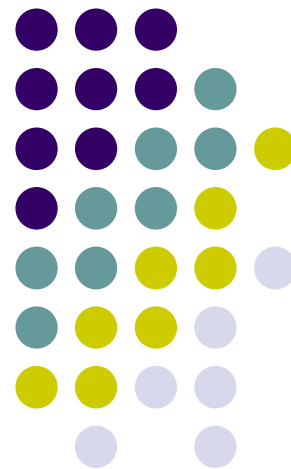


网络编程技术

课程背景与互联网的经验

清华大学网研院

张千里(zhang@cernet.edu.cn)





课程背景（一）

- 先修课程：《计算机网络》
- 主讲教师：张千里(zhang@cernet.edu.cn)
- 主要参考书
 - W.Richard Stevens: 《UNIX网络编程》第一卷, UNIX Network Programming: Networking APIs: Sockets and XTI; Volume 1
- 其他参考书
 - W.Richard Stevens: 《UNIX环境高级编程》, Advanced Programming in the UNIX® Environment, APUE
 - W.Richard Stevens: 《TCP/IP详解》第一卷, TCP/IP Illustrated, Vol. 1: The Protocols



课程背景（二）

- 课程目的

- 巩固已有知识
 - **TCP/IP**协议
 - **C**语言
 - **UNIX/LINUX**
- 面向实际应用
 - 设计方法
 - 实现细节

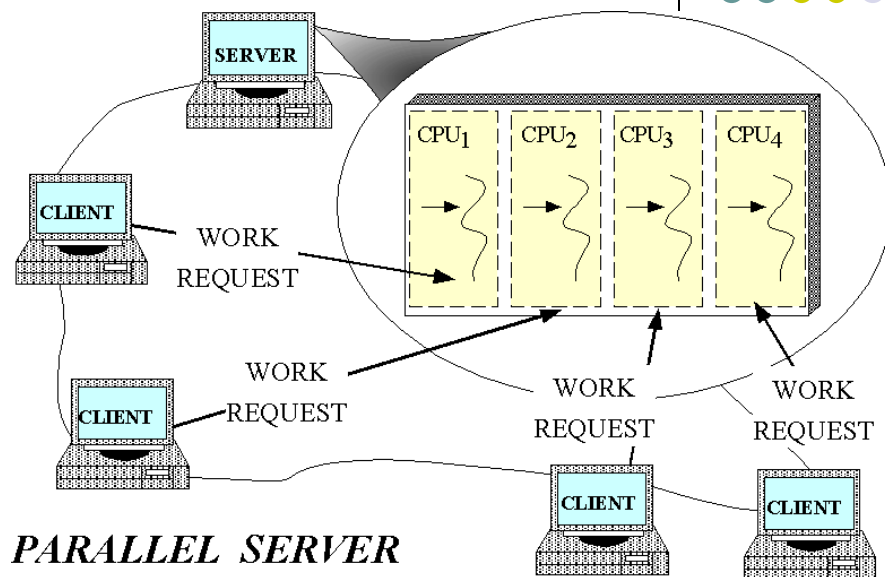
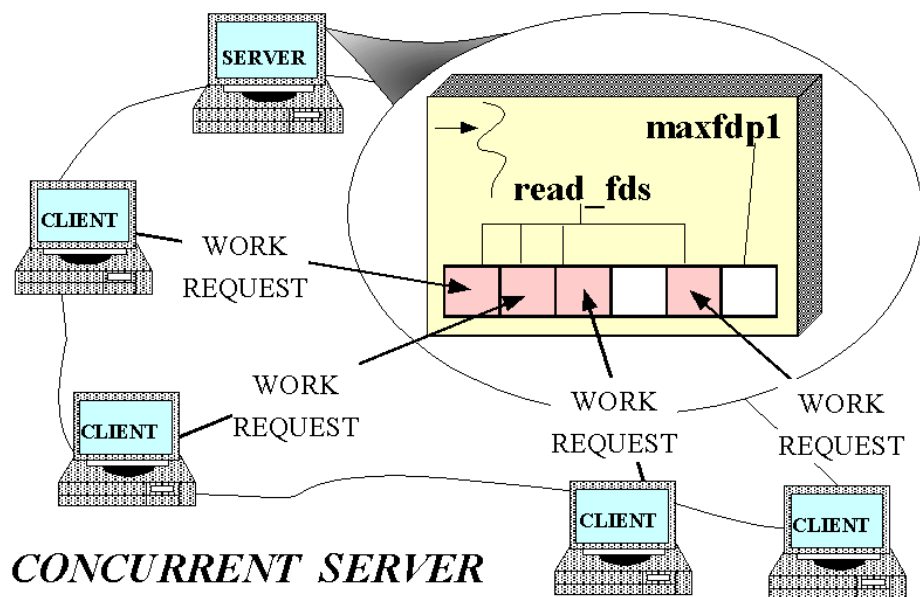
- 课程内容

- 熟悉兼容**IPv4**、**IPv6**的网络程序开发
- **UDP**编程
- 高吞吐**TCP**程序开发
- 常用套接字选项
- 安全编程

课程背景（三）

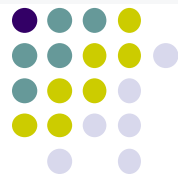
网络编程的特殊性

- 设计：综合考虑软件、硬件、网络的发展情况，需要协议设计、模块设计等
- 实现：多种模式的选择，分布式通信与调度相关问题的引入



困难

- 性能评估：吞吐、响应时间、易用性
- 安全风险：远程访问下的安全风险

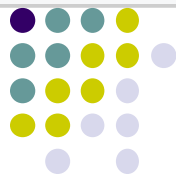


有两种搜索引擎设计方案，A的设计访问速度更快（小于10毫秒），B的算法复杂导致访问速度较慢（100~200毫秒）；但是B搜索的结果比A准确10%，你认为哪种设计更好？

A

B

提交



举例一：TCP/IP协议的实现细节
在套接字程序中，连续两次写数据，那么这些数据会：

- ☐ **A 每调用一次写就写一次**
- ☐ **B 合并起来写一次**
- ☐ **C 以上情况均有可能**

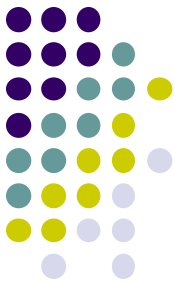
提交

课程背景（四）

作业和考核



- 考试
 - 最后一节课随堂考试（6月12日）（50%）
- 作业
 - 不超过三次作业（40%）
 - 作业提交方式和答疑
 - 网络学堂
 - 电子邮件: zhang@cernet.edu.cn
- 平时成绩
 - 10%



一、 选择题(每题 2.5 分)

1、为了解决在不同体系结构的主机之间进行数据传递可能会造成歧义的问题，

以下_____函数常常用来进行字节序转换。

- A、htons B、inet_addr
C、gethostbyname D、gethostbyaddr

2、将套接字和某个地址绑定可用_____函数。

- A、listen B、bind 函数 C、accept D、connect

3、为了让套接字的读操作建立一个超时，可以使用_____选项。

- A、IP_RCVTIMEO B、TCP_RCVTIMEO
C、SO_RCVTIMEO D、UDP_RCVTIMEO

4、在_____服务器设计模式中，每个客户都由一个预先建立的进程处理。

- A、thread B、select C、顺序 D、prefork

作业一：UDP编程

作业题目： 作业一：UDP编程

作业说明： 设计并实现一个UDP客户端/服务器，客户端向服务器登记自己发送数据包的IP地址和端口号，同时可以向服务器查询其他用户的IP地址和端口号。要求协议设计和实现可靠、一致。

要求提交说明文档，说明所设计的协议，以及处理方式；要求提交客户端、服务器的源代码；要求用C/C++实现。

课程背景（五）

UNP代码的使用



- **tar xzf unp.tar.gz**(文件名可能会有所不同)
- 进入**unpv13e**目录
- **./configure; cd lib; make**
- 如果没有错误，进入所需要研究的目录，如**tcpcliserv**，执行**make**
- 可以根据自己的需要修改代码，并修改**Makefile**，以进行测试

互联网的经验（一）

发展过程



Brief Internet Timeline

1969: First exchange of data between remote computers. On October 29, 1969, a connection was established between UCLA and the Stanford Research Institute (SRI).

1972: Public demonstration of ARPANET. This was the first time the public was exposed to the promise of packet networks.

1974: Publication of the first paper describing the TCP/IP protocols.⁴ These are the foundational protocols of today's Internet.

1982: DNS deployed, replacing the centralized distribution of a file that listed the IP address of every named host.

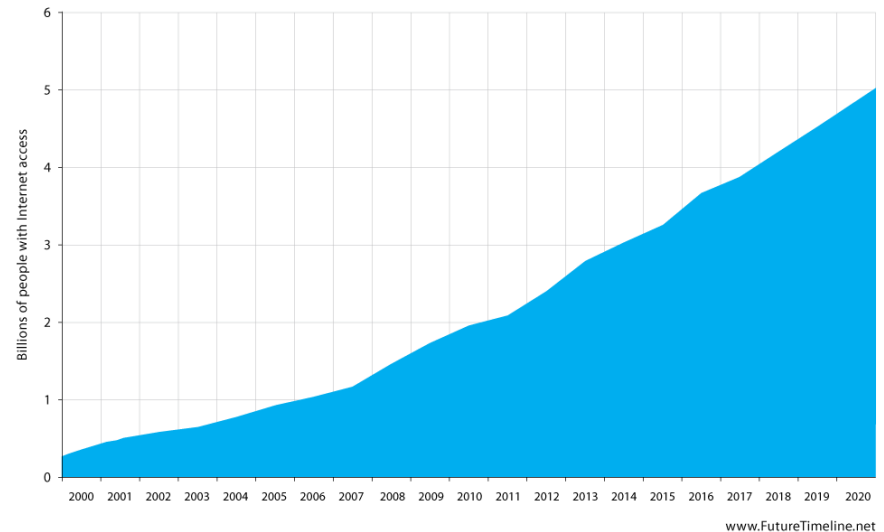
1983: ARPANET transitions to TCP/IP. On a global "flag-day" (January 1, 1983), all ARPANET systems finished converting to a four-layer architecture, which remains in use today.

1985: Spanning Tree Protocol (STP) invented, allowing Ethernets to safely interconnect by eliminating network loops.

1989: BGP design published. BGP is the interdomain routing protocol that today interconnects the Internet's many ASes.

1990s: The Internet becomes available to the public. The foundations of the Web were released in 1993, Yahoo was founded in 1994, and Akamai and Google were founded in 1998.

来自于: Extracting the Essential Simplicity of the Internet, James Mccauley , Scott Shenker , George Varghese, Communications of the ACM, January 2023





Robert Taylor

- 1965-1969 “阿帕” 信息处理技术处处长
- 1970-1977 施乐帕洛阿托研究中心（**PARC**）计算机科学实验室创始人及助理主管
- 1977-1983 施乐**PARC** 计算机科学实验室负责人
- 1983—1996 **DEC**系统研究中心创始人兼负责人



ARPAnet 之父——Lawrence Roberts



- **Roberts** 在MIT取得博士学位后到林肯实验室工作，在1967年**Larry Roberts** 29岁时被指定作为**ARPAnet**领导和网络体系总设计师，提出“分时共享计算机的合作网络”计划。
- 在**Len Kleinrock**排队理论的基础上, **Roberts** 提议**ARPAnet**采用分组交换网
 - 通过实验确定分组结构
 - 通过实验确定计算机接口
- 到1973年他离开**ARPAnet**，仅用2600万美元发展到23个节点。 **Roberts**认为**ARPAnet**项目是政府经费支持的，因此他没有申请任何专利。



互联网的经验（二）

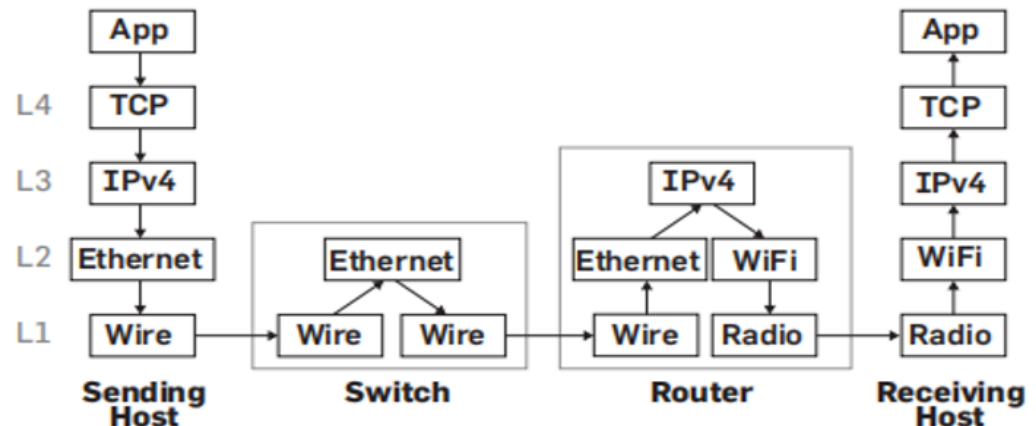
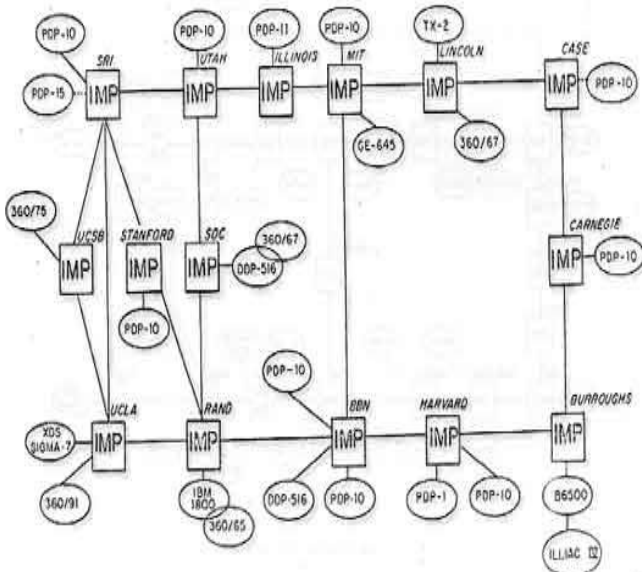
设计互联网



- Service Model
- Architecture

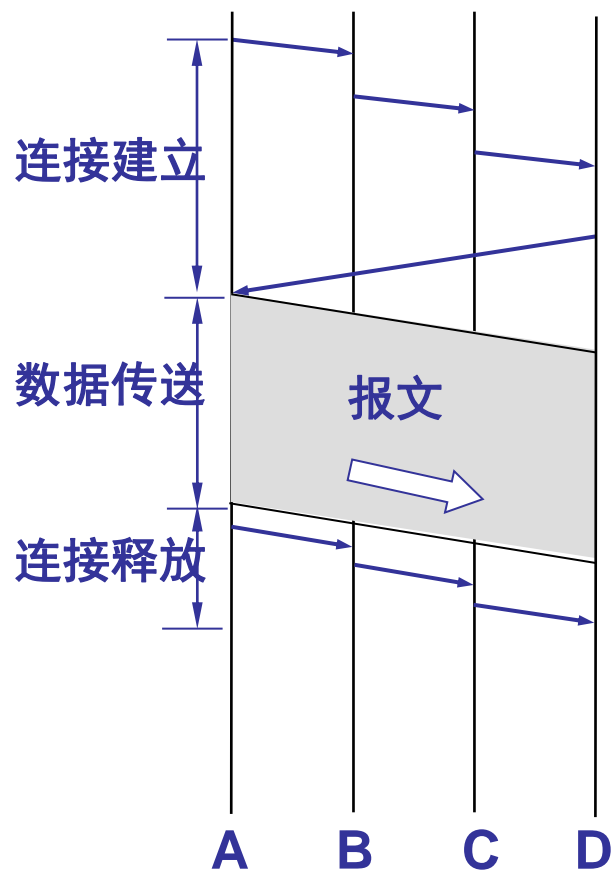
- Mechanisms

- Routing
- Reliable delivery
- Name resolution

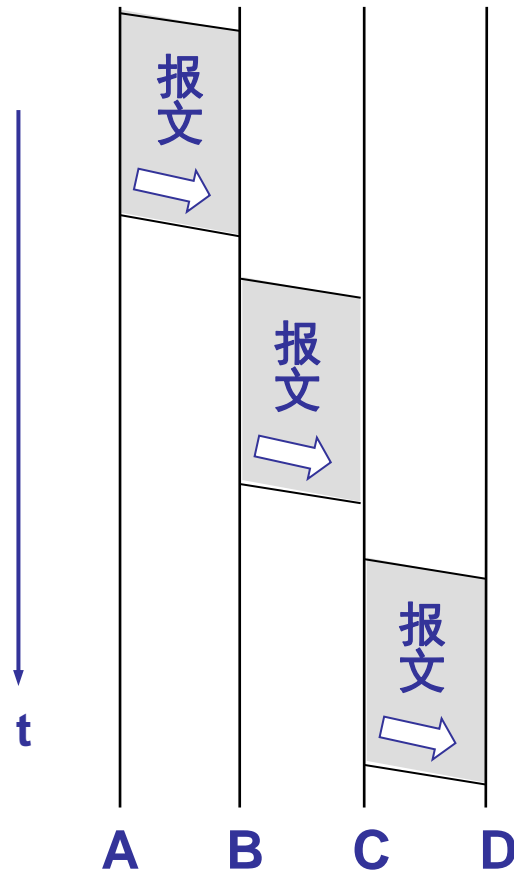


Service Model

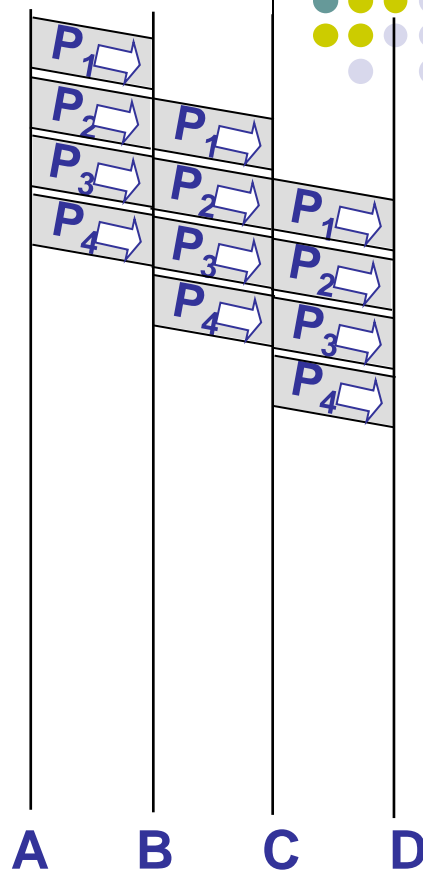
电路交换



报文交换

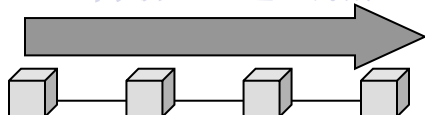


分组交换

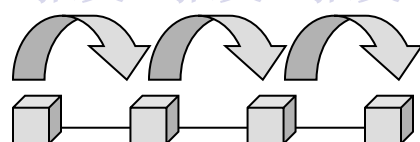


数据传送
的特点

比特流直达终点

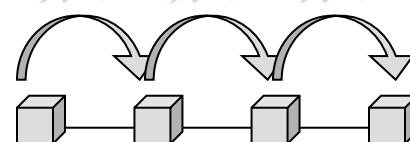


报文 报文 报文



存储
转发 存储
转发

分组 分组 分组



存储
转发 存储
转发

Leonard Kleinrock



- 1961年：美国麻省理工学院的伦纳德.克兰罗克(**Leonard Kleinrock**)博士发表了分组交换技术的论文，该技术后来成了互联网的标准通信方式。

"Information Flow in Large Communication Nets", (7月)

- 第一篇有关包交换(**PS**)的论文。





思考：为什么分组交换更有效率？

- 建设成本
 - 分布式的设计理念
- 终端特点
 - 较高的终端计算能力
- 发展趋势
 - 计算能力的快速发展



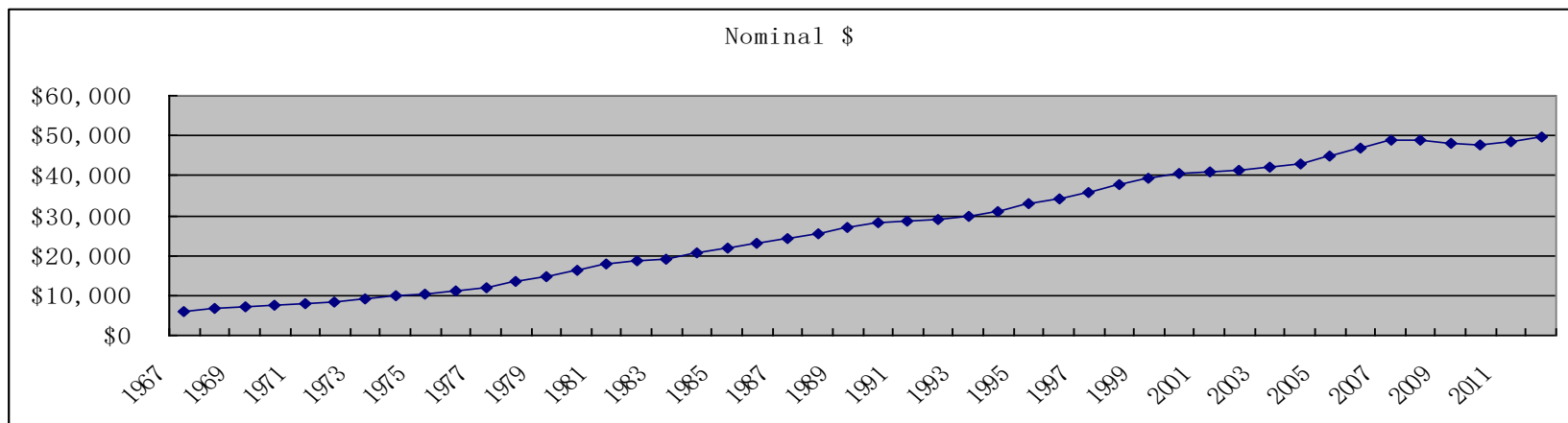
计算机发展历史

- **1941年**夏天诞生的阿塔纳索夫-贝瑞计算机是世界上第一部电子计算机
- **1958年9月12日**在后来英特尔的创始人罗伯特·诺伊斯的领导下，发明了集成电路。不久又推出了微处理器。
- 到了**1960年代**，晶体管计算机将其取而代之。晶体管体积更小，速度更快，价格更加低廉，性能更加可靠，这使得它们可以被商品化生产。**1964年到1972年**的计算机一般被称为第三代计算机。大量使用集成电路，典型的机型是**IBM360**系列。
- **1972年4月1日**，**INTEL**推出**8008**微处理器。
- **1977年5月****Apple II**型计算机发布。
- **1979年6月1日****INTEL**，发布了8位的**8088**微处理器。



计算机价格

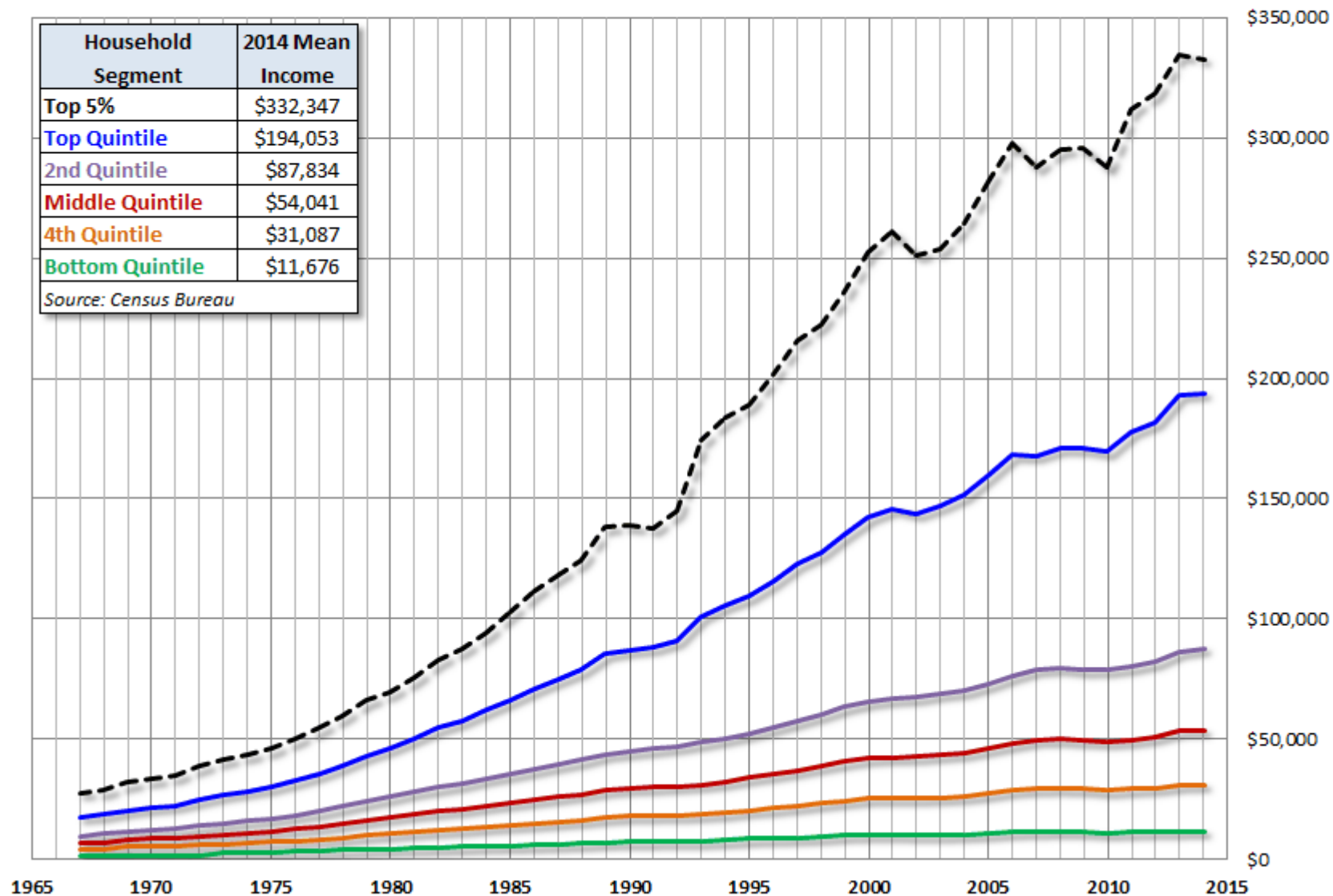
- 1951年, UNIVAC I, 1M (1905, 1000)
- 1960年, PDP-1, 120,000 (100000, 4096)
- 1965年, PDP-8, 18500 (0.33M, 4096)
- 1977年, Apple II, 1288 (1M, 4K)
- 1981年, IBM PC, 1565 (4.77M, 16K)



Source: Census Bureau
Data from 1967-2014

Mean (Average) Household Income By Quintile and Top 5 Percent

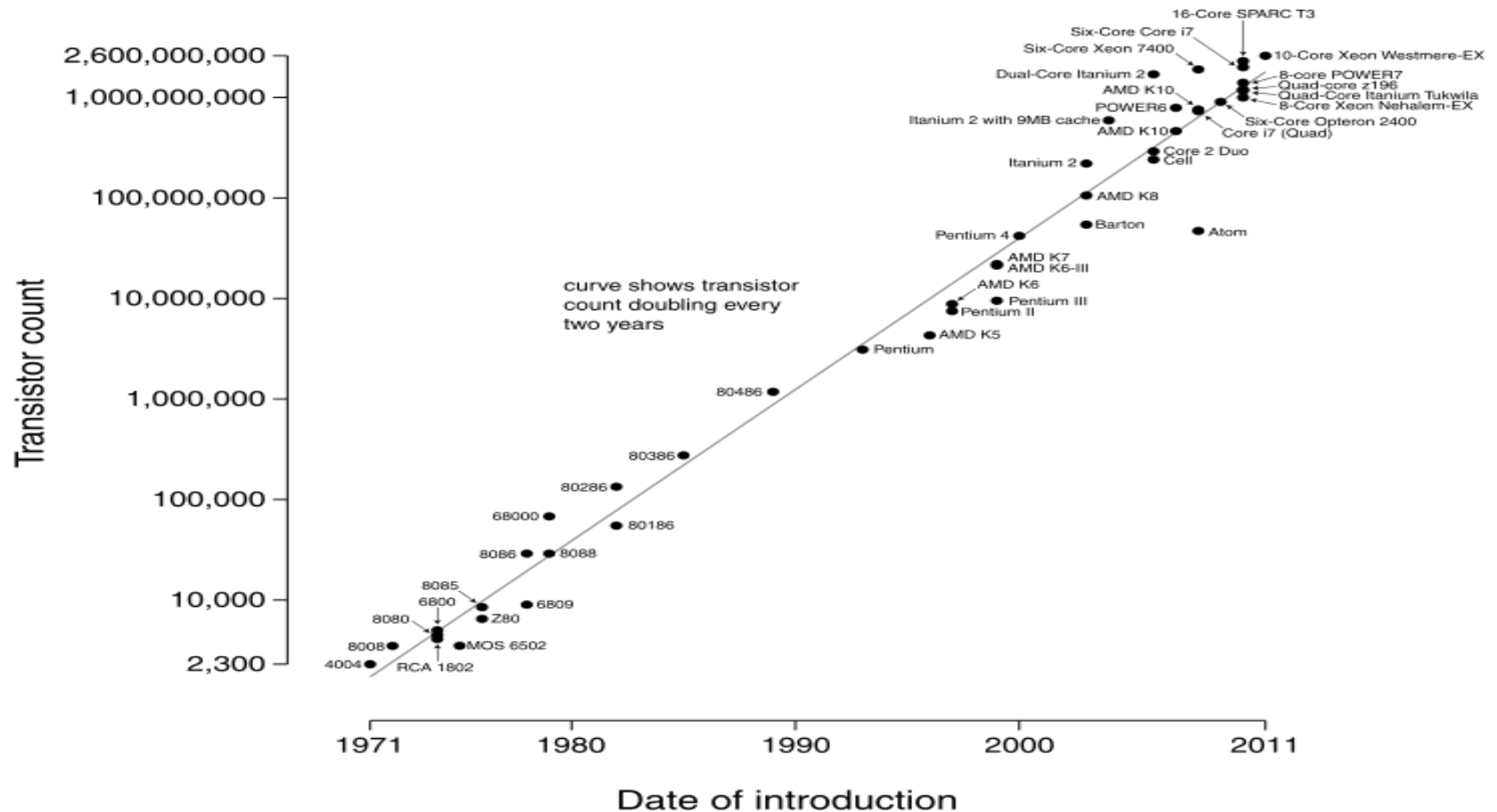
dshort.com



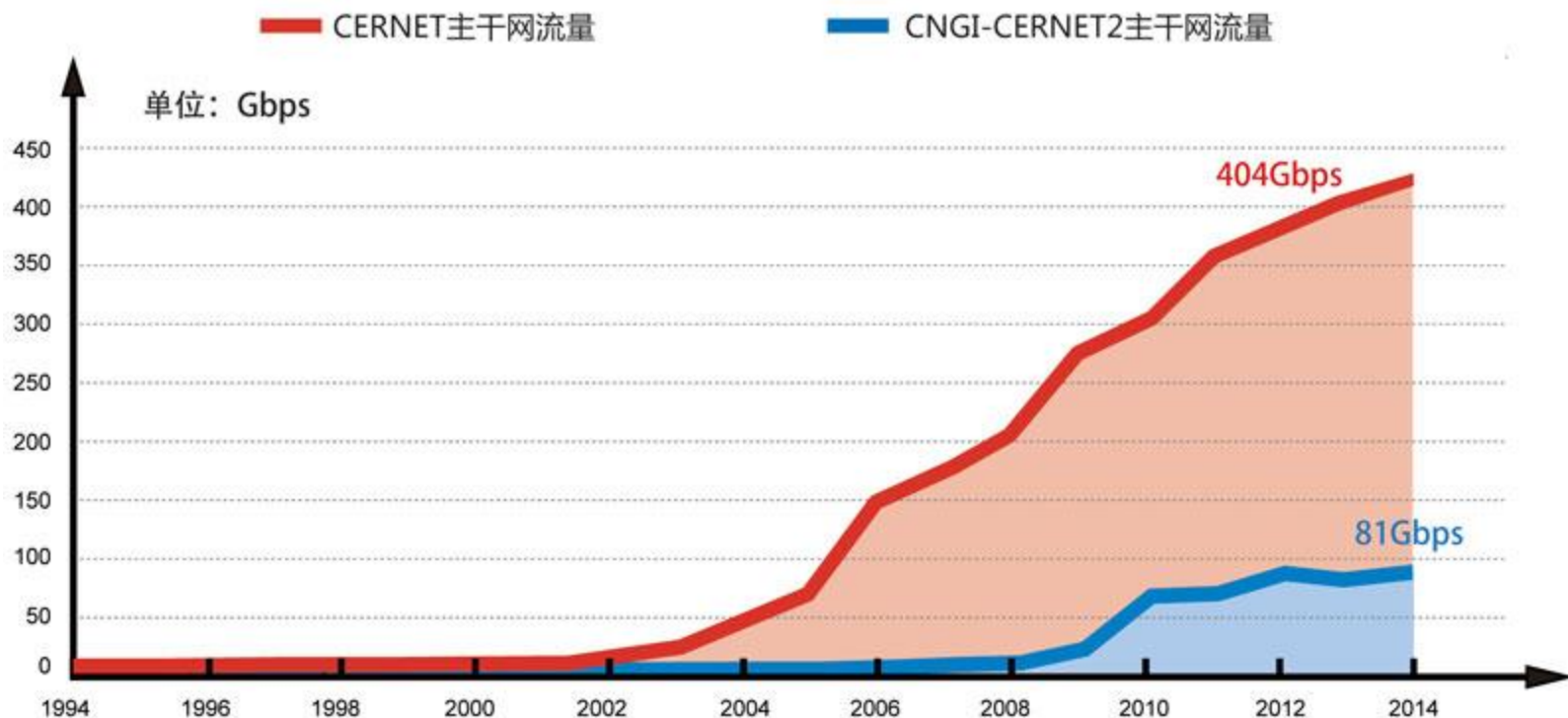
摩尔定律：当价格不变时，集成电路上可容纳的元器件的数目，约每隔**18-24**个月便会增加一倍，性能也将提升一倍。



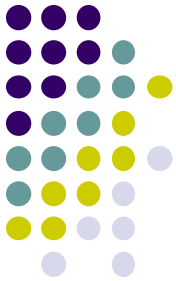
Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law



吉尔德定律：主干网的带宽每6个月增长一倍（大约每年翻番，从64k到400G）



Architecture



Protocol Family Encapsulations

WildPackets

Layer 7 Application

Provides standard services to applications and end-user interfaces.

Layer 6 Presentation

Performs data format conversion. Provides compression, encoding, and encryption of data.

Layer 5 Session

Establishes sessions between services. Synchronizes and performs translations for naming services.

Layer 4 Transport

Manages connections and provides reliable packet delivery. Operates in units of messages.

Layer 3 Network

Addresses and routes datagrams. Performs fragmentation and reassembly (IP). Operates in units of packets.

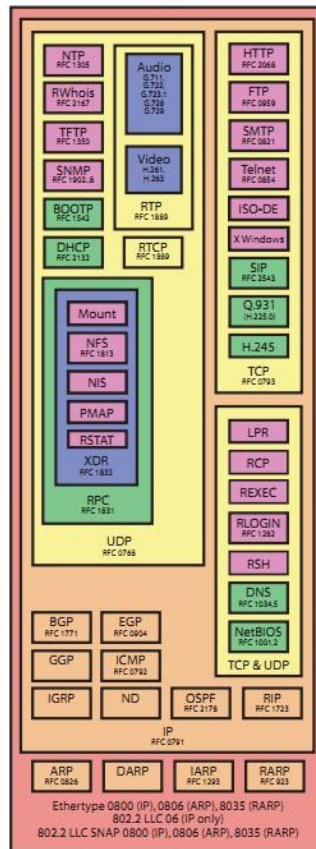
Layer 2 Logical Link

Provides hardware addressing and error detection/correction. Operates in units of frames.

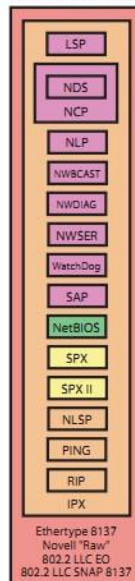
Layer 1 Physical

Defines connection, electrical, and wiring specifications. Operates in units of bits.

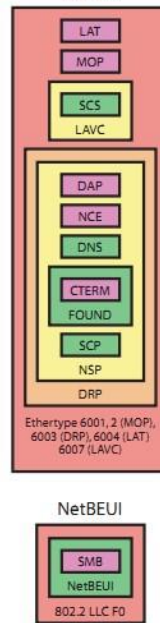
TCP/IP



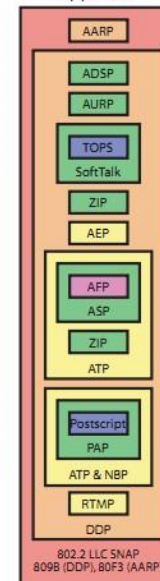
Novell Network



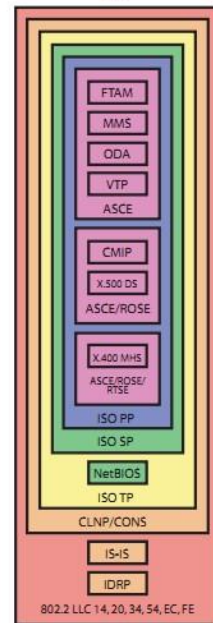
DECnet



AppleTalk

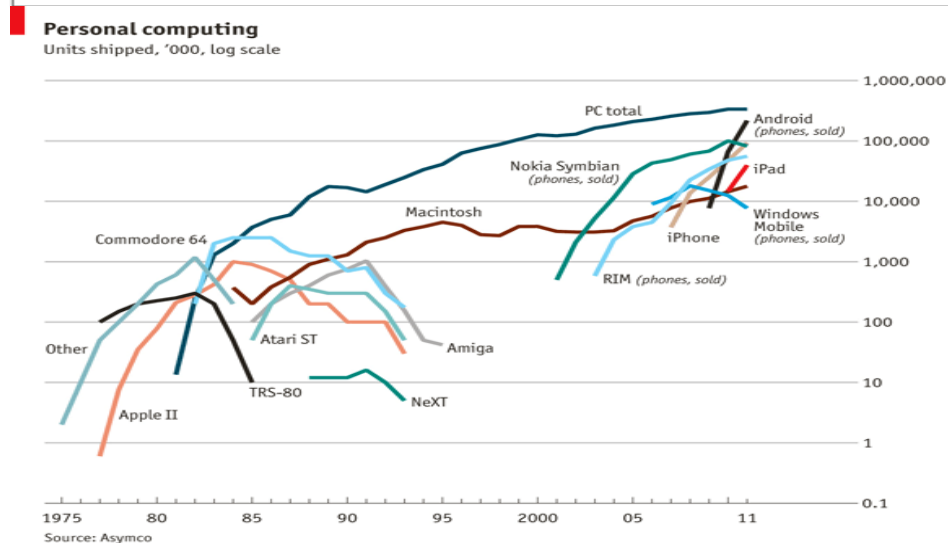
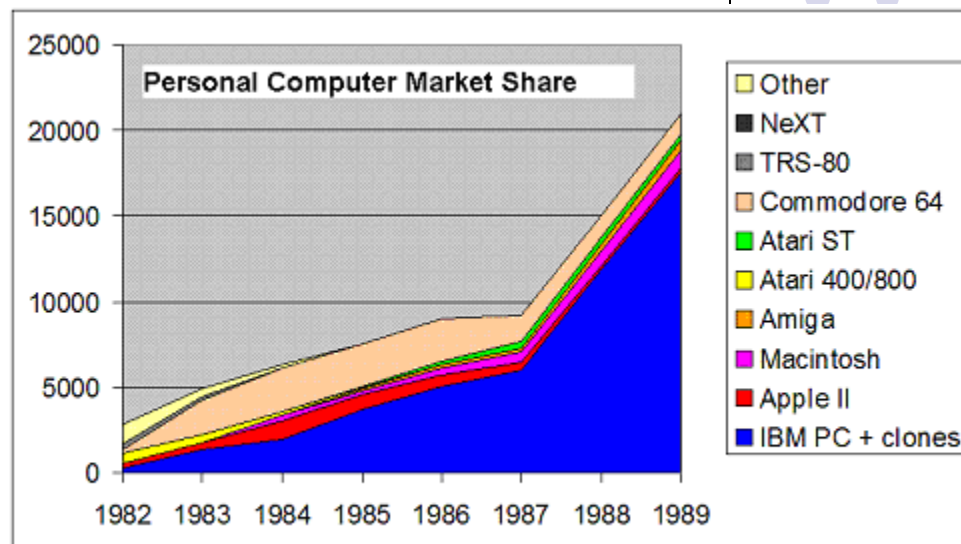


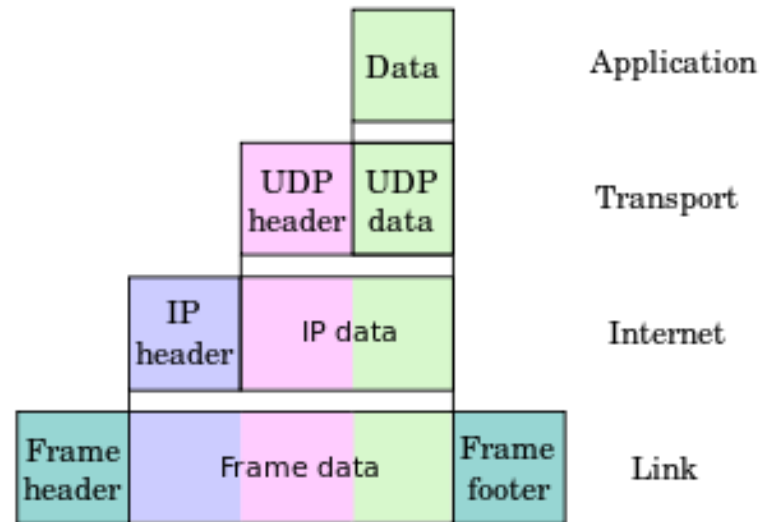
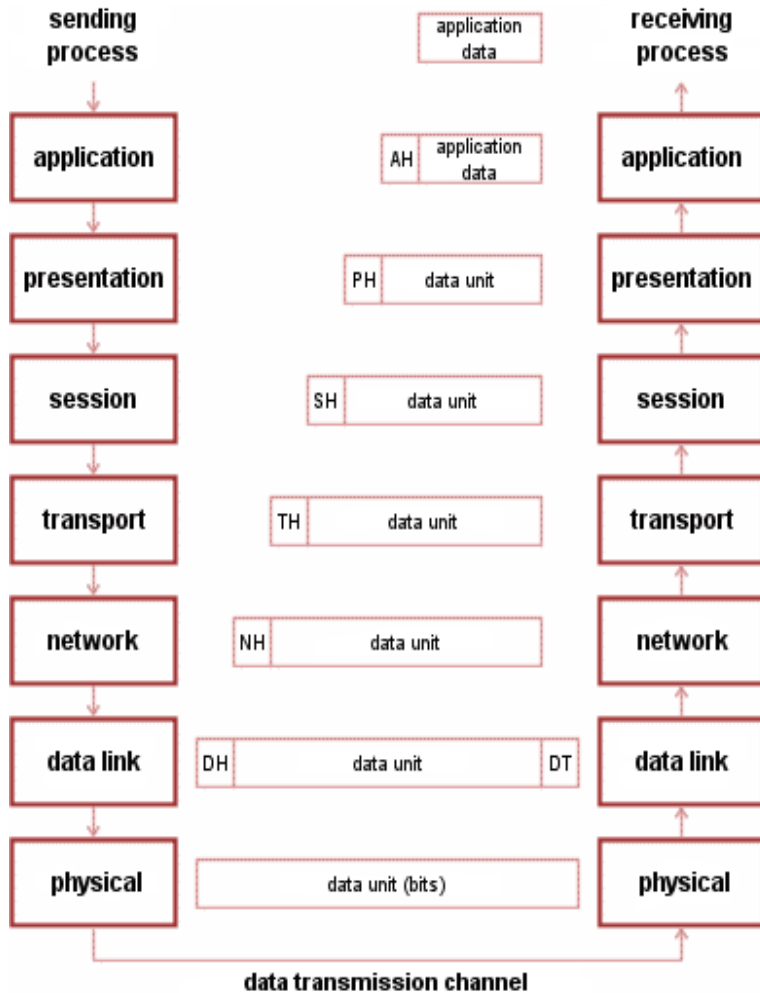
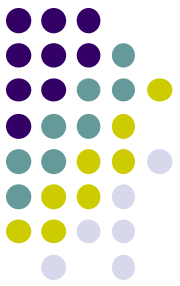
ISO



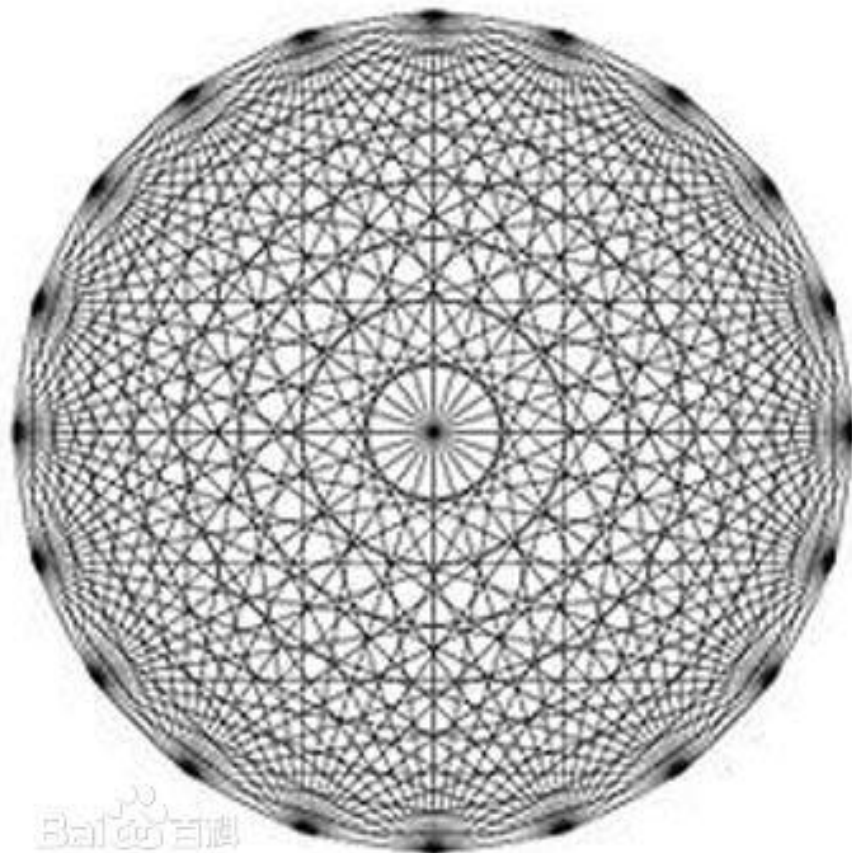
多样的接入终端

- 自由竞争的市场，没有出现占绝对优势的垄断厂商
- 快速变革的市场，从DEC在PDP、VAX系列，到Novell、到苹果、到IBM的x86系列，硬件市场变革迅速

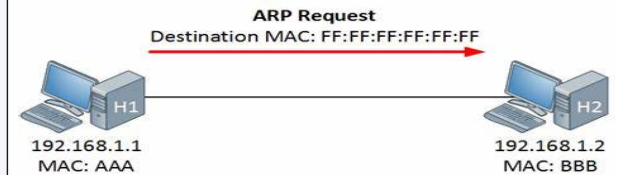
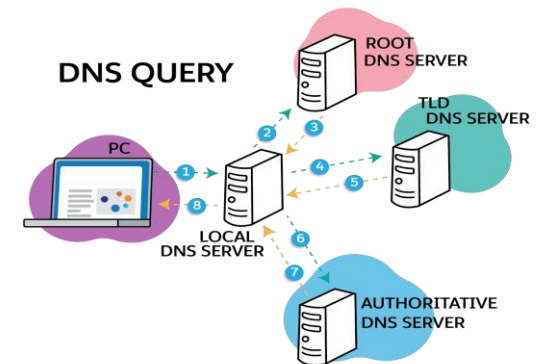
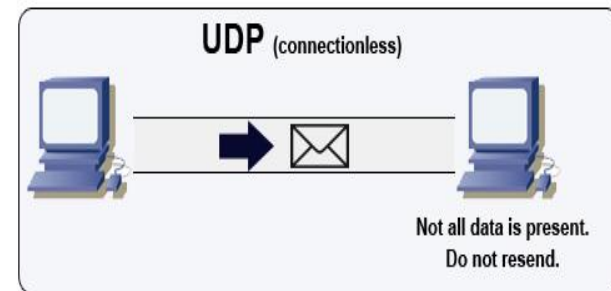
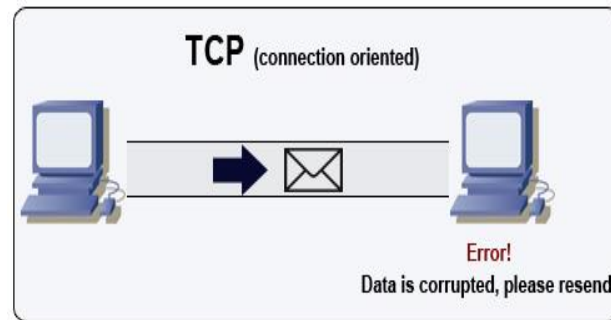
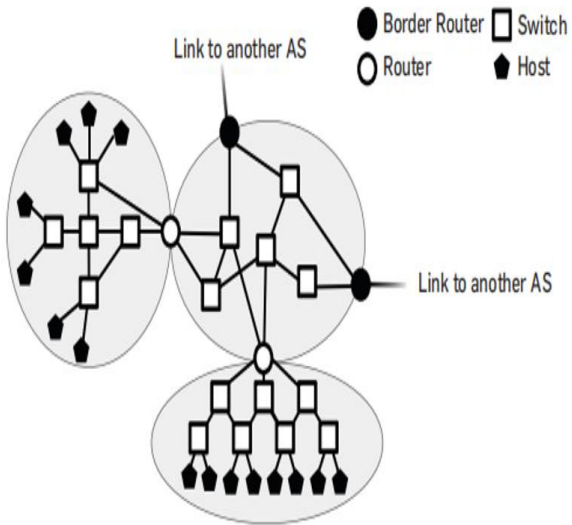




梅特卡夫定律：网络价值与节点数的平方成正比



Mechanisms



互联网的经验（三）

理念的成功



- Modesty
 - 面向主要问题
 - 保持可扩展性
- Modularity
 - 面向多样的实际环境
 - 尽可能的简单清晰
- Assuming failure is the normal case
- Rough consensus and running code



Q&A