

大数据与
计算机科学系列

大数据
技术与
应用方向

案例驱动的大数据 原理技术及应用

黄冬梅 梅海彬 贺 琪 编著

非
外
借



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

大数据与计算机科学系列

大数据技术与应用方向

案例驱动的大数据 原理技术及应用

黄冬梅 梅海彬 贺 琪 编著



上海交通大学出版社

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书从大数据的定义、特征、关键技术及其平台和主要应用出发,密切结合相关案例,揭示了案例对于大数据的驱动关系。针对这一关系,书中分别介绍了 Spark 系统和编程方式,大数据分析基础算法和实例,面向大数据的流数据分析算法和实例、图算法和实例,大数据应用编程案例,基于时间序列数据的预测等内容。

本书可作为计算机专业的教材,也可作为计算机工作者、爱好者的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

案例驱动的大数据原理技术及应用 / 黄冬梅,梅海彬,贺琪编著. —上海:上海交通大学出版社,2018
(电子工程与计算机科学 / 傅育熙,黄林鹏,汪卫,臧斌宇主编)

ISBN 978 - 7 - 313 - 20170 - 6

I. ①案… II. ①黄… ②梅… ③贺… III. ①数据处理 IV. ①TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 208149 号

案例驱动的大数据原理技术及应用

编 著:黄冬梅 梅海彬 贺 琪
出版发行:上海交通大学出版社
邮政编码:200030
出版人:谈 毅
印 制:常熟市文化印刷有限公司
开 本:787mm×1092mm 1/16
字 数:304 千字
版 次:2018 年 11 月第 1 版
书 号:ISBN 978 - 7 - 313 - 20170 - 6/TP
定 价:42.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号
电 话:021 - 64071208

经 销:全国新华书店
印 张:12.75
印 次:2018 年 11 月



版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话:0512 - 52219025

“大数据与计算机科学”系列教材

编委会名单

| 顾问 |

- John Hopcroft 图灵奖获得者
何积丰 中国科学院院士
梅 宏 中国科学院院士
蒋昌俊 东华大学校长
过敏意 千人计划, 计算机学会常务理事
施伯乐 复旦大学计算机研究所所长
邵志清 上海市经济和信息化委员会副主任

| 主任 |

- 傅育熙 教育部高等学校教学计算机类专业教学指导
委员会副主任委员

| 副主任 |

- 臧斌宇 上海交通大学软件学院院长
汪 卫 复旦大学计算机科学技术学院副院长
黄林鹏 上海交通大学计算机科学与技术系副主任

| 编委会委员 |

(排名不分先后)

- 曹珍富 华东师范大学计算机科学与软件工程学院密码与网络安全系主任
- 崔立真 山东大学计算机科学与技术学院副院长
- 何钦铭 浙江大学计算机科学与技术学院副院长
- 黄冬梅 上海海洋大学信息学院院长
- 江建慧 同济大学软件学院副院长
- 蒋建伟 上海交通大学软件学院副院长、MOOC 推进办副主任
- 马 啸 中山大学数据科学与计算机学院副院长
- 秦磊华 华中科技大学计算机科学与技术学院副院长
- 陶先平 南京大学计算机科学与技术系副主任
- 童维勤 上海大学计算机工程与科学学院计算机科学与技术系主任
- 薛向阳 复旦大学大数据学院副院长
- 虞慧群 华东理工大学信息科学与工程学院副院长
- 朱 敏 四川大学计算机学院副院长

Editorial Board List

| Consultants |

- | | |
|----------------|--|
| John Hopcroft | 图灵奖获得者 |
| He Jinfeng | Academician of Chinese Academy of Sciences |
| Mei Hong | Academician of Chinese Academy of Sciences |
| Jiang Changjun | President of Donghua University |
| Guo Minyi | “Recruitment Program of Global Experts” Inductee and Executive Director of the China Computer Federation |
| Shi Bole | Director of Computer Research Institute, Fudan University |
| Shao Zhiqing | Deputy Director of Shanghai Economic and Informatization Commission |

| Director |

- | | |
|---------|--|
| Fu Yuxi | Deputy Director of Computer Science Teaching Steering Committee, Institution of Higher Learning, Ministry of Education |
|---------|--|

| Deputy Directors |

- | | |
|---------------|--|
| Zang Binyu | Dean of School of Software, Shanghai Jiao Tong University |
| Wang Wei | Associate Dean of School of Computer Science and Technology, Fudan University |
| Huang Linpeng | Associate Dean of School of Computer Science and Technology, Shanghai Jiao Tong University |

| Editorial Board Members |

(in alphabetical order)

- Cao Zhenfu Dean of Department of Cryptography and Network Security, School of Computer Science and Software Engineering, East China Normal University
- Cui Lizhen Associate Dean of School of Computer Science and Technology, Shandong University
- He Qinming Associate Dean of School of Computer Science and Technology, Zhejiang University
- Huang Dongmei Dean of School of Information, Shanghai Ocean University
- Jiang Jianhui Associate Dean of School of Software, Tongji University
- Jiang Jianwei Associate Dean of School of Software, Shanghai Jiao Tong University, and Deputy Director of MOOC Promotion Office
- Ma Xiao Associate Dean of School of Big Data Science and Computer Science, Sun Yat-sen University
- Qin Leihua Vice Dean of School of Computer Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology
- Tao Xianping Associate Dean of Department of Computer Science and Technology, Nanjing University
- Tong Weiqin Dean of Department of Computer Science and Technology, School of Computer Engineering and Science, Shanghai University
- Xue Xiangyang Associate Dean of School of Big Data, Fudan University
- Yu Huiqun Associate Dean of School of Information Science and Engineering, East China University of Science and Technology
- Zhu Min Associate Dean of School of Computer Science, Sichuan University

序

在构思一套新的计算机科学技术系列教材时,会有很多考虑。其一,计算机科学提供了一个系统建模、问题求解的新模式。计算机专业的本科毕业生应熟练地将计算思维用于问题求解,因此,一套计算机科学技术系列教材也应将计算思维系统地贯穿于整套教材的编写。其二,计算技术在推动社会、科技高速发展的同时,其自身也经历着从以计算为中心到以数据和交互为中心的范式转变。计算机专业的本科毕业生若能了解有关数据获取、存储、分析、利用的基本方法、技术、工具,定能在其择业和职业发展中拥有更多的机会,一套面向这一专业需求、围绕数据思维设计的计算机科学技术系列教材就会受到广大师生的欢迎。其三,在一个更加基础的层面,一套新的计算机科学技术系列教材应在重新审视本学科核心理论的基础上,在分析数据科学、人工智能、密码与信息安全、计算经济学、甚至量子计算等交叉学科的基础上,为本专业提供一个理论和数学基础课程设计,以反应计算机学科及其交叉学科对算法、计算复杂性、概率与统计、线性代数、矩阵分析、高等代数、组合数学、博弈论等数学分支的依赖。

计算能力的提高不仅在加大计算机科学技术影响力的广度,还在加速其影响力的深度。计算机教育界目前进行的“计算机+X”和“X+计算机”的讨论旨在推动计算机专业建设,并及时反应这一影响的广度和深度。我认为这一切都源于一个广为接受的事实:计算机科学与技术是继科学实验和数学之后,推动人类社会和科技进步的第三股力量。正如科学实验为自然科学提供了研究手段,数学为工程提供了建模方法,概率与统计为经济学提供了工具,计算机科学与技术为自然科学、工程、经济学提供了全新的研究手段、建模方法和工具。从一个高等教育工作者的角度看,这第三股力量驱动着老学科的改造和新专业的诞生。

本系列教材希望将计算机科学与技术的内在思想和其作为第三股力量所呈现出的多样

性展现在读者面前,目标不是追求一个新的课程体系,而是主张将计算机科学与技术放在一个更高的视角去规划一个系、一个院、一所学校的专业建设,这其实也是新工科建设的视角。我希望这个系列不只是为计算机专业的师生提供一个选择,也为非计算机专业的师生搭建一座桥梁。

教育部计算机类教学指导委员会副主任

傅育熙

2017年10月16日

目 录

第 1 章	大数据基本概念	1
1.1	大数据的定义与特征	1
1.2	大数据的关键技术	2
1.3	主流的大数据平台	7
1.4	大数据的主要应用	11
1.5	本章小结	21
1.6	习题	21
第 2 章	Spark 系统与编程简介	22
2.1	Spark 概述	22
2.2	Spark 系统架构及运行模式	26
2.3	Spark 系统安装	30
2.4	Python 编程基础	39
2.5	Spark 的编程方式	57
2.6	Spark 的监控管理	63
2.7	Spark RDD	65
2.8	编程的基本步骤	72
2.9	本章小结	77
2.10	习题	77
第 3 章	大数据分析基础算法与实例	78
3.1	大数据分析概述	78
3.2	Spark 基础算法	79
3.3	实例：词频统计	81
3.4	实例：圆周率的计算	85

3.5	本章小结	87
3.6	习题	87
	附录	87
第 4 章	面向大数据的机器学习算法与实例	90
4.1	机器学习简介	91
4.2	Spark MLlib 介绍	98
4.3	机器学习应用实例	104
4.4	本章小结	120
4.5	习题	120
第 5 章	面向大数据的流数据分析算法与实例	122
5.1	Spark Streaming 简介	122
5.2	Spark Streaming 架构	124
5.3	Spark Streaming 运行原理	131
5.4	Spark Streaming 实例	133
5.5	容错、持久化和性能优化	140
5.6	本章小结	142
5.7	习题	143
第 6 章	面向大数据的图算法与实例	144
6.1	图的基本概念	144
6.2	图计算的同步机制	145
6.3	GraphFrames 安装和基础使用	147
6.5	最短路径算法及实例	155
6.6	网页排名	156
6.7	本章小结	157
6.8	习题	158
第 7 章	大数据应用编程案例	159
7.1	基于遥感数据的海冰/雪检测	159
7.2	基于时间序列数据的预测	175
7.3	本章小结	190
7.4	习题	190
	参考文献	192

第 1 章 大数据基本概念

随着信息技术的不断发展,云计算、物联网、社交网络等新兴技术和服务的不断涌现和广泛应用,数据种类日益增多,数据规模急剧增长,大数据时代已悄然来临。由于大数据对政府决策、商业规划和知识发现等所起的重大作用,大数据逐渐成为一种重要的战略性资源,受到政府、工业界及学术界的普遍关注。

1.1 大数据的定义与特征

1.1.1 大数据的定义

大数据的定义众说纷纭。

维基百科中只有短短的一句话:“巨量资料(big data),或称大数据,指的是所涉及的数据量规模巨大到无法通过目前主流软件工具,在合理时间内达到撷取、管理、处理并整理成为帮助企业经营决策更积极目的的资讯”。

美国咨询公司——麦肯锡公司是研究大数据的先驱,在其报告《大数据是革新、竞争、生产力的下一个前沿》(*Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity*)中给出的大数据定义是:大数据指的是大小超出常规的数据库工具获取、存储、管理和分析能力的数据集。但它同时强调,并不是说一定要超过特定 TB 值的数据集才能算是大数据。

国际数据公司(IDC)从大数据的四个特征来定义,即海量的数据规模(volume)、快速的数据流转和动态的数据体系(velocity)、多样的数据类型(variety)、巨大的数据价值(value)。

全球知名的电子商务公司亚马逊公司的大数据科学家 John Rauser 给出了一个简单的定义:大数据是任何超过了一台计算机处理能力的海量数据。

大数据是一个宽泛的概念,见仁见智。上面几个定义,无一例外地都突出了“大”字。诚然“大”是大数据的一个重要特征,但远远不是全部。大数据是“在多样的或者大量数据中,迅速获取信息的能力”。前面几个定义都是从大数据本身出发,我们的定义更关心大数据的功用。它能帮助大家干什么?在这个定义中,重心是“能力”。大数据的核心能力,是发现规

律和预测未来。

1.1.2 大数据的特征

大数据首先是数据,其次,它是具备了某些特征的数据。目前公认的特征有四个: volume, velocity, variety 和 value,简称 4V。

数据规模大(volume):企业面临着数据量的大规模增长。例如, IDC 最近的报告预测称,到 2020 年,全球数据量将扩大 50 倍。目前,大数据的规模尚是一个不断变化的指标,单一数据集的规模范围从几十 TB 到数 PB 不等。简而言之,存储 1 PB 数据将需要两万台配备 50 GB 硬盘的个人电脑。此外,各种意想不到的来源都能产生数据。就目前技术而言,至少 TB 级别以下的不能称大数据。

数据种类多(variety):就内容而言,大数据已经远远不局限于数值,文字、图片、语音、图像,一切在网络上可以传输、显示和搜索的信息。然而,数据多样性的增加主要是由于新型多结构数据包括网络日志、社交媒体、互联网搜索、手机通话记录及传感器网络等数据类型。其中,部分传感器安装在火车、汽车和飞机上,每个传感器都增加了数据的多样性。从结构而言,和存储在数据库中的结构化数据不同,当前的大数据主要指半结构化和非结构化的信息,比如机器生成信息(各种日志)、自然语言等。

处理速度快(velocity):高速描述的是数据被创建和移动的速度。在高速网络时代,通过基于实现软件性能优化的高速电脑处理器和服务器的,创建实时数据流已成为流行趋势。企业不仅需要了解如何快速创建数据,还必须知道如何快速处理、分析并返回给用户,以满足他们的实时需求。根据 IMS Research 关于数据创建速度的调查,据预测,到 2020 年全球将拥有 220 亿部互联网连接设备。简言之:1 TB 的数据,10 分钟处理完,叫大数据,一年处理完,就不能算“大”了。

价值密度低(value):大量的不相关信息,浪里淘沙却又弥足珍贵。对未来趋势与模式的预测分析,深度复杂分析(机器学习、人工智能 Vs 传统商务智能(咨询、报告等))。蚁坊软件在舆情大数据处理中注重大量化、多样化、快速化、价值化,凭借自身的大数据平台为客户提供舆情应用服务,其中鹰击提供微博舆情监测分析服务,正是基于这四个维度,其舆情“早发现”的能力显著领先竞争对手,为舆情早报告、早响应提供先机;而蚁坊软件旗下的另外一款典型产品,则是从多样性(全网)、快速性方面独有优势——鹰眼提供全网舆情监测分析服务,方便客户“速读网”,掌控舆情发展态势。如果不能从中提取出价值,不能通过挖掘、分析而得到指导业务的洞察力,那这些数据也就没什么用。

1.2 大数据的关键技术

1.2.1 大数据处理技术

1. 数据挖掘与分析

大数据分析的理论核心就是数据挖掘算法,各种数据挖掘的算法基于不同的数据类型和格式才能更加科学的呈现出数据本身具备的特点,也正是因为这些被全世界统计学家所

公认的各种统计方法(可以称之为真理)才能深入数据内部,挖掘出公认的价值。另外一个方面也是因为有这些数据挖掘的算法才能更快速的处理大数据,如果一个算法得花上好几年才能得出结论,那大数据的价值也就无从说起了。

数据挖掘和分析的相关方法如下:

(1) 记忆基础推理法 MBR(Memory-Based Reasoning; MBR)分析。MBR 分析方法最主要的概念是用已知的案例(case)来预测未来案例的一些属性(attribute),通常找寻最相似的案例来做比较。记忆基础推理法中有两个主要的要素,分别为距离函数(distance function)与结合函数(combination function)。距离函数的用意在找出最相似的案例;结合函数则将相似案例的属性结合起来,以供预测之用。记忆基础推理法的优点是它容许各种形态的数据,这些数据不需服从某些假设。另一个优点是它具备学习能力,它能藉由旧案例的学习来获取关于新案例的知识。较令人诟病的是它需要大量的历史数据,有足够的历史数据方能做良好的预测。此外记忆基础推理法在处理上亦较为费时,不易发现最佳的距离函数与结合函数。其可应用的范围包括欺骗行为的侦测、客户反应预测、医学诊疗、反应的归类等方面。

(2) 购物篮分析(Market Basket Analysis)。购物篮分析最主要的目的在于找出什么样的东西应该放在一起?商业上的应用在藉由顾客的购买行为来了解是什么样的顾客以及这些顾客为什么买这些产品,找出相关的联想(association)规则,企业藉由这些规则的挖掘获得利益与建立竞争优势。举例来说,零售店可藉由此分析改变置物架上的商品排列或是设计吸引客户的商业套餐等等。购物篮分析技术可以应用在下列问题上:

① 针对信用卡购物,能够预测未来顾客可能购买什么;

② 对于电信与金融服务业而言,经由购物篮分析能够设计不同的服务组合以扩大利润;

③ 保险业能藉由购物篮分析侦测出可能不寻常的投保组合并作预防;

④ 对病人而言,在疗程的组合上,购物篮分析能作为是否这些疗程组合会导致并发症的判断依据。

(3) 决策树(Decision Trees)。决策树在解决归类与预测上有着极强的能力,它以法则的方式表达,而这些法则则以一连串的问题表示出来,经由不断询问问题最终能导出所需的结果。典型的决策树顶端是一个树根,底部有许多的树叶,它将纪录分解成不同的子集,每个子集中的字段可能都包含一个简单的法则。此外,决策树可能有着不同的外形,例如二元树、三元树或混合的决策树形态。

(4) 遗传算法(Genetic Algorithm)。遗传算法学习细胞演化的过程,细胞间可经由不断的选择、复制、交配、突变产生更佳的新细胞。基因算法的运作方式也很类似,它必须预先建立好一个模式,再经由一连串类似产生新细胞过程的运作,利用适合函数(fitness function)决定所产生的后代是否与这个模式吻合,最后仅有最吻合的结果能够存活,这个程序一直运作直到此函数收敛到最佳解。基因算法在群集(cluster)问题上有着不错的表现,一般可用来辅助记忆基础推理法与类神经网络的应用。

(5) 聚类分析(Cluster Detection)。这个技术涵盖范围相当广泛,在基因算法、类神经网络、统计学中的群集分析都有这个功能。它的目标为找出数据中以前未知的相似群体,在许许多多的分析中,刚开始都运用到群集侦测技术,作为研究的开端。

(6) 连接分析(Link Analysis)。连接分析是以数学中之图形理论(graph theory)为基础,

藉由记录之间的关系发展出一个模式,它是以关系为主体,由人与人、物与物或是人与物的关系发展出相当多的应用。例如电信服务业可藉连接分析收集到顾客使用电话的时间与频率,进而推断顾客使用偏好为何,提出有利于公司的方案。除了电信业之外,愈来愈多的营销业者亦利用连接分析做有利于企业的研究。

(7) OLAP (On-Line Analytic Processing; OLAP (在线分析处理)) 分析。严格说起来, OLAP 分析并不算一个特别的数据挖掘技术,但是透过在线分析处理工具,使用者能更清楚地了解数据所隐藏的潜在意涵。如同一些视觉处理技术一般,透过图表或图形等方式显现,对一般人而言,感觉会更友善。这样的工具亦能辅助将数据转变成信息的目标。

(8) 神经网络 (Neural Networks)。神经网络是以重复学习的方法,将一串例子交与学习,使其归纳出一足以区分的样式。若面对新的例证,神经网络即可根据其过去学习的成果归纳后,推导出新的结果,乃属于机器学习的一种。数据挖掘的相关问题也可采类神经学习的方式,其学习效果十分正确并可做预测功能。

(9) 判别分析 (Discriminant Analysis)。当所遭遇问题的因变量为定性 (categorical), 而自变量 (预测变量) 为定量 (metric) 时,判别分析为一非常适当之技术,通常应用在解决分类的问题上面。若因变量由两个群体所构成,称之为双群体判别分析 (two-group discriminant analysis); 若由多个群体构成,则称之为多元判别分析 (multiple discriminant analysis; MDA)。找出预测变量的线性组合,使组间变异相对于组内变异的比值为最大,而每一个线性组合与先前已经获得的线性组合均不相关。检定各组的重心是否有差异。找出哪些预测变量具有最大的区别能力。根据新受试者的预测变量数值,将该受试者指派到某一群体。

(10) 回归分析 (Logistic Analysis)。当判别分析中群体不符合正态分布假设时,回归分析是一个很好的替代方法。回归分析并非预测事件 (event) 是否发生,而是预测该事件的概率。它将自变量与因变量的关系假定是 S 的形状,当自变量很小时,概率值接近为零;当自变量值慢慢增加时,概率值沿着曲线增加,增加到一定程度时,曲线斜率开始减小,故概率值介于 0 与 1 之间。

2. 内存计算

传统的数据挖掘先期准备时间过长,无法迅速处理当下瞬息万变的数据,难以应对为解决决策者对信息进行“实时”分析的强需求。这就需要一种新的方法和工具,要求从“实时”的数据中提取有用的信息。

内存计算相比传统的方法的优势是:充分发挥多核的能力,可以对数据并行地处理,并且内存读取的速度成倍数加快,数据按优化的列存储方式存放在内存里面。结论是,内存计算可对大规模海量的数据做实时分析和运算,不需要事先的数据预处理和数据建模。例如,想要以任何维度去分析数据,实时建立模型,实时完成分析处理,上亿条数据可能从几天缩短为几秒钟就处理完。

3. 流处理技术

流式计算和批量计算分别适用于不同的大数据应用场景:对于先存储后计算,实时性要求不高而同时数据的准确性、全面性更为重要的应用场景,批量计算模式更合适;对于无须先存储,可以直接进行数据计算,实时性要求很严格,但数据的精确度要求稍微宽松的应用场景,流式计算具有明显优势。流式计算中,数据往往是最近一个时间窗口内的,因此数据延迟的时间往往较短,实时性较强,但数据的精确程度往往较低。流式计算和批量计算具

有明显的优劣互补特征,在多种应用场合下可以将两者结合起来使用。通过发挥流式计算的实时性优势和批量计算的计算精度优势,满足多种应用场景在不同阶段的数据计算要求。

目前,关于大数据批量计算相关技术的研究相对成熟,形成了以 Google 的 MapReduce 编程模型、开源的 Hadoop 计算系统为代表的高效、稳定的批量计算系统,在理论上和实践中均取得了显著成果。关于流式计算的早期研究往往集中在数据库环境中开展数据计算的流式化,数据规模较小,数据对象比较单一。由于新时期的流式大数据呈现出实时性、易失性、突发性、无序性、无限性等特征,对系统提出了很多新的更高的要求。2010年, Yahoo 推出 S4 流式计算系统,2011年, Witter 推出 Storm 流式计算系统,在一定程度上推动了大数据流式计算技术的发展和應用。但是,这些系统在可伸缩性、系统容错、状态一致性、负载均衡、数据吞吐量等诸多方面仍然存在着明显不足。如何构建低延迟、高吞吐且持续可靠运行的大数据流式计算系统,是当前亟待解决的问题。

1.2.2 大数据存储技术

1. 分布式文件系统

分布式文件系统(distributed file system)是指文件系统管理的物理存储资源不一定直接连接在本地节点上,而是通过计算机网络与节点相连。分布式文件系统的设计基于客户机服务器模式。一个典型的网络可能包括多个供多用户访问的服务器。另外,对等特性允许一些系统扮演客户机和服务器的双重角色。例如,用户可以“发表”一个允许其他客户机访问的目录,一旦被访问,这个目录对客户机来说就像使用本地驱动器一样,下面是三个基本的分布式文件系统。

计算机通过文件系统管理、存储数据,而信息爆炸时代中人们可以获取的数据成指数倍的增长,单纯通过增加硬盘个数来扩展计算机文件系统的存储容量的方式,在容量大小、容量增长速度、数据备份、数据安全等方面的表现都差强人意。分布式文件系统可以有效解决数据的存储和管理难题:将固定于某个地点的某个文件系统,扩展到任意多个地点/多个文件系统,众多的节点组成一个文件系统网络。每个节点可以分布在不同的地点,通过网络进行节点间的通信和数据传输。人们在使用分布式文件系统时,无须关心数据是存储在哪个节点上或者是从哪个节点上获取的,只需要像使用本地文件系统一样管理和存储文件系统中的数据。

2. 非关系型数据库技术

随着互联网 web2.0 网站的兴起,非关系型的数据库现在成了一个极其热门的新领域,非关系数据库产品的发展非常迅速。而传统的关系数据库在应付 web2.0 网站,特别是超大规模和高并发的 SNS 类型的 web2.0 纯动态网站已经显得力不从心,暴露了很多难以克服的问题。

(1) 关系数据库难以克服的障碍。

① High Performance——对数据库高并发读写的需求。Web2.0 网站要根据用户个性化信息来实时生成动态页面和提供动态信息,所以基本上无法使用动态页面静态化技术,因此数据库并发负载非常高,往往要达到每秒上万次读写请求。关系数据库应付上万次 SQL 查询还勉强顶得住,但是应付上万次 SQL 写数据请求,硬盘 IO 就已经无法承受了。其实对于普通的 BBS 网站,往往也存在对高并发写请求的需求,例如像 JavaEye 网站的实时统计在线

用户状态,记录热门帖子的点击次数,投票计数等,因此这是一个相当普遍的需求。

② Huge Storage——对海量数据的高效率存储和访问的需求。类似 Facebook, Twitter, Friendfeed 这样的 SNS 网站,每天用户产生海量的用户动态,以 Friendfeed 为例,一个月就达到了 2.5 亿条用户动态,对于关系数据库来说,在一张 2.5 亿条记录的表里面进行 SQL 查询,效率是极其低下乃至不可忍受的。再例如大型 web 网站的用户登录系统,例如腾讯,盛大,动辄数以亿计的账号,关系数据库也很难应付。

③ High Scalability & High Availability——对数据库的高可扩展性和高可用性的需求。在基于 web 的架构当中,数据库是最难进行横向扩展的,当一个应用系统的用户量和访问量与日俱增的时候,你的数据库却没有办法像 web server 和 app server 那样简单地通过添加更多的硬件和服务节点来扩展性能和负载能力。对于很多需要提供 24 小时不间断服务的网站来说,对数据库系统进行升级和扩展是非常痛苦的事情,往往需要停机维护和数据迁移,为什么数据库不能通过不断地添加服务器节点来实现扩展呢?

(2) 关系数据库的实际应用无法满足需求。在上面提到的“三高”需求面前,关系数据库遇到了难以克服的障碍,而对于 web2.0 网站来说,关系数据库的很多主要特性却往往无用武之地,例如:

① 数据库事务一致性需求。很多 web 实时系统并不要求严格的数据库事务,对读一致性的要求很低,有些场合对写一致性要求也不高。因此数据库事务管理成了数据库高负载下一个沉重的负担。

② 数据库的写实时性和读实时性需求。对关系数据库来说,插入一条数据之后立刻查询,是肯定可以读出这条数据来的,但是对于很多 web 应用来说,并不要求这么高的实时性,比方说我微信的朋友圈发一条消息之后,过几秒乃至十几秒之后,我的订阅者才看到这条动态是完全可以接受的。

③ 对复杂的 SQL 查询,特别是多表关联查询的需求。任何大数据量的 web 系统,都非常忌讳多个大表的关联查询,以及复杂的数据分析类型的复杂 SQL 报表查询,特别是 SNS 类型的网站,从需求以及产品设计角度,就避免了这种情况的产生。往往更多的只是单表的主键查询,以及单表的简单条件分页查询,SQL 的功能被极大的弱化了。

因此,关系数据库在这些越来越多的应用场景下显得不那么合适了,为了解决这类问题的非关系数据库应运而生,现在这两年,各种各样非关系数据库,特别是键值数据库(Key-Value Store DB)风起云涌,多得让人眼花缭乱。前不久国外刚刚举办了 NoSQL Conference,各路 NoSQL 数据库纷纷亮相,加上未亮相但是名声在外的,起码有超过 10 个开源的 NoSQLDB,例如: Redis、Tokyo Cabinet、Cassandra、Voldemort、MongoDB、Dynomite、HBase、CouchDB、Hypertable、Riak、Tin、Flare、Lightcloud、KiokuDB、Scalaris、Kai、ThruDB……这些 NoSQL 数据库,有的是用 C/C++ 编写的,有的是用 Java 编写的,还有的是用 Erlang 编写的,每个都有自己的独到之处。

3. 数据仓库

数据仓库,英文名称为 data warehouse,可简称为 DW 或 DWH,是指为企业所有级别的决策制定过程,提供所有类型数据支持的战略集合。它是单个数据存储,出于分析性报告和决策支持目的而创建。为需要业务智能的企业,提供指导业务流程改进、监视时间、成本、质量以及控制。数据仓库是决策支持系统(DSS)和联机分析应用数据源的结构化数据环境。数