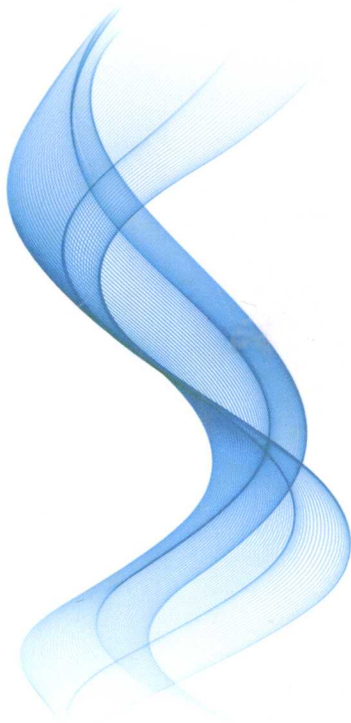


国内资深大数据专家根据Storm最新技术撰写，基于实际生产环境，从实战、运维和调优3个维度对Storm进行了详细的讲解

全面介绍Storm的架构、原理、核心概念、操作和数据流模型；6个不同领域的经典案例完整呈现大型数据应用系统的设计；系统总结了Storm常见运维故障的处理以及常用的技巧和最佳实践



技术丛书



Enterprise Storm
Practice, Operation and Optimization

Storm企业级应用 实战、运维和调优

马延辉 陈书美 雷葆华◎著



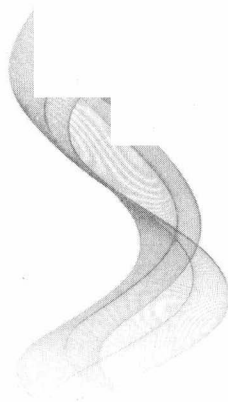
机械工业出版社
China Machine Press

技术丛书

Enterprise Storm
Practice, Operation and Optimization

Storm企业级应用 实战、运维和调优

马延辉 陈书美 雷葆华◎著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

Storm 企业级应用：实战、运维和调优 / 马延辉, 陈书美, 雷葆华著. —北京：机械工业出版社, 2015.6

(大数据技术丛书)

ISBN 978-7-111-50338-5

I. S… II. ①马… ②陈… ③雷… III. 数据处理软件 IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 111883 号

Storm 企业级应用：实战、运维和调优

出版发行：机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码：100037）

责任编辑：姜 影

责任校对：殷 虹

印 刷：三河市宏图印务有限公司

版 次：2015 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开 本：186mm×240mm 1/16

印 张：16

书 号：ISBN 978-7-111-50338-5

定 价：59.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88379426 88361066

投稿热线：(010) 88379604

购书热线：(010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱：hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问：北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

为什么写作本书

大数据是继云计算、物联网之后 IT 行业又一大颠覆性的技术变革。之前大数据在互联网、军事、金融、通信和物理学等领域已有不少落地案例，却因为近年来 Hadoop 技术的快速发展而引起业界广泛关注。可以说，Hadoop 目前是大数据处理的关键技术，也是迄今为止，最成熟、应用最广泛的技术。但是 Hadoop 生态圈下面的数据处理几乎都是在离线状态下进行的，离线处理海量数据是比较耗时、耗力的，Storm 的实时处理技术应运而生。正如曾经开发 Storm 的一位主要工程师所谈到的，Storm 可以方便地在一个计算机集群中编写与扩展复杂的实时计算，Storm 用于实时处理，就好比 Hadoop 用于批处理。Storm 保证每个消息都会得到处理，而且它很快——在一个小集群中，每秒可以处理数以百万计的消息，更棒的是可以使用任意编程语言来开发。因此在节省时间、人力的情况下，Storm 的优势就充分体现了。

现在有关 Storm 的中文学习资料非常少，这给不少研发人员带来了很大的难度。尽管现在市面上已经有几本 Storm 的中文书籍，但是，这些书籍多是翻译过来的，语言组织不符合国人的习惯，并且实例讲解部分也不能切合本土国情。还有，这些书分别侧重了某一个方面，如理论、实战、运维等，还没有一本书能够非常系统地阐述 Storm 框架。本书正是为了解决以上的各种问题而撰写的，这也是国内第一本系统讲解 Storm 理论、实战、运维和调优的书籍。

写作本身还有一个重要因素——让大家少走弯路。这一点笔者感同身受，在使用 Storm 之前，开始调研、搜集、了解 Storm 是比较痛苦的过程，由于网上的资料参差不齐，也没有比较完全系统的实战类书籍，因此尽管自己文笔很差，也想把自己了解的，以及实战过的东西，总结出来供大家参考，帮大家少走些弯路，让 Storm 为我们多做点事情。

本书以 Storm 0.8.2 为基础，不仅深入探讨了 Storm 的原理架构和数据模型，更重要的是通过实战案例教给读者如何运用 Storm 框架来设计、搭建以及实时计算海量数据，同时结合生产案例剖析 Storm 的运维和性能调优的技巧。

读者对象

本书适合以下读者阅读：

(1) 云计算、大数据处理技术和分布式计算处理数据爱好者

“大数据”无疑是继“云计算”之后 IT 业界上最热的词汇。而云计算、大数据、实时处理数据本身存在交集，现在不少涉猎大数据的，以及要求数据时效性的公司已经开始深入了解 Storm，本书讲解的 Storm 是实时处理数据的一种工具。本书可以帮助这部分读者快速而全面地了解 Storm 的原理、架构、使用场景和细节知识点，理解 Storm 在云计算、大数据时代处理数据的重要性。

(2) 对实时处理数据感兴趣的开发人员

Hadoop 技术在近几年非常热，已经是大数据处理的关键技术，而 Storm 作为 Hadoop 生态系统不足之处的补充者，已经被越来越多的公司用来满足数据实时处理的需求。本书可以帮助这部分读者详细了解 Storm 与 Hadoop 之间的不同之处，涉及 Storm 的基本概念、核心知识点和高级特性，并且结合实战案例讲解，使读者可以快速掌握 Storm 的使用。

(3) 开源软件爱好者

Storm 作为 Twitter 开源的项目，其实现过程中吸收了很多开源领域的优秀思想，值得我们深入研究和學習。本书在讲解过程中剖析了不少 Storm 的源代码，可以帮助该部分读者了解和掌握 Storm 框架源代码的设计方法和技巧。

(4) 对 Clojure 语言编程感兴趣的开发人员

Storm 是由 BackType 开发的实时处理系统，基本是用 Clojure 写的。因此了解 Clojure 语言对于快速掌握 Storm 有很大的帮助，同时如果对 Clojure 语言感兴趣，也可以借助 Storm 进行学习。

如何阅读本书

本书共 11 章，分为三篇。

基础篇（第 1 ~ 3 章），介绍了 Storm 背景、基本原理、安装部署、核心概念和数据流模型。

实战篇（第 4 ~ 9 章），通过 6 个典型的应用案例和代码示例，结合实践技巧和理论知识，深入讲解如何使用 Storm 设计大型数据应用系统。

技巧篇（第 10 ~ 11 章），重点介绍了 Storm 的高级特性、运维监控和性能调优等，并结合生产系统的性能优化、运维经验和使用技巧等方面进行讲解，旨在提升读者的实际操作经验。

如果你是一名具备一定的 Storm 基础知识和使用经验的用户，那么可以直接阅读后两篇。实战篇侧重案例实战，技巧篇侧重技巧性能，请读者自行选择阅读。但是，如果你是一名初学者，请一定从第 1 章的基础理论知识开始学习。本书所有章节的源码都托管在 Github 上，地址是 <https://github.com/mayanhui/storm-in-action>。

勘误和支持

由于笔者的水平有限，编写时间仓促，书中难免会出现一些错误或者不准确的地方，恳请读者批评指正。你可以将书中的错误发布在站点页面 <http://www.adintelling.com/storm-in-action/> 的留言中，同时如果你遇到任何问题，也可以访问该页面，我们将尽量在线上为读者提供最满意的解答。

致谢

首先要感谢 Twitter 公司将 Storm 开源，感谢其麾下的 BackType 团队成员对开源软件和开源社区做出的巨大贡献。

感谢一直以来帮助过我们的众多开源社区，这样的平台让我们认识了很多圈子里的同行，使我从技术和思想的碰撞中受益匪浅。

感谢对我们有过帮助的 Nathan Marz、徐明明、向磊、赵修湘、史东杰、廖旻可、王成祥、何定巍、卢亿雷等人。

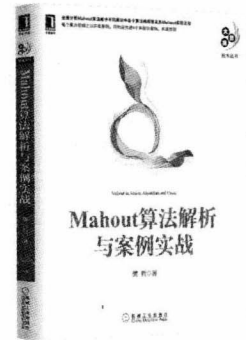
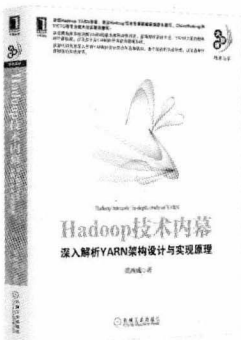
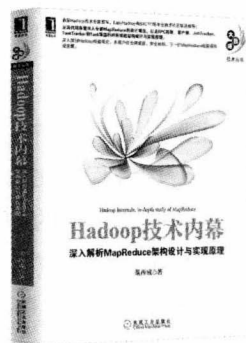
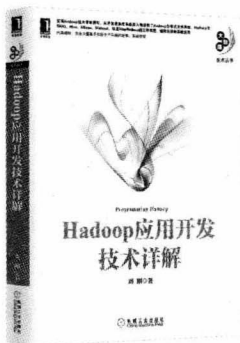
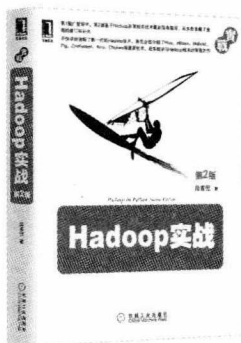
感谢普开第一期大数据就业班的所有同学，他们的大力支持和关心让我们倍感欣慰和鼓舞。

感谢机械工业出版社华章公司的编辑杨福川和姜影，在这一年多的时间中始终支持我们的写作，他们的鼓励和帮助引导我们能顺利完成本书。

最后感谢我们的爸爸、妈妈、爷爷、奶奶，感谢他们的养育之恩，并时时刻刻为我们灌输着信心和力量！

谨以此书献给我们最亲爱的家人，以及众多热爱 Storm 的朋友们！

推荐阅读



目 录 *Contents*

前 言

基 础 篇

第 1 章 认识 Storm	2
1.1 什么是实时流计算	2
1.1.1 实时流计算背景	3
1.1.2 实时计算应用场景	3
1.1.3 实时计算处理流程	4
1.1.4 实时计算框架	5
1.2 Storm 是什么	11
1.2.1 Storm 出现的背景	12
1.2.2 Storm 简介	12
1.2.3 Storm 的设计思想	13
1.2.4 Storm 与 Hadoop 的角色和组件比较	14
1.3 Storm 核心组件	15
1.3.1 主节点 Nimbus	15
1.3.2 工作节点 Supervisor	15
1.3.3 协调服务组件 ZooKeeper	16
1.3.4 其他核心组件	16
1.4 Storm 的特性	16

1.5 Storm 的功能	18
1.6 本章小结	19
第 2 章 开始使用 Storm	20
2.1 环境准备	20
2.1.1 系统配置	20
2.1.2 安装 ZooKeeper 集群	22
2.2 启动模式	26
2.2.1 本地模式	26
2.2.2 分布式模式	26
2.3 安装部署 Storm 集群	26
2.3.1 安装 Storm 依赖库	27
2.3.2 安装 Storm 集群	28
2.3.3 启动 Storm 集群	31
2.3.4 停止 Storm 集群	33
2.4 创建 Topology 并向集群提交任务	33
2.4.1 创建 Topology	34
2.4.2 向集群提交任务	36
2.5 本章小结	36
第 3 章 核心概念和数据流模型	37
3.1 Tuple 元组	37
3.1.1 Tuple 描述	37
3.1.2 Tuple 的生命周期	38
3.2 Spout 数据源	39
3.2.1 Spout 介绍	39
3.2.2 Spout 实例	40
3.3 Bolt 消息处理者	42
3.3.1 Bolt 介绍	42
3.3.2 Bolt 实例	45
3.4 Topology 拓扑	47

3.4.1 Topology 实例	48
3.4.2 Topology 运行	51
3.5 Stream 消息流和 Stream Grouping 消息流组	55
3.5.1 Stream 消息流	55
3.5.2 Stream Grouping 消息流组	55
3.6 Task 任务	56
3.7 Worker 工作者进程	56
3.8 Worker、Task、Executor 三者之间的关系	57
3.9 事务	57
3.10 数据流模型	58
3.10.1 数据流模型简介	58
3.10.2 Storm 数据流模型	60
3.11 本章小结	61

实 战 篇

第4章 实例1：移动互联——语音“实时墙”	64
4.1 业务背景	64
4.1.1 案例背景	64
4.1.2 设计目标	65
4.1.3 数据格式	66
4.1.4 硬件配置	68
4.2 系统架构与模块设计	68
4.2.1 整体架构	69
4.2.2 数据采集	70
4.2.3 数据实时处理	70
4.2.4 存储设计	70
4.2.5 Web 实时展示	71
4.2.6 硬件部署图	72
4.3 核心模块实现	73

4.3.1 实时处理业务逻辑实现	73
4.3.2 Web 展示实现	80
4.3.3 最终效果呈现	88
4.4 本章小结	89
第 5 章 实例 2：运营商——网络流量流向实时分析	90
5.1 业务背景	90
5.1.1 案例背景	91
5.1.2 设计目标	91
5.1.3 数据规模预估	92
5.1.4 数据格式	92
5.1.5 统计分析需求	93
5.2 系统架构与模块设计	94
5.2.1 整体架构	94
5.2.2 数据源	95
5.2.3 日志采集	96
5.2.4 数据存储	96
5.2.5 数据处理	97
5.2.6 目标存储和扩展服务	97
5.2.7 结果 Web 展示	97
5.3 核心模块实现	98
5.3.1 模拟数据实现	98
5.3.2 日志采集和存储实现	102
5.3.3 数据处理实现	105
5.3.4 Web 展示实现	111
5.4 本章小结	114
第 6 章 实例 3：交通——基于 GPS 的实时路况分析	115
6.1 业务背景	115
6.1.1 案例背景	115
6.1.2 设计目标	116

6.1.3 数据格式	118
6.1.4 实时路况分析方法	118
6.2 系统架构和模块设计	118
6.3 核心模块的实现	121
6.3.1 安装 Kafka 集群	121
6.3.2 Flume 整合 Kafka	124
6.3.3 实时处理数据	125
6.3.4 Web 页面展示	127
6.4 本章小结	129
第 7 章 实例 4: 互联网——数据质量实时监控	130
7.1 业务背景	130
7.1.1 案例背景	130
7.1.2 设计目标	132
7.1.3 数据格式	132
7.2 系统架构与模块设计	133
7.2.1 整体架构	133
7.2.2 结果 Web 展示	135
7.3 核心模块实现	135
7.3.1 模拟数据	135
7.3.2 实时处理业务逻辑的实现	141
7.3.3 Web 界面实现	147
7.3.4 最终效果图	150
7.4 本章小结	152
第 8 章 实例 5: 交通——超速频发路段监控	153
8.1 业务背景	153
8.1.1 案例背景	153
8.1.2 数据类型	155
8.2 系统架构和模块设计	157
8.3 核心模块实现	158

8.3.1 实现入口类 Main	158
8.3.2 数据源 SocketSpout 的实现	159
8.3.3 实时处理 MapSearchBolt 和 SpeedProcessBolt 的实现	161
8.3.4 目标存储 DataBaseLoadBolt 的实现	169
8.4 本章小结	171
第 9 章 实例 6：互联网——广告实时流量统计	172
9.1 广告实时流量统计系统架构	172
9.1.1 广告数据	172
9.1.2 详细需求描述	174
9.1.3 系统架构	175
9.2 表结构与模块设计	177
9.2.1 表结构设计	177
9.2.2 功能模块设计	178
9.3 核心模块实现	179
9.3.1 部署物理集群环境	179
9.3.2 Kafka 生产者逻辑的实现	181
9.3.3 使用 Storm-kafka 实现业务逻辑	182
9.3.4 使用 HBase 存储并实现统计	193
9.4 本章小结	194

技 巧 篇

第 10 章 Storm 常见故障及解决方法	196
10.1 安装部署故障	196
10.1.1 “no jzmq in java.library.path” 异常	196
10.1.2 “No rule to make target” 异常	198
10.1.3 “cannot access org.zeromq.ZMQ” 异常	198
10.1.4 缺少 pkg-config 异常	198
10.1.5 “java.lang.UnsatisfiedLinkError” 异常	199

10.1.6	“java.lang.NoClassDefFoundError: clojure.core.protocols\$” 异常	199
10.1.7	“Error: cannot link with -luuid, install uuid-dev” 异常	199
10.1.8	“bad interpreter: No such file or directory” 异常	200
10.1.9	“org.zeromq.ZMQException: Invalid argument” 异常	200
10.2	启动故障	201
10.2.1	“java.io.FileNotFoundException” 异常	201
10.2.2	“java.io.EOFException” 异常	202
10.3	运行时故障	202
10.3.1	“Nimbus host is not set” 异常	203
10.3.2	“AlreadyAliveException (msg: xxx is alreadyactive)” 异常	203
10.3.3	无法序列化 log4j.Logger 异常	203
10.3.4	“Failing message” 异常	203
10.3.5	“java.io.NotSerializableException” 异常	204
10.3.6	“java.lang.NoClassDefFoundError” 异常	205
10.3.7	“java.net.NoRouteToHostException” 异常	206
10.3.8	“java.net.UnknownHostException” 异常	206
10.3.9	重复 defaults.yaml 资源文件异常	207
10.3.10	“KeeperException\$NoNodeException” 异常	208
10.3.11	“A fatal error has been detected by the Java Runtime Environment” 错误	209
10.3.12	“java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException” 异常	212
10.3.13	DRPC 空指针异常	212
10.3.14	Storm Thrift 读取数据报错	212
10.4	本章小结	214
第 11 章	Storm 使用技巧和最佳实践	215
11.1	核心组件使用要点	215
11.1.1	Spout 和 Bolt	215
11.1.2	ZooKeeper 集群尽量独立	219
11.1.3	Thrift 服务的应用场景	220
11.1.4	序列化机制的使用场景	220
11.2	集群配置技巧	220

11.2.1	默认参数配置	220
11.2.2	日志信息	223
11.2.3	合理配置 JVM 参数	223
11.3	集群运维技巧	224
11.3.1	Storm 计算结果的存储位置	224
11.3.2	Storm 集群动态增删节点	224
11.3.3	关闭 Storm 相关进程	224
11.3.4	Storm UI 显示内容的问题	224
11.4	项目开发技巧	225
11.4.1	使用 assembly 插件打包	225
11.4.2	依赖 JAR 冲突	228
11.5	保证消息的可靠处理	228
11.5.1	消息失败后的处理	228
11.5.2	主动干预可靠性	229
11.5.3	处理重复的 Tuple	229
11.6	理解 DRPC 原语	230
11.6.1	DRPC 工作流	230
11.6.2	LinearDRPCTopologyBuilder 实现类	231
11.6.3	DRPC 的两种模式	231
11.7	快速理解一致性事务	232
11.7.1	Trident 框架的使用	233
11.7.2	Trident 框架的细节	234
11.7.3	事务性 Spout	236
11.7.4	状态 State	238
11.8	本章小结	241



基础篇

- 第1章 认识 Storm
 - 第2章 开始使用 Storm
 - 第3章 核心概念和数据流模型
- 

认识 Storm

本章通过介绍实时流来引出 Storm，随后介绍 Storm 的概念、发展历史、发行版本和基本特性。其中，Storm 的核心组件将作为一个小节单独重点介绍，最后通过介绍 Storm 的使用场景和经典案例，让读者能够清晰地了解 Storm 的作用。

这几年互联网的信息呈现出爆发式膨胀，人们获取信息的途径也更加多样、更加便捷，同时对信息的时效性的要求也越来越高，随着时间的流逝，数据也在流逝，那么我们要充分利用数据的价值，就要随着数据流的实时到达，实时处理。作为实时流计算一员的 Storm，因此具备了与 Hadoop MapReduce 不同角色的能力——低延迟、高可靠性和容错。通过本章的学习，读者可以初步认识 Storm 以及 Storm 的整体架构。

1.1 什么是实时流计算

所谓实时流计算，就是近几年由于数据得到广泛应用之后，在数据持久性建模不满足现状的情况下，急需数据流的瞬时建模或者计算处理。这种实时计算的应用实例有金融服务、网络监控、电信数据管理、Web 应用、生产制造、传感检测，等等。在这种数据流模型中，单独的数据单元可能是相关的元组（Tuple），如网络测量、呼叫记录、网页访问等产生的数据。但是，这些数据以大量、快速、时变（可能是不可预知）的数据流持续到达，由此产生了一些基础性的新的研究问题——实时计算。实时计算的一个重要方向就是实时流计算。