

计算机网络与应用

华南理工大学计算机科学与工程学院

课程QQ群： 849789913

课程要求

➤ 教学方式

- 课堂教学，课前观看在线视频，作业通过学校的教学在线提交

➤ 对同学们的要求

- 要提前下载课件，并提前观看在线视频
- 提前预习，课堂交互学习+问题讨论
- 按时在教学在线提交作业。（要求在教学在线的每个作业提交点时间提前几天提交。**注意，作业逾期未交，没有机会补交哟**）

在线平台

- 在线视频观看需要访问的平台为：中国大学MOOC，课程名为：《计算机网络》袁华、杜广龙、张凌。具体地址如下：

<https://www.icourse163.org/spoc/course/SCUT-1450807207>

- 平台用户要求

- 中国大学MOOC要求注册，注册后即可登陆播放视频。
- 视频是高负载应用，请错峰观看视频。

课程学时+考核方式

- **64学时：48学时课堂学习，16学时上机实验**
- **课程材料、作业、实验等已经发布到QQ群里**
- **总评成绩包括：期末笔试占70%，平时30%**
- **平时包括教学在线提交的作业与实验，以及课堂表现。**

本门课程学习目的

- 掌握计算机网络的基本概念
- 掌握计算机网络的基本理论
- 掌握计算机网络的网络基本技术
 - 掌握网络设备的基本操作（路由器/交换机）
 - 掌握Socket编程原理
 - 掌握报文抓取和分析工具的使用

教材和参考资料

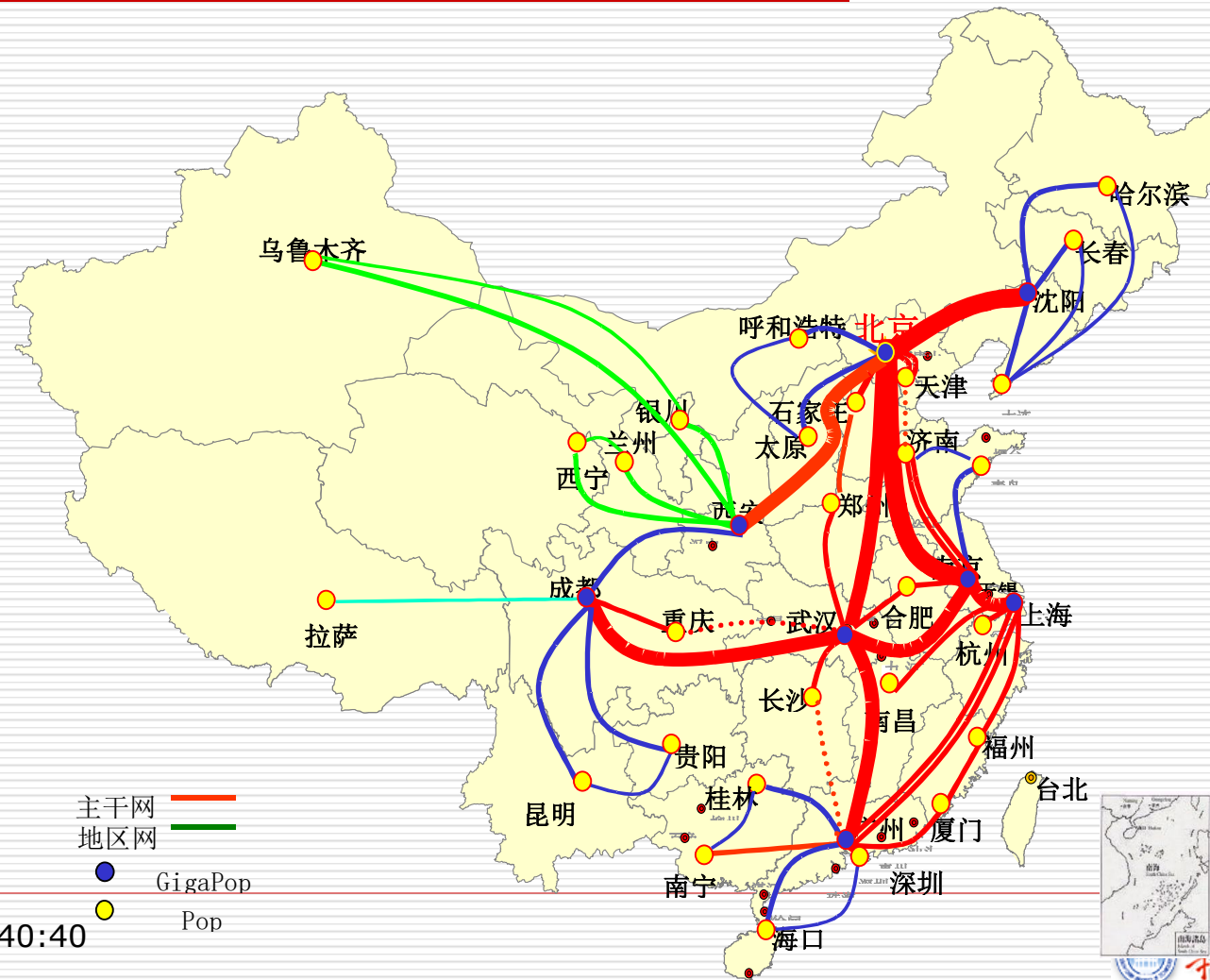
- Andrew S. T, David J. Wetherall, <<计算机网络>>（第五版）（ 1980-1988-1996-2003-2010 ）
- 参考资料
 - 鲁士文编著，《计算机网络——习题与解析》
 - 谢希仁等著，<<计算机网络>> 电子工业出版社。

中国计算机网络

	国际出口带宽数 (Mbps)
中国电信	3,817,006
中国联通	1,501,805
中国移动	787,263
中国教育和科研计算机网	61,440
中国科技网	53248
中国国际经济贸易互联网	2
合计	6,220,764

数据截至到2016年6月底

中国教育科研网 (CERNET)



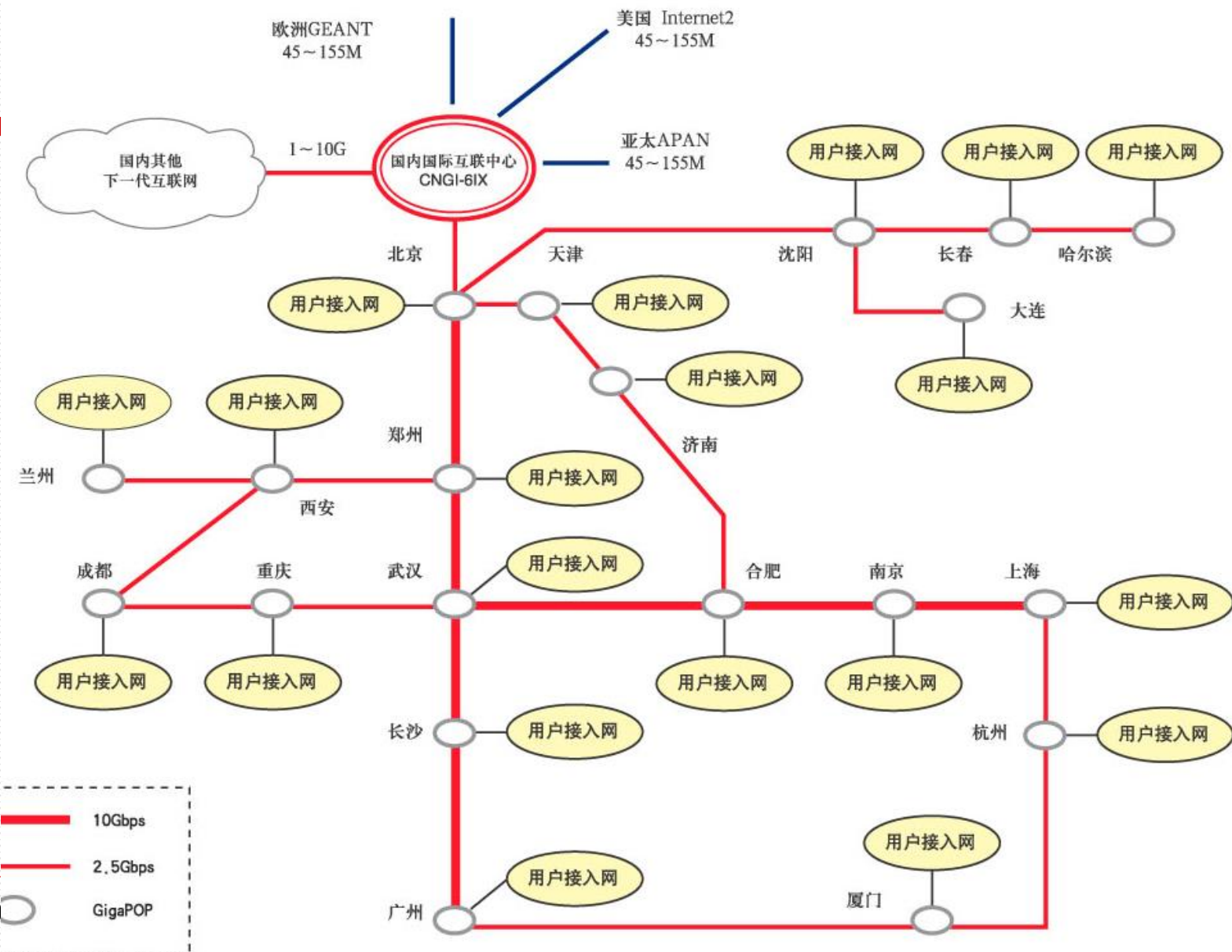
17:40:40



华南理工大学

CERNET 2

9

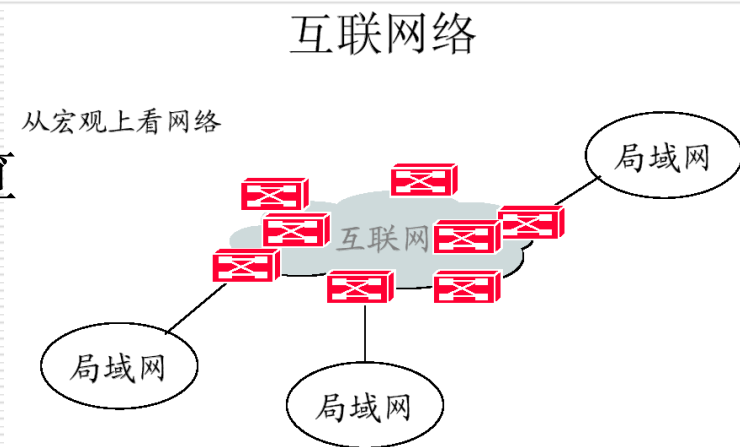


第一章 引言

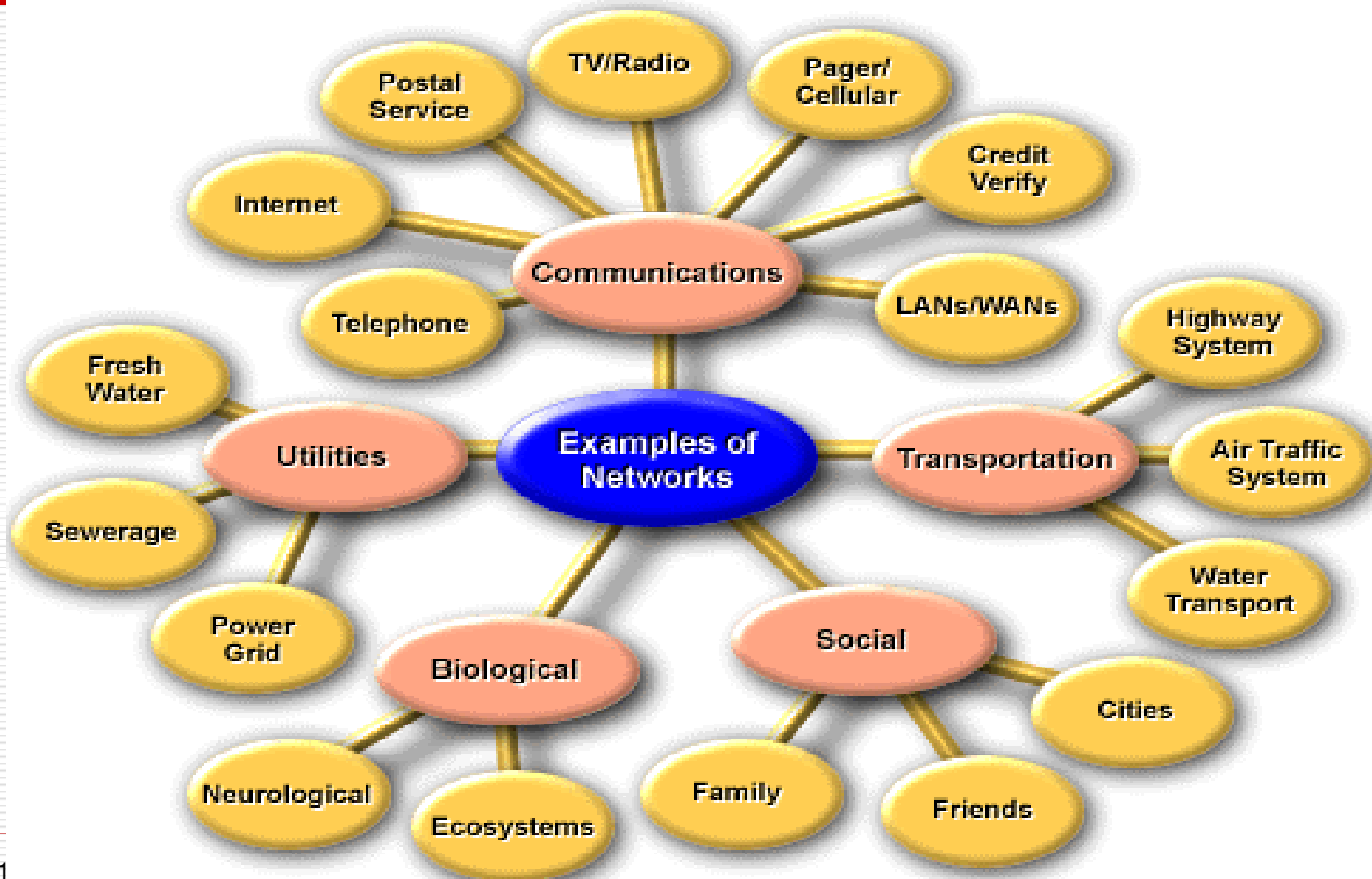
- 理解计算机网络的定义
- 了解计算机网络的**硬件**
- 了解计算机网络软件
- 计算机网络的**基本概念**
- 了解计算机网络的发展历史
- 掌握两种**参考模型**及其比较
- 了解网络实例
- 了解计算机网络的相关标准

什么是计算机网络?

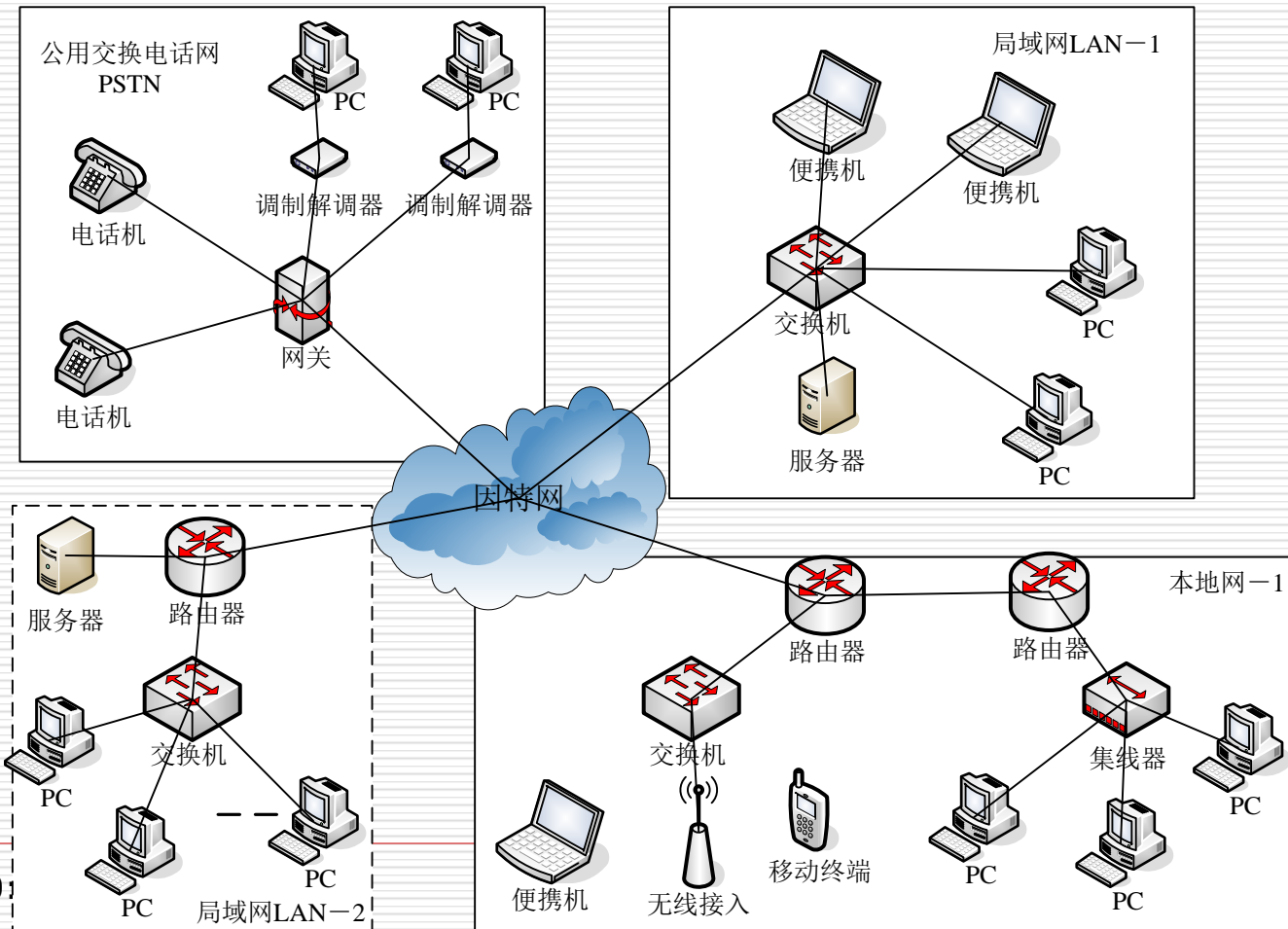
- 自主计算机的**互联**集合
 - 单台计算机的独立**自主性**。
- 互联网络（**Internet**）：计算机网络的互相联接。
- **WWW**: World Wide Web, 是信息资源的网络, **资源**、**资源标识**和**传输协议**三部分支撑**www**的运作。



广义网络



互联集合



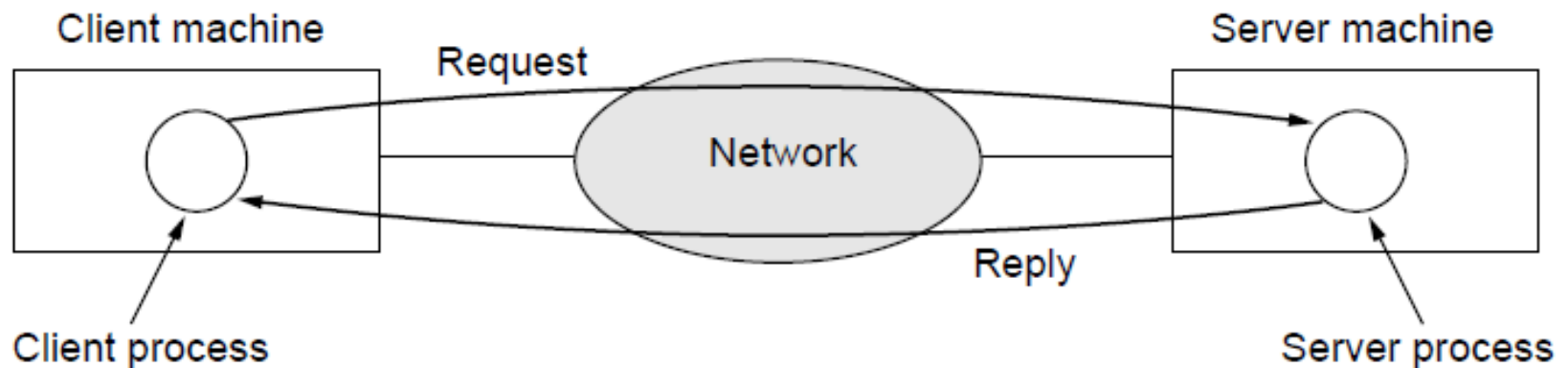
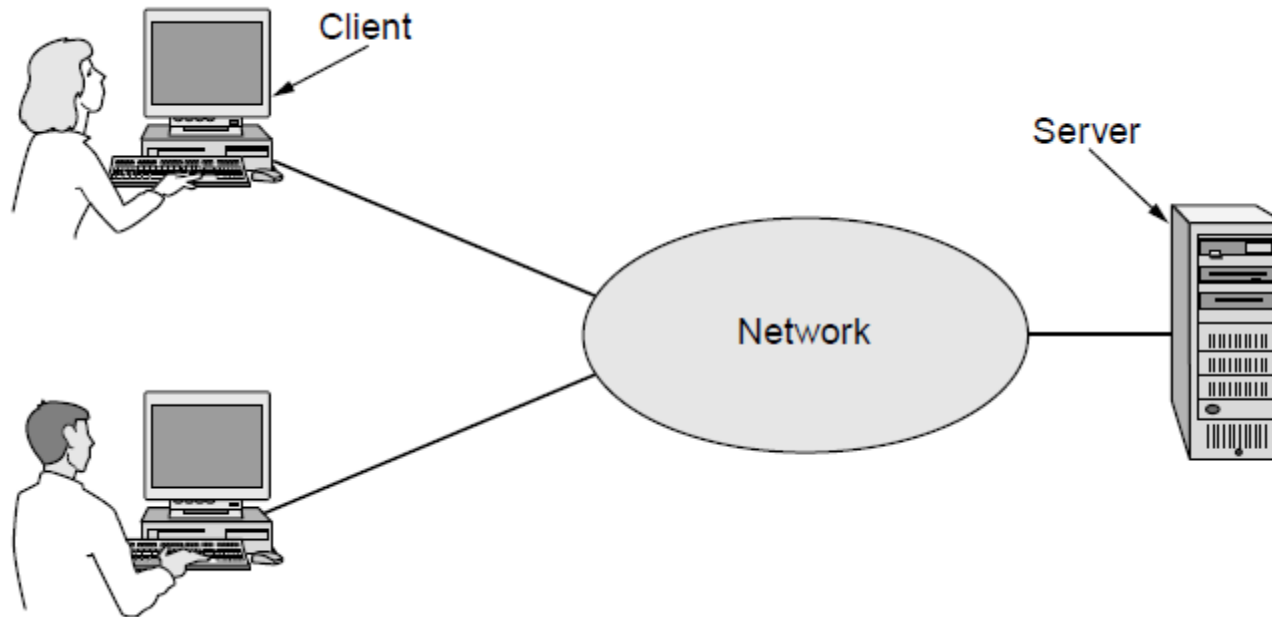
还听过哪些令人迷惑的术语呢？

- 分布式系统？
- 中间件？
- 集群？（同种，物理本地）
- 网格？（异构）
- 云？



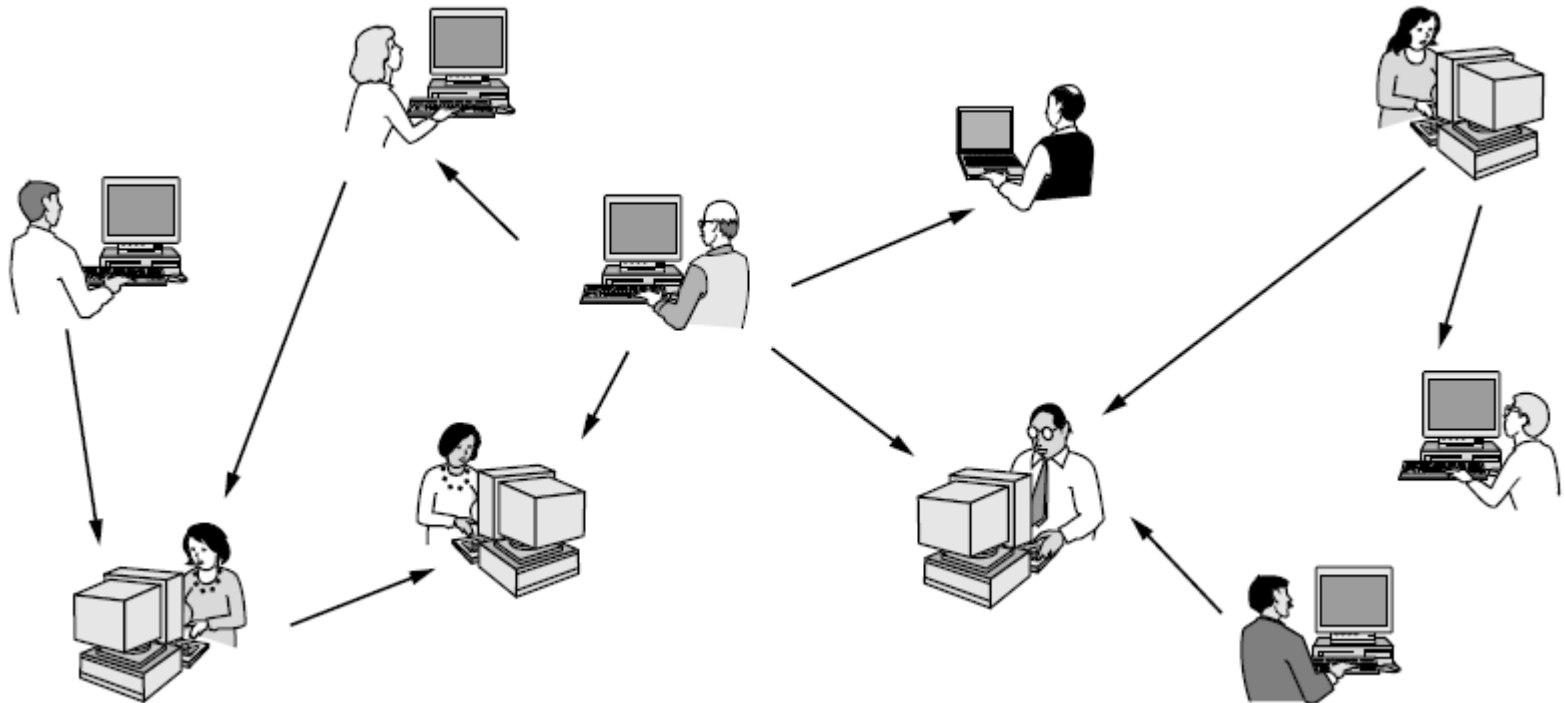
Uses of Computer Networks

Business Applications



Uses of Computer Networks

Home Applications



标记	全称	例子
B2C	企业对消费者	在线购书
B2B	企业对企业	汽车制造商向供应商订购轮胎
G2C	政府对消费者	政府分发电子税收表单
C2C	消费者对消费者	在线拍卖二手物品
P2P	对等	音乐共享

Uses of Computer Networks

Mobile Users

无线	移动	典型应用
不是	不是	办公室的台式计算机
不是	是	酒店房间里使用的一台笔记本电脑
是	不是	未曾布线的建筑物内的网络
是	是	手持计算机清点商店库存

Uses of Computer Networks

Social Issues

- Network neutrality
- Digital Millennium Copyright Act
- Profiling users
- Phishing

计算机网络发展的历史

- 国外网络的发展史

<http://www.nethistory.info/>

- 国内网络的发展史

<http://www.cnnic.net.cn>

- 网络的未来

互连、互通和互操作

互连：物理上的连接，物质基础和条件。

互通：数据交换(端到端)，协议兼容。

互操作：不同系统间的透明访问能力。

互连是基础，互通是手段，互操作是目的。

国外网络的发展史

- 奇特的起源----**ARPA**及**ARPANET**的诞生（**1955 ~ 1970s**初期）
1969年，第一个实验网络**ARPANET**正式诞生
- **ARPANET**向**Internet**的转变（**1970s**初期 ~ **1982**）
 - **1981**年，美国国家科学基金（**NSF**）成立计算机科学网络（**CSnet**），并在 **Vinton Cerf**的建议下，两网互连，互联网正式诞生。
- **Internet**和**WWW**（**1982 ~ 1991**）
- **WWW**走向公众化
 - 1993年4月，Mosaic 浏览器诞生
 - **Tim Berners Lee**

Open

Internet Timeline

Pre-1900	Long distance communications via messenger, rider, smoke signals, carrier pigeon, optical telegraph, electrical telegraph
1890s	Bell invents the telephone; telephone service expands rapidly.
1901	Marconi's first transatlantic wireless transmission
1920s	AM Radio
1939	FM Radio
1940s	WWII spurs radio and microwave development.
1947	Shockley, Barden and Brittain invent the solid-state (semiconductor) transistor.
1948	Claude Shannon publishes "A Mathematical Theory of Communication".
1950s	Invention of Integrated Circuits.
1957	ARPA is created by DoD.
1960s	Mainframe Computing
1962	Paul Baran at RAND works on "packet switching" networks.
1967	Larry Roberts publishes first paper on ARPANET.
1969	ARPANET established at UCLA, UCSB, U-Utah, and Stanford.
1970s	Widespread use of digital integrated circuits; advent of digital personal computers.

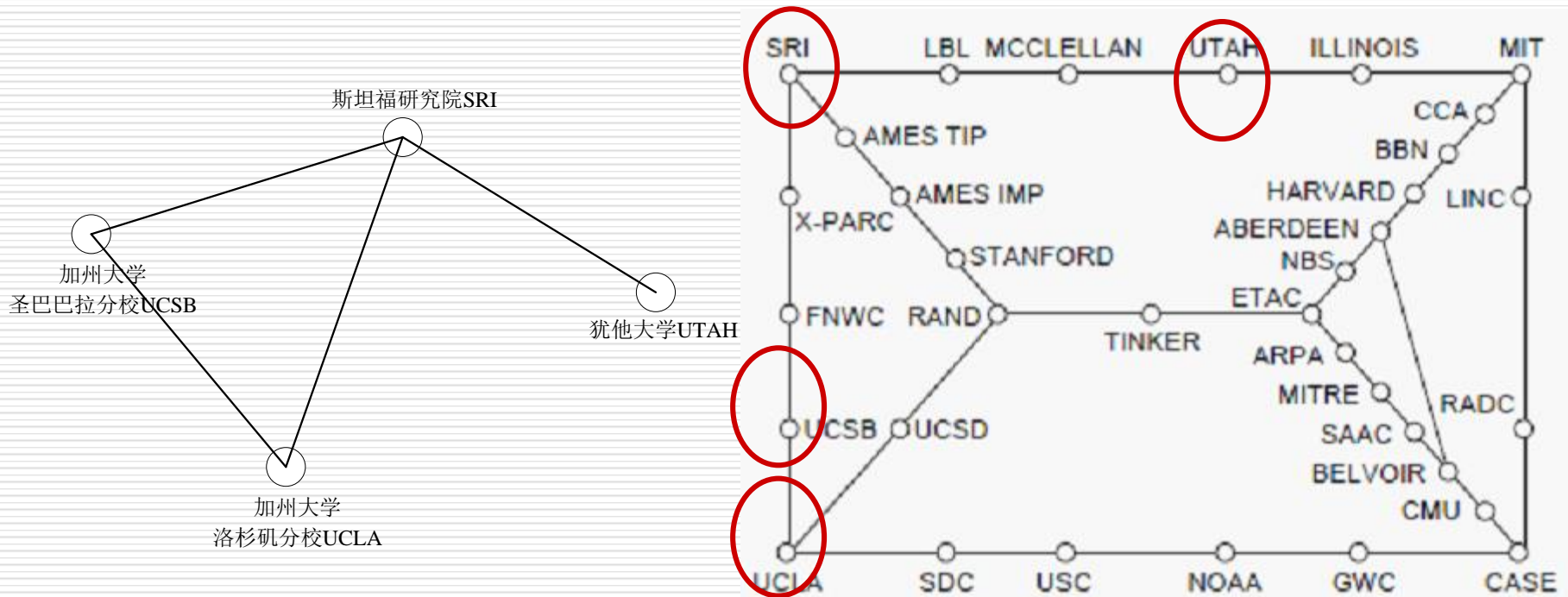
Internet Timeline

1970	ALOHANET is developed by University of Hawaii.
1972	Ray Tomlinson creates email program to send messages.
1973	Bob Kahn and Vint Cerf begin work on what later becomes TCP/IP. The ARPANET goes international with connections to University College in London, England and the Royal Radar Establishment in Norway.
1974	BBN opens Telnet, the first commercial version of the ARPANET.
1980s	Widespread use of personal computers and Unix-based mini-computers.
1981	The term Internet is assigned to a connected set of networks.
1982	ISO releases OSI Model and protocols; the protocols die but the model is very influential.
1983	Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) becomes the universal language of the Internet. ARPANET is split into ARPANET and MILNET.
1984	Cisco Systems founded; gateway and router development begins. Domain Name Service introduced. The number of Internet hosts exceeds 1000.
1986	NSFNET is created (with a backbone speed of 56 KBps).
1987	The number of Internet hosts exceeds 10,000.
1988	Computer Emergency Response Team (CERT) is formed by DARPA

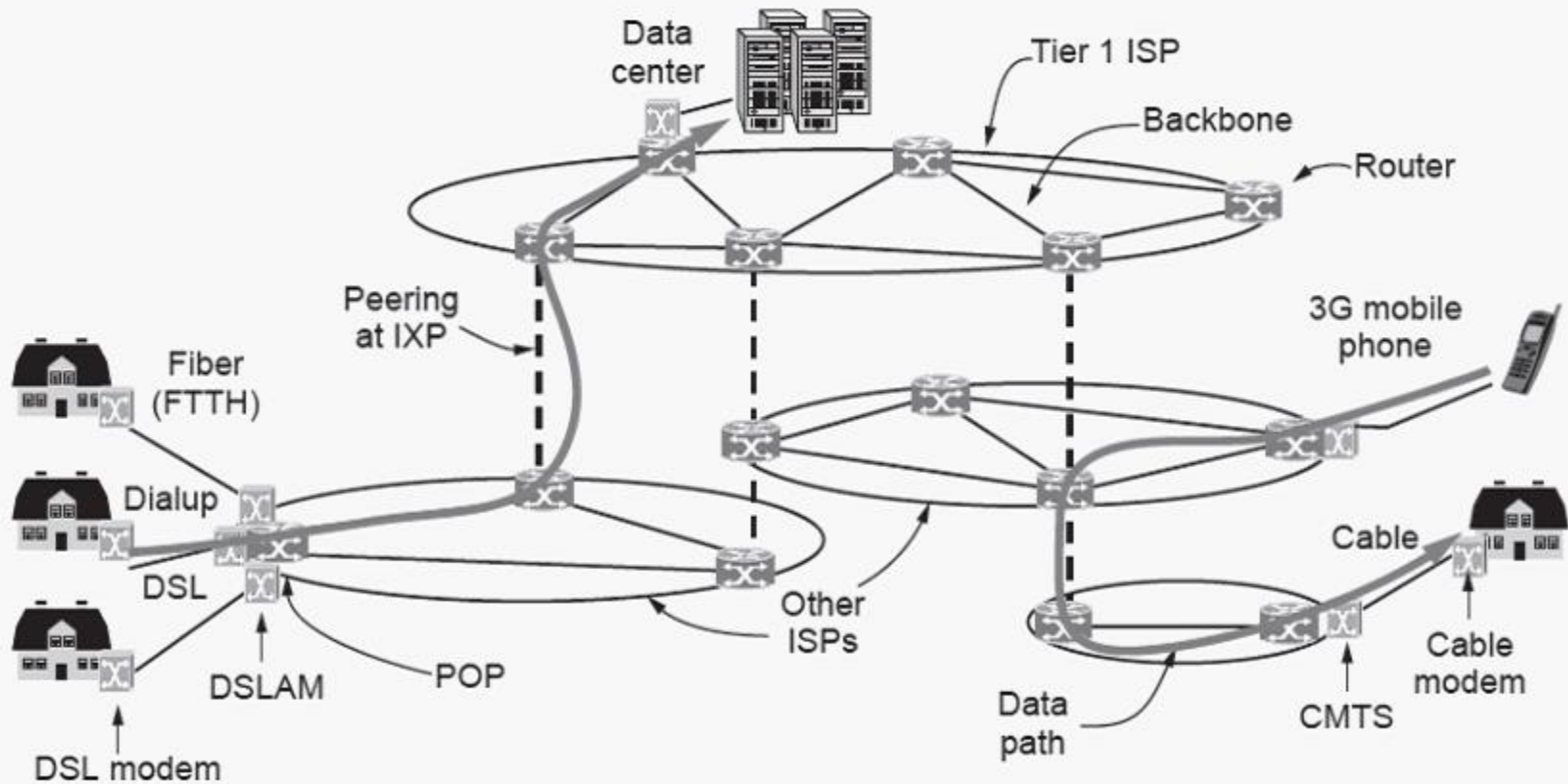
Internet Timeline

1989	The number of Internet hosts exceeds 100,000.	↑
1990	ARPANET becomes the Internet.	
1991	The World Wide Web (WWW) is born. Tim Berners-Lee develops code for WWW.	
1992	Internet Society (ISOC) is chartered. Number of Internet hosts breaks 1,000,000.	
1993	Mosaic, the first graphics-based Web browser, becomes available.	
1994	Netscape Navigator introduced.	
1996	The number of Internet hosts exceeds 10 million. The Internet covers the globe.	
1997	The American Registry for Internet Numbers (ARIN) is established. Internet 2 comes online.	
Late 1990's til present	Internet users doubling every 6 months (exponential growth.)	
1998	Cisco hits 70% of sales via internet, Networking Academies launched.	
1999	Internet 2 backbone network deploys IPv6. Major corporations race toward the video, voice and data convergence.	≡
2001	The number of Internet host exceeds 110 million.	↓

1969, ARPANET



互联网的结构



国内互联网的发展简史

- **1987年9月20日**，中国人使用**Internet**的起点
 - “**Across the Great Wall we can reach every corner in the world**”
(越过长城，走向世界)。
- **1994年4月20日**，中国克服重重障碍，实现了与**Internet**的全功能连接
- 中国科学院网 (**CASNet, 1992**)，即后来的中国科技网 (**CSTNet, 1995**)
- 中国教育与科研计算机网 (**CERNet, 1995**)
- 中国公用计算机互联网 (**CHINANet, 1996**)
- 中国金桥信息网 (**CHINAGBN, 1996**)
- **RFC1922 (1996年)、RFC3743 (2004年)**，。。。。。。。
- 中国公众多媒体通信网 (**169**) 全面启动，视聆通、天府热线、上海热线
- **1997**，中国四大网络互联互通
- **1997年**，国务院授权中科院创立和管理中国互联网络信息中心**CNNIC**。

网络的未来（从无到有，从有到。。。）

- 传输速度加快
- 更丰富的内容和更具可看性的网页
- 电子商务的发展
- 全天在线服务
- 越来越多的人成为soho一族
- 终身学习称为生活的一部分
- 。 。 。 。 。 。
- IPv4向IPv6的过渡
- 蓝牙技术
- 移动节点
- 多（超）媒体信息
- 家庭网络
- 中国Internet2

协作 = 便捷, 规模, 灵活



•会议



•语音



•移动设备



•即时信息
•企业协同
•网迅平台



•视频

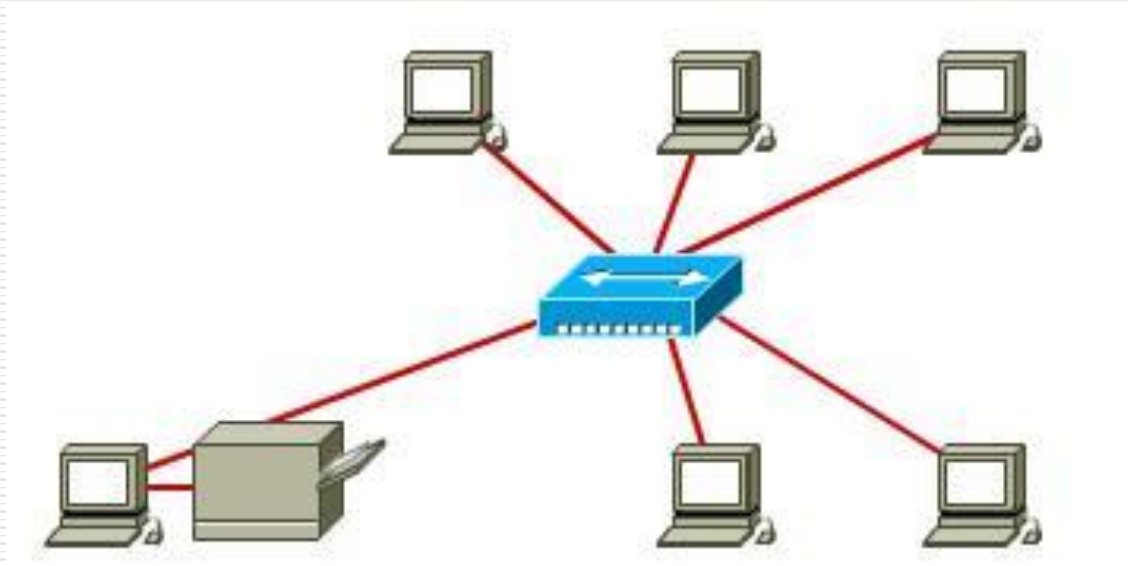


•不同地点

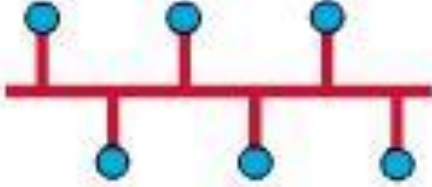


网络的基本概念（一）

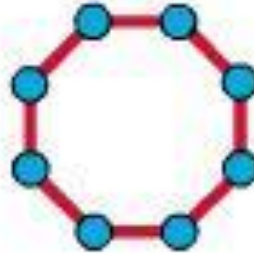
- ▣ 拓扑：信道分布的方式。常见的拓扑结构：总线型、星型、环型、树型和网状



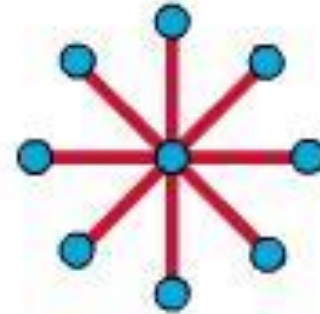
Physical Topologies



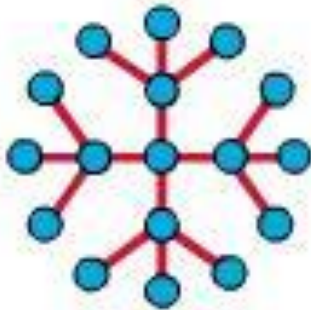
Bus Topology



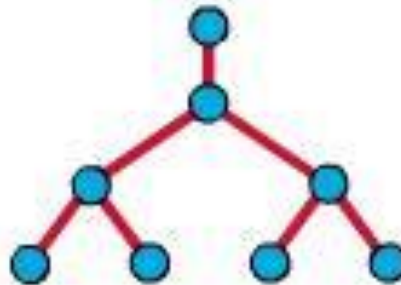
Ring Topology



Star Topology



Extended Star
Topology



Hierarchical
Topology

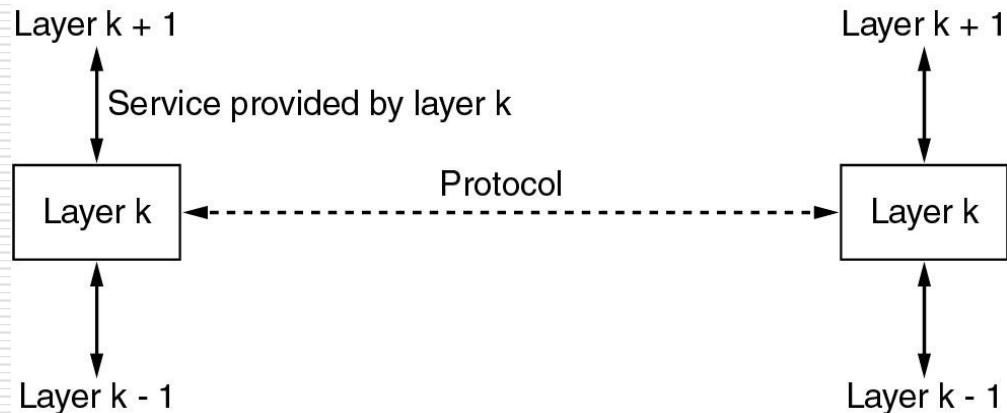


Mesh
Topology

网络的基本概念（二）

- **协议**：一系列规则和约定的规范性描述，它控制网络中的设备之间如何进行信息交换。

- 如：**TCP/IP**



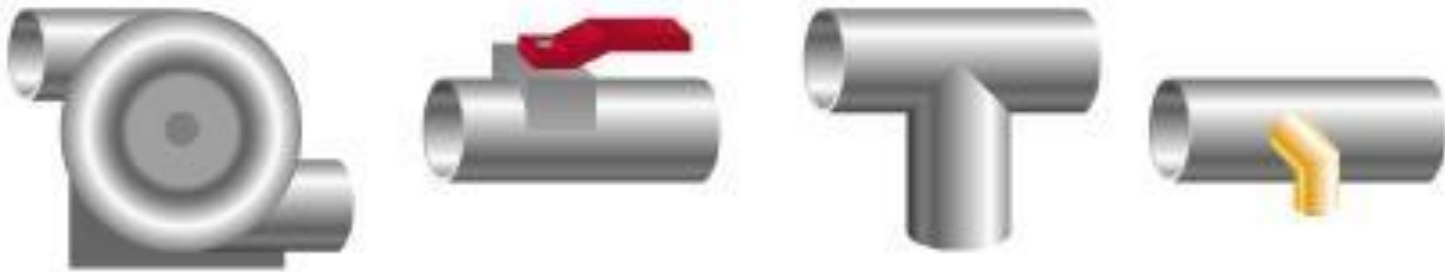
- **数字带宽**：指在单位时间内流经的信息总量。

Pipe Analogy for Bandwidth

Bandwidth is like pipewidth.



Network devices are like pumps, valves, fittings, and taps.



Packets are like water.



带宽的单位

Units of Bandwidth

Unit of Bandwidth	Abbrev.	Equivalence
Bits per second	bps	1 bps = fundamental unit of bandwidth
Kilobits per second	kbps	1 kbps = 1,000 bps = 10^3 bps
Megabits per second	Mbps	1 Mbps = 1,000,000 bps = 10^6 bps
Gigabits per second	Gbps	1 Gbps = 1,000,000,000 bps = 10^9 bps

数字带宽的单位

Exp.	Explicit	Prefix	Exp.	Explicit	Prefix
10^{-3}	0.001	milli	10^3	1,000	Kilo
10^{-6}	0.000001	micro	10^6	1,000,000	Mega
10^{-9}	0.000000001	nano	10^9	1,000,000,000	Giga
10^{-12}	0.0000000000001	pico	10^{12}	1,000,000,000,000	Tera
10^{-15}	0.0000000000000001	femto	10^{15}	1,000,000,000,000,000	Peta
10^{-18}	0.0000000000000000001	atto	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000	Exa
10^{-21}	0.0000000000000000000001	zepto	10^{21}	1,000,000,000,000,000,000,000	Zetta
10^{-24}	0.000000000000000000000001	yocto	10^{24}	1,000,000,000,000,000,000,000,000	Yotta

吞吐量 (Throughput)

□指实际的、可测到的带宽。

- 1) 网络设备
- 2) 传输的数据类型
- 3) 网络拓扑
- 4) 用户数量
- 5) 用户计算机
- 6) 服务器
-

传输时间计算公式: $T = \frac{S}{BW}$ $T = \frac{S}{P}$

例：如果ISDN的带宽为 128kbps，OC-48的带宽为 2.488 Gbps，如果用ISDN传输一张装满数据的1.44M软盘，用OC-48传输装满10G的硬盘数据，问哪一种传输所用的时间更少？

解：按照理想的传输状况来计算，即根据: $T = \frac{S}{BW}$

有:
$$T_{fd} = \frac{1.44M}{128kbps} = \frac{1.44 \times 10^3 \times 8}{128} = 90s$$

$$T_{hd} = \frac{10G \times 8}{2.488Gbps} = 32.152s$$

答：传输10G的硬盘数据所化的时间更少。

网络的基本概念（三）

- 点到点：信源机和信宿机之间的通信由一段一段的直接相连的机器间的通信组成，机器间的直接连接叫做点到点连接。
- 端到端：信源机和信宿机之间直接通信，好象拥有一条直接的线路。

网络硬件

- 个域网 **PAN** Personal area networks
- 局域网 **LAN** Local area networks
- 城域网 **MAN** Metropolitan area networks
- 广域网 **WAN** Wide are networks
- 互联网 **Internet**

网络分类（1/2）

- 按传输技术分
 - 广播式网络
 - 点到点网络
- 按传输距离分
 - 局域网
 - 城域网
 - 广域网
 - 互联网

网络分类 (2/2)

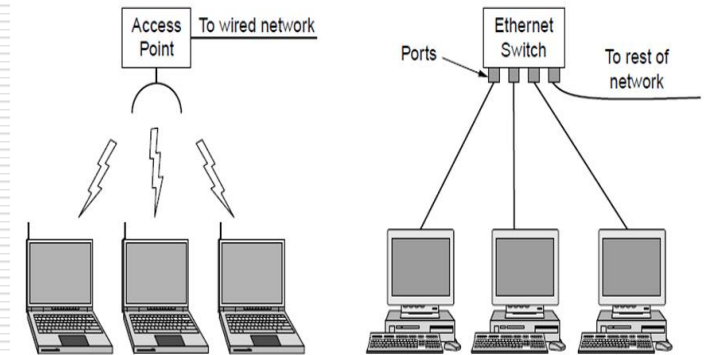
- 按传输介质分
 - 有线网
 - 无线网
- 按拓扑结构分
 - 总线
 - 环型
 - 网状
 - 星型

按照传输距离/规模的分类

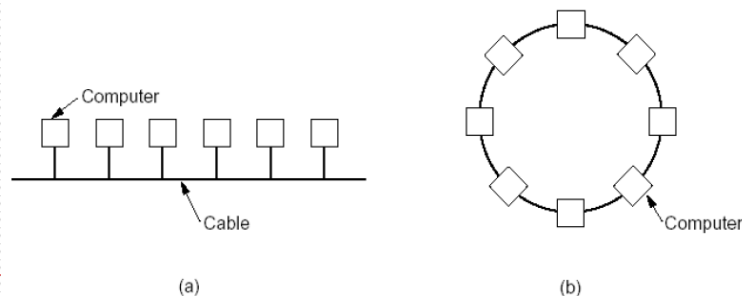
Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal area network
10 m	Room	Local area network
100 m	Building	
1 km	Campus	
10 km	City	Metropolitan area network
100 km	Country	Wide area network
1000 km	Continent	
10,000 km	Planet	The Internet

局域网 (Local Area Network)

- 覆盖范围小
- 传输技术，广播方式为主
 - 总线型：如**IEEE802.3**（以太网）**CSMA/CD**
 - 环型：如**IEEE802.5**（IBM令牌环）拓扑结构

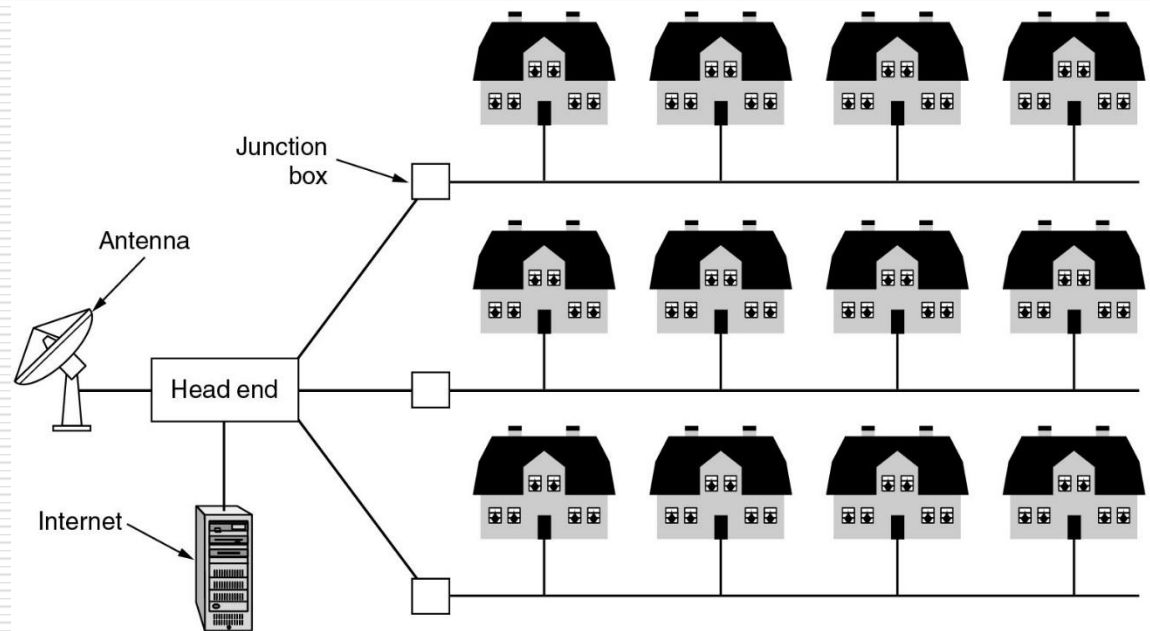


- 拓扑结构



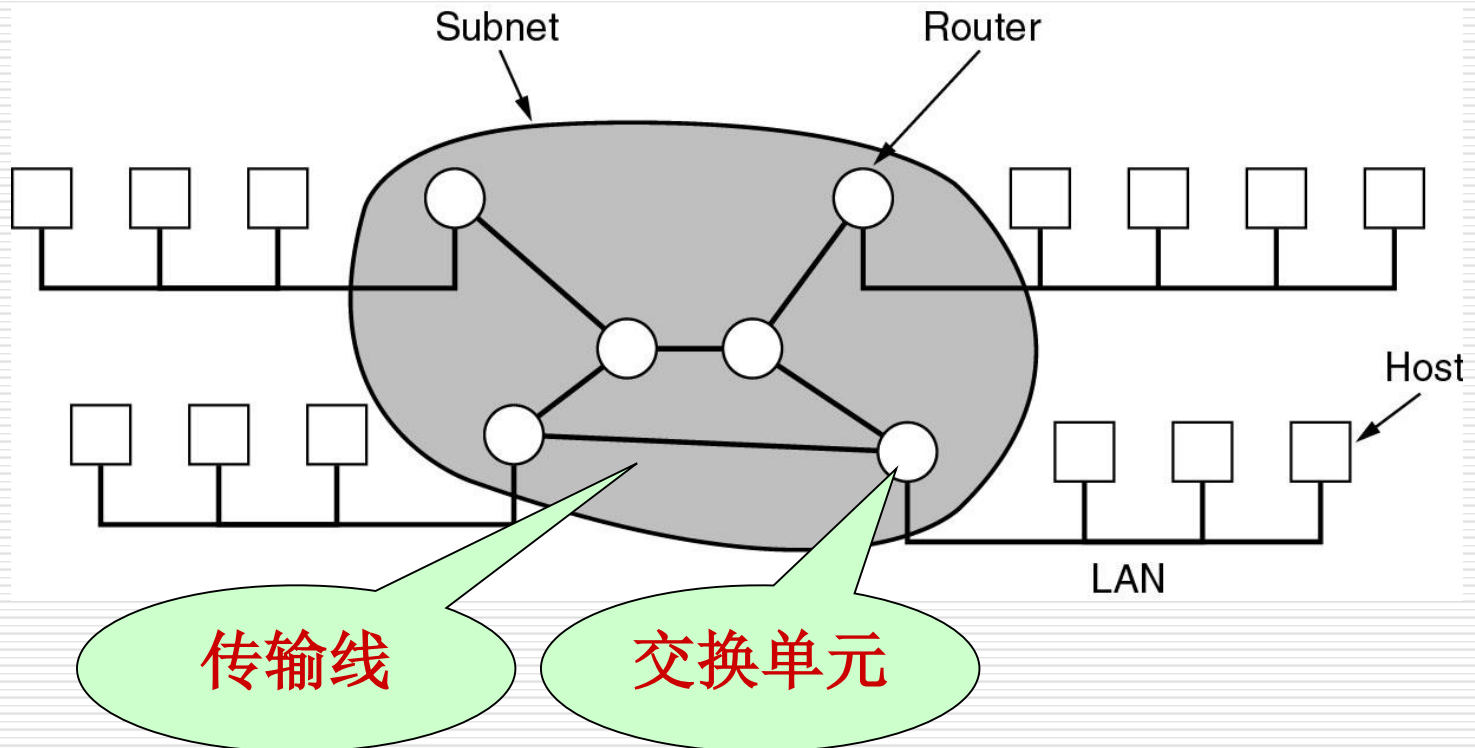
城域网（Metropolitan Area Network）

- 大型的LAN，IEEE802.6
- 基于CableTV的城域网



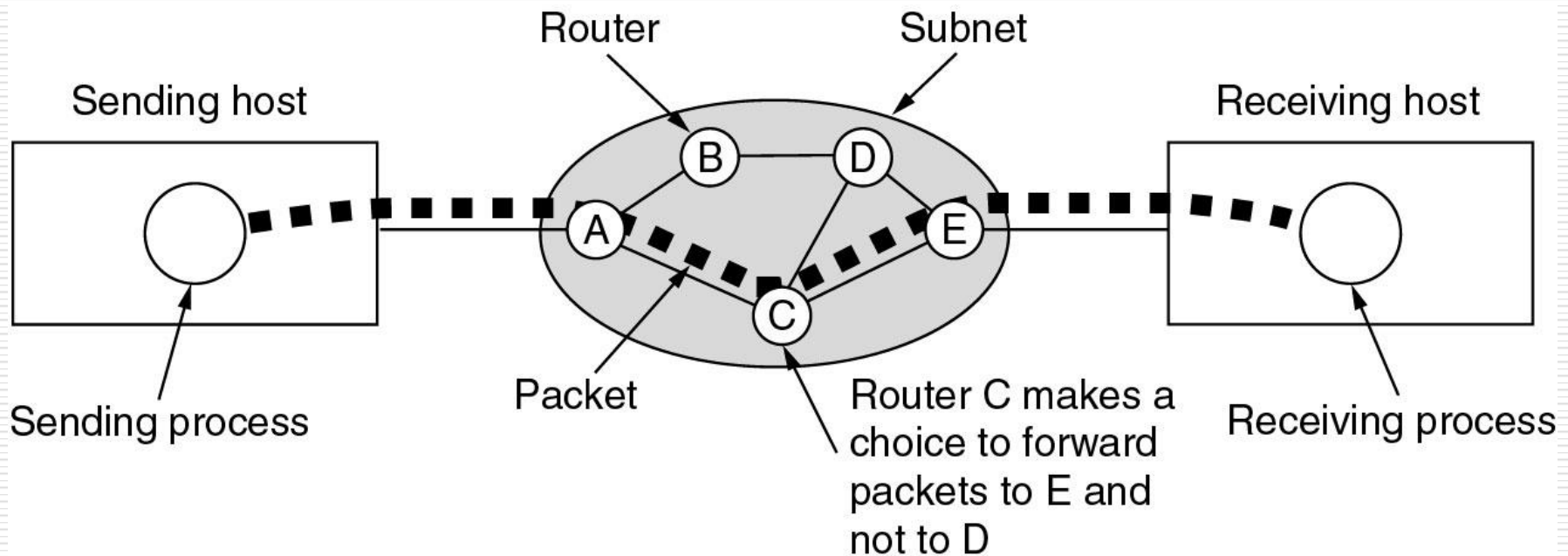
广域网 (WAN, 1/2)

■ 主机 (host)、LAN和通信子网的关系



广域网 (WAN, 2/2)

- 从发送方到接受方的分组流
- ISP网络服务提供商

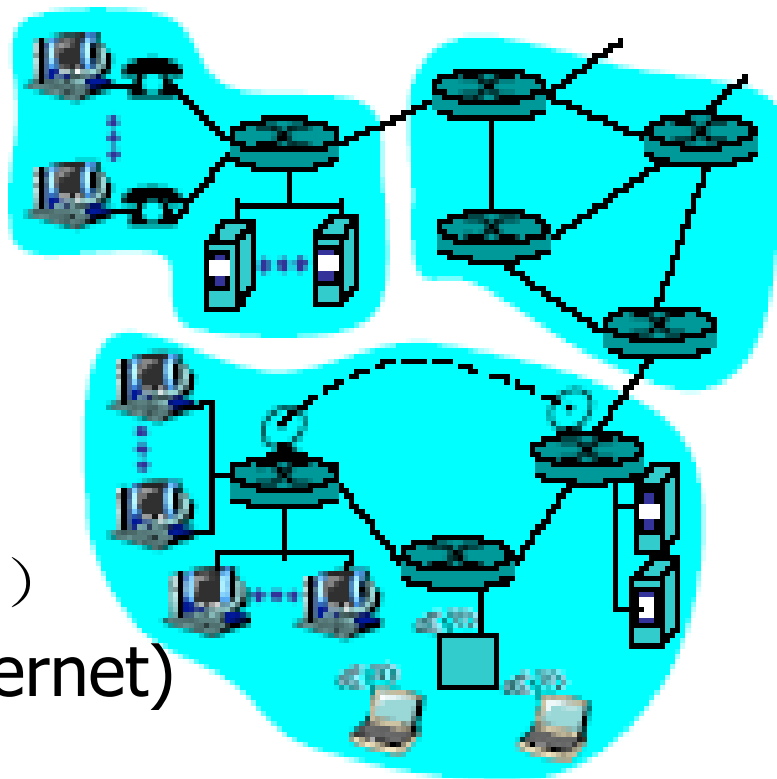


子网（Subnet）

- 存储转发或分组（**packet**）交换
 - 消息被分隔成小的报文（**packet**）后，传送
 - 到达的报文首先被存储 (**stored**)，然后，路由器决定应该从哪里转发报文；
 - 从选定的输出线路转发这报文。
 - 不同的分组走不同的路线，也可能走相同的路线。

网络互连

- 网关（Gateways）
 - 连接异构网络
 - 提供必要的转换（软件或硬件）
- 互联网络（internetwork，internet）
 - 网络的集合
 - 主要的形式：被WAN连接起来的LAN集合
- 子网、网络、互联网
 - 子网完成基础转发
 - 子网和主机组成网络
 - 当异构的网络连在一起形成互联网



Network Software

- Protocol hierarchies
- Design issues for the layers
- Connection-oriented versus connectionless service
- Service primitives
- Relationship of services to protocols

协议分层

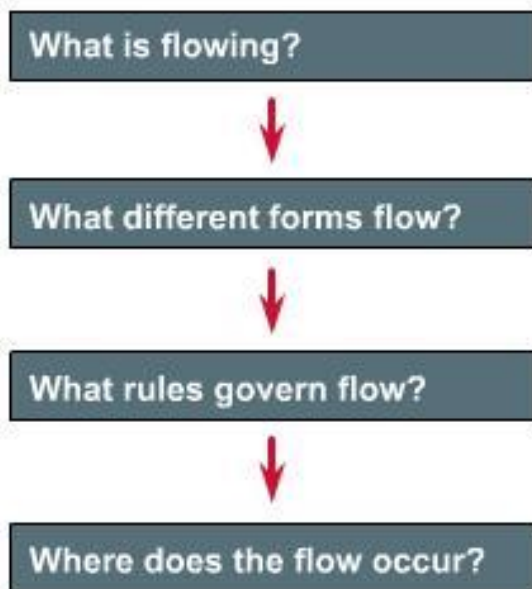
- 协议：一系列规则和约定的规范性描述，它控制网络中的设备之间如何进行信息交换。
- 网络协议的三个要素：
 - 语法：数据与控制信息的结构或格式
 - 语义：控制信息，指出完成的动作及响应
 - 同步：事件执行顺序的详细说明

协议分层的优点

- 各层工作独立，层之间通过接口联系，降低协议工作的复杂程度
- 灵活性好，任何一层的改变不影响其它层
- 每层的实现技术可以不同，减少了实现的复杂度
- 易于维护，每层可以单独进行调试
- 便于标准化

分层的意义

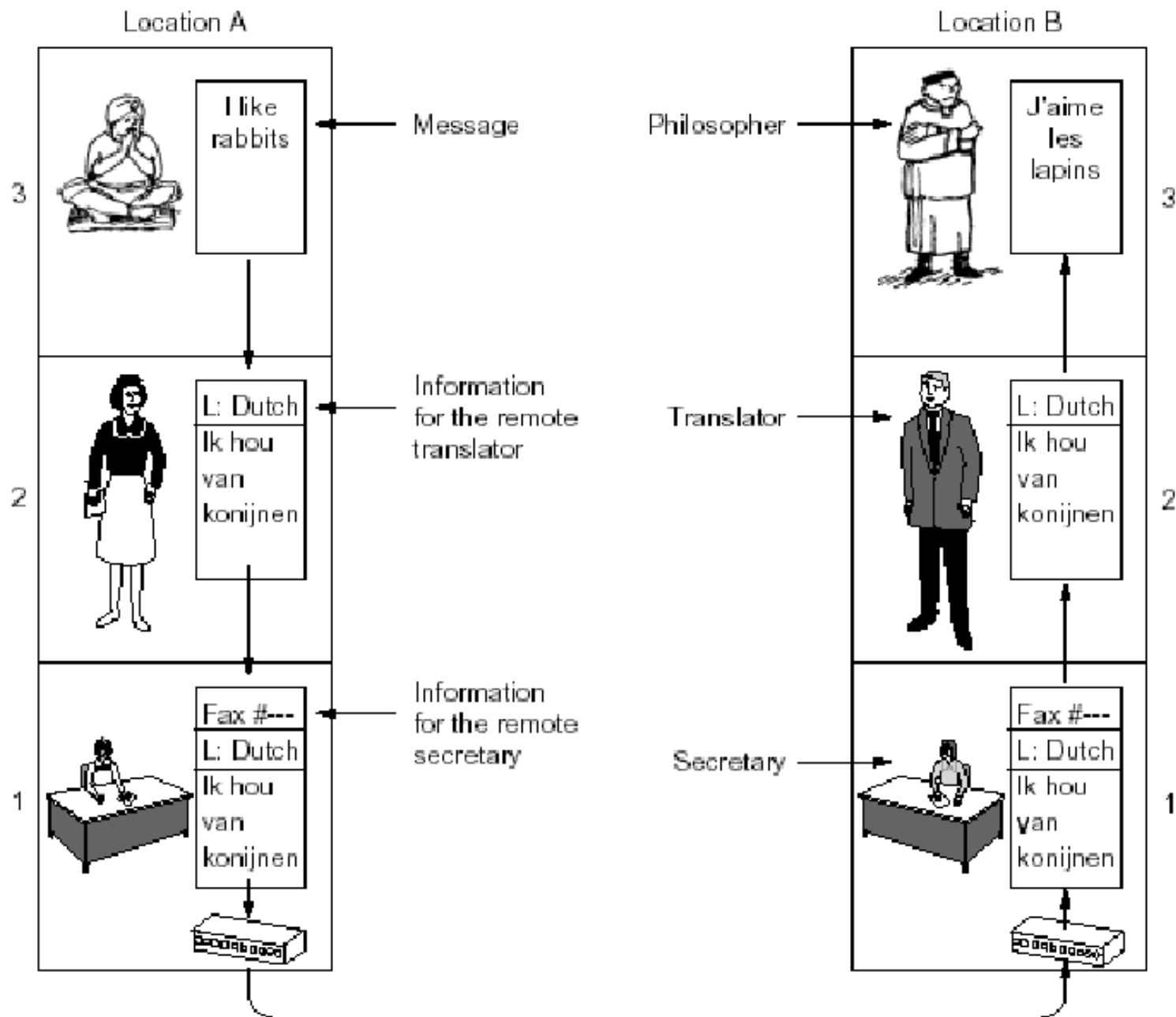
Analyzing Network in Layers



- 1) 网络互联的自然需求;
- 2) 分而治之, 简化网络操作;
- 3) 提供即插即用的兼容性和不同厂商之间集成的标准;
- 4) 使工程师们可以专注于某一功能模块的设计和优化;
- 5) 防止不同区域网络之间的相互影响。

一个形象的比喻

17:40:40



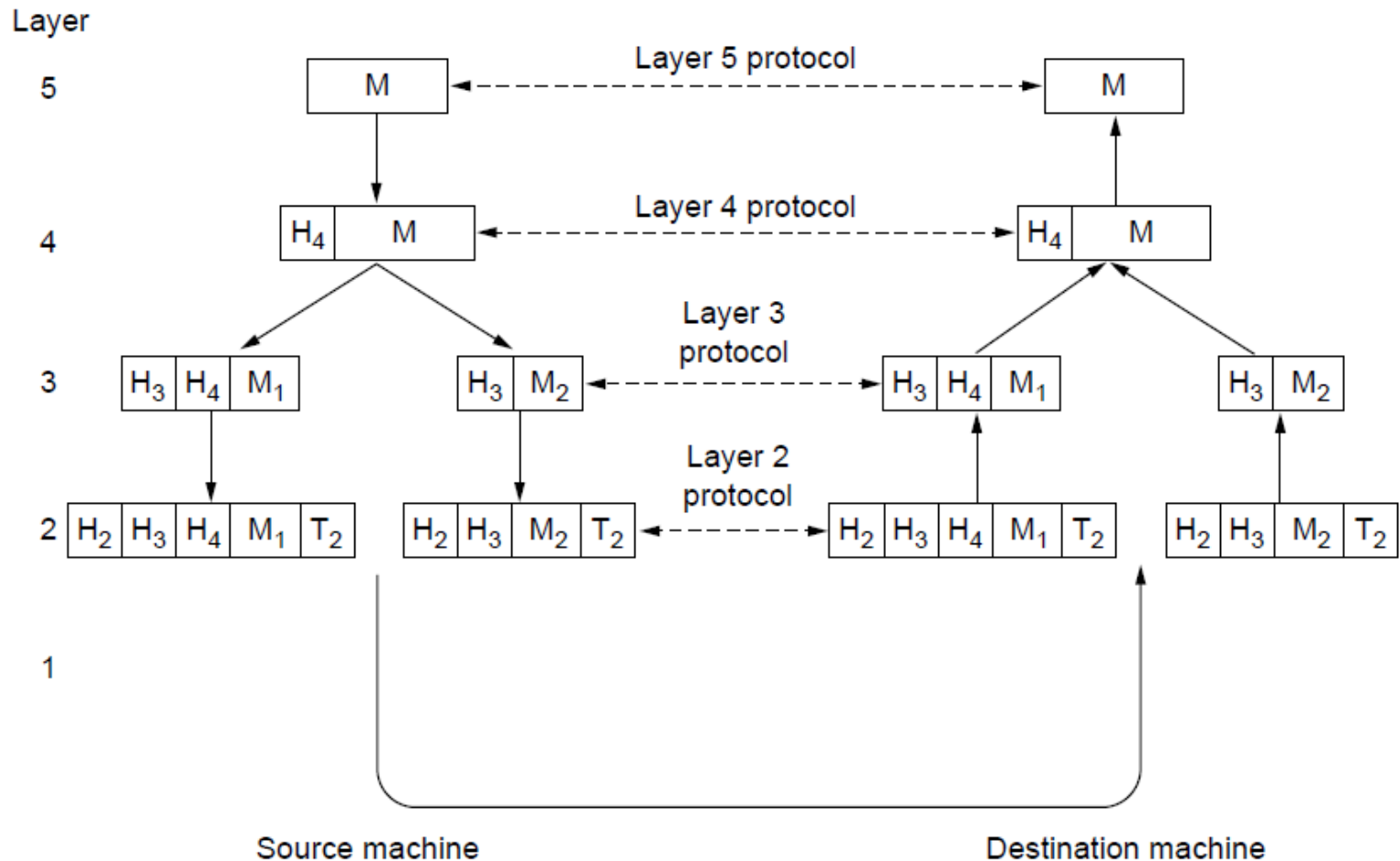
华南理工大学

分层的原则和参考模型

- 分层原则：信宿机第n层收到的对象应与信源机第n层发出的对象完全一致。
- 典型分层模型：
 - OSI七层模型
 - TCP/IP（DoD）四层模型

Example information flow supporting virtual communication in layer 5

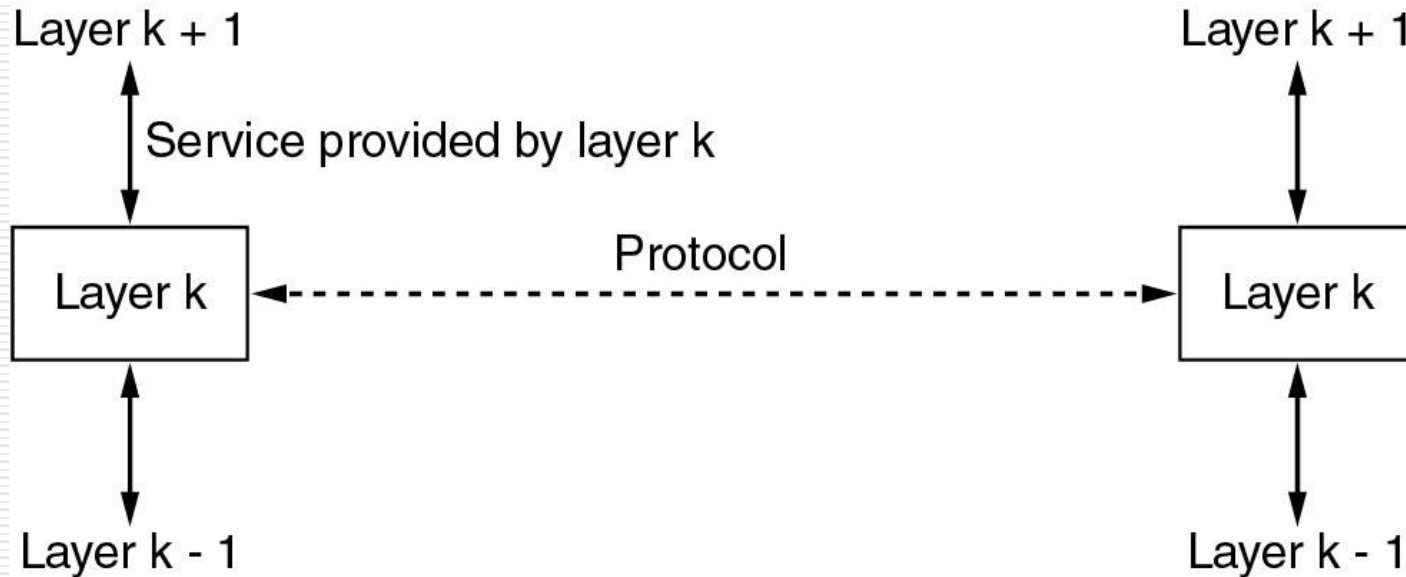
54



接口和服务

- 每一层的功能：为它的上一层服务
- 实体**Entity**：每层中活动的元素
- 对等实体（peer）
- 第n层是服务提供者，则第n+1层是服务对象，即服务的消费者
- 其他概念：协议数据单元（PDU: protocol data unit）

层和协议的关系



面向连接的服务和无连接的服务

- 面向连接的服务：电话(circuit)
- 无连接的服务：电子邮件Email(packet)

面向连接	服务	例子
	可靠的报文流	顺序页面
	可靠的字节流	移动下载
	不可靠的连接	IP语音
无连接	不可靠的数据报	垃圾邮件
	有确认的数据报	文本消息
	请求-应答	数据库查询

Service Primitives

Six service primitives that provide a simple connection-oriented service

原语	含义
LISTEN	阻塞操作，等待入境连接请求
CONNECT	与等待中的对等实体建立连接
ACCEPT	接受来自对等实体的入境连接请求
RECEIVE	阻塞操作，等待入境报文
SEND	给对等实体发送一个报文
DISCONNECT	终止一个连接

Service Primitives

A simple client-server interaction using acknowledged datagrams.



参考模型

- ISO OSI参考模型
- TCP/IP参考模型
- OSI参考模型和TCP/IP参考模型的比较
- OSI参考模型和协议的缺点
- TCP/IP参考模型和协议的缺点

ISO-OSI模型

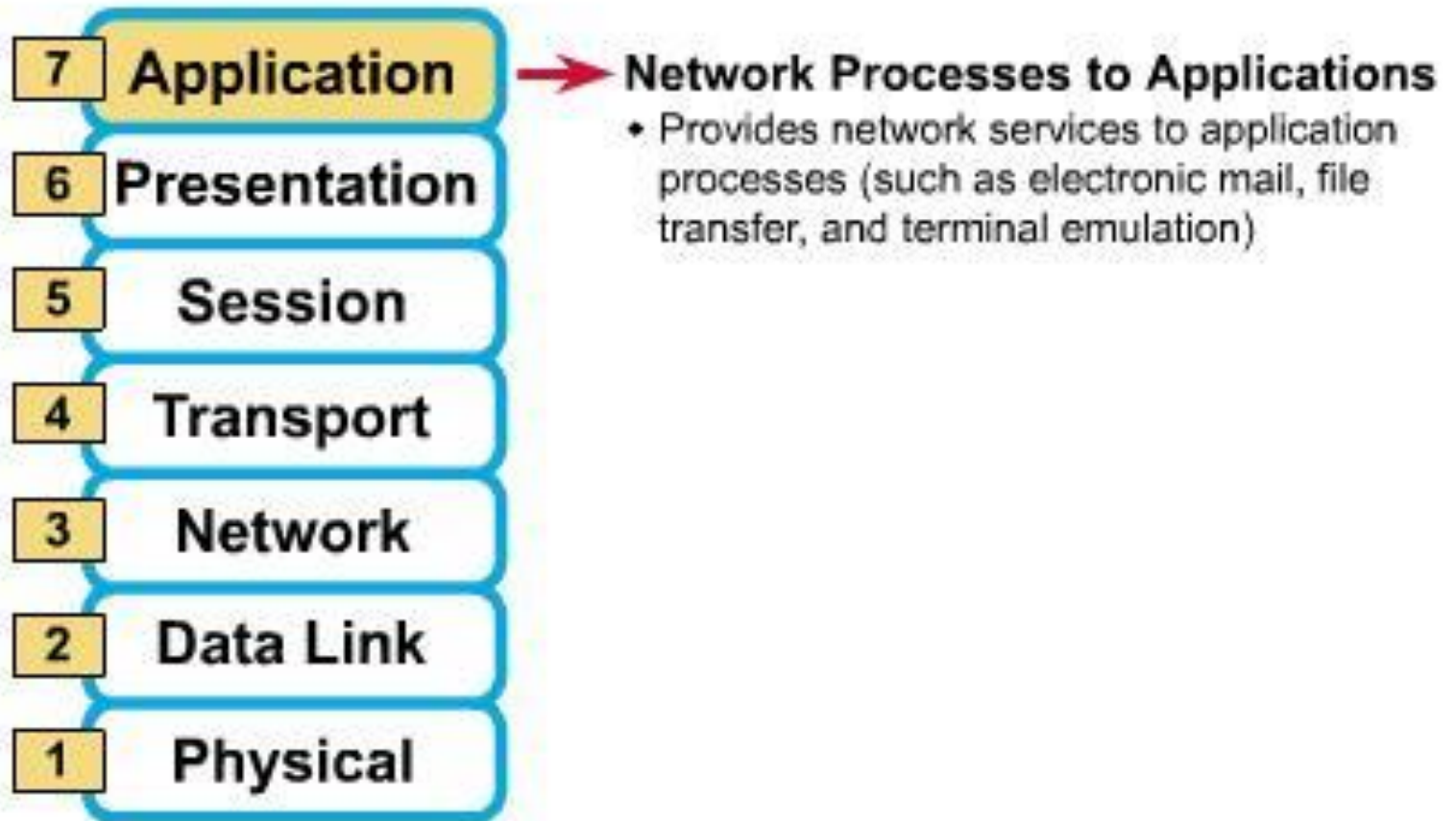
- “International Standards Organization Open Systems Interconnection Reference Model”. (1983 ISO, 1995 修订)
- 协议很少再使用，但模型却很流行。
- 每层都定义了标准
- 本身不是网络架构，因为它本身并没有规定每层确切的服务和协议。

OSI参考模型 (Open Systems Interconnection)

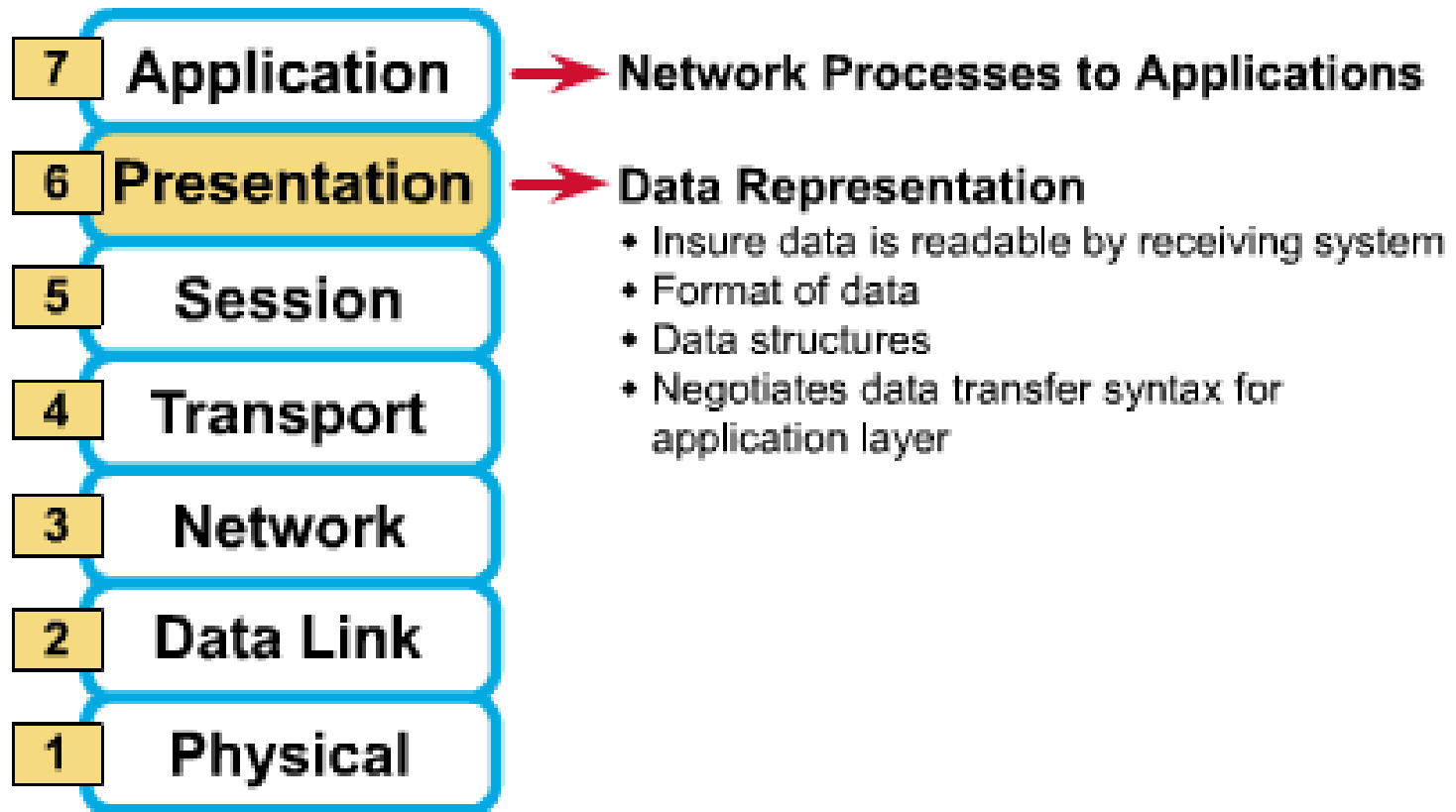
The 7 Layers of the OSI Model



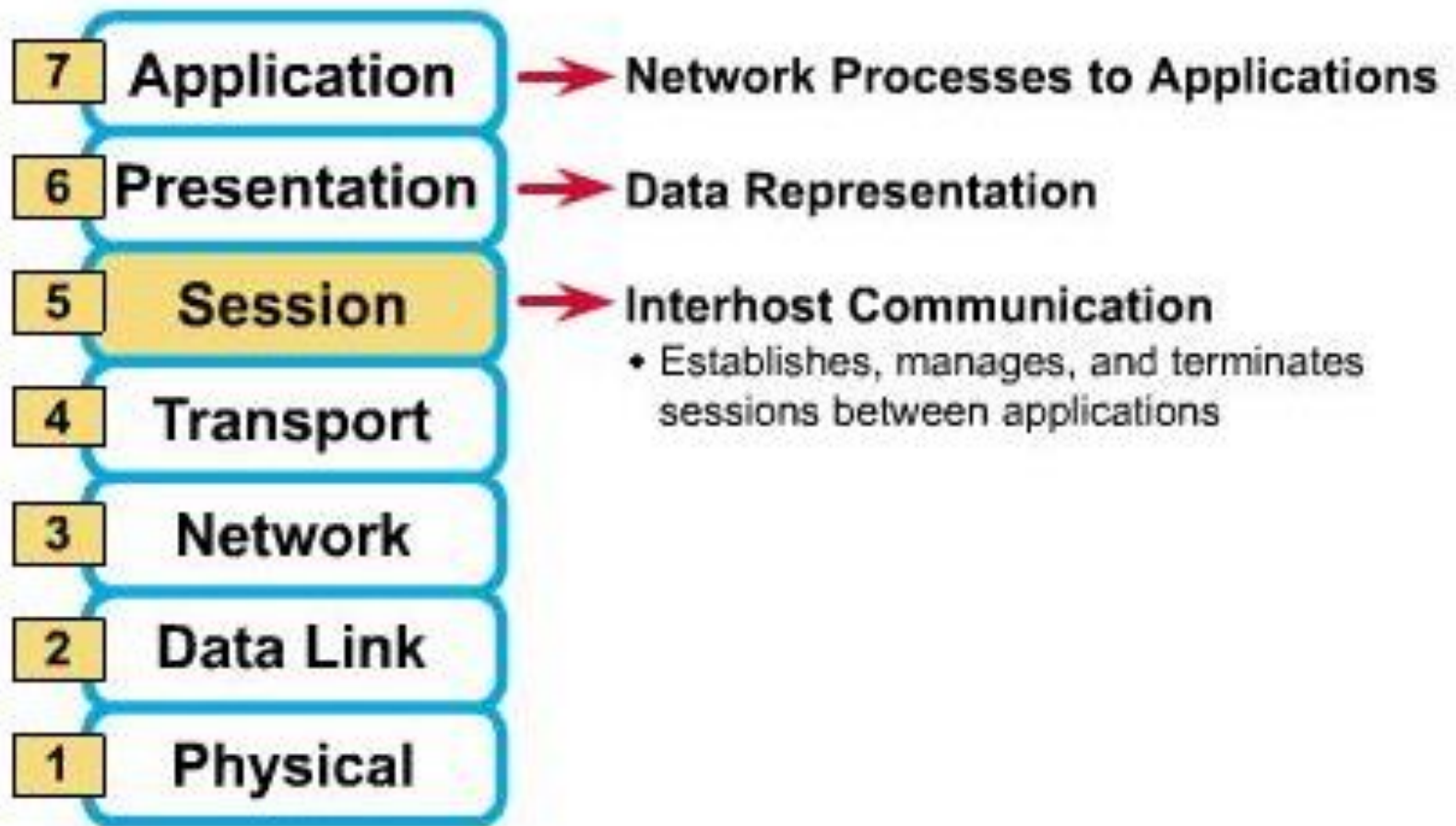
The 7 Layers of the OSI Model



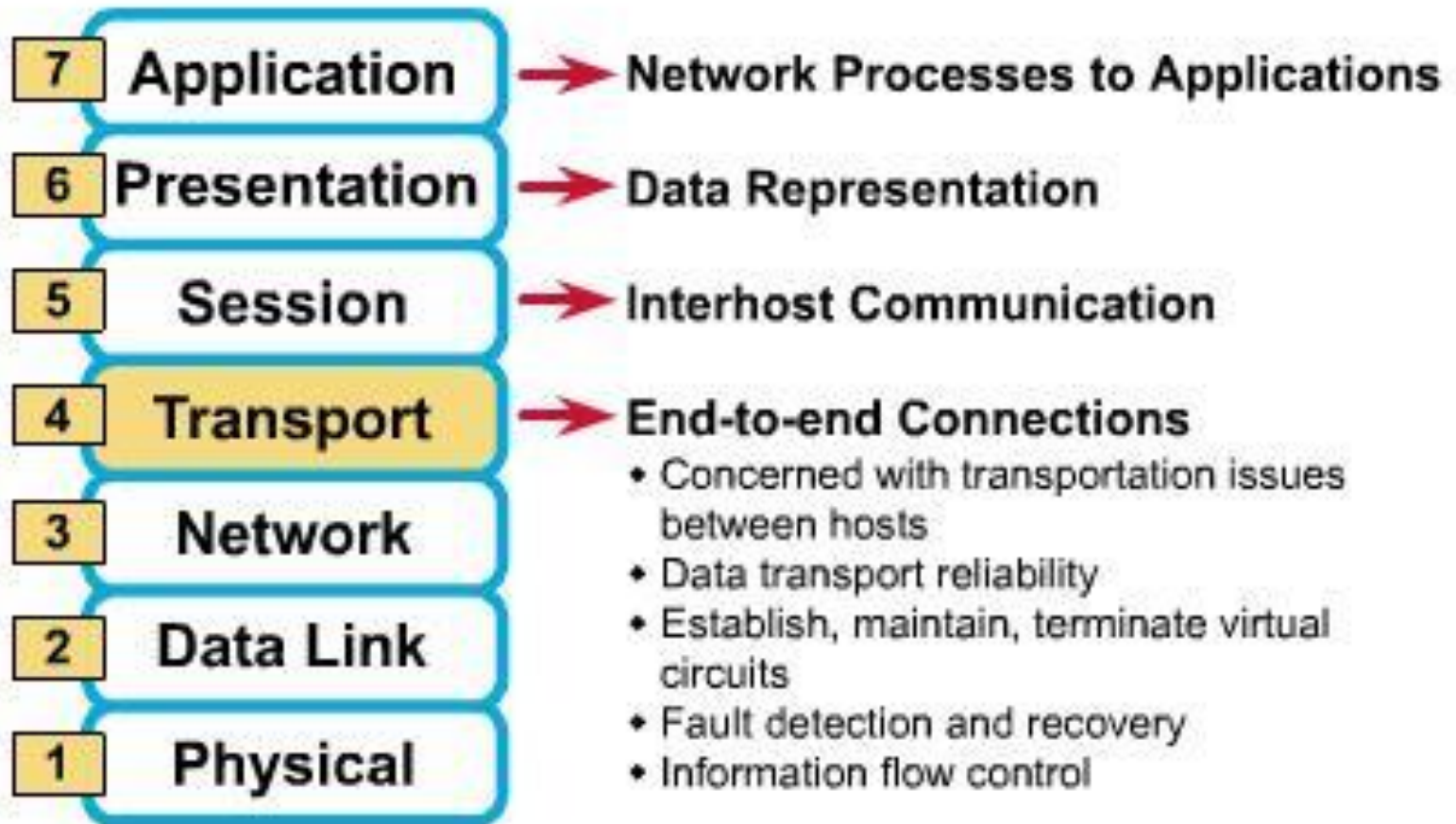
The 7 Layers of the OSI Model



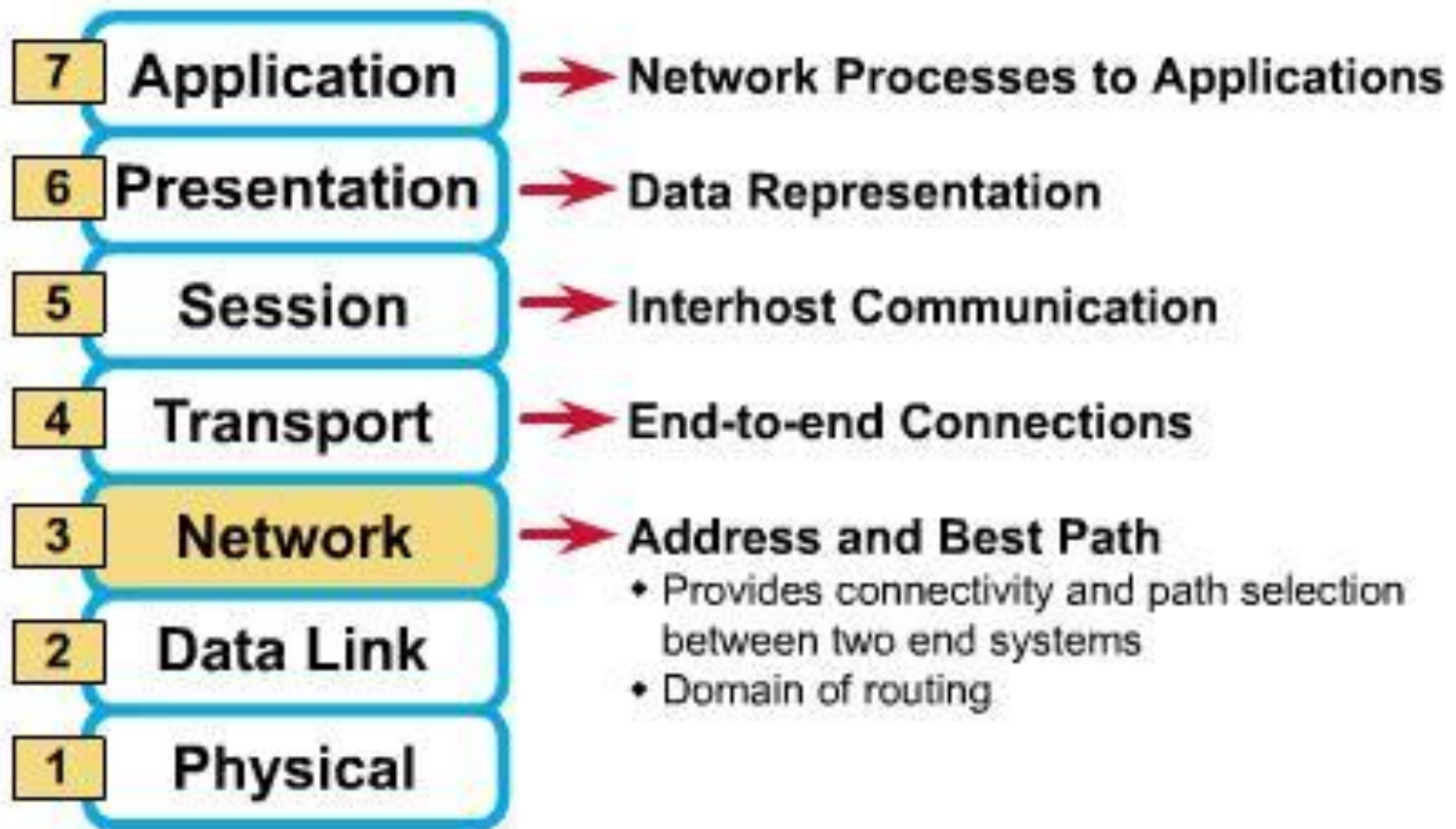
The 7 Layers of the OSI Model



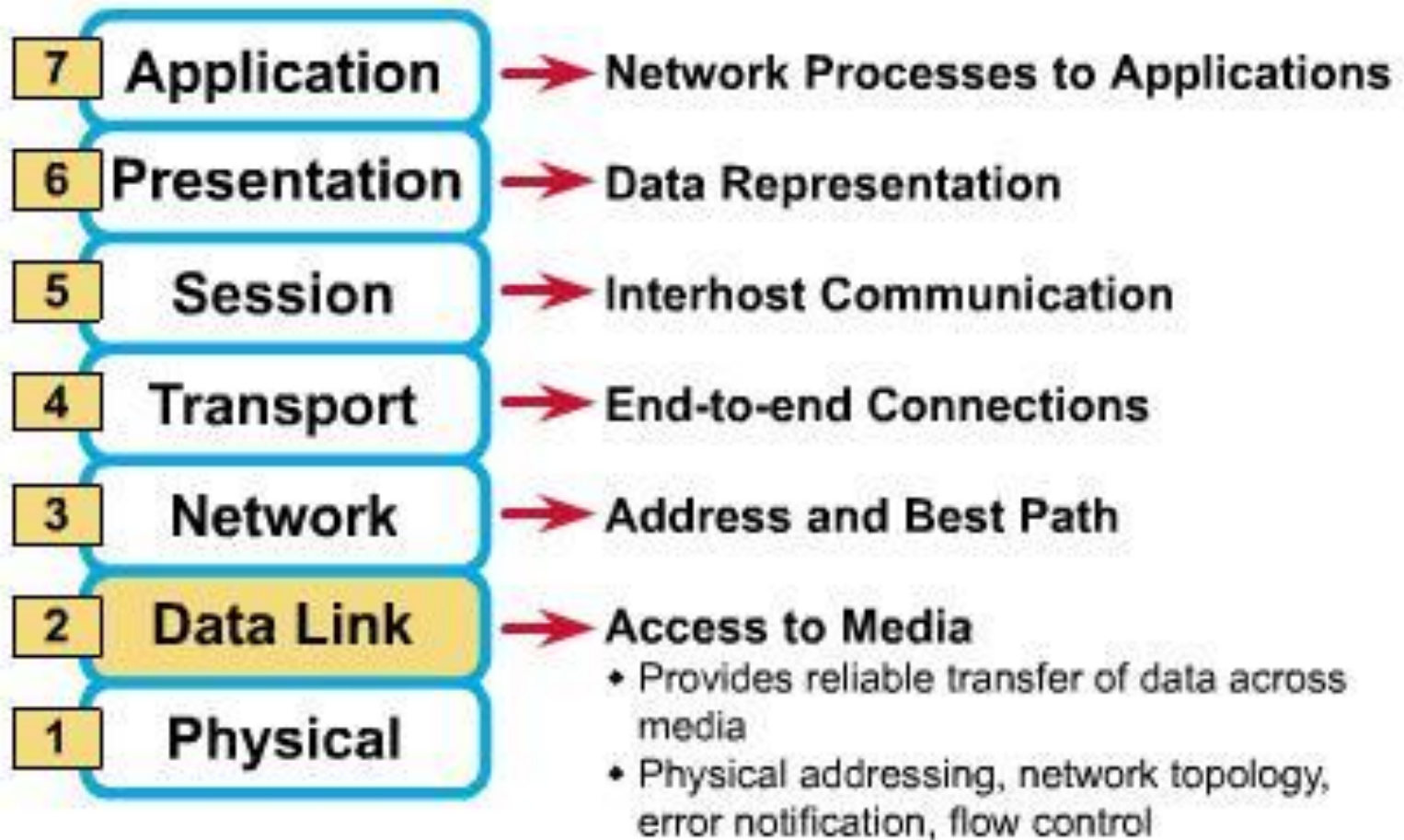
The 7 Layers of the OSI Model



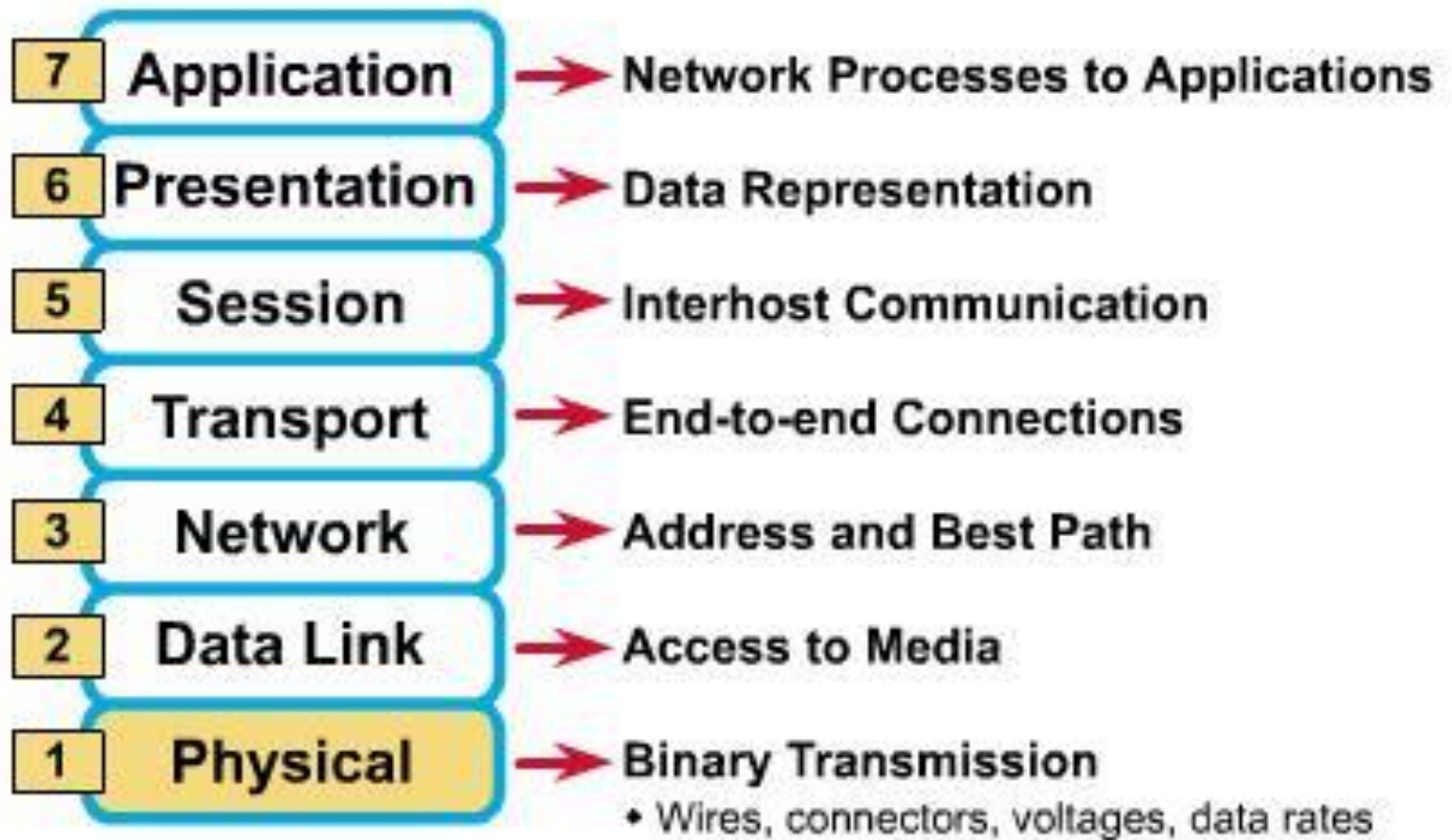
The 7 Layers of the OSI Model



The 7 Layers of the OSI Model

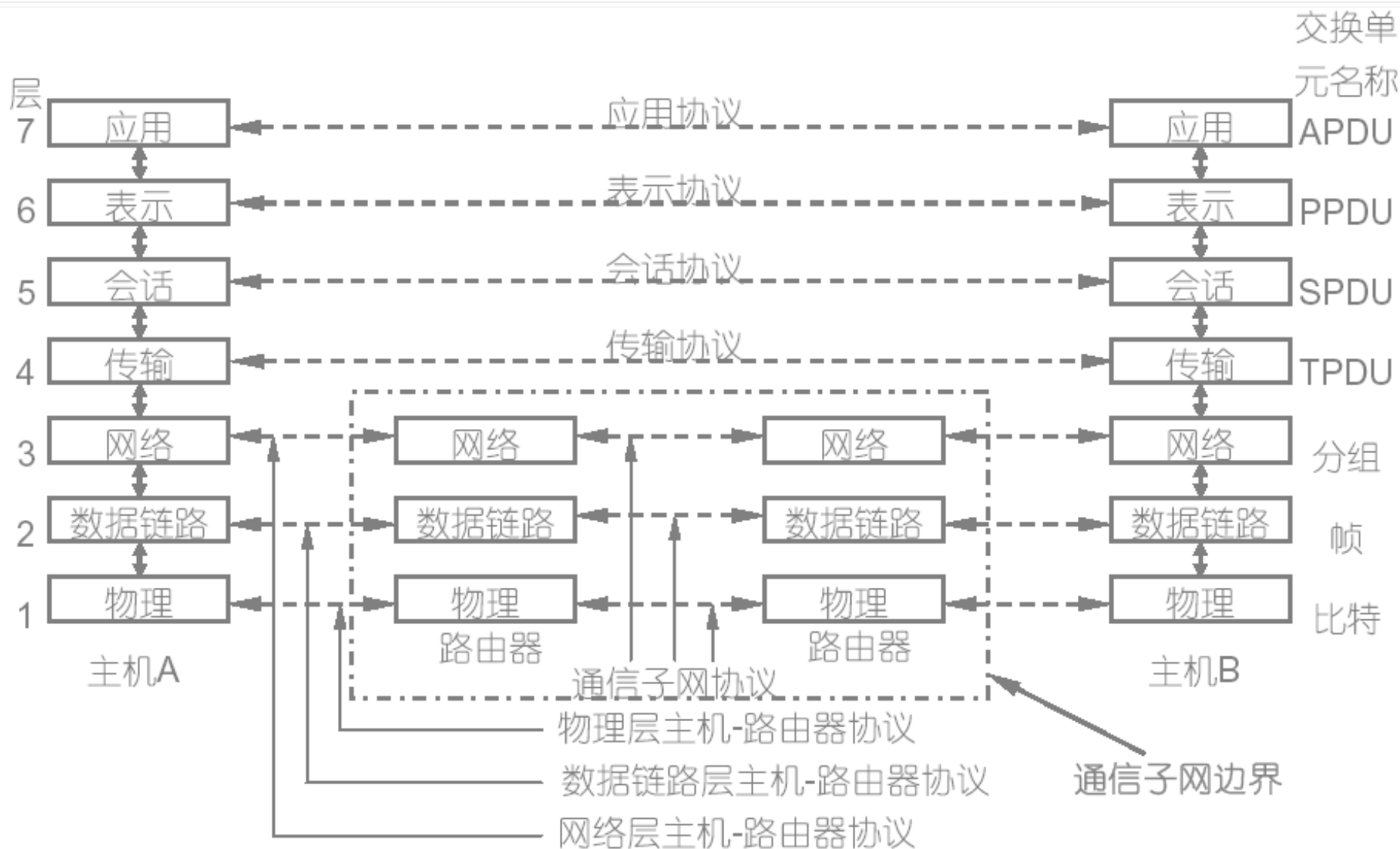


The 7 Layers of the OSI Model

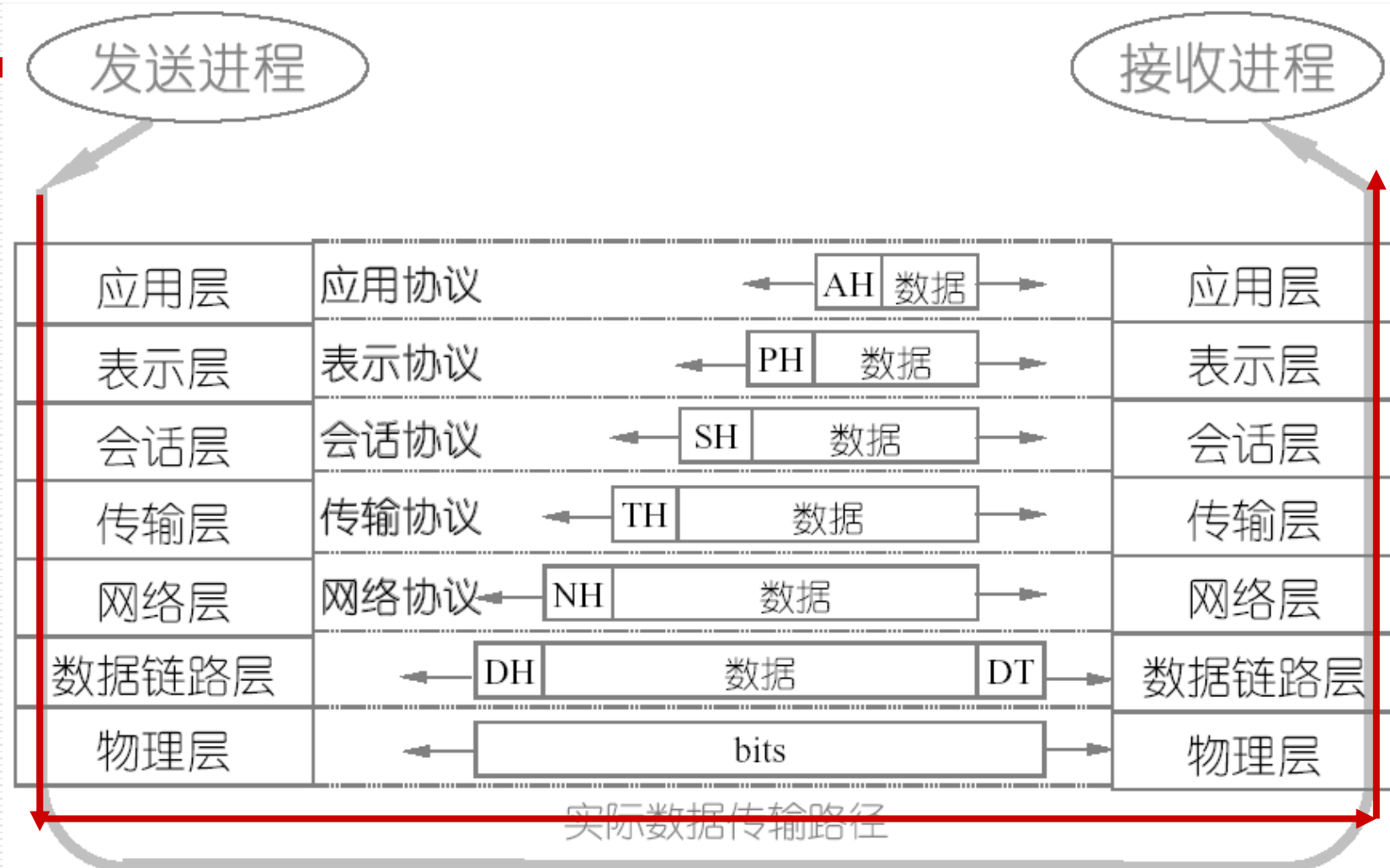


PDU及对应的名字

70

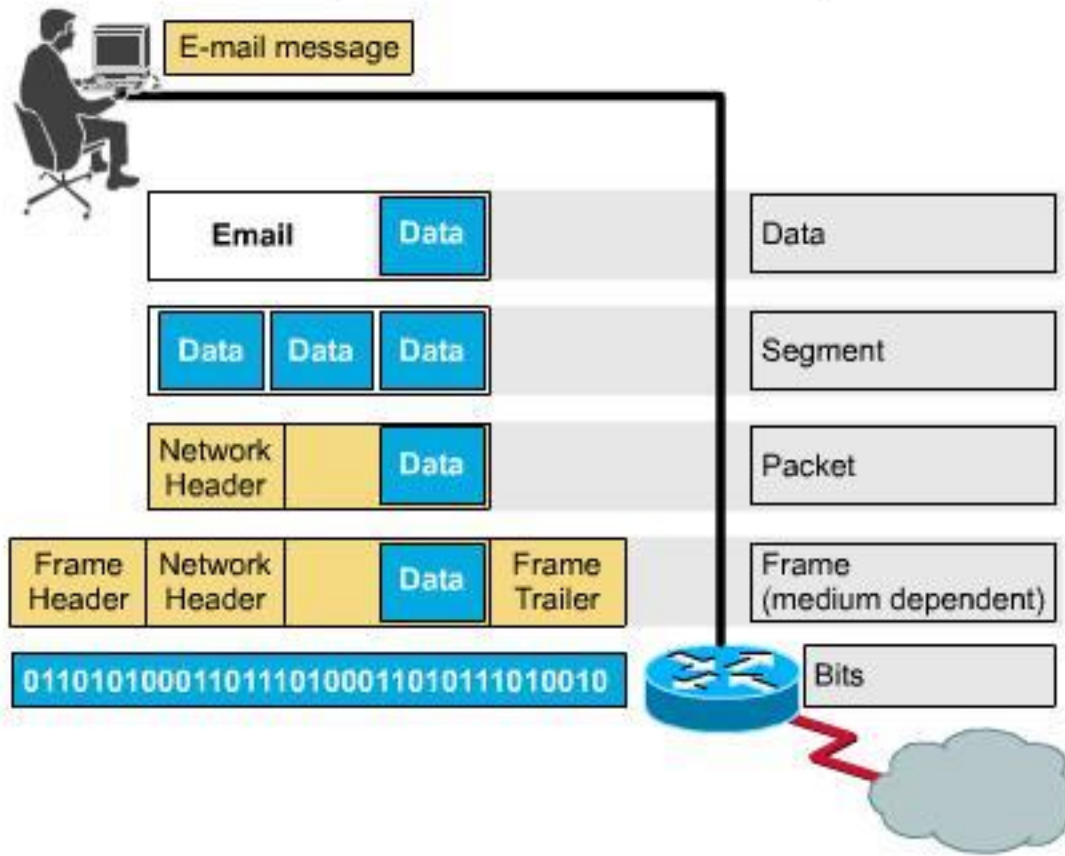


OSI参考模型上的数据流



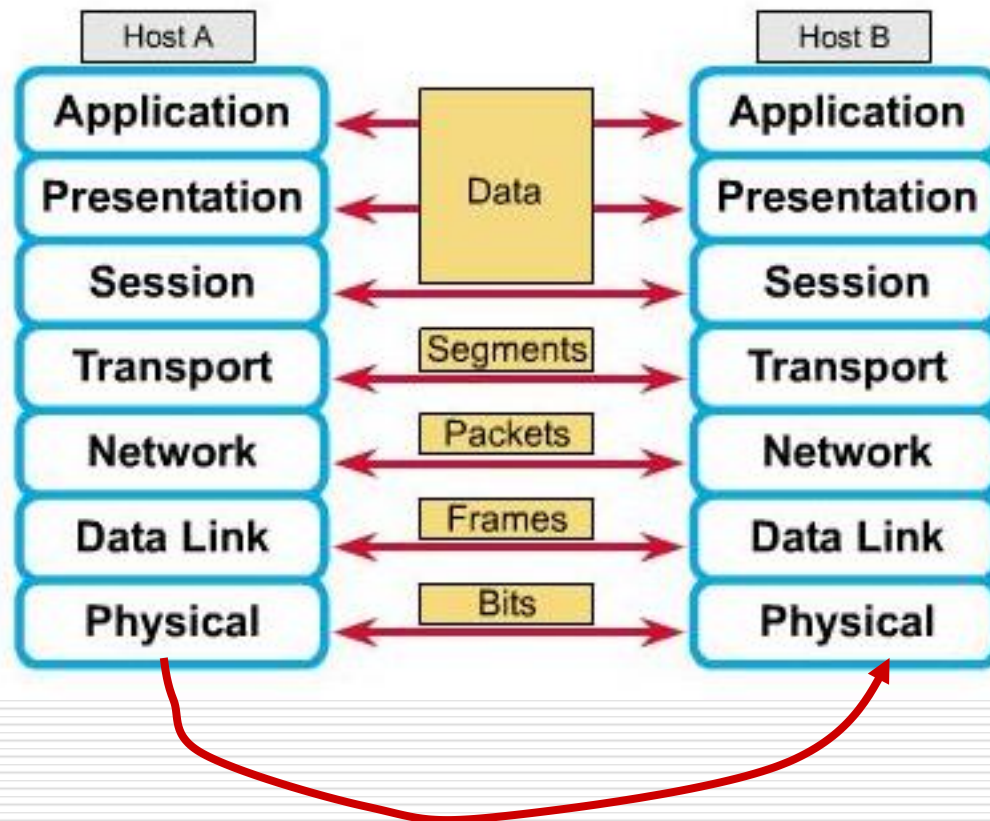
封装和解封装

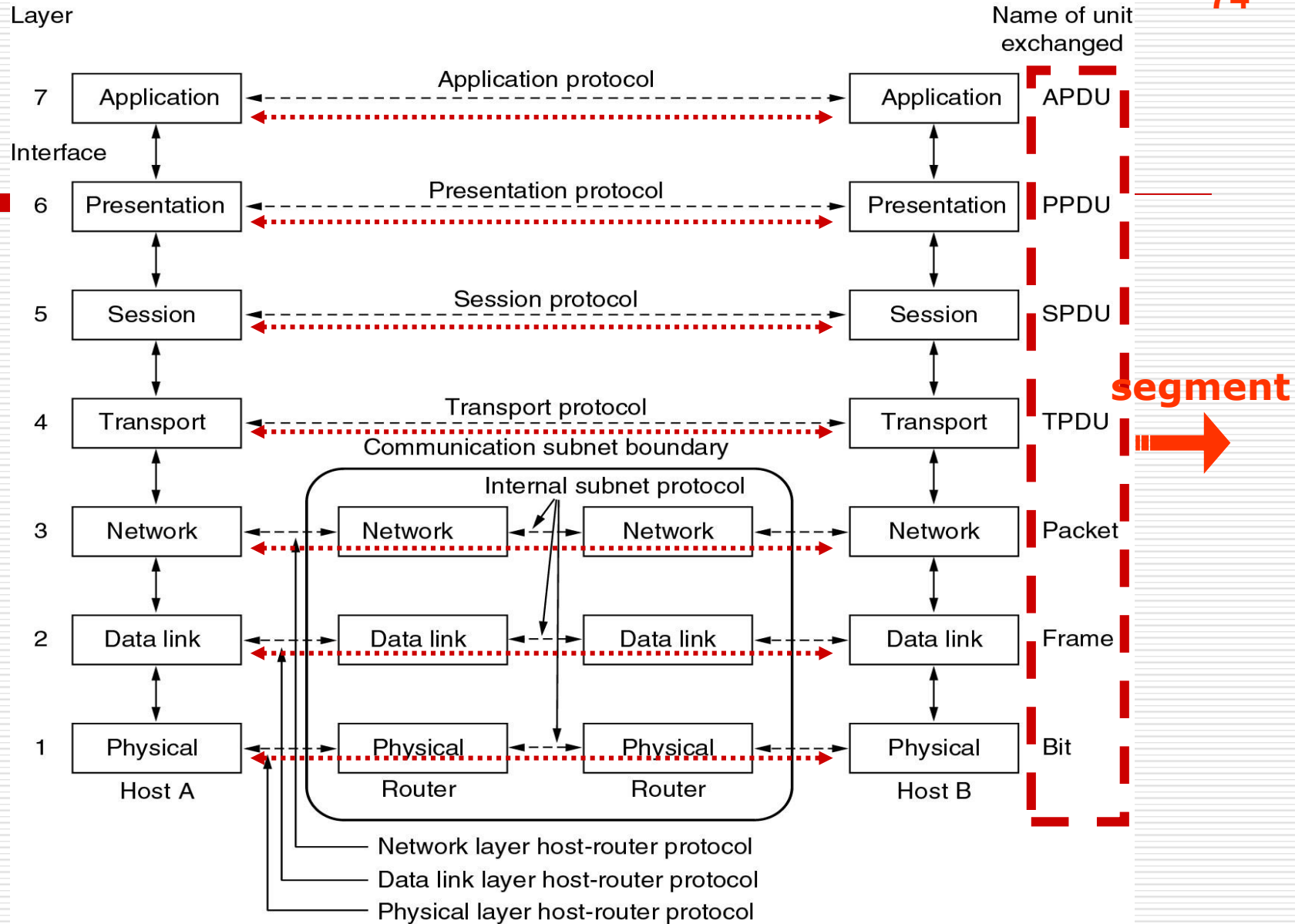
Data Encapsulation Example



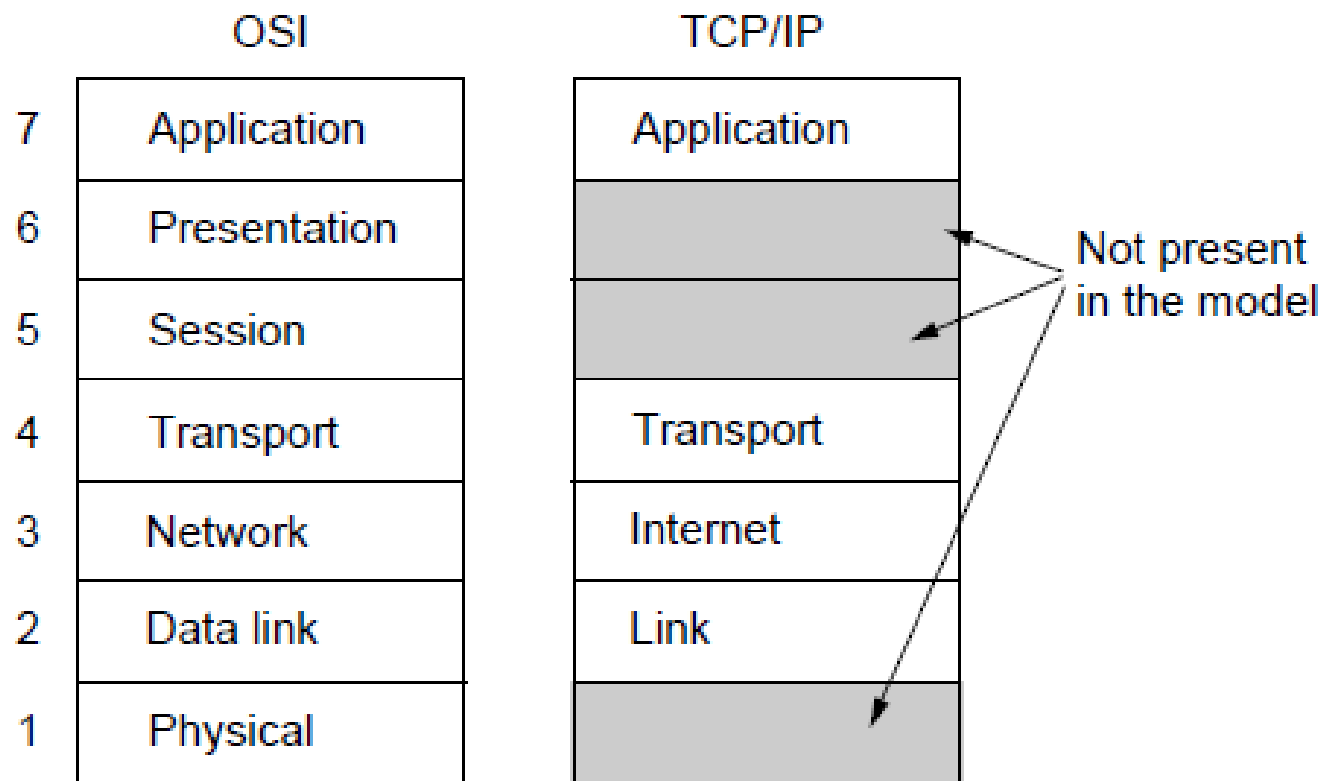
虚拟通信/对等通信(Virtual Communication、Peer to Peer)

Peer-to-Peer Communications

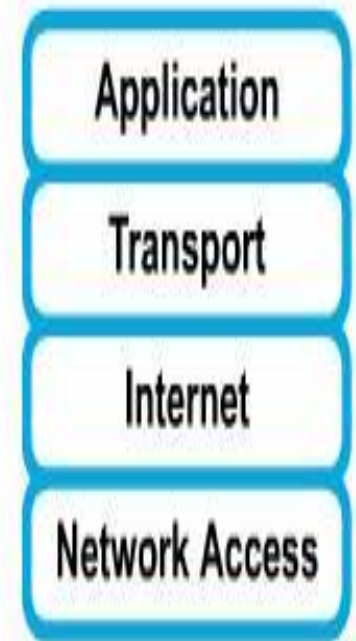




TCP/IP参考模型



The TCP/IP Model



TCP/IP参考模型之互联网层

- 与OSI中的网络层相对应
- 该层定义了正式的分组格式和协议，即IP协议，每个IP包的路由问题是互联网层要解决的问题
- 每个IP包独自寻径，到达顺序可能不相同

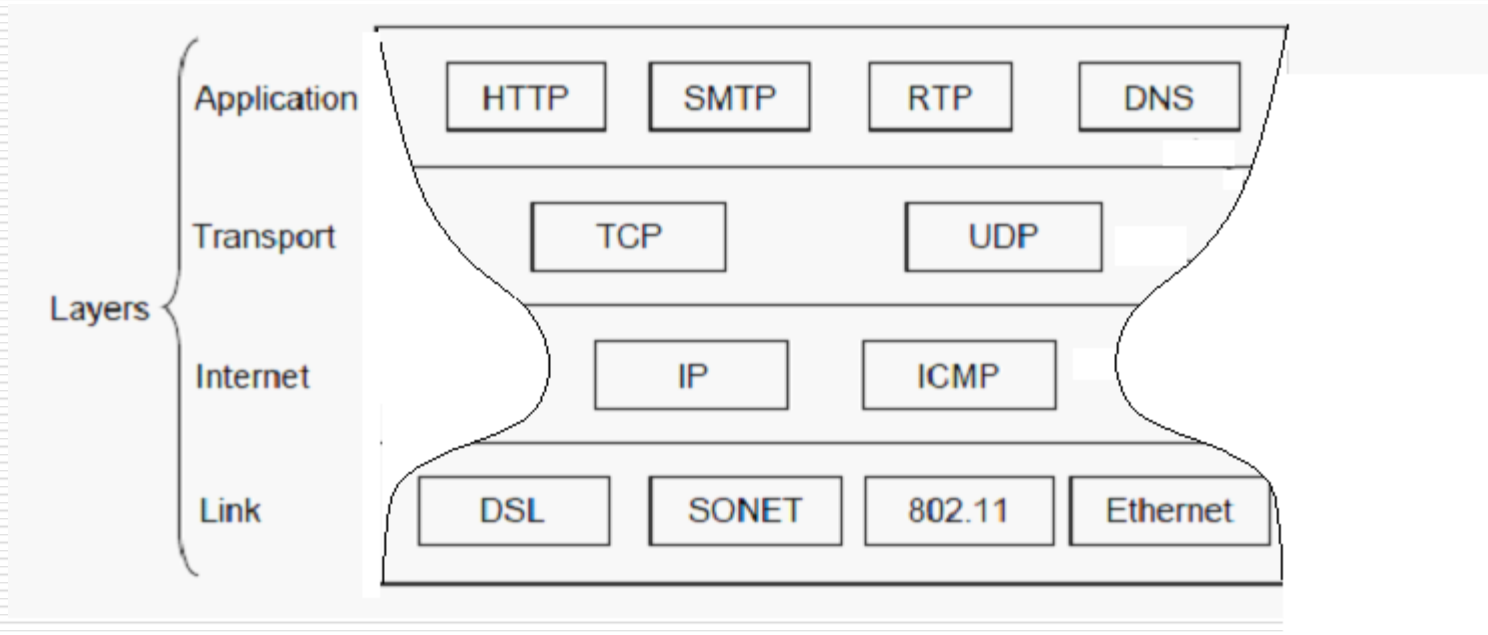
TCP/IP参考模型之传输层

- 与OSI中的传输层相对应
- 使源端和目的端主机的对等实体进行对话
- 定义了两个端到端的协议：
 - 传输控制协议TCP
 - 用户数据报协议UDP

TCP/IP参考模型之应用层

- 与OSI中的上三层相对应
- 该层包括：
 - 标准终端仿真协议 telnet
 - 文件传输协议 ftp
 - 简单邮件传输协议 smtp
- 域名服务 DNS

TCP/IP协议簇



OSI参考模型和协议的缺点

- 为什么OSI参考模型没有占据主流？
- 糟糕的时机
- 糟糕的技术
- 糟糕的实现
- 糟糕的政策

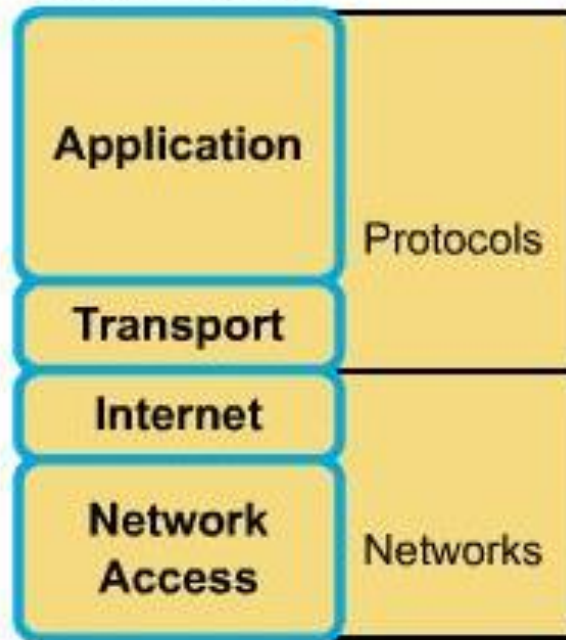
TCP/IP参考模型和协议的缺点

- 没有区分服务、接口和协议的概念
- 不是通用的模型
- 主机至网络层不是常规意义上的层
- 没有区分物理层和数据链路层
- 有些协议的实现比较草率

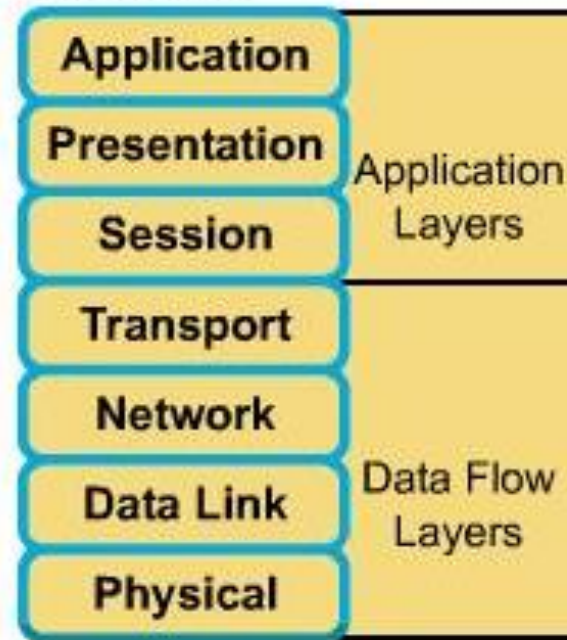
OSI模型和DOD模型比较1/3

Comparing TCP/IP with OSI

TCP/IP Model



OSI Model



OSI模型和DOD模型比较2/3

- 相同点
 - 都分层
 - 都有应用层，尽管他们的服务不同
 - 都有可比较的传输层和网络层
 - 使用的分组交换而不是电路交换技术

OSI模型和DOD模型比较3/3

■ 不同点

- TCP/IP将表示层和会话层包含到了应用层
- TCP/IP将OSI的数据链路层和物理层包括到了一层中
- TCP/IP更简洁，但OSI更易开发和排除故障
- TCP/IP在实践中产生

混合参考模型

- 本书采用的参考模型

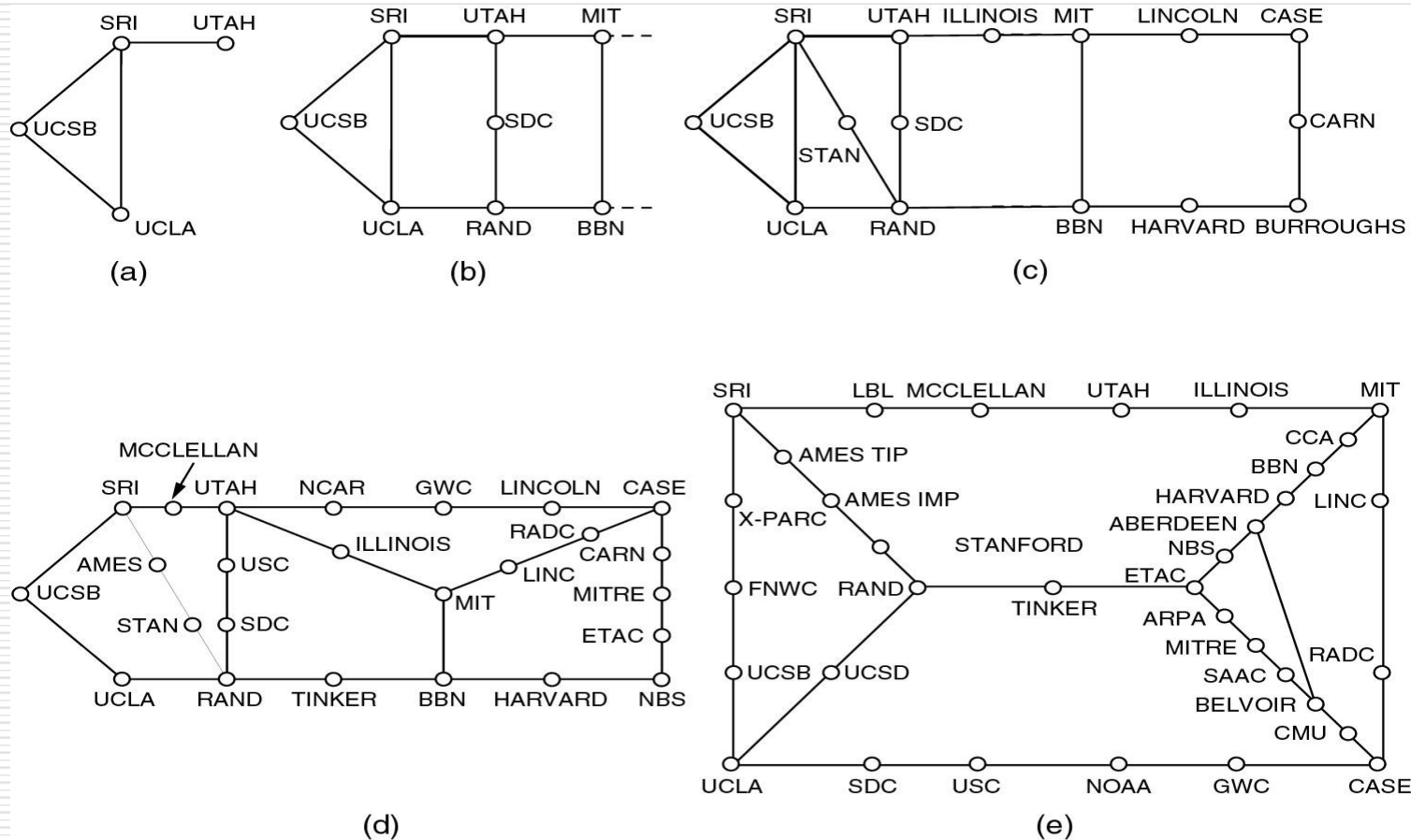
5	Application layer
4	Transport layer
3	Network layer
2	Data link layer
1	Physical layer

网络实例

- 因特网The Internet
- 3G移动网络
- 无线局域网：802.11
- RFID和传感网络

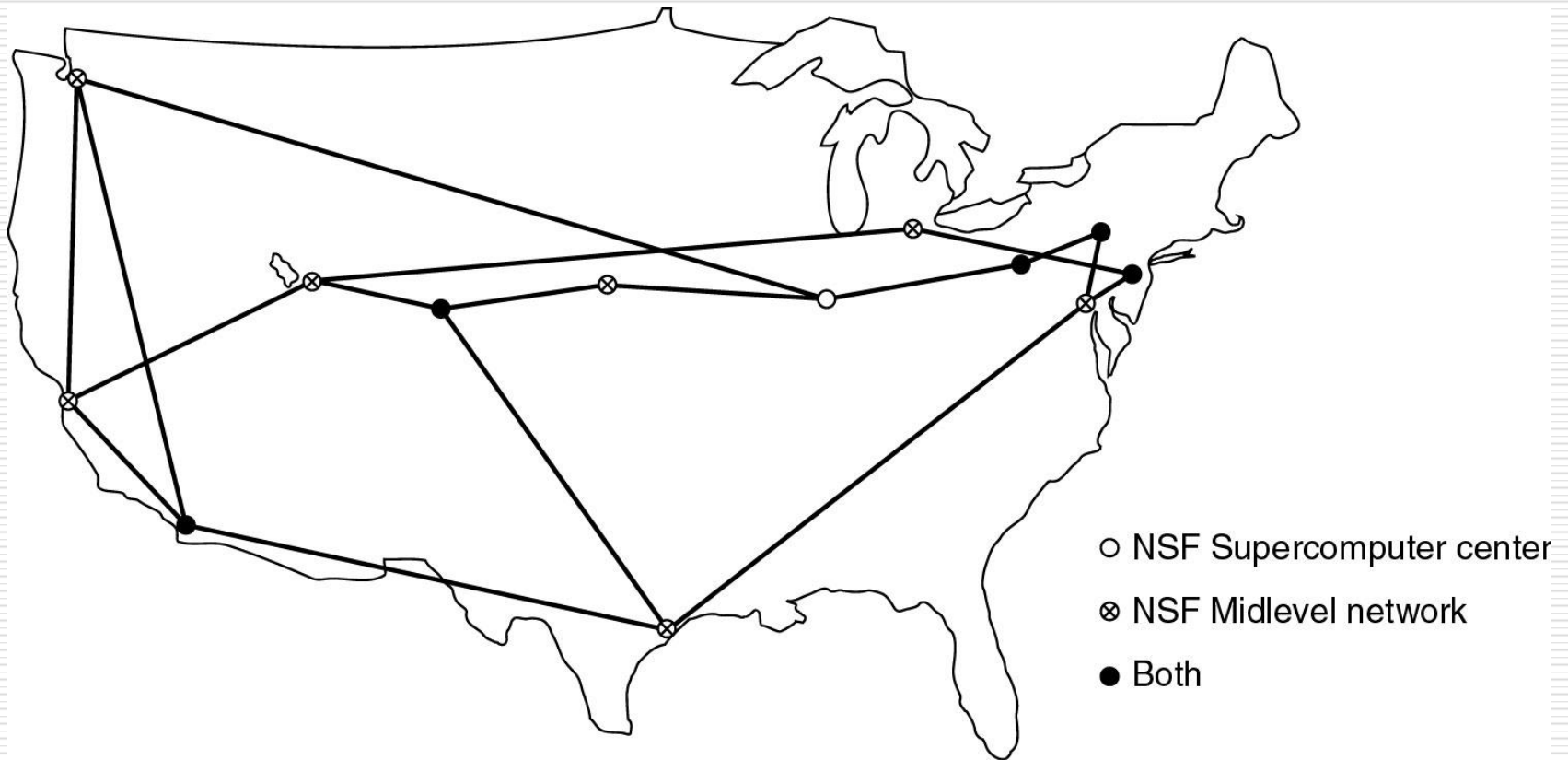
The ARPANET

- Growth of the ARPANET (a) December 1969. (b) July 1970.(c) March 1971. (d) April 1972. (e) September 1972.

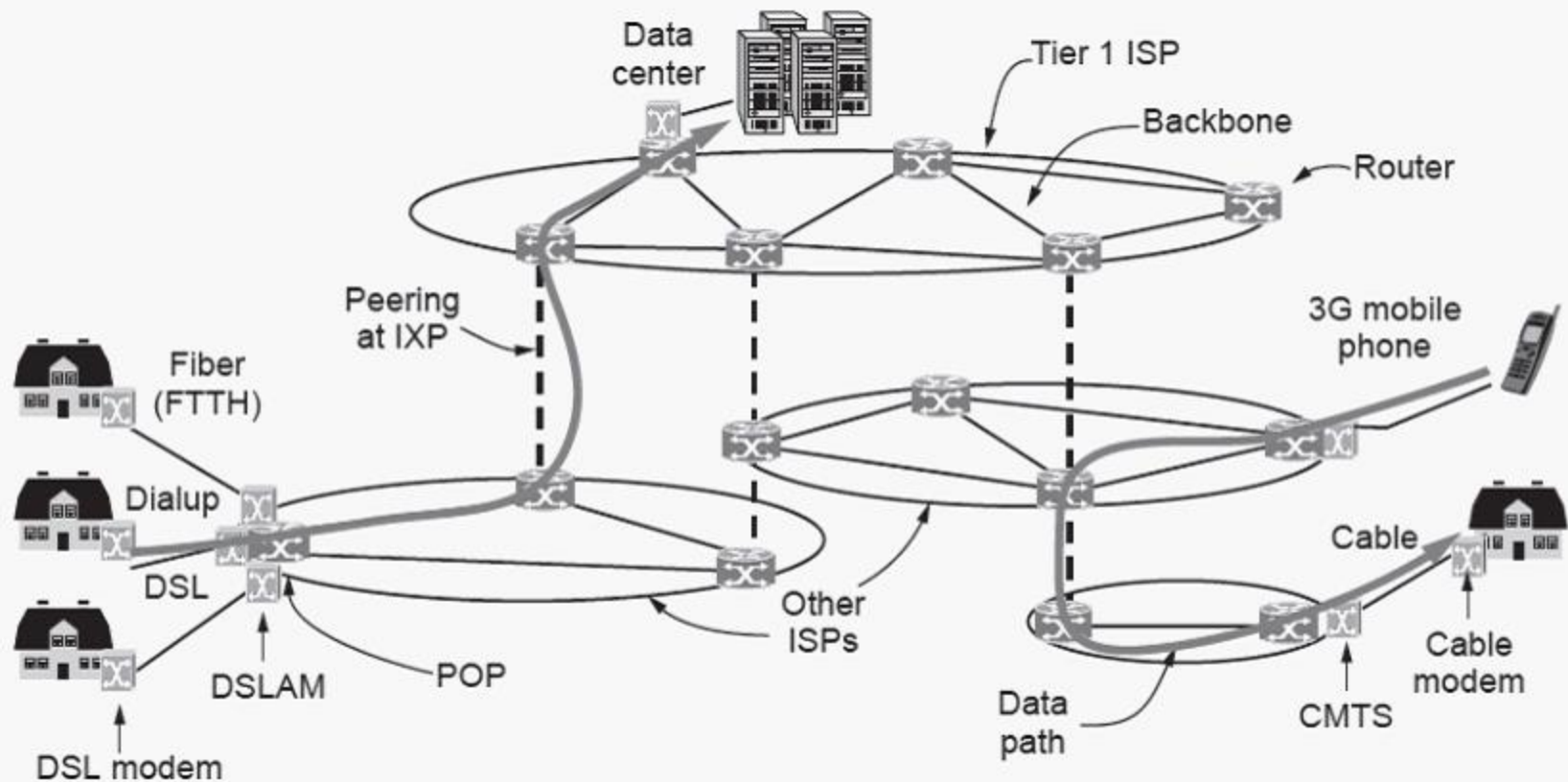


NSFNET

- The NSFNET backbone in 1988.



Internet的结构



网络标准化

- 电信领域中最有影响的组织
- 国际标准领域中领域中最有影响的组织
- **Internet**标准领域中最有影响的组织

标准组织

- ITU
- ISO
- IEEE
- IAB
 - IRTF
 - IETF
- W3C

Body	Area	Examples
ITU	Telecommunications	G.992, ADSL H.264, MPEG4
IEEE	Communications	802.3, Ethernet 802.11, WiFi
IETF	Internet	RFC 2616, HTTP/1.1 RFC 1034/1035, DNS
W3C	Web	HTML5 standard CSS standard

IEEE 802 标准

Number	Topic
802.1	Overview and architecture of LANs
802.2 ↓	Logical link control
802.3 *	Ethernet
802.4 ↓	Token bus (was briefly used in manufacturing plants)
802.5	Token ring (IBM's entry into the LAN world)
802.6 ↓	Dual queue dual bus (early metropolitan area network)
802.7 ↓	Technical advisory group on broadband technologies
802.8 †	Technical advisory group on fiber optic technologies
802.9 ↓	Isochronous LANs (for real-time applications)
802.10 ↓	Virtual LANs and security
802.11 *	Wireless LANs
802.12 ↓	Demand priority (Hewlett-Packard's AnyLAN)
802.13	Unlucky number. Nobody wanted it
802.14 ↓	Cable modems (defunct: an industry consortium got there first)
802.15 *	Personal area networks (Bluetooth)
802.16 *	Broadband wireless
802.17	Resilient packet ring

RFC文档

[RFC1 主机软件](#)

[RFC2 主机软件](#)

[RFC3 文档规范](#)

[RFC4 网络时间表](#)

[RFC6 与 Bob Kahn 会话](#)

[RFC10 文档规范](#)

[RFC13 零文本长度的EOF信息](#)

[RFC16 M. I. T](#)

[RFC18 IMP-IMP和主机-主机控制联接](#)

[RFC19 可用来降低有限交换节点阻塞的两条协议性的建议](#)

[RFC20 用于网络交换的 ASCII 格式](#)

[RFC21 网络会议](#)

[RFC22 主机-主机控制信息格式](#)

建议重点阅读内容

- 网络分类
- 参考模型
- 网络实例
- 网络标准化

本章中重要的中英文对照

- Internet: 因特网
- Reference model: 参考模型
- PDU (Protocol Data Unit): 协议数据单元
 - Bits: 比特流
 - Frame: 帧
 - Packet: 分组
 - Segment: 数据段
- RFC (Request for comments): 请求注释文档
- Encapsulation: 封装
- Peer To Peer Communication (virtual communication):

Review

- 什么是计算机网络？
- 计算机网络相关的概念
 - 拓扑、带宽、吞吐量、协议、点到点、端到端
- 网络分类
 - **PAN、LAN、MAN、WAN、Internet**

Review

- 两种参考模型及其比较
- **OSI**参考模型分几层，每层的名字是什么？
- 每层的主要功能是什么？
- 每层的**PDU**具体是什么名字？
- 什么是虚拟通信（对等通信）？
- 封装（打包）和解封装（解包）的过程是怎样的？

Review

- 最有影响的标准组织：IETF、IEEE、ITU、ISO
- 互联网标准：**RFC**文档