



OpenStack Cluster HA
Principles and Architecture

OpenStack

高可用集群

(上册)

原理与架构

山金孝 著

国内OpenStack领域一线技术专家在IBM和招商银行等大型企业多年项目经验总结，多位云计算技术专家联袂推荐

立足于生产环境，从原理、架构、部署、运维4个维度为构建高可用OpenStack集群提供完整解决方案



机械工业出版社
China Machine Press

这是一部从原理、架构、部署、运维4个方面系统、深入讲解如何构建高可用OpenStack集群的著作，在理论和实践两个维度为构建高可用OpenStack集群提供了完整的解决方案。

本书从OpenStack终端用户的角色出发，以面向生产系统的OpenStack高可用集群建设为主线，对OpenStack高可用集群的原理和架构进行了深入的剖析，对部署和运维OpenStack高可用集群所依赖的各个技术栈和核心组件进行了详细的讲解。此外，书中还对Ceph和Docker等技术与OpenStack的结合应用进行了详细讲解，尤其是对Kolla项目的介绍，是本书的一大技术特色。

本书分为上下两册：

上册（第1~10章）从理论的角度剖析了OpenStack高可用集群的原理与架构。

架构篇（第1~2章）：介绍了通用云计算参考架构的设计、传统IT架构的高可用设计、云环境下的高可用设计，以及OpenStack高可用集群的架构设计。

原理篇（第3~10章）：首先详细讲解了实现OpenStack高可用集群所必须的集群资源管理器、负载均衡器、消息队列、缓存系统和数据库等OpenStack生态圈的基础技术和高可用软件；其次讲解了OpenStack的计算、网络和存储三大核心组件，以及Ceph的架构设计和使用配置。

下册（第11~15章）从实战的角度讲解了OpenStack高可用集群的部署与运维。

部署篇（第11~12章）：讲解了OpenStack基础架构软件 and 核心组件的高可用部署与实现。全面讲解了OpenStack高可用集群的落地实施过程，并将OpenStack高可用集群的部署进行了代码自动化实现，代码具有稳定的可重现性。

运维篇（第13~14章）：总结了OpenStack高可用集群运维的实践。详细讲解了基于Pacemaker高可用集群的运维，深入分析了Nova实例的高可用和Neutron网络，以及Ceph集群的运维。

拓展篇（第15章）：介绍了基于Docker的OpenStack容器化部署项目Kolla，通过Kolla实现OpenStack容器化部署。

云计算与虚拟化技术丛书



OpenStack Cluster HA
Principles and Architecture

OpenStack 高可用集群

(上册)

原理与架构

山金孝 著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

OpenStack 高可用集群 (上册): 原理与架构 / 山金孝著. —北京: 机械工业出版社, 2017.8
(云计算与虚拟化技术丛书)

ISBN 978-7-111-57570-2

I. O… II. 山… III. 计算机网络 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 183664 号

OpenStack 高可用集群 (上册): 原理与架构

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: 李 艺

责任校对: 李秋荣

印 刷: 北京诚信伟业印刷有限公司

版 次: 2017 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 186mm×240mm 1/16

印 张: 37.75

书 号: ISBN 978-7-111-57570-2

定 价: 99.00 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

Foreword 序1

开源项目 OpenStack 经过 7 年的发展，其社区规模日益扩大，使用用户日益增多，在云计算领域和市场的影响力也是不断增长。OpenStack 进入我国不算太晚，但由于语言、时差与开源思维等因素的影响，初期在华人用户和社区的发展稍逊于西方国家，特别是落后于美国。随着 OpenStack 日益成熟，以及我国积极倡导开源精神和自主创新精神，OpenStack 在这几年慢慢出现“西退东进”的趋势。即在西方激烈而残酷的行业竞争后，对 OpenStack 的投资有着慢慢趋缓甚至减退的迹象，而在我国，却有越来越多企业加入到 OpenStack 这个大家庭里，有越来越多的行业和大型企业选择并应用 OpenStack，也有越来越多的中国开发人员为 OpenStack 社区贡献代码，为它的成熟与发展发挥了突出的作用。

随着国内 OpenStack 市场的蓬勃发展，关于介绍 OpenStack 的书籍层出不穷。有些主要是国外经典著作的翻译版，以消除国内 OpenStack 爱好者在语言方面的障碍，但更多是来自那些经过多年探索 and 研究的国内 OpenStack 先行者们的原创作品。他们总结自己的学习成果，分享实践领域的经验教训。本书作者山金孝正是众多先行者中的一员，他参考了诸多社区公开的中英文资料，学习 OpenStack 峰会视频和讨论文档，借鉴专家们的技术分享，并结合自己工作的实践，终于著成本书。

我很荣幸在本书即将出版之际，拿到了一份电子简稿，并通读了一遍。它与其他书籍的不同之处在于，所有技术的阐述都是围绕高可用性展开的。OpenStack 的部署实际上包含了很多软件的使用，涉及面广，除了自身几个关键服务之外，它还涉及很多其他不在 OpenStack 项目里的软件和组件。如何把这些软件使用起来，配置好各种参数，使它们配合工作，从各方各面形成完整的高可用 OpenStack 部署方案，是本书的核心，也是对市场上现有各类 OpenStack 书籍的重要补充。相信读者和 OpenStack 爱好者通过本书的学习，了解 OpenStack 原生的高可用性基础架构，熟悉 OpenStack 各相关领域开源技术和软件的应用，熟练掌握高可用 OpenStack 生产项目实施和运维。

——王庆 OpenStack 基金会个人独立董事 /
英特尔开源技术中心云计算和网络部研发经理

序2 *Foreword*

作为开源云计算的事实标准，OpenStack 得到了诸多厂商和企业用户的支持，越来越多的传统 IT 企业和云创公司正在将 OpenStack 作为企业发展的战略方向。全世界范围内的通信、科研、金融和电力等大中型企业用户都在成为 OpenStack 的超级用户，与此同时，对于计划进行云计算建设的企业而言，OpenStack 也是不可或缺的首要参考选项。纵观云计算这些年的发展史，在开源云计算这场 IT 技术革新的硝烟中，OpenStack 已成为最后的赢家，并且正在主导私有云领域的发展方向。

对于大多数 OpenStack 用户，尤其是中小企业用户，OpenStack 组件复杂、理论知识广泛、部署运维门槛较高和不完善的原生高可用建设支持都是阻碍 OpenStack 在企业用户，特别是传统企业用户中落地部署的主要原因。而对于像金融、证券等企业用户而言，面向生产系统的 OpenStack 集群必须具备服务的高可用性，同时要能够满足企业 7×24 的业务连续性需求，因此建设具备高可用性的 OpenStack 集群，是企业选用 OpenStack 部署云计算必须跨过的技术门槛。

本书从 OpenStack 终端用户的角色出发，以面向生产系统的 OpenStack 高可用集群建设为主线，对部署 OpenStack 高可用集群所依赖的各个基础技术栈和 OpenStack 核心组件进行了详细的原理讲解，并以实战部署的形式演示了 OpenStack 高可用集群部署的过程。此外，书中还对 Ceph 和 Docker 等技术与 OpenStack 的结合应用进行了详细讲解，尤其是 Kolla 项目的介绍，都是本书的一大技术特色。目前国内仍然缺乏一本讲解 OpenStack 高可用部署的书籍，本书填补了这一空白，相信也是很多苦于寻求 OpenStack 高可用建设方案用户的福音。

——陈沙克 九州云信息科技有限公司副总裁

Foreword 序3

在受邀为金孝兄的这本书作序时，我是怀着无比激动和忐忑的心情的：一方面为曾经共同在 IBM 战斗过的兄弟能够在开源与云计算环境中有如此专业的经验分享而激动，另一方面其实担心同样作为工程师、架构师的自己不善言语，无从下笔。但当读罢此书时，却也真心觉得想要写些什么，来感慨此书的一些出众之处。

“一切皆服务”是云计算的最终奥义，我一直这样认为。云计算从来都不是一个简单的技术命题，而是一种“让非专业人员也能够自如消费 IT 资源”的手段，是一种资源分配模式的变革。就如同社会从自然经济形态进化到商品经济形态一样，通过云计算，消费者不用再关注于从底层 IT 基础环境到顶层业务实现的全 IT 栈，而是仅需要在云生态环境中选取所需的各类 Infrastructure、Platform、Software 服务来实现自身的业务目标即可。云计算的出现将原本自产自销、纷繁多样的 IT 资源经过标准化、服务化成一种供用户购买的“商品”，从而极大地带动了依托于 IT 资源的各类新兴产业爆发式的发展，诸如互联网+、O2O、物联网等。

这是一本有明确目标的书。我阅读过很多关于云计算、云平台及 OpenStack 的相关书籍，有讲战略的，有讲业务的，有讲技术的，有讲开发的，但大多数都是为了云而云，为了技术而技术。本书却并没有开篇就与读者讨论高可用的模式、集群的实现手段等，而是从“企业为何要进行云计算建设”入手，带着明确的需求与目标来讨论“高可用”在云计算生产环境中的重要地位，从而引出需要考虑的 HADR 关键点，逐步带入实现高可用的技术手段及其原理和实战，使得读者在通读本书的过程中能够带着明确的目标进行研读，提高了读者阅读的兴趣。

这是一本站在巨人肩膀上的书。本书具备严密的逻辑性，这与作者多年来在 IBM 作为一线技术工作者的经历和经验是分不开的。从书中的许多地方都能够透出 IT 界黄埔军校——IBM 的影子，从开篇明义的 CCRA 方法论，到对 HADR 的理解与实现，均站在 IBM 这个蓝色巨人的肩膀上依托于 IBM 的架构思维来审视，加之融合了作者许多成熟经验的实战讲解，使得这本书在整个阅读的过程中能够给读者带来非常连贯、完整和丝丝入扣

的阅读体验。

这是一本实用性卓越的工具书。从事 OpenStack 相关工作的人都很清楚，OpenStack 是一个以功能为目标的项目群，旨在实现越来越全面的云平台功能，而把其本身作为企业生产环境的各非功能目标部分交由用户自行实现，其中最重要的就是高可用部分。而现实情况是，除了 Google、Amazon 这些公有云巨头外，大多数想要使用 OpenStack 作为私有云或混合云的中小企业并不具备全面的规划设计能力，从而无法顺利的将 OpenStack 应用于企业环境。本书恰恰填补了这一空白，从入门的高可用知识，到各类高可用工具的介绍，随后通过高可用集群的部署实践，指导读者一步步完成 OpenStack 高可用的构建，对中小企业将 OpenStack 生产化、商用化起到非常巨大的帮助。

如果你只是想学习 OpenStack 到底为何物，能干什么，我不推荐这本书，你可以上社区进行充分学习，比任何人著作的任何书籍都有帮助；但如果你想将 OpenStack 切实地应用起来，而不是纸上谈兵、简单玩玩而已，那我非常推荐这本书，它能够极大地减少你在浩瀚互联网海洋中摸爬滚打的时间，有的放矢、逻辑严密地指导你一步一步将一个社区化、功能化的 OpenStack 平台，构建成稳定的、高可用的企业级生产环境 OpenStack 云平台。

——行俊楠 云计算资深架构师

Foreword 序4

随着 IT 技术的不断演进以及商业模式的变革式发展，我们今天面对的技术和商业行为越来越体现出开放、敏捷与共享的特征，而云计算恰恰是这其中的基石。依托于云计算给企业带来的不同于传统 IT 架构的更加开放、灵活与共享的能力，企业可以更加敏捷地组织、实现和运营业务，从而更快速、更有效地面对现今的商业竞争。徜徉云计算的海洋中，伴随着诸多 IT 巨头以及不断涌现的创业公司的加入和推广，围绕 OpenStack 的生态圈越发蓬勃，同时也不断扩展到不同的行业、企业和业务场景中。OpenStack 已经成为开源领域云计算的事实标准，并不断推动开源云计算的发展。

与此同时，随着 OpenStack 开源分享精神与企业行业应用的深入结合，如何更加合理地将开源技术与企业的个性化场景结合？如何使得社区共建的开源能力能够满足企业级服务的效率要求？尤其是如何向企业级应用场景提供高可用的解决方案？这些都是开源精神与技术真正能够走入企业级市场必须面对的挑战。在过去面对诸多的企业级需求场景中，我曾经不断面临这些挑战，也深深地感受到在浩瀚的开源技术与信息中，要能够发掘出满足不同业务场景、体现不同个性化需求、解决独特架构体系下的技术难点，是多么的复杂与艰辛！面对这爆发式的信息浪潮，人们对技术的渴求已转为对所获取技术的质量和效率诉求，大量未经验证和无法确认的交流、分享在互联网上如瘟疫一般大肆传播于各大论坛、引擎，读者对其验真、确认的过程犹如沙海淘金，收效甚微。

山金孝先生历时经年，在大量的研究中去其糟粕，取其精华，凝其专业经验与开放信息而著此书，让我不禁为之大为赞叹！本书立意明确，步步以实践为核心，深入浅出地覆盖了如何构建企业高可用云计算的重要技术内容。精读之后让我对其匠人之心深感敬佩，也为我后续企业级产品建设与服务提供了非常多的启发与思考！感谢山金孝先生为 OpenStack 的推广及发展的用心与贡献！

——邹恒滨 四川汇揽熙云科技有限公司产品研发总监

前言 Preface

为什么写这本书

OpenStack 在云计算和 IT 基础架构领域的影响力已毋庸置疑，从 OpenStack 社区成立至今，短短几年时间里，其贡献者和用户已遍及全球各个地区和行业，OpenStack 已然成为开源领域云计算的事实标准。近年来，国内 OpenStack 初创企业不断涌现，华人企业和工程师在 OpenStack 社区中的影响力和贡献占比不断上升，以华为、中兴为主的传统 IT 企业在 OpenStack 社区不断提升自己的影响力，并在社区的董事决策中占有一席之地。此外，99Cloud、United Stack、Easy Stack、UMCloud、AWCloud 等 OpenStack 创业公司对 OpenStack 的贡献也处于全球领先的位置，可以说在国内云计算大潮的推动下，OpenStack 正在不断渗透并重构各个行业的 IT 架构。纵观 2016 年，可将其看成是 OpenStack 在国内企业用户中真正落地的元年，以国网、电信、移动和中海油等为主的大型国有企事业单位，以银联、邮蓄、兴业数金和众多地方商业银行为主的金融企业，以上交、西交、东南大学和人民在线、山西农业云、湖北楚天云等为主的科研政企单位，以及上汽集团、复兴医药等工业制造业都在部署或正式上线 OpenStack 私有云，当然还有更早便在使用 OpenStack 的诸多互联网企业。OpenStack 作为开放、包容的基础架构云平台，在国外更有像 AT&T、CERN、PayPal、BMW、eBay 和 Walmart 等重量级的大型用户，以及 IBM、HPE、Dell、Cisco、RedHat、Intel 和 Oracle 等 IT 巨头的参与。从全球目前的云计算环境发展趋势而言，企业借助 OpenStack 构建私有云已成为多数用户云化并重构数据中心的首要选择。

自 2010 年 OpenStack 的 Austin 版本发布以来，历经 7 年的时间，OpenStack 社区已发行了第 15 个版本 Ocata，其稳定性和功能在不断增强。同时，在 Liberty 版本中引入“大帐篷”概念后，OpenStack 以极为开放、包容的姿态不断整合已有或新生的 IT 技术，尤其是对 Ceph 存储和 Docker 容器技术的成功整合，真正显示出其在云计算大潮下中流砥柱的地位和集成引擎的强大一面。尽管在这几年的发展过程中也饱受指责、批评和诟病，同时还受到 Docker 后来居上甚至取而代之的威胁，但是 OpenStack 依然一路高歌向前，并以拥抱一切竞争对手的姿态不断完善和巩固自己的主导地位。时至今日，可以毫不夸张地说，在

云计算领域，没有 OpenStack 实现不了的功能，也没有 OpenStack 整合不了的技术，或者说在开源领域，OpenStack 已成为了云计算的代名词。

OpenStack 虽然如此火爆，但是想要实现面向生产环境的 OpenStack 高可用云计算环境却并非易事，尤其对于高度依赖传统 IT 架构的企业而言，服务高可用一直是企业部署和使用 OpenStack 难以跨越的鸿沟，而这也成为了 OpenStack 真正落地并走向普通企业用户需要解决的“最后一公里”。OpenStack 以开源共享的方式为用户走向云计算提供了便捷之道，但是其内部组件之复杂、涉及技术栈之多、版本更新之快以及部署维护之困难往往也超出很多用户的预期。围绕这些问题，OpenStack 社区孵化了很多新项目以期解决被诟病最多的入门困难、部署困难和维护困难等问题。但是为了实现 OpenStack 的自动化部署，这些项目无一不又重新引入了新的理论技术，并从其他维度增加了用户使用 OpenStack 的学习和维护成本，而且这些项目并没有很好地解决企业用户最为关心的 OpenStack 服务高可用问题。以上种种，归其原因，在于社区曾明确 OpenStack 的高可用应交由用户的基础架构软件而非上层 OpenStack 项目来实现。因此，对于 OpenStack 企业用户而言，在 OpenStack 社区上游功能交付和终端用户部署实施之间一直横亘着一个难题，即如何在使用 OpenStack 的过程中通过集成高可用基础架构软件，实现保证业务连续性的 OpenStack 高可用集群。

虽然目前各个 OpenStack 厂商都有自己的 OpenStack 高可用解决方案，但是采用厂商定制商业方案似乎有违使用 OpenStack 的初衷，而且市面上的 OpenStack 书籍多以 OpenStack 理论讲解和功能部署为主，却没有一本专门面向 OpenStack 高可用实施部署的中文书籍（虽然在 OpenStack 官方网站和其他互联网站点中也能找到 OpenStack 高可用建设的相关资料，但是这些资料或者藏头露尾，或者零散不全，且以英文资料居多）。秉承共享精神，为了给国内社区用户，尤其是新入门的 OpenStack 用户提供一套完整的 OpenStack 高可用部署参考方案，同时对 OpenStack 进行由底层基础架构软件至上层 OpenStack 核心组件的原理分析与高可用部署的一站式讲解，我们决定编写一本关于 OpenStack 高可用集群原理、部署与运维的书籍，对以 OpenStack 为核心的技术栈进行全面剖析，即从理论知识准备到高可用实战操作，再到后期的高可用集群运维进行透彻的分析和介绍，同时围绕 OpenStack 生态圈，对 Ceph 和 Docker 与 OpenStack 的集成应用进行实战讲解。希望本书能够为企业用户在 OpenStack 的应用部署中提供微薄之力。

本书的主要内容和特色

本书分为上下两册，理论与实战结合，全面讲解了 OpenStack 的技术知识点。上册讲解了 OpenStack 相关的基础架构软件，如集群管理软件 Pacemaker、负载均衡及高可用软件 HAProxy 和 Keepalived、缓存系统 Memcached 和 Redis、数据库 MariaDB 和 MongoDB 以及消息队列系统 RabbitMQ 等基础软件的理论知识，也可以了解到 OpenStack 三大核心组件——计算（Nova）、存储（Cinder/Ceph）和网络（Neutron）的架构原理及使用方式。

下册从实战角度讲解了如何对 OpenStack 的基础架构软件 and 核心组件项目进行高可用集群部署，然后介绍了如何在实际应用中 对 OpenStack 高可用集群进行运维分析与故障解决。

整体而言，本书从项目实施的角度，按照“理论基础—实战部署—后期运维”的方式进行循序渐进的讲解，围绕 OpenStack 生态圈，不仅介绍了 OpenStack 的组件项目，还对其依赖的基础架构软件进行了完整介绍，同时对当前较为热门的 Ceph 和 Docker 在 OpenStack 中的集成应用也进行了分析和实战演示。

本书面向的读者

书中以 Linux 系统运维为基础，通过 Pacemaker 集群软件为各项服务提供高可用性，涉及负载均衡、数据库、缓存系统、消息队列和云计算领域的存储、网络以及计算资源虚拟化等诸多知识点，是一本整合了 OpenStack 生态圈的技术书籍，非常适合 OpenStack 入门初学者、运维工程师和 Open-Stack 高可用架构工程师及 Ceph 存储管理员等从业人员阅读。

此外，本书也适合高校在读本科生或研究生用作 OpenStack 研究、部署和实践的参考书。通过对本书的学习，读者将可以从 OpenStack 入门级别走上高可用 OpenStack 生产项目实施和运维工程师的台阶。

如何阅读本书

阅读本书之前，读者应该具备一定的 KVM 虚拟化知识、SAN 网络或分布式存储知识以及 Linux 系统运维、集群管理和高可用相关方面的基础知识。由于篇幅较多，本书分为上、下两册，按照：架构篇（第 1~2 章）、原理篇（第 3~10 章）、部署篇（第 11~12 章）、运维篇（第 13~14 章）以及扩展篇（第 15 章）的结构进行编排，读者如果仅关注于某个阶段的参考学习，可直接参考目录结构进入相关章节。按章节顺序，本书讲述了如下内容。

第 1 章描述了云计算建设的必要性，同时对用户在公有云与私有云之间的决策提供建设性的参考，并对企业实施云计算的进阶路线提供指引和参考架构，此外还对传统 IT 架构和云计算环境下的高可用架构设计进行了介绍。

第 2 章对 OpenStack 高可用架构的功能组件和集群核心服务项目进行了介绍，还对 Redhat 和 Marientis 两大 OpenStack 领导厂商的高可用架构进行了详细介绍，并与其他 OpenStack 厂商的高可用架构进行了对比分析。

第 3 章介绍了 OpenStack 高可用架构中的集群资源管理器 Pacemaker 的原理、架构和使用方法。

第4章介绍了 OpenStack 高可用架构中的集群负载均衡与高可用软件 HAProxy 和 Keepalived 的原理、架构和使用方法。

第5章介绍了 OpenStack 高可用集群中的消息队列系统 RabbitMQ 的原理、架构和高可用配置与使用方法。

第6章介绍了 OpenStack 高可用集群中的缓存系统 Memcached 和 Redis 的原理及使用方法。

第7章介绍了 OpenStack 高可用集群中的关系型数据库 MariaDB 和非关系型数据库 MongoDB，同时对这两种数据库的高可用配置与使用方法进行了详细介绍。

第8章介绍了 OpenStack 高可用集群中核心服务之一的计算服务 Nova 项目，对 Nova 的架构原理、使用配置以及服务高可用均进行了详细介绍。

第9章介绍了 OpenStack 高可用集群中核心服务之一的网络服务 Neutron 项目，对 Neutron 的插件式架构、高可用配置以及不同的 Neutron 网络模式及其使用方法进行了详细介绍。

第10章介绍了 OpenStack 高可用集群中核心服务之一的块存储服务 Cinder 和 Ceph 分布式存储集群，对 Cinder 块存储的架构、配置和多后端存储及其使用进行了详细介绍，同时对 Ceph 在 OpenStack 中的集成使用进行了实战演示。

第11章介绍了 OpenStack 基础架构组件的高可用部署，以实战部署的方式讲解了如何通过 Pacemaker 集群部署高可用的 OpenStack 基础服务组件。

第12章介绍了 OpenStack 核心服务组件的高可用部署，以实战部署的方式讲解了如何通过 Pacemaker 集群部署高可用的 OpenStack 核心服务组件。

第13章介绍了如何运维基于 Pacemaker 的 OpenStack 高可用集群，并对 Neutron 网络和 Nova 计算服务的高可用性进行了详细分析。

第14章介绍了 Ceph 分布式存储集群的运行维护经验，并提供了如何配置和自定义使用 Ceph 集群的参考。

第15章介绍了如何通过 Docker 容器与 OpenStack 集成项目 Kolla 进行 OpenStack 的容器化部署，同时对 OpenStack 的 Kolla 项目进行了详细介绍。

勘误和资源

在本书的写作过程中，笔者参考了很多 OpenStack 官方社区的资料和历届 OpenStack 峰会的讨论文档与视频，同时也参考了很多开源软件的官方资料和技术专家的经验分享，诚恳希望能为 OpenStack 爱好者与从业者呈现一本涵盖基础理论与高可用实战部署和运维的参考书籍。但是由于 OpenStack 社区版本变化之快，使得任何 OpenStack 相关书籍都难以跟上每年两次的 OpenStack 发行版本，加之笔者水平有限，书中难免存在技术延后和谬误观点，若书中有任何不妥之处，恳请读者批评指正。读者可将意见发送至邮箱

ynwssjx@126.com 或者通过微信公众号“OpenStackGeek”进行反馈，我们将实时跟进 OpenStack 社区的发展变化，并吸取读者的宝贵意见。另外，本书涉及的 OpenStack 高可用集群部署源代码已全部上传至 GitHub，读者可以从网站 <https://github.com/ynwssjx/OpenStack-HA-Deployment> 下载查看并参考实现。

致谢

开源共享是人类历史上最伟大的精神之一，在此向 Linux 创始人和开源精神领袖 Linus Torvalds 致敬，向 OpenStack 项目发起者 NASA 和 Rackspace 致敬，向 OpenStack 社区所有参与者和无私的代码贡献者致敬。

本书的编写历时半年有余，在工作和生活极为繁忙的阶段，笔者仍然坚持每日查阅资料 and 整理文章，期间得到了招商银行很多同事和领导的关心，同时也得到了很多 IBM 前同事和领导的支持，在此一并谢过。正是你们的关心和支持，才使得我在繁忙的工作之余仍然怀着一颗敬畏之心进行写作。

在本书的策划和写作期间，机械工业出版社华章分社的杨福川先生和李艺女士给予了极大的关心和帮助，在此感谢杨福川先生对本书的策划和李艺女士对全文的审阅校对，正是你们的辛勤付出才有了本书的问世。

另外，还要感谢我的妻子杨彩凤女士在写作期间对我生活上的照顾与理解，在多少个深夜与凌晨，正是你的理解与支持让我能全身心地投入写作中。在此也要感谢我的父母，感谢你们的默默养育和辛勤付出。在本书的写作期间，奶奶的仙逝是我最大的悲恸，谨以此书慰藉奶奶的在天之灵，您一世的慈祥我将永远铭记。

最后，感谢所有为本书的编写提供了帮助、支持与鼓励的朋友们，感谢陈沙克、刘世民、吴业亮等无私分享博文的技术爱好者，感谢所有为 OpenStack 社区无私奉献的企业和志愿者。相信在开源精神的共鸣下，OpenStack 一定会变得更好！

Contents 目 录

序 1
序 2
序 3
序 4
前言

架构篇

第 1 章 云计算架构设计及业务系统高可用 2
1.1 企业为何要进行云计算建设 2
1.1.1 政策导向与 IT 发展的必然 2
1.1.2 业务导向与 IT 弹性需求 4
1.1.3 技术导向与 IT 自动化 4
1.1.4 成本导向与 TCO 6
1.2 企业如何决策公有云与私有云 8
1.2.1 云计算部署模式对比 8
1.2.2 如何决策私有云与公有云 10
1.3 云计算架构设计与进阶路线 13
1.3.1 云计算生态模型 13
1.3.2 云计算架构基本模型 15
1.3.3 通用云计算参考架构 16

1.3.4 云计算实施进阶路线 20
1.4 业务系统高可用性概述 22
1.4.1 业务系统高可用性 23
1.4.2 业务系统容灾恢复 24
1.5 传统 IT 架构高可用设计 26
1.5.1 传统数据中心 HADR 设计原则 26
1.5.2 故障划分与 HADR 高可用实现 27
1.6 云环境下的高可用设计 29
1.6.1 云计算 HADR 架构设计原则 30
1.6.2 云计算 HADR 架构设计实现 33
1.7 本章小结 36

第 2 章 OpenStack 高可用集群架构概述 37
2.1 OpenStack 高可用集群功能组件 37
2.1.1 集群控制节点 38
2.1.2 集群计算节点 39
2.1.3 集群存储节点 40
2.1.4 集群网络节点 41
2.1.5 集群负载均衡器 43
2.1.6 集群网络拓扑 44
2.2 OpenStack 高可用集群服务组件 47
2.2.1 认证服务 Keystone 47

2.2.2	镜像服务 Glance	50
2.2.3	计算服务 Nova	52
2.2.4	块存储服务 Cinder	54
2.2.5	网络服务 Neutron	57
2.2.6	控制面板 Horizon	59
2.2.7	其他 OpenStack 服务	60
2.3	Redhat OpenStack 高可用部署架构	63
2.3.1	Redhat OpenStack 高可用集群部署架构	63
2.3.2	Redhat OpenStack 高可用集群服务规划	67
2.4	Mirantis OpenStack 高可用部署架构	71
2.4.1	Mirantis OpenStack 高可用集群部署架构	72
2.4.2	Mirantis OpenStack 自定义高可用集群架构	76
2.5	其他厂商 OpenStack 高可用部署架构介绍及对比分析	79
2.5.1	Juniper Networks OpenStack 高可用部署方案	80
2.5.2	HPE OpenStack 高可用部署方案	81
2.5.3	TCP Cloud OpenStack 高可用部署方案	83
2.5.4	Paypal OpenStack 高可用部署方案	84
2.5.5	Oracle OpenStack 高可用部署方案	87
2.5.6	OpenStack 高可用部署方案对比分析	87
2.6	本章小结	89

原理篇

第3章 集群资源管理系统

3.1	Pacemaker 概述	93
3.2	Pacemaker 集群分类	95
3.3	Pacemaker 集群架构	97
3.4	Pacemaker 内部组件	98
3.5	Pacemaker 集群配置信息管理	99
3.5.1	Pacemaker 集群状态信息	100
3.5.2	Pacemaker 集群配置信息	101
3.6	Pacemaker 集群管理工具 PCS	108
3.6.1	PCS 命令行工具	108
3.6.2	PCS 用户接口界面	110
3.7	Pacemaker 集群资源管理	113
3.7.1	集群资源代理	113
3.7.2	集群资源约束	118
3.7.3	集群资源类型	120
3.7.4	集群资源规则	124
3.8	本章小结	126

第4章 集群负载均衡系统

4.1	Keepalived 概述与配置	128
4.1.1	Keepalived 及 LVS 概述	128
4.1.2	Keepalived 工作原理	133
4.1.3	Keepalived 调度算法	136
4.1.4	Keepalived 路由方式	137
4.1.5	Keepalived 配置与使用	138
4.2	HAProxy 概述与配置	144
4.2.1	HAProxy 概述	144
4.2.2	HAProxy 配置	146
4.2.3	HAProxy 监控页面	151
4.2.4	HAProxy 配置参考	154

4.3 本章小结	158	6.2.1 Redis 缓存概述	204
第5章 集群消息队列系统	159	6.2.2 Redis 数据交换	205
5.1 AMQP 概述	160	6.2.3 Redis 数据持久化	206
5.2 RabbitMQ 概述	161	6.2.4 Redis 数据高可用	207
5.3 RabbitMQ 工作原理	167	6.2.5 Redis 高可用配置	209
5.4 RabbitMQ 基本配置	169	6.2.6 Redis 集群概述	216
5.5 RabbitMQ 集群基础	170	6.2.7 Redis 在 OpenStack 中的应用	218
5.5.1 RabbitMQ 集群概述	170	6.3 本章小结	219
5.5.2 RabbitMQ 的集群配置	171	第7章 集群数据库系统	221
5.6 RabbitMQ 集群管理	174	7.1 关系型数据库——MariaDB	221
5.6.1 RabbitMQ 集群节点启停	174	7.1.1 MySQL 概述	221
5.6.2 RabbitMQ 的集群节点移除	175	7.1.2 MariaDB 概述	224
5.7 RabbitMQ 的集群队列镜像	177	7.1.3 MariaDB 安装配置	225
5.8 基于 Pacemaker 的高可用 RabbitMQ 集群	181	7.1.4 MariaDB 高可用方案	233
5.8.1 Active/Passive 模式的 RabbitMQ 集群	181	7.1.5 MariaDB Galera Cluster 概述	236
5.8.2 Active/Active 模式的 RabbitMQ 集群	182	7.1.6 MariaDB Galera Cluster 配置	239
5.9 RabbitMQ 在 OpenStack 中的应用分析	187	7.2 非关系型数据库——MongoDB	249
5.10 本章小结	192	7.2.1 NoSQL 概述	249
第6章 集群缓存系统	193	7.2.2 MongoDB 概述	251
6.1 Memcache 缓存系统	193	7.2.3 MongoDB 安装配置	254
6.1.1 Memcache 缓存概述	193	7.2.4 MongoDB Replica Set 概述	258
6.1.2 Memcache 的工作原理	194	7.2.5 MongoDB Replica Set 部署	260
6.1.3 Memcache 的功能特点	196	7.3 本章小结	265
6.1.4 Memcache 集群概述	197	第8章 OpenStack 计算服务	267
6.1.5 Memcache 集群高可用	201	8.1 OpenStack 项目概述	267
6.2 Redis 缓存系统	204	8.1.1 OpenStack 项目概要	267
		8.1.2 OpenStack 版本发行	268
		8.1.3 OpenStack 组织机构	272
		8.1.4 OpenStack 使用情况	274
		8.1.5 OpenStack 服务项目	276