

## 网络课的Hello World是什么？

Hello World!



## 你可能的一个麻烦

### □ 字符界面的linux下，如何登录校园网关？

- 图形界面下可以浏览器<http://gw.bnu.edu.cn>
- Windows,Android,Mac OS有专门客户端软件

```
root@dongqi-ThinkCentre-XXXX:/home/dongqi# ping www.sina.com.cn
PING spool.grid.sinaedge.com (58.205.212.209) 56(84) bytes of data.
^C
--- spool.grid.sinaedge.com ping statistics ---
2 packets transmitted, 0 received, 100% packet loss, time 1029ms

root@dongqi-ThinkCentre-XXXX:/home/dongqi# curl -s -H "gw.bnu.edu.cn" --data "action=login&ac_id=39&user_ip=&user_mac=&url=&username=&password=&save_me=1" 'http://gw.bnu.edu.cn/srun_portal_pc.php?ac_id=39&'>nul
root@dongqi-ThinkCentre-XXXX:/home/dongqi# ping www.sina.com.cn
PING spool.grid.sinaedge.com (58.205.212.207) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 58.205.212.207: icmp_seq=1 ttl=51 time=1.35 ms
64 bytes from 58.205.212.207: icmp_seq=2 ttl=51 time=1.62 ms
^C
--- spool.grid.sinaedge.com ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.358/1.493/1.629/0.140 ms
root@dongqi-ThinkCentre-XXXX:/home/dongqi#
```

## 一条命令的由来

### □ 网关登录原理中找到关键点

- 客户端(浏览器)通过http协议发给网关要求的认证信息

□ 这个信息是些什么？咋组织的？我要是有个程序能发给网关这些个按规则组织的认证信息，不就行了么？

- [Wireshark](#)发现http载荷+浏览器右键看网页源码
- Baidu发现curl及其用法

□ curl -s -H "gw.bnu.edu.cn" --data "action=login&ac\_id=39&user\_ip=&nas\_ip=&user\_mac=&url=&username=&password=&save\_me=1" 'http://gw.bnu.edu.cn/srun\_portal\_pc.php?ac\_id=39'>nul

纯用百度解决这个登录问题如何呢？东北大学例子+网页源码



# 不登录网关就不能向世界问好?

## • L2TP (苹果)

- net.bnu.edu.cn
- asdasd/asd123; qweqwe/qwe123; zxzxz/xzc123
- 密钥: vpn

## □ Z-Turn (安卓)

- <http://net.bnu.edu.cn/ss-android.apk>



- 服务器: 219.224.30.121

✓ 到我附近寻找那不要密码的wifi加入



# 计算机网络原理与编程实践

Instructor: Xiao Mingzhong(肖明忠)

Room:EB-511

Email: xmz@bnu.edu.cn

TA:

? ? ?

Course resource:

<http://net.bnu.edu.cn>

<ftp://net.bnu.edu.cn> (ftpcn123)

## About the course (1/5)

### □ The purpose of the class

- Let students learn and get familiar with the basic concepts and aspects of computer networks;
- thoroughly understand network architectures, **primary ideas** of network engineering, as well as applications;
- build up ground work for further study and R&D in computer networks field.



## About the course (2/5)

### □ The contents of the class

- Will systematically teach computer networks principles, ISO/OSI reference model (the seven layers), especially the hybrid module of **five layers**, and TCP/IP module;
- Physical\* → Data link → Network → Transport → Session\* → Presentation\* → Application
- Network management \* and network security\*



## About the course (3/5)

### □ References

- Computer networks and Internets, Douglas Comer.
- Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet. James F. Kurose & Keith W. Ross. Pearson Education.
- Computer Networks: A Systems Approach. Larry L. Peterson and Bruce S. Davie, Morgan Kaufman.
- 计算机网络, 谢希仁. 电子工业出版社.
- 计算机网络(特南鲍姆, 清华出版社).
- 计算机网络高级软件编程技术, 吴功宜等, 清华出版社.
- Unix网络编程, W.理查德·史蒂文斯,人民邮电出版社.
- .....



## About the course(5/5)

### □ Others

- 预习及课后复习与课堂教学关系?
- 教材或教学计划适宜?
- 课程难?
- 考勤与成绩的关系?
- 语言?
- .....

投入!



## About the course(4/5)

### □ Time & location

- 2节课/1-17周, 周五56节(1:30pm-3:10pm), EB105
  - 实际15周 (中秋国庆)
- 3节课/2-17周, 周五9-11节(6:00pm-8:35pm), EB204
  - 实际14周 (中秋国庆)

### □ Assignments

- 编程实践 (10个教材任务? Android网络应用开发(0~2人)? )
- 教材习题 (每章所有, 未讲除外, 鼓励协商, 独立纸版提交)

### □ Grading policy

- 60% for assignments.
- 40% for final (来源于教材及其习题).



## 附录：编程实践例子程序

### 基础训练篇

- Ethernet帧结构解析程序; 使用ARP协议获取局域网内活动主机; 计算校验和程序; IP包流量分析程序; Traceroute程序; Ipv6报文封装及地址生成程序; TCP和UDP数据包发送程序; 基于C / S结构的套接字程序设计; 滑动窗口协议模拟程序; Web Server程序; 无线局域网802.11协议CSMA / CA算法模拟程序; 公钥密码实现程序

### 综合训练篇

- 路由器基本功能实现程序; FTP协议实现程序; 协议分析器程序; 综合扫描器程序

### 提高训练篇

- 基于SNMP协议的网络拓扑发现程序; 利用OpenSSL实现安全的Web Server程序; 简单防火墙程序; 防火墙扩展功能程序; NS-2简单有线网络模拟程序; 使用NS-2模拟无线Ad hoc网络

考核: 跑起来, 完善+源码分析报告。



# Computer Networks

## Chapter 1: Introduction

(Version September 6, 2019)

Xiao Mingzhong

CIST, Beijing Normal University

## Outline

- 计算机网络的应用简介
- 计算机网络的定义及分类
- How to design a network?\*
- Example networks
- 网络标准化

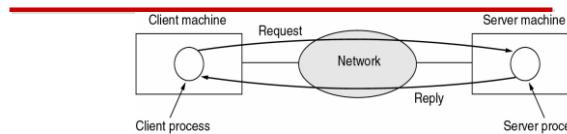


## 计算机网络的应用

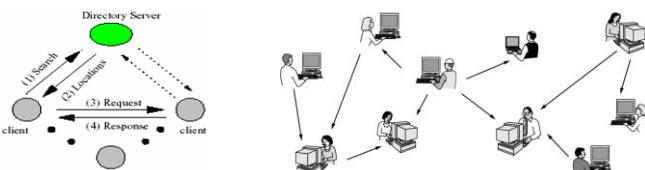
- 硬件资源共享  
打印机, 远程桌面, 远程终端, 网络存储...
- 远程信息访问  
Web, Ftp, 搜索引擎, ...
- 人与人间的通信  
Email, QQ, 微信, ...
- 交互式娱乐应用  
电子游戏, 在线点播, 网络电视, IP电话, ...
- 电子商务  
Taobao, dangdang, JD, ...
- 应用模型\*  
Designer: C/S vs P2P, User: Mobile vs Fixed, Business vs Home
- 社会问题  
Political, Privacy, Freedom of speech, Spam, Virus, Copyright, Security, ...



## C/S vs P2P(应用设计模型)



### □ 客户服务器模型的请求和应答



### □ P2P模型(节点既服务别的节点,也向别的节点求服务)



## 移动应用 vs 固定应用 (用户角度看)

Wireless	Mobile	Applications
No	No	Desktop computers in offices
No	Yes	A notebook computer used in a hotel room
Yes	No	Networks in older, unwired buildings
Yes	Yes	Portable office; PDA for store inventory

- 移动和无线的区别. (e.g. ad-hoc net.)



## 商务应用 vs 家庭应用 (用户角度看)

Tag	Full name	Example
B2C	Business-to-consumer	Ordering books on-line
B2B	Business-to-business	Car manufacturer ordering tires from supplier
G2C	Government-to-consumer	Government distributing tax forms electronically
C2C	Consumer-to-consumer	Auctioning second-hand products on-line
P2P	Peer-to-peer	File sharing (free? )

- 电子商务的一些形式

- 家庭应用: 炖具协同工作系统, ...



## What is the Computer Network?

- 过去: 计算机系统高度集中化, 通常位于一个很大的房间中(计算中心)
  - Hardware: VAX, TJ, ... OS: VMS, Unix, ...
  - Hardware: Terminal → PC OS: DOS, ...
  - 每台机器独立自治, 没有做到联机交换信息
- 现在: 大量独立且互连的计算机共同完成计算任务, 这些系统称为computer networks.
  - 若两台计算机能够交换信息, 则称是互连的, 含硬连接和软连接;
  - Computer network是指使用同一种技术连接一组自主计算机构成的信息交换系统. 不同的网络具有不同的大小、形状和形式。
  - 如何设计这些网络, 并使它们互连互通是计算机网络领域的主要工作内容。



## 按网络大小 (规模) 分类

Interprocessor distance	Processors located in same	Example	
1 m	Square meter	Personal area network	□ 局域网
10 m	Room		□ 城域网
100 m	Building		□ 广域网
1 km	Campus	Local area network	□ 无线网
10 km	City		□ 家庭网络
100 km	Country		□ 互联网
1000 km	Continent	Metropolitan area network	
10,000 km	Planet		
		Wide area network	
		The Internet	

- 网络类型按大小分类



## 按传输技术分类

### □ 广播式网络(Broadcast networks)

- 网络上的所有机器共享一条“单一的通信信道”
- 任何机器发出的消息,都能被其他机器接收到(以太网中,此消息术语为帧)
- 在消息中至少有接收方标识符(address field, 通信节点需要命名!)
- 例子LAN

### □ 点对点网络(Point-to-point networks)

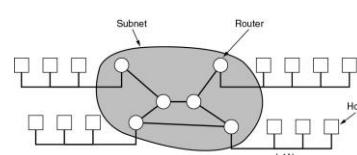
- 两台机器间有多条路可达
- 消息从源机器到达目的机器,要经过若干中间机器(如: routers)中转
- 寻找一条“合适”的路是要事(称为Routing问题)
- 例子WAN

### □ 不管什么类型网络, 其传输操作(服务)可有

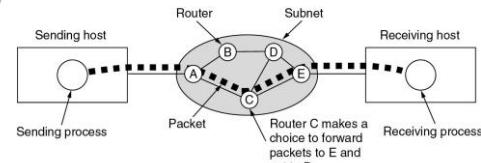
- 单播Unicasting(1->1); 广播Broadcasting(1->n);
- 组播Multicasting(1->m); 泛播Anycasting(1->anyone)



## 广域网 WAN



### □ 一个广域网的例子

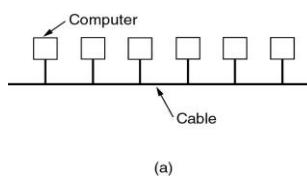


### □ 消息从发送者到接收者的路径(子网技术: 包交换和虚电路)

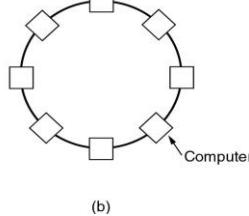


## 局域网 LAN

LANs 通常是采用广播技术, 网络拓扑结构topologies常见有:



(a)



(b)

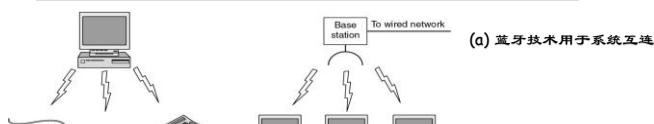
两种广播式局域网:

- (a) 总线型Bus→所有机器都连接到一根电线上。
- (b) 环网Ring→一个令牌(token,短消息)沿环传播。

有疑惑? MAC问题。

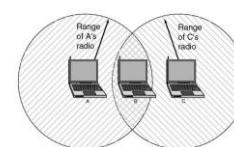


## 无线网络 Wireless networks

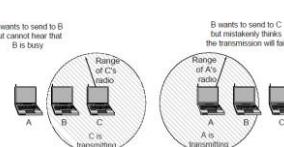


(a) 蓝牙技术用于系统互连

(b)



□ 一个节点的信号发射范围不能覆盖全局(如:ad-hoc网络)



## 家庭网络

### □ 家中设备互连通信:

- Computers
- Entertainment (audio equipment, game centers)
- Telecommunications (mobile phones, fax devices, intercom)
- Appliances (refrigerator, microwave, central heating, lights)
- Telemetry (alarms, cameras, thermostat)

### □ 家庭网络技术

- decentralized versus **centralized**
- the specific requirements:

100% robust; very easy to use; self-managing; high bandwidth; security; low price.



## 互联网络

### □ **internet(互联网):** 不同类型的网络通过**gateway**互连互通。

- Internet(因特网) is one specific internet.
- Internet is an overlay network(覆盖网络).

### □ Examples:

- Connecting a collection of different kinds of LANs within a department (combine wired/wireless).
- Connecting LANs to each other through a WAN (think of enterprise networks for multinationals).  
The WAN acts as a subnet.
- Connecting WANs to each other (the Internet).



## 小结

### □ 计算机网络

- 就是独立自治的计算机系统，使用同一种技术互连起来，可能提供**单播**、组播、广播和泛播传输操作的基础设施；
- 分类
  - 按传输技术：广播式网络和点到点网络（包交换和电路交换）；
  - 按网络规模：局域网，城域网，广域网，Internet，无线网络，家庭网络，个人区域网络，...
  - 不同的网络具有不同的技术特点，适宜不同的环境。
- 应用
  - 涉及人类社会生活的方方面面；
  - Client/Server, P2P是两种网络应用开发模型。



## How to design a network?

### □ Laying design principle

- What is the protocol?
- Protocol Hierarchies
- Some common design issues for the layers

### □ Six different types of service

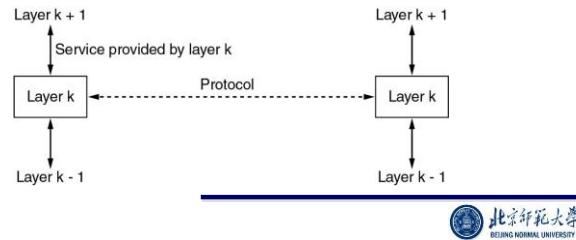
- Implementing a simple connection-oriented service

### □ Reference Models



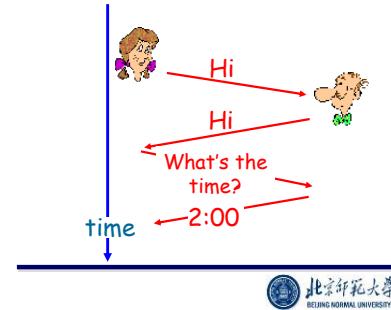
## 分层设计：

- 每一层建立在其下一层之上，使用下层服务完成自己“事”
- 不同的网络分几层，叫什么名字，各做些什么事等等不同
- 底层对高层是如何提供服务的细节被“封闭”起来，高层通过服务接口享用服务。
- 一台机器上的第k层通信体与另一台机器上的第k层通信体采用同样的协议进行消息通信（交换）。

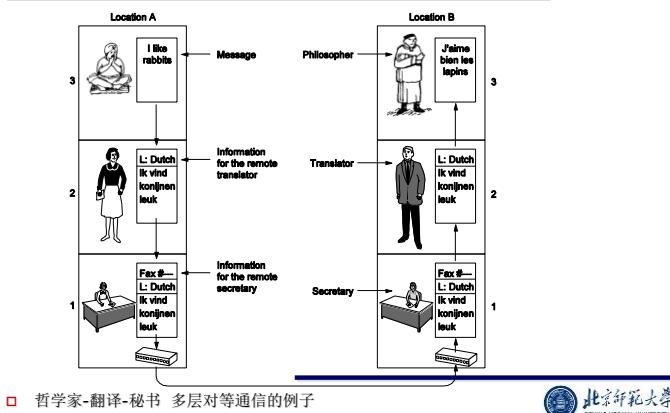


## 什么是协议？

- 协议就是通信体间的消息交换规则和约定。
- 协议描述两个通信体是如何交换消息的，包括消息的格式，传输顺序，以及对收到消息采取的动作。

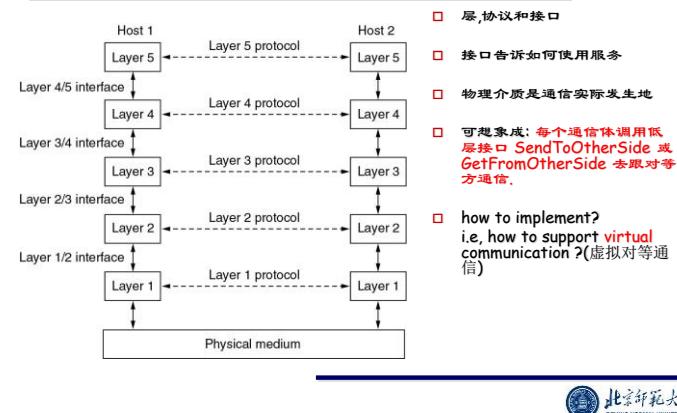


## 多层对等通信的例子

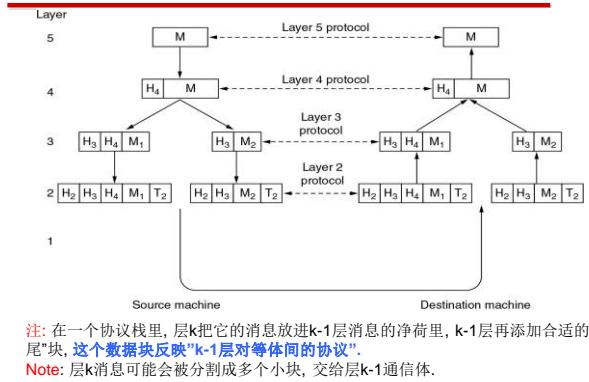


- 哲学家-翻译-秘书 多层对等通信的例子

## 网络协议层次



## 通过加“头”支持虚拟对等通信



注: 在一个协议栈里, 层k把它的消息放进k-1层消息的净荷里, k-1层再添加合适的“头或尾”块, 这个数据块反映“k-1层对等体间的协议”。  
 Note: 层k消息可能会被分割成多个小块, 交给层k-1通信体。



## 每一层通常都要考虑的问题

### □ 地址Addressing

每一层的通信体都需要“标识”(命名)

### □ 差错控制Error Control (why?)

物理传输介质会传错。

### □ 流量控制Flow Control

如何做到通信体间收发速度的协调, 不至于淹没慢速的接收方。

### □ 多路复用Multiplexing (connection)

底层两通信体同时为上层多对通信体服务(向上多路复用), 或上层两通信体同时使用底层多对通信体来服务自己(向下多路复用)。

### □ 路由Routing 寻址

消息如何到达对方?

When there are multiple paths between source and destination, a route must be chosen.



## 六种不同的服务类型

	Service	Example
Connection-oriented	Reliable message stream	Sequence of pages
	Reliable byte stream	Remote login
Connection-less	Unreliable connection	Digitized voice
	Unreliable datagram	Electronic junk mail
	Acknowledged datagram	Registered mail
	Request-reply	Database query

- 1)向上层提供的服务可分为: 面向连接服务(C-U-R) 和 无连接服务(每条报文消息独立路由)。
- 2)可靠服务就是带确认的服务。
- 3)一个服务由一系列的服务原语primitives给出。

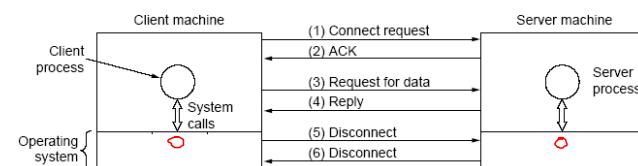


## 例子：一个面向连接服务的可能设计

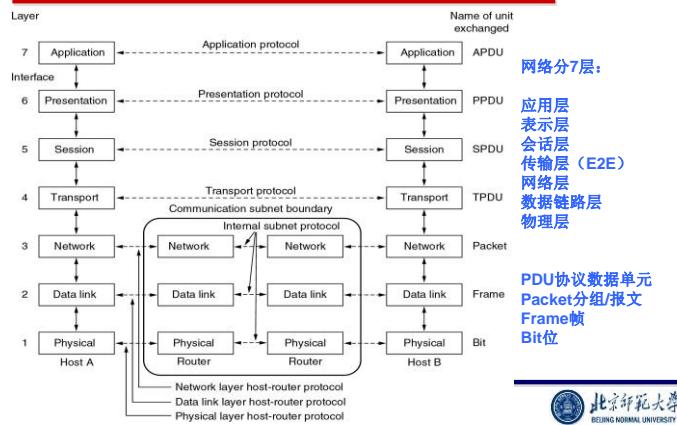
Primitive	Meaning
LISTEN	Block waiting for an incoming connection
CONNECT	Establish a connection with a waiting peer
ACCEPT	Accept an incoming connection from a peer
RECEIVE	Block waiting for an incoming message
SEND	Send a message to the peer
DISCONNECT	Terminate a connection

Server	Client
LISTEN	
CONNECT	CONNECT
RECEIVE	SEND
SEND	RECEIVE
DISCONNECT	DISCONNECT

Ex. 面向连接服务上 一个C/S交互 引发的直接下层消息交互过程



## ISO/OSI reference model (参考模型)



## OSI 物理层

物理传输介质（有线或无线）连接的两点间

如何采用某种能量形式（如：电压的高低，光的有无等）表达数据位，涉及机械（如接口等）和电气等方面的问题。简单讲就是数据位的传输问题，如何向对方表达1还是传0，一个信号也可表达若干数据位。

**Essence:** Describes the transmission of raw bits in terms of mechanical and electrical issues:

**Example:** Connect two computers by means of a wire:

- Setting -3V on the wire corresponds to a binary 1; +4V is a binary 0
- The wire is not to be longer than 15 meters
- You may change the voltage at most 20,000 times per second (**Question:** what's the transfer rate?)



## OSI 数据链路层

试图解决物理连接的两点间：差错控制和流量控制问题。  
在广播式网络中，还有MAC问题。

差错控制就是解决物理层传输位的时候可能造成的错误，方法：若干位+冗余位作为一个传输单元（帧），接收方根据收到的帧判断是否存在传输错误。若无错交给上层，否则要求对方重发或无视等等。

Bits	8	8	8	$\geq 0$	16	8
Examples:	0 1 1 1 1 1 1 0	Address	Control	Data	Checksum	0 1 1 1 1 1 1 1 0

- Add a **parity bit** to every 7 transmitted bits: 1 says there were odd number of 1's; 0 says there were an even number of 1's
- Add a **checksum** (cyclic redundancy check) that should match the bits before it



## OSI 网络层

三个问题：路由问题，拥塞控制问题 和 互联互通问题，  
就是包在通信子网中如何到达目的通信体的一些问题。

- How do we find out which computers/routers are in the network?
- How do we calculate the **best route** from A to B?
- What happens when a computer/router goes down?
- Should **multicasting/broadcasting** be supported?
- What happens if a router becomes overloaded and starts dropping packets (**congestion**)?
- Can we detect and avoid "hot spots"?



## OSI 传输层

向上层提供**端到端**的传输服务。

通常是面向连接和无连接服务都提供，具有不同的传输可靠性。

要考虑的问题主要有：E2E的传输差错控制和流量控制。

对比链路层，这里是子网传输，非物理层传输，延迟抖动等波动大是差异。

两台机器具备了E2E的消息传输能力，就可以彼此交互了（实现应用！）

- Often provides network interface through **sокеты** (UNIX, Windows)
- Allows to set up a connection to another application, and subsequently deliver data **reliably**, and **in the order** that it was sent
- Often also support for **secure connections**
- Also support for **datagrams**: unreliable message passing on a per-message basis



## OSI 会话、表示层和应用层

会话层：解决一个应用会话/通信过程如何持续的问题。

比如：大文件的断点续传，连接突然断掉又能自动重新建立。

表示层：怎么以平台无关的方式 表示要交换数据 的问题。

比如：不同计算机的字节序号问题，用email来传输二进制数据等。

应用层：contains the rest.

传统应用：Name services(如:DNS),Email(如:SMTP),Web(如:http)...  
现代：all types of middleware protocols to support distributed systems.

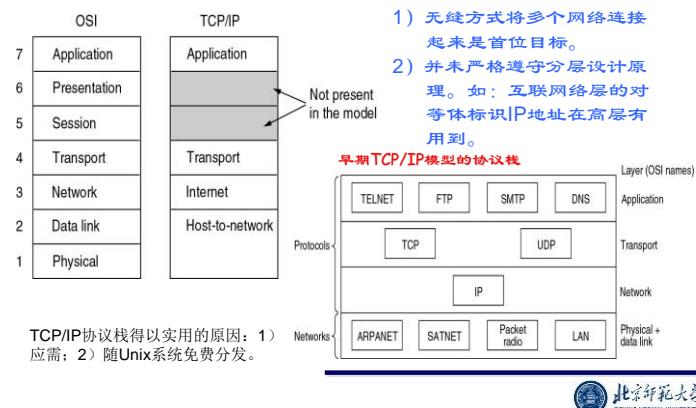
- New transfer protocols for object systems like Java (RMI), CORBA (IIOP), DCOM (proprietary)
- Special protocols to handle replication, fault tolerance, caching, data persistence, etc.

高级应用协议：

**High-level protocols**: Special application-level protocols for e-commerce, banking, EDI, etc.



## TCP/IP 模型



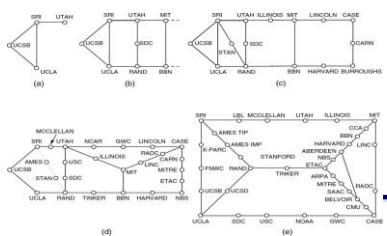
## Example Networks

- Internet\*
- Connection-Oriented Networks:  
X.25, Frame Relay, and ATM
- Ethernet\*
- Wireless LANs: 802.11\*
- 3G, 4G, RFID and Sensor networks

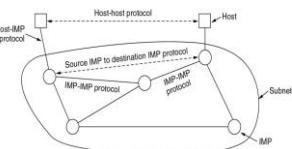
不同网络具有不同的目标、规模和技术。



## ARPANET (Internet 1)



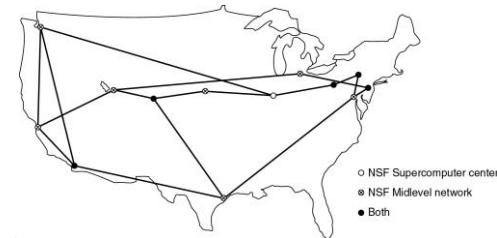
最早ARPANET设计



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



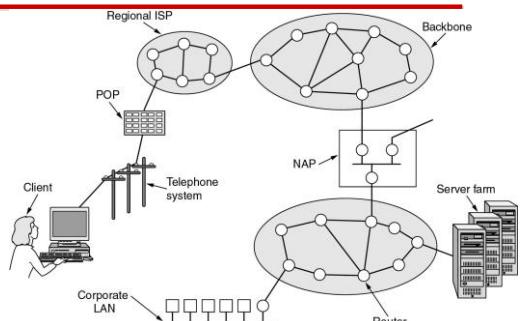
## NSFNET (Internet 2)



- The NSFNET 骨干 in 1988.  
 □ 传统应用 (1970 – 1990)  
 ■ E-mail  
 ■ News  
 ■ Remote login  
 ■ File transfer



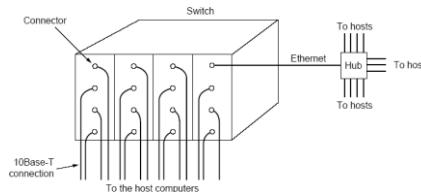
## Internet 3



ISP	Internet Service Provider
POP	Point Of Presence – interface between telephone system and ISP's network
NAP	Network Access Point – connection point to different backbones



## Ethernet



- 最常用组网方式



## 网络标准化(ITU & ISO)

- 国际电信联盟
  - ITU-T's task is to make technical recommendations about telephone, telegraph, and data communication interfaces. Such as V.24, V.90.
- 国际标准化组织
  - ANSI standards are frequently adopted by ISO as international standards.
  - IEEE standardization group→IEEE's 802 committee has standardized many kinds of LANs→802 working groups(17)
- IAB (因特网结构委员会)
  - IRTF (Internet Research Task Force )
  - IETF (Internet Engineering Task Force)
  - Steering Committee
  - Work Groups
  - Proposed Standard (RFC, Request for Comments) → Draft Standard → Standard

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



## Summary

- 计算机网络可分为LANs, MANs, WANs和internet等。每种网络都有其特点、技术、速度及适宜场景等。
- 大多数网络支持协议分层设计, k-1层向k层提供服务并对上层屏蔽细节。
- 服务分为面向连接和无连接服务两种。
- 虚拟对等通信通过加“头”实现。
- ISO/OSI是理论设计模型, 而事实上的标准是TCP/IP。
- 周知的网络有: Internet, ATM, Ethernet, and the IEEE 802.11 无线LAN (wifi)
- 主要的标准化组织: ITU-T, ISO, IETF, IEEE



## 名人名言

### □ Leonard Kleinrock(伦纳德·克兰罗克)

- 创建Internet第1个节点
- 创造的分组交换原理成为因特网的支撑技术
- .....

### □ 对进入网络领域的学生的忠告

- “因特网以及与它相关的东西是一个巨大的战场, 充满了令人惊奇的挑战, 为众多创新提供了广阔空间。  
**不要受今天技术的束缚, 开动大脑, 想象能够做些什么, 并去实现它。**”

