

分布式服务架构

原理、设计与实战

李艳鹏 杨彪 著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

分布式服务架构

原理、设计与实战

李艳鹏 杨彪 著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书全面介绍了分布式服务架构的原理与设计，并结合作者在实施微服务架构过程中的实践经验，总结了保障线上服务健康、可靠的最佳方案，是一本架构级、实战型的重量级著作。

全书以分布式服务架构的设计与实现为主线，由浅入深地介绍了分布式服务架构的方方面面，主要包括理论和实践两部分。理论上，首先介绍了服务架构的背景，以及从服务化架构到微服务架构的演化；然后提出了保证分布式服务系统架构一致性的方案和模式，并介绍了互联网架构评审的方法论；最后给出了一个简要的非功能质量的技术评审提纲。实践上，首先提供了一个互联网项目的性能和容量评估的真实案例，介绍了压测的方案设计和最佳实践，这些技术能够全面保证大规模、高并发项目的一致性、可用性和高并发性；然后讲解了大规模服务的日志系统的原理、设计与实践，包括 ELK 等框架的特点和使用方式等，并介绍了当前流行的 APM 系统的设计与实现，主要包括调用链和业务链的跟踪与恢复，涵盖了线上应急和技术攻关的流程及重点，也结合服务化系统线上应急过程进行分析并总结了其中需要用到的 Java 虚拟机、Linux 和定制化脚本等命令，这些命令都是每个开发人员都会用到的解决线上问题的利器；最后，阐述了系统服务的容器化过程，并详细介绍了敏捷开发流程和实现自动化的常用工具等，让读者既能学到架构设计的基础理论，也能结合书中的原理、设计与方法论来解决大规模、高并发互联网项目中的现实问题。

无论是对于软件工程师、测试工程师、运维工程师、软件架构师、技术经理、技术总监，还是对于资深 IT 人士来说，本书都有很强的借鉴性和参考价值。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

分布式服务架构：原理、设计与实战 / 李艳鹏，杨彪著. —北京：电子工业出版社，2017.8
ISBN 978-7-121-31578-7

I. ①分… II. ①李… ②杨… III. ①互连网络—网络服务器 IV. ①TP368.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 118969 号

策划编辑：张国霞

责任编辑：徐津平

印 刷：三河市良远印务有限公司

装 订：三河市良远印务有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×980 1/16 印张：27.5 字数：570 千字

版 次：2017 年 8 月第 1 版

印 次：2017 年 8 月第 1 次印刷

印 数：4000 册 定价：89.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888，88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式：010-51260888-819，faq@phei.com.cn。

推荐语

艳鹏是我认识多年的老战友了，多年战斗在一线，有丰富的研发、架构经验，非常了解大家实际的需求。本书层次分明、图文并茂、案例详实，其中的代码更可以直接在实际工作中使用，是一本不可多得的好书。

蓝汛技术总监 陈江伟

和艳鹏相识多年，见证了他不断完善自己的理论基础且不断探索和总结，形成了一套完整的互联网架构设计方法论。

在本书中，艳鹏通过多年互联网架构经验，总结了服务化的背景和技术演进，提出了互联网项目技术评审的方法论和提纲，并给出了在真实的线上项目进行性能和容量评估的全过程，帮助大家轻松设计大规模、高并发服务化系统项目。若能熟练掌握本书内容，则能够保证服务化项目按照既定的目标进行实施与落地，并能保证系统的稳定性、可用性和高性能等高级特性。

爱奇艺高级技术经理 黄福伟

本书深入浅出地介绍了保证大规模、高并发服务化系统可用性和高性能的经验和方法论，是保证线上服务稳定、可靠的一本不可多得的实践性著作。

菜鸟网络架构师 兰博

IT 技术日新月异地发展，我们自然不能躺在历史的温床上停歇，必须不断地学习。这其中有的人对新知识的态度是只学一二，李先生却精益求精、举一反三，对其中的每个知识点都能做到理解透彻。本书便是李生长期研究服务化架构、微服务架构及容器化之后的经典总结。本书从问题背景入手，深入浅出地介绍了服务化架构，并结合具体的最佳实践，为读者展示了服务化架构设计的宏伟蓝图。

华为资深云架构师 朱军

分布式、微服务几乎是现在的技术人员必须要了解的架构方向，从理论上讲确实解耦了很多结构，但另一方面，又会带来更多衍生的复杂度及难点。如何保证事物的最终一致性？如何进行性能及容量预估？如何处理分布式系统的日志？如何进行线上应急？如果你曾有和我一样的困惑，那么相信你一样能从本书中得到非常宝贵的解答。本书作者由浅至深地讲述了分布式架构带给我们的诸多困扰和难点，循序渐进、思路清晰地阐明了这些问题的答案。相信本书能成为业界的又一力作！强烈推荐相关从业人员阅读本书！

12 链 CTO 张建

与作者共事五年，深知他对技术的痴迷，他喜欢研究问题，对待事情认真、负责。本书中的所有细节也都是他深入研究并且得出结论的，很多经验方法都能直接在工作中应用，是一本经过千锤百炼的值得推荐的好书。

北京最猫网络科技 CEO 杨辛

面对越来越复杂的系统和业务，分布式技术早已成为互联网时代的必学技术，然而，如果没有经历过大公司背景的实践和历练，则我们很难接触到分布式服务的设计和架构。本书恰恰可以为急于学习而又没有实践机会的从业者提供帮助。本书作者将分布式的原理、实践及个人的工作经验相结合，从分布式的一致性、系统容量评估和性能保障、日志系统、服务部署、线上应急等方方面面进行了鞭辟入里的分析。

成都鱼说科技董事长 岳鹏

分布式和微服务技术越来越被互联网企业推崇和认可，如何将其结合业务的特点工程化地企业中落地是每个技术人员都需要思考的问题。艳鹏结合自己多年的开发实践经验和深入研究，著成《分布式服务架构：原理、设计与实战》，对于理解分布式和微服务技术，有很好的指导和启发。

汽车之家运维开发技术经理 李占斌

本书作者是互联网金融大牛群的群主，是一名瘦削而专注的 IT 青年。这是一本关于分布式和服务化的、凝结了作者理论和实践心血的好书。

宜信资深大数据工程师 付红雷

推荐序一

经过艳鹏多年的实践经验积累及长时间的精心准备，本书终于与大家见面了，笔者很荣幸能够成为本书的首批读者。

随着时代的不断发展，分布式服务架构日益流行，已经从 SOA 服务化发展到了微服务架构。有过惊喜，有过质疑，但这未能阻挡分布式服务架构在互联网行业里的普遍应用。然而，事物总是有两面性的，丰富的新框架及新技术层出不穷，给项目的技术决策者带来了技术选型上的困难。此外，在互联网交易越来越复杂、规模越来越庞大的背景下，解决分布式服务间的事务问题、业务一致性问题、可用性问题、稳定性问题等的困难以指数级增加。

本书以一位在 IT 行业从事多年分布式服务架构工作的资深老兵的视角，剖析了针对分布式系统架构的解决方案和设计模式。书中的每一章、每一节都是作者对多年线上系统架构设计实践的总结。

此外，有别于市面上的其他架构书籍，本书在讲解基础理论和方法论的基础上，提供了大量的实际操作和详尽的开发命令解析，读者可以直接把书中的方法和案例应用到实际工作中。

如果你想成为一名优秀的高并发服务架构师，那么本书将为你提供实践指引；如果你在大规模、高并发交易系统中遇到问题，那么本书将为你提供解决这些问题的理论与实践，令你脑洞大开，轻松解决问题！

姚建东

易宝支付产品 VP

推荐序二

本书作者艳鹏和杨彪秉着“开放、分享”的态度，将在互联网高并发服务建设过程中总结的经验、设计模式和最佳实践整理成书。本书内容涉及分布式服务架构的原理、设计与实战，不但介绍了微服务的背景，还介绍了服务化的演进历史，并详细介绍了保证一致性、高性能、高可用性的解决方案，重点讲解了建设大数据日志系统和调用链跟踪系统等内容。大数据日志系统和调用链跟踪系统是每一个微服务体系都应该包含的核心基础设施，为服务的稳定性、可用性提供了有效保证，为在应急和技术攻关过程中发现问题、定位问题和恢复问题提供了有效帮助。

本书逐一介绍分布式微服务系统架构设计的核心要点，对重点主题提供了代码、设计文档和开源项目，每个主题独立成章，且相关代码可应用于实际项目中。通过阅读本书，读者不但可以了解大规模分布式微服务系统是怎么设计的，也可以学到实际服务化项目中的设计模式及最佳实践，可大大提高互联网项目的实施效率。

分布式服务架构涉及的面很广且难以列举，涉及架构方法论、设计模式、如何快速入门纷繁庞杂的技术栈、如何对方案进行选型、如何定位和解决问题，等等。笔者也曾面试过许多候选者，其中，能利用所了解的知识较好地解决问题的人不多，能利用当前流行的技术对复杂问题进行技术选型并给出合理架构方案的人更是凤毛麟角。

笔者曾在 Google、乐视等互联网企业工作，作为一名持续创业者，曾想将自己从业以来的项目开发经验、问题追踪、技术选型等积累成文字，为给更多的开发者提供参考，使其少走弯路，但一直碍于各种琐事未能成行。当艳鹏将书稿呈现在笔者面前并让笔者为本书作序时，笔者惊喜万分。本书作者有着多年的一线互联网开发经验，根据自己的实际生产经验，将微服务、分布式系统、一致性、性能与容量评估、大数据日志分析系统、调用链系统、容器等结合一些生动、实用的案例进行了全面介绍，对一些项目敏捷开发和技术选型也给出了自己的经验，同时对日常运维手段也进行了分享。本书虽然篇幅不大但实用性很强，能够指导实际互联网架构的设计与实现。本书主题明确、浅显易懂，适合初学者和有一定经验的开发者和架构师阅读和使用。

于立柱

福佑卡车 CTO

推荐序三

本书作者杨彪和艳鹏都是笔者认识多年的老朋友，笔者见证了他们从勤奋青年到老成持重、独当一面，从一线的核心开发人员到架构师再到技术经理和技术总监，从传统 IT 行业到互联网行业的心路历程。

笔者在近几年面试过很多人，发现了一些有意思的现象：很多自称架构师的人在同你讲架构时可谓滔滔不绝，各种技术名词像说相声一样从其嘴里说出来，但是你稍微追问一下，就会发现其存在很多基本概念的缺失，例如自称精通高并发的人说不出其所谓的高并发瓶颈在哪里，自称能够开发高可用和高性能系统的人说不出高可用和高性能的衡量标准是什么，并且其所谓的大数据处理系统实际上只有百万条数据，等等。

架构师虽然听起来和工程师没有太大区别，技术经理和技术总监也都会对核心技术有所把控，但本质上架构师要引领技术的发展，用技术服务于业务，为业务产生价值，更通俗地说，架构师需要让技术变现，为客户赚取更多的利润，或者为客户节省更多的成本，因此，架构师任重而道远。在互联网高速发展的今天，如何成为一名优秀的架构师是一个值得研究的课题，本书正是为那些已经成为架构师或者即将成为架构师的人准备的一本好书。作为第一批阅读本书的读者，笔者惊叹于本书中的内容如此丰富，囊括了保证互联网线上高并发服务的方方面面，不仅包括分布式服务的背景和演化，还包括保证分布式服务化系统一致性、高性能、高可用的方法论和最佳实践，而这些正是每一个互联网公司都需要探索和应用的理论和方法。笔者推荐每一名互联网架构师都阅读本书，相信你一定能从中学到自己急需的技术、方案和方法。

本书作者有从花旗银行、甲骨文等知名外企到新浪微博、易宝支付等大型互联网平台，从传统的核心行业到火热的游戏行业，从社交产品到金融支付产品等方方面面的工作经验，既深刻了解传统行业的系统规范、流程和功能的复杂性，又深谙互联网行业的高性能、可用性、高并发、可伸

缩等高级特性。本书涉及的分布式服务架构原理、设计和实战，皆来自于作者在实际工作中提炼的精华，从理论到落地，皆言之有物。无论是对于软件工程师、测试工程师、运维工程师、软件架构师、技术经理、技术总监，还是对于资深 IT 人士来说，本书都极具参考价值。

杨延峰

开心网副总裁



前言

自互联网诞生以来，其简单、敏捷的微服务架构开发理念和实践逐渐成为主流，在逐渐发展的环境下和技术演化的过程中，迅速突破互联网行业并波及软件行业的各个领域。然而，这种突飞猛进的表面下却是龙鱼混杂、泥沙俱下。一方面，很多人在这个信息爆炸的时代应对海量信息的处理能力比较有限；另一方面，也有人致力于将优秀的理论和实践相结合，希望运用所学的高效解决方案应对越来越复杂的问题。不论对与错，人类对技术进步的追求从未停歇。

毋庸置疑，IT 行业的发展进入了一个加速分化的时代，将优秀的解决方案推向大众的成本和速度将成为决定企业生存与否的关键因素之一。优秀的互联网企业已装备精良并持续优化，而那些还需不断进步的企业也在互相竞争。尽管在这个信息量巨大的媒体时代，部分优秀的企业在应对分布式服务架构时已经有了更多的认识且技术越来越完善，但也有很多快速发展的企业在变得更优秀这条道路上任重而道远。

很多非常优秀的开发人员和架构师能成为给公司带来长远利益的人，在变革的节点上推波助澜。本书将带你走进分布式服务架构的世界，在这个世界里不停探索和汲取经验。领先于别人是一种要求，这也是很多公司赢得先机的关键所在，无论服务于 IT 的哪个领域，每个 IT 人都有理由重视架构这门艺术。希望本书对于软件工程师、测试工程师、软件架构师及深耕于 IT 行业的老兵来说，都能带给其所期望的内容，并帮助其解决和发现问题，也能帮助其不断探索。

本书以当前流行的分布式服务架构为主线，讲解了分布式服务架构的原理、设计与实践。本书首先介绍了分布式服务架构的背景和演化，然后深入阐述了保证分布式服务的一致性、高性能、高可用性等的设计思想和可实施的方案；然后介绍了大规模、高并发线上服务的应急流程和技术攻关过程，并给出了发现和定位问题的有效、常用工具集；最后详细介绍了分布式服务架构中容器化过程分析、敏捷开发和上线的工具，为从事高并发服务架构的开发人员提供了

保障系统健康运行的方法论和最佳实践。

感谢电子工业出版社张国霞编辑的认真态度和辛勤工作，使得本书能够最终顺利完成。

感谢笔者的技术小伙伴贾博岩提供了日志相关的资料和示例，让笔者能够快速完成第4章大数据日志系统方面的内容。

感谢张晓辉、周伟、霍勇同学在编辑阶段参与阅稿，并提出专业的意见。

感谢英语专业的高材生曹燕琴小同学在文字上提供的帮助。

最后，感谢笔者的家人和朋友在本书写作过程中提供的支持和帮助。

李艳鹏

----- 读者服务 -----

轻松注册成为博文视点社区用户（www.broadview.com.cn），扫码直达本书页面。

- 提交勘误：您对书中内容的修改意见可在[提交勘误处](#)提交，若被采纳，将获赠博文视点社区积分（在您购买电子书时，积分可用来抵扣相应金额）。
- 交流互动：在页面下方[读者评论处](#)留下您的疑问或观点，与我们和其他读者一同学习交流。

页面入口：<http://www.broadview.com.cn/31578>



目 录

第 1 章 分布式微服务架构设计原理

1

1.1	从传统单体架构到服务化架构	2
1.1.1	JEE 架构	2
1.1.2	SSH 架构	5
1.1.3	服务化架构	8
1.2	从服务化到微服务	11
1.2.1	微服务架构的产生	12
1.2.2	微服务架构与传统单体架构的对比	13
1.2.3	微服务架构与 SOA 服务化的对比	15
1.3	微服务架构的核心要点和实现原理	16
1.3.1	微服务架构中职能团队的划分	16
1.3.2	微服务的去中心化治理	18
1.3.3	微服务的交互模式	18
1.3.4	微服务的分解和组合模式	22
1.3.5	微服务的容错模式	35
1.3.6	微服务的粒度	41
1.4	Java 平台微服务架构的项目组织形式	42
1.4.1	微服务项目的依赖关系	42

1.4.2	微服务项目的层级结构	43
1.4.3	微服务项目的持续发布	45
1.5	服务化管理和治理框架的技术选型	45
1.5.1	RPC	46
1.5.2	服务化	47
1.5.3	微服务	49
1.6	本章小结	52

第2章 彻底解决分布式系统一致性的问题 54

2.1	什么是一致性	55
2.2	一致性问题	56
2.3	解决一致性问题的模式和思路	57
2.3.1	酸碱平衡理论	58
2.3.2	分布式一致性协议	61
2.3.3	保证最终一致性的模式	67
2.4	超时处理模式	75
2.4.1	微服务的交互模式	76
2.4.2	同步与异步的抉择	77
2.4.3	交互模式下超时问题的解决方案	78
2.4.4	超时补偿的原则	85
2.5	迁移开关的设计	87
2.6	本章小结	88

第3章 服务化系统容量评估和性能保障 89

3.1	架构设计与非功能质量	90
3.2	全面的非功能质量需求	91
3.2.1	非功能质量需求的概述	91

3.2.2	非功能质量需求的具体指标	92
3.3	典型的技术评审提纲	97
3.3.1	现状	97
3.3.2	需求	98
3.3.3	方案描述	98
3.3.4	方案对比	99
3.3.5	风险评估	100
3.3.6	工作量评估	100
3.4	性能和容量评估经典案例	100
3.4.1	背景	100
3.4.2	目标数据量级	101
3.4.3	量级评估标准	101
3.4.4	方案	102
3.4.5	小结	107
3.5	性能评估参考标准	108
3.5.1	常用的应用层性能指标参考标准	108
3.5.2	常用的系统层性能指标参考标准	109
3.6	性能测试方案的设计和最佳实践	112
3.6.1	明确压测目标	112
3.6.2	压测场景设计和压测方案制定	114
3.6.3	准备压测环境	121
3.6.4	压测的执行	122
3.6.5	问题修复和系统优化	123
3.7	有用的压测工具	123
3.7.1	ab	123
3.7.2	jmeter	125
3.7.3	mysqlslap	125
3.7.4	sysbench	129
3.7.5	dd	134

3.7.6	LoadRunner	135
3.7.7	hprof	136
3.8	本章小结	138

第4章 大数据日志系统的构建 140

4.1	开源日志框架的原理分析与应用实践	142
4.1.1	JDK Logger	142
4.1.2	Apache Commons Logging	143
4.1.3	Apache Log4j	147
4.1.4	Slf4j	156
4.1.5	Logback	160
4.1.6	Apache Log4j 2	164
4.2	日志系统的优化和最佳实践	168
4.2.1	开发人员的日志意识	168
4.2.2	日志级别的设置	168
4.2.3	日志的数量和大小	169
4.2.4	切割方式	170
4.2.5	日志格式的配置	170
4.2.6	一行日志导致的线上事故	177
4.3	大数据日志系统的原理与设计	178
4.3.1	通用架构和设计	179
4.3.2	日志采集器	180
4.3.3	日志缓冲队列	186
4.3.4	日志解析器	187
4.3.5	日志存储和搜索	187
4.3.6	日志展示系统	188
4.3.7	监控和报警	188
4.3.8	日志系统的容量和性能评估	188

4.4	ELK 系统的构建与使用	190
4.4.1	Elasticsearch	191
4.4.2	Logstash	193
4.4.3	Kibana	196
4.5	本章小结	198
第 5 章 基于调用链的服务治理系统的设计与实现		199
5.1	APM 系统简介	200
5.1.1	优秀的开源 APM 系统	200
5.1.2	国内商业 APM 产品的介绍	202
5.2	调用链跟踪的原理	203
5.2.1	分布式系统的远程调用过程	204
5.2.2	TraceID	207
5.2.3	SpanID	208
5.2.4	业务链	210
5.3	调用链跟踪系统的设计与实现	211
5.3.1	整体架构	211
5.3.2	TraceID 和 SpanID 在服务间的传递	213
5.3.3	采集器的设计与实现	217
5.3.4	处理器的设计与实现	222
5.3.5	调用链系统的展示	225
5.4	本章小结	226
第 6 章 Java 服务的线上应急和技术攻关		227
6.1	海恩法则和墨菲定律	227
6.2	线上应急的目标、原则和方法	229
6.2.1	应急目标	229

6.2.2	应急原则	229
6.2.3	线上应急的方法和流程	230
6.3	技术攻关的方法论	233
6.4	环境搭建和示例服务启动	236
6.5	高效的服务化治理脚本	240
6.5.1	show-busiest-java-threads	240
6.5.2	find-in-jar	243
6.5.3	grep-in-jar	244
6.5.4	jar-conflict-detect	245
6.5.5	http-spy	247
6.5.6	show-mysql-qps	248
6.5.7	小结	249
6.6	JVM 提供的监控命令	249
6.6.1	jad	249
6.6.2	btrace	250
6.6.3	jmap	252
6.6.4	jstat	255
6.6.5	jstack	256
6.6.6	jinfo	258
6.6.7	其他命令	258
6.6.8	小结	259
6.7	重要的 Linux 基础命令	260
6.7.1	必不可少的基础命令和工具	260
6.7.2	查看活动进程的命令	268
6.7.3	窥探内存的命令	270
6.7.4	针对 CPU 使用情况的监控命令	272
6.7.5	监控磁盘 I/O 的命令	273
6.7.6	查看网络信息和网络监控命令	275
6.7.7	Linux 系统的高级工具	287