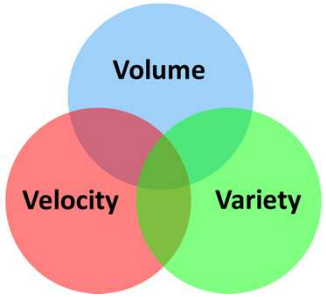
大数据系统与大规模数据分析

大数据的背景与趋势



陈世敏

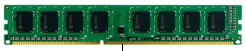
中科院计算所
计算机体系结构
国家重点实验室

Outline

- 计算机硬件的发展
- 数据管理系统的发展
- 大数据的挑战
- 大数据管理系统

80年代的计算机系统

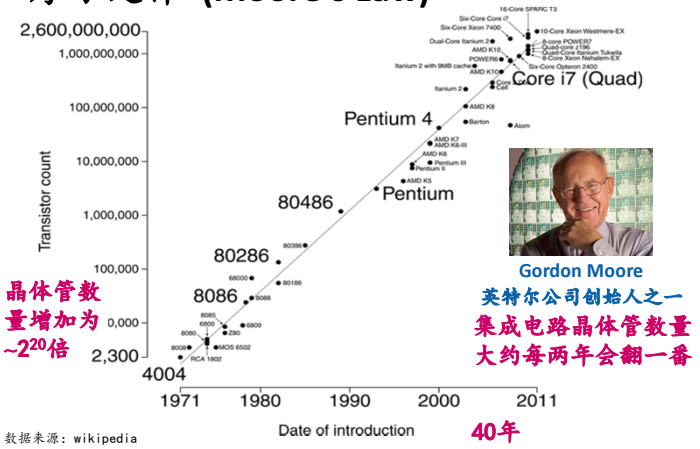
CPU 处理器



DRAM 主存

HDD （Hard Disk Drive）
硬盘

摩尔定律 (Moore's Law)



晶体管数量增加为 ~2^{20}倍

Gordon Moore
英特尔公司创始人之一
集成电路晶体管数量大约每两年会翻一番

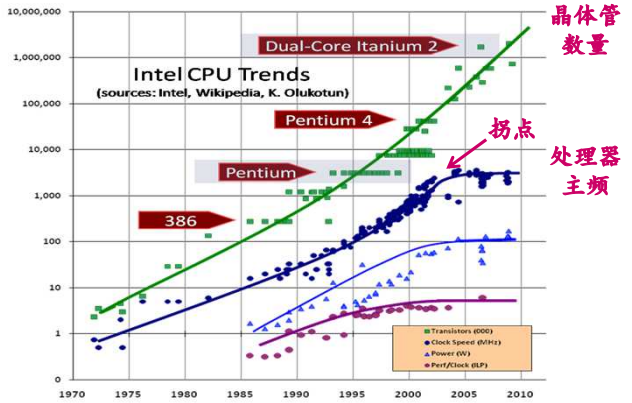
数据来源：wikipedia

40年

CPU体系结构的发展(2004年前)

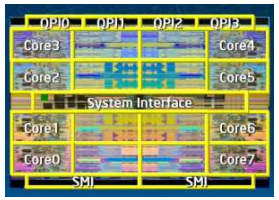
- 提高串行程序效率
  - 提高主频
  - 流水线（Pipeline）
  - 超标量（Super-Scalar）
  - 乱序执行（Out-of-order Execution）
  - 向量指令（SIMD/Vector Instructions）
  - 多级高速缓存（Multi-level Cache）

主频增加这一趋势于2004-2005年间结束



单核单线➔多核多线➔众核

- 功耗、散热等限制处理器主频的进一步增加
- 业界不得不转向使用多核
  - 从主频增加➔核的增加
  - 双核、4核、6核、8核…、22核(Intel Broadwell)
- 研究片上网络、高速缓存等

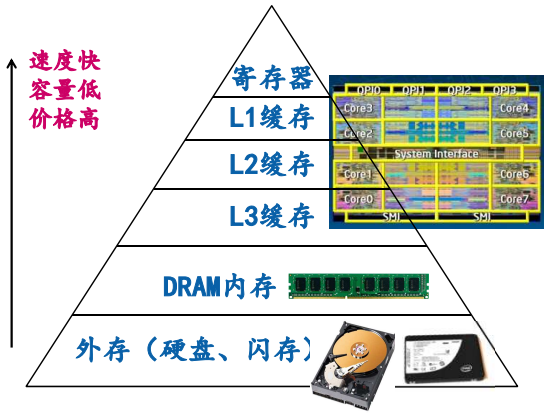


Nehalem EX

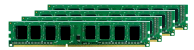
多种类型的处理器

- GPU
  - 大量的并行单元
    - Nvdia Tesla P100有3584个并行计算单元
  - 从专用到通用：OpenGL, CUDA, OpenCL
  - 图形卡（Dedicated Graphics Card）
    - 插在外部总线(例如PCIe)上
    - 有独立的显卡内存
  - 集成在处理器芯片中（Integrated Graphics）
    - 使用部分主存
    - 例如：Intel HD graphics, AMD APU
- Xeon Phi
- ARM
- Dark Sillicon(暗硅)➔ 应用加速器

存储层次结构

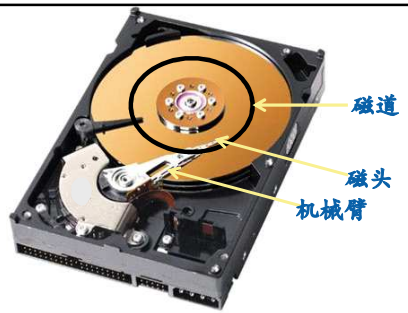


内存



- 容量➔符合摩尔定律，指数级增加
- 带宽:有一定的办法增加
- 访问速度: 比指令执行慢100倍
  - 访存墙问题

硬盘访问

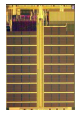


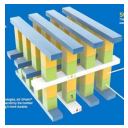
- 硬盘容量:
  呈指数级增长
- 硬盘的性能
  - 访问速度：受限于机械臂的移动，盘片的转速
    - 大约每次访问需要10ms
  - 带宽：受限于盘片的转速
    - 传输速度大约为100MB/s
  - 顺序访问比随机访问好很多

闪存(Flash)与固态硬盘(SSD: Solid State Drive)

- 闪存
  - 发明于1980年，与DRAM技术有一定的相似性
  - 最早用于取代ROM作BIOS存储
  - 后来用于数字电子设备：相机、手机、mp3、U盘、microSD卡等，大量生产，价格降低
- 固态硬盘
  - 2009年开始出现以闪存为存储介质的固态硬盘
  - 优点：没有机械装置，随机读性能比硬盘高100倍，顺序读或顺序写性能好于硬盘
  - 缺点：随机写性能差，重写次数有限制(例如，5000次)，超过即报废

新型的非易失存储技术





- 集成电路特征尺寸已经接近极限
  - 当前的特征尺寸是14纳米
  - DRAM每个比特依靠存储电荷来区别0/1
  - 特征尺寸变小➔存储电荷数变少➔稳定性变差
- 业界在研发新型的存储技术来替代DRAM
  - Phase Change Memory，STT-RAM，Memristor
  - 3D-XPoint
- 目标是完美存储技术
  - 特征尺寸可以进一步减小
  - 与DRAM的读写速度相似，支持的读写次数相似
  - 非易失：不需要定时刷新，节能，可靠
- 对计算机系统的各方面都会产生深远的影响

体系结构和硬件技术的巨大发展

计算机系统的发展

苹果2型电脑

80286 PC

小结

- 计算机硬件的发展
- 数据管理系统的发展
- 大数据的挑战
- 大数据管理系统

关系型数据库

- E.F. Codd于1970年提出了数据管理的关系模型，并因此于1981年获得图灵奖

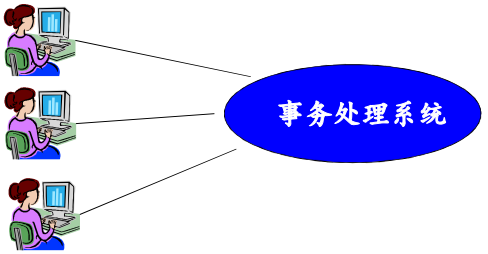
- Jim Gray参与了第一个关系型数据库原型系统（System R）的实现，并由于对数据库和事务处理的多项贡献获得了1998年的图灵奖

- Michael Stonebraker主持了另一个早期关系型数据库原型系统（Ingress）的实现，并实现了一系列的系统（Postgres, C-Store, H-Store, 等），2015年获得图灵奖

ORACLE Microsoft SQL Server IBM DB2

- 三大数据库产品Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2的最初实现都是在1970末到1980年代

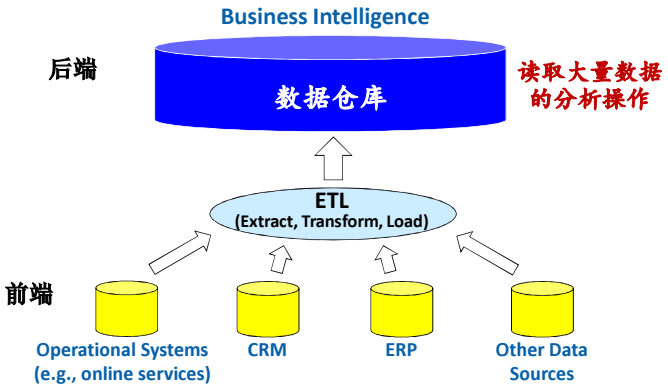
事务处理 (Transaction Processing)



- 早期的数据库系统主要针对事务处理应用
- 典型例子：银行业务，订票，购物等
- 大量并发用户，少量随机读写操作

数据仓库 (Data Warehouse)

1990年代出现



多种发展

2000年代出现

- 数据流处理
- 地理信息系统
- 多媒体数据库
- 用于Web的后端
- 。。。。。。

2010年代？

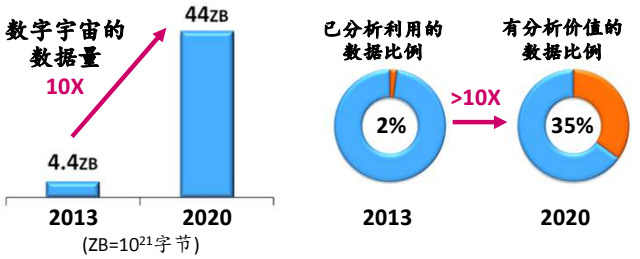
大数据

Outline

- 计算机硬件的发展
- 数据管理系统的发展
- 大数据的挑战
- 大数据管理系统

大数据分析的重要性

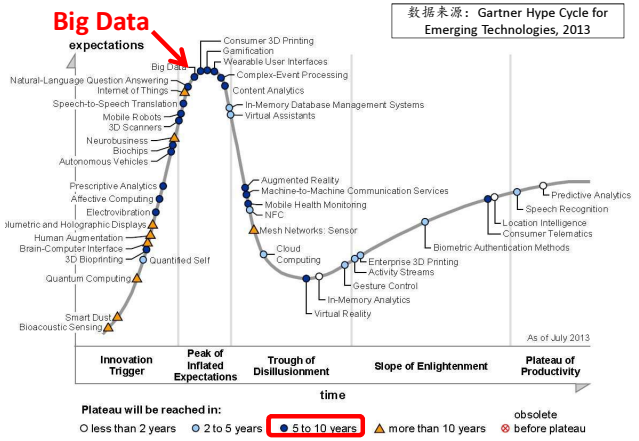
数据来源：EMC Digital Universe with Research & Analysis by IDC, 2014



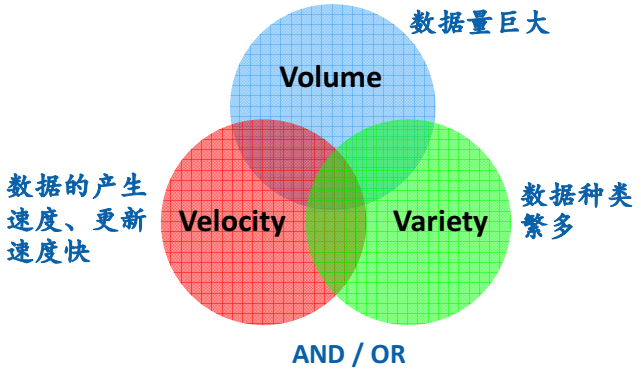
☞大数据分析将有超过100倍的巨大增长空间

大数据分析的重要性

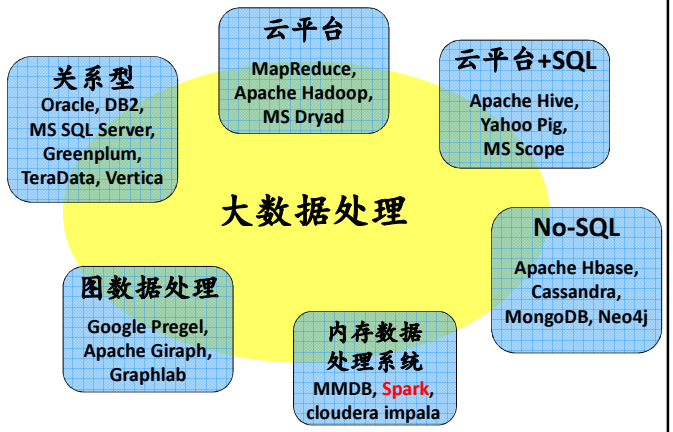
数据来源：Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2013



大数据的概念（Big Data）也是三个重要挑战



大数据管理系统



小结

- 计算机体系结构和硬件技术的巨大发展
  - 摩尔定律、存储系统的发展
  - 新的计算设备、云计算的出现
- 数据管理系统的发展
  - 1970-1980：关系型系统出现，事务处理
  - 1990：数据仓库开始流行
  - 2000：数据流等多种发展
  - 2010：大数据
- 大数据的挑战
  - Volume, Velocity, Variety
  - 一个方面超出了传统处理能力就是大数据