

深度实践 KVM

核心技术、管理运维、性能优化与项目实施

肖力 汪爱伟 杨俊俊 赵德禄 著

Inside Explore the KVM

Core Technology, Operation and Maintenance,
Performance Optimization, Project Implementation

- 中国运维领域里划时代著作，国内顶尖KVM专家和运维专家多年大规模生产环境实践经验总结，国内数十位运维专家鼎力支持和推荐
- 从核心技术、管理运维、性能优化、项目实施等多个维度系统、深入讲解KVM虚拟化技术的工作原理、应用方法和技术生态，并针对生产环境中的各种难题给出了解决方案



机械工业出版社
China Machine Press

深度实践 KVM

核心技术、管理运维、性能优化与项目实施

Inside Explore the KVM

Core Technology, Operation and Maintenance,
Performance Optimization, Project Implementation

肖力 汪爱伟 杨俊俊 赵德禄 著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

深度实践 KVM：核心技术、管理运维、性能优化与项目实施 / 肖力等著. —北京：机械工业出版社，2015.9
(Linux/Unix 技术丛书)

ISBN 978-7-111-51193-9

I. 深… II. 肖… III. 虚拟处理机 IV. TP338

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 188798 号

深度实践 KVM 核心技术、管理运维、性能优化与项目实施

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：高婧雅

责任校对：董纪丽

印 刷：北京市荣盛彩色印刷有限公司

版 次：2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开 本：186mm×240mm 1/16

印 张：35

书 号：ISBN 978-7-111-51193-9

定 价：95.00 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

这本书干货太多，都是作者亲身经历和经验之分享，运维人说实话，做实事，拒绝浮夸，在这本书体现得很好，希望能引起你的共鸣。

——赫宝生，金山西山居运维总监

云计算是一个令人兴奋的领域，作者在书中系统、详尽且量化地总结了一系列的方法与准则，这些方法与准则都在盛大游戏中进行过大规模的应用实践，不仅实用且大大开拓了读者视野。

更难能可贵的是，作者肖力是一位很注重实践和乐意分享的人。他发自内心、长期热爱这份事业，这一点在盛大游戏任职期间表现得淋漓尽致，盛大游戏 G 云的发展也得益于肖力及其团队对技术的深刻理解与不断探索。我相信，正是这份质朴的热爱和执著的追求成就了这本极具含金量的专业书籍。感谢他为盛大游戏所做的贡献，同时，诚挚分享此书给所有相关从业人员，希望更多的朋友能精读此书，从中得到更多启发和借鉴，一起成为云计算的弄潮儿。

——陈桂新，盛大游戏 G 云负责人、技术保障高级总监

很高兴看到越来越多的朋友加入云计算的大军，但对技术人员来说，从理论、实现到支撑业务会遇到不少的挑战。肖力、俊俊等把 G 云在技术方面走过的路、踩过的坑总结并分享出来，对有志于加入这个领域的同学有很大的实用参考价值。

感谢本书作者肖力、俊俊、爱伟和德禄对盛大游戏 G 云做出的贡献，G 云正是在你们的努力下一步步成长起来，并成为用户首选的、高性价比的定制云的。

——冯祯旺，盛大游戏 G 云 COO、技术保障副总监

在这个风起云涌的年代，虚拟化是各家云公司的核心和门槛。可以说没有虚拟化就谈不

上 IaaS 的云服务。该书很好地诠释了时下最流行的 Hypervisor——KVM 的前生与今世，并且由浅入深，从实战的角度展现给读者怎么搭建、使用、运维大规模的 KVM 集群，非常值得读者深入研读。

——宋伟，金山云合伙人、技术 VP、政企事业部总经理

KVM 技术虽已出现多年，并在云计算浪潮中发挥重要作用，但相关技术深度实践的书籍并不多见。本书作者为国内 KVM 技术早期研究者及实践者之一，本书内容由浅入深、图文并茂，适合各种级别的 KVM 技术人员查阅学习。

——萧田国，触控科技运维总监、InfoQ 金牌专栏《高效运维最佳实践》作者

不管你是否承认云时代已经来临，VMware、Xen、KVM、Docker 等虚拟机技术层出不穷，KVM 作为内核级的虚拟化技术，一直受到很多工程师的青睐，不管是性能还是安全性都算是其中的佼佼者。

本书作者有多年 KVM 运维实践经验，把自己对 KVM 的理解及工作中遇到的问题，通过这本书深入浅出地告诉大家，特别是还介绍了 Ceph 和 OpenStack 等案例，希望大家看完这本书后可以对 KVM 有一个新的认识，对虚拟化技术有一个新的认识。

——南非蜘蛛，开源爱好者

认识肖力已经很长时间，从盛大游戏时期参与建设盛大 G 云的前身，到如今在西山居从事游戏虚拟化工作，肖力是我在业界见过为数不多的既有实操能力，又有宏观格局，同时具备海量运维经验的云计算从业者。作为国内最早一批 KVM 实践者，本书是肖力多年实战经验和思考的积累，站在应用者的角度剖析了利用 KVM 建设私有云平台的过程和经验，这本书不仅适合 KVM 爱好者，对于所有的云计算爱好者和从业人员都大有裨益，郑重推荐。

——吴磊，阿里云多媒体云总经理，兼通用业务总监

现在是思维横行的时代，我们每天在微博和朋友圈刷着各种信息，很容易变得浮躁。认识老肖快十年了吧，从盛大到西山居，一直在踏踏实实地研究虚拟化相关领域，可以说在老肖身上能看到互联网运维圈子里出来的人所固有的执着与沉静。

其实，现在这类技术书籍很多，但这本书的宝贵之处在于是一群互联网资深匠者，以真诚与严谨的方式，对待自己孩子般地去雕琢技术细节，里面珍贵的经验或许可以帮助我们少踩很多坑。而更重要的是，你在这里收获的不仅仅是技术，还有互联网资深老兵的经验和感悟。本书是适合从事互联网行业以及服务器领域的技术工程师们仔细研读的一部作品。

——李刚，浪潮互联网行业部技术总监

随着近些年互联网的发展，虚拟化技术的日益成熟，虚拟化和云也逐步被大家接受和应用。

伴随需求的增长，公有云厂商也不断崛起和扩大。海外的亚马逊云、RackSpace、谷歌云、微软云，都在拓展中国市场；国内的阿里云、金山云、盛大云、腾讯云、UCloud 也日渐壮大，还有百花齐放的私有云，甚至近两年流行的容器技术，这些现象向我们暗示着未来的技术走向。

虚拟化作为云服务的基石，其重要性不言而喻。或许你很早就知道 VMware，然后可能你开始听说 Xen/Citrix、Hyper-V。没错，然后 KVM 横空出世，一发不可收拾！

相信现在的运维、开发或测试人员，或多或少会用到虚拟化。无论你使用哪种虚拟化方案，KVM 作为当下主流的虚拟化方案都值得你去了解和学习。

肖力同学专注于虚拟化工作多年，有着极其丰富的实战经验。善于总结和分享的他，提笔撰写本书必定会成为 KVM 运维技术的经典之作。

本书涵盖知识面非常广，能很好地拆分讲解并实现由浅入深，可用“从入门到精通”来形容。开篇介绍了虚拟化选型和 KVM 的发展史，让读者很容易融入进来；接下来，很贴切地从“第一台虚拟机”开始动手实战；然后，分类解读各种虚拟化技术及应用场景、怎样做资源控制；而后接地气地介绍了物理机转换到虚拟机的实践以及桌面虚拟化实践。实现了从技术的基本介绍深入到“你想用，怎么做”的自然延伸。

第二篇介绍分布式文件系统，是云平台的另一个基础组件，和 KVM 密不可分。文中详细介绍了各大主流分布式存储系统与 KVM 的结合使用，分布式存储完善 KVM 的健壮性，同时保证数据的安全性。随后，高大上地介绍了主流的 KVM 管理平台，以及虚拟化项目实施的实践经验分享。本书内容丰富精彩、层次清晰，无论初学者还是“老司机”，都能从中受益。

——胡凯，猎豹移动运维总监

“基石”这个词，可以形象地描述开源虚拟化技术对互联网的价值，也代表着互联网基础设施技术的未来。但“开源”对普通的技术人员来说，意味着需要在缺乏路标的海洋中航行。

这本书难得之处在于，是由一群奋战在互联网第一线的牛人总结的经验宝典，本书的内容，让我不断回想起多年来和各个互联网公司的小伙伴们在虚拟化技术实验、部署、侦错、管理过程中不下几百次的各种研讨，历历在目。他们成功运营着成千上万台的服务器，处理上亿客户的海量业务请求，他们所做的技术探索，在目前的互联网行业具有广泛的代表性和实用性。

而今天，有幸他们能够把自己的经验和体会全面地分享，全都是干货。我想，这就是互

联网所崇尚的开放精神吧。这本书的作者和读者，以及这一代在互联网开源技术领域勤奋工作的人们，将会构成中国互联网基础架构技术的基石。

——陆晴，英特尔互联网及云计算业务部经理

知其因，晓其理；漫步在云端，然不知处处都是虚无缥缈的浮夸；落地、上云都离不开底层技术的支持，一线大量实战经验的总结是对垂直领域最好的诠释。这本书恰恰是这一领域的佼佼者，深入、全面并包含大量实践，不仅能帮助我们晓其理，一步步学习虚拟机技术，而且能帮助我们快速将云落地。

——刘宇，西山居运维架构师

基于 KVM 的虚拟化方案在业界已应用多年，而且越来越多的云计算服务商使用该方案对外提供服务，这对运维人员来说是一个大的挑战，因为国内还没有一本关于 KVM 运维实践的权威的书籍，大部分的问题都是靠运维人员自己摸索，不成体系。这本书的出版对从事 KVM 虚拟化方案的运维人员来说是个福音，从内容看，作者很用心，而且对运维和从事虚拟化平台开发的人员也有很好的参考作用，相信此书的出版能推动我国虚拟化乃至云计算方面的运维水平和国际接轨。

——叶理灯，UCloud 云主机开发部经理

得知力哥要写一本关于 KVM 的书，我的第一感觉是国内做 KVM 人有福了。当年我和力哥一起搞 KVM 的时候，就深感他功底扎实，思维缜密，而且动手能力快得惊人。后来，我转向 PaaS 领域，力哥又不间断地在 KVM 上深耕数载，如今已是该领域的专家。相信无论是虚拟化领域的新手还是资深从业人员，都能从他的书中得到很多借鉴。

——刘晓光，Cloud Foundry 工程师

从力哥的博客和“KVM 虚拟化实践”的公众号就可以看出这是一位注重实践、乐于分享、很有互联网精神的人。

实践出真知，本书全面性佳、实战性强，相信对 KVM 有兴趣以及正在做 KVM 相关虚拟化、云计算相关的兄弟来说必定会备感亲切，喜爱有加，强烈推荐！

——秦洁，安居客运维负责人

在虚拟化道路上，选型 KVM 是一个深思熟虑的决定，通过小规模部署验证，最终大规模部署到生产环境中。在虚拟化的道路上，我们学习到很多，想要尽可能和大家去分享。本书将会给大家带来 KVM 在生产环境中的、资深运维角度所理解的最佳实践。

云计算改变了传统运维的思维方式，短短几分钟可以实现快速部署，扩容生产业务。想

要通过 KVM 虚拟化技术结合存储构建一个稳定、高效的生产集群，支撑业务弹性伸缩，这本书不可不读。

——杨树林，动视 SRE

说来有缘，肖兄的这本书还算是我牵的线。自知我在 KVM 方面并非专家，因此不敢多加点评。我和肖兄认识的时间并不长，但从肖兄的微信公众号分享的持续性可见他对知识积累的专注和专业，让我非常敬佩，也让我相信此书绝对能成为国内 KVM 领域的巅峰之作，对诸多同行们有所帮助。

——叶金荣，<http://imysql.com> 创始人，Oracle ACE (MySQL)

前言 Preface

目前，国内新一代的公有云底层采用的都是 KVM，据笔者了解，国内原来一些采用 Xen 的公有云也逐步在向 KVM 迁移。许多企业的私有云项目招标中，已经明确要求使用 KVM。在全球范围内，OpenStack 就是云建设的标准，而当前 OpenStack 底层默认就是 KVM。经过几年的快速发展，KVM 技术已经非常成熟稳定，在任何 Linux 发行版中，KVM 都是标配。虚拟化已经成为一项必备的技术技能，而学习 Linux 就必须学习 KVM。

为什么写这本书

2009 年，当虚拟化在互联网业内鲜有使用时，我们虚拟化小组在国内已经在生产环境率先开始 KVM 虚拟化技术的探索。通过实施虚拟化，我们几年内为公司节省了上亿元的运营成本，帮助公司多个处于生命周期末的游戏项目实现扭亏为盈。

当时，KVM 还是一个小众产品，国内文档较少，我们只能通过钻研国外的英文资料甚至阅读源代码来学习。RedHat 是 KVM 的重要支持者，因此与其公司 RHEL 系统同源的 CentOS 成为了研究 KVM 的重要资料。从当时刚发布的 CentOS 5.5 版本开始，我们一路追随 CentOS 系统的升级，每有一个版本发布，我们都要测试评估新的 KVM 虚拟化特性，然后逐步在生产环境部署，这样的工作方法一直持续到最新的 CentOS 6.6 及 CentOS 7.1。这也是我们小组人员快速成长的一个阶段，我们对 KVM 技术的热爱一直保持了下来，我们在周围普及 KVM 技术的热情一直没有改变。

时至今日，KVM 经过几年的快速发展，已经成为了最炙手可热的虚拟化引擎，国内新一代的公有云全部选择了 KVM。而与 KVM 如火如荼的发展形成鲜明对比的是中文资料依然匮乏，尤其是介绍实践经验的资料。在我们周围和各种技术论坛上，经常碰到一些运维工程师，在实施一个 KVM 虚拟化项目时，不知道从哪里开始；也碰到对 KVM 技术感兴趣的运维人员在重复问一些相近的问题。于是，我们几个人萌生了一个想法，为什么不把我们的 KVM 项

目运维实践经验——记录下来，分享给大家。与此同时，我们也犹豫过，因为有许多问题我们也并未完全理解。但是，经过认真思考后的我们认为，即便在这种情况下，我们几年积累下来的实践经验对于想要了解和学习 KVM 虚拟化技术的工程师来说也是非常有意义的，毕竟实践更能检验真理。回想当初自己遇到问题的时候，我们也得到了一些论坛朋友、圈内专家的热心解答。互联网精神崇尚开放，这更加坚定了我们创作此书的决心。我们愿意将自己对 KVM 技术的理解和认识，以及在 KVM 虚拟化中解决问题的思路和方法分享出来，让大家少走一些我们走过的弯路，同时能够与所有运维工程师共同学习提升！

本书特色

本书是 KVM 一线项目运维实践经验总结，在 KVM CPU、内存、网络、磁盘方面拥有丰富的技术积累，在 KVM 虚拟化开源分布式与商业存储、KVM 桌面虚拟化方面有的大量实践，我们还会指出踩过的“技术坑”，这些都是弥足珍贵的经验。

本书对 Linux 系统和虚拟化有一定了解，但是对 KVM 不了解或者是了解不多，而准备在测试或者生产环境部署 KVM 虚拟化的读者，本书会介绍虚拟化项目如何评估、如何逐步实施，并介绍相关的技术与运维实践，希望对读者的生产环境虚拟化实施有所帮助。

对于正在做 KVM 虚拟化日常运维的读者，本书有相应的技术、实践经验、问题案例分享，便于这些读者碰到相似的问题时查询或者找到解决思路。

本书面向的读者

KVM 已经是 Linux 系统的标配，是 Linux 的必备技能，希望本书对广大 Linux 从业者能够有所帮助。

本书适用于以下读者：

- ☐ Linux 系统工程师。
- ☐ 从事 Linux 虚拟化开发的程序员。
- ☐ 虚拟化工程师。
- ☐ IDC 机房管理员。
- ☐ 有志于从事虚拟化的在校大学生。

如何阅读本书

本书分为五篇。

第一篇（第 1 ~ 8 章），介绍虚拟化选型及 KVM 虚拟机技术。实施虚拟化可带给我们哪

些收益，虚拟化引擎选择，KVM 虚拟化相关的 CPU、内存、磁盘、网络技术及生产环境应用场景，物理机转虚拟机，KVM 桌面虚拟化实践。

第二篇（第 9 ~ 10 章），介绍开源分布式文件系统在 KVM 虚拟化的应用。介绍一些常见的开源分布式文件系统如何在 KVM 环境使用，重点详细介绍最近一两年比较热的 Ceph 文件系统，包括配置、使用和常见故障处理。

第三篇（第 11 ~ 13 章），介绍开源的虚拟化管理平台在生产环境的实践经验。重点介绍 OpenStack、OpenNebula 在生产环境的实践及故障处理，还有 oVirt、CloudStack、Convirt、WebVirtMgr 几个管理平台的架构和理念。

第四篇（第 14 ~ 21 章），介绍 KVM 虚拟化项目实施经验，涵盖业务性能评估、压力模型建立、虚拟机性能测试、宿主机基准测试、业务测试环境测试验证、单机虚拟化技术、集群虚拟化技术、虚拟化正式环境上线等一套完整的虚拟化项目实施过程。

第五篇（第 22 章），介绍 KVM 虚拟化过程中比较典型的一些案例。主要介绍一些在生产环境中的案例及解决思路、方法，方便读者碰到类似的问题时找到解决方案。

根据本书内容，我们给出如下阅读建议：

- ❑ 如果是刚准备开始实施虚拟化的读者，请从头开始阅读本书。
- ❑ 如果对分布式文件系统在虚拟化中的应用感兴趣的读者，可以阅读第二篇的内容。
- ❑ 如果对虚拟化管理平台使用感兴趣的读者，可以阅读第三篇的内容。
- ❑ 如果是对虚拟化技术有一定了解，但是对不知道如何实施虚拟化的读者，建议阅读第四篇的内容。
- ❑ 如果在虚拟化实施碰到问题，需要寻找解决方法的读者，可以阅读第五篇的内容。

资源和勘误

由于时间紧张，笔者水平有限，书中难免有错误和不足之处，笔者运营着一个微信订阅号，名字为“KVM 虚拟化实践”，订阅号为“kvm_virt”二维码为：



欢迎读者扫描关注,“KVM 虚拟化实践”会定时发布笔者对 KVM 虚拟化新的认识和经验总结。也欢迎读者通过这个微信订阅号和笔者交互,书中的勘误和更新也会通过这个订阅号发布。

致谢

感谢盛大游戏高级总监陈桂新,盛大游戏副总监、G 云 COO 冯祯旺对我们的支持,我们四个人都曾经或者现在在盛大游戏虚拟化小组工作,桂总、冯总一路上支持我们,坚定地支持我们沿着 KVM 的方向前进,即使中间碰到多次挫折。回首看,我们坚持了下来,也很高兴我们这些年的成果终于开花结果,孵化出了 G 云(www.gicloud.com.cn),一款专门针对游戏行业物理机和云主机的混合云。

感谢金山西山居运维总监赫宝生对本书写作的鼓励和支持。感谢金山西山居运维架构师刘宇对本书的帮助和建议。

感谢曾经在盛大游戏虚拟化小组工作过的刘晓光、秦洁、杨树林,感谢现在还在盛大游戏虚拟化小组工作的夏学峰、闫强,这本书也是我们所有人的经验总结。

感谢盛大游戏网络技术负责人、G 云网络架构师苏永华,金山西山居资深网络工程师李正奇在网络方面的支持和帮助。

感谢金山西山居资深系统工程师、Zabbix 权威专家薛群在宿主机监控方面的帮助。

特别感谢金山西山居高级系统工程师赵斌,提供了部分虚拟化生产环境实践案例及测试结果。

感谢盛大游戏资深工程师杨帆、季青、武文对我们服务器知识方面的支持和帮助。

感谢国内顶尖的数据库专家叶金荣在本书成书过程中的支持和协助。

感谢机械出版社的杨福川和高婧雅,福川兄出版了一系列互联网技术图书,在认识福川兄之前,我们已经购买了多本福川兄出版的书,和福川兄的合作是我们的梦想。相信随着时间的推移,会有更多的人认识到福川兄对中国互联网技术巨大的贡献。高婧雅编辑的专业、细致、认真、耐心令我们非常敬佩,和高婧雅合作的大半年内,我们受益匪浅,很感谢、很庆幸有机会和杨兄、高编辑合作。

致我们的家人

感谢我的舅舅、舅妈、表哥、表姐,你们对我的人生观影响很大;感谢我的父亲、母亲,是你们一直在默默支持我;感谢我妻子和女儿一直以来的理解和支持,你们是我的动力。

——肖力, 2015 年 6 月

感谢父母辛苦的培养，没有你们就没有今天的我。感谢老婆在我一无所有的时候默默陪在我的身边，还有可爱的儿子，你们是我一直前进的动力。

——汪爱伟，2015年6月

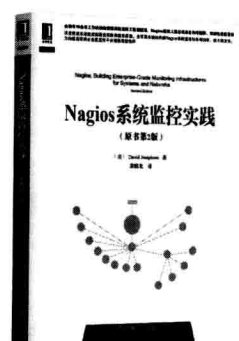
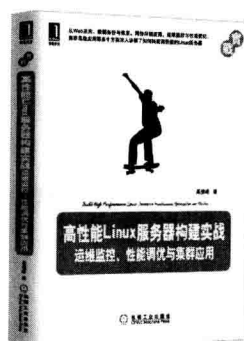
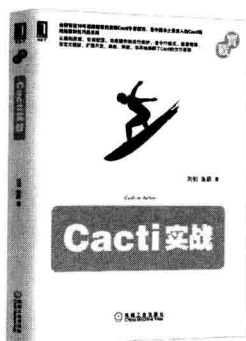
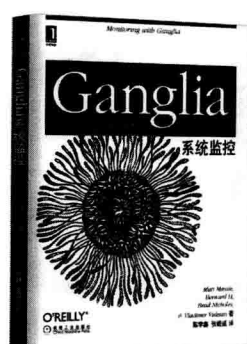
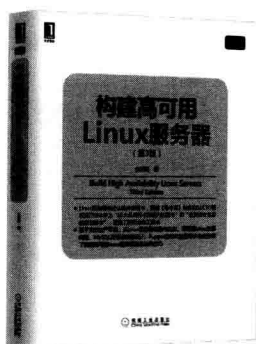
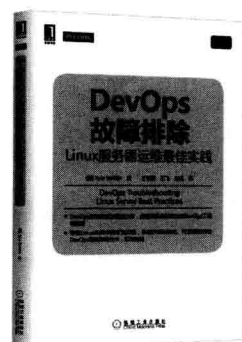
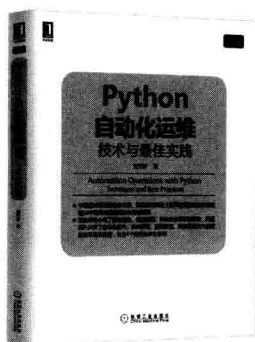
感谢生我养我的父亲母亲，这些年，你们辛苦了，儿子长大了，你们却老了。感谢所有一路和我走过来的人，你们的支持和信任，给了我前进的勇气和力量。感谢相信我，愿意和我一路走下去的人，无论明天怎样，我都希望一路有你。

——杨俊俊，2015年6月

参与这本书的写作对我来说非常荣幸，首先要感谢肖力等前辈传授经验并耐心支持，其次还要感谢家人对我业余时间不能陪伴的理解！

——赵德禄，2015年6月

推荐阅读



— 推荐阅读 —



Cacti实战

作者：刘钊 等 ISBN：978-7-111-50187-9 定价：69.00元



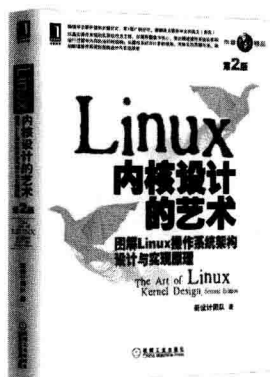
Python自动化运维：技术与最佳实践

作者：刘天斯 ISBN：978-7-111-48306-9 定价：69.00元



Puppet权威指南

作者：王冬生 ISBN：978-7-111-48598-8 定价：69.00元



Linux内核设计的艺术：图解Linux操作系统架构设计与实现原理（第2版）

作者：新设计团队 ISBN：978-7-111-42176-4 定价：89.00元



Linux内核探秘：深入解析文件系统和设备驱动的架构与设计

作者：Hirokazu Takahashi 等 ISBN：978-7-111-41049-2 定价：79.00元

Linux内核探秘：深入解析文件系统和设备驱动的架构与设计

作者：高剑林 ISBN：978-7-111-44585-2 定价：59.00元

Contents 目 录

本书赞誉

前 言

第一篇 KVM 技术详解与实践

第 1 章 企业虚拟化选型与 KVM

介绍 2

1.1 KVM 的前世今生 2

1.2 KVM 与常用企业级虚拟化产品的 PK 7

1.3 判断企业是否适合使用 KVM 的标准 9

1.4 本章小结 10

第 2 章 开始自己的第一台虚拟机 11

2.1 服务器 BIOS 设置 11

2.2 宿主机 CentOS 6.5、CentOS 7 系统安装与配置技巧 13

2.3 第一台虚拟机安装 15

2.4 本章小结 21

第 3 章 CPU、内存虚拟化技术与

应用场景 22

3.1 NUMA 技术与应用 22

3.1.1 KVM 虚拟机 NUMA 调优 24

3.1.2 CPU 绑定操作方法 27

3.2 CPU 热添加与应用 32

3.3 CPU host-passthrough 技术与应用 36

3.4 CPU Nested 技术与配置方法 38

3.5 KSM 技术与应用 39

3.6 内存气球技术详解与应用 40

3.7 内存限制技术与应用 43

3.8 巨型页内存技术与应用 44

3.9 本章小结 47

第 4 章 网络虚拟化技术与应用场景 48

4.1 半虚拟化网卡技术详解 48

4.1.1 半虚拟化网卡的配置 49

4.1.2 全虚拟化网卡、半虚拟化网卡性能比较 50

4.1.3 全虚拟化网卡、半虚拟化网卡的应用场景 63

4.2	MacVTap 和 vhost-net 技术原理 与应用	63	5.3.4	raw、qcow2、裸盘、lvm 性能 比较	106
4.2.1	MacVTap 技术与应用	64	5.3.5	磁盘镜像格式的应用场景	107
4.2.2	vhost_net 技术	66	5.4	文件系统块对齐	108
4.3	网卡的中断与多队列	66	5.4.1	什么是块对齐	108
4.4	网卡 PCI Passthrough 技术	71	5.4.2	块对齐与块不对齐性能比较	109
4.5	SR-IVO 虚拟化技术	72	5.4.3	生产环境如何配置块对齐	110
4.6	虚拟化软件交换机 Open vSwitch 的安装与配置	75	5.5	SSD 在 KVM 虚拟化中的使用 实践	111
4.6.1	Open vSwitch 安装	75	5.5.1	SSD 原理与写放大	111
4.6.2	Open vSwitch 典型配置	77	5.5.2	SSD 在 KVM 中的使用	112
4.7	多网卡绑定与建桥	79	5.5.3	Flashcache 配置与性能测试	117
4.8	本章小结	82	5.5.4	DM-cache 配置	120
第 5 章 KVM 磁盘虚拟化技术与 应用场景			5.5.5	LVM cache 配置与性能测试	122
5.1	磁盘虚拟化方式性能比较与应用 场景	83	5.5.6	生产环境中 SSD 使用要点	123
5.1.1	QEMU 磁盘虚拟化方式概述	83	5.6	本章小结	126
5.1.2	IDE 与 Virtio 性能比较测试	84	第 6 章 KVM 虚拟机的资源限制		
5.2	Virtio 磁盘缓存方式详解、性能 比较与应用场景	85	6.1	哪些场景要做虚拟机的资源限制	127
5.2.1	磁盘缓存详解	86	6.2	使用 CGroups	130
5.2.2	缓存方式的性能比较测试	87	6.3	KVM 虚拟机 CPU 资源限制配置	142
5.2.3	缓存方式的应用场景	89	6.4	KVM 虚拟机网络资源限制	144
5.3	磁盘镜像格式	89	6.5	KVM 虚拟机磁盘资源限制	150
5.3.1	QEMU 支持的磁盘镜像格式	89	6.6	本章小结	151
5.3.2	裸设备使用	96	第 7 章 物理机转虚拟机实践		
5.3.3	KVM 虚拟机镜像管理利器 guestfish	97	7.1	哪些应用场景适合做物理机转 虚拟机	152
			7.2	P2V 的技术实施方案	152
			7.3	Windows 系统物理机转虚拟机 的操作方法	153