



国之重器出版工程
网络强国建设

学术中国·院士系列
未来网络创新技术研究系列

Cloud Computing and Big Data Processing

云计算大数据处理

刘鹏 于全 杨震宇 陈伟 王磊 张乃甜 编 著



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

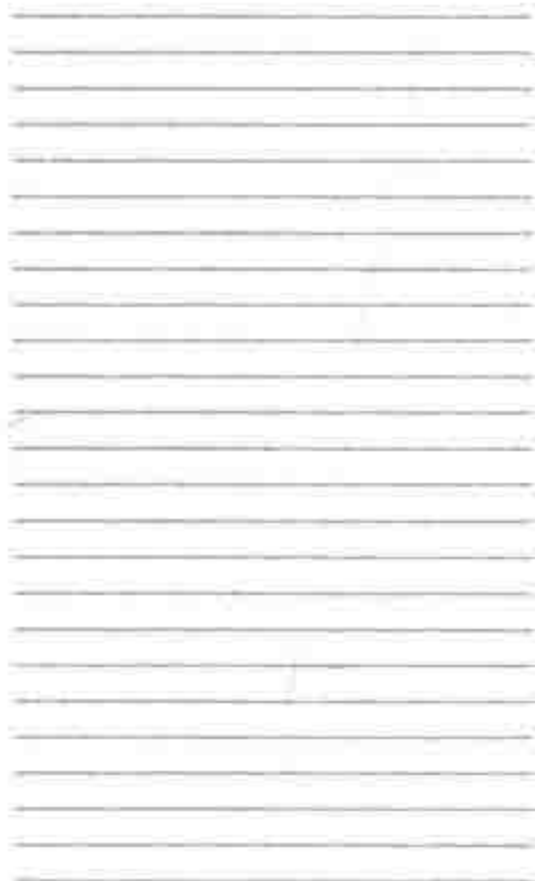


国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



国之重器出版工程
网络强国建设

学术中国·院士系列
未来网络创新技术研究系列



云计算大数据处理

Cloud Computing and Big Data Processing

刘鹏 于全 杨震宇 陈伟 王磊 张乃甜 编 著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

云计算大数据处理 / 刘鹏等编著. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2018. 8
(学术中国. 院士系列. 未来网络创新技术研究系列)
国之重器出版工程
ISBN 978-7-115-48765-0

I. ①云… II. ①刘… III. ①云计算—数据处理
IV. ①TP393.027②TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第137107号

内 容 提 要

本书介绍了基于云计算的大数据处理技术, 重点介绍了一款高效的、实时分析处理海量数据的强有力工具——数据立方。数据立方是针对大数据处理的分布式数据库, 能够可靠地对大数据进行实时处理, 具有即时响应多用户并发请求的能力。

本书通过对当前主流的大数据处理系统进行深入剖析, 阐述了数据立方产生的背景, 介绍了数据立方的整体架构以及安装和详细开发流程, 并给出了 4 个完整的数据立方综合应用实例。所有实例都经过验证并附有详细的步骤说明, 无论是对于云计算的初学者还是想进一步深入学习大数据处理技术的研究和开发人员都有很好的参考价值。读者也可从本书配套网站中国云计算和中国大数据获取更多资料或求解疑难问题。

◆ 编 著 刘 鹏 于 全 杨震宇 陈 伟 王 磊 张乃甜

责任编辑 代晓丽

责任印制 杨林杰

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

固安县铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 710×1000 1/16

印张: 16.75

2018 年 8 月第 1 版

字数: 310 千字

2018 年 8 月河北第 1 次印刷

定价: 118.00 元

读者服务热线: (010) 81055488 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

《国之重器出版工程》

编辑委员会

编辑委员会主任：苗 圩

编辑委员会副主任：刘利华 辛国斌

编辑委员会委员：

冯长辉	梁志峰	高东升	姜子琨	许科敏
陈 因	郑立新	马向晖	高云虎	金 鑫
李 巍	李 东	高延敏	何 琼	刁石京
谢少锋	闻 库	韩 夏	赵志国	谢远生
赵永红	韩占武	刘 多	尹丽波	赵 波
卢 山	徐惠彬	赵长禄	周 玉	姚 郁
张 炜	聂 宏	付梦印	季仲华	



专家委员会委员（按姓氏笔画排列）：

- 于 全 中国工程院院士
- 王少萍 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 王建民 清华大学软件学院院长
- 王哲荣 中国工程院院士
- 王 越 中国科学院院士、中国工程院院士
- 尤肖虎 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 邓宗全 中国工程院院士
- 甘晓华 中国工程院院士
- 叶培建 中国科学院院士
- 朱英富 中国工程院院士
- 朵英贤 中国工程院院士
- 邬贺铨 中国工程院院士
- 刘大响 中国工程院院士
- 刘怡昕 中国工程院院士
- 刘韵洁 中国工程院院士
- 孙逢春 中国工程院院士
- 苏彦庆 “长江学者奖励计划”特聘教授



- 苏哲子 中国工程院院士
- 李伯虎 中国工程院院士
- 李应红 中国科学院院士
- 李新亚 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、
中国机械工业联合会副会长
- 杨德森 中国工程院院士
- 张宏科 北京交通大学下一代互联网互联设备国家
工程实验室主任
- 陆建勋 中国工程院院士
- 陆燕荪 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、原
机械工业部副部长
- 陈一坚 中国工程院院士
- 陈懋章 中国工程院院士
- 金东寒 中国工程院院士
- 周立伟 中国工程院院士
- 郑纬民 中国计算机学会原理事长
- 郑建华 中国科学院院士



屈贤明 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、工业和信息化部智能制造专家咨询委员会副主任

项昌乐 “长江学者奖励计划”特聘教授，中国科协书记处书记，北京理工大学党委副书记、副校长

柳百成 中国工程院院士

闻雪友 中国工程院院士

徐德民 中国工程院院士

唐长红 中国工程院院士

黄卫东 “长江学者奖励计划”特聘教授

黄先祥 中国工程院院士

黄 维 中国科学院院士、西北工业大学常务副校长

董景辰 工业和信息化部智能制造专家咨询委员会委员

焦宗夏 “长江学者奖励计划”特聘教授



前言

在互联网带来的大数据问题压力下，我们需要全新的思想，通过“积木化”的改变，重新定义计算资源的使用方式、服务的提供方式以及社会化大生产的协作过程。云计算带来了这种思想的落实机制，这种机制使我们可以组织资源以服务，组织技术以实现，组织流程以应变。而且，云计算扩大了对服务的定义，并带来了一种全新的计算资源管理思路，一种信息技术的系统工程理念和一次信息社会的工业化革命。

虽然云计算起步于企业界，但在发展过程中需要解决具有挑战性的技术问题。本着这种思想，我们与华为、中兴通讯、360 安全卫士、华胜天成、天威视讯和世纪鼎利等知名企业建立了紧密的联合研究关系，研究内容紧跟市场需求和技术发展，研究成果能够迅速地转化为生产力。在这本书里，我们将和大家分享其中一些研究成果。近年来，大数据技术发展的主要推动力来自并行计算硬件和软件技术的发展，以及近年来行业大数据处理需求的迅猛增长，这引起了全世界的广泛关注，掀起了一轮全球性的发展浪潮。

感谢云创存储的研究团队为本书的撰写工作所作的贡献，特别是张晓燕、张国庆、贾文周、夏宇朗、李鹏芳、赵洪涛、钱力、刘晶晶、葛馨彤等。

欢迎大家关注我的微信公众号：刘鹏看未来（lpoutlook）。

解放军理工大学 刘鹏



目 录

第 1 章	大数据挑战	001
1.1	当前面临的大数据挑战	002
1.1.1	大数据急剧膨胀	002
1.1.2	大数据智能分析	004
1.1.3	大数据深度挖掘	005
1.1.4	业务与技术脱节	006
1.2	大数据催生云计算	007
1.2.1	云计算不是偶然	007
1.2.2	云计算带来挑战与机遇	011
1.2.3	云计算对大数据的意义	014
1.2.4	云计算的未来展望	015
1.3	大数据存储	016
1.3.1	存储仅是第一步	016
1.3.2	行存储和列存储	018
1.3.3	PB 级大数据存储	021
1.3.4	大数据存储的未来	024
1.4	大数据处理	027
1.4.1	大数据处理的瓶颈	027
1.4.2	大数据处理的需求	031
1.4.3	大数据处理技术决定未来	032



1.4.4 大数据处理解决方案	035
参考文献	037
第 2 章 当前的大数据处理系统	039
2.1 开源大数据处理平台	040
2.1.1 Hadoop	040
2.1.2 MapReduce	044
2.2 NoSQL 数据库	047
2.2.1 Google BigTable 的开源 Java 实现: HBase	047
2.2.2 纯分布式数据库: Cassandra	050
2.2.3 NoSQL 数据库的应用场景	051
2.3 数据仓库平台	052
2.3.1 Hive	052
2.3.2 数据仓库平台架构	052
2.3.3 数据仓库平台的实现	053
参考文献	054
第 3 章 数据立方简介	055
3.1 数据立方的产生背景	056
3.2 数据立方的相关技术	056
3.2.1 云计算中的大数据处理技术——MapReduce	056
3.2.2 并行数据库技术	058
3.2.3 云计算与数据库相结合的技术	059
3.3 数据立方的架构以及与 Hadoop 的关系	060
3.3.1 数据立方的体系架构	061
3.3.2 数据立方与 Hadoop 的关系	067
参考文献	068
第 4 章 数据立方及配套环境的安装	069
4.1 安装流程	070
4.2 操作系统的安装	070
4.2.1 CentOS 6.2 的安装	070
4.2.2 JDK 的安装	075



4.2.3	配置 SSH	075
4.2.4	配置 /etc/hosts	076
4.2.5	修改机器主机名	077
4.2.6	配置 NFS 与 NTP.....	077
4.3	Hadoop 的安装	078
4.3.1	Hadoop 的版本.....	078
4.3.2	HDFS 的配置安装	078
4.3.3	MapReduce 的配置安装	082
4.4	数据立方的配置安装	084
4.4.1	MySQL-Connector 的安装	084
4.4.2	编辑数据立方的配置文件	084
4.4.3	数据立方的启动	088
4.5	监控工具 Ganglia 的安装	088
4.5.1	安装依赖	088
4.5.2	安装 Ganglia.....	090
4.5.3	配置 Ganglia.....	090
4.6	数据导入工具 Sqoop 的安装	092
4.6.1	安装前提	092
4.6.2	安装步骤	092
	参考文献.....	093
第 5 章	Hello World 数据立方快速入门	095
5.1	智慧交通数据处理实例	096
5.1.1	实例背景	096
5.1.2	建表	098
5.1.3	数据入库	099
5.1.4	数据查询	099
5.2	编程实现	100
第 6 章	数据立方开发	103
6.1	数据立方的开发说明	104
6.2	数据立方 SQL 规范.....	105
6.2.1	数据定义与数据操作语言	106
6.2.2	数据查询语言	114



- 6.3 数据入库接口开发 122
 - 6.3.1 单条或多条记录入库 Java 开发包 122
 - 6.3.2 开发说明 122
 - 6.3.3 示例 123
- 6.4 数据查询接口开发 124
 - 6.4.1 Java 开发包 124
 - 6.4.2 接口介绍 125
 - 6.4.3 示例 126
- 6.5 数据导入工具 Sqoop 命令及其使用 126
 - 6.5.1 Sqoop 命令及通用参数 127
 - 6.5.2 Sqoop 命令的使用 128
- 第 7 章 数据立方的维护 129
 - 7.1 HDFS 的维护 130
 - 7.1.1 HDFS 的 dfsadmin 命令 130
 - 7.1.2 HDFS 的 Balancer 工具 133
 - 7.2 Shell 的使用 135
 - 7.2.1 数据立方 Shell 说明 135
 - 7.2.2 数据定义与数据操作的 Shell 135
 - 7.2.3 数据查询的 Shell 136
 - 7.3 数据立方的常见问题及其解决方法 136
 - 7.3.1 问题 1: datacube-shell.sh 启动后连接不上服务器 136
 - 7.3.2 问题 2: 启动时, 有时可以看到报错信息 137
 - 7.3.3 问题 3: 查看运行日志 138
 - 7.4 Sqoop 的常见问题及其解决方法 138
 - 7.4.1 MySQL 的用户问题 138
 - 7.4.2 MySQL 的权限问题 139
 - 7.4.3 Sqoop 的 Path 问题 139
 - 7.4.4 Sqoop 的 Import 问题 140
 - 7.5 数据立方管理系统 140
 - 7.5.1 登录 140
 - 7.5.2 集群管理 141
 - 7.5.3 数据管理 143
 - 7.5.4 表结构管理 143



7.5.5	数据入库	144
7.5.6	在线查询	144
7.5.7	对外接口	145
7.5.8	文件管理	145
7.5.9	任务管理	146
7.5.10	告警管理	146
7.5.11	故障管理	148
参考文献		148
 第 8 章 数据立方的可靠性		149
8.1	Hadoop 的可靠性	150
8.1.1	HDFS 中 NameNode 的单点问题	150
8.1.2	HDFS 数据块副本机制	151
8.1.3	HDFS 心跳机制	152
8.1.4	HDFS 负载均衡	152
8.1.5	MapReduce 容错	153
8.2	Hadoop 的 SecondaryNameNode 机制	154
8.2.1	磁盘镜像与日志文件	154
8.2.2	SecondaryNameNode 更新镜像的流程	154
8.3	Avatar 机制	157
8.3.1	Avatar 系统架构	158
8.3.2	Avatar 元数据同步机制	159
8.3.3	故障切换过程	161
8.3.4	Avatar 运行流程	163
8.3.5	Avatar 故障切换流程	169
8.4	Avatar 实战	173
8.4.1	实验环境	173
8.4.2	Avatar 的编译	174
8.4.3	Avatar 的安装和配置	176
8.4.4	Avatar 启动运行与宕机切换	185
8.5	数据立方的工作流程及可靠性	188
8.5.1	数据立方的架构	188
8.5.2	数据立方的工作流程	189
8.5.3	数据立方的可靠性	189



参考文献	190
第 9 章 数据统计分析实例——供电信息采集系统	191
9.1 客户需求分析	192
9.1.1 测试过程及数据量描述	192
9.1.2 测试过程分解及效率统计	193
9.2 数据表设计	197
9.3 查询语句设计与结果展现	200
9.4 查询优化	201
9.4.1 存储方面的优化	201
9.4.2 内存方面的优化	202
9.5 性能测试结果	202
9.5.1 数据下载解压及标记	202
9.5.2 数据解析入库	203
9.5.3 数据计算流程	204
9.5.4 数据导入 Oracle 数据库	205
9.5.5 查询总时长统计	206
第 10 章 在线数据检索实例——移动信令分析云平台	207
10.1 需求分析	208
10.2 数据表设计	210
10.2.1 CDR 数据文件的检测与索引创建任务调度	211
10.2.2 从 HDFS 读取数据并创建索引	212
10.2.3 查询 CDR 信息	213
10.3 查询语句设计与结果展现	213
10.3.1 CDR 文件检测和索引创建任务调度程序	213
10.3.2 读取 CDR 数据和索引创建处理	218
10.3.3 CDR 查询	222
10.4 查询优化	225
10.5 性能测试结果	226
第 11 章 实时数据处理实例——地震数据	227
11.1 需求分析	228



11.2	数据表设计.....	229
11.3	查询语句设计与结果展现.....	231
11.4	查询优化.....	232
11.4.1	存储方面的优化	232
11.4.2	计算方面的优化	232
11.5	性能测试结果.....	233
11.5.1	单机模拟集群测试	233
11.5.2	字段测试	233
11.5.3	排序测试	234
11.5.4	随机读写测试	235
附录	大数据和人工智能实验环境.....	237
名词索引		251



第1章

大数据挑战

由于数据规模的急剧膨胀，各行业累积的数据量越来越巨大，数据类型也越来越多、越来越复杂，已经超越了传统数据管理系统、处理模式的能力范围，于是，“大数据”概念就应运而生。



| 1.1 当前面临的大数据挑战 |

最早提出“大数据时代已经到来”的机构是全球知名咨询公司麦肯锡^[1]公司。麦肯锡在研究报告中指出，数据已经渗透到每一个行业和业务职能领域，逐渐成为重要的生产因素，而人们对于海量数据的运用将预示着新一波生产率增长和消费者盈余浪潮的到来。

1.1.1 大数据急剧膨胀

在麦肯锡的报告发布后，大数据迅速成为计算机行业争相传诵的热门概念，也引起了其他行业的高度关注。随着互联网技术的不断发展，“数据本身是资产”这一观点在业界已经达成共识。事实上，全球互联网巨头都已意识到大数据时代数据的重要意义，包括 EMC、惠普、IBM 和微软在内的全球 IT 巨头，纷纷通过收购大数据相关厂商来实现技术整合，可见其对大数据的重视。

IBM 公司称，全球每天生成的数据量达 2.5 EB，而且其增长速度在不断加快。大家或许对 EB 这一单位不太熟悉，如果换算成家庭使用的普通蓝光光盘，2.5 EB 相当于 10 亿张容量为 25 GB 的蓝光光盘。而且令人吃惊的是，人类迄今为止生成的数据中，有 90% 是在近两年内产生的。除了电子邮