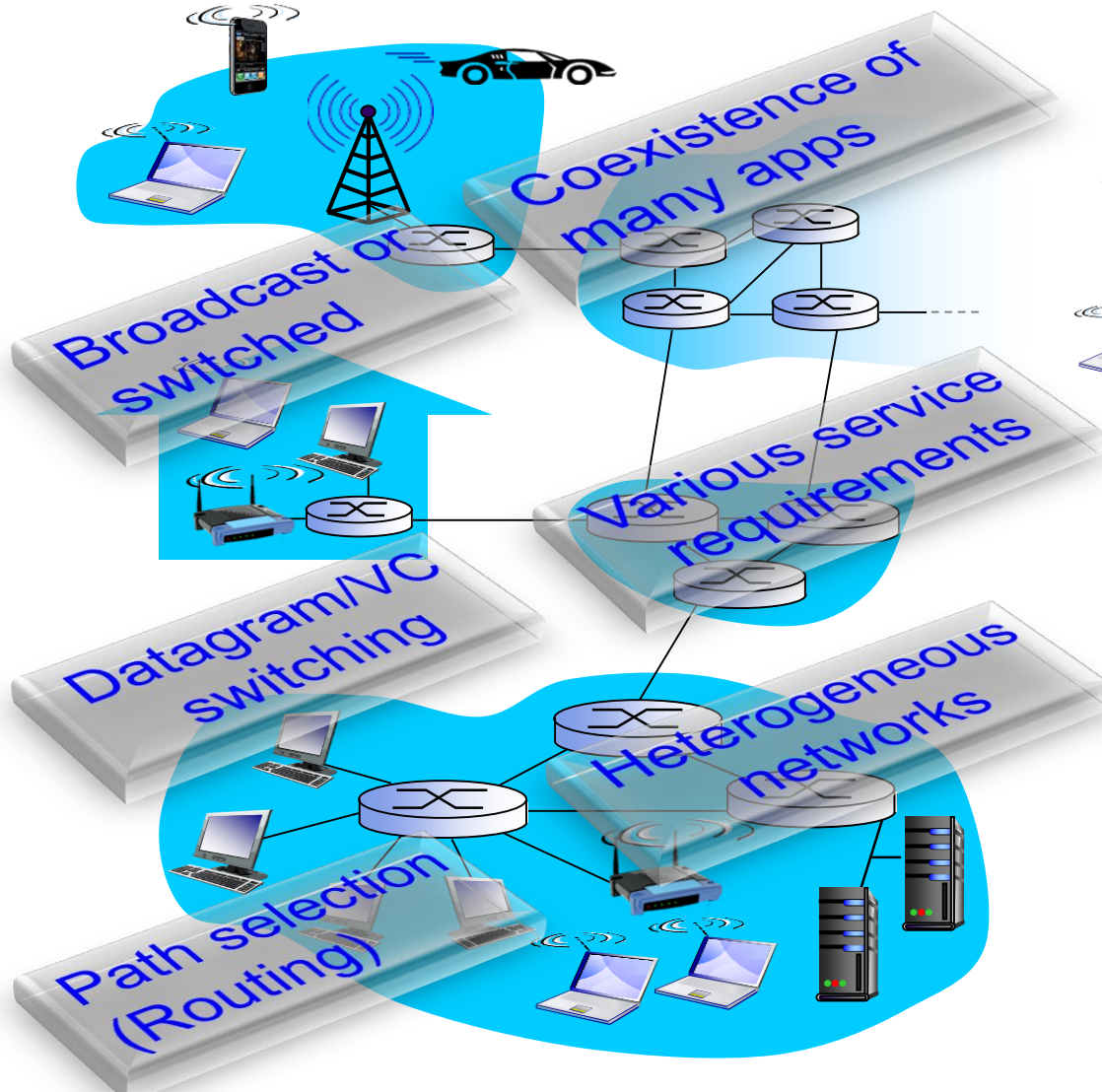
内容提要

- 网络分层
 - 分层式模块化，相关概念
- 网络架构
 - OSI参考模型，Internet架构，数据传输
- 因特网
 - 组成元素，结构，历史

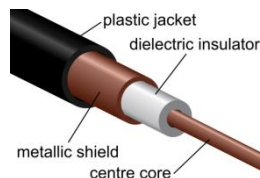
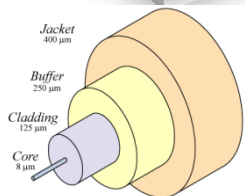


网络系统的基本特征

- 复杂性
 - 大型分布式系统：计算机，交换机，路由器，网络应用
- 异构性
 - 链路：无线，有线，光纤
 - 交换：电路，数据报，虚电路
 - 主机：PC，X86服务器，Unix服务器，...
- 网络应用的多样性
 - 文件传输，Web，Email，多媒体，...



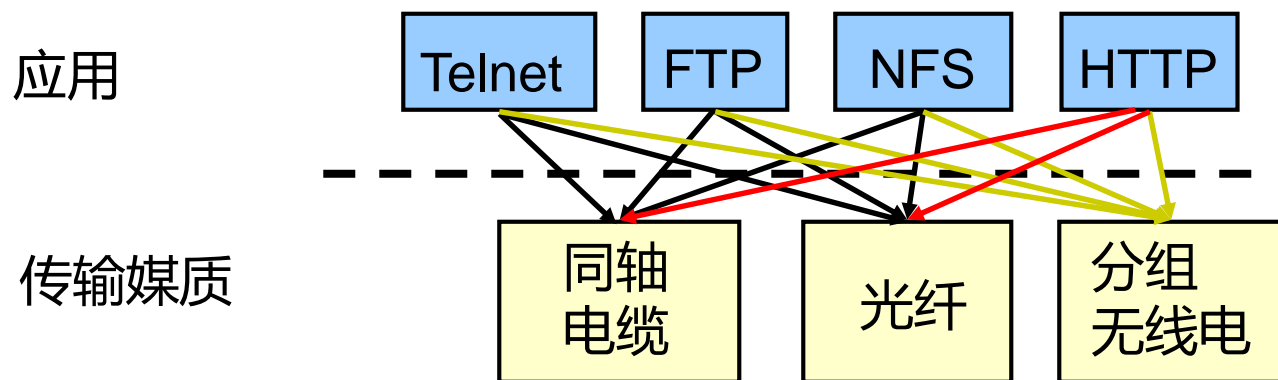
如何从零开始
设计一个网络系统？



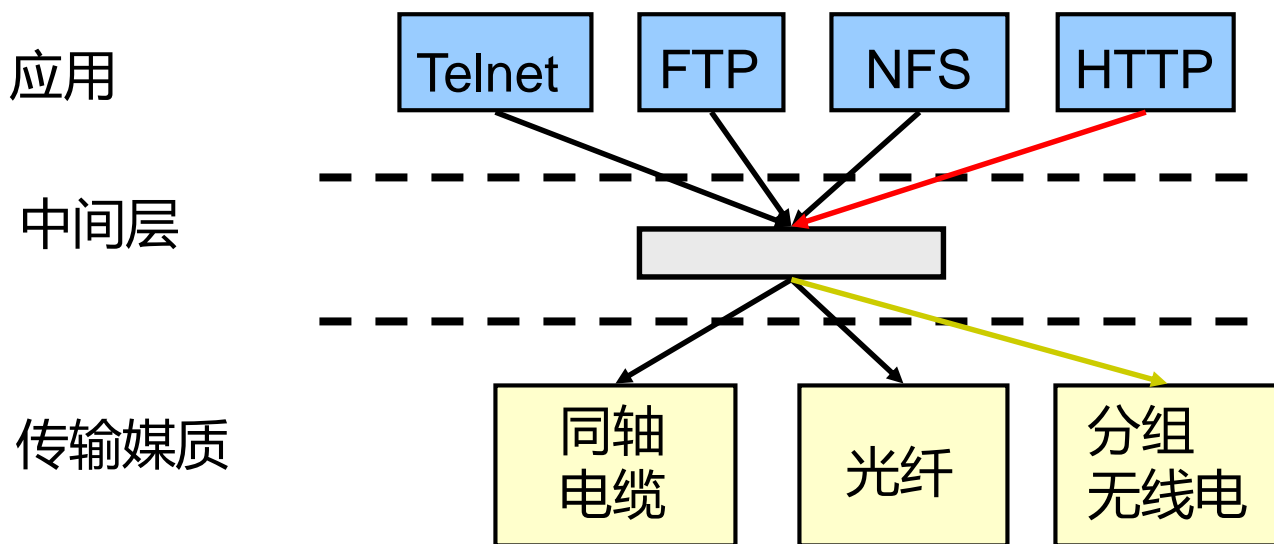
网络系统设计

- 类似于大多数复杂系统设计，网络系统设计可采用**模块化**方法
 - 将整个系统分为**多个较小的、相对简单**的功能模块
 - 采用精心设计的**接口**连接各个功能模块
 - 每个模块实现的**细节隐藏**在其接口之后
- 具有**灵活性和简便性**
 - 但可能会影响性能
- 关键：**如何划分系统功能模块和定义功能模块之间的接口**
 - 两类模式：**平铺式，分层式**

模块化：平铺式



模块化：分层式



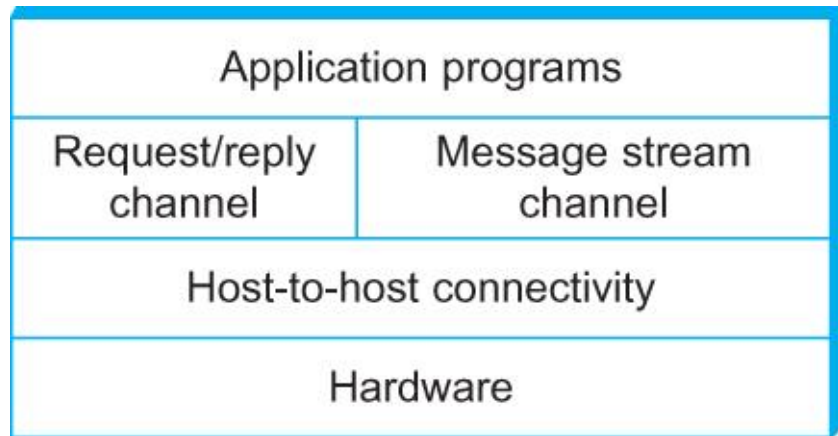
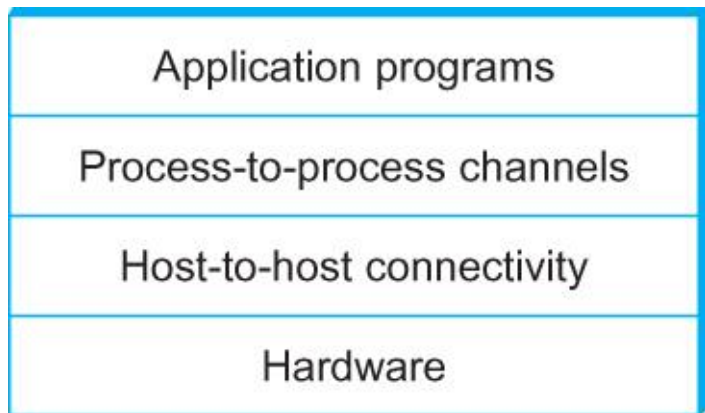
中间层：抽象不同类型传输媒质所提供的**传输服务**

分层

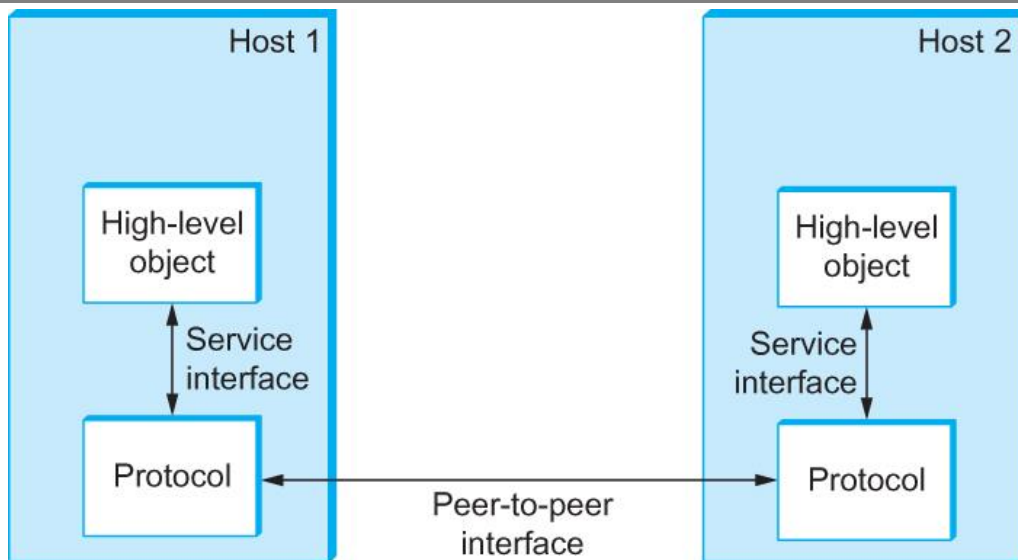
将网络系统组织成**一连串逻辑上不同的实体**，其中每个实体所提供的服务(功能)仅仅依赖于底层实体所提供的服务

- 优点
 - **模块化** —— 易于管理维护
 - **可重用** —— 上层实体可重复利用底层实体功能
 - **功能抽象** —— 底层实体的变化不会影响上层实体
- 缺点
 - 效率降低 —— 信息隐藏引起
- 进一步的关键：**如何在层之间划分功能**
- 相关名词：**实体，协议，封装，复用/解复用**

主机分层示例

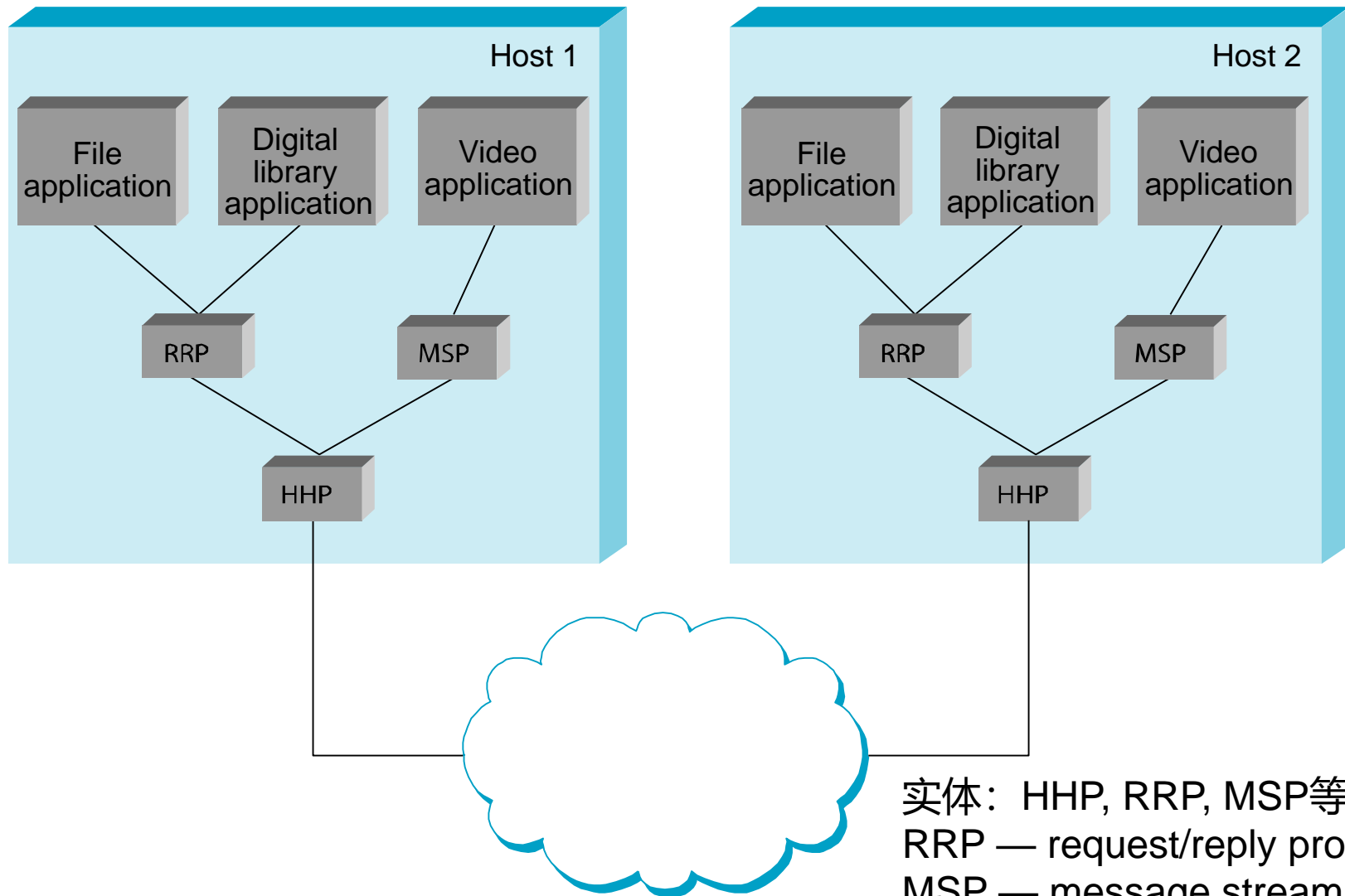


实体与接口



- **实体(Entity)**
 - 与远端对等实体进行通信的功能模块：与其它同层实体一起构成一层，并相互独立
 - 向上层实体提供通信服务
 - 基于底层实体提供的通信服务
- 实体之间的**接口(Interface)**
 - 垂直(上下层之间)：服务接口(service interface)
 - 水平：对等实体之间的接口(peer-to-peer interface)

实体示例

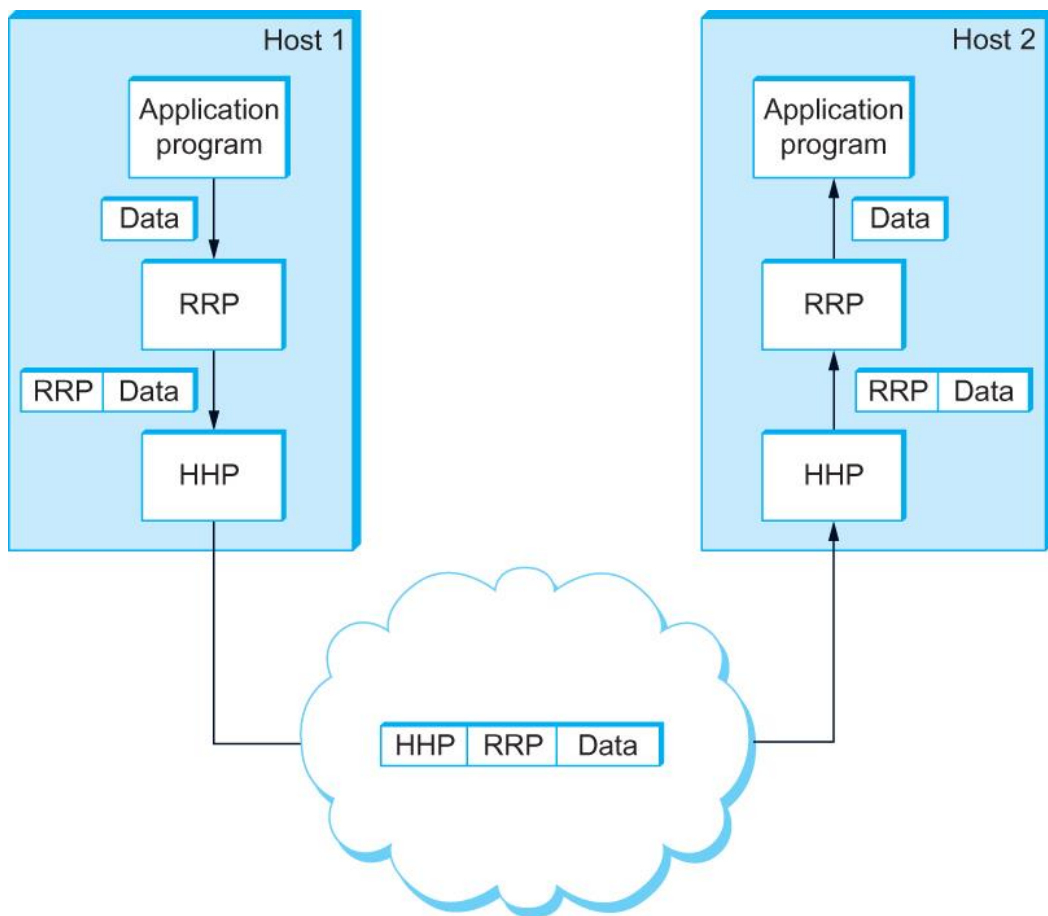


实体：HHP, RRP, MSP等模块
RRP — request/reply protocol
MSP — message stream protocol
HHP — host to host protocol

协议

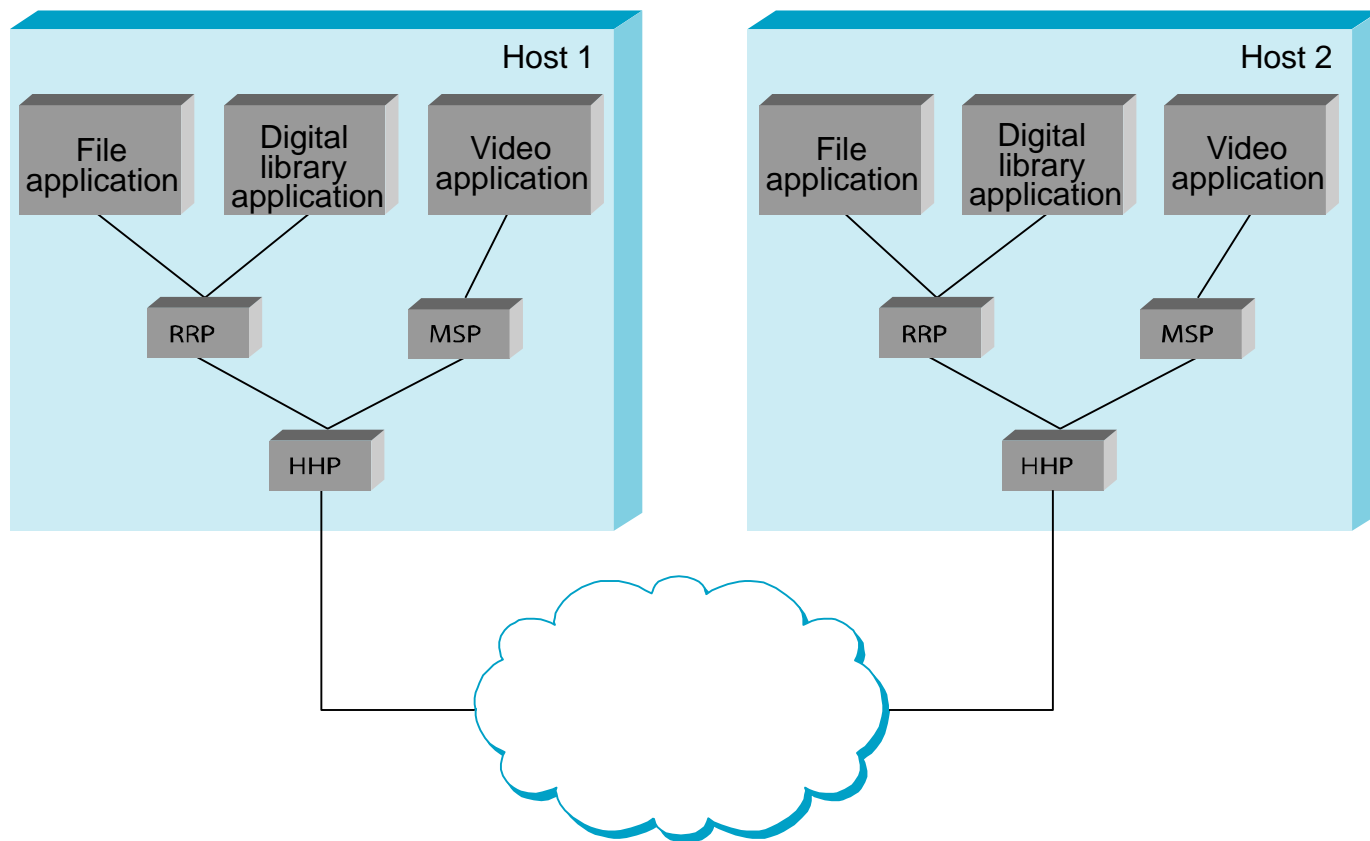
- 定义：网络实体之间通信的规则
 - 对等端通信：协议的主要部分
 - 对于上层实体的服务
- 协议规范着网络实体之间的通信过程
 - 同层实体之间发送和接收消息的格式、次序，如分组字段含义
 - 发送、接收到消息后的行为
 - 对于上层实体的服务接口

封装



- 发送时，发送方下层实体在上层实体待传数据之外**添加首部(和尾部)**后发送
- 接收时，接收方下层实体**剥离数据包首部(和尾部)**以恢复原始数据，再交给上层实体
- 原因
 - **携带必需的控制信息**，以指导对等端如何处理收到的数据包

复用与解复用



- 源节点：下层实体复用来自不同上层实体的数据进行传输
- 目的节点：下层实体解复用所收到的数据，提交给对应的上层实体
- 分辨数据所属的上层实体：下层实体封装时加入解复用码 (demultiplexing key)，上层实体一一对应



内容提要

- 网络分层
 - 分层式模块化，相关概念
- 网络架构
 - OSI参考模型，Internet架构，数据传输
- 因特网
 - 组成元素，结构，历史

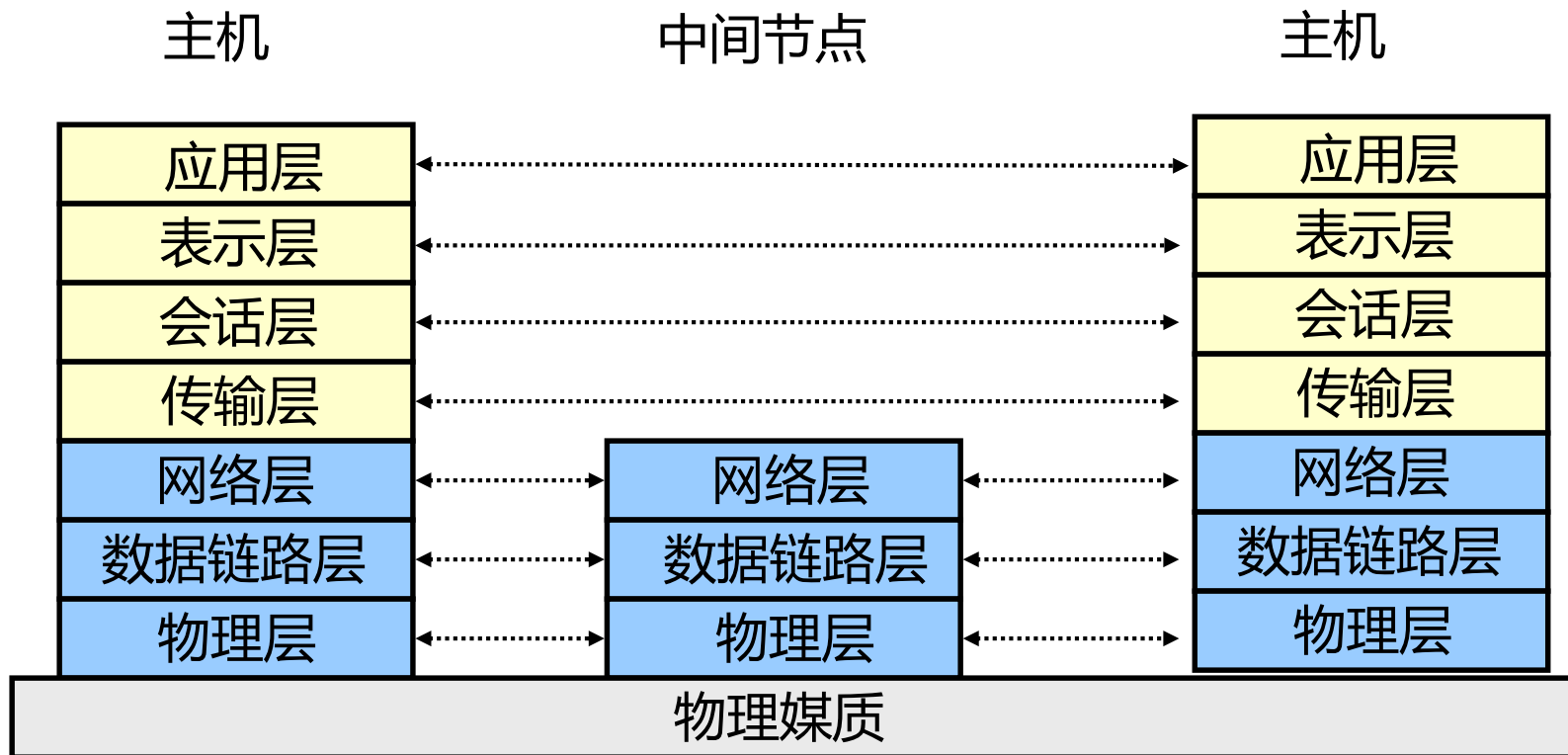
网络架构

- 网络架构的含义
 - 如何组织网络系统实现的设计蓝图(blueprint)
 - 何处实现相关功能
 - 支持何种接口
 - 并非网络系统的具体实现(implementation)
- 网络架构: 决定网络实体图(entity graph)形式和内容的规则集合
 - 实例: OSI参考模型, Internet架构

OSI参考模型

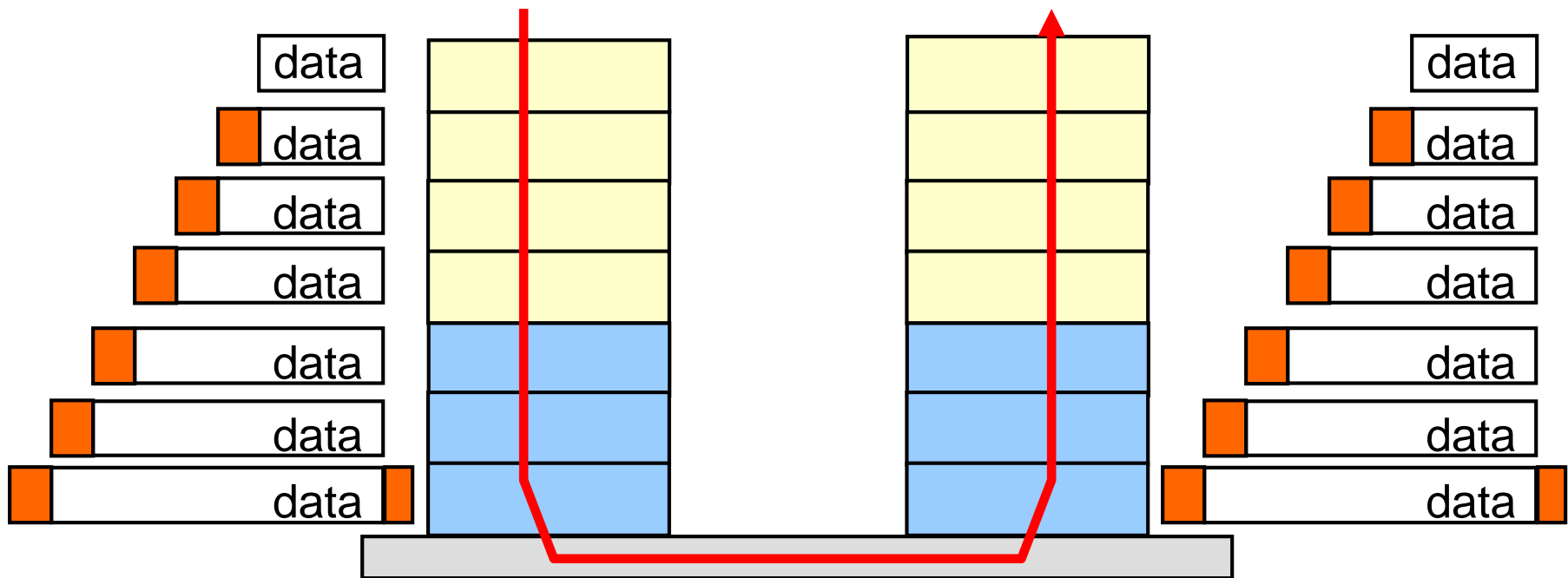
- OSI – Open System Interconnection
 - ISO (International Standard Organization)提出
 - 始于1978
- 技术目标：一个通用、开放标准
- 仅仅是参考模型
- 基于OSI参考模型的网络系统架构
 - “X dot”系列：X.25, X.400, X.500

OSI参考模型：七层



- **服务(Service)**: 每层所实现的功能(what a layer does)
- **接口(Interface)**: 如何访问服务(how to access the service)
- **协议(Protocol)**: 服务如何实现, 即网络中两个对等实体之间的通信规则和格式集合

数据传输



各层的功能

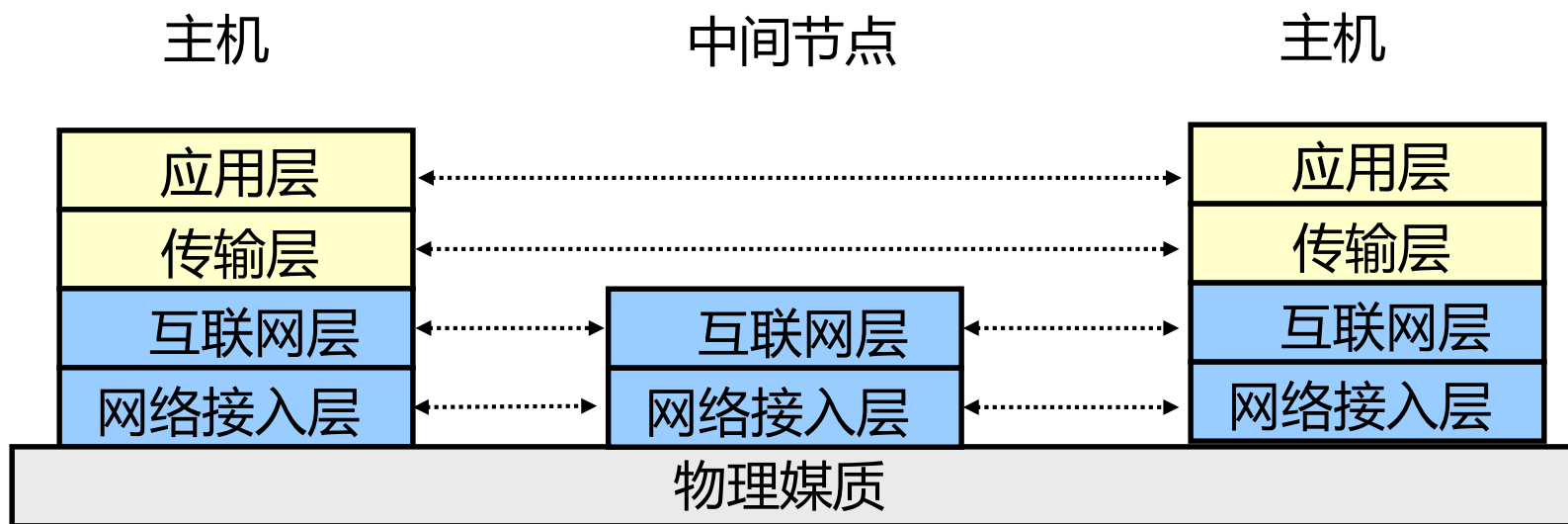
- **物理层(Physical layer)**
 - 原始比特在物理链路上的传输
- **数据链路层(Data link layer)**
 - 相邻(直连或广播)网络接口之间帧(即数据链路层分组)传输
- **网络层(Network layer)**
 - 互联网络中主机之间的数据包(即网络层分组)传输
- **传输层(Transport layer)**
 - 实现终端主机进程之间的逻辑通道, 提供前述的共性服务
- **会话层(Session layer)**
 - 处理会话管理、接入控制、数据流和消息同步等, 以协助持续较长时间的应用进程之间的通信, 如视频会议等
- **表示层(Presentation layer)**
 - 实现不同表达形式数据之间的转换, 如压缩、加密、描述等
- **应用层(Application layer)**
 - 进行应用特定的操作, 向用户提供特定的服务, 如Web, email等



Internet

- 全球规模、通用性的、技术异构的公共计算机网络，支持各种各样的应用
 - 由ARPANET(美国国防部ARPA建设项目)发展而来
 - 已成为全球性信息基础设施
- 相关协议的标准化
 - 标准：RFC (Request For Comments)
 - 标准化组织 – Internet Engineering Task Force (IETF)
- Internet与internet、intranet的区别

四层架构



各层功能

- **网络接入层(Network Access Layer)**

- 只是抽象表示任何类型的底层网络
- 本身并无标准定义

- **互联网层(Internet Layer)**

- 互联网络中主机-主机(host-to-host)分组传输
- 唯一协议: IP (Internet Protocol)
- 基于各种底层网络的传输服务 —— IP over XXX

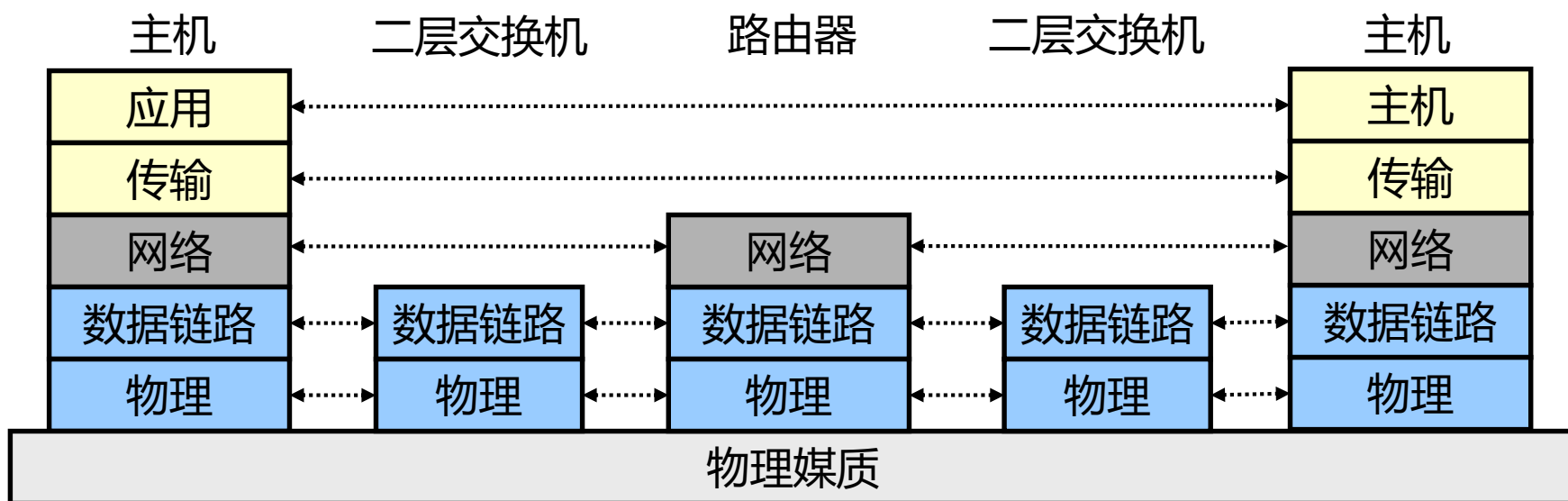
- **传输层**

- 进程之间消息传输(process-to-process message transmission)
- TCP (Transmission Control Protocol): 可靠的字节流通道
- UDP (User Datagram Protocol): 不可靠的数据报传送通道

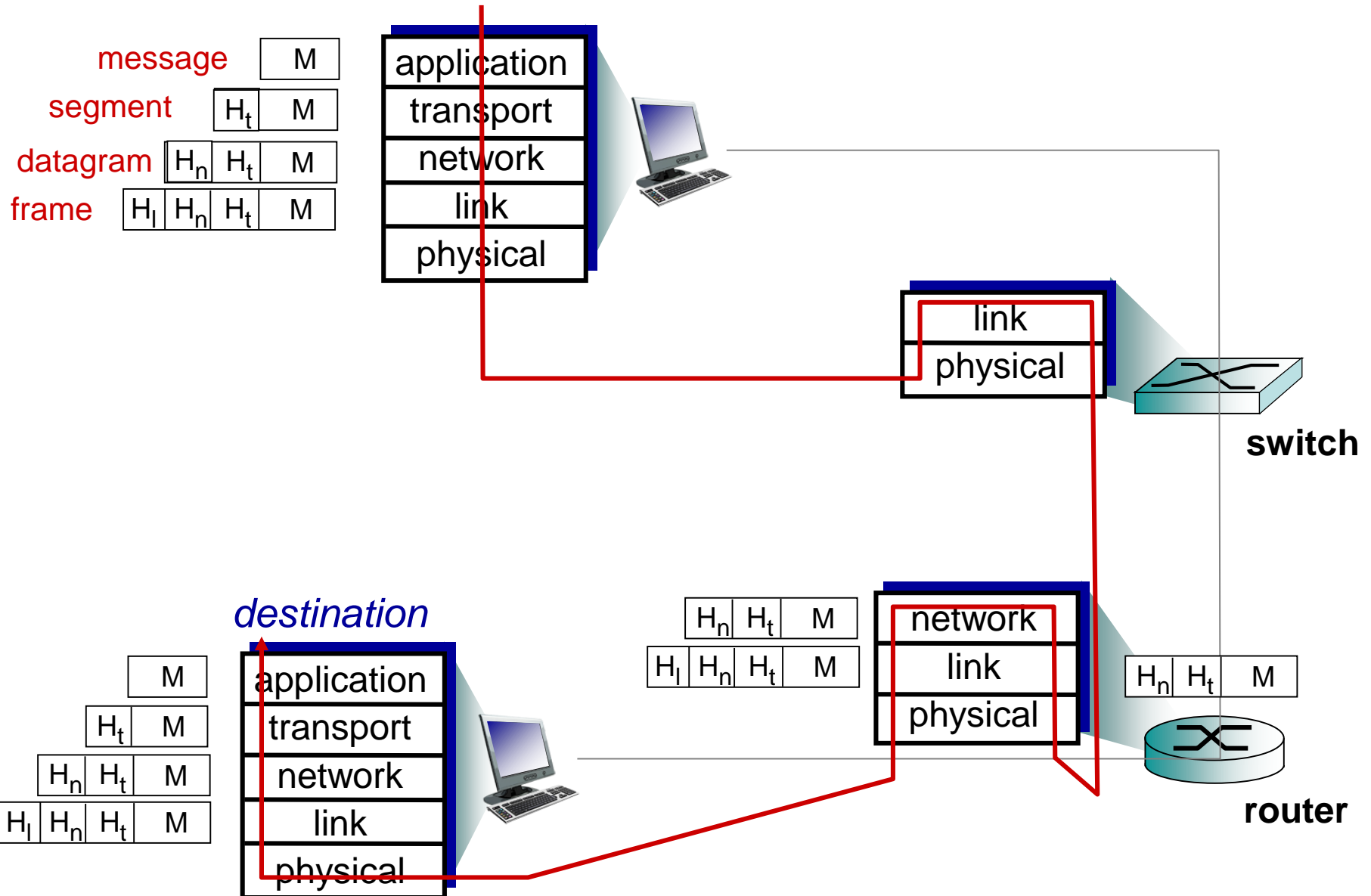
- **应用层**

- 实现各种网络应用, 包括种类繁多的协议, 如HTTP, FTP等

合并OSI参考模型和Internet架构

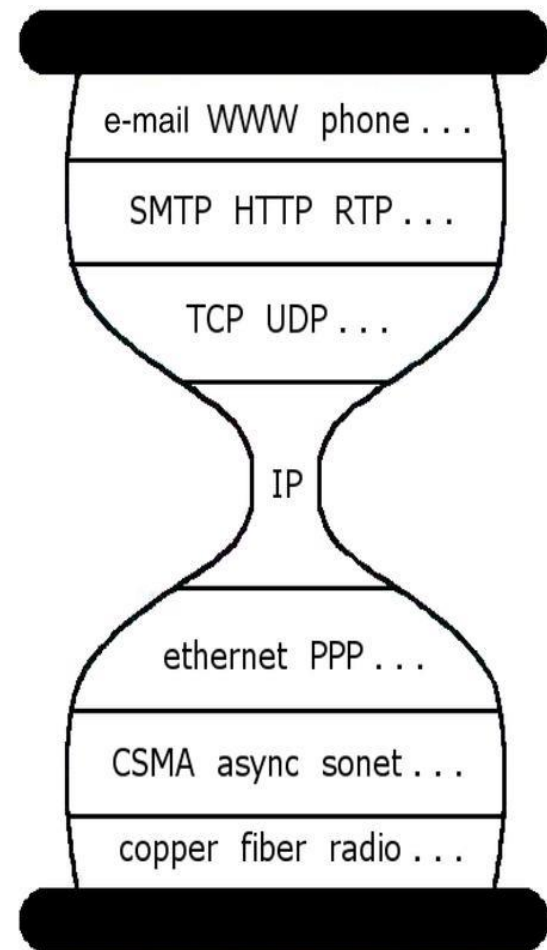


Internet数据包传输过程及数据封装

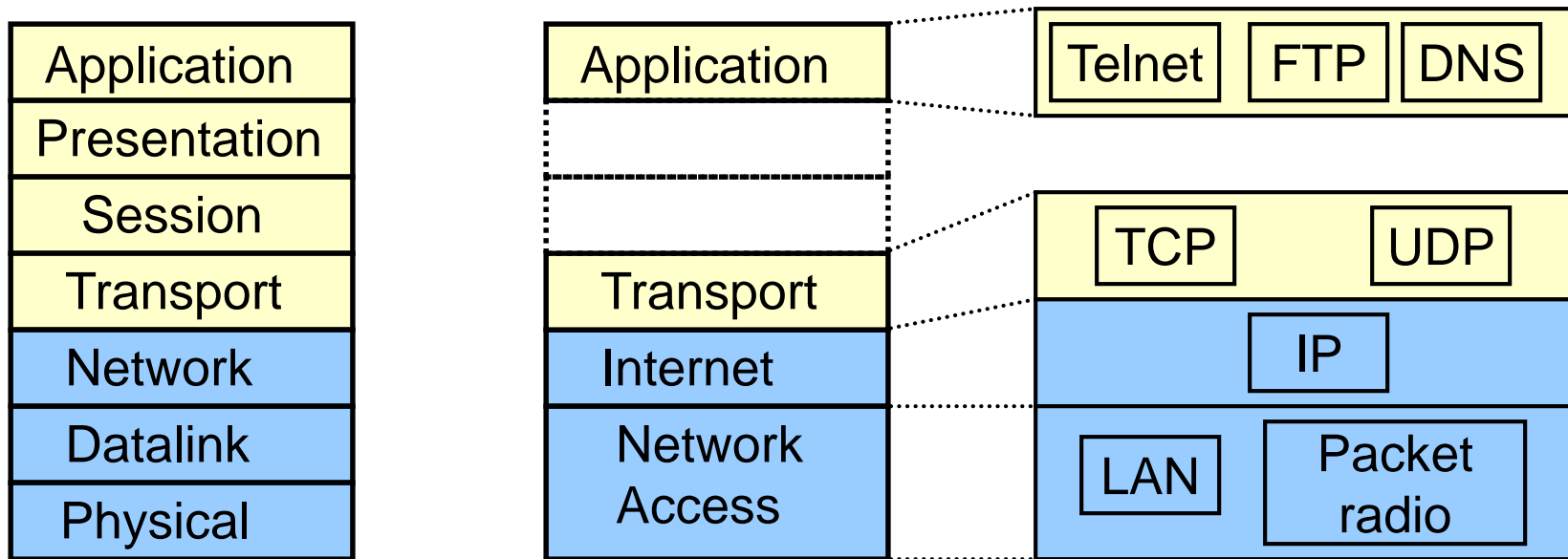


Internet架构特点

- 顶端和低端“宽”，中间“窄”
 - IP是粘合剂和中心
- 主机复杂，节点简单
 - 演化：边缘复杂，核心简单
- 并非严格分层
 - 网络应用可直接基于IP
 - 并无参考模型
- 重视所提出的协议的实现
 - 提出协议时，必须给出相应的实现



OSI与Internet比较



- 技术
 - Internet: IP为中心, 可行, 灵活, 可扩展
 - OSI: 重复的流量控制、纠错等, 效率不高
- 文化不同
 - Internet 世界: to implement as you go
 - ISO/ITU: 定义先于实现



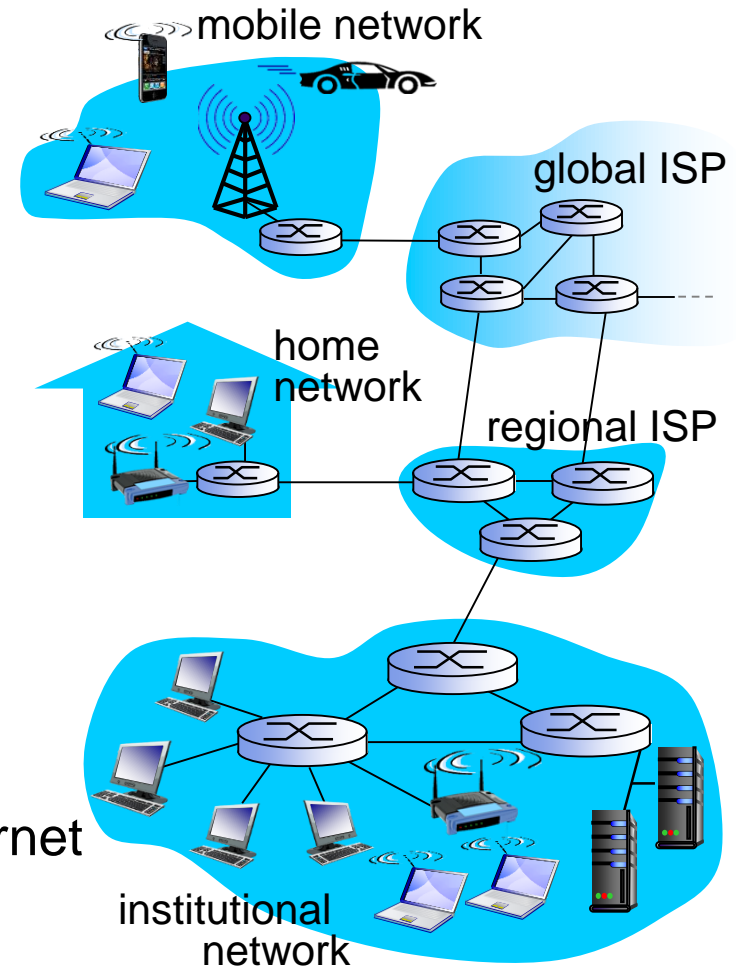
内容提要

- 网络分层
 - 分层式模块化，相关概念
- 网络架构
 - OSI参考模型，Internet架构，数据传输
- 因特网
 - 组成元素，结构，历史

Internet基本构成

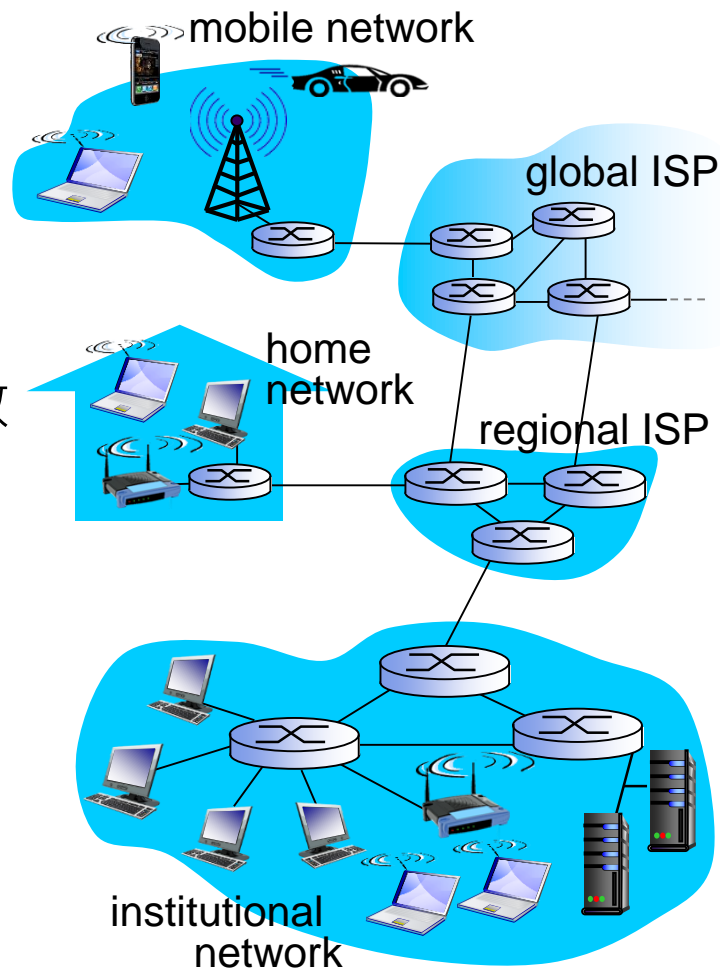


- 数以亿计的计算设备相连
 - 主机(hosts) = 终端系统(end systems)
 - 运行大量网络应用
- 通信链路
 - 光纤, 铜缆, 无线电, 卫星
 - 传输速率不等
- 分组交换机: 转发数据分组
 - 路由器或交换机
- 协议规范着消息的发送、接收
 - 例如, HTTP, Skype, TCP, IP, Ethernet

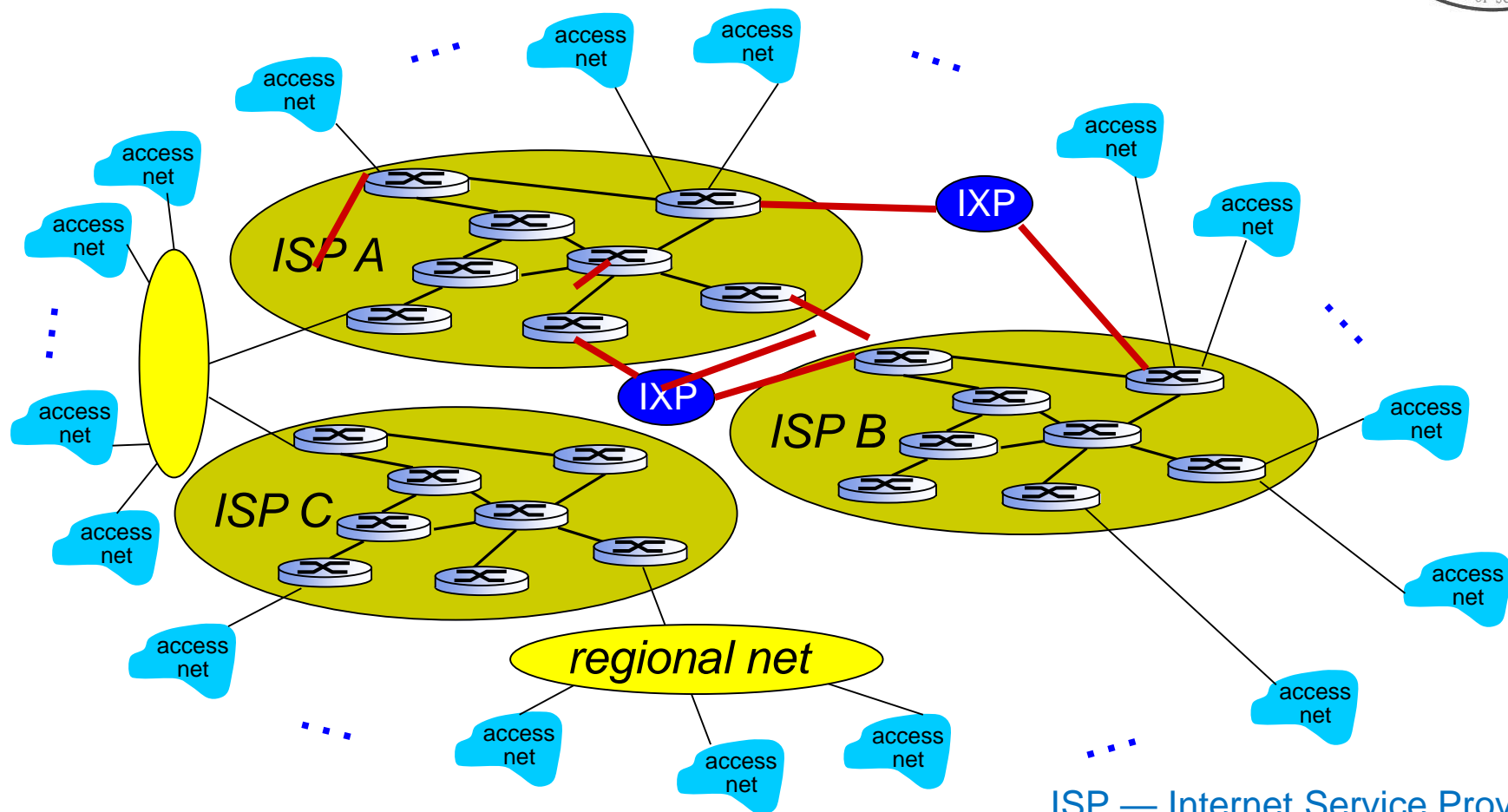


Internet服务

- 赋能分布式应用的**通信基础设施**
 - Web, VoIP, email, 游戏, 电子商务, 文件共享, ...
- **向网络应用提供通信服务**
 - 网络只提供“尽力交付(best effort)”数据传输服务
 - 不保证可靠传输
 - 基于网络的尽力交付服务, 终端主机可以通过复杂的操作实现可靠的数据传输



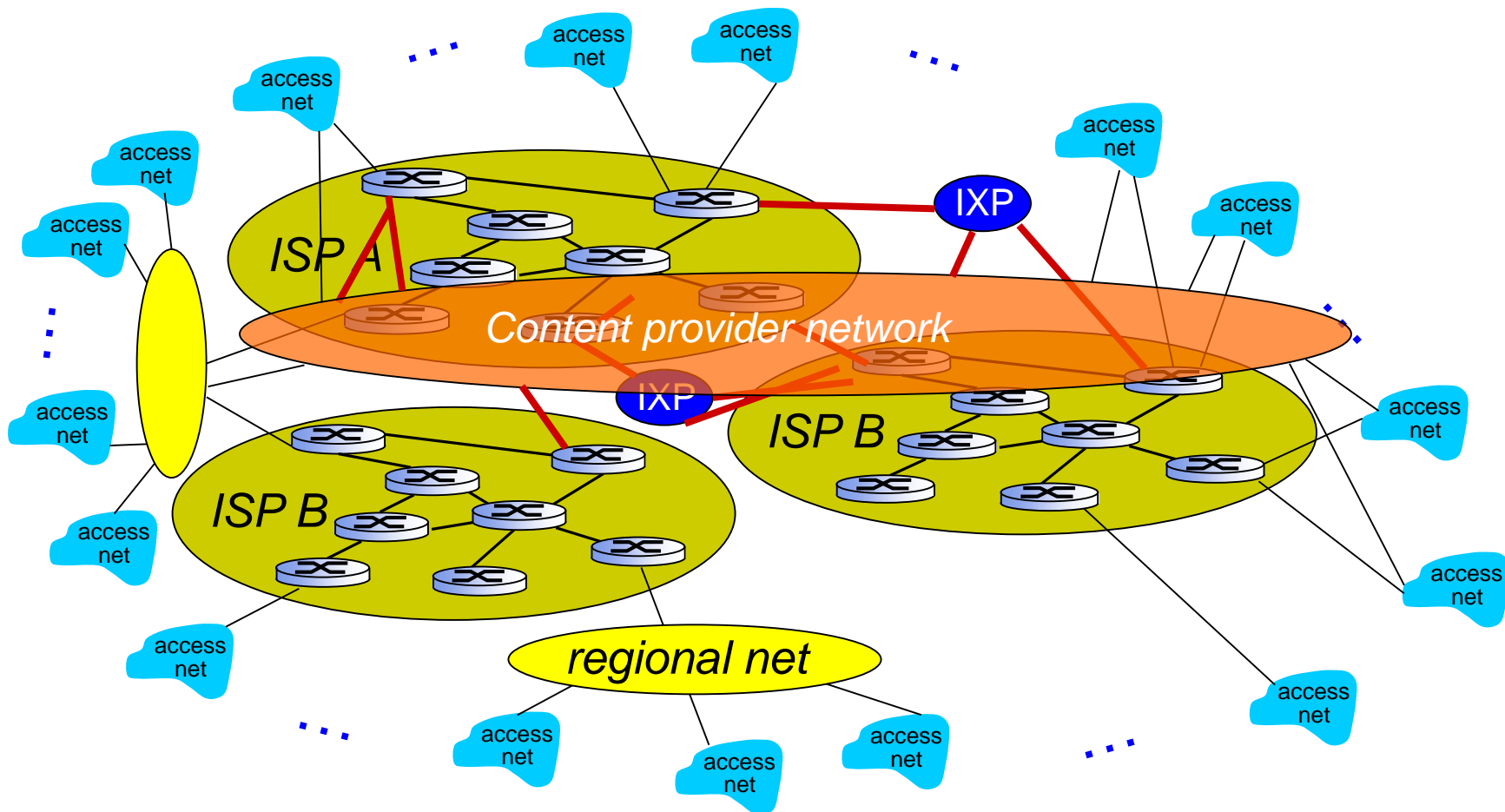
Internet结构



ISP — Internet Service Provider
IXP — Internet Exchange Point

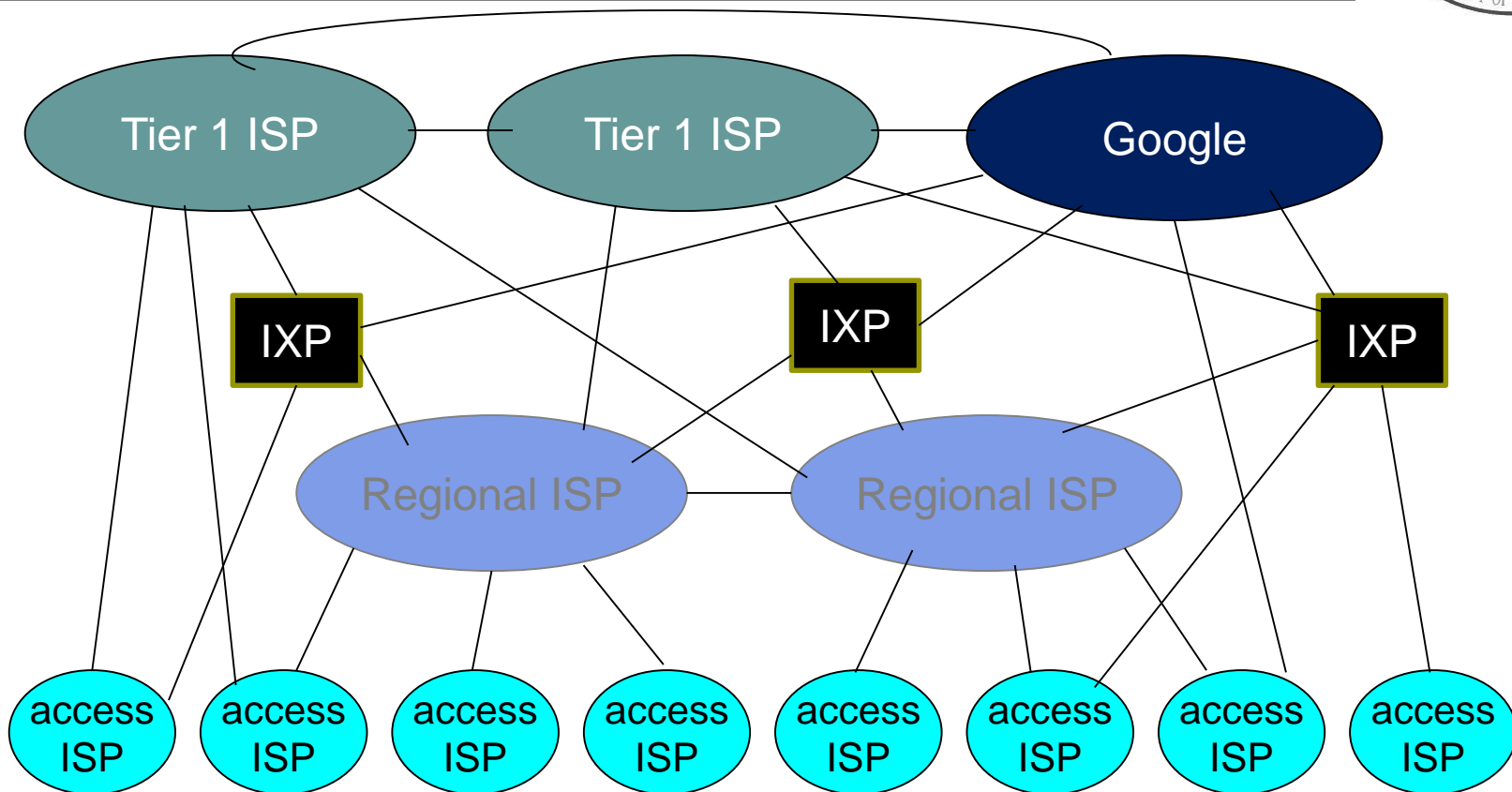
- 网络的网络: 相互连接的ISP网络
- 松散的等级制

Internet结构(续)



内容服务提供商(如Google, Microsoft, Akamai)可以运行自己的网络, 就近向终端用户提供内容和应用服务

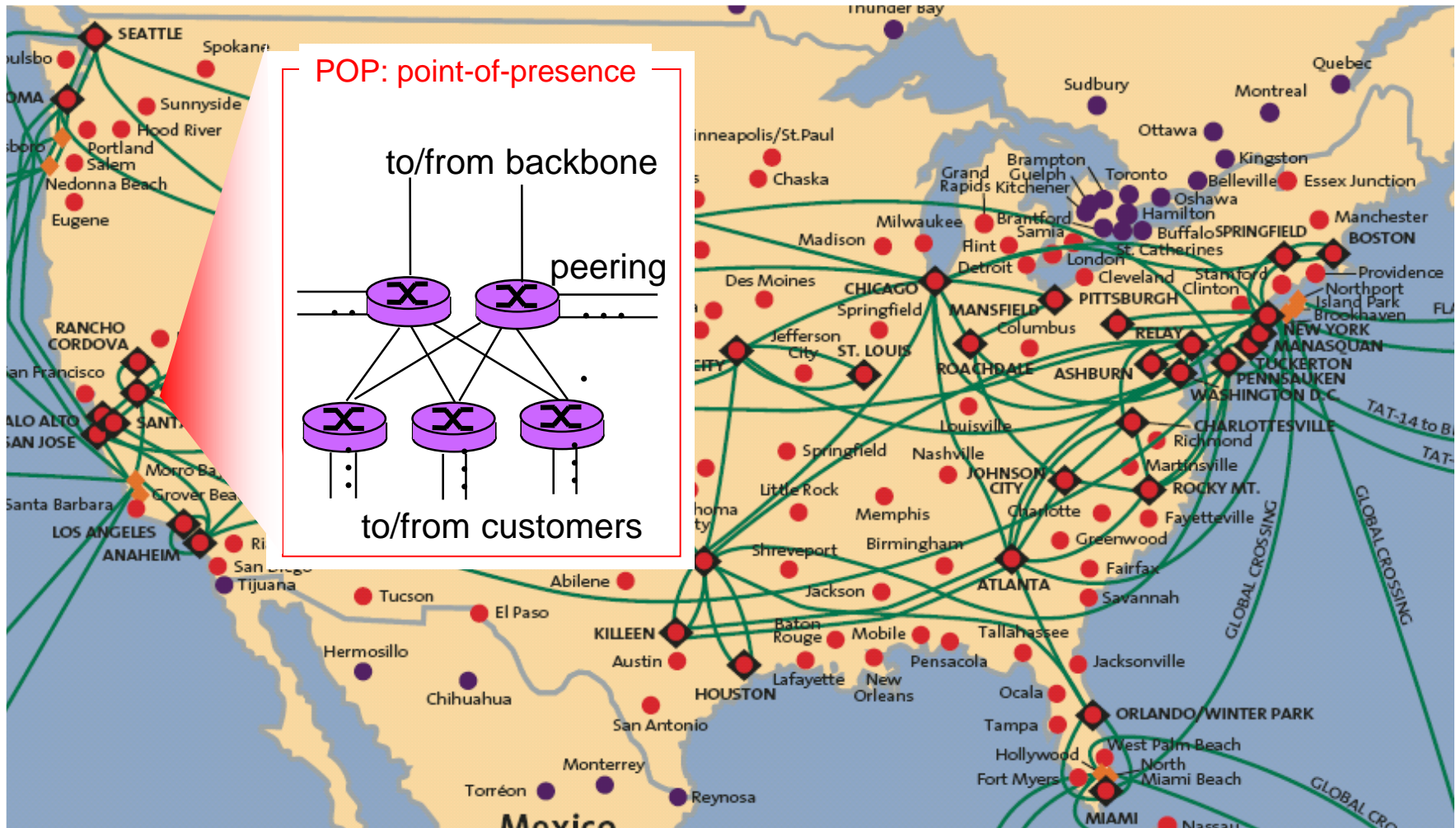
Internet —— 网络的网络



- 网络中心：少数大型网络

- 一级(tier-1)商业ISP(如中国电信、AT&T等)：全国和国际范围覆盖
- 内容提供商网络(如Google)：将其数据中心连接至Internet的私有网络，通常绕过一级、区域ISP

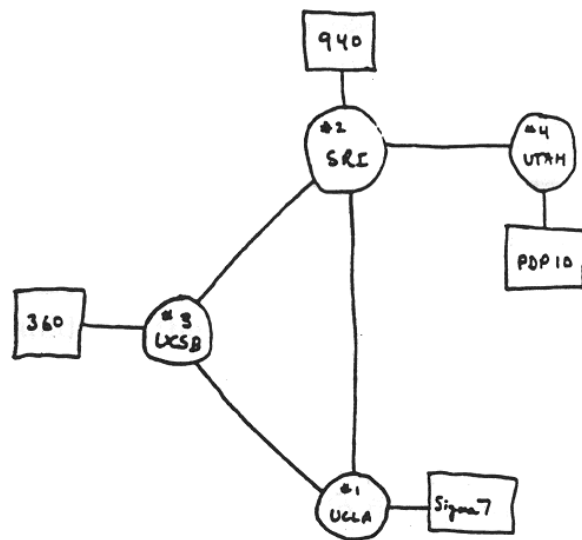
一级ISP示例：Sprint



因特网历史(1)

1961-1972: 分组交换原理的提出与实践

- 1961: Kleinrock — 应用排队论证明分组交换的有效性
- 1964: Baran — 分组交换在军用网络中的应用
- 1967: 美国国防部Advanced Research Projects Agency (ARPA)构想ARPAnet
- 1969: 首个ARPAnet节点运行
- 1972:
 - ARPAnet公开示范运行
 - 首个主机间网络协议NCP
 - 首个e-mail程序
 - ARPAnet扩大至15个节点



THE ARPA NETWORK

因特网历史(2)

1972-1980: 网络互联, 新的专有网络

- 1970: 美国夏威夷的卫星网络ALOHAnet
- 1974: Cerf和Kahn提出网络互联
- 1976: Xerox PARC提出以太网(Ethernet)
- 70年代晚期: 专有网络架构 —— DECnet, SNA, XNA
- 70年代晚期: 定长分组交换(ATM前身)
- 1979: ARPAnet拥有200个节点
- Cerf和Kahn的网络互联原则确定了今天的互联网架构
 - 极简主义(minimalism), 自治(autonomy) — 无需改变互联的网络
 - 尽力交付服务模型(best effort service model)
 - 无状态路由器(stateless routers)
 - 去中心化控制(decentralized control)



因特网历史(3)

1980-1990: 新的协议, 网络数量激增

- 1982: SMTP (e-mail协议)
- 1983: TCP/IP的部署
- 1983: 用于名字—IP地址翻译的DNS提出
- 1985: FTP协议提出
- 1988: TCP拥塞控制

- 美国出现多个全国性网络: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100,000台主机连接至相关网络

因特网历史(4)

1990, 2000's: 商业化, Web, 新应用

- 1990早期: ARPAnet正式停止使用
- 1991: NSF提出NSFnet (1995年正式停止使用)在商业应用方面的限制
- 1990年代早期: Web
 - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic浏览器及稍后的Netscape
 - 1990年代晚期: Web的商业化
- 1990 —— 2000年代:
 - 更多的杀手级应用: 即时消息, P2P文件共享
 - 网络安全进入重要位置
 - 估计有5千万主机, 1亿多用户
 - 骨干网链路速率达到Gbps



因特网历史(5)

2005 — 现在

- ~50亿设备连接至Internet (2016)
 - 包括智能手机和平板
- 宽带接入网络的积极部署
- 高速无线接入普遍使用的增长
- 在线社交网络(online social networks)的流行
 - Facebook很快达到10亿用户, Twitter, Instagram, 微信等
- 服务提供商 (Google, Microsoft)搭建自己的全球网络
 - 绕过Internet, 提供其服务的即时接入, 如搜索, email, 网络存储等
- 电子商务、大学、公司在“云”中运行其服务, 如Amazon EC2, 阿里云等

小结

- 网络分层
 - 分层及相关概念(实体, 协议, 封装, 复用/解复用)
- 网络架构
 - OSI参考模型, Internet架构
- Internet简介
 - 构成(节点, 链路, ...), 结构(ISP及层次), 发展历史
- 参考文献
 - 教材1.3节
 - [KR12] 1.5节