

Broadview
www.broadview.com.cn

TryStack
99cloud
苏宁云商

联合力荐

· 跃上云端——OpenStack企业应用之路 ·

OpenStack

企业云平台架构与实践

张小斌 著



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

跃上云端——OpenStack

OpenStack

企业云平台架构与实践

张小斌 著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书结合作者亲身经历的各类 OpenStack 的咨询、规划和实施经验，以循序渐进的方式，从理论和工程角度，讲述了如何将 OpenStack（本质上只是一堆相关的进程和服务）变成企业可靠的、托管企业各类生产环境的云平台的方方面面，让 OpenStack 真正变成我们身边默默无闻但又实实在在的环境的一分子。本书分为 10 章，分别介绍了 OpenStack 与云，OpenStack 社区，OpenStack 与 AWS、VMware、虚拟化管理工具，虚拟机管理程序与典型应用，OpenStack 架构与组件，OpenStack 部分组件安装示例，系统定制技术，OpenStack 部署，第三方工具搭建 OpenStack 运行环境，九州云 Animbus 融合架构一体机解决方案等内容。

本书面向广大 OpenStack 工程人员、技术专家、IT 管理人员、云计算架构师等。对于初学者也有很强的参考意义。

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

OpenStack 企业云平台架构与实践 / 张小斌著. —北京：电子工业出版社，2015.1

（跃上云端：OpenStack 企业应用之路）

ISBN 978-7-121-24690-6

I. ①O… II. ①张… III. ①计算机网络—研究IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 256610 号

策划编辑：张春雨 付 睿

责任编辑：付 睿

印 刷：北京京科印刷有限公司

装 订：三河市鹏成印业有限公司

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：787×1092 1/16 印张：25.25 字数：485 千字

版 次：2015 年 1 月第 1 版

印 次：2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数：3000 册 定价：69.00 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。

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

服务热线：（010）88258888。

序 1



OpenStack 这两年在中国得到了众多企业和社区的关注，记得 2011 年年初，我和国内一些朋友刚刚开始在国内推广和普及 OpenStack 时很多企业都还在观望。最初我们联合英特尔、上海交通大学广州电信研究院等几家单位，在上海软件产业促进中心的支持下，邀请了该项目的发起单位 Rackspace 和 Nebula（前 NASA CTO 创建的公司），还请来了 Intel 和 Dell 的海外研发团队来国内布道，共同组织了“首届 OpenStack 上海峰会”（后来由于和基金会的 OpenStack 峰会在名称上容易混淆而改成“OpenStack 用户组大会”）。国内也只有中国电信广州研究院和上海交通大学几个为数不多的机构和部门开始研究 OpenStack。可以看出，当时已经有国内企业和机构开始在 PoC（Prove-of-Concept）或测试环境中部署 OpenStack，但生产环境大规模部署还不成熟，这对于推广 OpenStack 也是一个非常大的挑战。所以我当时就四处打探国内到底有谁在实际使用 OpenStack，也就是在这个时候我认识了新浪 SAE（Sina App Engine）团队的负责人丛磊，在他的引荐和帮助下找到了原 SAE 团队技术经理程辉，并邀请他们到社区分享经验与心得。虽然当时新浪的规模并不大，但他们确实已经在生产环境中用到了 OpenStack 中的 Nova 和 Swift 两个核心项目，并用 Swift 替换了原有的 SAE 存储，另外他们还内部尝试做了计费 Dough 和监控 Kanyun 两个开源项目（可惜后来没有了下文）。

接下来国内 OpenStack 用户群体逐渐发展了起来，先是瞬联软件、趣游、网易等分别开始尝试基于 OpenStack 开发部署自己的云平台，之后爱奇艺、用友、京东、百度、360、美团等纷纷选用 OpenStack。但总的来说初期大多数用户都将 OpenStack 作为私有云服务，并且有发展成为 OpenStack 云服务提供商的趋势。当然也有部分玩家希望先基于 OpenStack 做公有云，认为如果 OpenStack 公有云平台能支撑住成千上万的虚拟机，做私有云就没有

太大的问题。大部分私有云也并没有采用直接替换现有系统的方式，例如携程（花旗银行之前的报告也曾提到过提供 OpenStack 发行版的价值要低于交钥匙的方案，还预测得私有云用户者得天下）。

2013 年年初我和我的团队开始为部分国内企业客户提供基于 OpenStack 的私有云服务，所以接触到一些付费或有意向的用户。如互联网数据中心（Internet Data Center, IDC）客户，因为随着微软 Azure 与 AWS（Amazon Web Services）的进入，外资领先的云服务商可能对国内 IDC 企业造成毁灭性打击，IDC 正在转型的关键节点，迫使他们必须从卖资源转型到卖服务。而目前国内公有云的现状是：没有成本优势，规模无法实现赢利，不计成本很难持久，几乎没有提供相关的 API（应用程序接口），不能给用户提供按需付费的交付方式。所以说 AWS 模式很难在国内复制，特别是 AWS 采用的 DevOps 模式，要知道有 600 多人在 AWS 产品线，并且他们无须客服人员，用户自助、互助服务。在国内，如果没有客服，你都不敢想象会是什么样子。

还有一些金融客户，他们面临大数据的机遇与挑战，正在努力寻找突破。相对来说，互联网企业投入其实并不大，几个人的团队就已经足够为云平台提供运维支撑，出了问题也是可以自己扛的。金融客户重点在于关注自身的业务，而底层的基础设施服务希望能够通过第三方服务提供商来提供保障，进而可以加快项目实施进度。政府和教育行业也同样，他们面临定制化开发风险，面对升级维护等问题时也倾向于选择第三方服务提供商来实施自己的云平台项目。

而安全可靠成了企业级用户在迁移到云平台时首先关注的问题。另外，如何基于开源的 OpenStack 技术对企业应用进行优化，并为 OpenStack 核心组件设计高可靠和高可用方案，甚至要为多租户提供分布式虚拟化防火墙，基于 SDN（软件定义网络）技术为上层应用提供按需的网络资源及服务，完善监控和管理周期，实现全面自动化等；如何提高消息队列服务的高可靠性，避免因为发送消息到写入消息之间的延迟导致的信息丢失；如何实现 MySQL 的高可用集群等，都是企业客户比较关心的问题。我们在为客户实施时通过支持 OpenStack 的防火墙为租户网络隔离提供支持，通过 OpenFlow 交换机与协议对网络进行编程控制，打破了现有网络对业务封闭的问题；利用网络流量的可视化及灵活的编排，将流量导入特定的业务服务器、防火墙或者 IDS/IPS（入侵检测系统/入侵防御系统）设备，确保应用程序以及流量的正确流向及安全可靠。

这些成功部署了 OpenStack 平台的企业大致可以分为两类：一类企业属于内部有较强的技术实力，对开源软件有着强烈的好感，他们下载源码之后几乎可以通过 DIY（Do It

Yourself) 来解决自己的问题 (不过这可不像下载几部电影那么简单, 你真的要这样做吗? 想好怎么升级了吗? 谁来为你提供技术服务?); 另一类企业则选择了开源服务供应商, 例如我们团队。

不管是 OpenStack 发行版还是各种 OpenStack 解决方案都需要对 OpenStack 有一定的了解和掌握, 而目前国内这方面的资料还不是很多, 大多数散落在一些个人博客上, 本书在某种程度上填补了这个空白, 对于国内 OpenStack 爱好者来说是本详尽的参考书, 并且张小斌先生也参与了不少 OpenStack 项目的实施, 一直奋战在第一线, 积累了不少经验, 值得推广, 希望本书的出版对于国内 OpenStack 社区的发展也能起到很好的促进作用, 帮助更多用户和开发者了解 OpenStack。

杜玉杰

OpenStack 基金会独立董事

杜玉杰是 OpenStack 基金会独立董事、开源社区顾问、OpenStack 中国社区发起人、TryStack 执行董事、企业级云计算联盟 (ECA) 副秘书长, 目前主要负责 OpenStack 在中国的推广工作。先后为 IBM、Intel、Dell、HP、华为等企业提供过专业的开源咨询和培训服务, 帮助更多企业深入了解开源社区的运作, 并为客户提供基于开源的信息化顾问咨询服务。

序 2

很荣幸作为本书的第一批读者，并受张小斌先生之邀作序。小斌先生作为 IT 领域资深的技术专家，所展现出来的沉稳、深厚的技术能力，商业洞察力，面对问题的从容解决之道，均来自他本人多年的技术积累和经验提炼。本书是来自他实践的结晶和心血，会给读者带来耳目一新的感觉。

随着近年来云计算和大数据领域的持续升温，云计算、云服务得到了越来越多的人关注，云计算相关技术也已经被越来越多的企业所了解、掌握、应用和创新。按需使用、灵活计费，云计算无疑成为水/电/煤之后又一大众资源。

在传统的 IaaS (Infrastructure as a Service, 基础设施即服务)、PaaS (Platform as a Service, 平台即服务)、SaaS (Software as a Service, 软件即服务) 之外，还有 DaaS (Data as a Service, 数据即服务)、BaaS (Backend as a Service, 后端即服务)、CaaS (Communication as a Service, 通信即服务)、MaaS (Monitor as a Service, 监测即服务) 等，从而出现了 XaaS (X as a Service, Everything as a Service, 一切皆服务)。

当所有的基础设施、基本的功能服务以及面向不同领域的产品，都可以被包装成随时随地、按需使用的服务模式后，社会分工将进一步细化，服务质量将进一步提升，整体生产效率也将大幅度提高。在每个细分的领域，将不断涌现出更好的服务和产品，从而带动整个社会的进步。云服务的社会化意义将远远大于目前它所展现出来的技术层面的能力。

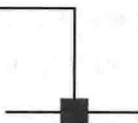
对于个人和企业来说，越早地了解 and 掌握云计算相关技术和理念，在不久的将来，就越有可能在各个领域不断创新，颠覆传统的产品模式，创造更大的价值。

小斌先生适时地推出了本书，便于大家了解和学习最新的云计算领域的动态和相关技术，无论作为技术人员还是非技术人员，真诚推荐大家选取相应部分进行阅读、交流和思考。

金龙

苏宁云开发总监

序 3



云计算技术作为目前计算机和互联网领域的研究热点，得到了国内众多研究机构、企业和高校的关注，其虚拟化、可扩展及按需服务等特性颠覆了传统的技术模式和商业模式，极大地改变了人们的生活形态。

云计算不仅为企业提供了很好的发展平台，也对高校培养高素质的复合型和创新型高等工程技术与管理人才提出了新的要求。作为高校的实验教学和管理人员，我们一直也在关注云平台相关的发展动向以及云平台在高校的应用状况，希望能设计一个针对本科生实验教学的云平台。遗憾的是，目前国内高校搭建的云平台大多数用于特定的科研项目，鲜有面向本科生教学的云平台案例可以借鉴。

我有幸与张小斌先生带领的 IBM OpenStack 设计和实施团队合作，共同探讨以本科生实验教学为目标的云平台相关实验项目，并由张小斌、郭晋兵和姚岩炜三位技术专家实施搭建了一个云计算教学和实验平台，以满足云计算相关课程的实验教学要求。从高校本科教学的角度来讲，我们希望云计算不仅仅停留在空泛的理论学习，而是通过实践操作培养学生的工程实践综合能力。针对教学的云平台和其他企业用于生产环境的云平台需求有所不同，实验教学的云平台要求根据课程能快速创建实验环境，教师能方便地对云计算实验所需的资源、环境、流程以及实验成果进行管理，使复杂实验环境的管理通过简单操作就能完成。此外，为给后续大数据应用课程相关实验的开设提供环境支持，还要求在该云平台部署 Hadoop，让学生在云计算实践环境中学习大数据处理技术。

要搭建一个满足用户需求的云平台，无论是在硬件还是软件方面，都需要足够的专业知识进行配置和优化，IBM OpenStack 设计和实施团队的专家们以严谨务实的工作态度和扎实的专业知识保障了云平台的顺利实施和使用。而如何搭建一个可用的云平台，不仅是

云计算相关工程师关心的问题，也是高等院校云计算教学的主要内容。因此，我们亟需一本介绍如何搭建云平台的具有较强实战性的书籍，帮助学生了解和掌握云计算的理论知识以及 Openstack 的整体架构，并为实验教学管理和平台维护提供实践指导。

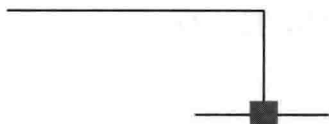
张小斌先生作为长期从事 OpenStack 研究和开发的技术专家，在云计算及云平台搭建方面有着丰富的专业知识和实践经验，在教学培训方面也具有独特的见解。由张小斌先生执笔的这本书内容涵盖了云计算的架构、模式和应用，系统地介绍了云平台的搭建以及要解决的问题，不仅可为云平台的设计实施者提供指导，也是一本适用于教学的参考用书。

OpenStack 作为一个开源项目，正处于一个不断发展完善的过程，采用 OpenStack 搭建的云平台在使用中也会出现一些意想不到的问题，如网络不稳定，大批量部署虚拟机后导致系统性能下降，用户界面操作功能有待完善等，我们相信，随着 OpenStack 的不断更新发展，这些问题也会逐步得以解决。希望张小斌先生今后能持续不断地将自己的专业知识以及实践经验以著书的形式奉献给读者，为在云平台搭建和使用中碰到难题的技术人员提供参考，也帮助更多的用户体验云平台所带来的便利服务。

金永霞

河海大学云计算与大数据老师

前言



云计算的世界正在变成现实。每天早晨起床，我们便拿起手机或者 iPad，开始浏览订阅的新闻，打开微博查看那些大牛又分享了什么，通过微信记录和分享自己的感受，然后会用一小时时间来处理各种邮件，完成一些文档。

我们的生活每天都离不开网络。互联网和我们生活的连接成为常态，无论我们在百度上的搜索、下单购物、开车远行的地图导航，还是商家给我们精准的广告投递，背后的它们都存储和运行在远处一个个数据中心的分布式服务器里，就好像所有的信息交互都来自于手里的那个设备一样。而我们所需要做的，就是提交我们的订单，然后就像支付每月的电费水费账单一样，为得到的服务买单。无论我们走到哪里，只要有网络，我们就可以访问到我们需要的服务。

在今天的公司里，需要一台服务器变得如此简单：在企业自己的私有云平台，只需要简单输入一些信息并提交，短短几分钟，我们便拥有了一台“真正”的 Linux 或 Windows 服务器，我们需要的软件已经自动安装配置好，我们只需要输入 IP 地址，便可以登录到这台计算机里。当我们使用完毕，只需要执行几个操作，这台服务器便被回收回去，不再挂在自己名下的公司资产里。我们在云平台搭建我们的开发测试环境，运行企业的 Web 服务器和数据库，就在办公环境的桌面也是云平台提供的。当我们有大量文档、图片和视频数据需要存放和管理时，只需要打开浏览器，把它们上传到云存储里去，不用再担心空间不够或者磁盘损坏怎么办。当我们有许多数据要进行分析，可以很容易地启动一些大数据的作业，无论是计算的节点，还是算法本身，都只需用指尖轻触键盘，一切均在弹指之间完成。

一切即服务，是我们今天听到最多的话语，基础设施即服务、平台即服务、软件即服务、Windows 即服务、大数据即服务、安全即服务、电源即服务。很早就进入了云计算世

界的企业，他们所解读的云计算，就是这一种技术，所有需要的资源都会作为一项服务提供给我们：无论是我们需要的主机，还是运行计算任务的大数据引擎，甚至一个复杂的开发测试环境和工作流。用软件定义的方法去重新诠释资源，让我们的业务变得如此敏捷。一切即服务为我们带来巨大的便捷，让我们专心做我们该做的事，而不像传统 IT 环境，需要花费几周甚至几个月的时间去等待漫长的采购流程、审批流程、环境搭建流程……

许多企业都开始采用云计算技术来降低成本，提高效率。

云时代的操作系统

今天我们介绍的 OpenStack 正是这样一项搭建云平台的技术。OpenStack 是一个开源的平台、开放的设计、开放的开发、开放的社区。它让你在商用硬件平台之上，搭建自己的 IaaS，无论大小。OpenStack 包括许多相关的项目，提供了各种各样的软件组件，可以非常容易地让你搭建自己的公有云或私有云平台。OpenStack 项目由全球顶尖的开发者、公司和云计算技术协作，推动着开放标准的、适合公有云与私有云的云计算平台。

OpenStack 在数据中心管理，通过软件定义的网络、软件定义的存储、软件定义的数据中心、软件定义的环境，管理各种大量的计算、网络和存储资源池。OpenStack 也是高度可扩展的，意味着你可以非常容易地随着时间增加新的服务器、存储和网络资源，让你的云平台长大。OpenStack 关注易用性、大规模可扩展，其插件式的设计可以非常容易地集成各个服务器、网络和存储厂商的产品和技术，而无任何厂商锁定。

许多企业都采用 OpenStack 来搭建自己的云平台。根据 2013 年 OpenStack 香港大会前做的用户调研，共有全球 539 家公司提交了回应，目前已知的 OpenStack 部署分布在 56 个国家的 200 多个城市中，分布在互联网、学术教育、电信、制片与多媒体、政府国防、制造业、零售、医疗、金融、消费品市场等行业。

在部署 OpenStack 的企业中，有 5 000 人以上的大企业占到了 29% 的比例，而 100 人以下的小微型企业则占到了 42% 的比例。

按照部署类型划分，60% 的 OpenStack 部署都是作为企业内部私有云，17% 是托管的私有云，公共云部署占 15%，混合云部署占 6%，剩下的 2% 是用于维护 OpenStack 社区自身运作的。

那么，从用户的角度，云平台能带来什么样的价值呢？让我们看看用户为什么选择 OpenStack 解决方案。下面是按照关注程度排序，用户为什么选择 OpenStack 的一些原因：

- 节省成本;
- 提高运维效率;
- 开放的平台;
- 无厂商锁定;
- 底层可以有比较多技术选择的自由;
- 能够帮助企业更好地创新。

IDG Connect 代表红帽公司进行了一项网上调研, 来了解用户对私有云, 特别是 OpenStack 的看法。共有 200 位来自美国公司 (员工人数在 1 000 人以上的公司) 的 IT 决策者积极参与了这项调研, 其中有 35% 的受访者来自员工人数超过 5 000 人的大型企业。访者主要来自:

- 制造业;
- 金融服务;
- 医疗保健/医药;
- 零售在内的垂直行业;
- 公共部门。

调查结果显示, 私有云的发展面临着很多方面的挑战, 包括: 资源管理 (占到 21%)、简化 IT 管理 (占到 18%)、应用软件管理 (占到 18%)、应用软件迁移 (占到 18%)。随着企业用户可以越来越重视地解决这些问题, 企业用户正在或有计划地向 OpenStack 私有云迁移。有 60% 的受访者表示, 他们正处在配置 OpenStack 的初期阶段, 有的尚未完成, 或者还在实施过程当中。有 84% 的受访者表示 OpenStack 是他们未来云计划的一部分。

参与调研的受访者认为 OpenStack 成为私有云替代品所具备的独特优势包括:

- 管理的可见性 (占 73%);
- 配置速度 (占 72%);
- 平台的灵活性 (占 69%);
- 更好的灵活性 (占 69%);
- 竞争优势 (占 67%)。

“跃上云端——OpenStack 企业应用之路”丛书

OpenStack 在工程实践中, 对许多初学的用户来说, 面临着许多困难, 首先其涉及的内

容非常庞大而复杂；其次，虽然网上有许多资料，但都是针对具体某个技术和专题而展开的，缺乏系统、全局的视野来看待 OpenStack 的范围、难点和挑战，也缺乏具体实践指导，如何将 OpenStack 变成一个真实运行、稳定而性能良好的云平台，不管是几个节点的实验环境，还是几十甚至上百个节点的研发测试生产环境。本书很好地总结和回答了这些问题。另外，许多人往往关注 OpenStack 的具体某项技术，但往往忽略了，一个可以运行的 OpenStack 云平台，往往涉及大量系统方面的知识和经验，如物理网络规划、部署规划、具体参数和配置对性能的影响，大规模环境规划中面临的网络地址管理，网络分离设计，存储方案的选择，一步步的实施计划等。这些内容在网上都是很难找到的。

本书面向广大的 OpenStack 初学者、系统开发人员、云平台实施人员，还面向系统架构师和 IT 管理人员，不但涵盖 OpenStack 学习和使用中遇到知识的方方面面，还包括许多规划方面的第一手实践，对各个知识系统的相关性也进行了很多阐述。通过本书，希望能让广大的读者能融会贯通，对面临的广度和复杂度有一个清晰的视野，又有具体的工程实践方面的第一手资料可供参考。

“跃上云端——OpenStack 企业应用之路”系列丛书，由一些长期从事 OpenStack 研究、设计、开发、部署、实施的一线技术专家和工程人员共同编写和校阅。其中 IBM OpenStack Solution 架构师张小斌对丛书进行策划和总体内容的规划，并主要编写丛书中的第一本图书，其他人员还包括 IBM OpenStack 和 X86 实施团队技术专家郭晋兵，IBM OpenStack 网络存储专家姚岩炜，北大软件学院天才的研究生蓝启嵩、郝树伟，北京邮电大学林潇俊等。本丛书得到了弯曲评论首席陈怀临先生，OpenStack 社区独立董事、TryStack 社区主席杜玉杰先生，99 云总裁张淳先生的技术指导与大力支持，在此一并表示感谢。

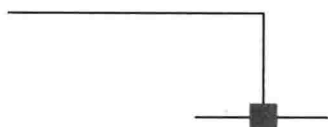
参与本书编写和审阅的其他朋友还包括夏庆梅、张小立、杨永胜、张娟、杨飞、高凯、苏沛沛、王婷、张小轶、刘业成等。

“跃上云端——OpenStack 企业应用之路”丛书系列包括：

- 《OpenStack 企业云平台架构与实践》
- 《OpenStack 企业应用托管与演进》

由于云平台 and OpenStack 所涉及的知识和技术非常庞大而复杂，本人水平有限，错误在所难免，如有疑问请与作者本人直接联系和讨论（作者邮箱：xiaobinz@gmail.com），非常感谢！

目 录



第 1 章 OpenStack 与云	1
1.1 云计算	2
1.2 云服务模式	3
1.2.1 IaaS: 基础设施即服务	3
1.2.2 PaaS: 平台即服务	4
1.2.3 SaaS: 软件即服务	4
1.3 云应用形式	4
1.3.1 私有云	4
1.3.2 云存储	5
1.3.3 云游戏	5
1.3.4 云物联	5
1.3.5 云安全	5
1.3.6 公有云服务	6
1.3.7 混合云	6
1.3.8 云计算的安全风险	6
1.4 云管理与虚拟化管理	7
1.5 私有云与公有云	8
1.6 传统应用与云感知应用	9
1.7 什么是 OpenStack	11
1.8 开源云平台比较	13

1.9 术语	15
第 2 章 OpenStack 社区	17
2.1 OPENSTACK 基金会	21
2.2 白金会员	22
2.3 黄金会员	22
2.4 OPENSTACK 设计原则	23
2.5 开源而开放的原则	23
2.6 OpenStack 版本管理	23
2.7 OpenStack 用户	24
2.8 OpenStack 的误区	27
2.9 部署 OpenStack 的技术需求	30
第 3 章 OpenStack 与 AWS、VMware、虚拟化管理工具	31
3.1 OpenStack 与 AWS 的比较	32
3.2 OpenStack 与 VMware 对比	39
3.2.1 VMware vMotion 与 OpenStack 动态迁移、块迁移	44
3.2.2 VMware DRS、DPM 与 OpenStack 调度器	45
3.2.3 VMware 与 OpenStack 的高可用	45
3.2.4 VMware 与 OpenStack 的容错 (Fault Tolerance)	46
3.2.5 总结	46
3.3 虚拟化与虚拟化管理工具	47
3.3.1 服务器虚拟化	47
3.3.2 网络虚拟化	48
3.3.3 存储虚拟化	48
3.3.4 虚拟化工具 VirtualBox	48
3.3.5 虚拟化工具 Virt-Manager	53
第 4 章 虚拟机管理程序与典型应用	56
4.1 开放虚拟化技术 KVM	57
4.1.1 libvirt 介绍	58
4.1.2 域配置文件	59

4.1.3	使用 Libvirt 创建和管理 KVM 虚拟机	60
4.2	Linux 容器	62
4.2.1	LXC	65
4.2.2	Docker	71
4.3	裸机	77
4.4	LXC/Docker 与 KVM/Xen 的选择	78
4.5	OpenStack 与 Linux	79
4.6	OpenStack 与 KVM	79
4.7	OpenStack 与 VDI	80
4.7.1	基于 OpenStack 的 VDI 典型架构	80
4.7.2	Spice 协议	81
4.7.3	开发桌面虚拟化应用的功能需求	84
4.8	OPENSTACK 与 HADOOP	85
4.8.1	云平台/虚拟化对大数据计算的益处	86
4.8.2	OpenStack 对 Savanna 的支持	86
4.8.3	Savanna 的使用简介	87
第 5 章	OpenStack 架构与组件	92
5.1	OpenStack 项目与组件	93
5.2	IaaS 模型与 OpenStack 组件对应关系	95
5.2.1	OpenStack 功能待提高的方面	100
5.2.2	节点与网络类型	100
5.3	消息总线 and 数据库	104
5.4	多租户	105
5.5	Keystone	107
5.6	Glance	112
5.7	Nova	119
5.7.1	nova-api	119
5.7.2	nova-scheduler	120
5.7.3	nova-schedule 过滤器	122
5.7.4	nova-volume	128
5.7.5	nova-compute	128