雲端運算關鍵技術
Hadoop 與 Mapreduce 簡介

The core technology of Cloud Comuting : Hadoop and MapReduce

Jazz Wang
Yao-Tsung Wang
jazz@nchc.org.tw

Powered by DRBL

Course Information 課程資訊

- 講師介紹：
  - 國網中心　王耀聰　副研究員 / 交大電控碩士
  - jazz@nchc.org.tw
- 所有投影片、參考資料與操作步驟均在網路上
  - 由於雲端資訊變動太快，愛護地球，請減少不必要之講義列印。
- 礙於缺乏實機操作環境，故以影片展示與單機操作爲主
  - 若有興趣實機操作，請參考國網中心雲端運算課程錄影
  - http://trac.nchc.org.tw/cloud
  - http://www.classcloud.org/media
  - http://www.screentoaster.com/user?username=jazzwang
- 若需要實驗環境，可至國網中心雲端運算實驗叢集申請帳號
  - http://hadoop.nchc.org.tw
- Hadoop 相關問題討論：
  - http://forum.hadoop.tw

National Definition of Cloud Computing
美國國家標準局 NIST 給雲端運算所下的定義

5 Characteristics 五大基礎特徵

4 Deployment Models 四個佈署模型

3 Service Models 三個服務模式

1. On-demand self-service.
隨需自助服務

2. Broad network access
隨時隨地用任何網路裝置存取

3. Resource pooling
多人共享資源池

4. Rapid elasticity
快速重新佈署靈活度

5. Measured Service
可被監控與量測的服務

4 Deployment Models of Cloud Computing
雲端運算的四種佈署模型

Public Cloud
公用雲端

amazon web services™
Microsoft
Google

Target Market
is **S.M.B.**
主要客户爲
中小企業

Dynamic Resource Provisioning between public and private cloud
私有雲端動態根據計算需求
調用公用雲端的資源

Hybrid
Cloud

以大型企業
爲主要客户
Enterprise is
key market

IBM

私有雲端
Private Cloud

Community Cloud
社群雲端

Academia 學術爲主

3 Service Models of Cloud Computing
雲端運算的三種服務模式（市場區隔）

IaaS
Infrastructure as a Service
架構即服務

PaaS
Platform as a Service
平台即服務

SaaS
Software as a Service
軟體即服務

2 perspectives : Services vs Technologies
您想聽的是「雲端服務」還是「雲端技術」？

雲端服務

雲端技術

Cloud computing hype spurs confusion, Gartner says
http://www.computerworld.com/s/article/print/9115904
淺談雲端運算 (Cloud Computing)
http://www.cc.ntu.edu.tw/chinese/epaper/0008/20090320_8008.htm

2 R&D directions : Cloud or Device
兩大研究方向：你該選「雲」還是「端」？

集中，大廠
Centerized ,
Enterprise

端

symbian
OS

多元，中小廠
Diversify ,
SMB

1 key spirit of Cloud Computing
用一句話說明雲端運算！服務才是王道！

Anytime 隨時

Anywhere 隨地

With Any Devices 使用任何裝置

Accessing Services 存取各種服務

Key spirit of Cloud ~

形成服務才是重點！！

Everything as a Service !!

Cloud Computing =~ Network Computing

雲端運算 =~ 網路運算

The wisdom of Clouds (Crowds)
雲端序曲：雲端的智慧始終來自於群眾的智慧

2006 年 8 月 9 日

Google 執行長施密特（Eric Schmidt）於 SES'06 會議中首次使用「雲端運算（Cloud Computing）」來形容無所不在的網路服務

2006 年 8 月 24 日

Amazon 以 Elastic Compute Cloud 命名其虛擬運算資源服務

Source: http://www.cnet.co.uk/i/c/blg/cat/software/cloudcomputing/clouds1.jpg

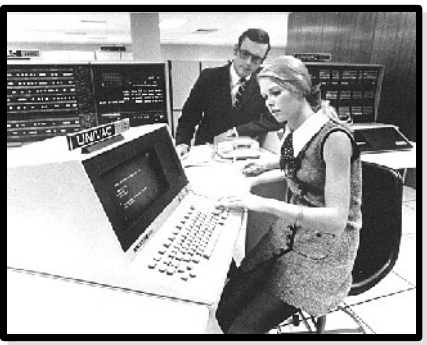
Evolution of Cloud Services
雲端服務只是軟體演化史的必然趨勢

e-Taiwan 成果系列報導 → 行動台灣 應用推動計畫 → 發展優質網路社會 (U-Taiwan) 計畫 → 智慧台灣 領航系列報導

實體 Physical	單機版 個人使用 Personal Software	網路版 多人共享 Share Service Software	行動版 隨時存取 Mobile Cloud Service
信箱 Mailbox	E-Mail	Web Mail	Mobile Mail
電視 TV	電視盒 Setop Box	Web TV Ex. Youtube	Mobile TV
打字機 Typer Writer	Office	Google Docs	M-Office
電話 Telephone	數位電話 PBX	Skype	Flash Wengo
佈告欄 Bullet Borad	電子佈告欄 BBS	部落格 Blog	微網誌 Twitter

Brief History of Computing
運算技術演進簡史

1960



1977

1991

1993

2002

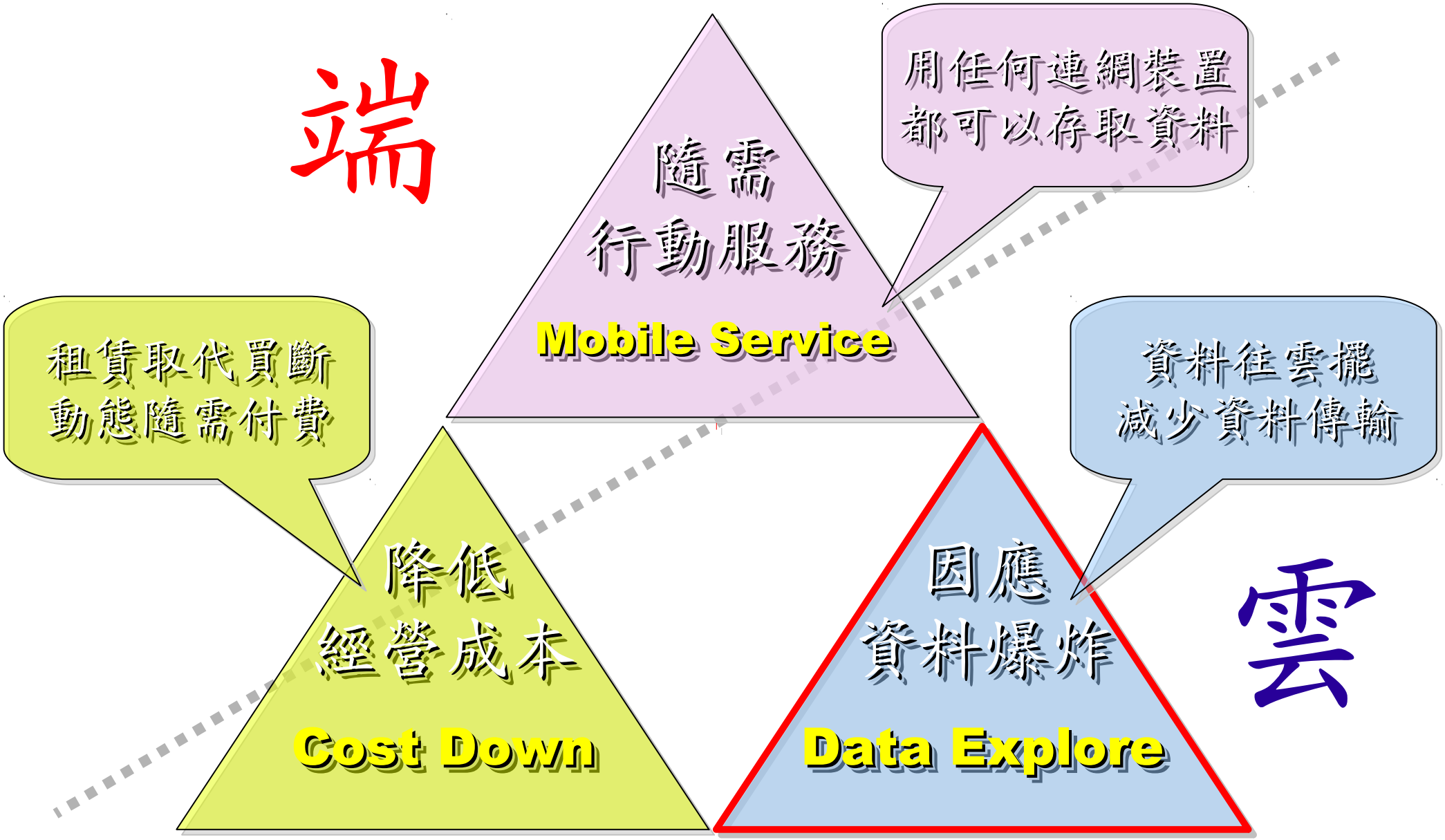
2003

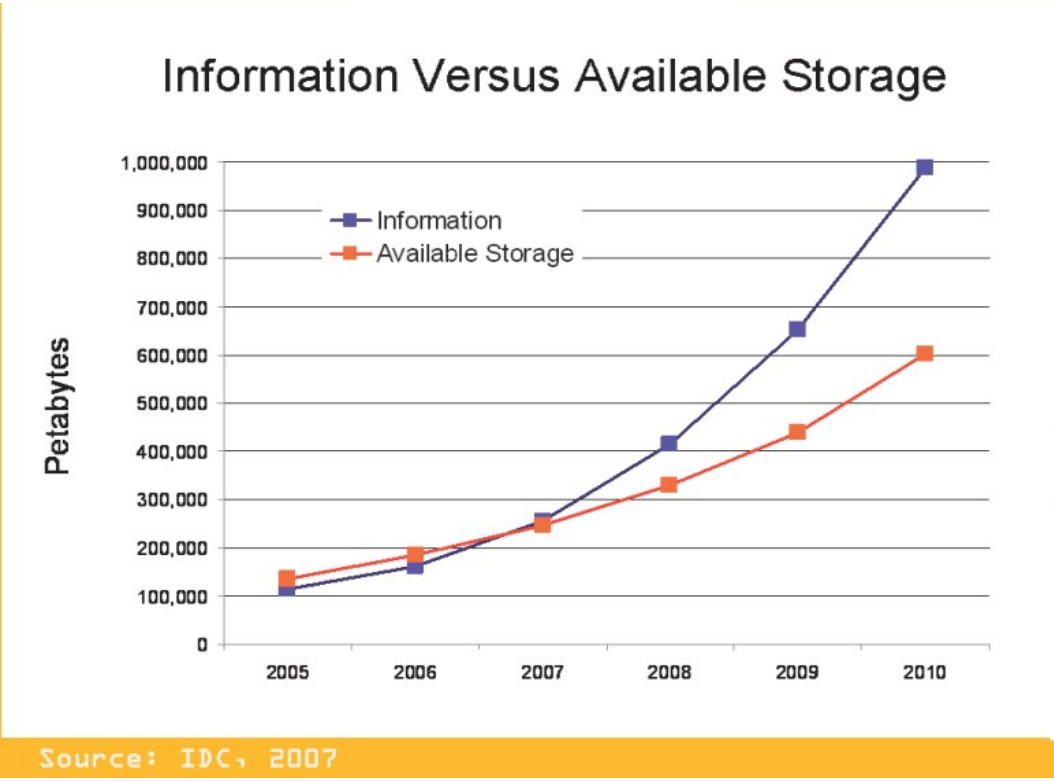
2004

2006

Mainframe Super Computer → **PC / Linux Cluster Parallel** → **Internet Distributed Computing** → **Virtual Org. Grid Computing** → **Data Explode Cloud Computing**

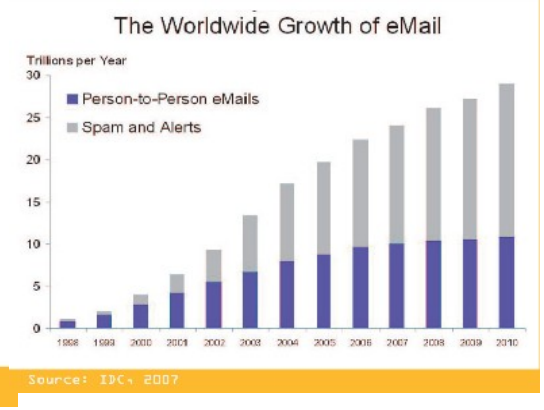
Key Driving Forces of Cloud Computing
雲端運算的關鍵驅動力

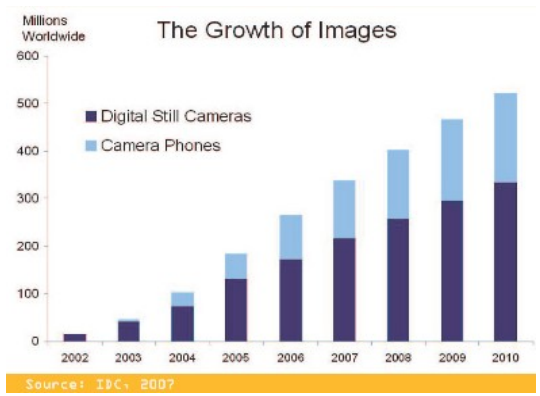


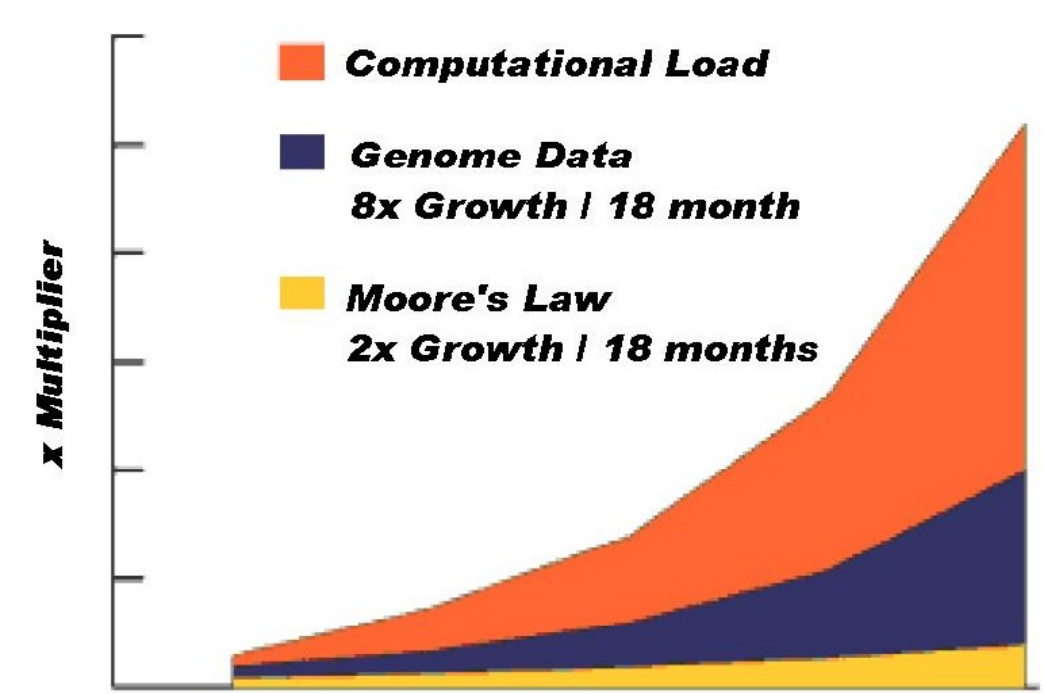


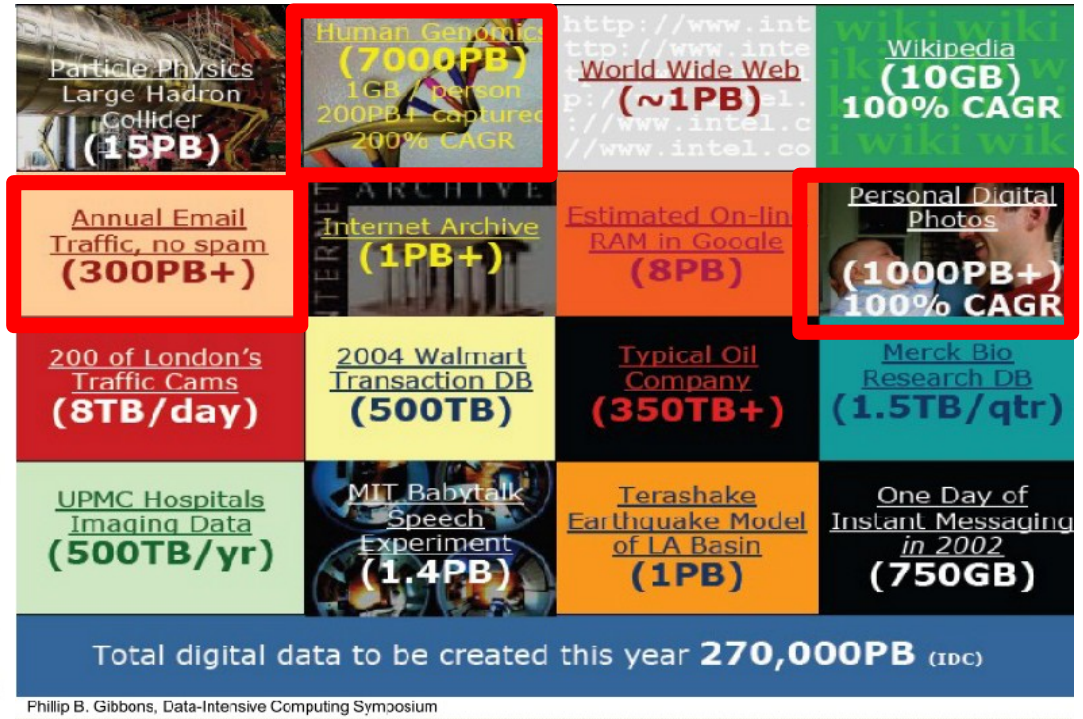
2007 Data Explore

Top 1 : Human Genomics – 7000 PB / Year
Top 2 : Digital Photos – 1000 PB+/ Year
Top 3 : E-mail (no Spam) – 300 PB+ / Year





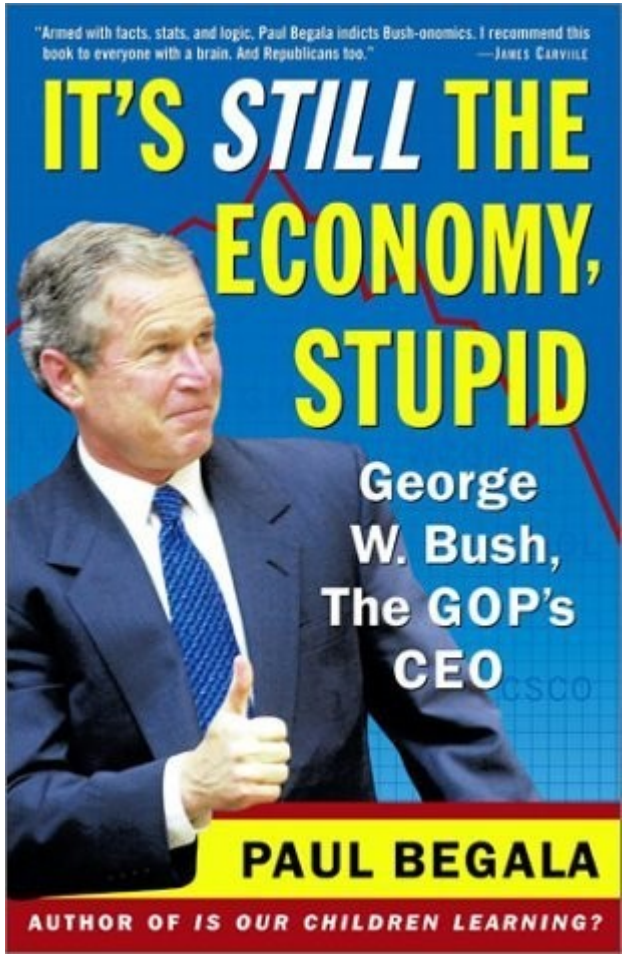




Phillip B. Gibbons, Data-Intensive Computing Symposium

Source: http://www.emc.com/collateral/analyst-reports/expanding-digital-idc-white-paper.pdf
Source: http://lib.stanford.edu/files/see_pasig_dic.pdf

IT'S THE DATA, STUPID!



「笨蛋！重點在經濟」

（**"It's the economy, stupid"**）

卡維爾（**James Carville**）自創這句標語，

促使柯林頓當上美國第 **42** 屆總統。

- 1992 年

「笨蛋！重點還是在經濟」

（**"It's STILL the economy, stupid"**）

卻讓小布希嘲笑是幼稚的總統。

- 2002 年

雲端時代，谷歌會說：「笨蛋！重點在資料」

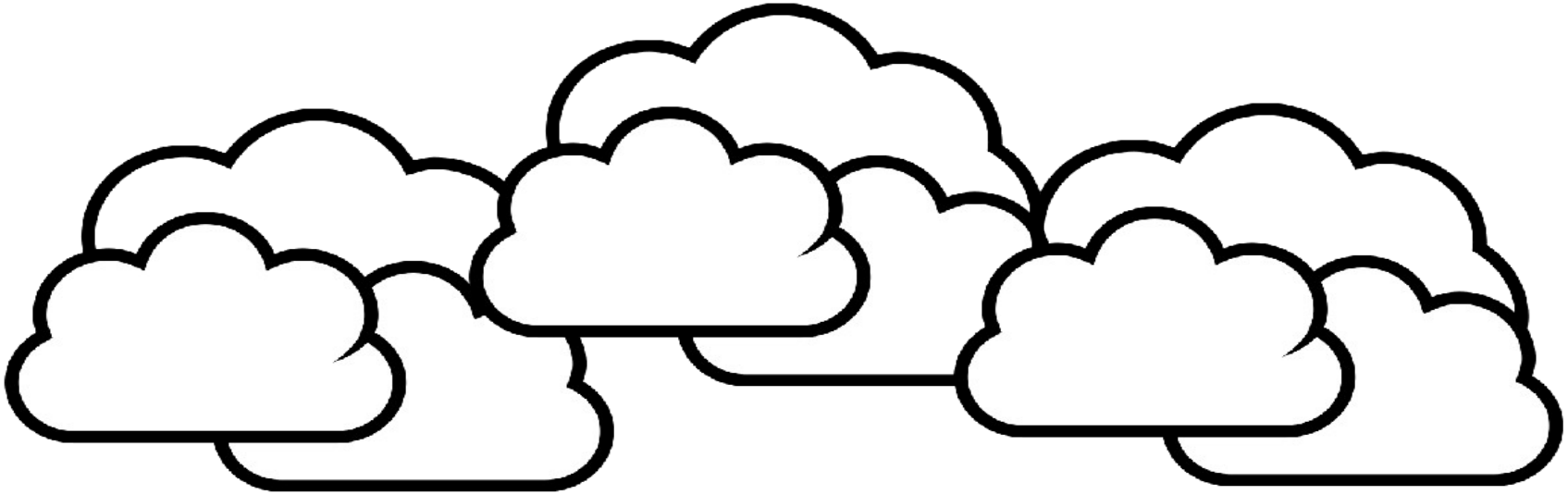
（**"It's the data, stupid"**）

誰掌握了你的資料，就有機會掌握你的荷包

想想看，電腦、手機掉了，您心疼的是甚麼呢？

- 2007 年

Data is the source of Wisdom !!
用雲掌握資料，加以分析，形成智能給端用



嵌入式的新思維：未來，端的智能來自於雲

Devices share the wisdom of Cloud

善用雲端架構 打造企業人才庫

對於雲端的運用，多半仍停留在創造新商機的層次，然而善用雲端運算，可以替組織創造更多業務、行銷和人才培訓的機會。

作者：麥肯錫　出處：天下雜誌

過去五年，麥肯錫觀察重要科技發展，其中雲端、大量資訊（big data）、智慧裝置（smart assets）三項，以超乎想像的速度發展。這三大技術，帶來五大趨勢，可被應用在企業營運及組織運作。先分別來看這三項技術：

第一、雲端運算。「雲端」在台灣已被一般民眾熟知。但我認為大家多半仍停留在雲端運算如何能創造新商機，卻很少好好思索，該怎麼運用雲端運算來替組織創造更多機會。特別是服務提供者，譬如電信業者、有線電視業者等，都應更有效應用雲端運算，為業務帶來更多機會。

第二、大量資訊。目前，絕大多數台灣企業，分析大量龐雜資料，仍使用類似微軟工具如excel等來整理。事實上，大量資訊經過快速運算分析，能更省時、省費用、有效的進行行銷活動。

第三、智慧裝置。如何善用監控器、智慧電表這類智慧裝置，來更優化公司營運。

雲端運算

大量資訊分析

智慧裝置

參考來源：善用雲端架構 打造企業人才庫，作者：麥肯錫，出處：天下雜誌 455 期（2010/09）
http://www.cw.com.tw/article/print.jsp?id=41776

New Data Science : Social Network + Realtime Search
當「社交網路」遇上「即時搜尋」 ＝ 即時市場行銷分析

創意行銷／臉書行銷 每天400萬顧客在線上

【經濟日報/潘俊琳】 2010.10.11 02:20 am

社交網站臉書Facebook的興起，重新定義了網路行銷的概念，大量的人潮讓業者彷彿看到滾滾錢潮，但臉書「開放平台」的模式，讓習慣有規則可循的行銷業者，必須開始學習全新的社群行銷，試著擁抱這項利器並串連消費者。

根據美國comScore的統計，美國網友8月分共花了1,140萬分鐘在臉書上，首次超越停留在Google旗下網站的時間，而臉書全球已經有超過5億的使用者，其中有35%的人每天登入。

快速分享 即時知道顧客反應

聖洋科技執行長邱繼弘表示，台灣臉書每個月約有700萬的累計使用人次，以60%每天上臉書的人口來算，就有420 萬人天天上線。

邱繼弘指出，臉書最大的行銷價值在於「開放平台」，只要符合它的基本規範，任何人、任何公司都可以在上面「免費」發揮自己的行銷創意。過去想要利用網路行銷，企業必須自己架站，林林總總的後台建設非常繁瑣，有多少人會來也是個問號？

但臉書幫企業解決了後台建設以及人潮，不論是企業或個人，只要成立自己的「粉絲專頁」，然後發揮行銷創意，回收可能比自己架站還更豐碩。因為臉書玩家只要在粉絲專頁按「讚」，就成為「粉絲團」的一員，往後企業發布在粉絲專頁的訊息，所有粉絲團成員都會收到，如果粉絲團的成員覺得某個行銷訊息不錯，只要按「分享」這個訊息就會出現在粉絲個人的臉書上，他所有的朋友就會看到這則行銷訊息，這是目前最高明的病毒式行銷。

社交網路

即時搜尋

評價排行榜

參考來源：創意行銷／臉書行銷 每天 400 萬顧客在線上 【經濟日報／潘俊琳】
http://udn.com/NEWS/FINANCE/FIN11/5901891.shtml

2011 年 10 大策略科技

科技	影響
雲端運算	大型企業將會在 2012 年成立動態採購小組，專門負責雲端運算相關的決定以及管理。
媒體平板以及行動應用	2010 年將會有 12 億人使用具備上網能力的手機。隨著行動上網裝置以及應用程式日趨普及，與地點(location)、動作(motion)相關的應用軟體，可望進一步推動裝置的銷售。
社交溝通以及協作(collaboration)	多數的公司在 2016 年已經把社交科技整合至多數的企業應用中，整合的範圍包含內部社交 CRM、溝通及協作以及外部社交網站。
影片	2013 年每位工作者看到的內容中，將有 25%都是照片、影音。
次世代分析	隨著電腦、行動裝置運算能力、連結能力更強，影響企業如何決策，SAS 是長期領導廠商，IBM 以及甲骨文(Oracle)事後起之秀。
社交分析	衡量人、主題以及想法的關係，範圍不限於社交網路，IBM 預計在 2011 年成爲該領域的主要廠商之一。
情境感知運算(context-aware computing)	較人工智慧更爲寬廣，預計在 2013 年時 Fortune 500 大企業中超過半數會有相關採用方案。
儲存等級記憶體(storage class memory)	快閃記憶體在消費性裝置、娛樂設備中的使用更多。
無所不在的運算(ubiquitous computing)	儘管 Gartner 已經提及這個概念許多年，但隨著手機、射頻晶片更爲普及，越多的物件可以連上網路。
架構化(fabric-based)的基礎建設以及電腦	運算能力模組化，系統可以透過不同的模組來建構，可望提升效能。

資料來源：DIGITIMES 整理，2010/10　　製表：雷佳宜、李盈瑩

雲端運算

平板行動應用

社交溝通協作

多媒體內容

次世代分析

社交分析

情境感知運算

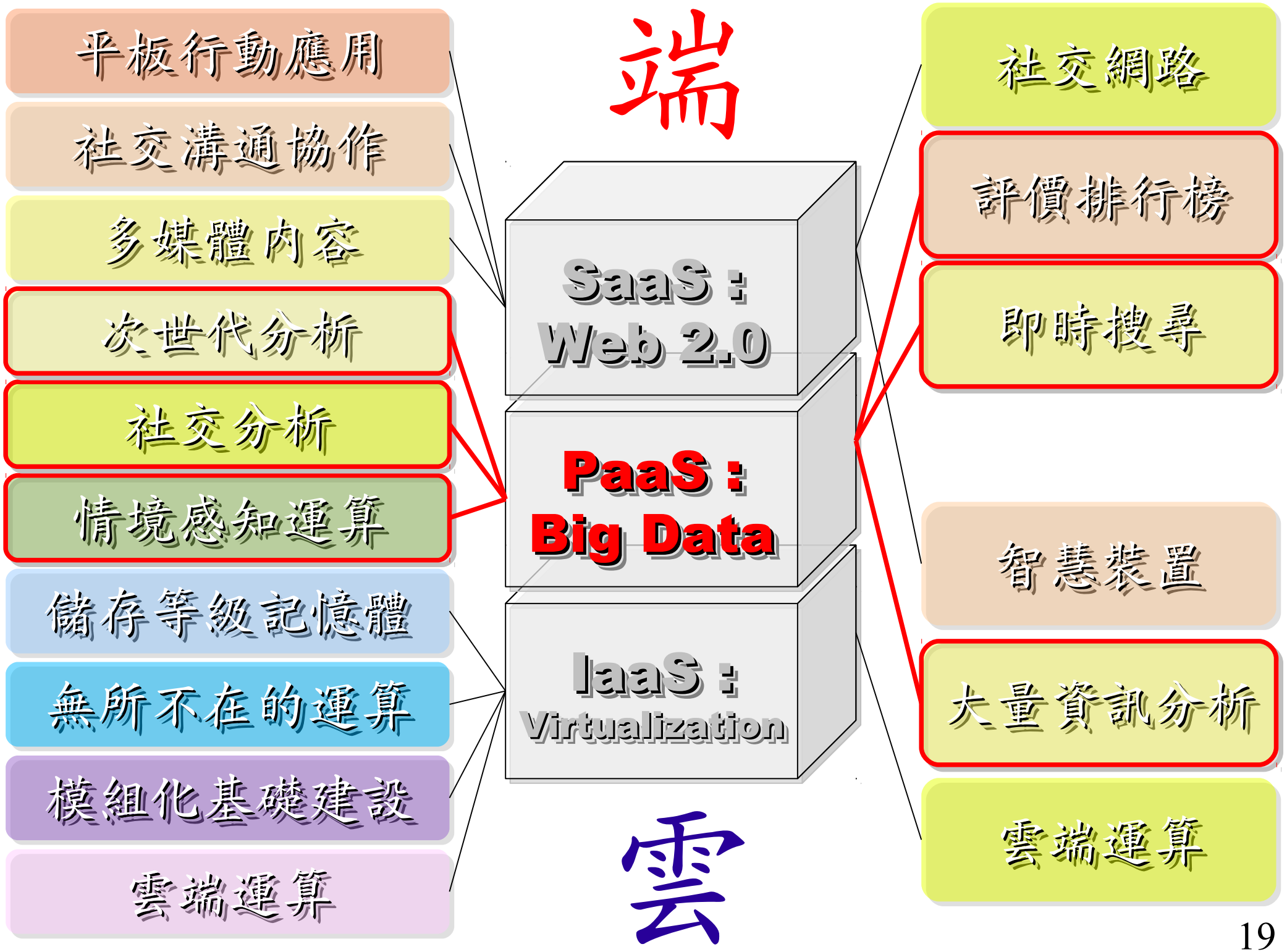
儲存等級記憶體

無所不在的運算

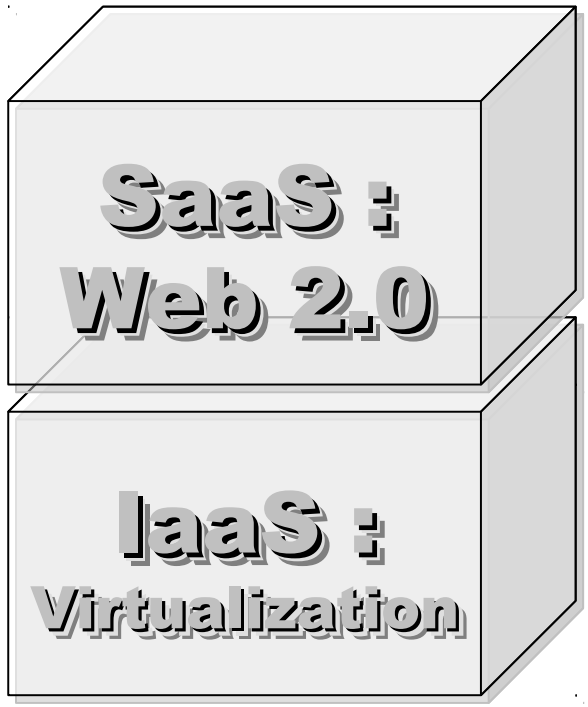
模組化基礎建設

Source ： http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1454221

Source ： http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?Cnlid=4&cat=400&cat1=20&id=0000205798_CUZ63ZS3LCRY7E7UBK6V8


端
平板行動應用
社交溝通協作
多媒體內容
次世代分析
社交分析
情境感知運算
儲存等級記憶體
無所不在的運算
模組化基礎建設
雲端運算
SaaS :
Web 2.0
PaaS :
Big Data
IaaS :
Virtualization
社交網路
評價排行榜
即時搜尋
智慧裝置
大量資訊分析
雲端運算
雲

Two Type of Cloud Architecture ?
雲端架構的兩大陣營？



amazon web services™

想盡辦法誘你用計算跟網路

Computing Intensive

Google™

想盡辦法誘你提供資料作分析

Data Intensive

Three Core Technologies of Google ....
Google 的三大關鍵技術 ....

- Google 在一些會議分享他們的三大關鍵技術
- Google shared their design of web-search engine
  - SOSP 2003 :
  - "The Google File System"
  - http://labs.google.com/papers/gfs.html
  - OSDI 2004 :
  - "MapReduce : Simplifed Data Processing on Large Cluster"
  - http://labs.google.com/papers/mapreduce.html
  - OSDI 2006 :
  - "Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data"
  - http://labs.google.com/papers/bigtable-osdi06.pdf

Open Source Mapping of Google Core Technologies
Google 三大關鍵技術對應的自由軟體

BigTable A huge key-value datastore	HBase, Hypertable Cassandra, ...
MapReduce To parallel process data	Hadoop MapReduce API Sphere MapReduce API, ...
Google File System To store petabytes of data	Hadoop Distributed File System (HDFS) Sector Distributed File System

更多不同語言的 MapReduce API 實作：
http://trac.nchc.org.tw/grid/intertrac/wiki%3Ajazz/09-04-14%23MapReduce

其他值得觀察的分散式檔案系統：

- IBM GPFS - http://www-03.ibm.com/systems/software/gpfs/
- Lustre - http://www.lustre.org/
- Ceph - http://ceph.newdream.net/

Hadoop

- http://hadoop.apache.org
- Hadoop 是 Apache Top Level 開發專案
- **Hadoop is Apache Top Level Project**
- 目前主要由 Yahoo! 資助、開發與運用
- **Major sponsor is Yahoo!**
- 創始者是 Doug Cutting ，參考 Google Filesystem
- **Developed by Doug Cutting, Reference from Google Filesystem**
- 以 Java 開發，提供 HDFS 與 MapReduce API 。
- **Written by Java, it provides HDFS and MapReduce API**
- 2006 年使用在 Yahoo 內部服務中
- **Used in Yahoo since year 2006**
- 已佈署於上千個節點。
- **It had been deploy to 4000+ nodes in Yahoo**
- 處理 Petabyte 等級資料量。
- **Design to process dataset in Petabyte**

Facebook, Last.fm, Joost, Twitter are also powered by Hadoop

Sector / Sphere

- http://sector.sourceforge.net/
- 由美國資料探勘中心研發的自由軟體專案。
- **Developed by National Center for Data Mining, USA**
- 採用 C/C++ 語言撰寫，因此效能較 Hadoop 更好。
- **Written by C/C++, so performance is better than Hadoop**
- 提供「類似」 Google File System 與 MapReduce 的機制
- **Provide file system similar to Google File System and MapReduce API**
- 基於 UDT 高效率網路協定來加速資料傳輸效率
- **Based on UDT which enhance the network performance**
- Open Cloud Testbed 有提供測試環境，並開發 MalStone 效能評比軟體
- **Open Cloud Consortium provide Open Cloud Testbed and develop MalStone toolkit for benchmark**

Sector-Sphere

National Center for Data Mining
University of Illinois at Chicago
UIC

open data
Open Data Group
http://www.opendatagroup.com/

What is Hadoop ?

用一句話解釋 Hadoop 是什麼 ??

Hadoop is a software platform that lets one easily write and run applications that process vast amounts of data.

Hadoop 是一個讓使用者簡易撰寫並執行處理海量資料應用程式的軟體平台。

亦可以想像成一個處理海量資料的生產線，只須學會定義 ***map*** 跟 ***reduce*** 工作站該做哪些事情。

Features of Hadoop …

Hadoop 這套軟體的特色是 …

- **海量　Vast Amounts of Data**
  - 擁有儲存與處理大量資料的能力
  - Capability to STORE and PROCESS vast amounts of data.
- **經濟　Cost Efficiency**
  - 可以用在由一般 PC 所架設的叢集環境內
  - Based on large clusters built of commodity hardware.
- **效率　Parallel Performance**
  - 透過分散式檔案系統的幫助，以致得到快速的回應
  - With the help of HDFS, Hadoop have better performance.
- **可靠　Robustness**
  - 當某節點發生錯誤，能即時自動取得備份資料及佈署運算資源
  - Robustness to add and remove computing and storage resource without shutdown entire system.

Founder of Hadoop – Doug Cutting

Hadoop 這套軟體的創辦人 Doug Cutting

Doug Cutting Talks About The Founding Of Hadoop
http://www.youtube.com/watch?v=qxC4urJOchs

History of Hadoop ... 2002~2004

Hadoop 這套軟體的歷史源起 ... 2002~2004

- Lucene
  - http://lucene.apache.org/
  - 用 Java 設計的高效能文件索引引擎 API
  - a high-performance, full-featured **text search engine library** written entirely in **Java**.
  - 索引文件中的每一字，讓搜尋的效率比傳統逐字比較還要高的多
  - Lucene create an inverse index of every word in different documents. It enhance performance of text searching.

History of Hadoop … 2002~2004

Hadoop 這套軟體的歷史源起 … 2002~2004

- Nutch
  - http://nutch.apache.org/
  - Nutch 是基於開放原始碼所開發的網站搜尋引擎
  - Nutch is open source web-search software.
  - 利用 Lucene 函式庫開發
  - It builds on Lucene and Solr, adding web-specifics, such as a crawler, a link-graph database, parsers for HTML and other document formats, etc.

History of Hadoop … 2004 ~ Now

Hadoop 這套軟體的歷史源起 *… 2004 ~ Now*

- Nutch 後來遇到儲存大量網站資料的瓶頸，剛好看到 Google 在一些會議分享他們的三大關鍵技術 …
- Added DFS & MapReduce implement to Nutch
- According to user feedback on the mail list of Nutch ....
- Hadoop became separated project since Nutch 0.8
- Nutch DFS → Hadoop Distributed File System (HDFS)
- Yahoo hire Dong Cutting to build a team of web search engine at year 2006.
  - Only 14 team members (engineers, clusters, users, etc.)
- Doung Cutting joined Cloudera at year 2009.

Who Use Hadoop ??

有哪些公司在用 Hadoop 這套軟體 ??

- Yahoo is the key contributor currently.
- IBM and Google teach Hadoop in universities …
- http://www.google.com/intl/en/press/pressrel/20071008_ibm_univ.html
- The New York Times used 100 Amazon EC2 instances and a Hadoop application to process 4TB of raw image TIFF data (stored in S3) into 11 million finished PDFs in the space of 24 hours at a computation cost of about $240 (not including bandwidth)

  – from http://en.wikipedia.org/wiki/Hadoop
- http://wiki.apache.org/hadoop/AmazonEC2
- http://wiki.apache.org/hadoop/PoweredBy

- A9.com
- ADSDAQ by Contextweb
- EHarmony
- Facebook
- Fox Interactive Media
- IBM
- ImageShack
- ISI
- Joost
- Last.fm
- Powerset
- The New York Times
- Rackspace
- Veoh
- Metaweb

Performance improvement of Hadoop

Hadoop 過去幾年的效能改進 (from Yahoo)

年份	日期	節點數	耗時（小時）
2006	四月	188	47.9
2006	五月	500	42
2006	十一月	20	1.8
2006	十一月	100	3.3
2006	十一月	500	5.2
2006	十一月	900	7.8
2007	七月	20	1.2
2007	七月	100	1.3
2007	七月	500	2
2007	七月	900	2.5

Sort benchmark, every nodes with terabytes data.

Hadoop in production run ....
商業運轉中的 Hadoop 應用 ....

- February 19, 2008
- Yahoo! Launches World's Largest Hadoop Production Application
- http://developer.yahoo.net/blogs/hadoop/2008/02/yahoo-worlds-largest-production-hadoop.html

Number of links between pages in the index	roughly 1 trillion links
Size of output	over 300 TB, compressed!
Number of cores used to run single Map-Reduce job	over 10,000
Raw disk used in the production cluster	over 5 Petabytes

Hadoop in production run ....
商業運轉中的 Hadoop 應用 ....

- September 30, 2008
- Scaling Hadoop to 4000 nodes at Yahoo!
- http://developer.yahoo.net/blogs/hadoop/2008/09/scaling_hadoop_to_4000_nodes_a.html

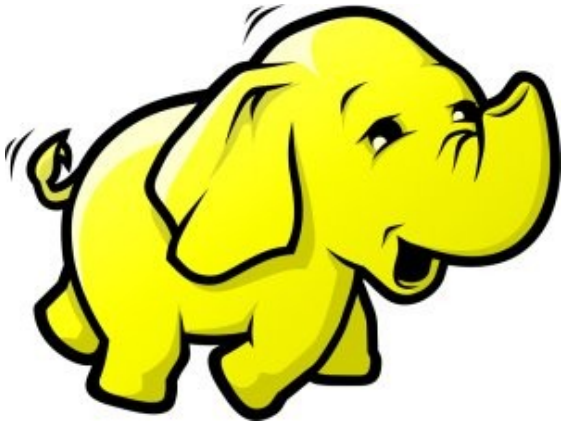
Total Nodes	4000
Total cores	30000
Data	16PB

	500-node cluster		4000-node cluster	
	write	read	write	read
number of files	990	990	14,000	14,000
file size (MB)	320	320	360	360
total MB processes	316,800	316,800	5,040,000	5,040,000
tasks per node	2	2	4	4
avg. throughput (MB/s)	5.8	18	40	66

HDFS 簡介

Introduction to Hadoop Distributed File System

Jazz Wang
Yao-Tsung Wang
jazz@nchc.org.tw



What is HDFS ??
什麼是 HDFS ??

- **Hadoop Distributed File System**
  - 實現類似 Google File System 分散式檔案系統
  - Reference from Google File System.
  - 一個易於擴充的分散式檔案系統，目的爲對大量資料進行分析
  - A scalable distributed file system for large data analysis .
  - 運作於廉價的普通硬體上，又可以提供容錯功能
  - based on commodity hardware with high fault-tolerant.
  - 給大量的用户提供總體性能較高的服務
  - It have better overall performance to serve large amount of users.

Features of HDFS ...
HDFS 的特色是 ...

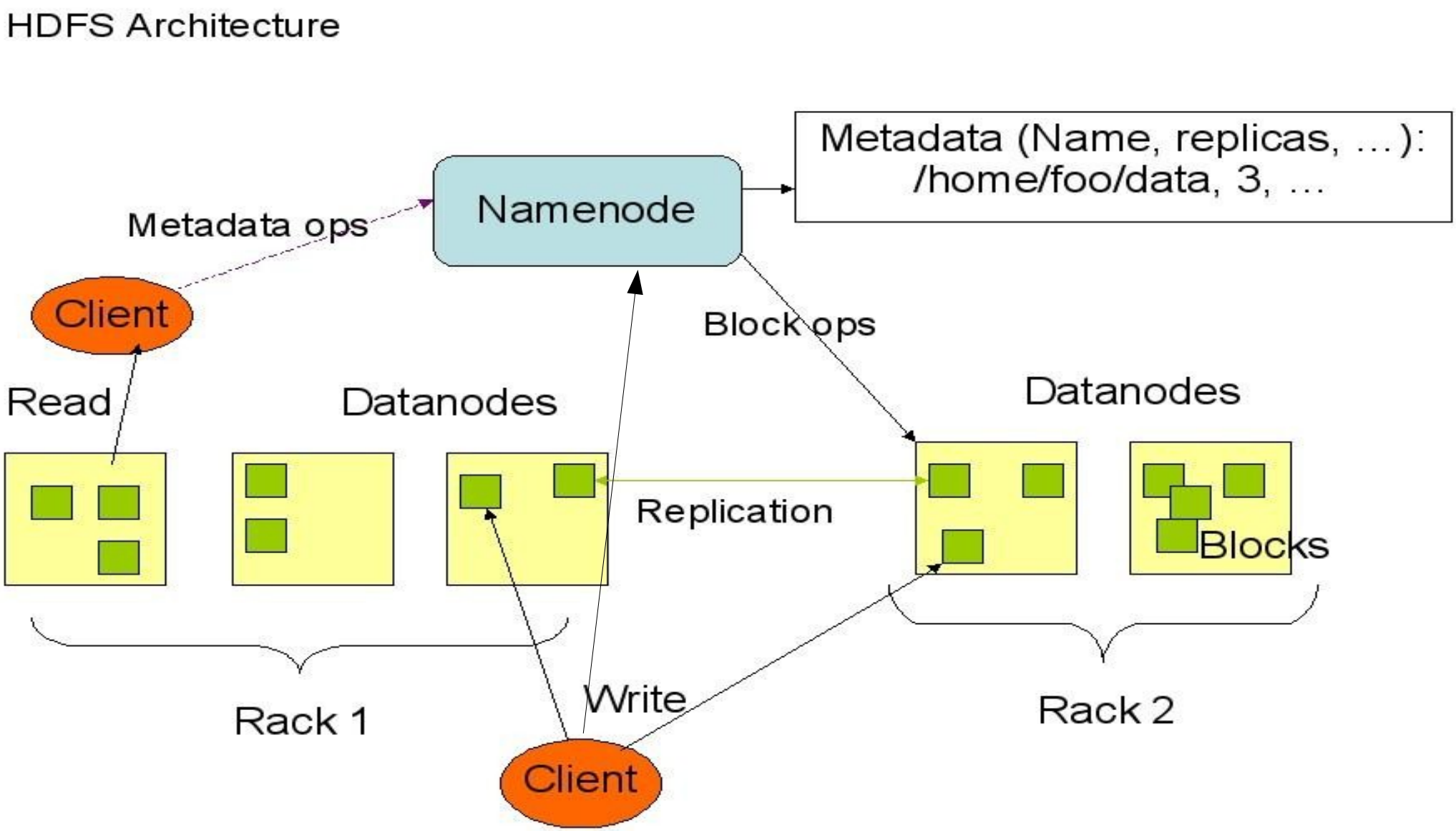
- **硬體錯誤容忍能力 Fault Tolerance**
  - 硬體錯誤是正常而非異常
  - Failure is the norm rather than exception
  - 自動恢復或故障排除
  - automatic recovery or report failure
- **串流式的資料存取 Streaming data access**
  - 批次處理多於用户交互處理
  - Batch processing rather than interactive user access.
  - 高 Throughput 而非低 Latency
  - High aggregate data bandwidth (throughput)

Features of HDFS ...
HDFS 的特色是 ...

- **大規模資料集 Large data sets and files**
  - 支援 Petabytes 等級的磁碟空間
  - Support Petabytes size
- **一致性模型 Coherency Model**
  - 一次寫入，多次存取 Write-once-read-many
  - 簡化一致性處理問題 This assumption simplifies coherency
- **在地運算 Data Locality**
  - 到資料的節點上計算 > 將資料從遠端複製過來計算
  - “move compute to data” > “move data to compute”
- **異質平台移植性 Heterogeneous**
  - 即使硬體不同也可移植、擴充
  - HDFS could be deployed on different hardware

How HDFS manage data …

HDFS 如何管理資料 …



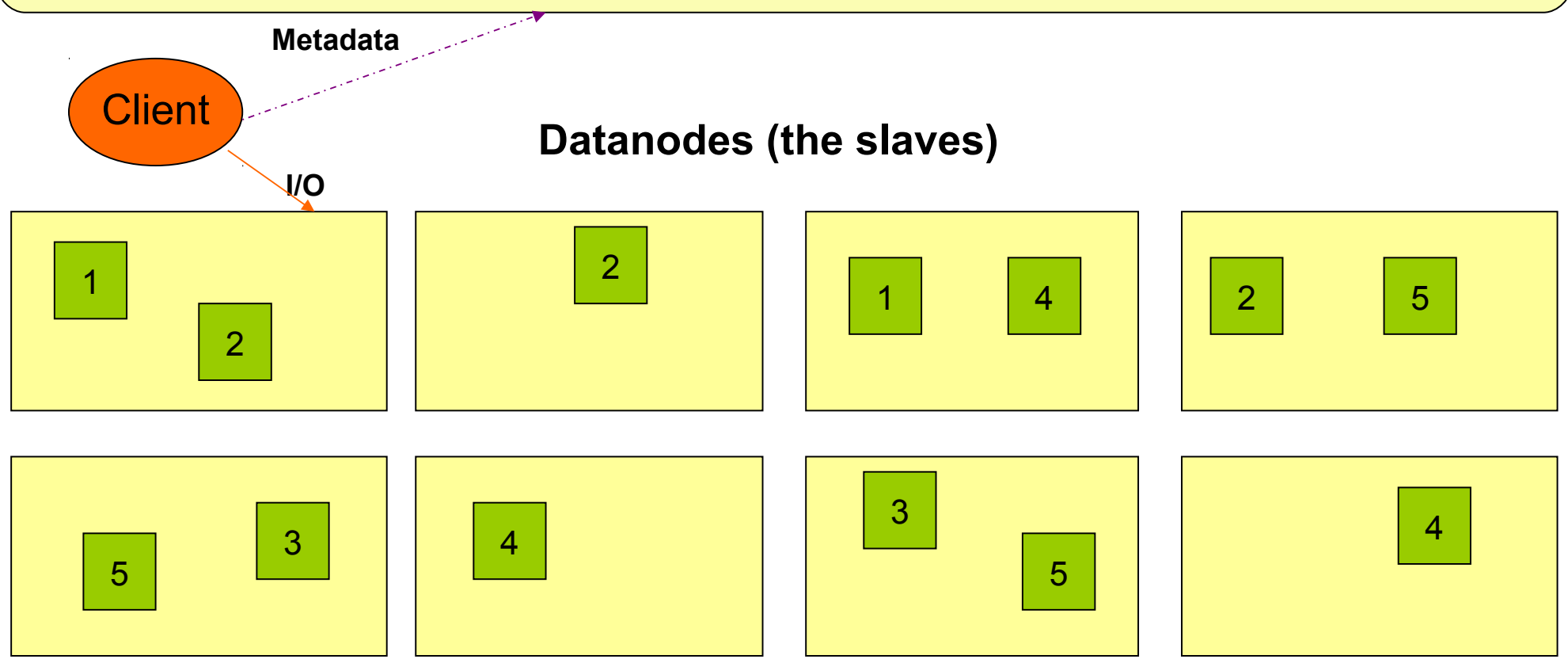
How does HDFS work …

HDFS 如何運作 …

Namenode (the master)

Path and Filename – Replication , blocks

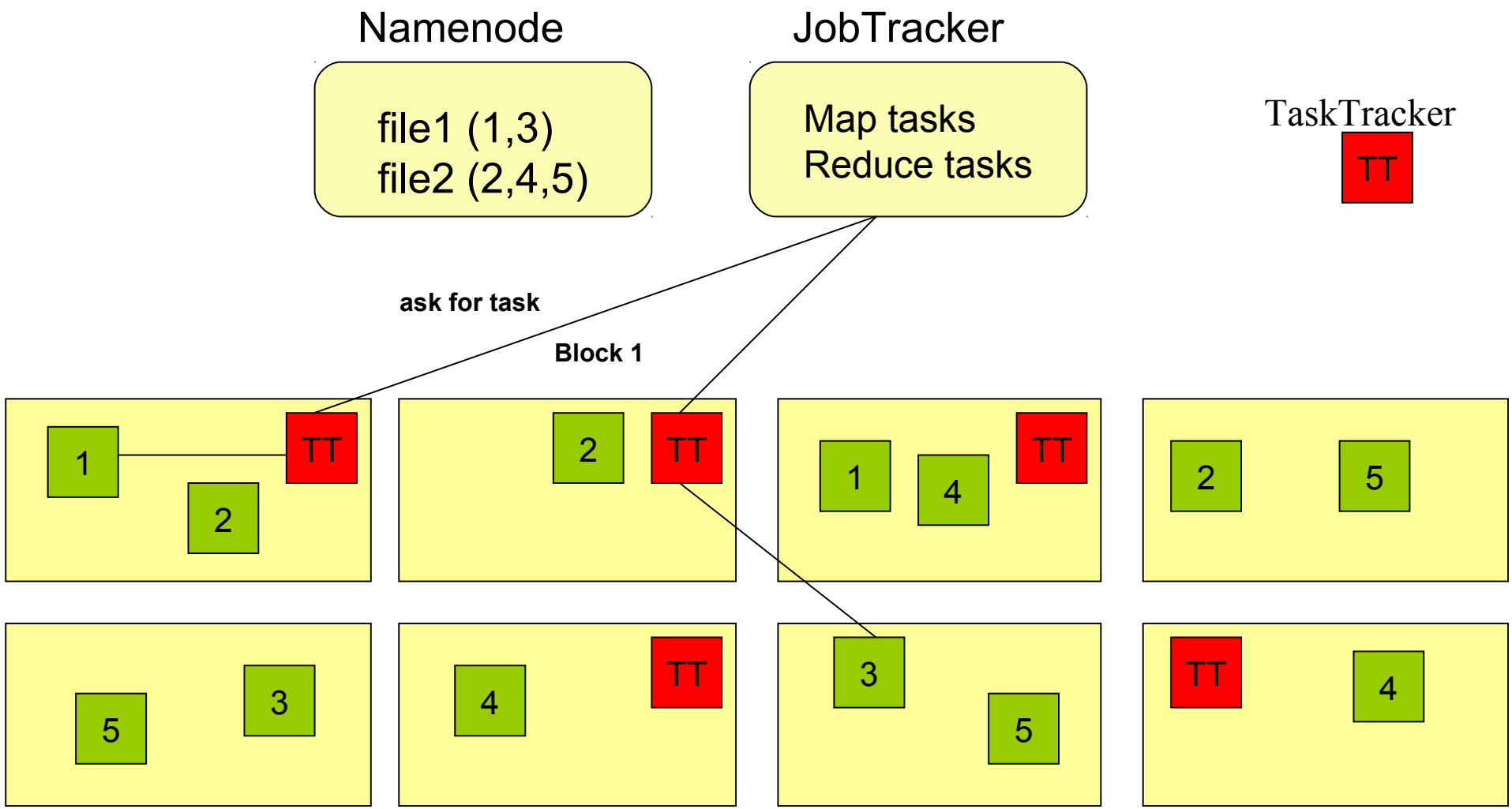
name:/users/joeYahoo/myFile - copies:2, blocks:{1,3}
name:/users/bobYahoo/someData.gzip, copies:3, blocks:{2,4,5}



About Data locality ...

HDFS 如何達成在地運算 ...

- Increase reliability and read bandwidth
  - robustness： read replication while found any failure
  - High read bandwith： distribute read（ but increase write bottlenet ）



41

About Fault Tolerance …

HDFS 如何達成容錯機制 …

資料崩毀
Data Corrupt

網路或資料節點失效
Network Fault
DataNode Fault

名稱節點錯誤
NameNode Fault

- 資料完整性 Data integrity
  - checked with CRC32
  - 用副本取代出錯資料
  - Replcae corrupt block with replication one
- Heartbeat
  - Datanode send heartbeat to Namenode
- Metadata
  - FSImage 、 Editlog 爲核心印象檔及日誌檔
  - FSImage – core file system mapping image
  - Editlog – like. SQL transaction log
  - 多份儲存，當名稱節點故障時可以手動復原
  - Multiple backups of FSImage and Editlog
  - Manually recovery while NameNode Fault

42

Coherency Model and Performance of HDFS
HDFS 的一致性機制與效能 ...

- **檔案一致性機制 Coherency model of files**
  - 刪除檔案╲新增寫入檔案╲讀取檔案皆由名稱節點負責
  - NameNode handle the operation of write, read and delete.
- **巨量空間及效能機制 Large Data Set and Performance**
  - 預設每個區塊大小以 64MB 爲單位
  - By default, the block size is 64MB
  - 大區塊可提高存取效率
  - Bigger block size will enhance read performance
  - 檔案有可能大過一顆磁碟
  - Single file stored on HDFS might be larger than single physical disk of DataNode.
  - 區塊均勻散佈各節點以分散讀取流量
  - Fully distributed blocks increase throughput of reading.

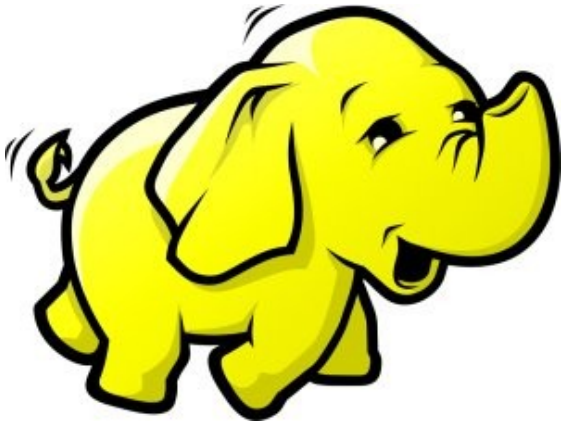
POSIX like HDFS commands
與 *POSIX* 相似的操作指令 ...

```
jazz@hadoop:~$ hadoop fs
Usage: java FsShell
           [-ls <path>]
           [-lsr <path>]
           [-du <path>]
           [-dus <path>]
           [-count[-q] <path>]
           [-mv <src> <dst>]
           [-cp <src> <dst>]
           [-rm <path>]
           [-rmr <path>]
           [-expunge]
           [-put <localsrc> ... <dst>]
           [-copyFromLocal <localsrc> ... <dst>]
           [-moveFromLocal <localsrc> ... <dst>]
           [-get [-ignoreCrc] [-crc] <src> <localdst>]
           [-getmerge <src> <localdst> [addnl]]
           [-cat <src>]
           [-text <src>]
           [-copyToLocal [-ignoreCrc] [-crc] <src> <localdst>]
           [-moveToLocal [-crc] <src> <localdst>]
           [-mkdir <path>]
           [-setrep [-R] [-w] <rep> <path/file>]
           [-touchz <path>]
           [-test -[ezd] <path>]
           [-stat [format] <path>]
           [-tail [-f] <file>]
           [-chmod [-R] <MODE[,MODE]... | OCTALMODE> PATH...]
           [-chown [-R] [OWNER][:[GROUP]] PATH...]
           [-chgrp [-R] GROUP PATH...]
           [-help [cmd]]
```

MapReduce 簡介

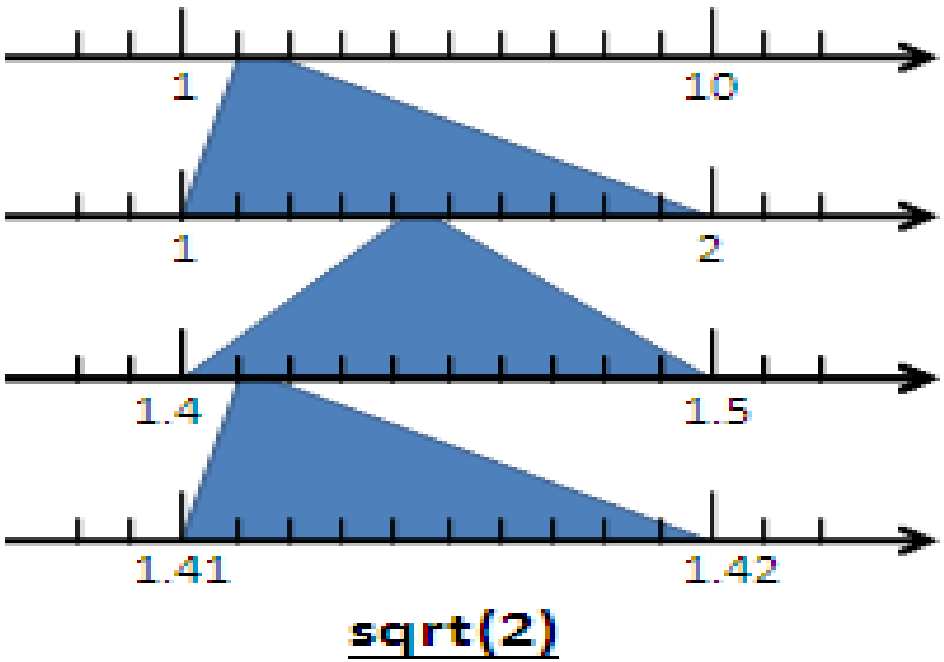
Introduction to MapReduce

Jazz Wang
Yao-Tsung Wang
jazz@nchc.org.tw

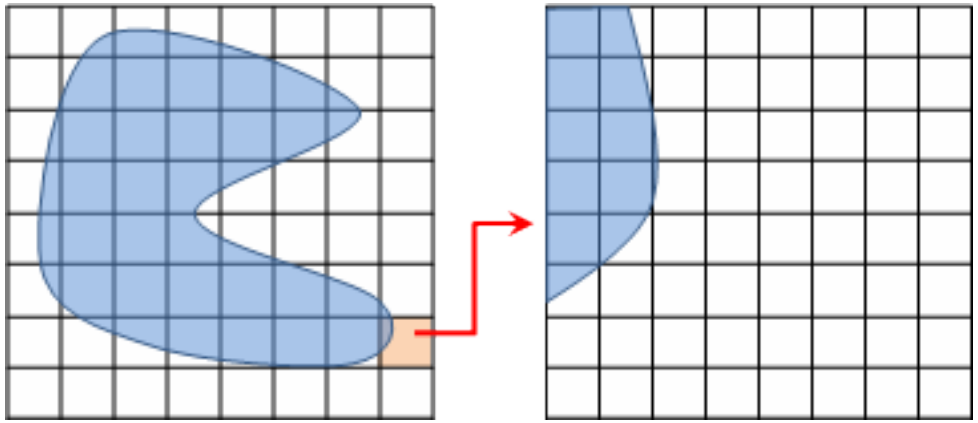


Divide and Conquer Algorithms
分而治之演算法

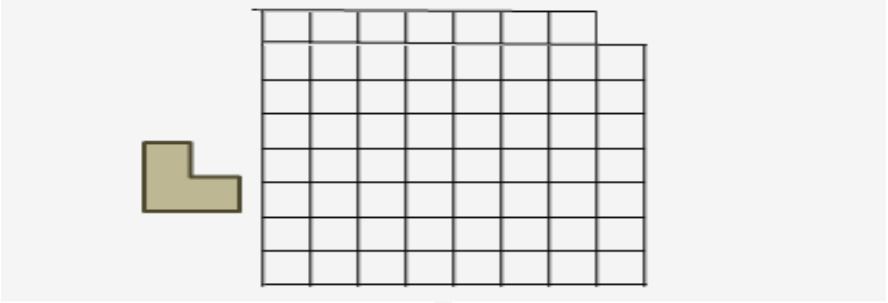
Example 1:



Example 2:



Example 3:



Example 4: The way to climb 5 steps stair within 2 steps each time. 眼前有五階樓梯，每次可踏上一階或踏上兩階，那麼爬完五階共有幾種踏法？

Ex : (1,1,1,1,1) or (1,2,1,1)

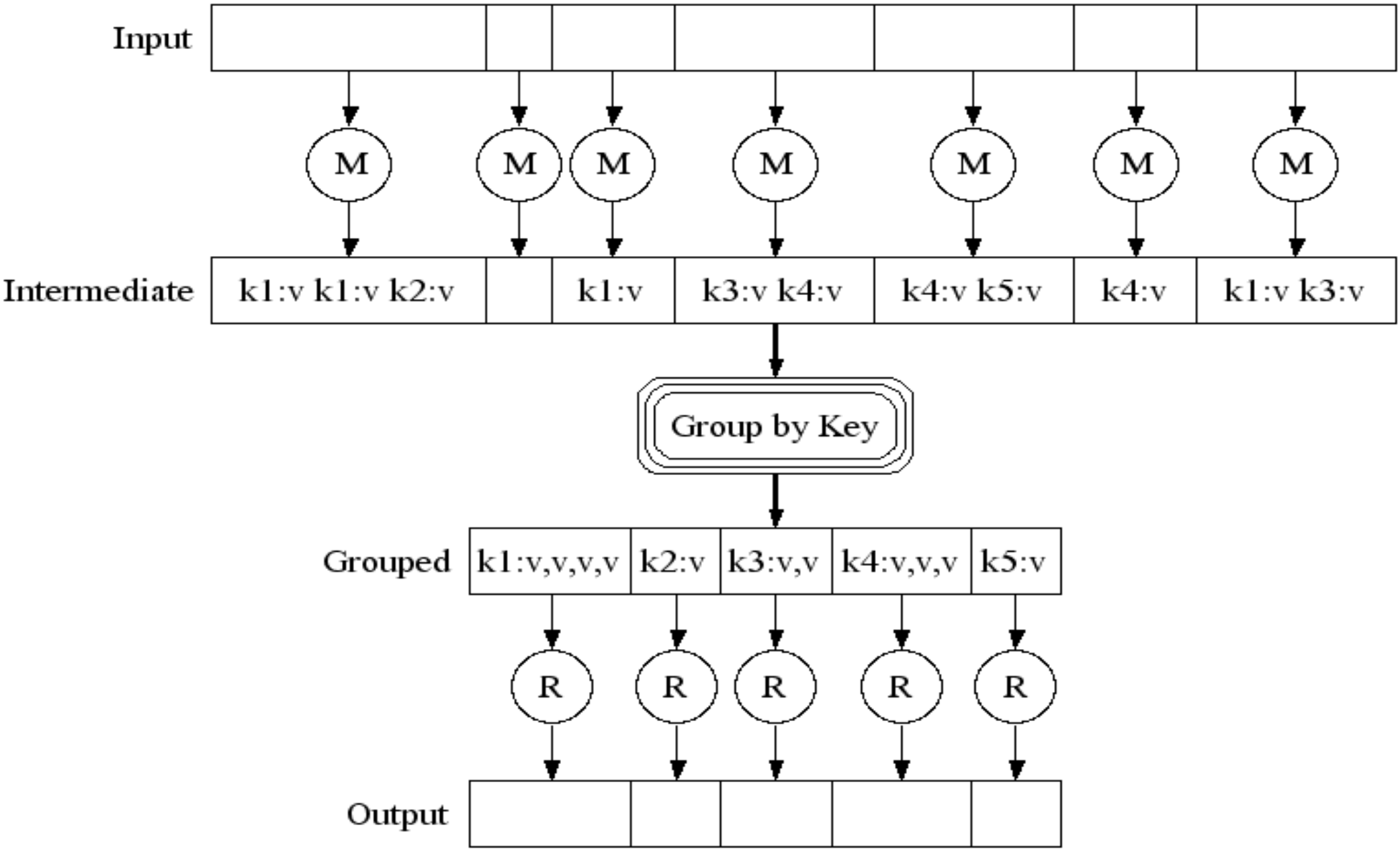
What is MapReduce ??
什麼是 MapReduce ??

- MapReduce 是 Google 申請的軟體專利，主要用來處理大量資料
- **MapReduce is a patented software framework introduced by Google to support distributed computing on large data sets on clusters of computers.**
- 啓發自函數編程中常用的 map 與 reduce 函數。
- **The framework is inspired by map and reduce functions commonly used in functional programming, although their purpose in the MapReduce framework is not the same as their original forms**
  - Map(...) : N → N
    - Ex. [1,2,3,4] – (*2) -> [2,4,6,8]
  - Reduce(...): N → 1
    - [1,2,3,4] - (sum) -> 10
- **Logical view of MapReduce**
    - Map(k1,v1) -> list(k2,v2)
    - Reduce(k2, list (v2)) -> list(k3, v3)

Source: http://en.wikipedia.org/wiki/MapReduce

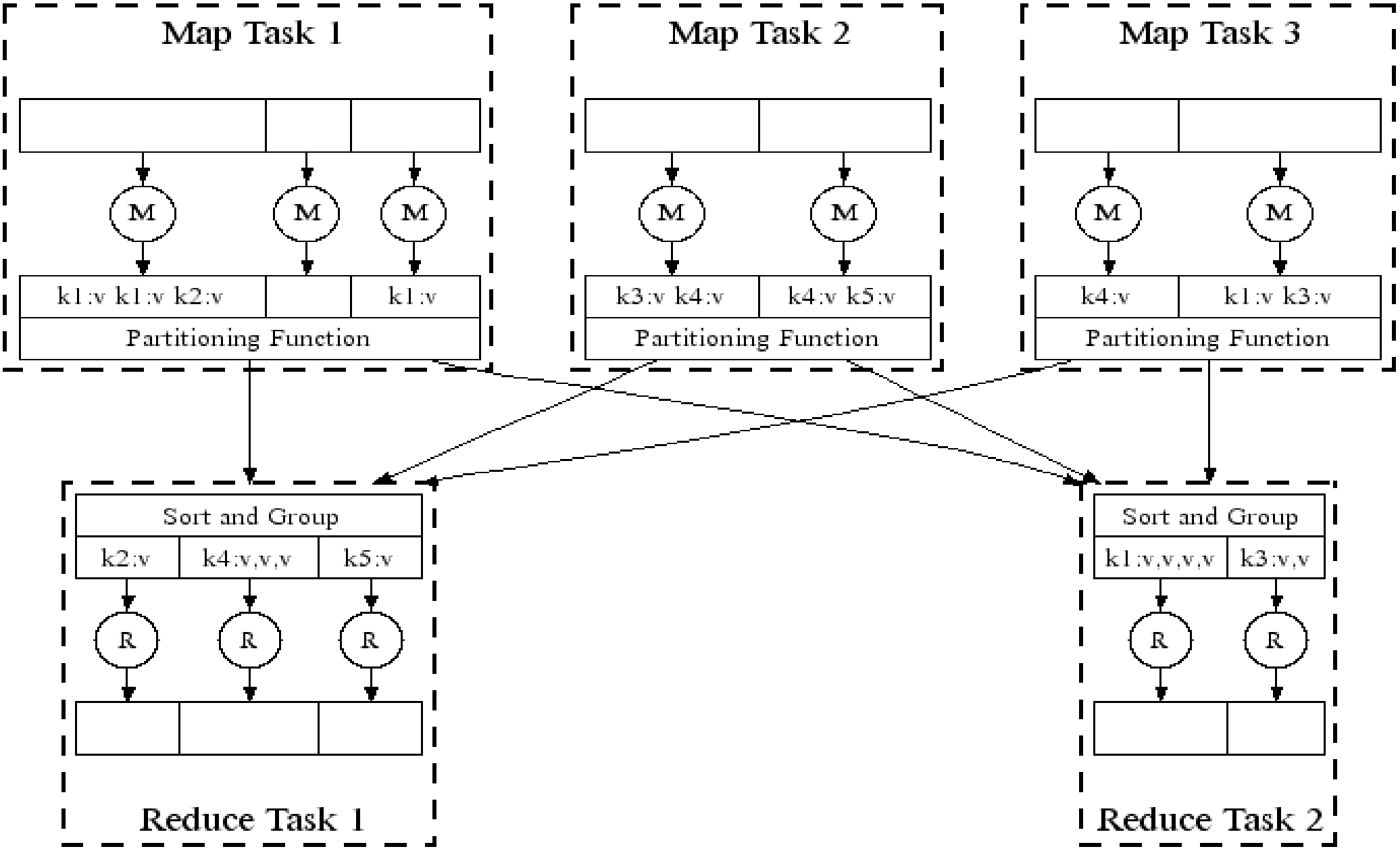
Google's MapReduce Diagram

Google 的 MapReduce 圖解



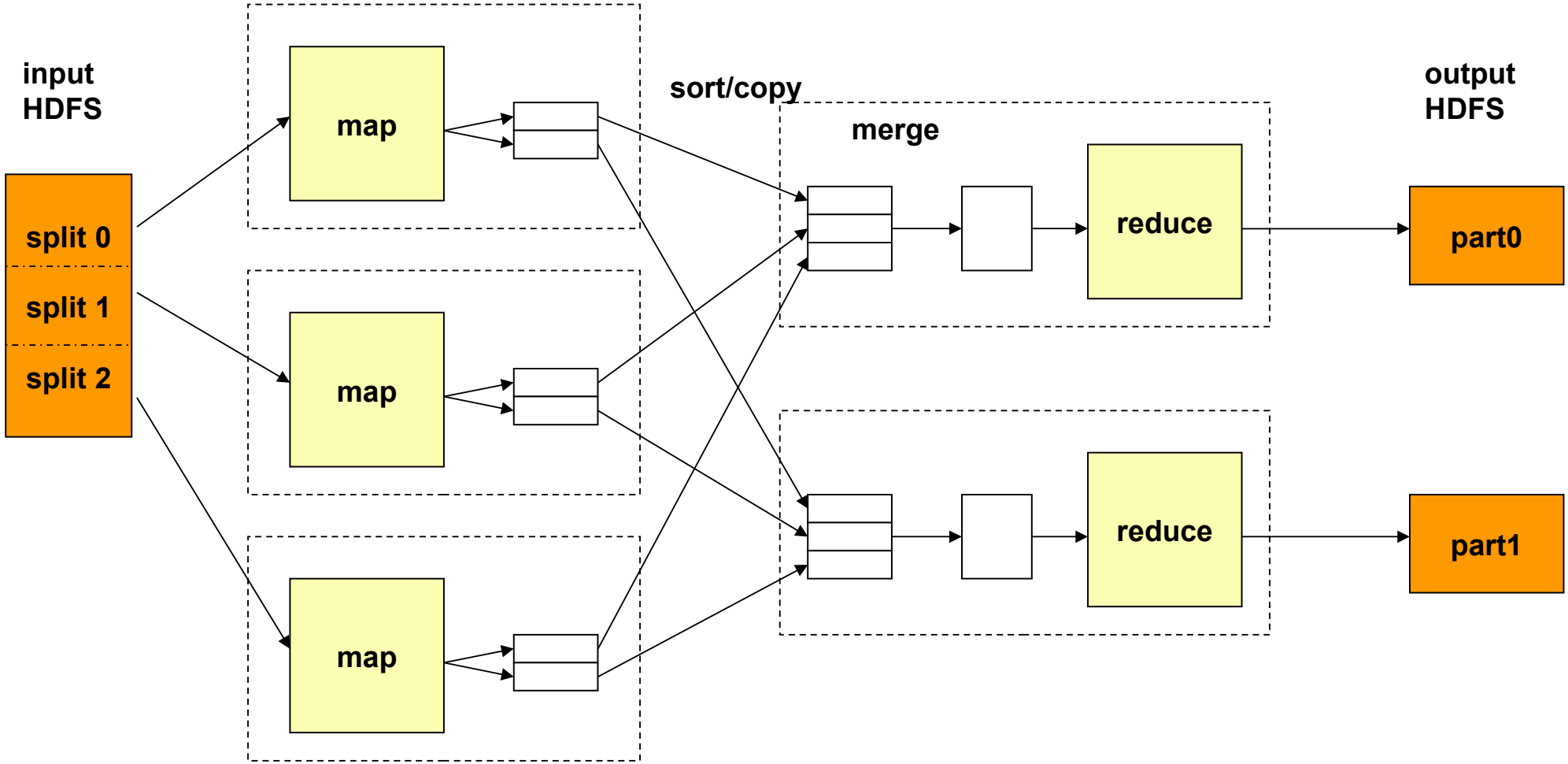
Google's MapReduce in Parallel

Google 的 MapReduce 平行版圖解



How does MapReduce work in Hadoop

Hadoop MapReduce 運作流程



JobTracker 跟 NameNode 取得需要運算的 blocks

JobTracker 選數個 TaskTracker 來作 Map 運算，產生些中間檔案

JobTracker 將中間檔案整合排序後，複製到需要的 TaskTracker 去

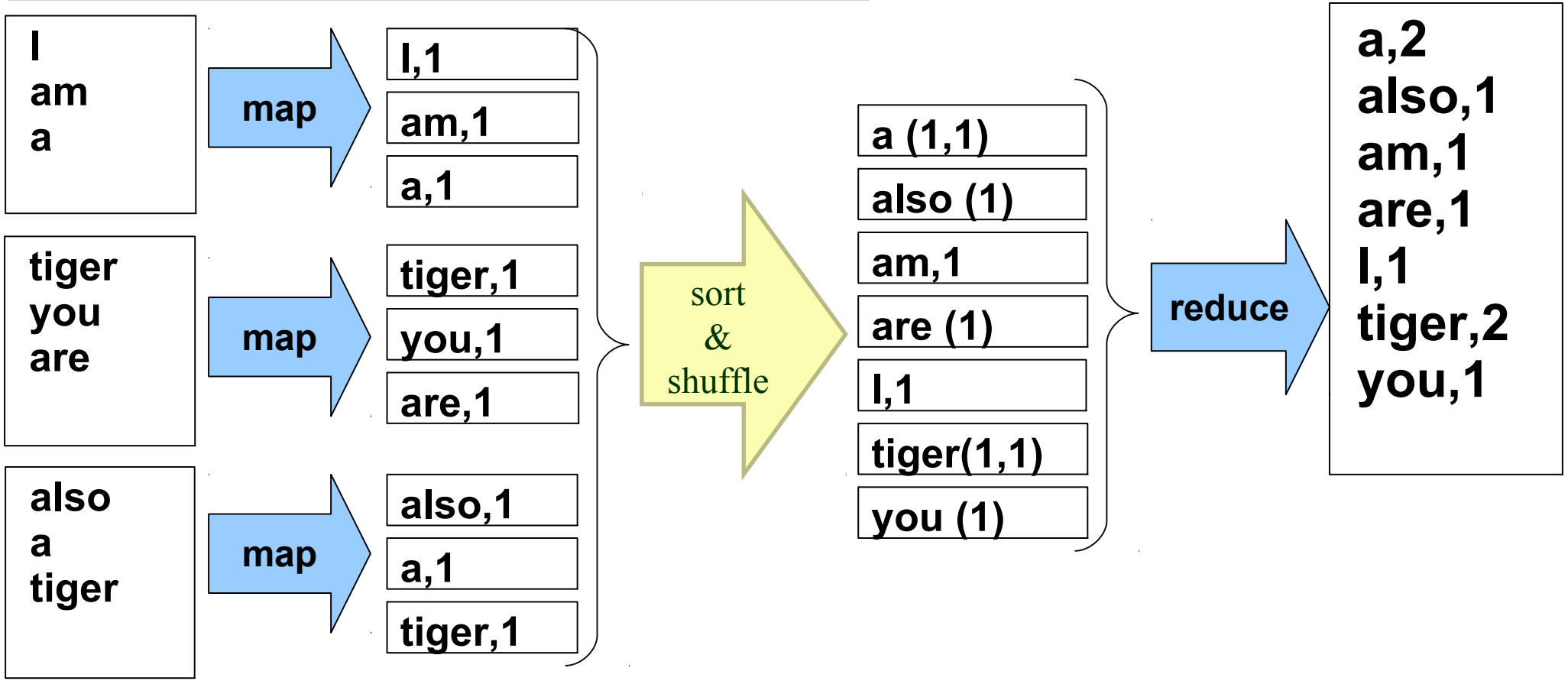
JobTracker 派遣 TaskTracker 作 reduce

reduce 完後通知 JobTracker 與 Namenode 以產生 output

MapReduce by Example (1)

MapReduce 運作實例 (1)

I am a tiger, you are also a tiger



JobTracker 先選了三個 Tracker 做 map

Map 結束後，hadoop 進行中間資料的重組與排序

JobTracker 再選一個 TaskTracker 作 reduce

MapReduce by Example (2)

MapReduce 運作實例 (2)

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \text{sqrt}(a+b) \\ \text{sqrt}(c+d) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 & 3.0 \\ 3.2 & 0.8 & 32.0 \\ 1.0 & 14.0 & 1.0 \end{bmatrix} \Rightarrow ?$$

```
(0,sqrt(1.0 +  0.0 +  3.0))
(1,sqrt(3.2 +  0.8 + 32.0))
(2,sqrt(1.0 + 14.0 +  1.0))
```

Input File

```
0 0 1.0   // A[0][1] = 1.0
0 1 0.0   // A[0][1] = 0.0
0 2 3.0   // A[0][2] = 3.0
1 0 3.2   // A[1][0] = 3.2
1 1 0.8   // A[1][1] = 0.8
```

map

```
(0,1.0)
(0,0.0)
(0,3.0)
(1,3.2)
(1,0.8)
```

```
1 2 32.0 // A[1][2] = 32.0
2 0 1.0  // A[2][0] = 1.0
2 1 14.0 // A[2][1] = 14.0
2 2 1.0  // A[2][2] = 1.0
```

map

```
(1,32.0)
(2,1.0)
(2,14.0)
(2,1.0)
```

sort / merge

```
(0,{1.0,0.0,3.0})
(1,{3.2,0.8,32.0})
(2,{1.0,14.0,1.0})
```

reduce

MapReduce is suitable to ....
MapReduce 合適用於 ....

- 大規模資料集
- **Large Data Set**
- 可拆解
- **Parallelization**

- Text tokenization
- Indexing and Search
- Data mining
- machine learning
- ...

- http://www.dbms2.com/2008/08/26/known-applications-of-mapreduce/
- http://wiki.apache.org/hadoop/PoweredBy

What we learn today ?

WHAT	Hadoop是處理海量資料的軟體平台!! Hadoop is a software platform to process vast amount of data!!
WHO	雅虎、臉書與推特都是Hadoop用戶與貢獻者~ Yahoo, Facebook and Tweeter are Hadoop User and Contributor!
WHEN	Hadoop是從2006年從Nutch獨立並用於雅虎!! Hadoop become a subproject of Nutch since 2006 !!
WHY	資料爆炸亟需資料探勘技術 Data-intensive Computing , Data Mining
HOW	從學習操作HDFS與MapReduce程式設計開始 The first step is from HDFS and MapReduce Programming .....

Questions?

Slides - http://trac.nchc.org.tw/cloud

Jazz Wang

Yao-Tsung Wang

jazz@nchc.org.tw

Powered by DRBL