

Apache Storm 项目核心贡献者亲笔撰写，涵盖多种分布式计算相关主题，是深入理解 Storm 分布式实时计算的翔实指南

通过大量的示例，全面而系统地讲解 Storm 分布式实时计算的核心概念及应用，并针对不同的应用场景，给出多种基于 Storm 的设计模式，而且提供示例源码，便于读者参考设计并实现自己的 Storm 应用



Storm Blueprints

Patterns for Distributed Real-time Computation

Storm 分布式 实时计算模式

(美) P. Taylor Goetz Brian O'Neill◎著

董昭◎译



机械工业出版社
China Machine Press

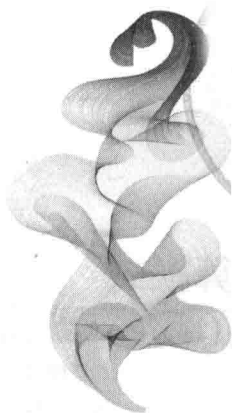
技术丛书

Storm Blueprints
Patterns for Distributed Real-time Computation

Storm分布式 实时计算模式

(美) P. Taylor Goetz Brian O'Neill◎著

董昭◎译



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

Storm 分布式实时计算模式 / (美) 吉奥兹 (Goetz, P. T.), (美) 奥尼尔 (O'Neill, B.) 著; 董昭译. —北京: 机械工业出版社, 2014.11

(大数据技术丛书)

书名原文: Storm Blueprints: Patterns for Distributed Real-time Computation

ISBN 978-7-111-48438-7

I. S… II. ①吉… ②奥… ③董… III. 数据处理软件 IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 253835 号

本书版权登记号: 图字: 01-2014-5893

P. Taylor Goetz, Brian O'Neill: Storm Blueprints: Patterns for Distributed Real-time Computation (ISBN: 978-1782168294).

Copyright © 2014 Packt Publishing. First published in the English language under the title "Storm Blueprints: Patterns for Distributed Real-time Computation".

All rights reserved.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2015 by China Machine Press.

本书中文简体字版由 Packt Publishing 授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。



Storm 分布式实时计算模式

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: 吴 怡

印 刷: 北京市荣盛彩色印刷有限公司

开 本: 186mm×240mm 1/16

书 号: ISBN 978-7-111-48438-7

责任校对: 董纪丽

版 次: 2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

印 张: 16.75

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) 88378991 88361066

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

投稿热线: (010) 88379604

读者信箱: hzsj@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

The Translator's Words 译者序

大数据概念在各行业已然形成了热潮，犹胜当年的云计算，近期甚至被列入了国家重点发展规划。DataSift 利用 Twitter 上的情感监控预测 Facebook 股价波动，Google 预测世界杯比赛结果，大数据应用的生动案例每每会引发无限遐想：大数据能否对我们所处的行业或领域带来新气象、新思路？迈出尝试的第一步非常重要。

要从海量数据中提取加工对业务有用的信息，选取合适的技术将事半功倍，省去了重新造轮子的烦恼。对海量数据进行批处理运算，Hadoop 依旧保持着无法撼动的地位。但在对实时性要求较高的应用场景中，Hadoop 就显得力不从心。它需要将数据先落地存储到 HDFS 上，然后再通过 MapReduce 进行计算。这样的批处理运算流程使它很难将延时缩小到秒级。

Storm 是基于数据流的实时处理系统，提供了大吞吐量的实时计算能力。每条数据到达系统时，立即在内存中进入处理流程，并在很短的时间内处理完成。实时性要求较高的数据分析场景，都可以尝试使用 Storm 作为技术解决方案。

我们已经决定利用大数据改善所在领域的工作，并选定 Storm 实时流式计算框架作为技术解决方案。这时候的问题是，如何将 Storm 和工作中的实际场景关联起来？这个开源项目的文档并不是非常丰富，源码中示例也很简单。类似的问题可能困扰过不少 Storm 用户。

我在看到本书英文版的介绍时，就感觉到，这正是我想要的，早有这本书能省去多少学习成本！本书并没有非常深入介绍 Storm 的内部实现，而是一本应用指南。其中最有价值的部分，是通过大量翔实的示例，使用 Storm 解决不同的实际应用场景，提出多种基

于 Storm 的设计模式。读者完全可以参考书中示例和源码，来设计并实现自己的 Storm 应用。书中还简要介绍了 Storm 基本概念，以及大规模部署集群的方案，这些都是非常实用的内容。

作为 Storm 的一个忠实用户，能够承担本书的翻译工作实属荣幸。翻译的过程，也是深入学习加深了解的过程。学到作者丰富的 Storm 实践经验，是本次翻译的最大收获。希望这些经验也能够帮助读者少走弯路，快速高效地使用这个工具。

翻译过程中得到了很多人的帮助。首先感谢家人的包容和支持，困难时总有你们的鼓励。感谢腾讯安全平台部的同事们在学习工作中给予的帮助。感谢好友何双宁在翻译过程中提出的建议和探讨。感谢机械工业出版社编辑们的信任和支持。

非常高兴能将这本书分享给大家，也期望有兴趣的朋友一起探讨，共同进步。如果你有任何问题和建议，请联系我 (appledzshr@live.cn)。

Preface 前言

目前对信息高时效性、可操作性的需求不断增长，这要求软件系统在更少的时间内能处理更多的数据。随着可连接设备数量不断增加，以及在众多行业领域广泛应用，这种信息需求已无处不在。传统企业的运营系统被迫处理原先只有互联网企业才会遇到的大规模数据。这种重大转变正不断瓦解传统架构和解决方案，传统上会将在线事务处理和离线分析分割开来。与此同时，人们正在重新勾勒从数据中提取信息的意义和价值。软件框架和基础设施也在不断进化，以适应这种新场景。

具体地说，数据的生成可以看作一连串发生的离散事件，这些事件流会伴随着不同的数据流、操作和分析，都会由一个通用的软件框架和基础设施来处理。

Storm 正是最流行的实时流计算框架之一，它提供了可容错分布式计算所要求的基本原语和保障机制，可以满足大容量关键业务应用的需求。它不只是一套技术的整合，也是一种数据流和控制的机制。很多大公司都将 Storm 作为大数据处理平台的核心部分。

尝试使用本书中介绍的设计模式，你将学到开发、部署、运营数据处理流程，它具有每天或者每小时处理上亿次事务的能力。

本书介绍了多种分布式计算相关的主题，包括设计和集成的模式，还介绍了这些技术常见的适用领域和具体应用。本书通过实际示例，从最简单的 topology 出发，首先向用户介绍了 Storm 基础，然后通过更复杂的示例，逐步引入 Storm 的高级概念、更细致的部署方案以及运营中需要关注的事项。

主要内容

第 1 章介绍了使用 Storm 进行分布式流式计算的核心概念。分布式单词计数这个例

子中展示的数据结构、技术和设计模式都是后续进行更复杂计算的基础。在该章中，我们会对 Storm 计算架构有一个基本了解。还将学会搭建 Storm 开发环境，了解开发和调试 Storm 应用的技术。

第 2 章进一步介绍 Storm 技术架构和安装部署 Storm 集群的过程。在该章中，我们会通过配置工具 Puppet 来自动化安装和部署一个多节点 Storm 集群。

第 3 章主要介绍 Trident topology。Trident 在 Storm 基础之上提供了高级抽象，抽象了事务处理和状态管理的细节。该章使用 Trident 框架处理、聚合、过滤来自传感器的数据，以检测传染病是否爆发。

第 4 章介绍使用 Storm 和 Trident 进行实时趋势分析。实时趋势分析引入了在数据流中进行识别的模式。在该章中，你将会整合 Apache Kafka 队列并且通过实现一个滑动窗口来计算移动平均数。

第 5 章介绍了使用 Storm 进行基于图的数据分析，首先将数据持久化到图形数据库，再通过查询数据来发现关系。图形数据库将数据按照顶点、边、属性的图形结构进行存储，聚焦于实体间的关系。在该章中，我们将 Storm 和一种流行的图形数据库 Titan 进行整合，使用 Twitter 作为数据源。

第 6 章介绍在 Storm 上使用递归实现一个典型的人工智能算法。该章展现了 Storm 的局限性，并检视设计模式来适应这些局限。通过分布式远程调用（Distributed Remote Procedure Call, DRPC），你会实现一个提供同步查询服务的 Storm topology，用来决定井字棋游戏下一步怎样走最好。

第 7 章演示整合 Storm 和非事务型系统的复杂性。为了支持这种整合，介绍一种通过 ZooKeeper 进行分布式状态管理的设计模式。该章通过整合 Storm 和开源探索性分析架构 Druid，实现一个可配置的实时系统来分析金融事件。

第 8 章介绍 Lambda 系统架构的概念，结合实时系统和批处理来构建一个可纠错的分析系统。在第 7 章的基础上，你将会融入 Hadoop 的基础设施并且检视如何使用一个 MapReduce job 对 Druid 中可能出现的主机故障事件进行纠错。

第 9 章演示将一个 Hadoop 上运行的 Pig 语言编写的批处理 job 转化为一个实时的 Storm topology。你可以利用 Storm-YARN 来实现这个功能，这个工具可以使用户使用 YARN 来部署和运行 Storm 集群。在 Hadoop 上运行 Storm 系统，企业可以在同一套基础

设施上同时运行与利用实时和批处理系统。

第 10 章提供了在云环境下运行和部署 Storm 系统的最佳实践。详细地说，你可利用一套为云计算服务的库 Apache Whirr，在 Amazon Web Services (AWS) Elastic Compute Cloud (EC2) 上部署和配置 Storm 及其相关的支撑组件。此外，你还可以利用 Vagrant 工具在虚拟机环境下建立开发和测试的集群环境。

预备知识

本书中用到的软件如下表所示。

章 节	需要的软件
1	Storm (0.9.1)
2	ZooKeeper (3.3.5)
	Java (1.7)
	Puppet (3.4.3)
	Hiera (1.3.1)
3	Trident (配套 Storm 0.9.1)
4	Kafka (0.7.2)
	OpenFire (3.9.1)
5	Twitter4J (3.0.3)
	Titan (0.3.2)
	Cassandra (1.2.9)
6	无最新软件
7	MySQL (5.6.15)
	Druid (0.5.58)
8	Hadoop (0.20.2)
9	Storm-YARN (1.0-alpha)
	Hadoop (2.1.0-beta)
10	Whirr (0.8.2)
	Vagrant (1.4.3)

面向的读者

初学者和高级用户都可以从本书获益。本书在真实实例的基础上，描述了多种实用的分布式计算模式。书中介绍了 Storm 和 Trident 的核心原语，以及成功部署和运营系统的关键技术。

虽然本书主要讲述 Storm 相关的 Java 开发，但其中的设计模式同样适用于其他编程

语言。书中的小窍门、技术和实现方法对架构师、开发人员和运维人员都具有参考价值。

Hadoop 爱好者会发现，这是一本很好的 Storm 入门书籍，书中举例说明这两种系统如何优势互补，提供了将批处理运算迁移到实时分析的一种高效途径。

本书提供了 Storm 应用于多个问题和行业的具体示例，这些例子应该能够在其他领域中举一反三，解决在有限时间内处理大量数据的问题。同时，解决方案设计师、商业分析师也能从本书介绍的高层系统架构和技术中获益。

读者反馈

我们随时欢迎您的反馈。如果您有任何喜欢或者不喜欢本书的地方，都请告知我们，这将促使我们优化读者最关心的内容。若有反馈，可发送邮件到 feedback@packtpub.com，邮件标题中请包含本书名。

如果您是某一领域方面的专家，并且有兴趣写一本或者参与一本书，请参考作者指南 www.packtpub.com/authors。

用户支持

对于购买了 Packet 出版社书籍的读者，我们有多种途径帮助你最大限度的利用本书。

下载示例代码

可以在 <http://www.packetpub.com> 下载到通过 packet 账户购买的所有书籍的示例代码。如果你通过其他途径购买这本书，可以访问 <http://www.packetpub.com/support>，通过邮箱注册，然后示例代码会通过邮箱发送。

勘误表

尽管我们已经非常用心确保书籍内容的准确性，仍然有错误可能发生。如果您发现书中的任何错误（可能是错字或者代码错误）请将错误报告给我们，不胜感激。这样会避免其他用户对同样的错误造成困惑，有助于我们在后续版本不断完善这本书。勘误报告请在 <http://www.packtpub.com/submit-errata> 进行上报，先选取本书，点击 errata submission form 链接，然后填入详细的勘误信息即可。勘误内容经确认后就会上传到网站上，或者添加到书籍当前的勘误表中。当前已知的刊物内容可以通过访问 <http://www.packtpub.com/support> 进行查看。

盗版

互联网上的盗版行为是所有出版媒体共同面临的问题。Packt 出版社采取严厉措施来保护在版权和许可。如果你偶然发现互联网上 Packt 出版社的任何作品，任何形式的非法拷贝，请您立刻提供网址和站点名称以便我们追责。请通过 copyright@packtpub.com 联系我们提供有盗版嫌疑连接。我们非常感谢这种保护作者和出版社权益的帮助，这将有利于提供更有价值的作品。

问题

如果您对本书有任何疑问，可以通过 questions@packtpub.com 联系我们，我们会尽力解答。

作者简介 *About the Author*

P. Taylor Goetz 是 Apache Storm 项目核心贡献者以及发布经理，自 2011 年 10 月 Storm 项目首次开源至今都参与其中，具有长期的 Storm 使用和开发经验。作为 Storm 用户社区中的活跃贡献者，Taylor 领导了一系列开源项目，旨在使企业能够将 Storm 集成到不同的基础设施上。

目前，他在 Hortonworks 公司工作，主导将 Storm 集成到 Hortonworks 的数据平台中 (HDP)。在加入 Hortonworks 公司之前，他就职于 Health Market Science 公司，主导了 Storm 与 HMS 公司的下一代主数据管理平台 (Master Data Management platform) 的集成工作，涉及 Cassandra 数据库、Kafka 队列、Elastic 搜索引擎以及 Titan 图形数据库等技术。

非常感谢我的妻子、孩子、家人和朋友们，有了你们的爱、支持以及包容和牺牲，才有了这本书。感激不尽。

Brian O' Neill 是一个丈夫、黑客、徒步旅行家、皮划艇爱好者。他还是渔夫、父亲，也是大数据的信徒、开拓者以及分布式计算的梦想家。

他已经担任技术主管超过 15 年，被公认为大数据领域的权威。他作为系统架构师，有着应对各种不同场景的经验，从初创公司到财富五百强公司。他信奉开源精神，对多个项目做出了贡献。他领导的项目，扩展了 Cassandra 数据库，并且将索引引擎，分布式处理框架，分析引擎集成到了该数据库中。他荣获了 2013 年 InfoWorld 的技术领导力奖项。他撰写了关于 Cassandra 的 Dzone 参考文档，被选为 2012 和 2013 年 Datastax Cassandra MVP。

在过去，他作为专家组成员对 Java 社区化进程 (JCP) 做出了贡献，发表过人工智能和上下文发现领域的专利。他对获取了美国布朗大学的计算机科学学士学位引以为荣。

目前，Brian 就职于 Health Market Science(HMS) 公司，任首席技术官，开发的大数据分析平台聚焦于数据管理和医疗领域数据分析。平台主要由 Storm 和 Cassandra 构成，提供了实时数据管理和分析服务。

致我的家人。我的妻子丽莎，我们一起将信仰放飞，它带领我们飞抵云端。

孩子们使我们扎根大地，先人们为我们奠定基石，我们的家人成就了我所有的成就。没有你们，这本书永远不可能面世。

审校者简介

Vincent Gijzen 是非常好相处的一个人，他对任何技术相关的事情都非常有耐心。他的背景和感兴趣的领域主要是嵌入式系统工程以及信息科学。他职业生涯初期担任从事市场研究公司的 IT 经理。此后开办了自己的公司，专攻 VOIP 通信技术。现在，他就职于初创公司 ScienceRockstars，该公司聚焦于劝导式用户画像分析和大数据。业余时间他喜欢捣鼓激光发射器、四角直升机模型、eBay 购物、黑客相关的事情，以及啤酒。

Sonal Raj 是一个极客、Python 爱好者、技术狂人。他是 Enfoss 的创办者和行政负责人。他获取了 Jamshedpur 国家技术学院的计算机科学与技术学士学位。曾担任 SERC 的研究员，从事分布式计算和实时运算相关的项目。还在 HCL Infosystems 做过实习生。

他曾在 PyCon India 会议发表过关于 Storm 和 Neo4J 的演讲，在一线杂志和国际期刊上发表过多篇文章和研究论文。

James Xu 是 Apache Storm 项目的核心贡献者，工作在电商领域的 Java/Clojure 工程师。他热衷于新技术比如 Storm 和 Clojure。目前就职于中国电商的领先平台阿里巴巴集团。

推荐阅读



数据挖掘：概念与技术（原书第3版）

作者：Jiawei Han 等 ISBN: 978-7-111-39140-1 定价：79.00元



数据挖掘：实用机器学习工具与技术（原书第3版）

作者：Ian H. Witten 等 ISBN: 978-7-111-45381-9 定价：79.00元



大数据管理：数据集成的技术、方法与最佳实践

作者：April Reeve ISBN: 978-7-111-45905-7 定价：59.00元



大规模分布式系统架构与设计实战

作者：彭渊 ISBN: 978-7-111-45503-5 定价：59.00元

推荐阅读



Storm实时数据处理

作者: Quinton Anderson ISBN: 978-7-111-46663-5 定价: 49.00元



Splunk大数据分析

作者: Peter Zadrozny 等 ISBN: 978-7-111-46429-7 定价: 69.00元



Spark快速数据处理

作者: Holden Karau ISBN: 978-7-111-46311-5 定价: 29.00元



Hadoop应用开发技术详解

作者: 刘刚 ISBN: 978-7-111-45244-7 定价: 79.00元

目 录 Contents

译者序	1.3.5 实现上报 bolt	8
前言	1.3.6 实现单词计数 topology	10
作者简介	1.4 Storm 的并发机制	12
第 1 章 分布式单词计数	1.4.1 WordCountTopology 的 并发机制	13
1.1 Storm topology 的组成部分—— stream、spout 和 bolt	1.4.2 给 topology 增加 worker	14
1.1.1 stream	1.4.3 配置 executor 和 task	14
1.1.2 spout	1.5 理解数据流分组	17
1.1.3 bolt	1.6 有保障机制的数据处理	20
1.2 单词计数 topology 的数据流	1.6.1 spout 的可靠性	20
1.2.1 语句生成 spout	1.6.2 bolt 的可靠性	21
1.2.2 语句分割 bolt	1.6.3 可靠的单词计数	22
1.2.3 单词计数 bolt	总结	23
1.2.4 上报 bolt	第 2 章 配置 Storm 集群	24
1.3 实现单词计数 topology	2.1 Storm 集群的框架	24
1.3.1 配置开发环境	2.1.1 理解 nimbus 守护进程	25
1.3.2 实现 SentenceSpout	2.1.2 supervisor 守护进程的 工作方式	26
1.3.3 实现语句分割 bolt	2.1.3 Apache ZooKeeper 简介	26
1.3.4 实现单词计数 bolt		

2.1.4 Storm 的 DRPC 服务	27
工作机制	27
2.1.5 Storm UI	27
2.2 Storm 技术栈简介	28
2.2.1 Java 和 Clojure	28
2.2.2 Python	29
2.3 在 Linux 上安装 Storm	29
2.3.1 安装基础操作系统	30
2.3.2 安装 Java	30
2.3.3 安装 ZooKeeper	30
2.3.4 安装 Storm	30
2.3.5 运行 Storm 守护进程	31
2.3.6 配置 Storm	33
2.3.7 必需的配置项	34
2.3.8 可选配置项	35
2.3.9 Storm 可执行程序	36
2.3.10 在工作站上安装 Storm	
可执行程序	36
2.3.11 守护进程命令	37
2.3.12 管理命令	37
2.3.13 本地调试 / 开发命令	39
2.4 把 topology 提交到集群中	40
2.5 自动化集群配置	42
2.6 Puppet 的快速入门	43
2.6.1 Puppet manifest 文件	43
2.6.2 Puppet 类和模块	44
2.6.3 Puppet 模板	45
2.6.4 使用 Puppet Hiera 来	
管理环境	46

2.6.5 介绍 Hiera	46
总结	48
第 3 章 Trident 和传感器数据	49
3.1 使用场景	50
3.2 Trident topology	50
3.3 Trident spout	52
3.4 Trident 运算	57
3.4.1 Trident filter	58
3.4.2 Trident function	59
3.5 Trident 聚合器	63
3.5.1 CombinerAggregator	63
3.5.2 ReducerAggregator	63
3.5.3 Aggregator	64
3.6 Trident 状态	65
3.6.1 重复事务型状态	69
3.6.2 不透明型状态	70
3.7 执行 topology	72
总结	73
第 4 章 实时趋势分析	74
4.1 应用场景	75
4.2 体系结构	75
4.2.1 数据源应用程序	75
4.2.2 logback Kafka appender	76
4.2.3 Apache Kafka	76
4.2.4 Kafka spout	76
4.2.5 XMPP 服务器	76
4.3 安装需要的软件	77

4.3.1 安装 Kafka	77
4.3.2 安装 OpenFire	78
4.4 示例程序	78
4.5 日志分析 topology	84
4.5.1 Kafka spout	84
4.5.2 JSON project function	85
4.5.3 计算移动平均值	86
4.5.4 添加一个滑动窗口	87
4.5.5 实现滑动平均 function	91
4.5.6 按照阈值进行过滤	92
4.5.7 通过 XMPP 发送通知	94
4.6 最终的 topology	96
4.7 运行日志分析 topology	98
总结	99

第 5 章 实时图形分析 100

5.1 使用场景	101
5.2 体系结构	102
5.2.1 Twitter 客户端	102
5.2.2 Kafka spout	102
5.2.3 Titan 分布式图形数据库	103
5.3 图形数据库简介	103
5.3.1 访问图——TinkerPop 栈	104
5.3.2 使用 Blueprints API	
操作图形	105
5.3.3 通过 Gremlin shell	
操作图形	106
5.4 软件安装	107

5.5 使用 Cassandra 存储后端	
设置 Titan	109
5.5.1 安装 Cassandra	109
5.5.2 使用 Cassandra 后端启动	
Titan	109
5.6 图数据模型	110
5.7 连接 Twitter 数据流	111
5.7.1 安装 Twitter4J 客户端	112
5.7.2 OAuth 配置	112
5.7.3 TwitterStreamConsumer 类	112
5.7.4 TwitterStatusListener 类	113
5.8 Twitter graph topology	115
5.9 实现 GraphState	116
5.9.1 GraphFactory	117
5.9.2 GraphTupleProcessor	117
5.9.3 GraphStateFactory	117
5.9.4 GraphState	118
5.9.5 GraphUpdater	119
5.10 实现 GraphFactory	119
5.11 实现 GraphTupleProcessor	120
5.12 组合成 TwitterGraph	
Topology 类	121
5.13 使用 Gremlin 查询图	122
总结	123

第 6 章 人工智能 124

6.1 为应用场景进行设计	125
6.2 确立体系结构	128