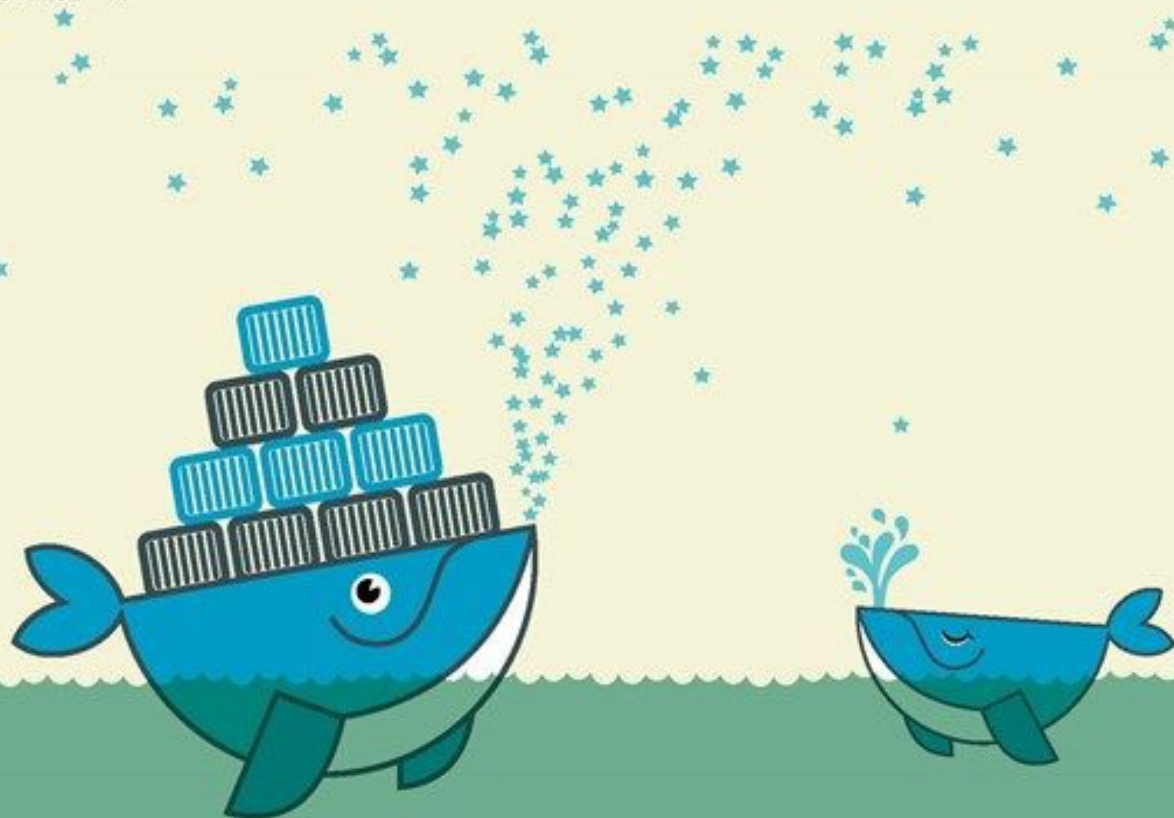


第一本 Docker 书

THE DOCKER BOOK 修订版

[澳] James Turnbull 著

李兆海 刘斌 巨震 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

目 录

版权信息	
作者简介	
译者简介	
本书特色	
版权声明	
内容提要	
对本书的赞誉	
序	
我们走在容器化的大道上	
前言	
本书面向的读者	
致谢	
技术审稿人团队	
Scott Collier	
John Ferlito	
Paul Nasrat	
技术插图作家	
校对者	
排版约定	
代码及示例	
说明	
勘误	
版本	
第1章 简介	
1.1 Docker简介	
1.1.1 提供一个简单、轻量的建模方式	
1.1.2 职责的逻辑分离	
1.1.3 快速、高效的开发生命周期	
1.1.4 鼓励使用面向服务的架构	
1.2 Docker组件	
1.2.1 Docker客户端和服务端	
1.2.2 Docker镜像	
1.2.3 Registry	
1.2.4 容器	
1.3 能用Docker做什么	
1.4 Docker与配置管理	
1.5 Docker的技术组件	
1.6 本书的内容	
1.7 Docker资源	
第2章 安装Docker	
2.1 安装Docker的先决条件	
2.2 在Ubuntu和Debian中安装Docker	
2.2.1 检查前提条件	

- [2.2.2 安装Docker](#)
- [2.2.3 Docker与UFW](#)
- [2.3 在Red Hat和Red Hat系发行版中安装Docker](#)
 - [2.3.1 检查前提条件](#)
 - [2.3.2 安装Docker](#)
 - [2.3.3 在Red Hat系发行版中启动Docker守护进程](#)
- [2.4 在OS X中安装Docker Toolbox](#)
 - [2.4.1 在OS X中安装Docker Toolbox](#)
 - [2.4.2 在OS X中启动Docker Toolbox](#)
 - [2.4.3 测试Docker Toolbox](#)
- [2.5 在Windows中安装Docker Toolbox](#)
 - [2.5.1 在Windows中安装Docker Toolbox](#)
 - [2.5.2 在Windows中启动Docker Toolbox](#)
 - [2.5.3 测试Docker Toolbox](#)
- [2.6 使用本书的Docker Toolbox示例](#)
- [2.7 Docker安装脚本](#)
- [2.8 二进制安装](#)
- [2.9 Docker守护进程](#)
 - [2.9.1 配置Docker守护进程](#)
 - [2.9.2 检查Docker守护进程是否正在运行](#)
- [2.10 升级Docker](#)
- [2.11 Docker用户界面](#)
- [2.12 小结](#)
- [第3章 Docker入门](#)
 - [3.1 确保Docker已经就绪](#)
 - [3.2 运行我们的第一个容器](#)
 - [3.3 使用第一个容器](#)
 - [3.4 容器命名](#)
 - [3.5 重新启动已经停止的容器](#)
 - [3.6 附着到容器上](#)
 - [3.7 创建守护式容器](#)
 - [3.8 容器内部都在干什么](#)
 - [3.9 Docker日志驱动](#)
 - [3.10 查看容器内的进程](#)
 - [3.11 Docker统计信息](#)
 - [3.12 在容器内部运行进程](#)
 - [3.13 停止守护式容器](#)
 - [3.14 自动重启容器](#)
 - [3.15 深入容器](#)
 - [3.16 删除容器](#)
 - [3.17 小结](#)
- [第4章 使用Docker镜像和仓库](#)
 - [4.1 什么是Docker镜像](#)
 - [4.2 列出镜像](#)
 - [4.3 拉取镜像](#)
 - [4.4 查找镜像](#)

- [4.5 构建镜像](#)
 - [4.5.1 创建Docker Hub账号](#)
 - [4.5.2 用Docker的commit命令创建镜像](#)
 - [4.5.3 用Dockerfile构建镜像](#)
 - [4.5.4 基于Dockerfile构建新镜像](#)
 - [4.5.5 指令失败时会怎样](#)
 - [4.5.6 Dockerfile和构建缓存](#)
 - [4.5.7 基于构建缓存的Dockerfile模板](#)
 - [4.5.8 查看新镜像](#)
 - [4.5.9 从新镜像启动容器](#)
 - [4.5.10 Dockerfile指令](#)
- [4.6 将镜像推送到Docker Hub](#)
- [自动构建](#)
- [4.7 删除镜像](#)
- [4.8 运行自己的Docker Registry](#)
 - [4.8.1 从容器运行Registry](#)
 - [4.8.2 测试新Registry](#)
- [4.9 其他可选Registry服务](#)
- [Quay](#)
- [4.10 小结](#)
- [第5章 在测试中使用Docker](#)
 - [5.1 使用Docker测试静态网站](#)
 - [5.1.1 Sample网站的初始Dockerfile](#)
 - [5.1.2 构建Sample网站和Nginx镜像](#)
 - [5.1.3 从Sample网站和Nginx镜像构建容器](#)
 - [5.1.4 修改网站](#)
 - [5.2 使用Docker构建并测试Web应用程序](#)
 - [5.2.1 构建Sinatra应用程序](#)
 - [5.2.2 创建Sinatra容器](#)
 - [5.2.3 扩展Sinatra应用程序来使用Redis](#)
 - [5.2.4 将Sinatra应用程序连接到Redis容器](#)
 - [5.2.5 Docker内部连网](#)
 - [5.2.6 Docker Networking](#)
 - [5.2.7 使用容器连接来通信](#)
 - [5.2.8 连接容器小结](#)
 - [5.3 Docker用于持续集成](#)
 - [5.3.1 构建Jenkins和Docker服务器](#)
 - [5.3.2 创建新的Jenkins作业](#)
 - [5.3.3 运行Jenkins作业](#)
 - [5.3.4 与Jenkins作业有关的下一步](#)
 - [5.3.5 Jenkins设置小结](#)
 - [5.4 多配置的Jenkins](#)
 - [5.4.1 创建多配置作业](#)
 - [5.4.2 测试多配置作业](#)
 - [5.4.3 Jenkins多配置作业小结](#)
 - [5.5 其他选择](#)

[5.5.1 Drone](#)

[5.5.2 Shippable](#)

[5.6 小结](#)

[第6章 使用Docker构建服务](#)

[6.1 构建第一个应用](#)

[6.1.1 Jekyll基础镜像](#)

[6.1.2 构建Jekyll基础镜像](#)

[6.1.3 Apache镜像](#)

[6.1.4 构建Jekyll Apache镜像](#)

[6.1.5 启动Jekyll网站](#)

[6.1.6 更新Jekyll网站](#)

[6.1.7 备份Jekyll卷](#)

[6.1.8 扩展Jekyll示例网站](#)

[6.2 使用Docker构建一个Java应用服务](#)

[6.2.1 WAR文件的获取程序](#)

[6.2.2 获取WAR文件](#)

[6.2.3 Tomcat7应用服务器](#)

[6.2.4 运行WAR文件](#)

[6.2.5 基于Tomcat应用服务器的构建服务](#)

[6.3 多容器的应用栈](#)

[6.3.1 Node.js镜像](#)

[6.3.2 Redis基础镜像](#)

[6.3.3 Redis主镜像](#)

[6.3.4 Redis副本镜像](#)

[6.3.5 创建Redis后端集群](#)

[6.3.6 创建Node容器](#)

[6.3.7 捕获应用日志](#)

[6.3.8 Node程序栈的小结](#)

[6.4 不使用SSH管理Docker容器](#)

[6.5 小结](#)

[第7章 Docker编排和服务发现](#)

[7.1 Docker Compose](#)

[7.1.1 安装Docker Compose](#)

[7.1.2 获取示例应用](#)

[7.1.3 docker-compose.yml文件](#)

[7.1.4 运行Compose](#)

[7.1.5 使用Compose](#)

[7.1.6 Compose小结](#)

[7.2 Consul、服务发现和Docker](#)

[7.2.1 构建Consul镜像](#)

[7.2.2 在本地测试Consul容器](#)

[7.2.3 使用Docker运行Consul集群](#)

[7.2.4 启动具有自启动功能的Consul节点](#)

[7.2.5 启动其余节点](#)

[7.2.6 配合Consul，在Docker里运行一个分布式服务](#)

[7.3 Docker Swarm](#)

- [7.3.1 安装Swarm](#)
- [7.3.2 创建Swarm集群](#)
- [7.3.3 创建容器](#)
- [7.3.4 过滤器](#)
- [7.3.5 策略](#)
- [7.3.6 小结](#)
- [7.4 其他编排工具和组件](#)
- [7.4.1 Fleet和etcd](#)
- [7.4.2 Kubernetes](#)
- [7.4.3 Apache Mesos](#)
- [7.4.4 Helios](#)
- [7.4.5 Centurion](#)
- [7.5 小结](#)
- [第8章 使用Docker API](#)
- [8.1 Docker API](#)
- [8.2 初识Remote API](#)
- [8.3 测试Docker Remote API](#)
- [8.3.1 通过API来管理Docker镜像](#)
- [8.3.2 通过API管理Docker容器](#)
- [8.4 改进TProv应用](#)
- [8.5 对Docker Remote API进行认证](#)
- [8.5.1 建立证书授权中心](#)
- [8.5.2 创建服务器的证书签名请求和密钥](#)
- [8.5.3 配置Docker守护进程](#)
- [8.5.4 创建客户端证书和密钥](#)
- [8.5.5 配置Docker客户端开启认证功能](#)
- [8.6 小结](#)
- [第9章 获得帮助和对Docker进行改进](#)
- [9.1 获得帮助](#)
- [9.1.1 Docker用户、开发邮件列表及论坛](#)
- [9.1.2 IRC上的Docker](#)
- [9.1.3 GitHub上的Docker](#)
- [9.2 报告Docker的问题](#)
- [9.3 搭建构建环境](#)
- [9.3.1 安装Docker](#)
- [9.3.2 安装源代码和构建工具](#)
- [9.3.3 检出源代码](#)
- [9.3.4 贡献文档](#)
- [9.3.5 构建开发环境](#)
- [9.3.6 运行测试](#)
- [9.3.7 在开发环境中使用Docker](#)
- [9.3.8 发起pull request](#)
- [9.3.9 批准合并和维护者](#)
- [9.4 小结](#)
- [看完了](#)

版权信息

书名：第一本Docker书（修订版）

ISBN：978-7-115-41933-0

本书由人民邮电出版社发行数字版。版权所有，侵权必究。

您购买的人民邮电出版社电子书仅供您个人使用，未经授权，不得以任何方式复制和传播本书内容。

我们愿意相信读者具有这样的良知和觉悟，与我们共同保护知识产权。

如果购买者有侵权行为，我们可能对该用户实施包括但不限于关闭该帐号等维权措施，并可能追究法律责任。

• 著 [澳] James Turnbull

译 李兆海 刘 斌 巨 震

责任编辑 杨海玲

• 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

• 读者服务热线：(010)81055410

反盗版热线：(010)81055315

作者简介

James Turnbull是一位技术作家，还是一名开源极客。他最近的大作是一本讲述流行开源日志工具的书——*The LogStash Book*。James还写了两本关于Puppet的书，一本是*Pro Puppet*，另一本是较早的*Pulling Strings with Puppet: Configuration Management Made Easy*。此外，James还写了*Pro Linux System Administration*、*Pro Nagios 2.0* 和*Hardening Linux*这三本书。

James是Kickstarter公司的CTO。之前，James曾担任Docker公司服务与支持副总裁、Venmo公司工程副总裁和Puppet Labs的技术运维副总裁。

本修订版聚集于Docker 1.9及更高版本。

译者简介

李兆海 网名Googol Lee。使用Googol这个名字真的是因为“10的100次方”这个意思，和后来的Google公司没有一点儿关系。多年后端程序员，早期以C、C++为主，后来转向Python，现在以Go为生。曾写过《Golang初探》发表于2011年2月号《程序员》。Docker早期使用者。平时喜欢乱翻书，遇到感兴趣的都会研究一番。Twitter账户@googollee。

刘斌 具有10余年软件开发经验，关注后台开发技术和各种编程语言。做过电子商务、金融、企业系统以及Android手机开发；写过Delphi，也兼做系统管理员和DBA（现在都改叫DevOps了）；既做后台应用，也要调用前台CSS和JavaScript，可还是不敢自称“全栈”（Full Stack）；今又舶来“增长黑客”（Growth Hacker），我想我要做一个“增长工程师”（Growth Engineer）。个人主页<http://liubin.org>。

巨震 北京大学软件工程硕士，服务器端开发者。目前就职于创业公司，使用Node.js、Golang进行服务器端开发。2013年底开始研究Docker，是Docker中文社区的活跃贡献者，负责Docker技术文章和视频的翻译、校对工作。生活中喜欢美食、骑行，热衷于PC硬件，喜爱折腾，热爱一切计算机相关的技术，坚信技术改变世界。最崇拜的技术传奇人物是前id Software首席程序员、现Oculus VR首席技术官John Carmack。

本书特色

- 全球第一本Docker技术图书中文版。
- Docker核心团队成员权威著作。
- 非常适合作为学习Docker的第一本入门书。
- 本书基于Docker 1.9及以上版本。

版权声明

Simplified Chinese translation copyright © 2015

by Posts and Telecommunications Press

Published by arrangement with James Turnbull

内容提要

Docker是一个开源的应用容器引擎，开发者可以利用Docker打包自己的应用以及依赖包到一个可移植的容器中，然后发布到任何流行的Linux机器上，也可以实现虚拟化。

本书由Docker公司前服务与支持副总裁James Turnbull编写，是权威的Docker开发指南。本书专注于Docker 1.9及以上版本，指导读者完成Docker的安装、部署、管理和扩展，带领读者经历从测试到生产的整个开发生命周期，让读者了解Docker适用于什么场景。书中先介绍Docker及其组件的基础知识，然后介绍用Docker构建容器和服务来完成各种任务：利用Docker为新项目建立测试环境，演示如何使用持续集成的工作流集成Docker，如何构建应用程序服务和平台，如何使用Docker的API，如何扩展Docker。

本书适合对Docker或容器开发感兴趣的系统管理员、运维人员和开发人员阅读。

对本书的赞誉

Docker来了！突然发现曾经顶礼膜拜的Hypervisor虚拟化已处于被整个颠覆的悬崖边缘，Docker容器技术的直接虚拟化不仅在技术方面使CPU利用率得到显著提升，还因80:20法则可在业务上更大程度发挥CPU利用率，而恰恰后者才真正体现了虚拟化之精髓！这本书用了大量简短可操作的程序实例介绍Docker的工作原理，几乎页页都是满满的代码干货，程序员读者可跟着这些例子自己动手玩转Docker，这真是一部专为程序员写的好书！IT行业如此“昨嫌紫莽长，今怜破袄寒”，我们码农们呢？还等什么，赶紧开始知识更新吧，别让你的知识技能这一看家本领也被颠覆了！

——毛文波，道里云CEO，
曾创建EMC中国实验室并担任首席科学家，曾参与创建HP中国实验室

Docker是什么？它有什么用？为什么身边的程序员都在谈论这个新兴的开源项目？

Docker是轻量级容器管理引擎，它的出现为软件开发和云计算平台之间建立了桥梁。Docker将成为互联网应用开发领域最重要的平台级技术和标准。这本书由曾任职于Docker公司的资深工程师编写，由国内社区以最快的速度完成翻译，是学习Docker的最佳入门书籍。如果你是一位希望让自己的代码运行在云端的程序员，现在就开始学习Docker吧！

——喻勇，DaoCloud联合创始人

Docker的核心价值在于，它很有可能改变传统的软件“交付”方式和“运行”方式。传统的交付源码或交付软件包的方式的最大问题在于，软件运行期间所“依赖的环境”是无法控制、不能标准化的，IT人员常常需要耗费很多精力来解决因为“依赖的环境”而导致软件运行出现的各种问题。而Docker将软件与其“依赖的环境”打包在一起，以镜像的方式交付，让软件运行在“标准的环境”中，这非常符合云计算的要求。这种变革一旦为IT人员接受，可能会对产业链带来很大的冲击。我们熟悉的apt-get和yum是否会逐渐被docker pull取代？

有了标准化的运行环境，加上对CPU、内存、网络等动态资源的限制，Docker构造了一个“轻量虚拟环境”，传统虚拟机的绝大多数使用场景可以被Docker取代，这将给IT基础设施带来一次更大的冲击；KVM、ZEN、VMWare将会何去何从？此外，Docker秒级创建/删除虚拟机及动态调整资源的能力，也非常契合云计算“实例水平扩展，资源动态调整”的需求，Docker很有可能成为云计算的基石。

正是因为Docker将对传统IT技术带来上述两种“革命性”的冲击，所以我们看到围绕Docker的创业项目如火如荼。IT从业人员应该及早拥抱Docker，拥抱变化。阅读本书就是最佳入门途径。

——陈轶飞，原百度PaaS平台负责人，国内最早大规模应用Docker的实践者

Docker今天已经算是明星技术了，各种技术大会都会有人谈论它，越来越多的人像我一样对这门技术着迷。我开始关注Docker是因为当时主要关注PaaS的一些技术进展，当时PaaS受到云计算三层模型的禁锢，诞生很多非常重型的解决方案。我并不喜欢这些方案，不仅是因为这些方案复杂，而且充满了重复造轮子的自以为是。但是Docker的诞生给我眼前一亮的感觉，Docker诞生时从技术上看貌似没有任何亮点：隔离和资源限定都是LXC做的，安全是用GRSec（那时候还没有SELinux支持），镜像文件依赖于AUFS。但是，就是因为Docker什么有技术含量的活儿都没做，才显得它非常干净，非常优雅。Docker提供了一种优雅的方式去使用上述技术，而不是自顾自地去实现这些已有的很好的技术，这样会使构建环境的成本极大降低，从而非常有效地减少运维的复杂性，这不就是PaaS的本质吗？

短短一年的时间过后，Docker在中国都有了专门的容器大会，甚至出现了一票难求的情况，可见这一技术不但在国外快速地被社区认同，在国内也得到广泛的应用。我坚信PaaS的构建应该是多种组件灵活搭配组合的，而不应该是包罗万象的全套方案，Docker的设计符合这种原则，这是我最为欣赏的。Docker的发展异常迅猛，整个社区生态蓬勃向上一片繁荣。希望阅读本书的读者也尽快加入充满乐趣的Docker大家庭中来。

——程显峰，MongoDB中文社区创始人，独立技术顾问

以Docker为代表的容器技术是目前非常流行的一类技术，对虚拟化、云计算乃至软件开发流程都有革命性的影响。本书系统而又深入浅出地介绍了与Docker部署和应用相关的各个方面，体现了Docker的最新进展，并附有大量详尽的实例。无论系统架构师、IT决策者，还是云端开发人员、系统管理员和运维人员，都能在本书中找到所需的关于Docker的内容。本书非常适合作为进入Docker领域的第一本书。

——商之狄，微软开放技术（中国）首席项目经理

我很高兴能看到第一本引进国内的Docker技术书。这本书对于迫切想了解Docker技术以及相关工具使用的技术爱好者来说，是一本值得阅读的入门书籍。

——肖德时，数人云CTO

阅读本书，就像参加一个Docker专家的面授课程，书中包含了很多非常实用的小型案例，让你能够循序渐进地照着学习，加深理解。好多示例代码都可以拿来直接在开发中使用。James Turnbull是个写书的高手，章节安排合理紧凑，由浅入深地慢慢引领你理解Docker的奥秘。Docker不仅仅是技术，更是一个生态系统，技术和新项目层出不穷，每一章最后都有介绍本章相关的互联网项目（都可能是下一个Google），这是最能体现作者技术功力的。无论你是哪个行业的程序员，这本Docker的书绝对会让你受益匪浅。

——蔡煜，爱立信软件开发高级专家

相比OpenStack这种厂商主导的开源项目，Docker的社区更具极客风格，更加活跃，也更具颠覆潜力。对Docker本身，已经不用我再多说，只希望大家看看这本书，并能积极尝试Docker。纵观IT行业历史，大的技术变革从来不是诞生于大厂商口中的金蛋，而是一小撮儿爱好者的小玩意儿，而Docker正是这个路子。

——赵鹏，Hyper投资人

Go语言是近年来IT技术发展历程中最伟大的事情，而Docker的出现则是云计算发展的重

要里程碑。作为Go语言的杀手级应用，Docker推动了Go语言社区的发展。技术的全球同步化在加速，但非英语母语一定程度制约了中国IT技术的发展。这是一本Docker团队成员撰写的书，是一份难得的学习Docker技术的权威教材。我很高兴见到中文翻译能够如此迅速地跟进，这是一件了不起的事情。我很期待更多人能够通过这本书，了解Docker，参与到Docker的生态中，共同推进中国IT产业的进步。

——许式伟，七牛云存储CEO，《Go语言编程》作者

我非常喜欢这本书，它弥补了开源项目通常缺失的文档部分。书中涉及从安装到入门到业务场景下的各种应用及开发。本书作者的权威性以及译者的专业态度也保证了这本书的严谨性。这本书非常适合广大的Docker爱好者阅读。

——杜玉杰，OpenStack基金会董事

序

听到《第一本Docker书》要根据原版更新出版修订版的消息，感慨国内计算机方面书籍的技术出版已经非常专业，在书籍选择和翻译上都很用心，感谢杨海玲编辑为这本书的出版所做的巨大努力，这本书为国内的Docker技术普及提供了莫大的帮助。

从本书的第一版发行到现在，容器社区出现了翻天覆地的变化。Docker虽然是目前容器社区的最大赢家，是很多用户使用容器的首选，但从1.9版本开始它逐渐移除了对其他容器解决方案的支持。以前进入容器社区时宣讲的容器引擎不复存在，随之而来的是更多商业因素参杂的一个开源项目。如果Docker公司有幸成功，我们将有机会见证在云时代一个开源创业公司如何成为商业领域的成功者，也为国内的创业者指出了一条可行的路径。但如今这个时代，任何行业、任何形式的垄断不是被摧毁就是在被打破的过程中。容器生态中的每一个成员，都期待着在一个开放的体系中获取自己的位置，获取应得的利益。商业就是如此残酷的游戏，连OpenStack这样庞大的生态，都会对容器的快速发展带来的威胁不寒而栗。

在Linux基金会的运作下，OCI（Open Container Initiative）和CNCF（Cloud Native Computing Foundation）两个组织相继成立。他们负责的领域组成了以容器为核心的技术栈，在重新定义Linux容器各种标准的同时，通过Kubernetes这样的优秀项目为业界提供使用容器的最佳实践。很多从业者意识到，单一容器或单一服务器的一组容器都不再是关注的重点，如何通过云原生应用（Cloud Native Application）和微服务框架（Microservice Framework），把商业逻辑映射为容器集群，为商业成功奠定技术基础才是核心。Docker Swarm作为Google Kubernetes的唯一竞争对手，关于它的内容是本书读者最需要关注的，正确选择容器编排调度工具比选择容器引擎更为关键。容器相关标准不断发布，所有容器相关的各种工具都会根据标准修改自己的接口，生态环境会随之更加开放和健壮。

开源不再是以往自由软件（Free Software）的精神，而是如今商业社会的重要组成部分。在华为内部一个大型技术会议上的演讲，我用如下的论断作为结束语，也期待给本书的读者带来一点启示：

无开源，不生态。

无生态，不商业。

——马全一，资深架构师，开源技术专家

我们走在容器化的大道上

如果你是一位技术爱好者，时刻关心业界最新动态，那么最近一定没少听说Docker吧，这绝对是在技术圈线上线下都在谈论的一个热门话题。

说实话，Docker算不上是什么全新的技术，它基于LXC（Linux Containers），使用AUFS，而这些都是已经存在很长时间并被广泛应用了的技术。但运营PaaS服务的dotCloud公司将这些技术整合到一起，提供了简单易用的跨平台、可移植的容器解决方案。Docker最初由dotCloud公司在2013年发布。自发布以来，其发展速度之快超乎了很多人的想象，一路高歌猛进，2014年6月终于发布了1.0稳定版，而dotCloud在2013年10月干脆连公司名字也改为了Docker, Inc.。

Docker也可以被称为轻量级虚拟化技术。与传统的VM相比，它更轻量，启动速度更快，单台硬件上可以同时跑成百上千个容器，所以非常适合在业务高峰期通过启动大量容器进行横向扩展。现在的云计算可能更多地是在使用类似EC2的云主机，以后也许应该更多地关注容器了。

Docker是可移植（或者说跨平台）的，可以在各种主流Linux发布版或者OS X以及Windows上（需要使用boot2docker或者虚拟机）使用。Java可以做到“一次编译，到处运行”，而Docker则可以称为“构建一次，在各平台上运行”（Build once, run anywhere）。

从这一点可以毫不夸张地说，Docker是革命性的，它重新定义了软件开发、测试、交付和部署的流程。我们交付的东西不再只是代码、配置文件、数据库定义等，而是整个应用程序运行环境：“OS+各种中间件、类库+应用程序代码”。

无论你是开发人员、测试人员还是运维人员，随着对Docker越来越深入的了解，你都会爱上它。我们只需要运行几条`docker run`就可以配置好开发环境，通过Dockerfile或者Docker Hub与他人分享我们的镜像，与其他服务集成，进行开发流程的自动化。

- 开发工程师开发、提交代码到代码服务器（GitHub、BitBucket、Gitlab等）。
- 代码服务器通过webhook 调用CI/CD服务，如Codeship（没错，就是2014年11月刚融资800万美元的那家初创公司）、Shippable、CircleCI或者自建Jenkins等。
- CI服务器下载最新代码，构建Docker镜像，并进行测试。
- 自动集成测试通过之后，就可以将之前构建的镜像推送到私有Registry。
- 运维使用新版的Docker镜像进行部署。

试想一下这种开发流程是不是很酷？除了工作流程的自动化之外，还能消除线上线下环境不一致导致的问题。以后“在我的机器上运行得好好的……”这种托词应该再也没人信了吧。

Docker是为Infrastructure as code而生的，通过Dockerfile，镜像创建过程变得自动且可重复，还能进行版本管理。

Docker是为不可变基础设施（Immutable Infrastructure）而生的，对无状态服务的升级、部署将会更轻便更简单：我们无需再对它们的配置进行修改，只需要销毁这个服务并重建一个就好了。

Docker也是为云计算而生的，Docker的出现离不开云计算的兴起，反过来更多的云计算服务提供商也都开始把Docker纳入自己的服务体系之中，比如最近一个大事件就是Google刚刚发布了Google Container Engine（alpha）服务，一个基于其开源Docker编配工具Kubernetes的“Cluster-as-a-Service”。容器技术在云计算时代的重要程度由此可见一斑。

这是一本带领读者进入Docker世界的入门书。阅读本书除了能帮助读者理解Docker的基本原理，熟练掌握Docker的各种常见的基本操作之外，还能帮助读者了解Docker的实际应用场景以及如何利用Docker进行开发等话题，比如，如何使用Docker和Jenkins进行测试，如何对应用程序进行Docker化，以及如何构建由Node.js和Redis组成的多容器应用栈。当然，书中也不会忘了最近比较火的Fig——一个Docker编配工具，开发此工具的公司是位于英国伦敦的Orchard Laboratories，前段时间该公司刚刚被Docker收购，继续Fig的开发。现代应用程序都离不开API，Docker当然也不例外。在第8章中，读者将学到如何使用API而不是Docker命令来对Docker镜像和容器进行管理。如果你也想为Docker贡献自己的力量，那么一定不能错过第9章的内容，这一章将会主要介绍如何给Docker提issue，如何完成Docker文档，以及如何构建Docker开发环境和提交Pull Request。

最后，我谨代表合译者李兆海和巨震，向在本书翻译过程中给与了很大帮助的一些人表示最诚挚的感谢。Fiona（冯钊）在本书编写过程中做了很多沟通和协调工作，也对很多术语翻译提出了建议。马全一是Docker中文社区和<https://docker.cn>的创始人，也是本书中文版翻译工作的发起人。此外还有人民邮电出版社的杨海玲等编辑老师，没有她们的认真工作，这本书也不会以完美的形式展现在各位读者面前。

——刘斌



前言

本书面向的读者

本书适合希望实施Docker或基于容器的虚拟化技术的开发者、系统管理员和有意用DevOps的人员阅读。

要阅读本书，读者需要具备一定的Linux/Unix技能，并熟悉命令行、文件编辑、软件包安装、服务管理和基本的网络知识。

注意 本书专注于1.9或更高版本的Docker，该版本不与早期版本向下兼容。实际上，在生产环境中，也推荐使用1.9或更高版本。

致谢

- 感谢我的合伙人及好友Ruth Brown，感谢你迁就我进行本书的写作。
- 感谢Docker公司的团队，感谢你们开发出Docker，并在本书写作期间提供无私的帮助。
- 感谢#docker频道和Docker邮件列表里的朋友们。
- 感谢Royce Gilbert，感谢你不仅提供超赞的技术插图，还为本书英文版设计了封面。
- 感谢Abhinav Ajgaonkar，感谢你提供自己的Node.js和Express示例应用程序。
- 感谢本书的技术审校团队，你们让我时刻保持头脑清醒，并指出了书中的愚蠢错误。
- 感谢Robert P. J. Day，感谢你在本书发布后提供了极详细的勘误表。

本书中有3张配图是由Docker公司提供的。

Docker™ 是Docker公司的注册商标。

技术审稿人团队

Scott Collier

Scott Collier是一位高级主任系统工程师，就职于Red Hat的系统设计及工程团队。该团队根据从销售、市场以及工程团队收集到的数据，甄别并提供高价值的解决方案，并为内外用户开发参考架构。Scott是Red Hat认证构架师（RHCA），具有超过15年的IT从业经验，他现在专注于Docker、OpenShift以及Red Hat系列产品。

除了思考分布式构架之外，Scott喜欢跑步、登山、露营，还喜欢陪妻子和3个孩子在得克萨斯州的奥斯汀享受烧烤。他的技术文章及相关信息可以在<http://colliernotes.com>上找到。

John Ferlito

John是一位连续创业者，同时也是高可用性、可扩展性基础设施专家。John现在在自己创建的Bulletproof公司担任CTO，这是一家提供关键任务的云服务商，同时，John还兼任提供综合视频服务的Vquence公司的CTO。

在空闲时间，John投身自由及开源软件（Free and Open Source Soft, FOSS）社区。他是linux.conf.au 2007会议的联合发起人，也是2007年悉尼Linux用户委员会（Sydney Linux User Group, SLUG）的委员。他做过大量的开源项目，如Debian、Ubuntu、Puppet以及Annodex套件。读者可以在他的个人博客（<http://inodes.org/blog>）上查看他的文章。John拥有新南威尔士大学的工程学士荣誉学位（计算机科学类）。

Paul Nasrat

Paul Nasrat就职于Google公司，是一位网站可靠性工程师，同时也是Docker的贡献者。他在系统工程领域做了大量的开源工具，包括启动加载器、包管理以及配置管理等。

Paul做过各种系统管理和软件开发的工作。他曾在Red Hat担任软件工程师，还在ThoughtWorks公司担任过基础设施专家级顾问。Paul在各种大会上做过演讲，既有DevOps活动早期在2009年敏捷大会上关于敏捷基础设施的演讲，也有在小型聚会和会议上的演讲。

技术插图作家

Royce Gilbert (ksuroyce@yahoo.com) 是本书技术插图的作者，在他超过30年的从业经验中，他做过CAD设计、计算机支持、网络技术、项目管理，还曾为多家世界500强企业提供商务系统分析，包括安然（Enron）、康柏（Compaq）、科氏（Koch）和阿莫科（Amoco）集团。Royce在位于堪萨斯州曼哈顿的堪萨斯州立大学担任系统/业务分析员。他业余时间在自己的Royce艺术工作室进行创作，是一位独立艺术家和技术插画家。他和38岁的妻子在堪萨斯州的弗林特山上修复了一间有127年历史的石头老屋，并以此为居所，过着平静的生活。

校对者

Q女士在纽约地区长大，是一位高中教师、纸杯蛋糕冷冻师、业余科学家、法医人类学家，还是一名灾难应急专家。她现居旧金山，制作音乐，研究表演，整理ng-newsletter^[1]，并负责照顾Stripe公司的名流。

排版约定

这是行内代码语句：`inline code statement`。

下面是代码块：

```
This is a code block
```

过长的代码行会换行。

代码及示例

读者可以在<http://www.dockerbook.com/code/index.html> 获取本书的代码和示例程序，也可以从GitHub（<https://github.com/jamtur01/dockerbook-code>）签出。

说明

本书英文原版是用Markdown格式写的，同时也使用了大量的LaTeX格式的标记符号，然后用PanDoc转成PDF和其他格式（还使用了Backbone.js on Rails ^[2] 那帮好兄弟写的脚本）。

勘误

如果读者发现任何错误，请用电子邮件与我联系，我的邮箱是james+errata@lovedthanlost.net。

版本

本书是The Docker Book一书v1.9.1版的中文版。

[1] <http://www.ng-newsletter.com/>

[2] [<https://learn.thoughtbot.com/products/1-backbone-js-on-rails>]
(<https://learn.thoughtbot.com/products/1-backbone-js-on-rails>)

第1章 简介

在计算世界中，容器拥有一段漫长且传奇的历史。容器与管理程序虚拟化（hypervisor virtualization, HV）有所不同，管理程序虚拟化通过中间层将一台或多台独立的机器虚拟运行于物理硬件之上，而容器则是直接运行在操作系统内核之上的用户空间。因此，容器虚拟化也被称为“操作系统级虚拟化”，容器技术可以让多个独立的用户空间运行在同一台宿主机上。

由于“客居”于操作系统，容器只能运行与底层宿主机相同或相似的操作系统，这看起来并不是非常灵活。例如，可以在Ubuntu服务器中运行RedHat Enterprise Linux，但却无法在Ubuntu服务器上运行Microsoft Windows。

相对于彻底隔离的管理程序虚拟化，容器被认为是不安全的。而反对这一观点的人则认为，由于虚拟机所虚拟的是一个完整的操作系统，这无疑增大了攻击范围，而且还要考虑管理程序层潜在的暴露风险。

尽管有诸多局限性，容器还是被广泛部署于各种各样的应用场合。在超大规模的多租户服务部署、轻量级沙盒以及对安全要求不太高的隔离环境中，容器技术非常流行。最常见的一个例子就是“权限隔离监牢”（chroot jail），它创建一个隔离的目录环境来运行进程。如果权限隔离监牢中正在运行的进程被入侵者攻破，入侵者便会发现自己“身陷囹圄”，因为权限不足被困在容器创建的目录中，无法对宿主机进行进一步的破坏。

最新的容器技术引入了OpenVZ、Solaris Zones以及Linux容器（如lxc）。使用这些新技术，容器不再仅仅是一个单纯的运行环境。在自己的权限范围内，容器更像是一个完整的宿主机。对Docker来说，它得益于现代Linux内核特性，如控件组（control group）、命名空间（namespace）技术，容器和宿主机之间的隔离更加彻底，容器有独立的网络和存储栈，还拥有自己的资源管理能力，使得同一台宿主机中的多个容器可以友好地共存。

容器经常被认为是精益技术，因为容器需要的开销有限。和传统的虚拟化以及半虚拟化（paravirtualization）相比，容器运行不需要模拟层（emulation layer）和管理层（hypervisor layer），而是使用操作系统的系统调用接口。这降低了运行单个容器所需的开销，也使得宿主机中可以运行更多的容器。

尽管有着光辉的历史，容器仍未得到广泛的认可。一个很重要的原因就是容器技术的复杂性：容器本身就比较复杂，不易安装，管理和自动化也很困难。而Docker就是为改变这一切而生。

1.1 Docker简介

Docker是一个能够把开发的应用程序自动部署到容器的开源引擎。由Docker公司（www.docker.com，前dotCloud公司，PaaS市场中的老牌提供商）的团队编写，基于

Apache 2.0开源授权协议发行。

■ **注意** 顺便披露一个小新闻：作者本人目前是Docker公司的顾问。

那么Docker有什么特别之处呢？Docker在虚拟化的容器执行环境中增加了一个应用程序部署引擎。该引擎的目标就是提供一个轻量、快速的环境，能够运行开发者的程序，并方便高效地将程序从开发者的笔记本部署到测试环境，然后再部署到生产环境。Docker极其简洁，它所需的全部环境只是一台仅仅安装了兼容版本的Linux内核和二进制文件最小限的宿主机。而Docker的目标就是要提供以下这些东西。

1.1.1 提供一个简单、轻量的建模方式

Docker上手非常快，用户只需要几分钟，就可以把自己的程序“Docker化”（Dockerize）。Docker依赖于“写时复制”（copy-on-write）模型，使修改应用程序也非常迅速，可以说达到了“随心所欲，代码即改”的境界。

随后，就可以创建容器来运行应用程序了。大多数Docker容器只需不到1秒钟即可启动。由于去除了管理程序的开销，Docker容器拥有很高的性能，同时同一台宿主机中也可以运行更多的容器，使用户可以尽可能充分地利用系统资源。

1.1.2 职责的逻辑分离

使用Docker，开发人员只需要关心容器中运行的应用程序，而运维人员只需要关心如何管理容器。Docker设计的目的就是要加强开发人员写代码的开发环境与应用程序要部署的生产环境的一致性，从而降低那种“开发时一切都正常，肯定是运维的问题”的风险。

1.1.3 快速、高效的开发生命周期

Docker的目标之一就是缩短代码从开发、测试到部署、上线运行的周期，让你的应用程序具备可移植性，易于构建，并易于协作。

1.1.4 鼓励使用面向服务的架构

Docker还鼓励面向服务的架构和微服务架构^[1]。Docker推荐单个容器只运行一个应用程序或进程，这样就形成了一个分布式的应用程序模型，在这种模型下，应用程序或服务都可以表示为一系列内部互联的容器，从而使分布式部署应用程序，扩展或调试应用程序都变得非常简单，同时也提高了程序的自省性。

■ **注意** 如果你愿意，当然不必拘泥于这种模式，你可以轻松地在一个容器内运行多个进程的应用程序。

1.2 Docker组件

我们来看看Docker的核心组件：

- Docker客户端和服务端，也成为Docker引擎；
- Docker镜像；
- Registry；

- Docker容器。

1.2.1 Docker客户端和服务端

Docker是一个客户端/服务器（C/S）架构的程序。Docker客户端只需向Docker服务器或守护进程发出请求，服务器或守护进程将完成所有工作并返回结果。Docker守护进程有时也称为Docker引擎。Docker提供了一个命令行工具`docker` 以及一整套RESTful API [\[2\]](#) 来与守护进程交互。用户可以在同一台宿主机上运行Docker守护进程和客户端，也可以从本地的Docker客户端连接到运行在另一台宿主机上的远程Docker守护进程。图1-1描绘了Docker的架构。



图1-1 Docker架构

1.2.2 Docker镜像

镜像是构建Docker世界的基石。用户基于镜像来运行自己的容器。镜像也是Docker生命周期中的“构建”部分。镜像是基于联合（Union）文件系统的一种层式的结构，由一系列指令一步一步构建出来。例如：

- 添加一个文件；
- 执行一个命令；
- 打开一个端口。

也可以把镜像当作容器的“源代码”。镜像体积很小，非常“便携”，易于分享、存储和更新。在本书中，我们将会学习如何使用已有的镜像，同时也会尝试构建自己的镜像。

1.2.3 Registry

Docker用Registry来保存用户构建的镜像。Registry分为公共和私有两种。Docker公司运营的公共Registry叫作Docker Hub。用户可以在Docker Hub [3] 注册账号 [4]，分享并保存自己的镜像。

根据最新统计，Docker Hub上有超过10 000注册用户构建和分享的镜像。需要Nginx Web服务器 [5] 的Docker镜像，或者Asterix开源PABX系统 [6] 的镜像，抑或是MySQL数据库 [7] 的镜像？这些镜像在Docker Hub上都有，而且具有多种版本。

用户也可以在Docker Hub上保存自己的私有镜像。例如，包含源代码或专利信息等需要保密的镜像，或者只在团队或组织内部可见的镜像。

用户甚至可以架设自己的私有Registry。具体方法会在第4章中讨论。私有Registry可以受到防火墙的保护，将镜像保存在防火墙后面，以满足一些组织的特殊需求。

1.2.4 容器

Docker可以帮用户构建和部署容器，用户只需要把自己的应用程序或服务打包放进容器即可。我们刚刚提到，容器是基于镜像启动起来的，容器中可以运行一个或多个进程。我们可以认为，镜像是Docker生命周期中的构建或打包阶段，而容器则是启动或执行阶段。

总结起来，Docker容器就是：

- 一个镜像格式；
- 一系列标准的操作；
- 一个执行环境。

Docker借鉴了标准集装箱的概念。标准集装箱将货物运往世界各地，Docker将这个模型用到自己的设计哲学中，唯一不同的是：集装箱运输货物，而Docker运输软件。

每个容器都包含一个软件镜像，也就是容器的“货物”，而且与真正的货物一样，容器里的软件镜像可以进行一些操作。例如，镜像可以被创建、启动、关闭、重启以及销毁。

和集装箱一样，Docker在执行上述操作时，并不关心容器中到底塞进了什么，它不管里面是Web服务器，还是数据库，或者是应用程序服务器什么的。所有容器都按照相同的方式将内容“装载”进去。

Docker也不关心用户要把容器运到何方：用户可以在自己的笔记本中构建容器，上传到Registry，然后下载到一个物理的或者虚拟的服务器来测试，再把容器部署到Amazon EC2主机的集群中去。像标准集装箱一样，Docker容器方便替换，可以叠加，易于分发，并且尽量通用。

使用Docker，可以快速构建一个应用程序服务器、一个消息总线、一套实用工具、一个持续集成（continuous integration, CI）测试环境或者任意一种应用程序、服务或工具。可以在本地构建一个完整的测试环境，也可以为生产或开发快速复制一套复杂的应用程序栈。可以说，Docker的应用场景相当广泛。

1.3 能用Docker做什么

那么，为什么要关注Docker或容器技术呢？前面已经简单地讨论了容器提供的隔离性，结论是，容器可以为各种测试提供很好的沙盒环境。并且，容器本身就具有“标准性”的特征，非常适合为服务创建构建块。Docker的一些应用场景如下。

- 加速本地开发和构建流程，使其更加高效、更加轻量化。本地开发人员可以构建、运行并分享Docker容器。容器可以在开发环境中构建，然后轻松地提交到测试环境中，并最终进入生产环境。
- 能够让独立服务或应用程序在不同的环境中，得到相同的运行结果。这一点在面向服务的架构和重度依赖微型服务的部署中尤其实用。
- 用Docker创建隔离的环境来进行测试。例如，用Jenkins CI这样的持续集成工具启动一个用于测试的容器。
- Docker可以让开发者先在本机上构建一个复杂的程序或架构来进行测试，而不是一开始就在生产环境部署、测试。
- 构建一个多用户的平台即服务（PaaS）基础设施。
- 为开发、测试提供一个轻量级的独立沙盒环境，或者将独立的沙盒环境用于技术教学，如Unix shell的使用、编程语言教学。
- 提供软件即服务（SaaS）应用程序。
- 高性能、超大规模的宿主机部署。

本书为读者提供了一个基于和围绕Docker生态环境构建的早期项目列表，详情请查看<http://blog.docker.com/2013/07/docker-projects-from-the-docker-community/>。

1.4 Docker与配置管理

从Docker项目公布以来，已经有大量关于“哪些配置管理工具适用于Docker”的讨论，如Puppet、Chef。Docker包含一套镜像构建和镜像管理的解决方案。现代配置管理工具的原动力之一就是“黄金镜像”模型 [8]。然而，使用黄金镜像的结果就是充斥了大量、无管理状态的镜像：已部署或未部署的复杂镜像数量庞大，版本状态混乱不堪。随着镜像的使用，不确定性飞速增长，环境中的混乱程度急剧膨胀。镜像本身也变得越来越笨重。最终不得不手动修正镜像中不符合设计和难以管理的配置层，因为底层的镜像缺乏适当的灵活性。

与传统的镜像模型相比，Docker就显得轻量多了：镜像是分层的，可以对其进行迅速的迭代。数据表明，Docker的这些特性确实能够减轻许多传统镜像管理中的麻烦。现在还难以确定Docker是否可以完全取代配置管理工具，但是从幂等性和内省性来看，Docker确实能够获得非常好的效果。Docker本身还是需要在主机上进行安装、管理和部署的。而主机也需要被管理起来。这样，Docker容器需要编配、管理和部署，也经常需要与外部服务和工具进行通信，而这些恰恰是配置管理工具所擅长的。

Docker一个显著的特点就是，对不同的宿主机、应用程序和服务，可能会表现出不同的特性与架构（或者确切地说，Docker本就是被设计成这样的）：Docker可以是短生命周期的，但也可以用于恒定的环境，可以用一次即销毁，也可以提供持久的服务。这些行为并不会给Docker增加复杂性，也不会和配置管理工具的需求产生重合。基于这些行为，我们基本不需要担心管理状态的持久性，也不必太担心状态的复杂性，因为容器的生命周期往

往比较短，而且重建容器状态的代价通常也比传统的状态修复要低。

然而，并非所有的基础设施都具备这样的“特性”。在未来的一段时间内，Docker这种理想化的工作负载可能会与传统的基础设备部署共存一段时间。长期运行的主机和物理设备上运行的主机在很多组织中仍具有不可替代的地位。由于多样化的管理需求，以及管理Docker自身的需求，在绝大多数组织中，Docker和配置管理工具可能都需要部署。

1.5 Docker的技术组件

Docker可以运行于任何安装了现代Linux内核的x64主机上。推荐的内核版本是3.8或者更高。Docker的开销比较低，可以用于服务器、台式机或笔记本。它包括以下几个部分。

- 一个原生的Linux容器格式，Docker中称为libcontainer。
- Linux内核的命名空间(namespace) [9]，用于隔离文件系统、进程和网络。
- 文件系统隔离：每个容器都有自己的root文件系统。
- 进程隔离：每个容器都运行在自己的进程环境中。
- 网络隔离：容器间的虚拟网络接口和IP地址都是分开的。
- 资源隔离和分组：使用cgroups [10]（即control group，Linux的内核特性之一）将CPU和内存之类的资源独立分配给每个Docker容器。
- 写时复制 [11]：文件系统都是通过写时复制创建的，这就意味着文件系统是分层的、快速的，而且占用的磁盘空间更小。
- 日志：容器产生的STDOUT、STDERR和STDIN这些IO流都会被收集并记入日志，用来进行日志分析和故障排错。
- 交互式shell：用户可以创建一个伪tty终端，将其连接到STDIN，为容器提供一个交互式的shell。

1.6 本书的内容

在本书中，我们将讲述如何安装、部署、管理Docker，并对其进行功能扩展。我们首先会介绍Docker的基础知识及其组件，然后用Docker构建容器和服务，来完成各种的任务。

我们还会体验从测试到生产环境的完整开发生命周期，并会探讨Docker适用于哪些领域，Docker是如何让我们生活更加简单的。我们使用Docker为新项目构建测试环境，演示如何将Docker集成到持续集成工作流，如何构建程序应用的服务和平台。最后，我们会向大家介绍如何使用Docker的API，以及如何对Docker进行扩展。

我们将会教大家如何：

- 安装Docker；
- 尝试使用Docker容器；
- 构建Docker镜像；
- 管理并共享Docker镜像；
- 运行、管理更复杂的Docker容器和Docker容器栈；
- 将Docker容器的部署纳入测试流程；
- 构建多容器的应用程序和环境；
- 介绍使用Docker Compose、Consul和Swarm进行Docker编配的基础；

- 探索Docker的API;
- 获取帮助文档并扩展Docker。

推荐读者按顺序阅读本书。每一章都会以前面章节的Docker知识为基础，并引入新的特性和功能。读完本书后，读者应该会对如何使用Docker构建标准容器，部署应用程序、测试环境和独立的服务有比较深刻的理解。

1.7 Docker资源

- Docker官方主页 (<http://www.docker.com/>)。
- Docker Hub (<http://hub.docker.com>)。
- Docker官方博客 (<http://blog.docker.com/>)。
- Docker官方文档 (<http://docs.docker.com/>)。
- Docker快速入门指南 (<http://www.docker.com/tryit/>)。
- Docker的GitHub源代码 (<https://github.com/docker/docker>)。
- Docker Forge (<https://github.com/dockerforge>)：收集了各种Docker工具、组件和服务。
- Docker邮件列表 (<https://groups.google.com/forum/#!forum/docker-user>)。
- Docker的IRC频道 (irc.freenode.net)。
- Docker的Twitter主页 (<http://twitter.com/docker>)。
- Docker的StackOverflow问答主页 (<http://stackoverflow.com/search?q=docker>)。
- Docker官网 (<http://www.docker.com/>)。

除这些资源之外，在第9章中会详细介绍去哪里以及如何获得Docker的帮助信息。

[1] [<http://martinfowler.com/articles/microservices.html>]
(<http://martinfowler.com/articles/microservices.html>)

[2] [http://docs.docker.com/reference/api/docker_remote_api/]
(http://docs.docker.com/reference/api/docker_remote_api/)

[3] <http://hub.docker.com/>

[4] <https://hub.docker.com/account/signup/>

[5] <https://hub.docker.com/search?q=nginx>

[6] <https://hub.docker.com/search?q=Asterisk>

[7] <https://hub.docker.com/search?q=mysql>

[8] [<https://web.archive.org/web/20090207105003/http://madstop.com/2009/02/04/golden-image-or-foil-ball>]
(<https://web.archive.org/web/20090207105003/http://madstop.com/2009/02/04/golden-image-or-foil-ball>)

- [9] <http://lwn.net/Articles/531114/>
- [10] <http://en.wikipedia.org/wiki/Cgroups>
- [11] <http://en.wikipedia.org/wiki/Copy-on-write>

第2章 安装Docker

Docker的安装既快又简单。目前，Docker已经支持非常多的Linux平台，包括Ubuntu和RHEL（Red Hat Enterprise Linux，Red Hat企业版Linux）。除此之外，Docker还支持Debian、CentOS、Fedora、Oracle Linux等衍生系统和相关的发行版。如果使用虚拟环境，甚至也可以在OS X和Microsoft Windows中运行Docker。

目前来讲，Docker团队推荐在Ubuntu、Debian或者RHEL系列（CentOS、Fedora等）宿主机中部署Docker，这些发行版中直接提供了可安装的软件包。本章将介绍如何在4种各有所长的操作系统中安装Docker，包括：

- 在运行Ubuntu系统的宿主机中安装Docker；
- 在运行RHEL或其衍生的Linux发行版的宿主机中安装Docker；
- 在OS X系统中用Docker Toolbox ^[1] 工具安装Docker；
- 在Microsoft Windows系统中使用Docker Toolbox工具安装Docker。

提示 Docker Toolbox是一个安装了运行Docker所需一切的组件的集合。它包含VirtualBox和一个极小的虚拟机，同时提供了一个包装脚本（wrapper script）对该虚拟机进行管理。该虚拟机运行一个守护进程，并在OS X或Microsoft Windows中提供一个本地的Docker守护进程。Docker的客户端工具docker作为这些平台的原生程序被安装，并连接到在Docker Toolbox虚拟机中运行的Docker守护进程。Docker Toolbox替代了Boot2Docker。

Docker也可以在很多其他Linux发行版中运行，包括Debian、SUSE ^[2]、Arch Linux ^[3]、CentOS和Gentoo ^[4]。Docker也支持一些云平台，包括Amazon EC2 ^[5]、Rackspace Cloud ^[6] 和Google Compute Engine ^[7]。

提示 可以在Docker安装指南（<https://docs.docker.com/engine/installation/>）查到完整的Docker支持平台列表。

我们之所以选择对在这4种环境下Docker的安装方法进行介绍，主要是因为它们是Docker社区中最常用的几种环境。例如，开发人员使用OS X电脑，系统管理员使用Windows工作站，而测试、预演（staging）或生产环境运行的是Docker原生支持的其他平台。这样，开发人员和系统管理员就可以在自己的OS X或者Windows工作站中用Docker Toolbox构建Docker容器，然后把这些容器放到运行其他支持平台的测试、预演或者生产环境中。

建议读者至少使用Ubuntu或者RHEL完整地安装一遍Docker，以了解Docker安装需要哪些前提条件，也能够了解到底如何安装Docker。

提示 和所有安装过程一样，我也推荐读者了解一下如何使用Puppet ^[8] 或Chef ^[9] 这样的工具来安装Docker，而不是纯手动安装。例如，可以在网上找到安装Docker的Puppet模块 ^[10] 和Chef cookbook ^[11]。

2.1 安装Docker的先决条件

和安装其他软件一样，安装Docker也需要一些基本的前提条件。Docker要求的条件具体如

下。

- 运行64位CPU构架的计算机（目前只能是x86_64和amd64），请注意，Docker目前不支持32位CPU。
- 运行Linux 3.8或更高版本内核。一些老版本的2.6.x或其后的内核也能够运行Docker，但运行结果会有很大的不同。而且，如果需要就老版本内核寻求帮助，通常大家会被建议升级到更高版本的内核。
- 内核必须支持一种适合的存储驱动（storage driver），例如：
 - Device Manager ^[12]；
 - AUFS ^[13]；
 - vfs ^[14]；
 - btrfs ^[15]；
 - ZFS（在Docker 1.7中引入）；
 - 默认存储驱动通常是Device Mapper 或AUFS。
- 内核必须支持并开启cgroup ^[16] 和命名空间 ^[17]（namespace）功能。

2.2 在Ubuntu和Debian中安装Docker

目前，官方支持在以下版本的Ubuntu和Debian中安装Docker：

- Ubuntu Wily 15.10（64位）；
- Ubuntu Vivid 15.04（64位）；
- Ubuntu Trusty 14.04（LTS）（64位）；
- Ubuntu Precise 12.04（LTS）（64位）；
- Ubuntu Raring 13.04（64位）；
- Ubuntu Saucy 13.10（64位）；
- Debian 8.0 Jessie（64位）；
- Debian 7.7 Wheezy（64位）。

注意 这并不意味着上面清单之外的Ubuntu（或Debian）版本就不能安装Docker。只要有适当的内核和Docker所必需的支持，其他版本的Ubuntu也是可以安装Docker的，只不过这些版本并没有得到官方支持，因此，遇到的bug可能无法得到官方的修复。

安装之前，还要先确认一下已经安装了Docker所需的前提条件。我创建了一个要安装Docker的全新Ubuntu 14.04 LTS 64位宿主机，称之为darknight.example.com。

2.2.1 检查前提条件

在Ubuntu宿主机中安装并运行Docker所需的前提条件并不多，下面一一列出。

1. 内核

首先，确认已经安装了能满足要求的Linux内核。可以通过uname 命令来检查内核版本信息，如代码清单2-1所示。

代码清单2-1 检查Ubuntu内核的版本

```
$ uname -a
Linux darknight.example.com 3.13.0-43-generic #72-Ubuntu SMP Mon Dec
8 19:35:06 UTC 2014 x86_64 x86_64 x86_64 GNU/Linux
```

可以看到，这里安装的是3.13.0 x86_64版本的内核。这是Ubuntu 14.04及更高版本默认的内核。

如果使用Ubuntu较早的发行版，可以有一个较早的内核。应该可以轻松地将Ubuntu升级到最新的内核，如代码清单2-2所示。

代码清单2-2 在Ubuntu Precise中安装3.8内核

```
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get install linux-headers-3.13.0-43-generic
linux-image-3.13.0-43-generic linux-headers-3.13.0-43
```

注意 本书中的所有操作都使用**sudo** 来获取所需的**root** 权限。

然后，就可以更新Grub启动加载器来加载新内核，如代码清单2-3所示。

代码清单2-3 更新Ubuntu Precise的启动加载器

```
$ sudo update-grub
```

安装完成后需要重启宿主机来启用新的3.8内核或者更新的内核，如代码清单2-4所示。

代码清单2-4 重启Ubuntu宿主机

```
$ sudo reboot
```

重启之后，可以再次使用**uname -a**来 确认已经运行了正确版本的内核。

2. 检查Device Mapper

这里将使用Device Mapper作为存储驱动。自2.6.9版本的Linux内核开始已经集成了Device Mapper，并且提供了一个将块设备映射到高级虚拟设备的方法。Device Mapper支持“自动精简配置”^[18]（thin-provisioning）的概念，可以在一种文件系统中存储多台虚拟设备（Docker镜像中的层）。因此，用Device Mapper作为Docker的存储驱动是再合适不过了。

任何Ubuntu 12.04或更高版本的宿主机应该都已经安装了Device Mapper，可以通过代码清单2-5所示的命令来确认是否已经安装。

代码清单2-5 检查Device Mapper

```
$ ls -l /sys/class/misc/device-mapper
lrwxrwxrwx 1 root root 0 Oct  5 18:50 /sys/class/misc/device-mapper
```



```
-> ../../devices/virtual/misc/device-mapper
```

也可以在`/proc/devices` 文件中检查是否有`device-mapper` 条目，如代码清单2-6所示。

代码清单2-6 在Ubuntu的`proc` 中检查Device Mapper

```
$ sudo grep device-mapper /proc/devices
```

如果没有出现`device-mapper` 的相关信息，也可以尝试加载`dm_mod` 模块，如代码清单2-7所示。

代码清单2-7 加载Device Mapper模块

```
$ sudo modprobe dm_mod
```

`cgroup`和命名空间自2.6版本开始已经集成在Linux内核中了。2.6.38以后的内核对`cgroup`和命名空间都提供了良好的支持，基本上也没有什么bug。

2.2.2 安装Docker

现在“万事俱备，只欠东风”。我们将使用Docker团队提供的DEB软件包来安装Docker。

首先，要添加Docker的APT仓库，如代码清单2-8所示。其间，可能会提示我们确认添加仓库并自动将仓库的GPG公钥添加到宿主机中。

代码清单2-8 添加Docker的ATP仓库

```
$ sudo sh -c "echo deb https://apt.dockerproject.org/repo ubuntu-trusty main > /etc/apt/sources.list.d/docker.list"
```

应该将`trusty` 替换为主机的Ubuntu发行版本。这可以通过运行`lsb_release` 命令来实现，如代码清单2-9所示。

代码清单2-9 检测`curl` 命令是否安装

```
$ sudo lsb_release --codename | cut -f2  
trusty
```

接下来，要添加Docker仓库的GPG密钥，如代码清单2-10所示。

代码清单2-10 如果需要，安装`curl`

```
$ sudo apt-key adv --keyserver hkp://p80.pool.sks-keyservers.net  
:80 --recv-keys 58118E89F3A912897C070ADB76221572C52609D
```

之后，需要更新APT源，如代码清单2-11所示。

代码清单2-11 更新APT源

```
$ sudo apt-get update
```

现在，就可以安装Docker软件包了，如代码清单2-12所示。

代码清单2-12 在Ubuntu中安装Docker

```
$ sudo apt-get install docker-engine
```

执行该命令后，系统会安装Docker软件包以及一些必需的软件包。

提示 自Docker 1.8.0开始，Docker的软件包名称已经从`lxc-docker` 变为`docker-engine`。

安装完毕，用`docker info` 命令应该能够确认Docker是否已经正常安装并运行了，如代码清单2-13所示。

代码清单2-13 确认Docker已经安装在Ubuntu中

```
$ sudo docker info
Containers: 0
Images: 0
. . .
```

2.2.3 Docker与UFW

在Ubuntu中，如果使用UFW ^[19]，即Uncomplicated Firewall，那么还需对其做一点儿改动才能让Docker工作。Docker使用一个网桥来管理容器中的网络。默认情况下，UFW会丢弃所有转发的数据包（也称分组）。因此，需要在UFW中启用数据包的转发，这样才能让Docker正常运行。我们只需要对`/etc/default/ufw` 文件做一些改动即可。我们需要将这个文件中代码清单2-14所示的代码替换为代码清单2-15所示的代码。

代码清单2-14 原始的UFW转发策略

```
DEFAULT_FORWARD_POLICY="DROP"
```

代码清单2-15 新的UFW转发策略

```
DEFAULT_FORWARD_POLICY="ACCEPT"
```

保存修改内容并重新加载UFW即可，如代码清单2-16所示。

代码清单2-16 重新加载UFW防火墙

```
$ sudo ufw reload
```

2.3 在Red Hat和Red Hat系发行版中安装Docker

在Red Hat企业版Linux（或者CentOS或Fedora）中，只有少数几个版本可以安装Docker，包括：

- RHEL（和CentOS）6或以上的版本（64位）；
- Fedora 19或以上的版本（64位）；
- Oracle Linux 6和Oracle Linux 7，带有Unbreakable企业内核发行版 3（3.8.13）或者更高版本（64位）。

提示 在Red Hat企业版Linux 7及更高版本中，Docker已经成为系统自带的软件包了，并且，只有Red Hat企业版Linux 7是Red Hat官方支持Docker的发行版本。

2.3.1 检查前提条件

在Red Hat和Red Hat系列的Linux发行版中，安装Docker所需的前提条件也并不多。

1. 内核

可以使用代码清单2-17所示的uname 命令来确认是否安装了3.8或更高的内核版本。

代码清单2-17 检查Red Hat或Fedora的内核

```
$ uname -a
Linux darknight.example.com 3.10.9-200.fc19.x86_64 #1 SMP Wed Aug
21 19:27:58 UTC 2013 x86_64 x86_64 x86_64 GNU/Linux
```

目前所有官方支持的Red Hat和Red Hat系列平台，应该都安装了支持Docker的内核。

2. 检查Device Mapper

我们这里使用Device Mapper作为Docker的存储驱动，为Docker提供存储能力。在Red Hat企业版Linux、CentOS 6或Fedora 19及更高版本宿主机中，应该也都安装了Device Mapper，不过还是需要确认一下，如代码清单2-18所示。

代码清单2-18 检查Device Mapper

```
$ ls -l /sys/class/misc/device-mapper
lrwxrwxrwx 1 root root 0 Oct  5 18:50 /sys/class/misc/device-mapper
-> ../../devices/virtual/misc/device-mapper
```

同样，也可以在/proc/devices 文件中检查是否有device-mapper 条目，如代码清单2-19所示。

代码清单2-19 在Red Hat的proc文件中检查Device Mapper

```
$ sudo grep device-mapper /proc/devices
```

如果没有检测到Device Mapper，也可以试着安装device-mapper 软件包，如代码清单2-20所示。

代码清单2-20 安装Device Mapper软件包

```
$ sudo yum install -y device-mapper
```

提示 在新版本的Red Hat系列发行版本中，yum 命令已经被dnf 命令取代，它们的语法并没有什么变化。

安装完成后，还需要加载dm_mod 内核模块，如代码清单2-21所示。

代码清单2-21 加载Device Mapper模块

```
$ sudo modprobe dm_mod
```

模块加载完毕，就应该可以找到/sys/class/misc/device-mapper 条目了。

2.3.2 安装Docker

在不同版本的Red Hat中，安装过程略有不同。在RHEL 6或CentOS 6中，需要先添加EPEL软件包的仓库。而Fedora中则不需要启用EPEL仓库。在不同的平台和版本中，软件包命名也有细微的差别。

1. 在RHEL 6和CentOS 6中安装Docker

对于Red Hat企业版Linux 6和CentOS 6，可以使用代码清单2-22所示的RPM软件包来安装EPEL。

代码清单2-22 在RHEL 6和CentOS 6中安装EPEL

```
$ sudo rpm -Uvh http://download.fedoraproject.org/pub/epel/6/i386/epel-release-6-8.noarch.rpm
```

安装完EPEL后，就可以安装Docker了，如代码清单2-23所示。

代码清单2-23 在RHEL 6和CentOS 6中安装Docker软件包

```
$ sudo yum -y install docker-io
```

2. 在RHEL 7中安装Docker

RHEL 7或更高的版本可以按照代码清单2-24所示的指令来安装Docker。

代码清单2-24 在RHEL 7中安装Docker

```
$ sudo subscription-manager repos --enable=rhel-7-server-extras-rpms
$ sudo yum install -y docker
```

要想访问Red Hat的Docker软件包和文档，必须是Red Hat的客户，并拥有RHEL服务器订阅授权（RHEL Server subscription entitlement）。

3. 在Fedora中安装Docker

在不同版本的Fedora中，有几个软件包的名称有所不同。在Fedora 19中，要安装docker-io 这个软件包，如代码清单2-25所示。

提示 在新版本的Red Hat系列发行版本中，yum 命令已经被dnf 命令取代，它们的语法并没有什么变化。

代码清单2-25 在Fedora 19中安装Docker

```
$ sudo yum -y install docker-io
```

在Fedora 20或更高的版本中，软件包的名称已经改为docker，如代码清单2-26所示。

代码清单2-26 在Fedora 20或更高版本中安装Docker

```
$ sudo yum -y install docker
```

而在Fedora 21中，软件包的名称又回退到了docker-io，如代码清单2-27所示。

代码清单2-27 在Fedora 21上安装Docker

```
$ sudo yum -y install docker-io
```

最后，到了Fedora 22，软件包的名称则又变回了docker。同时，也是在Fedora 22，yum 命令也不被推荐使用，被dnf 命令取代了，如代码清单2-28所示。

代码清单2-28 在Fedora 22上安装Docker

```
$ sudo dnf install docker
```

提示 可以在官方网站（<https://docs.docker.com/engine/installation/oracle/>）找到如何在Oracle Linux上安装Docker的文档。

2.3.3 在Red Hat系发行版中启动Docker守护进程

软件包安装完成后就可以启动Docker守护进程了。在RHEL 6或CentOS 6中，可以用代码

清单2-29所示的命令启动守护进程。

代码清单2-29 在Red Hat 企业版Linux 6中启动Docker守护进程

```
$ sudo service docker start
```

想要在系统开机时自动启动Docker服务，还应该执行代码清单2-30所示的命令。

代码清单2-30 确保在RHEL 6中开机启动Docker

```
$ sudo service docker enable
```

在RHEL 7或Fedora中启动Docker服务，则需要执行代码清单2-31所示的命令。

代码清单2-31 在RHEL 7中启动Docker守护进程

```
$ sudo systemctl start docker
```

想要在系统开机自动启动Docker服务，还要执行代码清单2-32所示的命令。

代码清单2-32 确保在Red Hat企业版7中开机启动Docker

```
$ sudo systemctl enable docker
```

完成上述工作后，就可以用`docker info` 命令来确认Docker是否已经正确安装并运行了，如代码清单2-33所示。

代码清单2-33 在Red Hat系列发行版中检查Docker是否正确安装

```
$ sudo docker info
Containers: 0
Images: 0
. . .
```

提示 也可以直接从Docker官方网站下载RHEL [\[20\]](#)、CentOS [\[21\]](#) 和Fedora [\[22\]](#) 用的最新版RPM包。

2.4 在OS X中安装Docker Toolbox

如果使用的是OS X系统，则可以使用Docker Toolbox [\[23\]](#) 快速上手Docker。Docker Toolbox是一个Docker组件的集合，还包括一个极小的虚拟机，在OS X宿主机上会安装与之对应的命令行工具，并提供了一个Docker环境。

Docker Toolbox自带了很多组件，包括：

- VirtualBox;

- Docker客户端;
- Docker Compose (参见第7章);
- Kitematic——一个 Docker和Docker Hub的GUI客户端;
- Docker Machine——用于帮助用户创建Docker主机。

2.4.1 在OS X中安装Docker Toolbox

要在OS X中安装Docker Toolbox, 需要去GitHub下载相应的安装程序, 可以在<https://www.docker.com/toolbox> 找到。

首先需要下载最新版本的Docker Toolbox, 如代码清单2-34所示。

代码清单2-34 下载Docker Toolbox PKG文件

```
$ wget https://github.com/docker/toolbox/releases/download/v1.9.1/DockerToolbox-1.9.1.pkg
```

运行下载的安装文件, 并根据提示安装Docker Toolbox即可, 如图2-1所示。

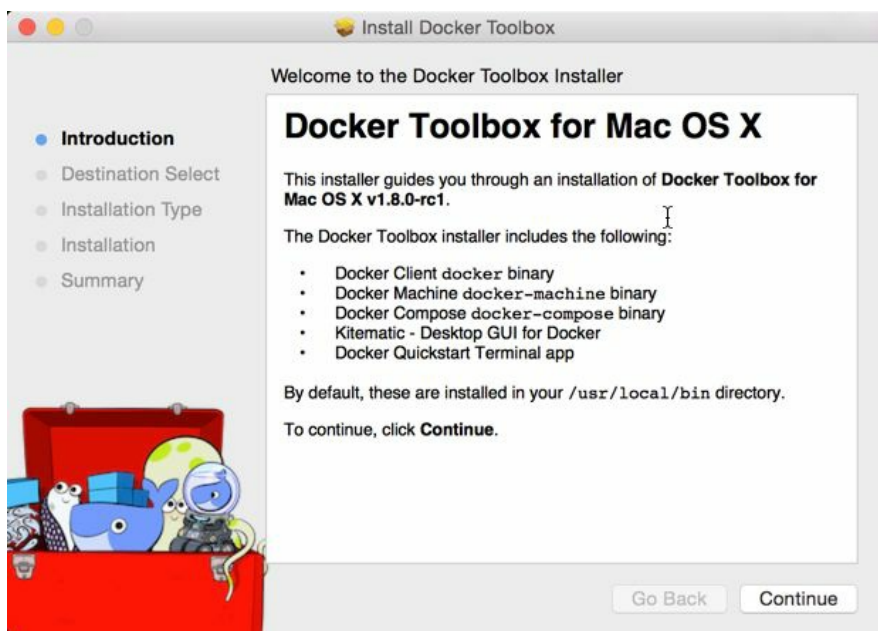


图2-1 在OS X中安装Docker Toolbox

2.4.2 在OS X中启动Docker Toolbox

现在, 已经安装了Docker Toolbox及其必需的前提条件, 可以开始对其进行配置和测试了。要想对它进行配置, 需要运行Docker Toolbox应用。

我们可以进入OS X系统的Applications 文件夹, 单击Docker CLI图标来初始化并启动Docker Toolbox虚拟机, 如图2-2所示。



图2-2 在OS X中运行oot2Docker

2.4.3 测试Docker Toolbox

现在，就可以通过将本机的Docker客户端连接到虚拟机中运行的Docker守护进程，来测试Docker Toolbox安装程序是否正常运行，如代码清单2-35所示。

代码清单2-35 在OSX中测试Docker Toolbox

```
$ docker info
Containers: 0
Images: 0
Driver: aufs
  Root Dir: /mnt/sda1/var/lib/docker/aufs
  Dirs: 0
...
Kernel Version: 3.13.3-tinycore64
```

太棒了！我们已经可以在OS X宿主机运行Docker了！

2.5 在Windows中安装Docker Toolbox

如果使用的是Microsoft Windows系统，也可以使用Docker Toolbox工具快速上手Docker。Docker Toolbox是一个Docker组件的集合，还包括一个极小的虚拟机，在Windows宿主机上安装了一个支持命令行工具，并提供了一个Docker环境。

Docker Toolbox自带了很多组件，包括：

- VirtualBox；
- Docker客户端；
- Docker Compose（参见第7章）；
- Kitematic——一个Docker和Docker Hub的GUI客户端；
- Docker Machine——用于帮助用户创建Docker主机。

提示 也可以通过使用包管理器Chocolatey ^[24] 来安装Docker客户端。

2.5.1 在Windows中安装Docker Toolbox

要在Windows中安装Docker Toolbox，需要从GitHub上下载相应的安装程序，可以

在<https://www.docker.com/toolbox> 找到。

首先也需要下载最新版本的Docker Toolbox，如代码清单2-36所示。

代码清单2-36 下载Docker Toolbox的.exe文件

```
$ wget https://github.com/docker/toolbox/releases/download/v1.9.1/  
DockerToolbox-1.9.1.exe
```

运行下载的安装文件，并根据提示安装Docker Toolbox，如图2-3所示。



图2-3 在Windows中安装Docker Toolbox

注意 只能在运行Windows 7.1、8/8.1或者更新版本上安装Docker Toolbox。

2.5.2 在Windows中启动Docker Toolbox

安装完Docker Toolbox后，就可以从桌面或者Applications文件夹 运行Docker CLI应用，如图2-4所示。

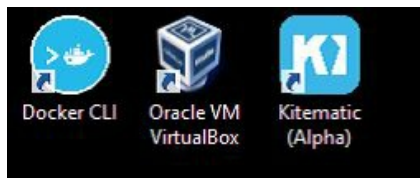


图2-4 在Windows中运行Docker Toolbox

2.5.3 测试Docker Toolbox

现在，就可以尝试使用将本机的Docker客户端连接虚拟机中运行的Docker守护进程，来测试Docker Toolbox是否已经正常安装，如代码清单2-37所示。

代码清单2-37 在Windows中测试Docker Toolbox

```
$ docker info
Containers: 0
Images: 0
Driver: aufs
  Root Dir: /mnt/sda1/var/lib/docker/aufs
  Dirs: 0
...
Kernel Version: 3.13.3-tinycore64
```

太棒了！现在，Windows宿主机也可以运行Docker了！

2.6 使用本书的Docker Toolbox示例

本书中的一些示例可能会要求通过网络接口或网络端口连接到某个容器，通常这个地址是Docker服务器的**localhost** 或IP地址。因为Docker Toolbox创建了一个本地虚拟机，它拥有自己的网络接口和IP地址，所以我们需要连接的是Docker Toolbox的地址，而不是你的**localhost** 或你的宿主机的IP地址。

要想得到Docker Toolbox的IP地址，可以查看**DOCKER_HOST** 环境变量的值。当在OS X或者Windows上运行Docker CLI命令时，Docker Toolbox会设置这个变量的值。

此外，也可以运行**docker-machine ip** 命令来查看Docker Toolbox的IP地址，如代码清单2-38所示。

代码清单2-38 获取Docker Toolbox的虚拟机的IP地址

```
$ docker-machine ip
The VM's Host only interface IP address is: 192.168.59.103
```

那么，来看一个要求连接**localhost** 上容器的示例，比如使用**curl** 命令，只需将**localhost** 替换成相应的IP地址即可。

因此，代码清单2-39所示的**curl** 命令就变成了代码清单2-40所示的形式。

代码清单2-39 初始curl 命令

```
$ curl localhost:49155
```

代码清单2-40 更新后的curl 命令

```
$ curl 192.168.59.103:49155
```

另外，很重要的一点是，任何使用卷或带有**-v** 选项的**docker run** 命令挂载到Docker容器的示例都不能在Windows上工作。用户无法将宿主机上的本地目录挂接到运行在Docker Toolbox虚拟机内的Docker宿主机上，因为它们无法共享文件系统。如果要使用任何带有卷的示例，如本书第5章和第6章中的示例，建议用户在基于Linux的宿主机上运行

Docker。

2.7 Docker安装脚本

还有另外一种方法，就是使用远程安装脚本在相应的宿主机上安装Docker。可以从get.docker.com网站获取这个安装脚本。

注意 该脚本目前只支持在Ubuntu、Fedora、Debian和Gentoo中安装Docker，不久的将来可能会支持更多的系统。

首先，需要确认curl 命令已经安装，如代码清单2-41所示。

代码清单2-41 测试curl

```
$ whereis curl
curl: /usr/bin/curl /usr/bin/X11/curl /usr/share/man/man1/curl.1.gz
```

如有需要，可以通过apt-get命令来安装curl，如代码清单2-42所示。

代码清单2-42 在Ubuntu中安装curl

```
$ sudo apt-get -y install curl
```

在Fedora中，可以使用yum 命令或者较新的dnf 命令来安装curl，如代码清单2-43所示。

代码清单2-43 在Fedora中安装curl

```
$ sudo yum -y install curl
```

现在就可以利用脚本安装Docker了，如代码清单2-44所示。

代码清单2-44 使用安装脚本来安装Docker

```
$ curl https://get.docker.com/ | sudo sh
```

这个脚本会自动安装Docker所需的依赖，并且检查当前系统的内核版本是否满足要求，以及是否支持所需的存储驱动，最后会安装Docker并启动Docker守护进程。

2.8 二进制安装

如果不想用任何基于软件包的安装方法，也可以下载最新的Docker可执行程序，如代码清单2-45所示。

代码清单2-45 下载Docker可执行程序

```
$ wget http://get.docker.com/builds/Linux/x86_64/docker-latest.tgz
```

不过本人不推荐这种安装方式，因为这降低了Docker软件包的可维护性。使用软件包更简单，也更易于管理，特别是在使用自动化安装和配置管理工具的情况下。

2.9 Docker守护进程

安装完Docker后，需要确认Docker的守护进程是否运行。Docker以root 权限运行它的守护进程，来处理普通用户无法完成的操作（如挂载文件系统）。docker 程序是Docker守护进程的客户端程序，同样也需要以root 身份运行。用户可以使用docker daemon 命令控制Docker守护进程。

注意 在Docker 1.8之前，Docker守护进程是通过-d 标志来控制的，而没有docker daemon 子命令。

当Docker软件包安装完毕后，默认会立即启动Docker守护进程。守护进程监听/var/run/docker.sock 这个Unix套接字文件，来获取来自客户端的Docker请求。如果系统中存在名为docker 的用户组的话，Docker则会将该套接字文件的所有者设置为该用户组。这样，docker 用户组的所有用户都可以直接运行Docker，而无需再使用sudo 命令了。

警告 前面已经提到，尽管docker 用户组方便了Docker的使用，但它毕竟是一个安全隐患。因为docker 用户组对Docker具有与root 用户相同的权限，所以docker 用户组中应该只能添加那些确实需要使用Docker的用户和程序。

2.9.1 配置Docker守护进程

运行Docker守护进程时，可以用-H 标志调整守护进程绑定监听接口的方式。

可以使用-H 标志指定不同的网络接口和端口配置。例如，要想绑定到网络接口，命令如代码清单2-46所示。

代码清单2-46 修改Docker守护进程的网络

```
$ sudo docker daemon -H tcp://0.0.0.0:2375
```

这条命令会将Docker守护进程绑定到宿主机上的所有网络接口。Docker客户端不会自动监测到网络的变化，需要通过-H 选项来指定服务器的地址。例如，如果把守护进程端口改成4200，那么运行客户端时就必须指定docker -H :4200。如果不想每次运行客户端时都加上-H 标志，可以通过设置DOCKER_HOST 环境变量来省略此步骤，如代码清单2-47所示。

代码清单2-47 使用DOCKER_HOST 环境变量

```
$ export DOCKER_HOST="tcp://0.0.0.0:2375"
```

警告 默认情况下，Docker的客户端-服务器通信是不经认证的。这意味着，如果把Docker绑定到对外公开的网络接口上，那么任何人都可以连接到该Docker守护进程。Docker 0.9及更高版本提供了TLS认证。在本书第8章介绍Docker API时读者会详细了解如何启用TLS认证。

也能通过-H 标志指定一个Unix套接字路径，例如，指定`unix://home/docker/docker.socket`，如代码清单2-48所示。

代码清单2-48 将Docker守护进程绑定到非默认套接字

```
$ sudo docker daemon -H unix://home/docker/docker.sock
```

当然，也可以同时指定多个绑定地址，如代码清单2-49所示。

代码清单2-49 将Docker守护进程绑定到多个地址

```
$ sudo docker daemon -H tcp://0.0.0.0:2375 -H unix://home/docker/docker.sock
```

提示 如果你的Docker运行在代理或者公司防火墙之后，也可以使用HTTPS_PROXY、HTTP_PROXY 和NO_PROXY 选项来控制守护进程如何连接。

还可以使用-D 标志来输出Docker守护进程的更详细的信息，如代码清单2-50所示。

代码清单2-50 开启Docker守护进程的调试模式

```
$ sudo docker daemon -D
```

要想让这些改动永久生效，需要编辑启动配置项。在Ubuntu中，需要编辑`/etc/default/docker` 文件，并修改DOCKER_OPTS 变量。

在Fedora和Red Hat发布版本中，则需要编辑`/usr/lib/systemd/system/docker.service` 文件，并修改其中的ExecStart 配置项。或者在之后的版本中编辑`/etc/sysconfig/docker` 文件。

注意 在其他平台中，可以通过适当的init 系统来管理和更新Docker守护进程的启动配置。

2.9.2 检查Docker守护进程是否正在运行

在Ubuntu中，如果Docker是通过软件包安装的话，可以运行Upstart的status 命令来检查Docker守护进程是否正在运行，如代码清单2-51所示。

代码清单2-51 检查Docker守护进程的状态

```
$ sudo status docker
docker start/running, process 18147
```

此外，还可以用Upstart的start 和stop 命令来启动和停止Docker守护进程，如代码清单2-52所示。

代码清单2-52 用Upstart启动和停止Docker守护进程

```
$ sudo stop docker
docker stop/waiting
$ sudo start docker
docker start/running, process 18192
```

在Red Hat和Fedora中，只需要用**service** 命令就可以完成同样的工作，如代码清单2-53所示。

代码清单2-53 在Red Hat和Fedora中启动和停止Docker

```
$ sudo service docker stop
Redirecting to /bin/systemctl stop docker.service
$ sudo service docker start
Redirecting to /bin/systemctl start docker.service
```

如果守护进程没有运行，执行**docker** 客户端命令时就会出现类似代码清单2-54所示的错误。

代码清单2-54 Docker守护进程没有运行的错误

```
2014/05/18 20:08:32 Cannot connect to the Docker daemon. Is 'docker -d'
running on this host?
```

注意 在Docker 0.4.0版本以前，**docker** 客户端命令有“独立模式”（stand-alone），在“独立模式”下，客户端不需要运行Docker守护进程就可以独立运行。不过现在这种模式已经被废弃了。

2.10 升级Docker

Docker安装之后，也可以很容易地对其进行升级。如果是通过类似**apt-get** 或**yum** 这样的原生软件包安装的Docker，也可以用同样的方法对Docker进行升级。

例如，可以运行**apt-get update** 命令，然后安装新版本的Docker。我们使用**apt-get install** 命令来升级Docker，这是因为**docker-engine**（即之前的**lxc-docker**）包一般都是固定的，如代码清单2-55所示。

代码清单2-55 升级Docker

```
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get install docker-engine
```

2.11 Docker用户界面

Docker安装之后，也可以用图形用户界面来进行管理。目前，有一些正在开发中的Docker用户界面和Web控制台，它们都处于不同的开发阶段，具体如下。

- Shipyard ^[25]：Shipyard提供了通过管理界面来管理各种Docker资源（包括容器、镜

像、宿主机等)的功能。Shipyard是开源的,源代码可以在<https://github.com/ehazlett/shipyard>获得。

- DockerUI ^[26] : DockerUI是一个可以与Docker Remote API交互的Web界面。DockerUI是基于AngularJS框架,采用JavaScript编写的。
- Kitematic: Kitematic是一个OS X和Windows下的GUI界面工具,用于帮助我们在本地运行Docker以及与Docker Hub进行交互。它是由Docker公司免费发布的产品,它也被包含在Docker Toolbox之中。

2.12 小结

在本章向大家介绍了在各种平台上安装Docker的方法,还介绍了如何管理Docker守护进程。

在下一章中,我们将开始正式使用Docker。我们将从容器的基础知识开始,介绍基本的Docker操作。如果读者已经安装好了Docker,并做好了准备,那么请翻到第3章吧。

[1] <https://www.docker.com/toolbox>

[2] [<http://docs.docker.com/installation/openSUSE/>]
(<http://docs.docker.com/installation/openSUSE/>)

[3] [<http://docs.docker.com/installation/archlinux/>]
(<http://docs.docker.com/installation/archlinux/>)

[4] [<http://docs.docker.com/installation/gentoolinux/>]
(<http://docs.docker.com/installation/gentoolinux/>)

[5] <http://docs.docker.com/installation/amazon/>

[6] [<http://docs.docker.com/installation/rackspace/>]
(<http://docs.docker.com/installation/rackspace/>)

[7] <http://docs.docker.com/installation/google/>

[8] <http://www.puppetlabs.com>

[9] <http://www.opscode.com>

[10] <http://docs.docker.com/use/puppet/>

[11] [<http://community.opscode.com/cookbooks/docker>]
(<http://community.opscode.com/cookbooks/docker>)

[12] [http://en.wikipedia.org/wiki/Device_mapper]
(http://en.wikipedia.org/wiki/Device_mapper)

[13] <http://en.wikipedia.org/wiki/Aufs>

- [14] [http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_file_system]
(http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_file_system)
- [15] <http://en.wikipedia.org/wiki/Btrfs>
- [16] <http://en.wikipedia.org/wiki/Cgroups>
- [17] [<http://blog.dotcloud.com/under-the-hood-linux-kernels-on-dotcloud-part>]
(<http://blog.dotcloud.com/under-the-hood-linux-kernels-on-dotcloud-part>)
- [18] <https://github.com/torvalds/linux/blob/master/Documentation/device-mapper/thin-provisioning.txt>
- [19] <https://help.ubuntu.com/community/UFW>
- [20] [<https://docs.docker.com/engine/installation/rhel/>]
(<https://docs.docker.com/engine/installation/rhel/>)
- [21] [<https://docs.docker.com/engine/installation/centos/>]
(<https://docs.docker.com/engine/installation/centos/>)
- [22] [<https://docs.docker.com/engine/installation/fedora/>]
(<https://docs.docker.com/engine/installation/fedora/>)
- [23] <https://www.docker.com/toolbox>
- [24] <https://chocolatey.org/packages/docker>
- [25] <http://shipyard-project.com/>
- [26] <https://github.com/crosbymichael/dockerui>

第3章 Docker入门

在上一章中，我们学习了如何安装Docker，如何确保Docker守护进程正常运行。在本章中，我们将迈出使用Docker的第一步，学习第一个Docker容器。本章还会介绍如何与Docker进行交互的基本知识。

3.1 确保Docker已经就绪

首先，我们会查看Docker是否能正常工作，然后学习基本的Docker的工作流：创建并管理容器。我们将浏览容器的典型生命周期：从创建、管理到停止，直到最终删除。

第一步，查看docker 程序是否存在，功能是否正常，如代码清单3-1所示。

代码清单3-1 查看docker 程序是否正常工作

```
$ sudo docker info
Containers: 1
Images: 8
Storage Driver: aufs
  Root Dir: /var/lib/docker/aufs
  Backing Filesystem: extfs
  Dirs: 10
Execution Driver: native-0.2
Kernel Version: 3.13.0-43-generic
Operating System: Ubuntu 14.04.2 LTS
CPUs: 1
Total Memory: 994 MiB
Name: riemann
ID: DOIT: XN5S: WNYP: WP7Q: BEUP: EBBL: KGIX: GO3V: NDR7: YW6E: VFXT: FXHM
WARNING: No swap limit support
```

在这里我们调用了docker 可执行程序的信息命令，该命令会返回所有容器和镜像（镜像即是Docker用来构建容器的“构建块”）的数量、Docker使用的执行驱动和存储驱动（execution and storage driver），以及Docker的基本配置。

在前面几章已经介绍过，Docker是基于客户端-服务器构架的。它有一个docker 程序，既能作为客户端，也可以作为服务器端。作为客户端时，docker 程序向Docker守护进程发送请求（如请求返回守护进程自身的信息），然后再对返回的请求结果进行处理。

3.2 运行我们的第一个容器

现在，让我们尝试启动第一个Docker容器。我们可以使用docker run 命令创建容器，如

代码清单3-2所示。`docker run` 命令提供了Docker容器的创建到启动的功能，在本书中我们也会使用该命令来创建新容器。

代码清单3-2 运行我们的第一个容器

```
$ sudo docker run -i -t ubuntu /bin/bash
Unable to find image 'ubuntu' locally
ubuntu:latest: The image you are pulling has been verified
511136ea3c5a: Pull complete
d497ad3926c8: Pull complete
ccb62158e970: Pull complete
e791be0477f2: Pull complete
3680052c0f5c: Pull complete
22093c35d77b: Pull complete
5506de2b643b: Pull complete
Status: Downloaded newer image for ubuntu:latest
root@fcd78e1a3569:/#
```

提示 官方文档 [\[1\]](#) 列出了完整的Docker命令列表，也可以使用`docker help`获取这些命令。此外，还可以使用Docker的man页（即执行`man docker-run`）。

代码清单3-3所示的命令的输出结果非常丰富，下面来逐条解析。

代码清单3-3 `docker run` 命令

```
$ sudo docker run -i -t ubuntu /bin/bash
```

首先，我们告诉Docker执行`docker run`命令，并指定了`-i`和`-t`两个命令行参数。`-i`标志保证容器中STDIN是开启的，尽管我们并没有附着到容器中。持久的标准输入是交互式shell的“半边天”，`-t`标志则是另外“半边天”，它告诉Docker为要创建的容器分配一个伪tty终端。这样，新创建的容器才能提供一个交互式shell。若要在命令行下创建一个我们能与之进行交互的容器，而不是一个运行后台服务的容器，则这两个参数已经是最基本的参数了。

提示 官方文档 [\[2\]](#) 上列出了`docker run`命令的所有标志，此外还可以用命令`docker help run`查看这些标志。或者，也可以用Docker的man页（也就是执行`man docker-run`命令）。

接下来，我们告诉Docker基于什么镜像来创建容器，示例中使用的是ubuntu镜像。ubuntu镜像是一个常备镜像，也可以称为“基础”（base）镜像，它由Docker公司提供，保存在Docker Hub [\[3\]](#) Registry上。可以以ubuntu基础镜像（以及类似的fedora、debian、centos等镜像）为基础，在选择的操作系統上构建自己的镜像。到目前为止，我们基于此基础镜像启动了一个容器，并且没有对容器增加任何东西。

提示 我们将在第4章对镜像做更详细的介绍，包括如何构建我们自己的镜像。

那么，在这一切的背后又都发生了什么呢？首先Docker会检查本地是否存在ubuntu镜像，如果本地还没有该镜像的话，那么Docker就会连接官方维护的Docker Hub Registry，查看Docker Hub中是否有该镜像。Docker一旦找到该镜像，就会下载该镜像并将其保存到本地宿主机中。

随后，Docker在文件系统内部用这个镜像创建了一个新容器。该容器拥有自己的网络、IP地址，以及一个用来和宿主机进行通信的桥接网络接口。最后，我们告诉Docker在新容器中要运行什么命令，在本例中我们在容器中运行/bin/bash 命令启动了一个Bash shell。

当容器创建完毕之后，Docker就会执行容器中的/bin/bash 命令，这时就可以看到容器内的shell了，就像代码清单3-4所示。

代码清单3-4 第一个容器的shell

```
root@f7cbdac22a02:/#
```

3.3 使用第一个容器

现在，我们已经以root 用户登录到了新容器中，容器的ID f7cbdac22a02，乍看起来有些令人迷惑的字符串。这是一个完整的Ubuntu系统，可以用它来做任何事情。下面就来研究一下这个容器。首先，我们可以获取该容器的主机名，如代码清单3-5所示。

代码清单3-5 检查容器的主机名

```
root@f7cbdac22a02:/# hostname  
f7cbdac22a02
```

可以看到，容器的主机名就是该容器的ID。再来看看/etc/hosts 文件，如代码清单3-6所示。

代码清单3-6 检查容器的/etc/hosts文件

```
root@f7cbdac22a02:/# cat /etc/hosts  
172.17.0.4 f7cbdac22a02  
127.0.0.1 localhost  
::1 localhost ip6-localhost ip6-loopback  
fe00::0 ip6-localnet  
ff00::0 ip6-mcastprefix  
ff02::1 ip6-allnodes  
ff02::2 ip6-allrouters
```

Docker已在hosts 文件中为该容器的IP地址添加了一条主机配置项。再来看看容器的网络配置情况，如代码清单3-7所示。

代码清单3-7 检查容器的接口

```
root@f7cbdac22a02:/# ip a  
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue state  
    UNKNOWN group default  
link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00  
inet 127.0.0.1/8 scope host lo  
inet6 ::1/128 scope host  
valid_lft forever preferred_lft forever  
899: eth0: <BROADCAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast
```

```
state UP group default qlen 1000
link/ether 16:50:3a:b6:f2:cc brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
inet 172.17.0.4/16 scope global eth0
inet6 fe80::1450:3aff:feb6:f2cc/64 scope link
valid_lft forever preferred_lft forever
```

可以看到，这里有lo的环回接口，还有IP为172.17.0.4的标准eth0网络接口，和普通宿主机是完全一样的。我们还可以查看容器中运行的进程，如代码清单3-8所示。

代码清单3-8 检查容器的进程

```
root@f7cbdac22a02:/# ps -aux
USER PID %CPU %MEM    VSZ   RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
root    1  0.0  0.0  18156 1936 ?        Ss   May30 0:00 /bin/bash
root   21  0.0  0.0  15568 1100 ?        R+   02:38 0:00 ps -aux
```

接下来要干些什么呢？安装一个软件包怎么样？如代码清单3-9所示。

代码清单3-9 在第一个容器中安装软件包

```
root@f7cbdac22a02:/# apt-get update && apt-get install vim
```

通过上述命令，就在容器中安装了Vim软件。

用户可以继续在容器中做任何自己想做的事情。当所有工作都结束时，输入exit，就可以返回到Ubuntu宿主机的命令行提示符了。

这个容器现在怎样了？容器现在已经停止运行了！只有在指定的/bin/bash命令处于运行状态的时候，我们的容器也才会相应地处于运行状态。一旦退出容器，/bin/bash命令也就结束了，这时容器也随之停止了运行。

但容器仍然是存在的，可以用docker ps -a命令查看当前系统中容器的列表，如代码清单3-10所示。

代码清单3-10 列出Docker容器

```
CONTAINER ID IMAGE          COMMAND                  CREATED   STATUS    PORTS NAMES
1cd57c2cdf7f ubuntu:14.04 "/bin/bash" A minute Exited
gray_cat
```

默认情况下，当执行docker ps命令时，只能看到正在运行的容器。如果指定-a标志的话，那么docker ps命令会列出所有容器，包括正在运行的和已经停止的。

提示 也可以为docker ps命令指定-l标志，列出最后一个运行的容器，无论其正在运行还是已经停止。也可以通过--format标志，进一步控制显示哪些信息，以及如何显示这些信息。

从该命令的输出结果中我们可以看到关于这个容器的很多有用信息：ID、用于创建该容器的镜像、容器最后执行的命令、创建时间以及容器的退出状态（在上面的例子中，退出

状态是0，因为容器是通过正常的**exit** 命令退出的）。我们还可以看到，每个容器都有一个名称。

注意 有3种方式可以唯一指代容器：短UUID（如f7cbdac22a02）、长UUID（如f7cbdac22a02e03c9438c729345e54db9d20cfa2ac1fc3494b6eb60872e74778）或者名称（如gray_cat）。

3.4 容器命名

Docker会为我们创建的每一个容器自动生成一个随机的名称。例如，上面我们刚刚创建的容器就被命名为**gray_cat**。如果想为容器指定一个名称，而不是使用自动生成的名称，则可以用**--name** 标志来实现，如代码清单3-11所示。

代码清单3-11 给容器命名

```
$ sudo docker run --name bob_the_container -i -t ubuntu /bin/bash
root@aa3f365f0f4e:/# exit
```

上述命令将会创建一个名为**bob_the_container**的容器。一个合法的容器名称只能包含以下字符：小写字母a~z、大写字母A~Z、数字0~9、下划线、圆点、横线（如果用正则表达式来表示这些符号，就是[a-zA-Z0-9_.-]）。

在很多Docker命令中，都可以用容器的名称来替代容器ID，后面我们将会看到。容器名称有助于分辨容器，当构建容器和应用程序之间的逻辑连接时，容器的名称也有助于从逻辑上理解连接关系。具体的名称（如**web**、**db**）比容器ID和随机容器名好记多了。我推荐大家都使用容器名称，以更加方便地管理容器。

注意 我们将会在第5章详细介绍如何连接到Docker容器。

容器的命名必须是唯一的。如果试图创建两个名称相同的容器，则命令将会失败。如果要使用的容器名称已经存在，可以先用**docker rm** 命令删除已有的同名容器后，再来创建新的容器。

3.5 重新启动已经停止的容器

bob_the_container 容器已经停止了，接下来我们能对它做些什么呢？如果愿意，我们可以用下面的命令重新启动一个已经停止的容器，如代码清单3-12所示。

代码清单3-12 启动已经停止运行的容器

```
$ sudo docker start bob_the_container
```

除了容器名称，也可以用容器ID来指定容器，如代码清单3-13所示。

代码清单3-13 通过ID启动已经停止运行的容器

```
$ sudo docker start aa3f365f0f4e
```

也可以使用`docker restart`命令来重新启动一个容器。

提示

这时运行不带`-a`标志的`docker ps`命令，就应该看到我们的容器已经开始运行了。

注意 类似地，Docker也提供了`docker create`命令来创建一个容器，但是并不运行它。这让我们可以在自己的容器工作流中对其进行细粒度的控制。

3.6 附着到容器上

Docker容器重新启动的时候，会沿用`docker run`命令时指定的参数来运行，因此我们的容器重新启动后会运行一个交互式会话shell。此外，也可以用`docker attach`命令，重新附着到该容器的会话上，如代码清单3-14所示。

代码清单3-14 附着到正在运行的容器

```
$ sudo docker attach bob_the_container
```

也可以使用容器ID，重新附着到容器的会话上，如代码清单3-15所示。

代码清单3-15 通过ID附着到正在运行的容器

```
$ sudo docker attach aa3f365f0f4e
```

现在，又重新回到了容器的Bash提示符，如代码清单3-16所示。

代码清单3-16 重新附着到容器的会话

```
root@aa3f365f0f4e:/_#_
```

提示 可能需要按下回车键才能进入该会话。

如果退出容器的shell，容器会再次停止运行。

3.7 创建守护式容器

除了这些交互式运行的容器（`interactive container`），也可以创建长期运行的容器。守护式容器（`daemonized container`）没有交互式会话，非常适合运行应用程序和服务。大多数时候我们都需要以守护式来运行我们的容器。下面就来启动一个守护式容器，如代码清单3-17所示。

代码清单3-17 创建长期运行的容器

```
$ sudo docker run --name daemon_dave -d ubuntu /bin/sh -c "while  
true; do echo hello world; sleep 1; done"  
1333bb1a66af402138485fe44a335b382c09a887aa9f95cb9725e309ce5b7db3
```

我们在上面的`docker run`命令使用了`-d`参数，因此Docker会将容器放到后台运行。

我们还在容器要运行的命令里使用了一个`while`循环，该循环会一直打印`hello world`，直到容器或其进程停止运行。

通过组合使用上面的这些参数，你会发现`docker run`命令并没有像上一个容器一样将主机的控制台附着到新的shell会话上，而是仅仅返回了一个容器ID而已，我们还是在主机的命令行之中。如果执行`docker ps`命令，可以看到一个正在运行的容器，如代码清单3-18所示。

代码清单3-18 查看正在运行的`daemon_dave`容器

CONTAINER ID	IMAGE	COMMAND	CREATED
1333bb1a66af	ubuntu:14.04	/bin/sh -c 'while tr 32 secs ago Up 27	
	daemon_dave		

3.8 容器内部都在干什么

现在我们已经有了一个在后台运行`while`循环的守护型容器。为了探究该容器内部都在干什么，可以用`docker logs`命令来获取容器的日志，如代码清单3-19所示。

代码清单3-19 获取守护式容器的日志

```
$ sudo docker logs daemon_dave
hello world
hello world
hello world
hello world
hello world
hello world
hello world
. . .
```

这里，我们可以看到`while`循环正在向日志里打印`hello world`。Docker会输出最后几条日志项并返回。我们也可以在命令后使用`-f`参数来监控Docker的日志，这与`tail -f`命令非常相似，如代码清单3-20所示。

代码清单3-20 跟踪守护式容器的日志

```
$ sudo docker logs -f daemon_dave
hello world
hello world
hello world
hello world
hello world
hello world
hello world
. . .
```

提示 可以通过Ctrl+C 退出日志跟踪。

我们也可以跟踪容器日志的某一片段，和之前类似，只需要在tail 命令后加入-f --tail 标志即可。例如，可以用docker logs --tail 10 daemon_dave 获取日志的最后10行内容。另外，也可以用docker logs --tail 0 -f daemon_dave 命令来跟踪某个容器的最新日志而不必读取整个日志文件。

为了让调试更简单，还可以使用-t 标志为每条日志项加上时间戳，如代码清单3-21所示。

代码清单3-21 跟踪守护式容器的最新日志

```
$ sudo docker logs -ft daemon_dave
[May 10 13:06:17.934] hello world
[May 10 13:06:18.935] hello world
[May 10 13:06:19.937] hello world
[May 10 13:06:20.939] hello world
[May 10 13:06:21.942] hello world
. . .
```

提示 同样，可以通过Ctrl+C 退出日志跟踪。

3.9 Docker日志驱动

自Docker 1.6开始，也可以控制Docker守护进程和容器所用的日志驱动，这可以通过--log-driver选项来实现。可以在启动Docker守护进程或者执行docker run命令时使用这个选项。

有好几个选项，包括默认的json-file，json-file也为我们前面看到的docker logs命令提供了基础。

其他可用的选项还包括syslog，该选项将禁用docker logs命令，并且将所有容器的日志输出都重定向到Syslog。可以在启动Docker守护进程时指定该选项，将所有容器的日志都输出到Syslog，或者通过docker run对个别的容器进行日志重定向输出。

代码清单3-22 在容器级别启动Syslog

```
$ sudo docker run --log-driver="syslog" --name daemon_dwayne -d
ubuntu /bin/sh -c "while true; do echo hello world; sleep 1;
done"
. . .
```

提示 如果是在Docker Toolbox中运行Docker，应该在虚拟机中启动Syslog守护进程。可以先通过docker-machine ssh 命令连接到Docker Toolbox虚拟机，再在其中运行syslogd 命令来启动Syslog守护进程。

上面的命令会将daemon_dwayne容器的日志都输出到Syslog，导致docker logs命令不输出任何东西。

最后，还有一个可用的选项是none，这个选项将会禁用所有容器中的日志，导致docker logs命令也被禁用。

提示 新的日志驱动也在不断地增加，在Docker 1.8中，新增了对Graylog GELF协议 [4]、Fluentd [5] 以及日志轮转驱动的支持。

3.10 查看容器内的进程

除了容器的日志，也可以查看容器内部运行的进程。要做到这一点，要使用**docker top** 命令，如代码清单3-23所示。

代码清单3-23 查看守护式容器的进程

```
$ sudo docker top daemon_dave
```

该命令执行后，可以看到容器内的所有进程（主要还是我们的**while** 循环）、运行进程的用户及进程ID，如代码清单3-24所示。

代码清单3-24 **docker top** 命令的输出结果

```
PID USER COMMAND
977 root /bin/sh -c while true; do echo hello world; sleep 1;
    done
1123 root sleep 1
```

3.11 Docker统计信息

除了**docker top** 命令，还可以使用**docker stats** 命令，它用来显示一个或多个容器的统计信息。让我们来看看它的输出是什么样的。下面我们来查看一下容器**daemon_dave** 以及其他守护式容器的统计信息。

代码清单3-25 **docker stats**命令

```
$ sudo docker stats daemon_dave daemon_kate daemon_clare daemon_sarah
CONTAINER      CPU %  MEM USAGE/LIMIT  MEM %  NET I/O          BLOCK I/O
daemon_clare 0.10%  220 KiB/994 MiB  0.02%  1.898 KiB/648 B  12.75 MB / 0 B
daemon_dave  0.14%  212 KiB/994 MiB  0.02%  5.062 KiB/648 B  1.69 MB / 0 B
daemon_kate  0.11%  216 KiB/994 MiB  0.02%  1.402 KiB/648 B  24.43 MB / 0 B
daemon_sarah 0.12%  208 KiB/994 MiB  0.02%  718 B/648 B      11.12 MB / 0 B
```

我们能看到一个守护式容器的列表，以及它们的CPU、内存、网络I/O及存储I/O的性能和指标。这对快速监控一台主机上的一组容器非常有用。

注意 **docker stats** 是Docker 1.5.0中引入的命令。

3.12 在容器内部运行进程

在Docker 1.3之后，也可以通过**docker exec** 命令在容器内部额外启动新进程。可以在容器内运行的进程有两种类型：后台任务和交互式任务。后台任务在容器内运行且没有交互

需求，而交互式任务则保持在前台运行。对于需要在容器内部打开shell的任务，交互式任务是很实用的。下面先来看一个后台任务的例子，如代码清单3-26所示。

代码清单3-26 在容器中运行后台任务

```
$ sudo docker exec -d daemon_dave touch /etc/new_config_file
```

这里的-d 标志表明需要运行一个后台进程，-d 标志之后，指定的是要在内部执行这个命令的容器的名字以及要执行的命令。上面例子中的命令会在daemon_dave 容器内创建了一个空文件，文件名为/etc/new_config_file 。通过docker exec 后台命令，可以在正在运行的容器中进行维护、监控及管理任务。

提示 从Docker 1.7开始，可以对docker exec 启动的进程使用-u 标志为新启动的进程指定一个用户属主。

我们也可以在daemon_dave 容器中启动一个诸如打开shell的交互式任务，如代码清单3-27所示。

代码清单3-27 在容器内运行交互命令

```
$ sudo docker exec -t -i daemon_dave /bin/bash
```

和运行交互容器时一样，这里的-t 和-i 标志为我们执行的进程创建了TTY并捕捉STDIN 。接着我们指定了要在内部执行这个命令的容器的名字以及要执行的命令。在上面的例子中，这条命令会在daemon_dave 容器内创建一个新的bash会话，有了这个会话，我们就可以在该容器中运行其他命令了。

注意 docker exec 命令是Docker 1.3引入的，早期版本并不支持该命令。对于早期Docker版本，请参考第6章中介绍的nsenter 命令。

3.13 停止守护式容器

要停止守护式容器，只需要执行docker stop 命令，如代码清单3-28所示。

代码清单3-28 停止正在运行的Docker容器

```
$ sudo docker stop daemon_dave
```

当然，也可以用容器ID来指代容器名称，如代码清单3-29所示。

代码清单3-29 通过容器ID停止正在运行的容器

```
$ sudo docker stop c2c4e57c12c4
```

注意 docker stop 命令会向Docker容器进程发送SIGTERM 信号。如果想快速停止某个容器，也可以使用docker kill 命令来向容器进程发送SIGKILL 信号。

要想查看已经停止的容器的状态，则可以使用`docker ps`命令。还有一个很实用的命令`docker ps -n x`，该命令会显示最后x个容器，不论这些容器正在运行还是已经停止。

3.14 自动重启容器

如果由于某种错误而导致容器停止运行，还可以通过`--restart`标志，让Docker自动重新启动该容器。`--restart`标志会检查容器的退出代码，并据此来决定是否要重启容器。默认的行为是Docker不会重启容器。

代码清单3-30是一个在`docker run`命令中使用`--restart`标志的例子。

代码清单3-30 自动重启容器

```
$ sudo docker run --restart=always --name daemon_dave -d ubuntu /
bin/sh -c "while true; do echo hello world; sleep 1; done"
```

在本例中，`--restart`标志被设置为`always`。无论容器的退出代码是什么，Docker都会自动重启该容器。除了`always`，还可以将这个标志设为`on-failure`，这样，只有当容器的退出代码为非0值的时候，才会自动重启。另外，`on-failure`还接受一个可选的重启次数参数，如代码清单3-31所示。

代码清单3-31 为on-failure指定count参数

```
--restart=on-failure:5
```

这样，当容器退出代码为非0时，Docker会尝试自动重启该容器，最多重启5次。

注意 `--restart`标志是Docker1.2.0引入的选项。

3.15 深入容器

除了通过`docker ps`命令获取容器的信息，还可以使用`docker inspect`来获得更多的容器信息，如代码清单3-32所示。

代码清单3-32 查看容器

```
$ sudo docker inspect daemon_dave
[{"ID": "c2c4e57c12c4c142271c031333823af95d64b20b5d607970c334784430bcbd0f",
  "Created": "2014-05-10T11:49:01.902029966Z",
  "Path": "/bin/sh",
  "Args": [
    "-c",
    "while true; do echo hello world; sleep 1; done"
  ],
  "Config": {
```

```
"Hostname": "c2c4e57c12c4",  
...
```

`docker inspect` 命令会对容器进行详细的检查，然后返回其配置信息，包括名称、命令、网络配置以及很多有用的数据。

也可以用 `-f` 或者 `--format` 标志来选定查看结果，如代码清单3-33所示。

代码清单3-33 有选择地获取容器信息

```
$ sudo docker inspect --format '{{ .State.Running }}' daemon_dave  
false
```

上面这条命令会返回容器的运行状态，示例中该状态为 `false`。我们还能获取其他有用的信息，如容器IP地址，如代码清单3-34所示。

代码清单3-34 查看容器的IP地址

```
$ sudo docker inspect --format '{{ .NetworkSettings.IPAddress }}'  
daemon_dave  
172.17.0.2
```

提示 `--format` 或者 `-f` 标志远非表面看上去那么简单。该标志实际上支持完整的Go语言模板。用它进行查询时，可以充分利用Go语言模板的优势 [6]。

也可以同时指定多个容器，并显示每个容器的输出结果，如代码清单3-35所示。

代码清单3-35 查看多个容器

```
$ sudo docker inspect --format '{{ .Name }} {{ .State.Running }}' \  
daemon_dave bob_the_container  
/daemon_dave false  
/bob_the_container false
```

可以为该参数指定要查询和返回的查看散列（`inspect hash`）中的任意部分。

注意 除了查看容器，还可以通过浏览 `/var/lib/docker` 目录来深入了解Docker的工作原理。该目录存放着Docker镜像、容器以及容器的配置。所有的容器都保存在 `/var/lib/docker/containers` 目录下。

3.16 删除容器

如果容器已经不再使用，可以使用 `docker rm` 命令来删除它们，如代码清单3-36所示。

代码清单3-36 删除容器

```
$ sudo docker rm 80430f8d0921  
80430f8d0921
```

注意 从Docker 1.6.2开始，可以通过给`docker rm`命令传递`-f`标志来删除运行中的Docker容器。这之前的版本必须先使用`docker stop`或`docker kill`命令停止容器，才能将其删除。

目前，还没有办法一次删除所有容器，不过可以通过代码清单3-37所示的小技巧来删除全部容器。

代码清单3-37 删除所有容器

```
$ sudo docker rm $(sudo docker ps -a -q)
```

上面的`docker ps`命令会列出现有的全部容器，`-a`标志代表列出所有容器，而`-q`标志则表示只需要返回容器的ID而不会返回容器的其他信息。这样我们就得到了容器ID的列表，并传给了`docker rm`命令，从而达到删除所有容器的目的。

3.17 小结

本章中介绍了Docker容器的基本工作原理。这里学到的内容也是本书剩余章节中学习如何使用Docker的基础。

在下一章中将会探讨如何构建自己的Docker镜像，以及如何使用Docker仓库和Docker Registry。

-
- [1] <http://docs.docker.com/reference/commandline/cli/>
 - [2] <http://docs.docker.com/reference/commandline/cli/#run>
 - [3] <http://hub.docker.com/>
 - [4] <https://www.graylog.org/centralize-your-docker-container-logging-with-graylog-native-integration/>
 - [5] <http://blog.treasuredata.com/blog/2015/08/03/5-use-cases-docker-fluentd/>
 - [6] <http://golang.org/pkg/text/template/>

第4章 使用Docker镜像和仓库

在第2章中，我们学习了如何安装Docker。接着在第3章，我们又学习了包括`docker run`在内的很多用于管理Docker容器的命令。

再来看一下`docker run`命令，如代码清单4-1所示。

代码清单4-1 回顾一下如何创建一个最基本的Docker容器

```
$ sudo docker run -i -t --name another_container_mum ubuntu\  
/bin/bash  
root@b415b317ac75:/#_
```

这条命令将会启动一个新的名为`another_container_mum`的容器，这个容器基于`ubuntu`镜像并且会启动Bash shell。

在本章中，我们将主要探讨Docker镜像：用来启动容器的构建基石。我们将会学习很多关于Docker镜像的知识，比如，什么是镜像，如何对镜像进行管理，如何修改镜像，以及如何创建、存储和共享自己创建的镜像。我们还会介绍用来存储镜像的仓库和用来存储仓库的Registry。

4.1 什么是Docker镜像

让我们通过进一步学习Docker镜像来继续我们的Docker之旅。Docker镜像是由文件系统叠加而成。最底端是一个引导文件系统，即`bootfs`，这很像典型的Linux/Unix的引导文件系统。Docker用户几乎永远不会和引导文件系统有什么交互。实际上，当一个容器启动后，它将会被移到内存中，而引导文件系统则会被卸载（`unmount`），以留出更多的内存供`initrd`磁盘镜像使用。

到目前为止，Docker看起来还很像一个典型的Linux虚拟化栈。实际上，Docker镜像的第二层是`root`文件系统`rootfs`，它位于引导文件系统之上。`rootfs`可以是一种或多种操作系统（如Debian或者Ubuntu文件系统）。

在传统的Linux引导过程中，`root`文件系统会最先以只读的方式加载，当引导结束并完成了完整性检查之后，它才会被切换为读写模式。但是在Docker里，`root`文件系统永远只能是只读状态，并且Docker利用联合加载^[1]（`union mount`）技术又会在`root`文件系统层上加载更多的只读文件系统。联合加载指的是一次同时加载多个文件系统，但是在外边看起来只能看到一个文件系统。联合加载会将各层文件系统叠加到一起，这样最终的文件系统会包含所有底层的文件和目录。

Docker将这样的文件系统称为镜像。一个镜像可以放到另一个镜像的顶部。位于下面的镜

像称为父镜像（parent image），可以依次类推，直到镜像栈的最底部，最底部的镜像称为基础镜像（base image）。最后，当从一个镜像启动容器时，Docker会在该镜像的最顶层加载一个读写文件系统。我们想在Docker中运行的程序就是在这个读写层中执行的。

这听上去有点儿令人迷惑，我们最好还是用一张图来表示一下，如图4-1所示。

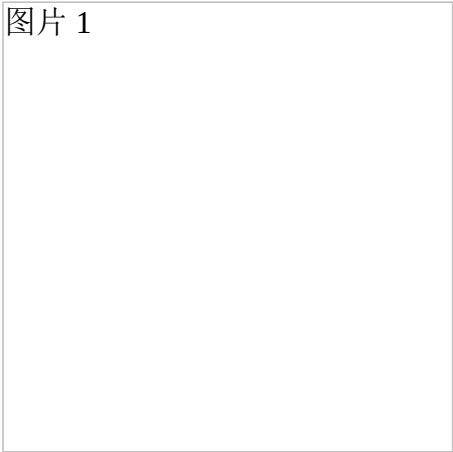


图4-1 Docker文件系统层

当Docker第一次启动一个容器时，初始的读写层是空的。当文件系统发生变化时，这些变化都会应用到这一层上。比如，如果想修改一个文件，这个文件首先会从该读写层下面的只读层复制到该读写层。该文件的只读版本依然存在，但是已经被读写层中的该文件副本所隐藏。

通常这种机制被称为写时复制（copy on write），这也是使Docker如此强大的技术之一。每个只读镜像层都是只读的，并且以后永远不会变化。当创建一个新容器时，Docker会构建出一个镜像栈，并在栈的最顶端添加一个读写层。这个读写层再加上其下面的镜像层以及一些配置数据，就构成了一个容器。在上一章我们已经知道，容器是可以修改的，它们都有自己的状态，并且是可以启动和停止的。容器的这种特点加上镜像分层框架（image-layering framework），使我们可以快速构建镜像并运行包含我们自己的应用程序和服务的容器。

4.2 列出镜像

我们先从如何列出Docker主机上可用的镜像来开始Docker镜像之旅。可以使用docker images 命令来实现，如代码清单4-2所示。

代码清单4-2 列出Docker镜像

```
$ sudo docker images
REPOSITORY TAG      IMAGE ID      CREATED      VIRTUAL SIZE
ubuntu      latest    c4ff7513909d 6 days ago  225.4 MB
```

可以看到，我们已经获得了一个镜像列表，它们都来源于一个名为ubuntu 的仓库。那么，这些镜像是从何而来的呢？还记得在第3章中，我们执行docker run 命令时，同时

进行了镜像下载吗？在那个例子中，使用的就是ubuntu 镜像。

注意 本地镜像都保存在Docker宿主机的/var/lib/docker 目录下。每个镜像都保存在Docker所采用的存储驱动目录下面，如aufs 或者devicemapper 。也可以在/var/lib/docker/containers 目录下面看到所有的容器。

镜像从仓库下载下来。镜像保存在仓库中，而仓库存在于Registry中。默认的Registry是由Docker公司运营的公共Registry服务，即Docker Hub，如图4-2所示。

提示 Docker Registry的代码是开源的，也可以运行自己的私有Registry，本章的后面会讲到相关内容。同时，Docker公司也提供了一个商业版的Docker Hub，即Docker Trusted Registry，这是一个可以运行在公司防火墙内部的产品，之前被称为Docker Enterprise Hub。

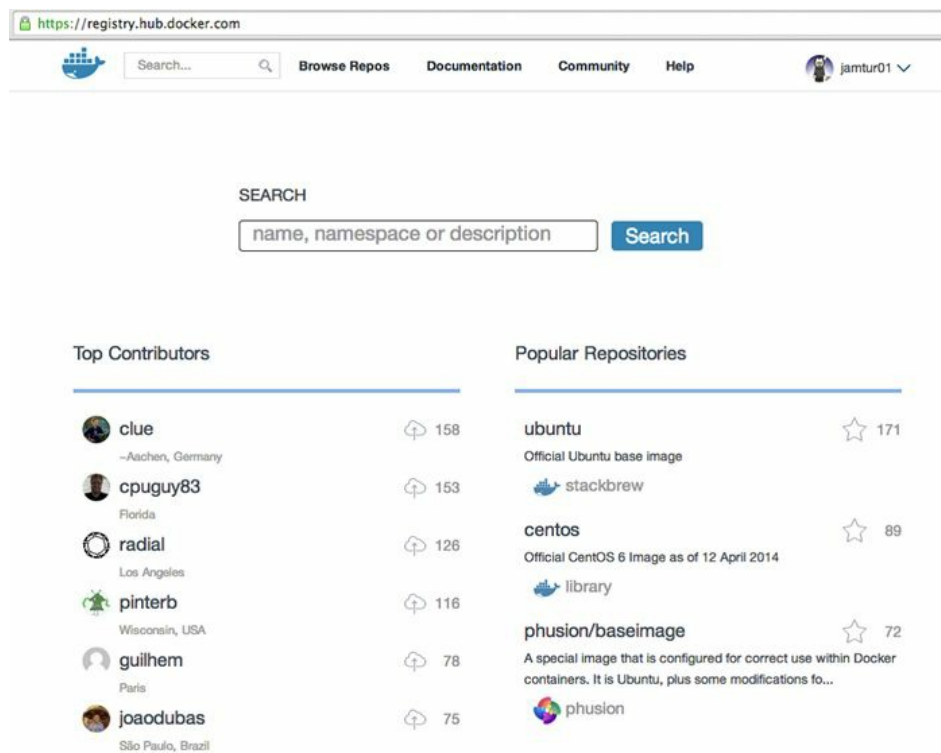


图4-2 Docker Hub

在Docker Hub（或者用户自己运营的Registry）中，镜像保存在仓库中的。可以将镜像仓库想象为类似Git仓库的东西。它包括镜像、层以及关于镜像的元数据（metadata）。

每个镜像仓库都可以存放很多镜像（比如，ubuntu 仓库包含了 Ubuntu 12.04、12.10、13.04、13.10和14.04的镜像）。让我们看一下ubuntu 仓库的另一个镜像，如代码清单4-3所示。

代码清单4-3 拉取Ubuntu镜像

```
$ sudo docker pull ubuntu:12.04
Pulling repository ubuntu
463ff6be4238: Download complete
511136ea3c5a: Download complete
3af9d794ad07: Download complete
. . .
```


这里使用了 `docker pull` 命令来拉取 `ubuntu` 仓库中的 `Ubuntu 12.04` 镜像。

再来看看 `docker images` 命令现在会显示什么结果，如代码清单4-4所示。

代码清单4-4 列出所有 `ubuntu` Docker 镜像

```
$ sudo docker images
REPOSITORY TAG          IMAGE ID            CREATED             VIRTUAL SIZE
ubuntu     latest    5506de2b643b      3 weeks ago       199.3 MB
ubuntu     12.04    0b310e6bf058      5 months ago      127.9 MB
ubuntu     precise  0b310e6bf058      5 months ago      127.9 MB
```

可以看到，我们已经得到了 `Ubuntu` 的 `latest` 镜像和 `12.04` 镜像。这表明 `ubuntu` 镜像实际上是聚集在一个仓库下的一系列镜像。

注意 我们虽然称其为 `Ubuntu` 操作系统，但实际上它并不是一个完整的操作系统。它只是一个裁剪版，只包含最低限度的支持系统运行的组件。

为了区分同一个仓库中的不同镜像，`Docker` 提供了一种称为标签（tag）的功能。每个镜像在列出来时都带有一个标签，如 `12.04`、`12.10`、`quantal` 或者 `precise` 等。每个标签对组成特定镜像的一些镜像层进行标记（比如，标签 `12.04` 就是对所有 `Ubuntu 12.04` 镜像的层的标记）。这种机制使得在同一个仓库中可以存储多个镜像。

我们可以通过在仓库名后面加上一个冒号和标签名来指定该仓库中的某一镜像，如代码清单4-5所示。

代码清单4-5 运行一个带标签的 `Docker` 镜像

```
$ sudo docker run -t -i --name new_container ubuntu:12.04 /bin/bash
root@79e36bff89b4:/#
```

这个例子会从镜像 `ubuntu:12.04` 启动一个容器，而这个镜像的操作系统则是 `Ubuntu 12.04`。

我们还能看到，在我们的 `docker images` 输出中新的 `12.04` 镜像以相同的镜像 ID 出现了两次，这是因为一个镜像可以有多个标签。这使我们可以方便地对镜像进行打标签并且很容易查找镜像。在这个例子中，ID `0b310e6bf058` 的镜像 实际上被打上了 `12.04` 和 `precise` 两个标签，分别代表该 `Ubuntu` 发布版的版本号和代号。

在构建容器时指定仓库的标签也是一个很好的习惯。这样便可以准确地指定容器来源于哪里。不同标签的镜像会有不同，比如 `Ubuntu 12.04` 和 `14.04` 就不一样，指定镜像的标签会让我们确切知道自己使用的是 `ubuntu:12.04`，这样我们就能准确知道自己在干什么。

`Docker Hub` 中有两种类型的仓库：用户仓库（user repository）和顶层仓库（top-level repository）。用户仓库的镜像都是由 `Docker` 用户创建的，而顶层仓库则是由 `Docker` 内部的人来管理的。

用户仓库的命名由用户名和仓库名两部分组成，如 `jamtur01/puppet`。

- 用户名: `jamtur01`。
- 仓库名: `puppet`。

与之相对，顶层仓库只包含仓库名部分，如 `ubuntu` 仓库。顶层仓库由 Docker 公司和由选定的能提供优质基础镜像的厂商（如 Fedora 团队提供了 `fedora` 镜像）管理，用户可以基于这些基础镜像构建自己的镜像。同时顶层仓库也代表了各厂商和 Docker 公司的一种承诺，即顶层仓库中的镜像是架构良好、安全且最新的。

在 Docker 1.8 中，还增加了对镜像内容安全性进行管理的功能，即镜像签名。不过目前这只是一个可选特性，可以从 Docker 博客（<https://blog.docker.com/2015/08/content-trust-docker-1-8/>）获得更多相关信息。

警告 用户贡献的镜像都是由 Docker 社区用户提供的，这些镜像并没有经过 Docker 公司的确认和验证，在使用这些镜像时需要自己承担相应的风险。

4.3 拉取镜像

用 `docker run` 命令从镜像启动一个容器时，如果该镜像不在本地，Docker 会先从 Docker Hub 下载该镜像。如果没有指定具体的镜像标签，那么 Docker 会自动下载 `latest` 标签的镜像。例如，如果本地宿主机上还没有 `ubuntu:latest` 镜像，代码清单 4-6 所示代码将下载该镜像。

代码清单 4-6 `docker run` 和默认的 `latest` 标签

```
$ sudo docker run -t -i --name next_container ubuntu /bin/bash
root@23a42cee91c3:/#
```

其实也可以通过 `docker pull` 命令先发制人地将该镜像拉取到本地。使用 `docker pull` 命令可以节省从一个新镜像启动一个容器所需的时间。下面就来看看如何拉取一个 `fedora:20` 基础镜像，如代码清单 4-7 所示。

代码清单 4-7 拉取 `fedora` 镜像

```
$ sudo docker pull fedora:20
fedora:latest: The image you are pulling has been verified
782cf93a8f16: Pull complete
7d3f07f8de5f: Pull complete
511136ea3c5a: Already exists
Status: Downloaded newer image for fedora:20
```

可以使用 `docker images` 命令看到这个新镜像已经下载到本地 Docker 宿主机上了。不过这次我们希望能在镜像列表中只看到 `fedora` 镜像的内容。这可以通过在 `docker images` 命令后面指定镜像名来实现，如代码清单 4-8 所示。

代码清单 4-8 查看 `fedora` 镜像

```
$ sudo docker images fedora
REPOSITORY TAG IMAGE ID      CREATED      VIRTUAL SIZE
fedora      20  7d3f07f8de5f 6 weeks ago 374.1 MB
```

可以看到，**fedora:20** 镜像已经被下载，也可以使用**docker pull** 命令下载另一个带标签的镜像，如代码清单4-9所示。

代码清单4-9 拉取带标签的**fedora** 镜像

```
$ sudo docker pull fedora:21
```

该命令只会拉取**fedora:21** 镜像。

4.4 查找镜像

我们也可以通过**docker search** 命令来查找所有Docker Hub上公共的可用镜像，如代码清单4-10所示。

代码清单4-10 查找镜像

```
$ sudo docker search puppet
NAME                DESCRIPTION STARS OFFICIAL AUTOMATED
wfarr/puppet-module...
jamtur01/puppetmaster
. . .
```

提示 也可以在Docker Hub网站上在线查找可用镜像。

上面的命令在Docker Hub上查找了所有带有**puppet** 的镜像。这条命令会完成镜像查找工作，并返回如下信息：

- 仓库名；
- 镜像描述；
- 用户评价（Stars）—反应出一个镜像的受欢迎程度；
- 是否官方（Official）—由上游开发者管理的镜像（如**fedora** 镜像由Fedora团队管理）；
- 自动构建（Automated）—表示这个镜像是由Docker Hub的自动构建（Automated Build）流程创建的。

注意 我们将在本章后面对自动构建进行更详细的介绍。

让我们从上面的结果中拉取一个镜像，如代码清单4-11所示。

代码清单4-11 拉取jamtur01/puppetmaster 镜像

```
$ sudo docker pull jamtur01/puppetmaster
```

这条命令将会下载 `jamtur01/puppetmaster` 镜像到本地（这个镜像里预装了Puppet 主服务器）。

接着就可以用这个镜像构建一个容器了。下面就用 `docker run` 命令来构建一个容器，入代码清单4-12所示。

代码清单4-12 从Puppet master镜像创建一个容器

```
$ sudo docker run -i -t jamtur01/puppetmaster /bin/bash
root@4655dee672d3:/# facter
architecture => amd64
augeasversion => 1.2.0
. . .
root@4655dee672d3:/# puppet --version
3.4.3
```

可以看到，我们已经从 `jamtur01/puppetmaster` 镜像启动了一个新容器。我们以交互的方式启动了该容器，并且在里面运行了Bash shell。在进入容器shell之后，我们运行了Facter（Puppet的主机探测应用），它也是预安装在镜像之内的。最后，在容器里，我们运行了 `puppet` 程序以验证Puppet是否安装正常。

4.5 构建镜像

前面我们已经看到了如何拉取已经构建好的带有定制内容的Docker镜像，那么我们如何修改自己的镜像，并且更新和管理这些镜像呢？构建Docker镜像有以下两种方法。

- 使用 `docker commit` 命令。
- 使用 `docker build` 命令和Dockerfile 文件。

现在我们并不推荐使用 `docker commit` 命令，而应该使用更灵活、更强大的Dockerfile来构建Docker镜像。不过，为了对Docker有一个更全面的了解，我们还是会先介绍一下如何使用 `docker commit` 构建Docker镜像。之后，我们将重点介绍Docker所推荐的镜像构建方法：编写Dockerfile 之后使用 `docker build` 命令。

注意 一般来说，我们不是真正“创建”新镜像，而是基于一个已有的基础镜像，如 `ubuntu` 或 `fedora` 等，构建新镜像而已。如果真的想从零构建一个全新的镜像，也可以参考<https://docs.docker.com/articles/baseimages/>。

4.5.1 创建Docker Hub账号

构建镜像中很重要的一环就是如何共享和发布镜像。可以将镜像推送到Docker Hub或者用户自己的私有Registry中。为了完成这项工作，需要在Docker Hub上创建一个账号，可以从<https://hub.docker.com/account/signup/> 加入Docker Hub，如图4-3所示。

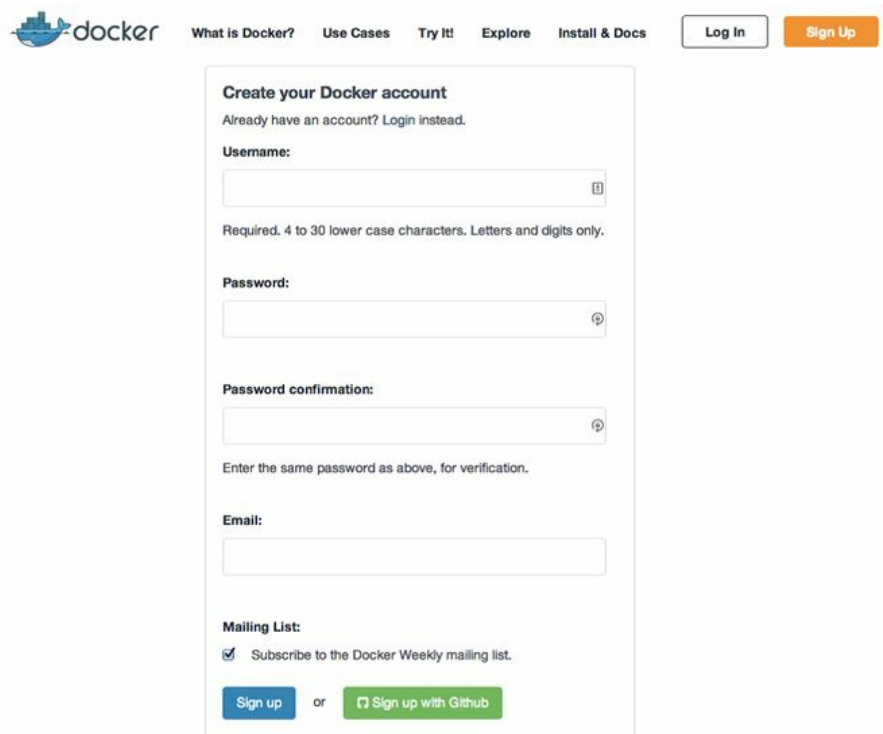


图4-3 创建Docker Hub账号

首先需要注册一个账号，并在注册之后通过收到的确认邮件进行激活。

下面就可以测试刚才注册的账号是否能正常工作了。要登录到Docker Hub，可以使用`docker login`命令，如代码清单4-13所示。

代码清单4-13 登录到Docker Hub

```
$ sudo docker login
Username: jamtur01
Password:
Email: james@lovedthanlost.net
Login Succeeded
```

这条命令将会完成登录到Docker Hub的工作，并将认证信息保存起来以供后面使用。可以使用`docker logout`命令从一个Registry服务器退出。

注意 用户的个人认证信息将会保存到`$HOME/.dockercfg`文件中。从Docker 1.7.0开始，这已经变成`$HOME/.docker/config.json`。

4.5.2 用Docker的`commit`命令创建镜像

创建Docker镜像的第一种方法是使用`docker commit`命令。可以将此想象为我们在往版本控制系统里提交变更。我们先创建一个容器，并在容器里做出修改，就像修改代码一样，最后再将修改提交为一个新镜像。

先从创建一个新容器开始，这个容器基于我们前面已经见过的**ubuntu** 镜像，如代码清单4-14所示。

代码清单4-14 创建一个要进行修改的定制容器

```
$ sudo docker run -i -t ubuntu /bin/bash
root@4aab3ce3cb76:/#
```

接下来，在容器中安装**Apache**，如代码清单4-15所示。

代码清单4-15 安装Apache软件包

```
root@4aab3ce3cb76:/# apt-get -yqq update
. . .
root@4aab3ce3cb76:/# apt-get -y install apache2
. . .
```

我们启动了一个容器，并在里面安装了**Apache**。我们会将这个容器作为一个**Web**服务器来运行，所以我们想把它的当前状态保存下来。这样就不必每次都创建一个新容器并再次在里面安装**Apache**了。为了完成此项工作，需要先使用**exit**命令从容器里退出，之后再运行**docker commit** 命令，如代码清单4-16所示。

代码清单4-16 提交定制容器

```
$ sudo docker commit 4aab3ce3cb76 jamtur01/apache2
8ce0ea7a1528
```

可以看到，在代码清单4-16所示的**docker commit** 命令中，指定了要提交的修改过的容器的ID（可以通过**docker ps -l -q** 命令得到刚创建的容器的ID），以及一个目标镜像仓库和镜像名，这里是**jamtur01/apache2**。需要注意的是，**docker commit** 提交的只是创建容器的镜像与容器的当前状态之间有差异的部分，这使得该更新非常轻量。

来看看新创建的镜像，如代码清单4-17所示。

代码清单4-17 检查新创建的镜像

```
$ sudo docker images jamtur01/apache2
. . .
jamtur01/apache2 latest 8ce0ea7a1528 13 seconds ago 90.63 MB
```

也可以在提交镜像时指定更多的数据（包括标签）来详细描述所做的修改。看一下代码清单4-18所示的例子。

代码清单4-18 提交另一个新的定制容器

```
$ sudo docker commit -m"A new custom image" -a"James Turnbull" \
4aab3ce3cb76 jamtur01/apache2:webserver
f99ebb6fed1f559258840505a0f5d5b6173177623946815366f3e3acff01adef
```

在这条命令里，我们指定了更多的信息选项。首先 `-m` 选项用来指定新创建的镜像的提交信息。同时还指定了 `--a` 选项，用来列出该镜像的作者信息。接着指定了想要提交的容器的ID。最后的 `jamtur01/apache2` 指定了镜像的用户名和仓库名，并为该镜像增加了一个 `webserver` 标签。

可以用 `docker inspect` 命令来查看新创建的镜像的详细信息，如代码清单4-19所示。

代码清单4-19 查看提交的镜像的详细信息

```
$ sudo docker inspect jamtur01/apache2:webserver
[{"Architecture": "amd64",
  "Author": "James Turnbull",
  "Comment": "A new custom image",
  ...
}]
```

提示 可以从<http://docs.docker.com/reference/commandline/cli/#commit> 查看 `docker commit` 命令的所有选项。

如果想从刚创建的新镜像运行一个容器，可以使用 `docker run` 命令，如代码清单4-20所示。

代码清单4-20 从提交的镜像运行一个新容器

```
$ sudo docker run -t -i jamtur01/apache2:webserver /bin/bash
```

可以看出，我们用了完整标签 `jamtur01/apache2:webserver` 来指定这个镜像。

4.5.3 用Dockerfile 构建镜像

并不推荐使用 `docker commit` 的方法来构建镜像。相反，推荐使用被称为 **Dockerfile** 的定义文件和 `docker build` 命令来构建镜像。**Dockerfile** 使用基本的基于DSL（Domain Specific Language）语法的指令来构建一个Docker镜像，我们推荐使用**Dockerfile** 方法来代替 `docker commit`，因为通过前者来构建镜像更具备可重复性、透明性以及幂等性。

一旦有了**Dockerfile**，我们就可以使用 `docker build` 命令基于该**Dockerfile** 中的指令构建一个新的镜像。

我们的第一个Dockerfile

现在就让我们创建一个目录并在里面创建初始的**Dockerfile**。我们将创建一个包含简单Web服务器的Docker镜像，如代码清单4-21所示。

代码清单4-21 创建一个示例仓库

```
$ mkdir static_web
$ cd static_web
$ touch Dockerfile
```

我们创建了一个名为`static_web`的目录用来保存**Dockerfile**，这个目录就是我们的构建环境（**build environment**），**Docker**则称此环境为上下文（**context**）或者构建上下文（**build context**）。**Docker**会在构建镜像时将构建上下文和该上下文中的文件和目录上传到**Docker**守护进程。这样**Docker**守护进程就能直接访问用户想在镜像中存储的任何代码、文件或者其他数据。

作为开始，我们还创建了一个空**Dockerfile**，下面就通过一个例子来看看如何通过**Dockerfile**构建一个能作为Web服务器的**Docker**镜像，如代码清单4-22所示。

代码清单4-22 我们的第一个**Dockerfile**

```
# Version: 0.0.1
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
RUN apt-get update && apt-get install -y nginx
RUN echo 'Hi, I am in your container' \
    >/usr/share/nginx/html/index.html
EXPOSE 80
```

该**Dockerfile**由一系列指令和参数组成。每条指令，如**FROM**，都必须为大写字母，且后面要跟随一个参数：**FROM ubuntu:14.04**。**Dockerfile**中的指令会按顺序从上到下执行，所以应该根据需要合理安排指令的顺序。

每条指令都会创建一个新的镜像层并对镜像进行提交。**Docker**大体上按照如下流程执行**Dockerfile**中的指令。

- **Docker**从基础镜像运行一个容器。
- 执行一条指令，对容器做出修改。
- 执行类似**docker commit**的操作，提交一个新的镜像层。
- **Docker**再基于刚提交的镜像运行一个新容器。
- 执行**Dockerfile**中的下一条指令，直到所有指令都执行完毕。

从上面也可以看出，如果用户的**Dockerfile**由于某些原因（如某条指令失败了）没有正常结束，那么用户将得到了一个可以使用的镜像。这对调试非常有帮助：可以基于该镜像运行一个具备交互功能的容器，使用最后创建的镜像对为什么用户的指令会失败进行调试。

注意 **Dockerfile**也支持注释。以#开头的行都会被认为是注释，代码清单4-22所示的**Dockerfile**中第一行就是注释的例子。

每个**Dockerfile**的第一条指令必须是**FROM**。**FROM**指令指定一个已经存在的镜像，后续指令都将基于该镜像进行，这个镜像被称为基础镜像（**base image**）。

在前面的**Dockerfile**示例里，我们指定了**ubuntu:14.04**作为新镜像的基础镜像。基于

这个**Dockerfile** 构建的新镜像将以Ubuntu 14.04操作系统为基础。在运行一个容器时，必须要指明是基于哪个基础镜像在进行构建。

接着指定了**MAINTAINER** 指令，这条指令会告诉Docker该镜像的作者是谁，以及作者的电子邮件地址。这有助于标识镜像的所有者和联系方式。

在这些指令之后，我们指定了两条**RUN** 指令。**RUN** 指令会在当前镜像中运行指定的命令。在这个例子里，我们通过**RUN** 指令更新了已经安装的APT仓库，安装了**nginx** 包，之后创建了**/usr/share/nginx/html/index.html** 文件，该文件有一些简单的示例文本。像前面说的那样，每条**RUN** 指令都会创建一个新的镜像层，如果该指令执行成功，就会将此镜像层提交，之后继续执行**Dockerfile** 中的下一条指令。

默认情况下，**RUN** 指令会在shell里使用命令包装器**/bin/sh -c** 来执行。如果是在一个不支持shell的平台上运行或者不希望在shell中运行（比如避免shell字符串篡改），也可以使用**exec** 格式的**RUN** 指令，如代码清单4-23所示。

代码清单4-23 **exec** 格式的**RUN** 指令

```
RUN [ "apt-get", " install", "-y", "nginx" ]
```

在这种方式中，我们使用一个数组来指定要运行的命令和传递给该命令的每个参数。

接着设置了**EXPOSE** 指令，这条指令告诉Docker该容器内的应用程序将会使用容器的指定端口。这并不意味着可以自动访问任意容器运行中服务的端口（这里是**80**）。出于安全的原因，Docker并不会自动打开该端口，而是需要用户在使用**docker run** 运行容器时来指定需要打开哪些端口。一会儿我们将会看到如何从这一镜像创建一个新容器。

可以指定多个**EXPOSE** 指令来向外部公开多个端口。

注意 Docker也使用**EXPOSE** 指令来帮助将多个容器链接，我们将在第5章学习到相关内容。用户可以在运行时以**docker run** 命令通过**--expose** 选项来指定对外部公开的端口。

4.5.4 基于**Dockerfile** 构建新镜像

执行**docker build** 命令时，**Dockerfile** 中的所有指令都会被执行并且提交，并且在该命令成功结束后返回一个新镜像。下面就来看看如何构建一个新镜像，如代码清单4-24所示。

代码清单4-24 运行**Dockerfile**

```
$ cd static_web
$ sudo docker build -t="jamtur01/static_web" .
Sending build context to Docker daemon 2.56 kB
Sending build context to Docker daemon
Step 0 : FROM ubuntu:14.04
---> ba5877dc9bec
Step 1 : MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
---> Running in b8ffa06f9274
---> 4c66c9dcee35
Removing intermediate container b8ffa06f9274
```

```
Step 2 : RUN apt-get update
---> Running in f331636c84f7
---> 9d938b9e0090
Removing intermediate container f331636c84f7
Step 3 : RUN apt-get install -y nginx
---> Running in 4b989d4730dd
---> 93fb180f3bc9
Removing intermediate container 4b989d4730dd
Step 4 : RUN echo 'Hi, I am in your container' >/usr/share/
nginx/html/index.html
---> Running in b51bacc46eb9
---> b584f4ac1def
Removing intermediate container b51bacc46eb9
Step 5 : EXPOSE 80
---> Running in 7ff423bd1f4d
---> 22d47c8cb6e5
Successfully built 22d47c8cb6e5
```

我们使用了**docker build** 命令来构建新镜像。我们通过指定**-t** 选项为新镜像设置了仓库和名称，本例中仓库为**jamtur01**，镜像名为**static_web**。强烈建议各位为自己的镜像设置合适的名字以方便追踪和管理。

也可以在构建镜像的过程中为镜像设置一个标签，其使用方法为“镜像名:标签”，如代码清单4-25所示。

代码清单4-25 在构建时为镜像设置标签

```
$ sudo docker build -t="jamtur01/static_web:v1" .
```

提示 如果没有制定任何标签，Docker将会自动为镜像设置一个**latest** 标签。

上面命令中最后的告诉Docker到本地目录中去找**Dockerfile** 文件。也可以指定一个Git仓库的源地址来指定**Dockerfile** 的位置，如代码清单4-26所示。

代码清单4-26 从Git仓库构建Docker镜像

```
$ sudo docker build -t="jamtur01/static_web:v1" \
git@github.com:jamtur01/docker-static_web
```

这里Docker假设在这个Git仓库的根目录下存在**Dockerfile** 文件。

提示 自Docker 1.5.0开始，也可以通过**-f** 标志指定一个区别于标准Dockerfile的构建源的位置。例如，**dockerbuild-t"jamtur01/static_ web" -f path/to/file**，这个文件可以不必命名为Dockerfile，但是必须要位于构建上下文之中。

再回到**docker build** 过程。可以看到构建上下文已经上传到了Docker守护进程，如代码清单4-27所示。

代码清单4-27 将构建上下文上传到Docker守护进程

```
Sending build context to Docker daemon 2.56 kB
```

```
Sending build context to Docker daemon
```

提示 如果在构建上下文的根目录下存在以`.dockerignore`命名的文件的话，那么该文件内容会被按行进行分割，每一行都是一条文件过滤匹配模式。这非常像`.gitignore`文件，该文件用来设置哪些文件不会被当作构建上下文的一部分，因此可以防止它们被上传到Docker守护进程中去。该文件中模式的匹配规则采用了Go语言中的`filepath` [2]。

之后，可以看到Dockerfile中的每条指令会被顺序执行，而且作为构建过程的最终结果，返回了新镜像的ID，即`22d47c8cb6e5`。构建的每一步及其对应指令都会独立运行，并且在输出最终镜像ID之前，Docker会提交每步的构建结果。

4.5.5 指令失败时会怎样

前面介绍了一个指令失败时将会怎样。下面来看一个例子：假设我们在第4步中将软件包的名字弄错了，比如写成了`nginx`。

再来运行一遍构建过程并看看当指令失败时会怎样，如代码清单4-28所示。

代码清单4-28 管理失败的指令

```
$ cd static_web
$ sudo docker build -t="jamtur01/static_web" .
Sending build context to Docker daemon 2.56 kB
Sending build context to Docker daemon
Step 1 : FROM ubuntu:14.04
--> 8dbd9e392a96
Step 2 : MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
--> Running in d97e0c1cf6ea
--> 85130977028d
Step 3 : RUN apt-get update
--> Running in 85130977028d
--> 997485f46ec4
Step 4 : RUN apt-get install -y nginx
--> Running in ffca16d58fd8
Reading package lists...
Building dependency tree...
Reading state information...
E: Unable to locate package nginx
2014/06/04 18:41:11 The command [/bin/sh -c apt-get install -y
nginx] returned a non-zero code: 100
```

这时候我需要调试一下这次失败。我可以用`docker run`命令来基于这次构建到目前为止已经成功的最后一步创建一个容器，在这个例子里，使用的镜像ID是`997485f46ec4`，如代码清单4-29所示。

代码清单4-29 基于最后的成功步骤创建新容器

```
$ sudo docker run -t -i 997485f46ec4 /bin/bash
dcge12e59fe8:/#
```

这时在这个容器中我可以再次运行`apt-get install -y nginx`，并指定正确的包名，或

者通过进一步调试来找出到底是哪里出错了。一旦解决了这个问题，就可以退出容器，使用正确的包名修改**Dockerfile** 文件，之后再尝试进行构建。

4.5.6 Dockerfile 和构建缓存

由于每一步的构建过程都会将结果提交为镜像，所以Docker的构建镜像过程就显得非常聪明。它会将之前的镜像层看作缓存。比如，在我们的调试例子里，我们不需要在第1步到第3步之间进行任何修改，因此Docker会将之前构建时创建的镜像当做缓存并作为新的开始点。实际上，当再次进行构建时，Docker会直接从第4步开始。当之前的构建步骤没有变化时，这会节省大量的时间。如果真的在第1步到第3步之间做了什么修改，Docker则会从第一条发生了变化的指令开始。

然而，有些时候需要确保构建过程不会使用缓存。比如，如果已经缓存了前面的第3步，即**apt-get update**，那么Docker将不会再次刷新APT包的缓存。这时用户可能需要取得每个包的最新版本。要想略过缓存功能，可以使用**docker build** 的**--no-cache** 标志，如代码清单4-30所示。

代码清单4-30 忽略Dockerfile 的构建缓存

```
$ sudo docker build --no-cache -t="jamtur01/static_web" .
```

4.5.7 基于构建缓存的Dockerfile 模板

构建缓存带来的一个好处就是，我们可以实现简单的Dockerfile 模板（比如在Dockerfile 文件顶部增加包仓库或者更新包，从而尽可能确保缓存命中）。我一般都会在自己的Dockerfile 文件顶部使用相同的指令集模板，比如对Ubuntu，使用代码清单4-31所示的模版。

代码清单4-31 Ubuntu系统的Dockerfile 模板

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
ENV REFRESHED_AT 2014-07-01
RUN apt-get -qq update
```

让我们一步步来分析一下这个新的Dockerfile。首先，我通过**FROM** 指令为新镜像设置了一个基础镜像**ubuntu:14.04**。接着，我又使用**MAINTAINER** 指令添加了自己的详细联系信息。之后我又使用了一条新出现的指令**ENV** 来在镜像中设置环境变量。在这个例子里，我通过**ENV** 指令来设置了一个名为**REFRESHED_AT** 的环境变量，这个环境变量用来表明该镜像模板最后的更新时间。最后，我使用了**RUN** 指令来运行**apt-get -qq update** 命令。该指令运行时将会刷新APT包的缓存，用来确保我们能将要安装的每个软件包都更新到最新版本。

有了这个模板，如果想刷新一个构建，只需修改**ENV** 指令中的日期。这使Docker在命中**ENV** 指令时开始重置这个缓存，并运行后续指令而无须依赖该缓存。也就是说，**RUN apt-get update** 这条指令将会被再次执行，包缓存也将会被刷新为最新内容。可以扩展

此模板，比如适配到不同的平台或者添加额外的需求。比如，可以像代码清单4-32这样来支持一个**fedora** 镜像。

代码清单4-32 Fedora Dockerfile 模板

```
FROM fedora:20
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
ENV REFRESHED_AT 2014-07-01
RUN yum -q makecache
```

在Fedora中使用Yum实现了与上面的Ubuntu例子中非常类似的功能。

4.5.8 查看新镜像

现在来看一下新构建的镜像。这可以使用**docker images** 命令来完成，如代码清单4-33所示。

代码清单4-33 列出新的Docker镜像

```
$ sudo docker images jamtur01/static_web
REPOSITORY          TAG             ID              CREATED          SIZE
jamtur01/static_web latest          22d47c8cb6e5    24 seconds ago  12.29 kB
(virtual 326 MB)
```

如果想深入探求镜像是如何构建出来的，可以使用**docker history** 命令，如代码清单4-34所示。

代码清单4-34 使用docker history 命令

```
$ sudo docker history 22d47c8cb6e5
IMAGE          CREATED          CREATED BY          SIZE
22d47c8cb6e5   6 minutes ago   /bin/sh -c #(nop)  EXPOSE map[80/tcp:{}]  0 B
b584f4ac1def   6 minutes ago   /bin/sh -c echo 'Hi, I am in your container' 27 B
93fb180f3bc9   6 minutes ago   /bin/sh -c apt-get install -y nginx        18.46 MB
9d938b9e0090   6 minutes ago   /bin/sh -c apt-get update                  20.02 MB
4c66c9dcee35   6 minutes ago   /bin/sh -c #(nop)  MAINTAINER James Turnbull " 0 B
. . .
```

从上面的结果可以看到新构建的**jamtur01/static_web** 镜像的每一层，以及创建这些层的**Dockerfile** 指令。

4.5.9 从新镜像启动容器

我们也可以基于新构建的镜像启动一个新容器，来检查一下我们的构建工作是否一切正常，如代码清单4-35所示。

代码清单4-35 从新镜像启动一个容器

```
$ sudo docker run -d -p 80 --name static_web jamtur01/static_web \
```

```
nginx -g "daemon off;"
6751b94bb5c001a650c918e9a7f9683985c3eb2b026c2f1776e61190669494a8
```

在这里，我使用`docker run`命令，基于刚才构建的镜像的名字，启动了一个名为`static_web`的新容器。我们同时指定了`-d`选项，告诉Docker以分离（`detached`）的方式在后台运行。这种方式非常适合运行类似Nginx守护进程这样的需要长时间运行的进程。我们也指定了需要在容器中运行的命令：`nginx -g "daemon off;"`。这将以前台运行的方式启动Nginx，来作为我们的Web服务器。

我们这里也使用了一个新的`-p`标志，该标志用来控制Docker在运行时应该公开哪些网络端口给外部（宿主机）。运行一个容器时，Docker可以通过两种方法来在宿主机上分配端口。

- Docker可以在宿主机上随机选择一个位于32768 ~61000 的一个比较大的端口号来映射到容器中的80 端口上。
- 可以在Docker宿主机中指定一个具体的端口号来映射到容器中的80 端口上。

`docker run`命令将在Docker宿主机上随机打开一个端口，这个端口会连接到容器中的80端口上。

使用`docker ps`命令来看一下容器的端口分配情况，如代码清单4-36所示。

代码清单4-36 查看Docker端口映射情况

```
$ sudo docker ps -l
CONTAINER ID   IMAGE                                ... PORTS
              NAMES
6751b94bb5c0   jamtur01/static_web:latest ... 0.0.0.0:49154->80/
              tcp_static_web
```

可以看到，容器中的80 端口被映射到了宿主机的49154 上。我们也可以通过`docker port`来查看容器的端口映射情况，如代码清单4-37所示。

代码清单4-37 docker port 命令

```
$ sudo docker port 6751b94bb5c0 80
0.0.0.0:49154
```

在上面的命令中我们指定了想要查看映射情况的容器的ID和容器的端口号，这里是80。该命令返回了宿主机中映射的端口，即49154。

或者，我们也可以使用容器名，如代码清单4-38所示。

代码清单4-38 通过`-p`选项映射到特定端口

```
$ sudo docker port static_web 80
0.0.0.0:49154
```

-p 选项还为我们在将容器端口向宿主机公开时提供了一定的灵活性。比如，可以指定将容器中的端口映射到Docker宿主机的某一特定端口上，如代码清单4-39所示。

代码清单4-39 通过-p 选项映射到特定端口

```
$ sudo docker run -d -p 80:80 --name static_web jamtur01/static_web \
nginx -g "daemon off;"
```

上面的命令会将容器内的80端口绑定到本地宿主机的80端口上。很明显，我们必须非常小心地使用这种直接绑定的做法：如果要运行多个容器，只有一个容器能成功地将端口绑定到本地宿主机上。这将会限制Docker的灵活性。

为了避免这个问题，可以将容器内的端口绑定到不同的宿主机端口上去，如代码清单4-40所示。

代码清单4-40 绑定不同的端口

```
$ sudo docker run -d -p 8080:80 --name static_web jamtur01/static_web \
nginx -g "daemon off;"
```

这条命令会将容器中的80端口绑定到宿主机的8080端口上。

我们也可以将端口绑定限制在特定的网络接口（即IP地址）上，如代码清单4-41所示。

代码清单4-41 绑定到特定的网络接口

```
$ sudo docker run -d -p 127.0.0.1:80:80 --name static_web jamtur01/static_web \
nginx -g "daemon off;"
```

这里，我们将容器内的80端口绑定到了本地宿主机的127.0.0.1 这个IP的80端口上。我们也可以使用类似的方式将容器内的80端口绑定到一个宿主机的随机端口上，如代码清单4-42所示。

代码清单4-42 绑定到特定的网络接口的随机端口

```
$ sudo docker run -d -p 127.0.0.1::80 --name static_web jamtur01/static_web \
nginx -g "daemon off;"
```

这里，我们并没有指定具体要绑定的宿主机上的端口号，只指定了一个IP地址127.0.0.1，这时我们可以使用**docker inspect** 或者**docker port** 命令来查看容器内的80端口具体被绑定到了宿主机的哪个端口上。

提示 也可以通过在端口绑定时使用/udp 后缀来指定UDP端口。

Docker还提供了一个更简单的方式，即**-P** 参数，该参数可以用来对外公开在Dockerfile 中通过**EXPOSE** 指令公开的所有端口，如代码清单4-43所示。

```
$ sudo docker run -d -P --name static_web jamtur01/static_web \
nginx -g "daemon off;"
```

该命令会将容器内的80端口对本地宿主机公开，并且绑定到宿主机的一个随机端口上。该命令会将用来构建该镜像的Dockerfile 文件中EXPOSE 指令指定的其他端口也一并公开。

提示 可以从<http://docs.docker.com/userguide/dockerlinks/#network-port-mapping-refresher> 获得更多关于端口重定向的信息。

有了这个端口号，就可以使用本地宿主机的IP地址或者127.0.0.1 的localhost 连接到运行中的容器，查看Web服务器内容了，入代码清单4-44所示。

```
$ curl localhost:49154
Hi, I am in your container
```

注意 可以通过ifconfig 或者ip addr 命令来查看本地宿主机的IP地址。

这是就得到了一个非常简单的基于Docker的Web服务器。

4.5.10 Dockerfile 指令

我们已经看过了一些Dockerfile 中可用的指令，如RUN 和EXPOSE 。但是，实际上还可以在Dockerfile 中放入很多其他指令，这些指令包括CMD 、ENTRYPOINT 、ADD 、COPY 、VOLUME 、WORKDIR 、USER 、ONBUILD 、LABEL 、STOPSIGNAL 、ARG 和ENV 等。可以在<http://docs.docker.com/reference/builder/> 查看Dockerfile 中可以使用的全部指令的清单。

在后面的几章中我们还会学到更多关于Dockerfile 的知识，并了解如何将非常酷的应用程序打包到Docker容器中去。

1. CMD

CMD 指令用于指定一个容器启动时要运行的命令。这有点儿类似于RUN 指令，只是RUN 指令是指定镜像被构建时要运行的命令，而CMD 是指定容器被启动时要运行的命令。这和使用docker run 命令启动容器时指定要运行的命令非常类似，比如代码清单4-45所示。

```
$ sudo docker run -i -t jamtur01/static_web /bin/true
```

可以认为代码清单4-45所示的命令和在Dockerfile 中使用代码清单4-46所示的CMD 指令是等效的。


```
CMD ["/bin/true"]
```

当然也可以为要运行的命令指定参数，如代码清单4-47所示。

```
CMD ["/bin/bash", "-l"]
```

这里我们将-l 标志传递给了/bin/bash 命令。

警告 需要注意的是，要运行的命令是存放在一个数组结构中的。这将告诉Docker按指定的原样来运行该命令。当然也可以不使用数组而是指定CMD 指令，这时候Docker会在指定的命令前加上/bin/sh -c。这在执行该命令的时候可能会导致意料之外的行为，所以Docker推荐一直使用以数组语法来设置要执行的命令。

最后，还需牢记，使用docker run 命令可以覆盖CMD 指令。如果我们在Dockerfile 里指定了CMD 指令，而同时在docker run 命令中也指定了要运行的命令，命令行中指定的命令会覆盖Dockerfile 中的CMD 指令。

注意 深刻理解CMD 和ENTRYPOINT 之间的相互作用关系也非常重要，我们将在后面对此进行更详细的说明。

让我们来更贴近一步来看看这一过程。假设我们的Dockerfile 文件中有代码清单4-48所示的CMD 指令。

```
CMD [ "/bin/bash" ]
```

可以使用docker build 命令构建一个新镜像（假设镜像名为jamtur01/test），并基于此镜像启动一个新容器，如代码清单4-49所示。

```
$ sudo docker run -t -i jamtur01/test
root@e643e6218589:/#_
```

注意到有什么不一样的地方了吗？在docker run 命令的末尾我们并未指定要运行什么命令。实际上，Docker使用了CMD 指令中指定的命令。

如果我指定了要运行的命令会怎样呢？如代码清单4-50所示。

```
$ sudo docker run -i -t jamtur01/test /bin/ps
PID TTY          TIME CMD
1 ?   00:00:00 ps
```

```
$
```

可以看到，在这里我们指定了想要运行的命令`/bin/ps`，该命令会列出所有正在运行的进程。在这个例子里，容器并没有启动`shell`，而是通过命令行参数覆盖了`CMD`指令中指定的命令，容器运行后列出了正在运行的进程的列表，之后停止了容器。

提示 在`Dockerfile`中只能指定一条`CMD`指令。如果指定了多条`CMD`指令，也只有最后一条`CMD`指令会被使用。如果想在启动容器时运行多个进程或者多条命令，可以考虑使用类似`Supervisor`这样的服务管理工具。

2. ENTRYPOINT

`ENTRYPOINT`指令与`CMD`指令非常类似，也很容易和`CMD`指令弄混。这两个指令到底有什么区别呢？为什么要同时保留这两条指令？正如我们已经了解到的那样，我们可以在`docker run`命令行中覆盖`CMD`指令。有时候，我们希望容器会按照我们想象的那样去工作，这时候`CMD`就不太合适了。而`ENTRYPOINT`指令提供的命令则不容易在启动容器时被覆盖。实际上，`docker run`命令行中指定的任何参数都会被当做参数再次传递给`ENTRYPOINT`指令中指定的命令。让我们来看一个`ENTRYPOINT`指令的例子，如代码清单4-51所示。

代码清单4-51 指定`ENTRYPOINT`指令

```
ENTRYPOINT ["/usr/sbin/nginx"]
```

类似于`CMD`指令，我们也可以在指令中通过数组的方式为命令指定相应的参数，如代码清单4-52所示。

代码清单4-52 为`ENTRYPOINT`指令指定参数

```
ENTRYPOINT ["/usr/sbin/nginx", "-g", "daemon off;"]
```

注意 从上面看到的`CMD`指令可以看到，我们通过以数组的方式指定`ENTRYPOINT`在想运行的命令前加入`/bin/sh -c`来避免各种问题。

现在重新构建我们的镜像，并将`ENTRYPOINT`设置为`ENTRYPOINT ["/usr/sbin/nginx"]`，如代码清单4-53所示。

代码清单4-53 用新的`ENTRYPOINT`指令重新构建`static_web`镜像

```
$ sudo docker build -t="jamtur01/static_web" .
```

然后，我们从`jamtur01/static_web`镜像启动一个新容器，如代码清单4-54所示。

代码清单4-54 使用`docker run`命令启动包含`ENTRYPOINT`指令的容器

```
$ sudo docker run -t -i jamtur01/static_web -g "daemon off;"
```

从上面可以看到，我们重新构建了镜像，并且启动了一个交互的容器。我们指定了 `-g "daemon off;"` 参数，这个参数会传递给用 `ENTRYPOINT` 指定的命令，在这里该命令为 `/usr/sbin/nginx -g "daemon off;"`。该命令会以前台运行的方式启动Nginx守护进程，此时这个容器就会作为一台Web服务器来运行。

我们也可以组合使用 `ENTRYPOINT` 和 `CMD` 指令来完成一些巧妙的工作。比如，我们可能想在 `Dockerfile` 里指定代码清单4-55所示的内容。

代码清单4-55 同时使用 `ENTRYPOINT` 和 `CMD` 指令

```
ENTRYPOINT ["/usr/sbin/nginx"]
CMD ["-h"]
```

此时当我们启动一个容器时，任何在命令行中指定的参数都会被传递给Nginx守护进程。比如，我们可以指定 `-g "daemon off;"` 参数让Nginx守护进程以前台方式运行。如果在启动容器时不指定任何参数，则在 `CMD` 指令中指定的 `-h` 参数会被传递给Nginx守护进程，即Nginx服务器会以 `/usr/sbin/nginx -h` 的方式启动，该命令用来显示Nginx的帮助信息。

这使我们可以构建一个镜像，该镜像既可以运行一个默认的命令，同时它也支持通过 `docker run` 命令行为该命令指定可覆盖的选项或者标志。

提示 如果确实需要，用户也可以在运行时通过 `docker run` 的 `--entrypoint` 标志覆盖 `ENTRYPOINT` 指令。

3. WORKDIR

`WORKDIR` 指令用来在从镜像创建一个新容器时，在容器内部设置一个工作目录，`ENTRYPOINT` 和/或 `CMD` 指定的程序会在这个目录下执行。

我们可以使用该指令为 `Dockerfile` 中后续的一系列指令设置工作目录，也可以为最终的容器设置工作目录。比如，我们可以如代码清单4-56所示这样为特定的指令设置不同的工作目录。

代码清单4-56 使用 `WORKDIR` 指令

```
WORKDIR /opt/webapp/db
RUN bundle install
WORKDIR /opt/webapp
ENTRYPOINT [ "rackup" ]
```

这里，我们将工作目录切换为 `/opt/webapp/db` 后运行了 `bundle install` 命令，之后又将工作目录设置为 `/opt/webapp`，最后设置了 `ENTRYPOINT` 指令来启动 `rackup` 命令。

可以通过 `-w` 标志在运行时覆盖工作目录，如代码清单4-57所示。

代码清单4-57 覆盖工作目录

```
$ sudo docker run -ti -w /var/log ubuntu pwd
```

```
/var/log
```

该命令会将容器内的工作目录设置为`/var/log`。

4. ENV

`ENV` 指令用来在镜像构建过程中设置环境变量，如代码清单4-58所示。

代码清单4-58 在`Dockerfile` 文件中设置环境变量

```
ENV RVM_PATH /home/rvm/
```

这个新的环境变量可以在后续的任何`RUN` 指令中使用，这就如同在命令前面指定了环境变量前缀一样，如代码清单4-59所示。

代码清单4-59 为`RUN` 指令设置前缀

```
RUN gem install unicorn
```

该指令会以代码清单4-60所示的方式执行。

代码清单4-60 添加`ENV` 前缀后执行

```
RVM_PATH=/home/rvm/ gem install unicorn
```

可以在`ENV` 指令中指定单个环境变量，或者，从`Docker` 1.4开始可以像代码清单4-61所示那样指定多个变量。

代码清单4-61 使用`ENV` 设置多个环境变量

```
ENV RVM_PATH=/home/rvm RVM_ARCHFLAGS="-arch i386"
```

也可以在其他指令中使用这些环境变量，如代码清单4-62所示。

代码清单4-62 在其他`Dockerfile` 指令中使用环境变量

```
ENV TARGET_DIR /opt/app  
WORKDIR $TARGET_DIR
```

在这里我们设定了一个新的环境变量`TARGET_DIR`，并在`WORKDIR` 中使用了它的值。因此实际上`WORKDIR` 指令的值会被设为`/opt/app`。

注意 如果需要，可以通过在环境变量前加上一个反斜线来进行转义。

这些环境变量也会被持久保存到从我们的镜像创建的任何容器中。所以，如果我们在使

用ENV RVM_PATH /home/rvm/ 指令构建的容器中运行env 命令，将会看到代码清单4-63所示的结果。

代码清单4-63 Docker容器中环境变量的持久化

```
root@bf42aad7f09:~# env
. . .
RVM_PATH=/home/rvm/
. . .
```

也可以使用docker run 命令行的-e 标志来传递环境变量。这些变量将只会在运行时有效，如代码清单4-64所示。

代码清单4-64 运行时环境变量

```
$ sudo docker run -ti -e "WEB_PORT=8080" ubuntu env
HOME=/
PATH=/usr/local/sbin:/usr/local/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/sbin:/bin
HOSTNAME=792b171c5e9f
TERM=xterm
WEB_PORT=8080
```

我们可以看到，在容器中WEB_PORT 环境变量被设为了8080。

5. USER

USER 指令用来指定该镜像会以什么样的用户去运行，比如代码清单4-65所示。

代码清单4-65 使用USER 指令

```
USER nginx
```

基于该镜像启动的容器会以nginx 用户的身份来运行。我们可以指定用户名或UID以及组或GID，甚至是两者的组合，比如代码清单4-66所示。

代码清单4-66 指定USER 和GROUP 的各种组合

```
USER user
USER user:group
USER uid
USER uid:gid
USER user:gid
USER uid:group
```

也可以在docker run 命令中通过-u 标志来覆盖该指令指定的值。

提示 如果不通过USER 指令指定用户，默认用户为root。

6. VOLUME

VOLUME 指令用来向基于镜像创建的容器添加卷。一个卷是可以存在于一个或者多个容器内的特定的目录，这个目录可以绕过联合文件系统，并提供如下共享数据或者对数据进行持久化的功能。

- 卷可以在容器间共享和重用。
- 一个容器可以不是必须和其他容器共享卷。
- 对卷的修改是立时生效的。
- 对卷的修改不会对更新镜像产生影响。
- 卷会一直存在直到没有任何容器再使用它。

卷功能让我们可以将数据（如源代码）、数据库或者其他内容添加到镜像中而不是将这些内容提交到镜像中，并且允许我们在多个容器间共享这些内容。我们可以利用此功能来测试容器和内部的应用程序代码，管理日志，或者处理容器内部的数据库。我们将在第5章和第6章看到相关的例子。

可以像代码清单4-67所示的这样使用**VOLUME** 指令。

代码清单4-67 使用**VOLUME** 指令

```
VOLUME ["/opt/project"]
```

这条指令将会为基于此镜像创建的任何容器创建一个名为`/opt/project` 的挂载点。

提示 `docker cp` 是和**VOLUME** 指令相关并且也是很实用的命令。该命令允许从容器复制文件和复制文件到容器上。可以从Docker命令行文档（<https://docs.docker.com/engine/reference/commandline/cp/>）中获得更多信息。

也可以通过指定数组的方式指定多个卷，如代码清单4-68所示。

代码清单4-68 使用**VOLUME** 指令指定多个卷

```
VOLUME ["/opt/project", "/data" ]
```

提示 第5章和第6章中经包括更多关于卷和如何使用卷的内容。如果现在就对卷功能很好奇，也可以在<http://docs.docker.com/userguide/dockervolumes/> 读到更多关于卷的信息。

7. ADD

ADD 指令用来将构建环境下的文件和目录复制到镜像中。比如，在安装一个应用程序时。**ADD** 指令需要源文件位置和目的文件位置两个参数，如代码清单4-69所示。

代码清单4-69 使用**ADD** 指令

```
ADD software.lic /opt/application/software.lic
```

这里的**ADD** 指令将会将构建目录下的`software.lic` 文件复制到镜像中的`/opt/``

`application/software.lic`。指向源文件的位置参数可以是一个URL，或者构建上下文或环境中文件名或者目录。不能对构建目录或者上下文之外的文件进行ADD操作。

在ADD文件时，Docker通过目的地址参数末尾的字符来判断文件源是目录还是文件。如果目标地址以/结尾，那么Docker就认为源位置指向的是一个目录。如果目的地址以/结尾，那么Docker就认为源位置指向的是目录。如果目的地址不是以/结尾，那么Docker就认为源位置指向的是文件。

文件源也可以使用URL的格式，如代码清单4-70所示。

代码清单4-70 在ADD指令中使用URL作为文件源

```
ADD http://wordpress.org/latest.zip /root/wordpress.zip
```

最后值得一提的是，ADD在处理本地归档文件（tar archive）时还有一些小魔法。如果将一个归档文件（合法的归档文件包括gzip、bzip2、xz）指定为源文件，Docker会自动将归档文件解开（unpack），如代码清单4-71所示。

代码清单4-71 将归档文件作为ADD指令中的源文件

```
ADD latest.tar.gz /var/www/wordpress/
```

这条命令会将归档文件latest.tar.gz解开到/var/www/wordpress/目录下。Docker解开归档文件的行为和使用带-x选项的tar命令一样：该指令执行后的输出是原目的目录已经存在的内容加上归档文件中的内容。如果目的位置的目录下已经存在了和归档文件同名的文件或者目录，那么目的位置中的文件或者目录不会被覆盖。

警告 目前Docker还不支持以URL方式指定的源位置中使用归档文件。这种行为稍显得有点儿不统一，在以后的版本中应该会有所变化。

最后，如果目的位置不存在的话，Docker将会为我们创建这个全路径，包括路径中的任何目录。新创建的文件和目录的模式为0755，并且UID和GID都是0。

注意 ADD指令会使得构建缓存变得无效，这一点也非常重要。如果通过ADD指令向镜像添加一个文件或者目录，那么这将使Dockerfile中的后续指令都不能继续使用之前的构建缓存。

8. COPY

COPY指令非常类似于ADD，它们根本的不同是COPY只关心在构建上下文中复制本地文件，而不会去做文件提取（extraction）和解压（decompression）的工作。COPY指令的使用如代码清单4-72所示。

代码清单4-72 使用COPY指令

```
COPY conf.d/ /etc/apache2/
```

这条指令将会把本地conf.d目录中的文件复制到/etc/apache2/目录中。

文件源路径必须是一个与当前构建环境相对的文件或者目录，本地文件都放到和 **Dockerfile** 同一个目录下。不能复制该目录之外的任何文件，因为构建环境将会上传到 Docker 守护进程，而复制是在 Docker 守护进程中进行的。任何位于构建环境之外的东西都是不可用的。**COPY** 指令的目的位置则必须是容器内部的一个绝对路径。

任何由该指令创建的文件或者目录的 **UID** 和 **GID** 都会设置为 0。

如果源路径是一个目录，那么这个目录将整个被复制到容器中，包括文件系统元数据；如果源文件为任何类型的文件，则该文件会随同元数据一起被复制。在这个例子里，源路径以 / 结尾，所以 Docker 会认为它是目录，并将它复制到目的目录中。

如果目的位置不存在，Docker 将会自动创建所有需要的目录结构，就像 **mkdir -p** 命令那样。

9. LABEL

LABEL 指令用于为 Docker 镜像添加元数据。元数据以键值对的形式展现。我们可以来看一个例子，见代码清单 4-73。

代码清单 4-73 添加 LABEL 指令

```
LABEL version="1.0"
LABEL location="New York" type="Data Center" role="Web Server"
```

LABEL 指令以 **label="value"** 的形式出现。可以在每一条指令中指定一个元数据，或者指定多个元数据，不同的元数据之间用空格分隔。推荐将所有的元数据都放到一条 **LABEL** 指令中，以防止不同的元数据指令创建过多镜像层。可以通过 **docker inspect** 命令来查看 Docker 镜像中的标签信息，如代码清单 4-74 所示。

代码清单 4-74 使用 docker inspect 命令查看容器标签

```
$ sudo docker inspect jamtur01/apache2
[
  {
    "Labels": {
      "version": "1.0",
      "location": "New York",
      "type": "Data Center",
      "role": "Web Server"
    }
  },
]
```

这里我们可以看到前面用 **LABEL** 指令定义的元数据信息。

注意 LABEL 指令是在 Docker 1.6 版本中引入的。

10. STOPSIGNAL

STOPSIGNAL 指令用来设置停止容器时发送什么系统调用信号给容器。这个信号必须是内核系统调用表中合法的数，如 9，或者 **SIGNAME** 格式中的信号名称，如 **SIGKILL**。

注意 STOPSIGNAL 指令是在Docker 1.9版本中引入的。

11. ARG

ARG指令用来定义可以在docker build命令运行时传递给构建运行时的变量，我们只需要在构建时使用--build-arg 标志即可。用户只能在构建时指定在Dockerfile文件中定义过的参数。

代码清单4-75 添加ARG 指令

```
ARG build
ARG webapp_user=user
```

上面例子中第二条ARG指令设置了一个默认值，如果构建时没有为该参数指定值，就会使用这个默认值。下面我们就来看看如何在docker build中使用这些参数。

代码清单4-76 使用ARG 指令

```
$ docker build --build-arg build=1234 -t jamtur01/webapp .
```

这里构建jamtur01/webapp 镜像时，build变量将会设置为1234，而webapp_user 变量则会继承设置的默认值user。

警告 读到这里，也许你会认为使用ARG 来传递证书或者秘钥之类的信息是一个不错的想法。但是，请千万不要这么做。你的机密信息在构建过程中以及镜像的构建历史中会被暴露。

Docker预定义了一组ARG变量，可以在构建时直接使用，而不必再到Dockerfile中自行定义。

代码清单4-77 预定义ARG 变量

```
HTTP_PROXY
http_proxy
HTTPS_PROXY
https_proxy
FTP_PROXY
ftp_proxy
NO_PROXY
no_proxy
```

要想使用这些预定义的变量，只需要给docker build 命令传递--build-arg <variable>=<value> 标志就可以了。

注意 ARG 指令是在Docker 1.9版本中引入的，可以在Docker文档（<https://docs.docker.com/engine/reference/builder/#arg>）中阅读详细说明。

12. ONBUILD

ONBUILD 指令能为镜像添加触发器（trigger）。当一个镜像被用做其他镜像的基础镜像时

（比如用户的镜像需要从某未准备好的位置添加源代码，或者用户需要执行特定于构建镜像的环境的构建脚本），该镜像中的触发器将会被执行。

触发器会在构建过程中插入新指令，我们可以认为这些指令是紧跟在**FROM** 之后指定的。触发器可以是任何构建指令，比如代码清单4-78所示。

代码清单4-78 添加**ONBUILD** 指令

```
ONBUILD ADD . /app/src
ONBUILD RUN cd /app/src && make
```

上面的代码将会在创建的镜像中加入**ONBUILD** 触发器，**ONBUILD** 指令可以在镜像上运行**docker inspect** 命令来查看，如代码清单4-79所示。

代码清单4-79 通过**docker inspect** 命令查看镜像中的**ONBUILD** 指令

```
$ sudo docker inspect 508efa4e4bf8
...
"OnBuild": [
  "ADD . /app/src",
  "RUN cd /app/src/ && make"
]
...
```

比如，我们为Apache2镜像构建一个全新的**Dockerfile**，该镜像名为**jamtur01/apache2**，如代码清单4-80所示。

代码清单4-80 新的**ONBUILD** 镜像**Dockerfile**

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
RUN apt-get update && apt-get install -y apache2
ENV APACHE_RUN_USER www-data
ENV APACHE_RUN_GROUP www-data
ENV APACHE_LOG_DIR /var/log/apache2
ONBUILD ADD . /var/www/
EXPOSE 80
ENTRYPOINT ["/usr/sbin/apache2"]
CMD ["-D", "FOREGROUND"]
```

现在我们就来构建该镜像，如代码清单4-81所示。

代码清单4-81 构建**apache2** 镜像

```
$ sudo docker build -t="jamtur01/apache2" .
...
Step 7 : ONBUILD ADD . /var/www/
----> Running in 0e117f6ea4ba
----> a79983575b86
Successfully built a79983575b86
```

在新构建的镜像中包含一条**ONBUILD** 指令，该指令会使用**ADD** 指令将构建环境所在的目录下的内容全部添加到镜像中的**/var/www/** 目录下。我们可以轻而易举地将这个**Dockerfile** 作为一个通用的Web应用程序的模板，可以基于这个模板来构建Web应用程序。

我们可以通过构建一个名为**webapp** 的镜像来看看如何使用镜像模板功能。它的**Dockerfile** 如代码清单4-82所示。

代码清单4-82 webapp 的Dockerfile

```
FROM jamtur01/apache2
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
ENV APPLICATION_NAME webapp
ENV ENVIRONMENT development
```

让我们看看构建这个镜像时将会发生什么事情，如代码清单4-83所示。

代码清单4-83 构建webapp 镜像

```
$ sudo docker build -t="jamtur01/webapp" .
...
Step 0 : FROM jamtur01/apache2
# Executing 1 build triggers
Step onbuild-0 : ADD . /var/www/
---> 1a018213a59d
---> 1a018213a59d
Step 1 : MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
...
Successfully built 04829a360d86
```

可以清楚地看到，在**FROM** 指令之后，**Docker**插入了一条**ADD** 指令，这条**ADD** 指令就是在**ONBUILD** 触发器中指定的。执行完该**ADD** 指令后，**Docker**才会继续执行构建文件中的后续指令。这种机制使我每次都会将本地源代码添加到镜像，就像上面我们做到的那样，也支持我为不同的应用程序进行一些特定的配置或者设置构建信息。这时，可以将**jamtur01/apache2** 当做一个镜像模板。

ONBUILD 触发器会按照在父镜像中指定的顺序执行，并且只能被继承一次（也就是说只能在子镜像中执行，而不会在孙子镜像中执行）。如果我们再基于**jamtur01/webapp** 构建一个镜像，则新镜像是**jamtur01/apache2** 的孙子镜像，因此在该镜像的构建过程中，**ONBUILD** 触发器是会被执行的。

注意 这里有好几条指令是不能用在**ONBUILD** 指令中的，包括**FROM**、**MAINTAINER** 和**ONBUILD** 本身。之所以这么规定是为了防止在**Dockerfile** 构建过程中产生递归调用的问题。

4.6 将镜像推送到Docker Hub

镜像构建完毕之后，我们也可以将它上传到**Docker Hub**上面去，这样其他人就能使用这个镜像了。比如，我们可以在组织内共享这个镜像，或者完全公开这个镜像。

Docker Hub也提供了对私有仓库的支持，这是一个需要付费的功能，用户可以将镜像存储到私有仓库中，这样只有用户或者任何与用户共享这个私有仓库的人才能访问该镜像。这样用户就可以将机密信息或者代码放到私有镜像中，不必担心被公开访问了。

我们可以通过`docker push` 命令将镜像推送到Docker Hub。

现在就让我们来试一试如何推送，如代码清单4-84所示。

代码清单4-84 尝试推送root镜像

```
$ sudo docker push static_web
2013/07/01 18:34:47 Impossible to push a "root" repository.
Please rename your repository in <user>/<repo> (ex: jamtur01/
static_web)
```

出什么问题了？我们尝试将镜像推送到远程仓库`static_web`，但是Docker认为这是一个root仓库。root仓库是由Docker公司的团队管理的，因此会拒绝我们的推送请求。让我们再换一种方式试一下，如代码清单4-85所示。

代码清单4-85 推送Docker镜像

```
$ sudo docker push jamtur01/static_web
The push refers to a repository [jamtur01/static_web] (len: 1)
Processing checksums
Sending image list
Pushing repository jamtur01/static_web to registry-1.docker.io (1 tags)
. . .
```

这次我们使用了一个名为`jamtur01/static_web`的用户仓库，成功地将镜像推送到了Docker Hub。我们将会使用自己的用户ID，这个ID也是我们前面创建的，并选择了一个合法的镜像名（如`youruser/yourimage`）。

我们可以在Docker Hub看到我们上传的镜像，如图4-4所示。

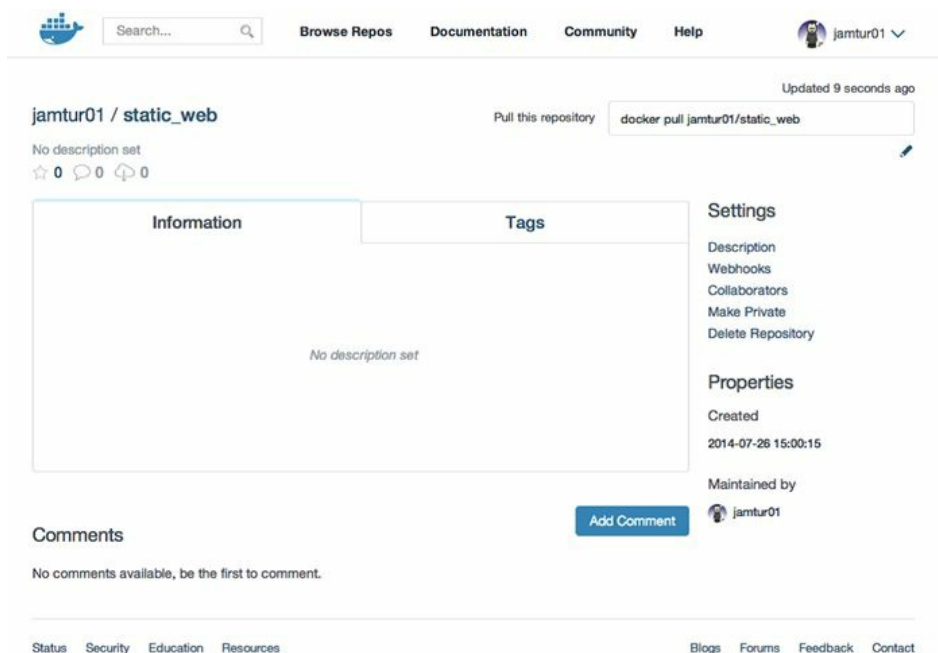


图4-4 用户在Docker Hub上的镜像

提示 可以在<http://docs.docker.com/docker-hub/> 查看到关于Docker Hub的文档和更多关于功能方面的信息。

自动构建

除了从命令行构建和推送镜像，Docker Hub还允许我们定义自动构建（Automated Builds）。为了使用自动构建，我们只需要将GitHub 或 BitBucket 中含有Dockerfile 文件的仓库连接到Docker Hub即可。向这个代码仓库推送代码时，将会触发一次镜像构建活动并创建一个新镜像。在之前该工作机制也被称为可信构建（Trusted Build）。

注意 自动构建同样支持私有GitHub和BitBucket仓库。

在Docker Hub中添加自动构建任务的第一步是将GitHub或者BitBucket账号连接到Docker Hub。具体操作是，打开Docker Hub，登录后单击个人信息链接，之后单击Add Repository ->Automated Build 按钮，如图4-5所示。



图4-5 添加仓库按钮

你将会在此页面看到关于链接到GitHub或者BitBucket账号的选项。单击GitHub logo 下面的Select 按钮开始账号链接。你将会转到GitHub页面并看到Docker Hub的账号链接授权请求。

在GitHub上有两个选项：**Public and Private (recommended)** 和**Limited**。选择**Public and Private (recommended)** 并单击**Allow Access** 完成授权操作。有可能会被要求输入GitHub的密码来确认访问请求。

之后，系统将提示你选择用来进行自动构建的组织或仓库，如图4-6所示。

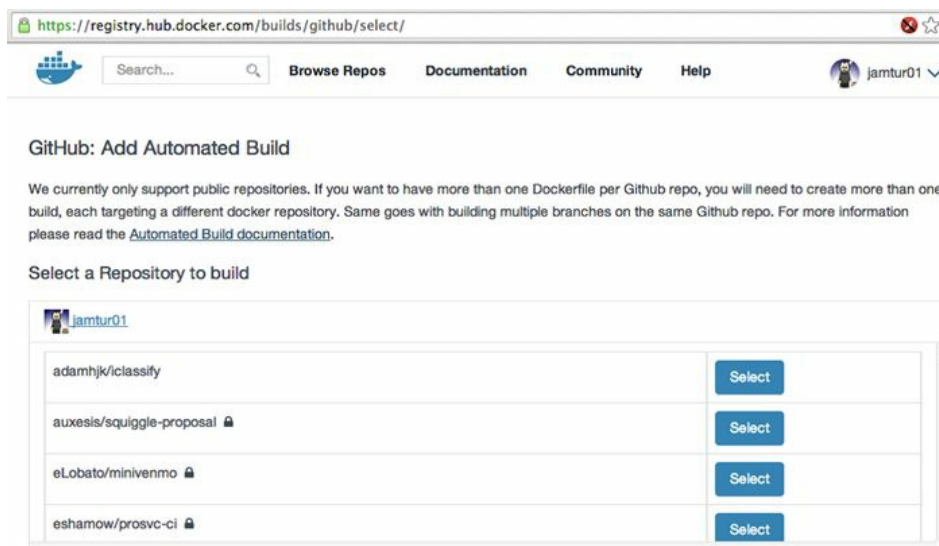


图4-6 选择仓库

单击想用来进行自动构建的仓库后面的**Select** 按钮，之后开始对自动构建进行配置，如图4-7所示。

The screenshot shows the Docker Hub interface for creating a new repository. The URL in the browser is `https://registry.hub.docker.com/builds/github/jamtur01/docker-puppetmaster/`. The page has a header with the Docker logo, a search bar, and navigation links: **Browse Repos**, **Documentation**, **Community**, and **Help**. The user `jamtur01` is logged in.

README.md

If you have a README.md file in your repository, we will use that as the repository full description. We will look for the README.md in the same directory where your Dockerfile lives.

Warning: If you change the full description after a build, it will be rewritten the next time the Automated Build, has been built. To make changes, change the README.md in the git repo. For more information please read the [Automated Build documentation](#).

Repo Name

`jamtur01` / `docker-puppetmaster` ✓

New unique Repo name; 1 - 30 characters. Only lowercase letters, digits and `_` `-` characters are allowed

Tags

Type	Name	Dockerfile Location	Docker Tag Name
Branch	master	/	latest

Public (selected)
Anyone can pull, and is listed and searchable on the docker index.

Private
Only you can pull, and is not listed on the docker index.

Active
☒ When active we will build when new pushes occur

Create Repository

图4-7 对自动构建进行配置

指定想使用的默认的分支名，并确认仓库名。

为每次自动构建过程创建的镜像指定一个标签，并指定Dockerfile 的位置。默认的位置为代码仓库的根目录下，但是也可以随意设置该路径。

最后，单击**Create Repository** 按钮来将你的自动构建添加到Docker Hub中，如图4-8所示。

你会看到你的自动构建已经被提交了。单击**Build Status** 链接可以查看最近一次构建的状态，包括标准输出的日志，里面记录了构建过程以及任何的错误。如果该构建状态为**Done**，则表示该自动构建为最新状态。**Error** 状态则表示构建过程出现错误。你可以单击查看详细的日志输出。

注意 不能通过`docker push` 命令推送一个自动构建，只能通过更新你的GitHub或者BitBucket仓库来更新你的自动构建。

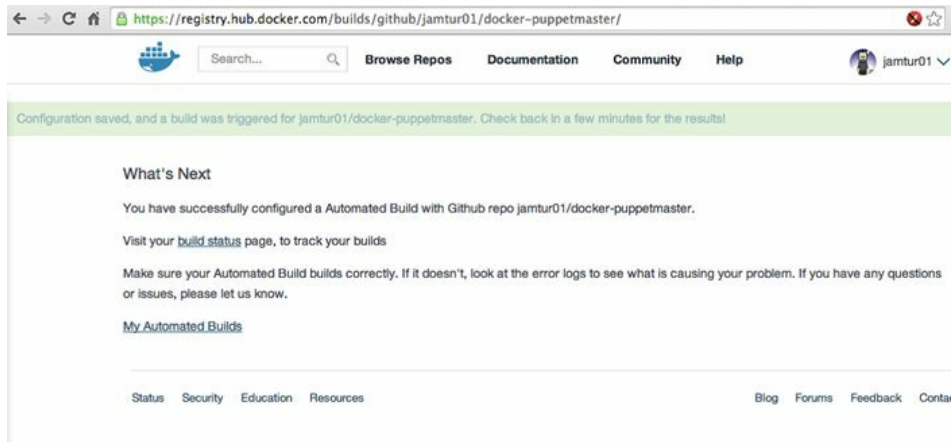


图4-8 创建你的自动构建

4.7 删除镜像

如果不再需要一个镜像了，也可以将它删除。可以使用 `docker rmi` 命令来删除一个镜像，如代码清单4-86所示。

代码清单4-86 删除Docker镜像

```
$ sudo docker rmi jamtur01/static_web
Untagged: 06c6c1f81534
Deleted: 06c6c1f81534
Deleted: 9f551a68e60f
Deleted: 997485f46ec4
Deleted: a101d806d694
Deleted: 85130977028d
```

这里我们删除了 `jamtur01/static_web` 镜像。在这里也可以看到Docker的分层文件系统：每一个 `Deleted:` 行都代表一个镜像层被删除。

注意 该操作只会将本地的镜像删除。如果之前已经将该镜像推送到Docker Hub上，那么它在Docker Hub上将依然存在。

如果想删除一个Docker Hub上的镜像仓库，需要在登录Docker Hub后使用 `Delete repository` 链接来删除 [3]，如图4-9所示。

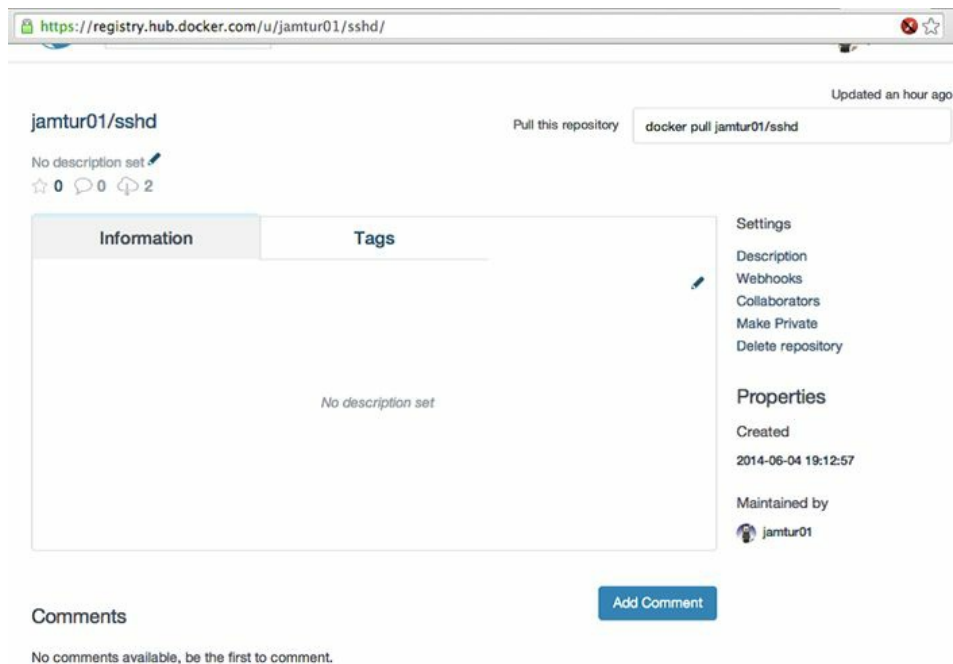


图4-9 删除仓库

还可以在命令行中指定一个镜像名列表来删除多个镜像，如代码清单4-87所示。

代码清单4-87 同时删除多个Docker镜像

```
$ sudo docker rmi jamtur01/apache2 jamtur01/puppetmaster
```

或者，类似于在第3章中看到的`docker rm`命令那样，我们可以像代码清单4-88所示的这样来使用`docker rmi`命令。

代码清单4-88 删除所有镜像

```
$ sudo docker rmi $(docker images -a -q)
```

4.8 运行自己的Docker Registry

显然，拥有Docker镜像的一个公共的Registry非常有用。但是，有时候我们可能希望构建和存储包含不想被公开的信息或数据的镜像。这时候我们有以下两种选择。

- 利用Docker Hub上的私有仓库 [4]。
- 在防火墙后面运行你自己的Registry。

感谢Docker公司的团队开源了他们用于运行Docker Registry的代码 [5]，这样我们就可以基于此代码在内部运行自己的Registry。目前Registry还不支持用户界面，只能以API服务的方式来运行。

提示 如果在代理或者公司防火墙之后运行Docker，也可以使用HTTPS_PROXY、HTTP_PROXY 和NO_PROXY 等选项来控制Docker如何互连。

4.8.1 从容器运行Registry

从Docker容器安装一个Registry非常简单。只需要像代码清单4-89所示的这样运行Docker提供的容器即可。

代码清单4-89 运行基于容器的Registry

```
$ sudo docker run -p 5000:5000 registry:2
```

注意 从Docker 1.3.1 开始，需要在启动Docker守护进程的命令中添加`--insecure-registry localhost:5000` 标志，并重启守护进程，才能使用本地Registry。

该命令将会启动一个运行Registry应用2.0版本的容器，并将5000端口绑定到本地宿主机。

提示 如果用户正在运行一个版本低于2.0的Docker Registry，那么可以使用Docker Registry迁移工具（<https://github.com/docker/migrator>）升级到新版的Registry。

4.8.2 测试新Registry

那么如何使用新的Registry呢？让我们先来看看是否能将本地已经存在的镜像 `jamtur01/static_web` 上传到我们的新Registry上去。首先，我们需要通过 `docker images` 命令来找到这个镜像的ID，如代码清单4-90所示。

代码清单4-90 查看jamtur01/static_web Docker 镜像

```
$ sudo docker images jamtur01/static_web
REPOSITORY          TAG         ID              CREATED          SIZE
jamtur01/static_web latest      22d47c8cb6e5   24 seconds ago  12.29 kB
(virtual 326 MB)
```

接着，我们找到镜像ID，即 `22d47c8cb6e5`，并使用新的Registry给该镜像打上标签。为了指定新的Registry目的地址，需要在镜像名前加上主机名和端口前缀。在这个例子里，我们的Registry主机名为 `docker.example.com`，如代码清单4-91所示。

代码清单4-91 使用新Registry为镜像打标签

```
$ sudo docker tag 22d47c8cb6e5 docker.example.com:5000/jamtur01/static_web
```

为镜像打完标签之后，就能通过 `docker push` 命令将它推送到新的Registry中去了，如代码清单4-92所示。

代码清单4-92 将镜像推送到新Registry

```
$ sudo docker push docker.example.com:5000/jamtur01/static_web
The push refers to a repository [docker.example.com:5000/jamtur01
```

```
/static_web] (len: 1)
Processing checksums
Sending image list
Pushing repository docker.example.com:5000/jamtur01/static_web (1 tags)
Pushing 22d47c8cb6e556420e5d58ca5cc376ef18e2de93b5cc90e868a1bbc8318c1c
Buffering to disk 58375952/? (n/a)
Pushing 58.38 MB/58.38 MB (100%)
. . .
```

这个镜像就被提交到了本地的Registry中，并且可以将其用于使用`docker run`命令构建新容器，如代码清单4-93所示。

代码清单4-93 从本地Registry构建新的容器

```
$ sudo docker run -t -i docker.example.com:5000/jamtur01/
static_web /bin/bash
```

这是在防火墙后面部署自己的Docker Registry的最简单的方式。我们并没有解释如何配置或者管理Registry。如果想深入了解如何配置认证和管理后端镜像存储方式，以及如何管理Registry等详细信息，可以在Docker Registry部署文档查看完整的配置和部署说明。

4.9 其他可选Registry服务

也有很多其他公司和服务提供定制的Docker Registry服务。

Quay

Quay^[6] 服务提供了私有的Registry托管服务，允许用户上传公共的或者私有的容器。目前它提供了免费的无限制的公共仓库托管服务，如果想托管私有仓库，它还提供了一系列的可伸缩计划。Quay最近被CoreOS^[7]收购了，并会被整合到他们的产品中去。

4.10 小结

在本章中，我们已经看到了如何使用Docker镜像及如何与其交互，以及关于如何修改、更新和上传镜像到Docker Index的基础知识。我们还学习了如何使用Dockerfile构建自己的定制镜像。最后，我们还研究了一下如何运行自己本地的Docker Registry和其他可选的镜像托管服务。这都是我们基于Docker构建服务的基础。

在下一章中，我们将看到如何利于这些知识将Docker集成到测试工作流和持续集成中去。

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Union_mount

[2] <http://golang.org/pkg/path/filepath/#Match>

[3] https://registry.hub.docker.com/u/jamtur01/static_web/

- [4] <https://registry.hub.docker.com/plans/>
- [5] <https://github.com/docker/docker-registry>
- [6] <https://quay.io/>
- [7] <https://coreos.com/>

第5章 在测试中使用Docker

在前几章中我们学习了很多Docker的基础知识，了解了什么是镜像，基本的启动流程，以及如何运作容器。了解了这些基础知识后，接下来让我们试着在实际开发和测试过程中使用Docker。首先来看看Docker如何使开发和测试更加流程化，效率更高。

为了演示，我们将会看到下面3个使用场景。

- 使用Docker测试一个静态网站。
- 使用Docker创建并测试一个Web应用。
- 将Docker用于持续集成。

注意 作者使用持续集成环境的经验大都基于Jenkins，因此本书里使用Jenkins作为持续集成环境的例子。读者可以把这几节所讲的思想应用到任何持续集成平台中。

在前两个使用场景中，我们将主要关注以本地开发者为主的开发和测试，而在最后一个使用场景里，我们会看到如何在更广泛的多人开发中将Docker用于构建和测试。

本章将介绍如何将使用Docker作为每日生活和工作流程的一部分，包括如何连接不同的容器等有用的概念。本章会包含很多有用的信息，告诉读者通常如何运行和管理Docker。所以，即便读者并不关心上述使用场景，作者也推荐读者能阅读本章。

5.1 使用Docker测试静态网站

将Docker作为本地Web开发环境是Docker的一个最简单的应用场景。这样的环境可以完全复制生产环境，并确保用户开发的东西在生产环境中也能运行。下面从将Nginx Web服务器安装到容器来架构一个简单的网站开始。这个网站暂且命名为Sample。

5.1.1 Sample网站的初始Dockerfile

为了完成网站开发，从这个简单的Dockerfile 开始。先来创建一个目录，保存Dockerfile，如代码清单5-1所示。

代码清单5-1 为Nginx Dockerfile 创建一个目录

```
$ mkdir sample
$ cd sample
$ touch Dockerfile
```

现在还需要一些Nginx配置文件，才能运行这个网站。首先在这个示例所在的目录里创建一个名为nginx 的目录，用来存放这些配置文件。然后我们可以从GitHub上下载作者准备

好的示例文件，如代码清单5-2所示。

代码清单5-2 获取Nginx配置文件

```
$ mkdir nginx && cd nginx
$ wget https://raw.githubusercontent.com/jamtur01/dockerbook-code
/master/code/5/sample/nginx/global.conf
$ wget https://raw.githubusercontent.com/jamtur01/dockerbook-code
/master/code/5/sample/nginx/nginx.conf
$ cd ..
```

现在看一下我们将要为Sample网站创建的Dockerfile，如代码清单5-3所示。

代码清单5-3 网站测试的基本Dockerfile

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -yqq update && apt-get -yqq install nginx
RUN mkdir -p /var/www/html/website
ADD nginx/global.conf /etc/nginx/conf.d/
ADD nginx/nginx.conf /etc/nginx/nginx.conf
EXPOSE 80
```

这个简单的Dockerfile 内容包括以下几项。

- 安装Nginx。
- 在容器中创建一个目录/var/www/html/website/。
- 将来自我们下载的本地文件的Nginx配置文件添加到镜像中。
- 公开镜像的80 端口。

这个Nginx配置文件是为了运行Sample网站而配置的。将文件nginx/global.conf 用ADD 指令复制到/etc/nginx/conf.d/ 目录中。配置文件global.conf的内容如代码清单5-4所示。

代码清单5-4 global.conf 文件

```
server {
    listen      0.0.0.0:80;
    server_name _;
    root        /var/www/html/website;
    index        index.html index.htm;
    access_log   /var/log/nginx/default_access.log;
    error_log    /var/log/nginx/default_error.log;
}
```

这个文件将Nginx设置为监听80 端口，并将网络服务的根路径设置为/var/www/html/website，这个目录是我们用RUN 指令创建的。

我们还需要将Nginx配置为非守护进程的模式，这样可以让Nginx在Docker容器里工作。将

文件`nginx/nginx.conf` 复制到`/etc/nginx` 目录就可以达到这个目的, `nginx.conf` 文件的内容如代码清单5-5所示。

代码清单5-5 `nginx.conf` 配置文件

```
user www-data;
worker_processes 4;
pid /run/nginx.pid;
daemon off;
events { }
http {
    sendfile on;
    tcp_nopush on;
    tcp_nodelay on;
    keepalive_timeout 65;
    types_hash_max_size 2048;
    include /etc/nginx/mime.types;
    default_type application/octet-stream;
    access_log /var/log/nginx/access.log;
    error_log /var/log/nginx/error.log;
    gzip on;
    gzip_disable "msie6";
    include /etc/nginx/conf.d/*.conf;
}
```

在这个配置文件里, `daemon off;` 选项阻止Nginx进入后台, 强制其在前台运行。这是因为要一直保持Docker容器的活跃状态, 需要其中运行的进程不能中断。默认情况下, Nginx会以守护进程的方式启动, 这会导致容器只是短暂运行, 在守护进程被fork启动后, 发起守护进程的原始进程就会退出, 这时容器就停止运行了。

这个文件通过ADD 指令复制到`/etc/nginx/nginx.conf`。

读者应该注意到了两个ADD 指令的目标有细微的差别。第一个指令以目录`/etc/nginx/conf.d/` 结束, 而第二个指令指定了文件`/etc/nginx/nginx.conf`。将文件复制到Docker镜像时, 这两种风格都是可以用的。

注意 读者可以在本书的代码网站 [\[1\]](#) 或者Docker Book网站 [\[2\]](#) 里找到所有的代码和示例配置文件。读者需要下载或者复制粘贴`nginx.conf` 和`global.conf` 配置文件到之前创建的`nginx` 目录里, 保证其可以用于`docker build` 命令。

5.1.2 构建Sample网站和Nginx镜像

利用之前的Dockerfile, 可以用`docker build` 命令构建出新的镜像, 并将这个镜像命名为`jamtur01/nginx`, 如代码清单5-6所示。

代码清单5-6 构建新的Nginx镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/nginx .
```

这将构建并命名一个新镜像。下面来看看构建的执行步骤。使用`docker history` 命令查看构建新镜像的步骤和层级, 如代码清单5-7所示。

```

$ sudo docker history jamtur01/nginx
IMAGE          CREATED        CREATED BY
SIZE
f99cb0a6726d 7 secs ago /bin/sh -c #(nop) EXPOSE 80/tcp
0 B
d0741c80034e 7 secs ago /bin/sh -c #(nop) ADD file:
d6698a182fafaf3cb0 415 B
f1b8d3ab6b4f 8 secs ago /bin/sh -c #(nop) ADD file:9778
ae1b43896011cc 286 B
4e88da941d2b About a min /bin/sh -c mkdir -p /var/www/html/
website 0 B
1224c6db31b7 About a min /bin/sh -c apt-get -yqq update && apt-
get -yq 39.32 MB
2cfbed445367 About a min /bin/sh -c #(nop) ENV REFRESHED_AT=2014-
06-01 0 B
6b5e0485e5fa About a min /bin/sh -c #(nop) MAINTAINER James
Turnbull " 0 B
91e54dfb1179 2 days ago /bin/sh -c #(nop) CMD ["/bin/bash"]
0 B
d74508fb6632 2 days ago /bin/sh -c sed -i 's/^#\s*\(\deb.*
universe\)$/' 1.895 kB
c22013c84729 2 days ago /bin/sh -c echo '#!/bin/sh' > /usr/sbin/
polic 194.5 kB
d3a1f33e8a5a 2 days ago /bin/sh -c #(nop) ADD file:5
a3f9e9ab88e725d60 188.2 MB

```

`history` 命令从新构建的 `jamtur01/nginx` 镜像的最后一层开始，追溯到最开始的父镜像 `ubuntu:14.04`。这个命令也展示了每步之间创建的新层，以及创建这个层所使用的 `Dockerfile` 里的指令。

5.1.3 从Sample网站和Nginx镜像构建容器

现在可以使用 `jamtur01/nginx` 镜像，并开始从这个镜像构建可以用来测试Sample网站的容器。为此，需要添加Sample网站的代码。现在下载这段代码到 `sample` 目录，如代码清单5-8所示。

```

$ mkdir website && cd website
$ wget https://raw.githubusercontent.com/jamtur01/dockerbook-code
/master/code/5/sample/website/index.html
$ cd..

```

这将在 `sample` 目录中创建一个名为 `website` 的目录，然后为Sample网站下载 `index.html` 文件，放到 `website` 目录中。

现在来看看如何使用 `docker run` 命令来运行一个容器，如代码清单5-9所示。


```
$ sudo docker run -d -p 80 --name website \
-v $PWD/website:/var/www/html/website \
jamtur01/nginx nginx
```

注意 可以看到，在执行`docker run`时传入了`nginx`作为容器的启动命令。一般情况下，这个命令无法让Nginx以交互的方式运行。我们已经在提供给Docker的配置里加入了指令`daemon off`，这个指令让Nginx启动后以交互的方式在前台运行。

可以看到，我们使用`docker run`命令从`jamtur01/nginx`镜像创建了一个名为`website`的容器。读者已经见过了大部分选项，不过`-v`选项是新的。`-v`这个选项允许我们将宿主的目录作为卷，挂载到容器里。

现在稍微偏题一下，我们来关注一下卷这个概念。卷在Docker里非常重要，也很有用。卷是在一个或者多个容器内被选定的目录，可以绕过分层的联合文件系统（Union File System），为Docker提供持久数据或者共享数据。这意味着对卷的修改会直接生效，并绕过镜像。当提交或者创建镜像时，卷不被包含在镜像里。

提示 卷可以在容器间共享。即便容器停止，卷里的内容依旧存在。在后面的章节会看到如何使用卷来管理数据。

回到刚才的例子。当我们因为某些原因不想把应用或者代码构建到镜像中时，就体现出卷的价值了。例如：

- 希望同时对代码做开发和测试；
- 代码改动很频繁，不想在开发过程中重构镜像；
- 希望在多个容器间共享代码。

`-v`选项通过指定一个目录或者登上与容器上与该目录分离的本地宿主机来工作，这两个目录用冒号分隔。如果容器目录不存在，Docker会自动创建一个。

也可以通过在目录后面加上`rw`或者`ro`来指定容器内目录的读写状态，如代码清单5-10所示。

代码清单5-10 控制卷的写状态

```
$ sudo docker run -d -p 80 --name website \
-v $PWD/website:/var/www/html/website:ro \
jamtur01/nginx nginx
```

这将使目的目录`/var/www/html/website`变成只读状态。

在Nginx网站容器里，我们通过卷将`$PWD/website`挂载到容器的`/var/www/html/website`目录，顺利挂载了正在开发的本地网站。在Nginx配置里（在配置文件`/etc/nginx/conf.d/global.conf`中），已经指定了这个目录为Nginx服务器的工作目录。

提示 这里使用的`website`目录包含在本书的源代码中^[3]以及GitHub^[4]上。读者可以在对应的目录里看到刚刚下载的`index.html`文件。

现在，如果使用`docker ps` 命令查看正在运行的容器，可以看到名为`website` 的容器正处于活跃状态，容器的`80` 端口被映射到宿主机的`49161` 端口，如代码清单5-11所示。

代码清单5-11 查看Sample网站容器

```
$ sudo docker ps -l
CONTAINER ID   IMAGE                                ... PORTS                                NAMES
6751b94bb5c0   jamtur01/nginx:latest ... 0.0.0.0:49161->80/tcp website
```

如果在Docker的宿主机上浏览`49161` 端口，就会看到图5-1所示的Sample网站。



图5-1 浏览Sample网站

提示 记住，如果用户在使用BootDocker或者Docker Toolbox，需要注意这两个工具都会在本机创建一个虚拟机，这个虚拟机具有自己独立的网络接口和IP地址。需要连接到虚拟机的地址，而不是`localhost` 或者用户的本地主机的IP地址。在第2章讨论安装Docker的时候，我们也曾讨论过更多细节。

5.1.4 修改网站

我们已经得到了一个可以工作的网站！现在，如果要修改网站，该怎么办？可以直接打开本地宿主机的`website` 目录下的`index.html` 文件并修改，如代码清单5-12所示。

代码清单5-12 修改Sample网站

```
$ vi $PWD/website/index.html
```

我们把代码清单5-13所示的原来的标题改为代码清单5-14所示的新标题。

代码清单5-13 原来的标题

```
This is a test website
```

代码清单5-14 新标题

```
This is a test website for Docker
```

刷新一下浏览器，看看现在的网站是什么样的，如图5-2所示。



图5-2 浏览修改后的Sample网站

可以看到，Sample网站已经更新了。显然这个修改太简单了，不过可以看出，更复杂的修改也并不困难。更重要的是，正在测试网站的运行环境，完全是生产环境里的真实状态。现在可以给每个用于生产的网站服务环境（如Apache、Nginx）配置一个容器，给不同开发框架的运行环境（如PHP或者Ruby on Rails）配置一个容器，或者给后端数据库配置一个容器，等等。

5.2 使用Docker构建并测试Web应用程序

现在来看一个更复杂的例子，测试一个更大的Web应用程序。我们将要测试一个基于Sinatra的Web应用程序，而不是静态网站，然后我们将基于Docker来对这个应用进行测试。Sinatra是一个基于Ruby的Web应用框架，它包含一个Web应用库，以及简单的领域专用语言（即DSL）来构建Web应用程序。与其他复杂的Web应用框架（如Ruby on Rails）不同，Sinatra并不遵循MVC模式，而关注于让开发者创建快速、简单的Web应用。

因此，Sinatra非常适合用来创建一个小型的示例应用进行测试。在这个例子里，我们将创建一个应用程序，它接收输入的URL参数，并以JSON散列的结构输出到客户端。通过这个例子，我们也将展示一下如何将Docker容器链接起来。

5.2.1 构建Sinatra应用程序

我们先来创建一个sinatra目录，用来存放应用程序的代码，以及构建时我们所需的所有相关文件，如代码清单5-15所示。

代码清单5-15 为测试Web应用程序创建目录

```
$ mkdir -p sinatra
$ cd sinatra
```

在sinatra目录下，让我们从Dockerfile开始，构建一个基础镜像，并用这个镜像来开发Sinatra Web应用程序，如代码清单5-16所示。

代码清单5-16 测试用Web应用程序的Dockerfile

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get update -yqq && apt-get -yqq install ruby ruby-dev
    build-essential redis-tools
RUN gem install --no-rdoc --no-ri sinatra json redis
RUN mkdir -p /opt/webapp
EXPOSE 4567
CMD [ "/opt/webapp/bin/webapp" ]
```

可以看到，我们已经创建了另一个基于Ubuntu的镜像，安装了Ruby和RubyGem，并且使用gem命令安装了sinatra、json和redis gem。sinatra是Sinatra的库，json用来提供对JSON的支持。redis gem在后面会用到，用来和Redis数据库进行集成。

我们已经创建了一个目录来存放新的Web应用程序，并公开了WEBrick的默认端口4567。

最后，使用CMD指定/opt/webapp/bin/webapp作为Web应用程序的启动文件。

现在使用docker build命令来构建新的镜像，如代码清单5-17所示。

代码清单5-17 构建新的Sinatra镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/sinatra .
```

5.2.2 创建Sinatra容器

我们已经创建了镜像，现在让我们下载Sinatra Web应用程序的源代码。这份代码可以在本书的官网 [5] 或Docker Book网站 [6] 找到。这个应用程序在webapp目录下，由bin和lib两个目录组成。

现在将其下载到sinatra目录中，如代码清单5-18所示。

代码清单5-18 下载Sinatra Web应用程序

```
$ cd sinatra
$ wget --cut-dirs=3 -nH -r --reject Dockerfile,index.html --no-parent http://dockerbook.com/code/5/sinatra/webapp/
$ ls -l webapp
. . .
```

下面我们就来快速浏览一下webapp源代码的核心，其源代码保存在sinatra/`webapp/lib/app.rb文件中，如代码清单5-19所示。

代码清单5-19 Sinatra app.rb源代码

```
require "rubygems"
require "sinatra"
require "json"
class App < Sinatra::Application
  set :bind, '0.0.0.0'
  get '/' do
    "<h1>DockerBook Test Sinatra app</h1>"
  end
  post '/json/?' do
    params.to_json
  end
end
```

可以看到，这个程序很简单，所有访问/`json`端点的POST请求参数都会被转换为JSON的格式后输出。

这里还要使用`chmod` 命令保证`webapp/bin/webapp` 这个文件可以执行，如代码清单5-20所示。

代码清单5-20 确保`webapp/bin/webapp` 可以执行

```
$ chmod +x webapp/bin/webapp
```

现在我们就可以基于我们的镜像，通过`docker run` 命令启动一个新容器。要启动容器，我们需要在`sinatra` 目录下，因为我们需要将这个目录下的源代码通过卷挂载到容器中去，如代码清单5-21所示。

代码清单5-21 启动第一个Sinatra容器

```
$ sudo docker run -d -p 4567 --name webapp \  
-v $PWD/webapp:/opt/webapp jamtur01/sinatra
```

这里从`jamtur01/sinatra` 镜像创建了一个新的名为`webapp` 的容器。指定了一个新卷，使用存放新Sinatra Web应用程序的`webapp`目录，并将这个卷挂载到在`Dockerfile` 里创建的目录`/opt/webapp`。

我们没有在命令行中指定要运行的命令，而是使用在镜像的`Dockerfile` 中`CMD` 指令设置的命令，如代码清单5-22所示。

代码清单5-22 `Dockerfile` 中的`CMD`指令

```
. . .  
CMD [ "/opt/webapp/bin/webapp" ]  
. . .
```

从这个镜像启动容器时，将会执行这一命令。

也可以使用`docker logs` 命令查看被执行的命令都输出了什么，如代码清单5-23所示。

代码清单5-23 检查Sinatra容器的日志

```
$ sudo docker logs webapp  
[2013-08-05 02:22:14] INFO WEBrick 1.3.1  
[2013-08-05 02:22:14] INFO ruby 1.8.7 (2011-06-30) [x86_64-linux]  
== Sinatra/1.4.3 has taken the stage on 4567 for development with  
backup from WEBrick  
[2013-08-05 02:22:14] INFO WEBrick::HTTPServer#start: pid=1 port=4567
```

运行**docker logs** 命令时加上**-f** 标志可以达到与执行**tail -f** 命令一样的效果——持续输出容器的STDERR 和STDOUT 里的内容，如代码清单5-24所示。

代码清单5-24 跟踪Sinatra容器的日志

```
$ sudo docker logs -f webapp
. . .
```

可以使用**docker top** 命令查看Docker容器里正在运行的进程，如代码清单5-25所示。

代码清单5-25 使用docker top来列出Sinatra进程

```
$ sudo docker top webapp
UID PID PPID C STIME TTY TIME CMD
root 21506 15332 0 20:26 ? 00:00:00 /usr/bin/ruby /opt/webapp/bin/webapp
```

从这一日志可以看出，容器中已经启动了Sinatra，而且WEBrick服务进程正在监听**4567** 端口，等待测试。先查看一下这个端口映射到本地宿主机的哪个端口，如代码清单5-26所示。

代码清单5-26 检查Sinatra的端口映射

```
$ sudo docker port webapp 4567
0.0.0.0:49160
```

目前，Sinatra应用还很基础，没做什么。它只是接收输入参数，并将输入转化为JSON输出。现在可以使用**curl** 命令来测试这个应用程序了，如代码清单5-27所示。

代码清单5-27 测试Sinatra应用程序

```
$ curl -i -H 'Accept: application/json' \
-d 'name=Foo&status=Bar' http://localhost:49160/json
HTTP/1.1 200 OK
X-Content-Type-Options: nosniff
Content-Length: 29
X-Frame-Options: SAMEORIGIN
Connection: Keep-Alive
Date: Mon, 05 Aug 2013 02:22:21 GMT
Content-Type: text/html; charset=utf-8
Server: WEBrick/1.3.1 (Ruby/1.8.7/2011-06-30)
X-Xss-Protection: 1; mode=block
{"name":"Foo","status":"Bar"}
```

可以看到，我们给Sinatra应用程序传入了一些URL参数，并看到这些参数转化成JSON散列后的输出：**{"name":"Foo","status":"Bar"}**。

成功！然后试试看，我们能不能通过连接到运行在另一个容器里的服务，把当前的示例应用程序容器扩展为真正的应用程序栈。

5.2.3 扩展Sinatra应用程序来使用Redis

现在我们将要扩展Sinatra应用程序，加入Redis后端数据库，并在Redis数据库中存储输入的URL参数。为了达到这个目的，我们要下载一个新版本的Sinatra应用程序。我们还将创建一个运行Redis数据库的镜像和容器。之后，要利用Docker的特性来关联两个容器。

1. 升级我们的Sinatra应用程序

让我们从下载一个升级版的Sinatra应用程序开始，这个升级版中增加了连接Redis的配置。在sinatra目录中，我们下载了我们这个应用的启用了Redis的版本，并保存到一个新目录webapp_redis中，如代码清单5-28所示。

代码清单5-28 下载升级版的Sinatra Web应用程序

```
$ cd sinatra
$ wget --cut-dirs=3 -nH -r --reject Dockerfile,index.html --no-
  parent http://dockerbook.com/code/5/sinatra/webapp_redis/
$ ls -l webapp_redis
. . .
```

我们看到新应用程序已经下载，现在让我们看一下lib/app.rb 文件中的核心代码，如代码清单5-29所示。

代码清单5-29 app.rb 文件

```
require "rubygems"
require "sinatra"
require "json"
require "redis"
class App < Sinatra::Application
  redis = Redis.new(:host => 'db', :port => '6379')
  set :bind, '0.0.0.0'
  get '/' do
    "<h1>DockerBook Test Redis-enabled Sinatra app</h1>"
  end
  get '/json' do
    params = redis.get "params"
    params.to_json
  end
  post '/json/?' do
    redis.set "params", [params].to_json
    params.to_json
  end
end
```

注意 可以在http://dockerbook.com/code/5/sinatra/webapp_redis/ 或者Docker Book网站 (<https://github.com/jamtur01/dockerbook-code>) 上获取升级版的启用了Redis的Sinatra应用程序的完整代码。

我们可以看到新版本的代码和前面的代码几乎一样，只是增加了对Redis的支持。我们创建了一个到Redis的连接，用来连接名为db 的宿主机上的Redis数据库，端口为6379。我们在POST 请求处理中，将URL参数保存到了Redis数据库中，并在需要的时候通过GET 请

求从中取回这个值。

我们同样需要确保webapp_redis/bin/webapp 文件在使用之前具备可执行权限，这可以通过chmod 命令来实现，如代码清单5-30所示。

代码清单5-30 使webapp_redis/bin/webapp 文件可执行

```
$ chmod +x webapp_redis/bin/webapp
```

2. 构建Redis数据库镜像

为了构建Redis数据库，要创建一个新的镜像。我们需要在sinatra 目录下创建一个redis 目录，用来保存构建Redis容器所需的所有相关文件，如代码清单5-31所示。

代码清单5-31 为Redis容器创建目录

```
$ mkdir -p sinatra/redis
$ cd sinatra/redis
```

在sinatra/redis`` 目录``中， 让我们从Redis镜像的另一个Dockerfile 开始，如代码清单5-32所示。

代码清单5-32 用于Redis镜像的Dockerfile

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -yyq update && apt-get -yyq install redis-server
redis-tools
EXPOSE 6379
ENTRYPOINT [ "/usr/bin/redis-server" ]
CMD []
```

我们在Dockerfile 里指定了安装Redis服务器，公开6379 端口，并指定了启动Redis服务器的ENTRYPOINT 。现在来构建这个镜像，命名为jamtur01/redis ，如代码清单5-33所示。

代码清单5-33 构建Redis镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/redis .
```

现在从这个新镜像构建容器，如代码清单5-34所示。

代码清单5-34 启动Redis容器

```
$ sudo docker run -d -p 6379 --name redis jamtur01/redis
0a206261f079
```


可以看到，我们从`jamtur01/redis` 镜像启动了一个新的容器，名字是`redis`。注意，我们指定了`-p` 标志来公开`6379` 端口。看看这个端口映射到宿主机的哪个端口，如代码清单5-35所示。

代码清单5-35 检查Redis端口

```
$ sudo docker port redis 6379
0.0.0.0:49161
```

Redis的端口映射到了`49161` 端口。试着连接到这个Redis实例。

我们需要在本地安装Redis客户端做测试。在Ubuntu系统上，客户端程序一般在`redis-tools` 包里，如代码清单5-36所示。

代码清单5-36 在Ubuntu上安装redis-tools 包

```
$ sudo apt-get -y install redis-tools
```

而在Red Hat及相关系统上，包名则为`redis`，如代码清单5-37所示。

代码清单5-37 在Red Hat等上安装Redis 包

```
$ sudo yum install -y -q redis
```

然后，可以使用`redis-cli` 命令来确认Redis服务器工作是否正常，如代码清单5-38所示。

代码清单5-38 测试Redis连接

```
$ redis-cli -h 127.0.0.1 -p 49161
redis 127.0.0.1:49161>
```

这里使用Redis客户端连接到`127.0.0.1` 的`49161` 端口，验证了Redis服务器正在正常工作。可以使用`quit` 命令来退出Redis CLI 接口。

5.2.4 将Sinatra应用程序连接到Redis容器

现在来更新Sinatra应用程序，让其连接到Redis并存储传入的参数。为此，需要能够与Redis服务器对话。要做到这一点，可以用以下几种方法。

- Docker的内部网络。
- 从Docker 1.9及之后的版本开始，可以使用Docker Networking以及`docker network`命令。
- Docker链接。一个可以将具体容器链接到一起来进行通信的抽象层。

那么，我们应该选择哪种方法呢？第一种方法，Docker的内部网络这种解决方案并不是灵

活、强大。我们针对这种方式的讨论，也只是为了介绍Docker网络是如何工作的。我们不推荐采用这种方式来连接Docker容器。

两种比较现实的连接Docker容器的方式是Docker Networking和Docker链接（Docker link）。具体应该选择哪种方式取决于用户运行的Docker的版本。如果用户正在使用Docker 1.9或者更新的版本，推荐使用Docker Networking，如果使用的是Docker 1.9之前的版本，应该选择Docker链接。

在Docker Networking和Docker链接之间也有一些区别。这也是我们推荐使用Docker Networking而不是链接的原因。

- Docker Networking可以将容器连接到不同宿主机上的容器。
- 通过Docker Networking连接的容器可以在无需更新连接的情况下，对停止、启动或者重启容器。而使用Docker链接，则可能需要更新一些配置，或者重启相应的容器来维护Docker容器之间的链接。
- 使用Docker Networking，不必事先创建容器再去连接它。同样，也不必关心容器的运行顺序，读者可以在网络内部获得容器名解析和发现。

在后面几节中，我们将会看到将Docker容器连接起来的各种解决方案。

5.2.5 Docker内部连网

第一种方法涉及Docker自己的网络栈。到目前为止，我们看到的Docker容器都是公开端口并绑定到本地网络接口的，这样可以把容器里的服务在本地Docker宿主机所在的外部网络上（比如，把容器里的80端口绑到本地宿主机的更高端口上）公开。除了这种用法，Docker这个特性还有种用法我们没有见过，那就是内部网络。

在安装Docker时，会创建一个新的网络接口，名字是docker0。每个Docker容器都会在这个接口上分配一个IP地址。来看看目前Docker宿主机上这个网络接口的信息，如代码清单5-39所示。

提示 Docker自1.5.0版本开始支持IPv6，要启动这一功能，可以在运行Docker守护进程时加上--ipv6 标志。

代码清单5-39 docker0 网络接口

```
$ ip a show docker0
4: docker0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue state UP
    link/ether 06:41:69:71:00:ba brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 172.17.42.1/16 scope global docker0
    inet6 fe80::1cb3:6eff:fee2:2df1/64 scope link
    valid_lft forever preferred_lft forever
. . .
```

可以看到，docker0 接口有符合RFC1918的私有IP地址，范围是172.16~172.30。接口本身的地址172.17.42.1 是这个Docker网络的网关地址，也是所有Docker容器的网关地址。

提示 Docker会默认使用172.17.x.x 作为子网地址，除非已经有别人占用了这个子网。如果这个子网被占用了，Docker会在172.16~172.30 这个范围内尝试创建子网。

接口**docker0** 是一个虚拟的以太网桥，用于连接容器和本地宿主网络。如果进一步查看**Docker**宿主机的其他网络接口，会发现一系列名字以**veth** 开头的接口，如代码清单5-40所示。

代码清单5-40 veth 接口

```
vethec6a Link encap:Ethernet HWaddr 86:e1:95:da:e2:5a
         inet6 addr: fe80::84e1:95ff:feda:e25a/64 Scope:Link
. . .
```

Docker每创建一个容器就会创建一组互联的网络接口。这组接口就像管道的两端（就是说，从一端发送的数据会在另一端接收到）。这组接口其中一端作为容器里的**eth0** 接口，而另一端统一命名为类似**vethec6a** 这种名字，作为宿主机的一个端口。可以把**veth** 接口认为是虚拟网线的一端。这个虚拟网线一端插在名为**docker0** 的网桥上，另一端插到容器里。通过把每个**veth*** 接口绑定到**docker0** 网桥，**Docker**创建了一个虚拟子网，这个子网由主机和所有的**Docker**容器共享。

进入容器里面，看看这个子网管道的另一端，如代码清单5-41所示。

代码清单5-41 容器内的eth0接口

```
$ sudo docker run -t -i ubuntu /bin/bash
root@b9107458f16a:/# ip a show eth0
1483: eth0: <BROADCAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast
state UP group default qlen 1000
    link/ether f2:1f:28:de:ee:a7 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 172.17.0.29/16 scope global eth0
    inet6 fe80::f01f:28ff:fede:eea7/64 scope link
    valid_lft forever preferred_lft forever
```

可以看到，**Docker**给容器分配了IP地址**172.17.0.29** 作为宿主虚拟接口的另一端。这样就能够让宿主网络和容器互相通信了。

让我们从容器内跟踪对外通信的路由，看看是如何建立连接的，如代码清单5-42所示。

代码清单5-42 在容器内跟踪对外的路由

```
root@b9107458f16a:/# apt-get -yqq update && apt-get install -yqq traceroute
. . .
root@b9107458f16a:/# traceroute google.com
traceroute to google.com (74.125.228.78), 30 hops max, 60 byte packets
 1  172.17.42.1 (172.17.42.1)  0.078 ms  0.026 ms  0.024 ms
. . .
15  iad23s07-in-f14.1e100.net (74.125.228.78)  32.272 ms  28.050 ms  25.662 ms
```

可以看到，容器地址后的下一跳是宿主网络上**docker0** 接口的网关IP**172.17.42.1** 。

不过**Docker**网络还有另一个部分配置才能允许建立连接：防火墙规则和NAT配置。这些配置允许**Docker**在宿主网络和容器间路由。现在来查看一下主机上的IPTables NAT配置，

如代码清单5-43所示。

代码清单5-43 Docker的iptables 和NAT配置

```
$ sudo iptables -t nat -L -n
Chain PREROUTING (policy ACCEPT)
target prot opt source      destination
DOCKER all  --  0.0.0.0/0  0.0.0.0/0    ADDRTYPE match dst-type LOCAL
Chain OUTPUT (policy ACCEPT)
target prot opt source      destination
DOCKER all  --  0.0.0.0/0  !127.0.0.0/8 ADDRTYPE match dst-type LOCAL
Chain POSTROUTING (policy ACCEPT)
target prot opt source      destination
MASQUERADE all  --  172.17.0.0/16 !172.17.0.0/16
Chain DOCKER (2 references)
target prot opt source      destination
DNAT tcp -- 0.0.0.0/0 0.0.0.0/0 tcp dpt:49161 to:172.17.0.18:6379
```

这里有几个值得注意的IPTables规则。首先，我们注意到，容器默认是无法访问的。从宿主网络与容器通信时，必须明确指定打开的端口。下面我们以DNAT（即目标NAT）这个规则为例，这个规则把容器里的访问路由到Docker宿主机的49161端口。

提示 想了解更多关于Docker的高级网络配置，有一篇文章 [\[7\]](#) 很有用。

Redis容器的网络

下面我们用docker `inspect` 命令来查看新的Redis容器的网络配置，如代码清单5-44所示。

代码清单5-44 Redis容器的网络配置

```
$ sudo docker inspect redis
...
  "NetworkSettings": {
    "Bridge": "docker0",
    "Gateway": "172.17.42.1",
    "IPAddress": "172.17.0.18",
    "IPPrefixLen": 16,
    "PortMapping": null,
    "Ports": {
      "6379/tcp": [
        {
          "HostIp": "0.0.0.0",
          "HostPort": "49161"
        }
      ]
    }
  },
  ...
```

docker `inspect` 命令展示了Docker容器的细节，这些细节包括配置信息和网络状况。为了清晰，这个例子去掉了大部分信息，只展示了网络配置。也可以在命令里使用 `-f` 标

志，只获取IP地址，如代码清单5-45所示。

代码清单5-45 查看Redis容器的IP地址

```
$ sudo docker inspect -f '{{ .NetworkSettings.IPAddress }}' redis
172.17.0.18
```

通过运行`docker inspect`命令可以看到，容器的IP地址为**172.17.0.18**，并使用了**docker0**接口作为网关地址。还可以看到**6379**端口被映射到本地宿主机的**49161**端口。只是，因为运行在本地的 Docker 宿主机上，所以不是一定要用映射后的端口，也可以直接使用**172.17.0.18**地址 与Redis服务器的**6379**端口通信，如代码清单5-46所示。

代码清单5-46 直接与Redis容器通信

```
$ redis-cli -h 172.17.0.18
redis 172.17.0.18:6379>
```

在确认完可以连接到Redis服务之后，可以使用`quit` 命令退出Redis接口。

注意 Docker默认会把公开的端口绑定到所有的网络接口上。因此，也可以通过**localhost** 或者**127.0.0.1** 来访问Redis服务器。

因此，虽然第一眼看上去这是让容器互联的一个好方案，但可惜的是，这种方法有两个大问题：第一，要在应用程序里对Redis容器的IP地址做硬编码；第二，如果重启容器，Docker会改变容器的IP地址。现在用`docker restart` 命令来看看地址的变化，如代码清单5-47所示。（如果使用`docker kill` 命令杀死容器再重启，也会得到同样的结果。）

代码清单5-47 重启Redis容器

```
$ sudo docker restart redis
```

让我们查看一下容器的IP地址，如代码清单5-48所示。

代码清单5-48 查找重启后Redis容器的IP地址

```
$ sudo docker inspect -f '{{ .NetworkSettings.IPAddress }}' redis
172.17.0.19
```

可以看到，Redis容器有了新的IP地址**172.17.0.19**，这就意味着，如果在Sinatra应用程序里硬编码了原来的地址，那么现在就无法让应用程序连接到Redis数据库了。这可不那么好用。

谢天谢地，从Docker 1.9开始，Docker连网已经灵活得多。让我们来看一下，如何用新的连网框架连接容器。

5.2.6 Docker Networking

容器之间的连接用网络创建，这被称为Docker Networking，也是Docker 1.9发布版本中的一个新特性。Docker Networking允许用户创建自己的网络，容器可以通过这个网上互相通信。实质上，Docker Networking以新的用户管理的网络补充了现有的docker0。更重要的是，现在容器可以跨越不同的宿主机来通信，并且网络配置可以更灵活地定制。Docker Networking也和Docker Compose以及Swarm进行了集成，第7章将对Docker Compose和Swarm进行介绍。

注意 Docker Networking支持也是可插拔的，也就是说可以增加网络驱动以支持来自不同网络设备提供商（如Cisco和VMware）的特定拓扑和网络框架。

下面我们就来看一个简单的例子，启动前面的Docker链接例子中使用的Web应用程序以及Redis容器。要想使用Docker网络，需要先创建一个网络，然后在这个网络下启动容器，如代码清单5-49所示。

代码清单5-49 创建Docker网络

```
$ sudo docker network create app
ec8bc3a70094a1ac3179b232bc185fcda120dad85dec394e6b5b01f7006476d4
```

这里用docker network 命令创建了一个桥接网络，命名为app，这个命令返回新创建的网络的网络ID。

然后可以用docker network inspect 命令查看新创建的这个网络，如代码清单5-50所示。

代码清单5-50 查看app 网络

```
$ sudo docker network inspect app
[
  {
    "Name": "app",
    "Id": "ec8bc3a70094a1ac3179b232bc185fcda120dad85dec394e6b5b01f7006476d4",
    "Scope": "local",
    "Driver": "bridge",
    "IPAM": {
      "Driver": "default",
      "Config": [
        {}
      ]
    },
    "Containers": {},
    "Options": {}
  }
]
```

我们可以看到这个新网络是一个本地的桥接网络（这非常像docker0 网络），而且现在还没有容器在这个网络中运行。

提示 除了运行于单个主机之上的桥接网络，我们也可以创建一个overlay 网络，overlay 网络允许我们跨多台宿主

机进行通信。可以在Docker多宿主网络文档 [8] 中获取更多关于overlay 网络的信息。

可以使用`docker network ls` 命令列出当前系统中的所有网络，如代码清单5-51所示。

代码清单5-51 `docker network ls` 命令

```
$ sudo docker network ls
NETWORK ID          NAME                DRIVER
a74047bace7e        bridge             bridge
ec8bc3a70094        app               bridge
8f0d4282ca79        none              null
7c8cd5d23ad5        host              host
```

也可以使用`docker network rm` 命令删除一个Docker网络。下面我们先从启动Redis容器开始，在之前创建的app 网络中添加一些容器，如代码清单5-52所示。

代码清单5-52 在Docker网络中创建Redis容器

```
$ sudo docker run -d --net=app --name db jamtur01/redis
```

这里我们基于`jamtur01/redis` 镜像创建了一个名为`db` 的新容器。我们同时指定了一个新的标志`--net`，`--net` 标志指定了新容器将会在哪个网络中运行。

这时，如果再次运行`docker network inspect` 命令，将会看到这个网络更详细的信息，如代码清单5-53所示。

代码清单5-53 更新后的app 网络

```
$ sudo docker network inspect app
[
  {
    "Name": "app",
    "Id": "ec8bc3a70094a1ac3179b232bc185fcda120dad85dec394e6b5b01f7006476d4",
    "Scope": "local",
    "Driver": "bridge",
    "IPAM": {
      "Driver": "default",
      "Config": [
        {}
      ]
    }
  },
  "Containers": {
    "9a5ac1aa39d84a1678b51c26525bda2b89fb9a837f03c871441aec645958fe73": {
      "EndpointID": "21a90395cb5a2c2868aaa77e05f0dd06a4ad161e13e99ed666741dc0219174ef",
      "MacAddress": "02:42:ac:12:00:02",
      "IPv4Address": "172.18.0.2/16",
      "IPv6Address": ""
    }
  }
}
```

```
    }  
  },  
  "Options": {}  
}  
]
```

现在在这个网络中，我们可以看到一个容器，它有一个MAC地址，并且IP地址为172.18.0.2。

接着，我们再在我们创建的网络下增加一个运行启用了Redis的Sinatra应用程序的容器，要做到这一点，需要先回到sinatra/webapp目录下，如代码清单5-54所示。

代码清单5-54 链接Redis容器

```
$ cd sinatra/webapp  
$ sudo docker run -p 4567 \  
--net=app --name webapp -t -i \  
-v $PWD/webapp:/opt/webapp jamtur01/sinatra \  
/bin/bash  
root@305c5f27dbd1:/#
```

注意 这是启用了Redis的Sinatra应用程序，我们在前面Docker链接的例子中用过。其代码可以从http://dockerbook.com/code/5/sinatra/webapp_redis/ 或者Docker Book网站 [9] 获取。

我们在app网络下启动了一个名为webapp的容器。我们以交互的方式启动了这个容器，以便我们可以进入里面看看它内部发生了什么。

由于这个容器是在app网络内部启动的，因此Docker将会感知到所有在这个网络下运行的容器，并且通过/etc/hosts文件将这些容器的地址保存到本地DNS中。我们就在webapp容器中看看这些信息，如代码清单5-55所示。

代码清单5-55 webapp容器的/etc/hosts文件

```
cat /etc/hosts  
172.18.0.3      305c5f27dbd1  
127.0.0.1      localhost  
...  
172.18.0.2      db  
172.18.0.2      db.app
```

我们可以看到/etc/hosts文件包含了webapp容器的IP地址，以及一条localhost记录。同时，该文件还包含两条关于db容器的记录。第一条是db容器的主机名和IP地址172.18.0.2。第二条记录则将app网络名作为域名后缀添加到主机名后面，app网络内部的任何主机都可以使用hostname.app的形式来被解析，这个例子里是db.app。下面我们就来试试，如代码清单5-56所示。

代码清单5-56 Pinging db.app`p

```
$ ping db.app
```



```
PING db.app (172.18.0.2) 56(84) bytes of data.  
64 bytes from db (172.18.0.2): icmp_seq=1 ttl=64 time=0.290 ms  
64 bytes from db (172.18.0.2): icmp_seq=2 ttl=64 time=0.082 ms  
64 bytes from db (172.18.0.2): icmp_seq=3 ttl=64 time=0.111 ms  
...
```

但是，在这个例子里，我们只需要**db** 条目就可以让我们的应用程序正常工作了，我们的Redis连接代码里使用的也是**db** 这个主机名，如代码清单5-57所示。

代码清单5-57 代码中指定的Redis DB主机名

```
redis = Redis.new(:host => 'db', :port => '6379')
```

现在，就可以启动我们的应用程序，并且让Sinatra应用程序通过**db** 和**webapp** 两个容器间的连接，将接收到的参数写入Redis中，**db** 和**webapp** 容器间的连接也是通过**app** 网络建立的。重要的是，如果任何一个容器重启了，那么它们的IP地址信息则会自动在**/etc/hosts** 文件中更新。也就是说，对底层容器的修改并不会对我们的应用程序正常工作产生影响。

让我们在容器内启动我们的应用程序，如代码清单5-58所示。

代码清单5-58 启动启用了Redis的Sinatra应用程序

```
root@305c5f27dbd1:/# _nohup /opt/webapp/bin/webapp &  
nohup: ignoring input and appending output to 'nohup.out'
```

这里我们以后台运行的方式启动了这个Sinatra应用程序，下面我们就来检查一下我们的Sinatra容器为这个应用程序绑定了哪个端口，如代码清单5-59所示。

代码清单5-59 检查Sinatra容器的端口映射情况

```
$ sudo docker port webapp 4567  
0.0.0.0:49161
```

很好，我们看到容器中的**4567** 端口被绑定到了宿主机上的**49161** 端口。让我们利用这些信息在Docker宿主主机上，通过**curl** 命令来测试一下我们的应用程序，如代码清单5-60所示。

代码清单5-60 测试启用了Redis的Sinatra应用程序

```
$ curl -i -H 'Accept: application/json' \  
-d 'name=Foo&status=Bar' http://localhost:49161/json  
HTTP/1.1 200 OK  
X-Content-Type-Options: nosniff  
Content-Length: 29  
X-Frame-Options: SAMEORIGIN  
Connection: Keep-Alive  
Date: Mon, 01 Jun 2014 02:22:21 GMT
```

```
Content-Type: text/html;charset=utf-8
Server: WEBrick/1.3.1 (Ruby/1.8.7/2011-06-30)
X-Xss-Protection: 1; mode=block
{"name":"Foo","status":"Bar"}
```

接着我们再来确认一下Redis实例是否已经接收到了这次更新，如代码清单5-61所示。

代码清单5-61 确认Redis容器数据

```
$ curl -i http://localhost:49161/json
"[{"name":"Foo","status":"Bar"}]"
```

我们连接到了已经连接到Redis的应用程序，然后检查了一下是否存在一个名为params 的键，并查询这个键，看我们的参数（name=Foo 和 status=Bar ）是否已经保存到Redis中。一切工作正常。

1. 将已有容器连接到Docker网络

也可以将正在运行的容器通过docker network connect 命令添加到已有的网络中。因此，我们可以将已经存在的容器添加到app 网络中。假设已经存在的容器名为db2，这个容器里也运行着Redis，让我们将这个容器添加到app 网络中去，如代码清单5-62所示。

代码清单5-62 添加已有容器到app网络

```
$ sudo docker network connect app db2
```

现在如果查看app 网络的详细信息，应该会看到3个容器，如代码清单5-63所示。

代码清单5-63 添加db2 容器后的app 网络

```
$ sudo docker network inspect app
[
  {
    "Containers": {
      "2fa7477c58d7707ea14d147f0f12311bb1f77104e49db55ac346d0ae961ac401": {
        "EndpointID": "c510c78af496fb88f1b455573d4c4d7fdcf024d364689a057b98ea20287bfc0d",
        "MacAddress": "02:42:ac:12:00:02",
        "IPv4Address": "172.18.0.2/16",
        "IPv6Address": ""
      },
      "305c5f27dbd11773378f93aa58e86b2f710dbfca9867320f82983fc6ba79e779": {
        "EndpointID": "37be9b06f031fcc389e98d495c71c7ab31eb57706ac8b26d4210b81d5c687282",
        "MacAddress": "02:42:ac:12:00:03",
        "IPv4Address": "172.18.0.3/16",
        "IPv6Address": ""
      }
    }
  }
]
```

```
"IPv6Address": ""
},
"70
df5744df3b46276672fb49f1ebad5e0e95364737334e188a474ef4140ae56b
": {
"EndpointID": "47
faec311dfac22f2ee8c1b874b87ce8987ee65505251366d4b9db422a749a1e
",
"MacAddress": "02:42:ac:12:00:04",
"IPv4Address": "172.18.0.4/16",
"IPv6Address": ""
}
},
. . .
```

所有这3个容器的/etc/hosts 文件都将会包含webapp、db 和db2 容器的DNS信息。

我们也可以通过docker network disconnect 命令断开一个容器与指定网络的链接，如代码清单5-64所示。

代码清单5-64 从网络中断开一个容器

```
$ sudo docker network disconnect app db2
```

这条命令会从app 网络中断开db2 容器。

一个容器可以同时隶属于多个Dcoker网络，所以可以创建非常复杂的网络模型。

提示 Docker官方文档 [\[10\]](#) 有中很多关于Docker Networking的详细信息。

2. 通过Docker链接连接容器

连接容器的另一种选择就是使用Docker链接。在Docker 1.9之前，这是首选的容器连接方式，并且只有在运行1.9之前版本的情况下才推荐这种方式。让一个容器链接到另一个容器是一个简单的过程，这个过程要引用容器的名字。

考虑到还在使用低于Docker 1.9版本的用户，我们来看看Docker链接是如何工作的。让我们从新建一个Redis容器开始（或者也可以重用之前创建的那个容器），如代码清单5-65所示。

代码清单5-65 启动另一个Redis容器

```
$ sudo docker run -d --name redis jamtur01/redis
```

提示 还记得容器的名字是唯一的吗？如果要重建一个容器，在创建另一个名叫redis 的容器之前，需要用docker ``rm 命令删掉旧的redis 容器。

现在我们已经在新容器里启动了一个Redis实例，并使用--name 标志将新容器命名为redis 。

注意 读者也应该注意到了，这里没有公开容器的任何端口。一会儿就能看到这么做的原因。

现在让我们启动Web应用程序容器，并把它链接到新的Redis容器上去，如代码清单5-66所示。

代码清单5-66 链接Redis容器

```
$ sudo docker run -p 4567 \
--name webapp --link redis:db -t -i \
-v $PWD/webapp_redis:/opt/webapp jamtur01/sinatra \
/bin/bash
root@811bd6d588cb:/#
```

提示 还需要使用**docker rm** 命令停止并删除之前的webapp 容器。

这个命令做了不少事情，我们要逐一解释。首先，我们使用**-p** 标志公开了**4567** 端口，这样就能从外面访问Web应用程序。

我们还使用了**--name** 标志给容器命名为**webapp**，并使用了**-v** 标志把Web应用程序目录作为卷挂载到了容器里。

然而，这次我们使用了一个新标志**--link**。**--link** 标志创建了两个容器间的客户-服务链接。这个标志需要两个参数：一个是要链接的容器的名字，另一个是链接的别名。这个例子中，我们创建了客户联系，**webapp**容器是客户，**redis** 容器是“服务”，并且为这个服务增加了**db** 作为别名。这个别名让我们可以一致地访问容器公开的信息，而无须关注底层容器的名字。链接让服务容器有能力与客户容器通信，并且能分享一些连接细节，这些细节有助于在应用程序中配置并使用这个链接。

连接也能得到一些安全上的好处。注意，启动Redis容器时，并没有使用**-p** 标志公开Redis的端口。因为不需要这么做。通过把容器链接在一起，可以让客户容器直接访问任意服务容器的公开端口（即客户**webapp** 容器可以连接到服务**redis** 容器的**6379** 端口）。更妙的是，只有使用**--link** 标志链接到这个容器的容器才能连接到这个端口。容器的端口不需要对本地宿主机公开，现在我们已经拥有一个非常安全的模型。通过这个安全模型，就可以限制容器化应用程序被攻击面，减少应用暴露的网络。

提示 如果用户希望，出于安全原因（或者其他原因），可以强制Docker只允许有链接的容器之间互相通信。为此，可以在启动Docker守护进程时加上**--icc=false** 标志，关闭所有没有链接的容器间的通信。

也可以把多个容器链接在一起。比如，如果想让这个Redis实例服务于多个Web应用程序，可以把每个Web应用程序的容器和同一个**redis** 容器链接在一起，如代码清单5-67所示。

代码清单5-67 链接Redis容器

```
$ sudo docker run -p 4567 --name webapp2 --link redis:db ...
. . .
$ sudo docker run -p 4567 --name webapp3 --link redis:db ...
. . .
```

我们也能够指定多次**--link** 标志来连接到多个容器。

提示 容器链接目前只能工作于同一台Docker宿主机中，不能链接位于不同Docker宿主机上的容器。对于多宿主机网络环境，需要使用Docker Networking，或者使用我们将在第7章讨论的Docker Swarm。Docker Swarm可以用于完成多台宿主机上的Docker守护进程之间的编排。

最后，让容器启动时加载shell，而不是服务守护进程，这样可以查看容器是如何链接在一起的。Docker在父容器里的以下两个地方写入了链接信息。

- /etc/hosts 文件中。
- 包含连接信息的环境变量中。

先来看看/etc/hosts 文件，如代码清单5-68所示。

代码清单5-68 webapp 的/etc/hosts 文件

```
root@811bd6d588cb:/_# cat /etc/hosts_  
172.17.0.33 811bd6d588cb  
...  
172.17.0.31 db b9107458f16a redis
```

这里可以看到一些有用的项。第一项是容器自己的IP地址和主机名（主机名是容器ID的一部分）。第二项是由该连接指令创建的，它是redis 容器的IP地址、名字、容器ID和从该连接的别名衍生的主机名db 。现在试着ping一下db 容器，如代码清单5-69所示。

提示 容器的主机名也可以不是其ID的一部分。可以在执行docker run 命令时使用-h 或者--hostname 标志来为容器设定主机名。

代码清单5-69 ping一下db 容器

```
root@811bd6d588cb:/_# ping db  
PING db (172.17.0.31) 56(84) bytes of data.  
64 bytes from db (172.17.0.31): icmp_seq=1 ttl=64 time=0.623 ms  
64 bytes from db (172.17.0.31): icmp_seq=2 ttl=64 time=0.132 ms  
64 bytes from db (172.17.0.31): icmp_seq=3 ttl=64 time=0.095 ms  
64 bytes from db (172.17.0.31): icmp_seq=4 ttl=64 time=0.155 ms  
...
```

如果在运行容器时指定**--add-host** 选项，也可以在/etc/hosts 文件中添加相应的记录。例如，我们可能想添加运行Docker的主机的主机名和IP地址到容器中，如代码清单5-70所示。

代码清单5-70 在容器内添加/etc/hosts 记录

```
$ sudo docker run -p 4567 --add-host=docker:10.0.0.1 --name  
webapp2 --link redis:db ...
```

这将会在容器的/etc/hosts文件中添加一个名为docker、IP地址为10.0.0.1的宿主机记录。

提示

还记得之前提到过，重启容器时，容器的IP地址会发生变化的事情么？从Docker 1.3开始，如果被连接的容器重启了，`/etc/host` 文件中的IP地址会用新的IP地址更新。

我们已经连到了Redis数据库，不过在真的利用这个连接之前，我们先来看看环境变量里包含的其他连接信息。

让我们运行`env` 命令来查看环境变量，如代码清单5-71所示。

代码清单5-71 显示用于连接的环境变量

```
root@811bd6d588cb:/# env
HOSTNAME=811bd6d588cb
DB_NAME=/webapp/db
DB_PORT_6379_TCP_PORT=6379
DB_PORT=tcp://172.17.0.31:6379
DB_PORT_6379_TCP=tcp://172.17.0.31:6379
DB_ENV_REFRESHED_AT=2014-06-01
DB_PORT_6379_TCP_ADDR=172.17.0.31
DB_PORT_6379_TCP_PROTO=tcp
PATH=/usr/local/sbin:/usr/local/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/sbin:/bin
REFRESHED_AT=2014-06-01
. . .
```

可以看到不少环境变量，其中一些以DB 开头。Docker在连接webapp 和redis 容器时，自动创建了这些以DB 开头的环境变量。以DB 开头是因为DB 是创建连接时使用的别名。

这些自动创建的环境变量包含以下信息：

- 子容器的名字；
- 容器里运行的服务所使用的协议、IP和端口号；
- 容器里运行的不同服务所指定的协议、IP和端口号；
- 容器里由Docker设置的环境变量的值。

具体的变量会因容器的配置不同而有所不同（如容器的Dockerfile中 由ENV 和EXPOSE 指令定义的内容）。重要的是，这些变量包含一些我们可以在应用程序中用来进行持久的容器间链接的信息。

5.2.7 使用容器连接来通信

那么如何使用这个连接呢？有以下两种方法可以让应用程序连接到Redis。

- 使用环境变量里的一些连接信息。
- 使用DNS和/etc/hosts 信息。

先试试第一种方法，看看Web应用程序的lib/app.rb 文件是如何利用这些新的环境变量的，如代码清单5-72所示。

代码清单5-72 通过环境变量建立到Redis的连接

```
require 'uri'
. . .
```

```
uri=URI.parse(ENV['DB_PORT'])
redis = Redis.new(:host => uri.host, :port => uri.port)
. . .
```

这里使用Ruby的URI模块来解析DB_PORT环境变量，让我们使用解析后的宿主机和端口数出来配置Redis的连接信息。我们的应用程序现在就可以使用该连接信息来找到在已链接容器中的Redis了。这种抽象模式避免了我们在代码中对Redis的IP地址和端口进行硬编码，但是它仍然是一种简陋的服务发现方式。

还有一种方法，就是更灵活的本地DNS，这也是我们将要选用的解决方案，如代码清单5-73所示。

提示 也可以在docker run 命令中加入--dns 或者--dns-search 标志来为某个容器单独配置DNS。你可以设置本地DNS解析的路径和搜索域。在<https://docs.docker.com/articles/networking/> 上可以找到更详细的配置信息。如果没有这两个标志，Docker会根据宿主机的信息来配置DNS解析。可以在/etc/resolv.conf 文件中查看DNS解析的配置情况。

代码清单5-73 使用主机名连接Redis

```
redis = Redis.new(:host => 'db', :port => '6379')
```

我们的应用程序会在本地查找名叫db的宿主机，找到/etc/hosts文件里的相关项并解析宿主机到正确的IP地址。这也解决了硬编码IP地址的问题。

我们现在就能像在5.2.7节中那样测试我们的容器连接是否能够正常工作了。

5.2.8 连接容器小结

我们已经了解了所有能让Docker容器互相连接的方式。在Docker 1.9及之后版本中我们推荐使用Docker Networking，而在Docker 1.9之前的版本中则建议使用Docker链接。无论采用哪种方式，读者都已经看到，我们可以轻而易举地创建一个包含以下组件的Web应用程序栈：

- 一个运行Sinatra的Web服务器容器；
- 一个Redis数据库容器；
- 这两个容器间的一个安全连接。

读者应该也能看出，基于这个概念，我们可以轻易地扩展出任意数量的应用程序栈，并由此来管理复杂的本地开发环境，比如：

- Wordpress、HTML、CSS和JavaScript；
- Ruby on Rails；
- Django和Flask；
- Node.js；
- Play! ；
- 用户喜欢的其他框架。

这样就可以在本地环境构建、复制、迭代开发用于生产的应用程序，甚至很复杂的多层应

用程序。

5.3 Docker用于持续集成

到目前为止，所有的测试例子都是本地的、围绕单个开发者的（就是说，如何让本地开发者使用Docker来测试本地网站或者应用程序）。现在来看看在多开发者的持续集成^[11]测试场景中如何使用Docker。

Docker很擅长快速创建和处理一个或多个容器。这个能力显然可以为持续集成测试这个概念提供帮助。在测试场景里，用户需要频繁安装软件，或者部署到多台宿主机上，运行测试，再清理宿主机为下一次运行做准备。

在持续集成环境里，每天要执行好几次安装并分发到宿主机的过程。这为测试生命周期增加了构建和配置开销。打包和安装也消耗了很多时间，而且这个过程很恼人，尤其是需求变化频繁或者需要复杂、耗时的处理步骤进行清理的情况下。

Docker让部署以及这些步骤和宿主机的清理变得开销很低。为了演示这一点，我们将使用Jenkins CI构建一个测试流水线：首先，构建一个运行Docker的Jenkins服务器。为了更有意思些，我们会让Docker递归地运行在Docker内部。这就和套娃一样！

提示 可以在<https://github.com/jpetazzo/dind> 读到更多关于在Docker中运行Docker的细节。

一旦Jenkins运行起来，将展示最基础的单容器测试运行，最后将展示多容器的测试场景。

提示 除了Jenkins，还有许多其他的持续集成工具，包括Strider^[12]和Drone.io^[13]这种直接利用Docker的工具，这些工具都是真正基于Docker的。另外，Jenkins也提供了一个插件，这样就可以不用使用我们将要看到的Docker-in-Docker这种方式了。使用Docker插件可能更简单，但我觉得使用Docker-in-Docker这种方式很有趣。

5.3.1 构建Jenkins和Docker服务器

为了提供一个Jenkins服务器，从Dockerfile开始构建一个安装了Jenkins和Docker的Ubuntu 14.04镜像。我们先创建一个jenkins目录，来存放构建所需的所有相关文件，如代码清单5-74所示。

代码清单5-74 为Jenkins创建目录

```
$ mkdir jenkins
$ cd jenkins
```

在jenkins目录中，我们从Dockerfile开始，如代码清单5-75所示。

代码清单5-75 Jenkins和Docker服务器的Dockerfile

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER james@example.com
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get update -qq && apt-get install -qq curl apt-transport
-https
RUN apt-key adv --keyserver hkp://p80.pool.sks-keyservers.net:80
```



```
--recv-keys 58118E89F3A912897C070ADB76221572C52609D
RUN echo deb https://apt.dockerproject.org/repo ubuntu-trusty
main > /etc/apt/sources.list.d/docker.list
RUN apt-get update -qq && apt-get install -qqy iptables cacertificates
openjdk-7-jdk git-core docker-engine
ENV JENKINS_HOME /opt/jenkins/data
ENV JENKINS_MIRROR http://mirrors.jenkins-ci.org
RUN mkdir -p $JENKINS_HOME/plugins
RUN curl -sf -o /opt/jenkins/jenkins.war -L $JENKINS_MIRROR/warstable/
latest/jenkins.war
RUN for plugin in chucknorris greenballs scm-api git-client git
ws-cleanup ;\
do curl -sf -o $JENKINS_HOME/plugins/${plugin}.hpi \
-L $JENKINS_MIRROR/plugins/${plugin}/latest/${plugin}.hpi
; done
ADD ./dockerjenkins.sh /usr/local/bin/dockerjenkins.sh
RUN chmod +x /usr/local/bin/dockerjenkins.sh
VOLUME /var/lib/docker
EXPOSE 8080
ENTRYPOINT [ "/usr/local/bin/dockerjenkins.sh" ]
```

可以看到，**Dockerfile** 继承自**ubuntu:14.04** 镜像，之后做了很多事情。确实，这是目前为止见过的最复杂的**Dockerfile**。来看看都做了什么。

首先，它设置了Ubuntu环境，加入了需要的Docker APT仓库，并加入了对应的GPG key。之后更新了包列表，并安装执行Docker和Jenkins所需要的包。我们使用与第2章相同的指令，加入了一些Jenkins需要的包。

然后，我们创建了**/opt/jenkins** 目录，并把最新稳定版本的Jenkins下载到这个目录。还需要一些Jenkins插件，给Jenkins提供额外的功能（比如支持Git版本控制）。

我们还使用**ENV** 指令把**JENKINS_HOME** 和**JENKINS_MIRROR** 环境变量设置为Jenkins的数据目录和镜像站点。

然后我们指定了**VOLUME** 指令。还记得吧，**VOLUME** 指令从容器运行的宿主机上挂载一个卷。在这里，为了“骗过”Docker，指定**/var/lib/docker** 作为卷。这是因为**/var/lib/docker** 目录是Docker用来存储其容器的目录。这个位置必须是真实的文件系统，而不能是像Docker镜像层那种挂载点。

那么，我们使用**VOLUME** 指令告诉Docker进程，在容器运行内部使用宿主机的文件系统作为容器的存储。这样，容器内嵌Docker的**/var/lib/docker** 目录将保存在宿主机系统的**/var/lib/docker/volumes** 目录下的某个位置。

我们已经公开了Jenkins默认的**8080** 端口。

最后，我们指定了一个要运行的shell脚本（可以在<http://dockerbook.com/code/5/jenkins/dockerjenkins.sh> 找到）作为容器的启动命令。这个shell脚本（由**ENTRYPOINT** 指令指定）帮助在宿主机上配置Docker，允许在Docker里运行Docker，开启Docker守护进程，并且启动Jenkins。在<https://github.com/jpetazzo/dind> 可以看到更多关于为什么需要一个shell脚本来允许Docker中运行Docker的信息。

现在让我们来获取这个shell脚本。我们继续在jenkins目录下工作，刚刚我们在这个目录下创建了Dockerfile文件，如代码清单5-76所示。

代码清单5-76 获取dockerjenkins.sh脚本

```
$ cd jenkins
$ wget https://raw.githubusercontent.com/jamtur01/dockerbook-code
/master/code/5/jenkins/dockerjenkins.sh
$ chmod 0755 dockerjenkins.sh
```

注意 这个Dockerfile和shell脚本作为本书代码的一部分，可以在本书官网[\[14\]](#)或者GitHub仓库[\[15\]](#)找到。

已经有了Dockerfile，用docker build命令来构建一个新的镜像，如代码清单5-77所示。

代码清单5-77 构建Docker-Jenkins镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/dockerjenkins.
```

我们非常没创意地把新的镜像命名为jamtur01/dockerjenkins。现在可以使用docker run命令从这个镜像创建容器了，如代码清单5-78所示。

代码清单5-78 运行Docker-Jenkins镜像

```
$ sudo docker run -p 8080:8080 --name jenkins --privileged \
-d jamtur01/dockerjenkins
190f5c633576f017257b3348cf64dfcd370ac10721c1150986ab1db3e3221ff8
```

可以看到，这里使用了一个新标志--privileged来运行容器。--privileged标志很特别，可以启动Docker的特权模式，这种模式允许我们以其宿主机具有的（几乎）所有能力来运行容器，包括一些内核特性和设备访问。这是让我们可以在Docker中运行Docker必要的魔法。

警告 让Docker运行在--privileged特权模式会有一些安全风险。在这种模式下运行容器对Docker宿主机拥有root访问权限。确保已经对Docker宿主机进行了恰当的安全保护，并且只在确实可信的域里使用特权访问Docker宿主机，或者仅在类似信任的情况下运行容器。

还可以看到，我们使用了-p标志在本地宿主机的8080端口上公开8080端口。一般来说，这不是一种好的做法，不过足以让一台Jenkins服务器运行起来。

可以看到新容器jenkins已经启动了。我们可以查看一下启动后的日志，如代码清单5-79所示。

代码清单5-79 检查Docker Jenkins容器的日志

```
$ sudo docker logs jenkins
Running from: /opt/jenkins/jenkins.war
webroot: EnvVars.masterEnvVars.get("JENKINS_HOME")
Sep 8, 2013 12:53:01 AM winstone.Logger logInternal
```

```
INFO: Beginning extraction from war file
. . .
INFO: HTTP Listener started: port=8080
. . .
```

要么不断地检查日志，要么使用 `-f` 标志运行 `docker logs` 命令，直到看到与代码清单5-80所示类似的消息。

代码清单5-80 检查Jenkins的启动和执行

```
INFO: Jenkins is fully up and running
```

太好了。现在Jenkins服务器应该可以通过8080 端口在浏览器中访问了，就像图5-3所示的这样。

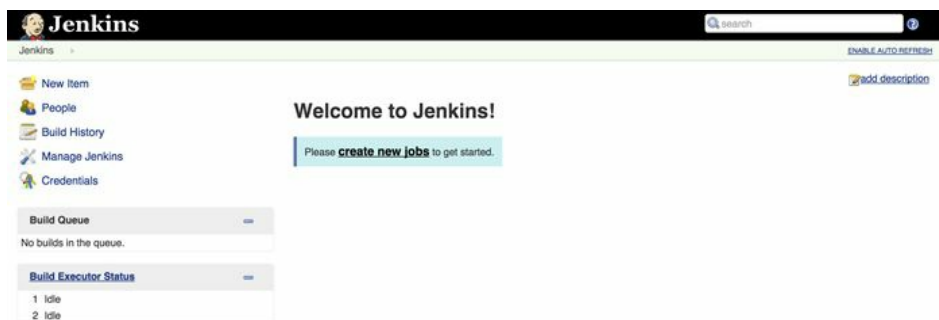


图5-3 浏览Jenkins服务器

5.3.2 创建新的Jenkins作业

现在Jenkins服务器已经运行，让我们来创建一个Jenkins作业吧。单击 `create new jobs`（创建新作业）链接，打开了创建新作业的向导，如图5-4所示。

把新作业命名为 `Docker_test_job`，选择作业类型为 `Freestyle project`，并单击OK继续到下一个页面。

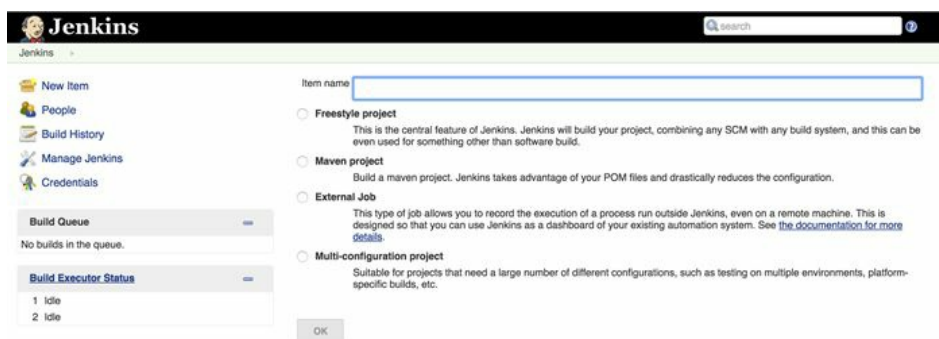


图5-4 创建新的Jenkins作业

现在把这些区域都填好。先填好作业描述，然后单击**Advanced Project Options**（高级项目选项）下面的**Advanced...**（高级）按钮，单击**Use Custom workspace**（使用自定义工作空间）的单选按钮，并指定**/tmp/jenkins-buildenv/\${JOB_NAME}/workspace** 作为**Directory**（目录）。这个目录是运行Jenkins的工作空间。

在**Source Code Management**（源代码管理）区域里，选择**Git**并指定测试仓库**https://github.com/jamtur01/docker-jenkins-sample.git**。图5-5所示是一个简单的仓库，它包含了一些基于Ruby的RSpec测试。

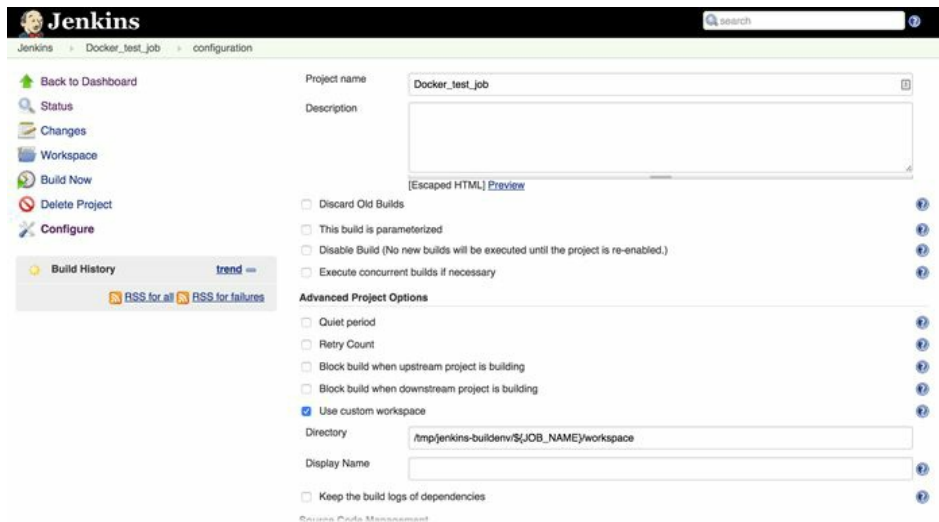


图5-5 Jenkins作业细节1

现在往下滚动页面，更新另外一些区域。首先，单击**Add Build Step**（增加构建步骤）按钮增加一个构建的步骤，选择**Execute shell**（执行shell脚本）。之后使用定义的本脚本来启动测试和Docker，如代码清单5-81所示。

代码清单5-81 用于Jenkins作业的Docker shell脚本

```
# 构建用于此作业的镜像
IMAGE=$(docker build . | tail -1 | awk '{ print $NF }')
# 构建挂载到Docker的目录
MNT="$WORKSPACE/.."
# 在Docker里执行编译测试
CONTAINER=$(docker run -d -v "$MNT:/opt/project" $IMAGE /bin/bash
-c 'cd /opt/project/workspace && rake spec')
# 进入容器，这样可以看到输出的内容
docker attach $CONTAINER
# 等待程序退出，得到返回码
RC=$(docker wait $CONTAINER)
# 删除刚刚用到的容器
docker rm $CONTAINER
# 使用刚才的返回码退出整个脚本
exit $RC
```

这个脚本都做了什么呢？首先，它将使用包含刚刚指定的Git仓库的**Dockerfile** 创建一个新的Docker镜像。这个**Dockerfile** 提供了想要执行的测试环境。让我们来看一下这

个Dockerfile，如代码清单5-82所示。

代码清单5-82 用于测试作业的Dockerfile

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get update
RUN apt-get -y install ruby rake
RUN gem install --no-rdoc --no-ri rspec ci_reporter_rspec
```

提示 如果用户的测试依赖或者需要别的包，只需要根据新的需求更新Dockerfile，然后在运行测试时会重新构建镜像。

可以看到，Dockerfile 构建了一个Ubuntu宿主机，安装了Ruby和RubyGems，之后安装了两个gem：rspec 和ci_reporter_rspec。这样构建的镜像可以用于测试典型的基于Ruby且使用RSpec测试框架的应用程序。ci_reporter_rspec gem会把RSpec的输出转换为JUnit格式的XML输出，并交给Jenkins做解析。一会儿就能看到这个转换的结果。

回到之前的脚本。从Dockerfile 构建镜像。接下来，创建一个包含Jenkins工作空间（就是签出Git仓库的地方）的目录，会把这个目录挂载到Docker容器，并在这个目录里执行测试。

然后，我们从这个镜像创建了容器，并且运行了测试。在容器里，把工作空间挂载到/opt/project 目录。之后执行命令切换到这个目录，并执行rake spec 来运行RSpec测试。

现在容器启动了，我们拿到了容器的ID。

提示 Docker在启动容器时支持--cidfile 选项，这个选项会让Docker截获容器ID并将其存到--cidfile 选项指定的文件里，如--cidfile=/tmp/containerid.txt。

现在使用docker attach 命令进入容器，得到容器执行时输出的内容，然后使用docker wait 命令。docker wait 命令会一直阻塞，直到容器里的命令执行完成才会返回容器退出时的返回码。变量RC 捕捉到容器退出时的返回码。

最后，清理环境，删除刚刚创建的容器，并使用容器的返回码退出。这个返回码应该就是测试执行结果的返回码。Jenkins依赖这个返回码得知作业的测试结果是成功还是失败。

接下来，单击Add post-build action（加入构建后的动作），加入一个Publish JUnit test result report（公布JUnit测试结果报告）的动作。在Test report XML`s（测试报告的XML文件）域，需要指定spec/reports/*.xml。这个目录是ci_reporter gem的XML输出的位置，找到这个目录会让Jenkins处理测试的历史结果和输出结果。

最后，必须单击Save 按钮保存新的作业，如图5-6所示。

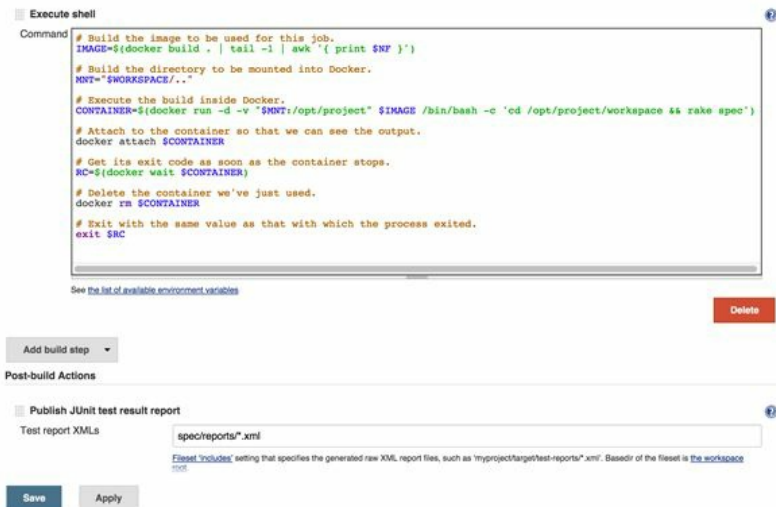


图5-6 Jenkins作业细节2

5.3.3 运行 Jenkins 作业

现在我们来运行 Jenkins 作业。单击 **Build Now**（现在构建）按钮，就会看到有个作业出现在 **Build History**（构建历史）方框里，如图5-7所示。



图5-7 运行 Jenkins 作业

注意 第一次运行测试时，可能会因为构建新的镜像而等待较长一段时间。但是，下次运行测试时，因为 Docker 已经准备好了镜像，执行速度就会比第一次快多了。

单击这个作业，看看正在执行的测试运行的详细信息，如图5-8所示。



图5-8 Jenkins作业的细节

单击Console Output（控制台输出），查看测试作业已经执行的命令，如图5-9所示。

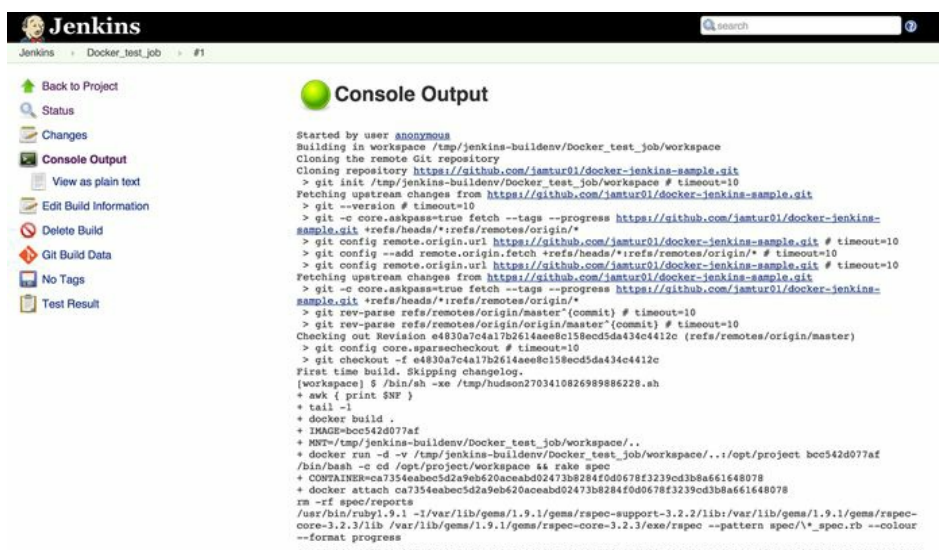


图5-9 Jenkins作业的控制台输出

可以看到，Jenkins正在将Git仓库下载到工作空间。然后会执行shell脚本并使用 **docker build** 构建Docker镜像。然后我们捕获镜像的ID并用**docker run** 创建一个新容器。正在运行的这个新容器内会执行RSpec测试并且捕获测试结果和返回码。如果这个作业使用返回码0退出，这个作业就会被标识为测试成功。

单击Test Result（测试结果）链接，可以看到详细的测试报告。这个报告是从测试的RSpec结果转换为JUnit格式后得到的。这个转换由ci_reporter gem完成，并在“构建后的步骤”里被捕获。

5.3.4 与Jenkins作业有关的下一步

可以通过启用SCM轮询，让Jenkins作业自动执行。它会在有新的改动签入Git仓库后，触发自动构建。类似的自动化还可以通过提交后的钩子或者GitHub或者Bitbucket仓库的钩子来完成。

5.3.5 Jenkins设置小结

到现在为止，我们已经做了不少事情：安装并运行了Jenkins，创建了第一个作业。这个Jenkins作业使用Docker创建了一个镜像，而这个镜像使用仓库里的Dockerfile管理和更新。这种情况下，不但架构配置和代码可以同步更新，管理配置的过程也变得很简单。然后我们通过镜像创建了运行测试的容器。测试完成后，可以丢弃这个容器。整个测试过程轻量且快速。将这个例子适配到其他不同的测试平台或者其他语言的测试框架也很容易。

提示 也可以使用参数化构建^[16]来让作业和shell脚本更加通用，方便应用到更多框架和语言。

5.4 多配置的Jenkins

之前我们已经见过使用Jenkins构建的简单的单个容器。如果要测试的应用依赖多个平台怎么办？假设要在Ubuntu、Debian和CentOS上测试这个程序。要在多平台测试，可以利用Jenkins里叫“多配置作业”的作业类型的特性。多配置作业允许运行一系列的测试作业。当Jenkins多配置作业运行时，会运行多个配置不同的子作业。

5.4.1 创建多配置作业

现在来创建一个新的多配置作业。从Jenkins控制台里单击**New Item**（新项目），将新作业命名为**Docker_matrix_job**，选择**Multi-configuration project**（创建多配置项目），并单击**OK**按钮，如图5-10所示。

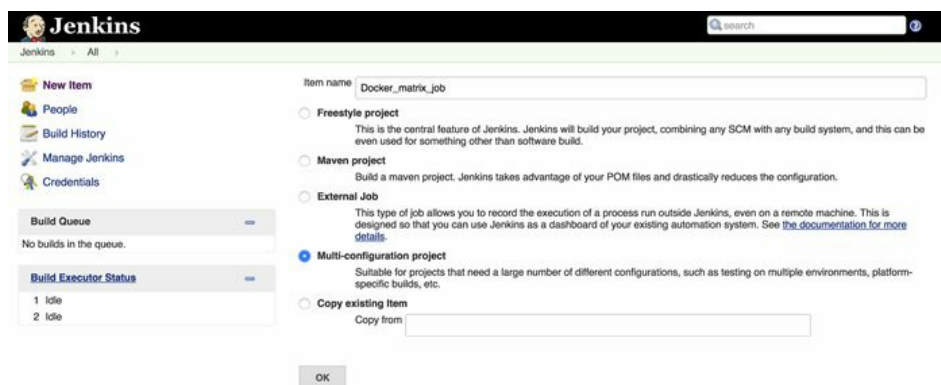


图5-10 创建多配置作业

这个页面与之前看到的创建作业时的页面非常类似。给作业加上描述，选择Git作为仓库类型，并指定之前那个示例应用的仓库：<https://github.com/jamtur01/docker-jenkins-sample.git>。具体如图5-11所示。

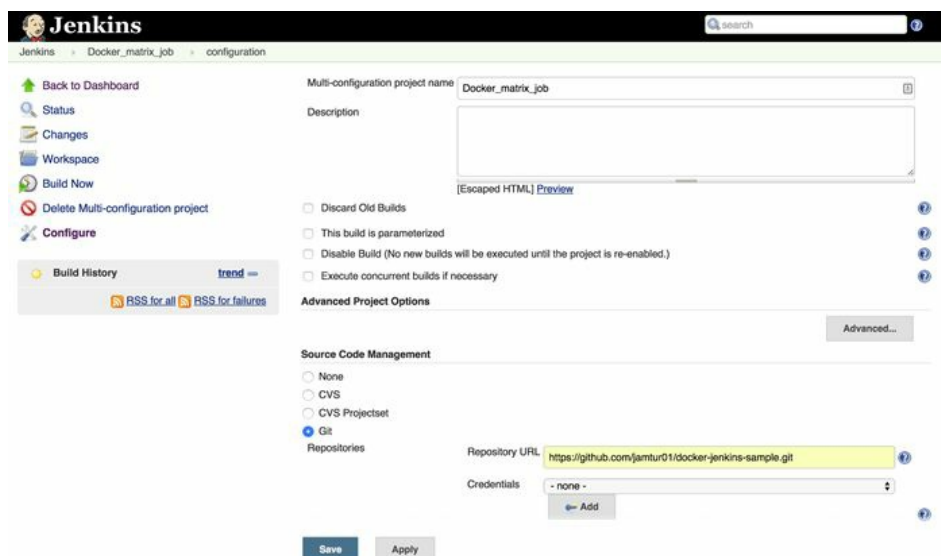


图5-11 设置多配置作业1

接下来，向下滚动，开始设置多配置的维度（axis）。维度是指作为作业的一部分执行的

一系列元素。单击**Add Axis**（添加维度）按钮，并选择**User-defined Axis**（用户自定义维度）。指定这个维度的名字为**OS**（OS是Operating System的缩写），并设置3个值，即**centos**、**debian**和**ubuntu**。当执行多配置作业时，Jenkins会查找这个维度，并生成3个作业：维度上的每个值对应一个作业。

还要注意，在**Build Environment**（构建环境）部分我们单击了**Delete workspace before build starts**（构建前删除工作空间）。这个选项会在一系列新作业初始化之前，通过删除已经签出的仓库，清理构建环境。具体如图5-12所示。

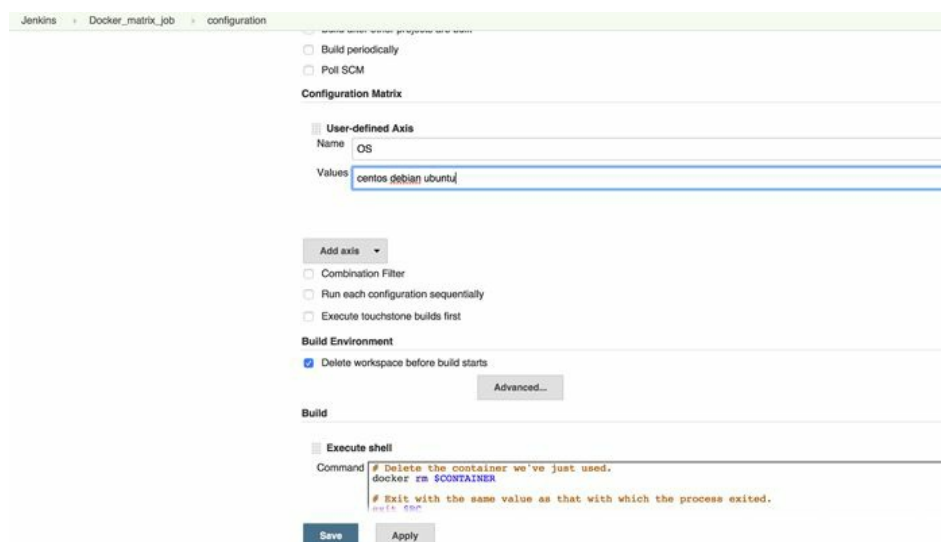


图5-12 设置多配置作业2

最后，我们通过一个简单的shell脚本指定了另一个shell构建步骤。这个脚本是在之前使用的shell脚本的基础上修改而成的，如代码清单5-83所示。

代码清单5-83 Jenkins多配置shell脚本

```
# 构建此次运行需要的镜像
cd $OS && IMAGE=$(docker build . | tail -1 | awk '{ print $NF }')
# 构建挂载到Docker的目录
MNT="$WORKSPACE/.."
# 在Docker内执行构建过程
CONTAINER=$(docker run -d -v "$MNT:/opt/project" $IMAGE /bin/bash
-c "cd/opt/project/$OS && rake spec")
# 进入容器，以便可以看到输出的内容
docker attach $CONTAINER
# 进程退出后，得到返回值
RC=$(docker wait $CONTAINER)
# 删除刚刚使用的容器
docker rm $CONTAINER
# 使用刚才的返回值退出脚本
exit $RC
```

来看看这个脚本有哪些改动：每次执行作业都会进入不同的以操作系统为名的目录。在我们的测试仓库里有3个目录：**centos**、**debian**和**ubuntu**。每个目录里的Dockerfile都

不同，分别包含构建CentOS、Debian和Ubuntu镜像的指令。这意味着每个被启动的作业都会进入对应的目录，构建对应的操作系统的镜像，安装相应的环境需求，并启动基于这个镜像的容器，最后在容器里运行测试。

我们来看这些新的Dockerfile中的一个，如代码清单5-84所示。

代码清单5-84 基于CentOS的Dockerfile

```
FROM centos:latest
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN yum -y install ruby rubygems rubygem-rake
RUN gem install --no-rdoc --no-ri rspec ci_reporter_rspec
```

这是一个基于以前的作业针对CentOS修改过的Dockerfile。这个Dockerfile和之前做的事情一样，只是改为使用适合CentOS的命令，比如使用yum来安装包。

加入一个构建后的动作Publish JUnit test result report（发布JUnit测试结果）并指定XML输出的位置为spec/reports/*.xml。这样可以检查测试输出的结果。

最后，单击Save来创建新作业，并保存配置。

现在可以看到刚刚创建的作业，并且注意到这个作业包含一个叫作Configurations（配置）的区域，包含了该作业的各维度上每个元素的子作业，如图5-13所示。



图5-13 Jenkins多配置作业

5.4.2 测试多配置作业

现在我们来测试这个新作业。单击Build Now按钮启动多配置作业。当Jenkins开始运行时，会先创建一个主作业。之后，这个主作业会创建3个子作业。每个子作业会使用选定的3个平台中的一个来执行测试。

注意 和之前的作业一样，第一次运行作业时也需要一些时间来构建测试所需的镜像。一旦镜像构建好后，下一次运行就会快很多。Docker只会在更新了Dockerfile之后修改镜像。

可以看到，主作业会先执行，然后执行每个子作业。其中新的centos子作业的输出如图5-14所示。



图5-14 centos子作业

可以看到，centos 作业已经执行了：绿球图标表示这个测试执行成功。可以更深入地看一下执行细节。单击Build History 里第一个条，如图5-15所示。

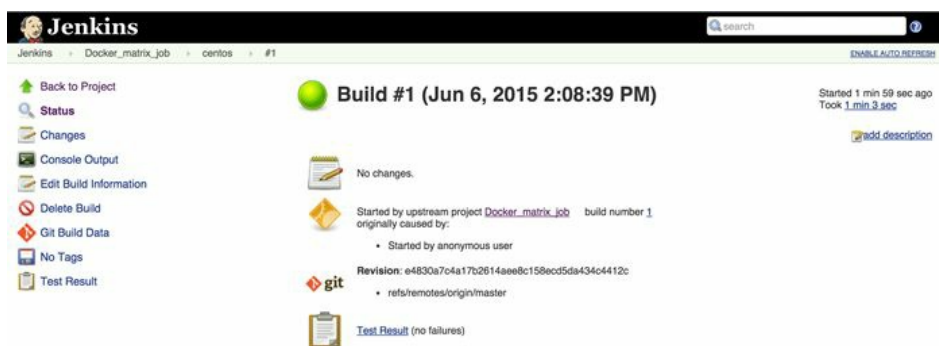


图5-15 centos子作业细节

在这里可以看到更多centos 作业的执行细节。可以看到这个作业Started by upstream project Docker_matrix_job，构建编号为1。要看执行时的精确细节，可以单击Console Output 链接来查看控制台的输出内容，具体如图5-16所示。

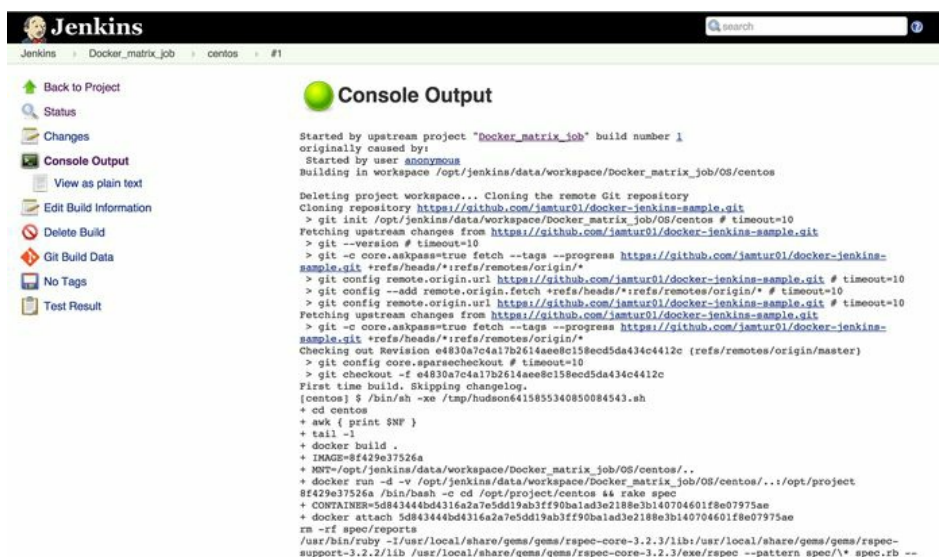


图5-16 centos子作业的控制台输出

可以看到，这个作业复制了仓库，构建了需要的Docker镜像，从镜像启动了容器，最后运

行了所有的测试。所有测试都成功了（如果有需要，可以单击**Test Result** 链接来检查测试上传的JUnit结果）。

现在这个简单又强大的多平台测试应用程序的例子就成功演示完了。

5.4.3 Jenkins多配置作业小结

这些例子展示了在Jenkins持续集成中使用Docker的简单实现。读者可以对这些例子进行扩展，加入从自动化触发构建到包含多平台、多架构、多版本的多级作业矩阵等功能。那个简单的构建脚本也可以写得更加严谨，或者支持执行多个容器（比如，为网页、数据库和应用程序层提供分离的容器，以模拟更加真实的多层生产环境）。

5.5 其他选择

在Docker的生态环境中，持续集成和持续部署（CI/CD）是很有意思的一部分。除了与现有的Jenkins这种工具集成，也有很多人直接使用Docker来构建这类工具。

5.5.1 Drone

Drone是著名的基于Docker开发的CI/CD工具之一。它是一个SaaS持续集成平台，可以与GitHub、Bitbucket和Google Code仓库关联，支持各种语言，包括Python、Node.js、Ruby、Go等。Drone在一个Docker容器内运行加到其中的仓库的测试集。

5.5.2 Shippable

Shippable是免费的持续集成和部署服务，基于GitHub和Bitbucket。它非常快，也很轻量，原生支持Docker。

5.6 小结

本章演示了如何在开发和测试流程中使用Docker。我们看到如何在本地工作站或者虚拟机里以一个开发者为中心使用Docker做测试，也探讨了如何使用Jenkins CI这种持续集成工具配合Docker进行可扩展的测试。我们已经了解了如何使用Docker构建单功能的测试，以及如何构建分布式矩阵作业。

下一章我们将开始了解如何使用Docker在生产环境中提供容器化、可堆叠、可扩展的弹性服务。

[1] <http://www.dockerbook.com/code/index.html>

[2] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code>

[3] <http://dockerbook.com/code/5/website/>

[4] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/tree/master/code/5/website>

- [5] <http://dockerbook.com/code/5/sinatra/webapp/>
- [6] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code>
- [7] <https://docs.docker.com/articles/networking/>
- [8] <https://docs.docker.com/engine/userguide/networking/get-started-overlay/>
- [9] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code>
- [10] <http://docs.docker.com/engine/userguide/networking/>
- [11] http://en.wikipedia.org/wiki/Continuous_integration
- [12] <http://stridercd.com/>
- [13] <https://drone.io/>
- [14] <http://dockerbook.com/code/5/jenkins>
- [15] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code>
- [16] <https://wiki.jenkins-ci.org/display/JENKINS/Parameterized+Build>

第6章 使用Docker构建服务

第5章介绍了如何利用Docker来使用容器在本地开发工作流和持续集成环境中方便快捷地进行测试。本章继续探索如何利用Docker来运行生产环境的服务。

本章首先会构建简单的应用，然后会构建一个更复杂的多容器应用。这些应用会展示，如何利用链接和卷之类的Docker特性来组合并管理运行于Docker中的应用。

6.1 构建第一个应用

要构建的第一个应用是使用Jekyll 框架^[1]的自定义网站。我们会构建以下两个镜像。

- 一个镜像安装了Jekyll及其他用于构建Jekyll网站的必要的软件包。
- 一个镜像通过Apache来让Jekyll网站工作起来。

我们打算在启动容器时，通过创建一个新的Jekyll网站来实现自服务。工作流程如下。

- 创建Jekyll基础镜像和Apache镜像（只需要构建一次）。
- 从Jekyll镜像创建一个容器，这个容器存放通过卷挂载的网站源代码。
- 从Apache镜像创建一个容器，这个容器利用包含编译后的网站的卷，并为其服务。
- 在网站需要更新时，清理并重复上面的步骤。

可以把这个例子看作是创建一个多主机站点最简单的方法。实现很简单，本章后半部分会以这个例子为基础做更多扩展。

6.1.1 Jekyll基础镜像

让我们开始为第一个镜像（Jekyll基础镜像）创建Dockerfile。我们先创建一个新目录和一个空的Dockerfile，如代码清单6-1所示。

代码清单6-1 创建Jekyll Dockerfile

```
$ mkdir jekyll
$ cd jekyll
$ vi Dockerfile
```

现在来看看Dockerfile 文件的内容，如代码清单6-2所示。

代码清单6-2 Jekyll Dockerfile

```
FROM ubuntu:14.04
```

```
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -yqq update
RUN apt-get -yqq install ruby ruby-dev make nodejs
RUN gem install --no-rdoc --no-ri jekyll -v 2.5.3
VOLUME /data
VOLUME /var/www/html
WORKDIR /data
ENTRYPOINT [ "jekyll", "build", "--destination=/var/www/html" ]
```

这个Dockerfile 使用了第3章里的模板作为基础。镜像基于Ubuntu 14.04，并且安装了Ruby和用于支持Jekyll的包。然后我们使用VOLUME 指令创建了两个卷。

- /data/，用来存放网站的源代码。
- /var/www/html/，用来存放编译后的Jekyll网站码。

然后我们需要将工作目录设置到/data/，并通过ENTRYPOINT 指令指定自动构建的命令，这个命令会将工作目录/data/ 中的所有的Jekyll网站代码构建到/var/www/html/ 目录中。

6.1.2 构建Jekyll基础镜像

通过这个Dockerfile，可以使用docker build 命令构建出可以启动容器的镜像，如代码清单6-3所示。

代码清单6-3 构建Jekyll镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/jekyll .
Sending build context to Docker daemon 2.56 kB
Sending build context to Docker daemon
Step 0 : FROM ubuntu:14.04
--> 99ec81b80c55
Step 1 : MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
...
Step 7 : ENTRYPOINT [ "jekyll", "build" "--destination=/var/www/html" ]
--> Running in 542e2de2029d
--> 79009691f408
Removing intermediate container 542e2de2029d
Successfully built 79009691f408
```

这样就构建了名为jamtur01/jekyll、ID为79009691f408 的新镜像。这就是将要使用的新的Jekyll镜像。可以使用docker images 命令来查看这个新镜像，如代码清单6-4所示。

代码清单6-4 查看新的Jekyll基础镜像

```
$ sudo docker images
REPOSITORY          TAG             ID              CREATED          SIZE
jamtur01/jekyll     latest          79009691f408    6 seconds ago   12.29 kB (virtual 671 MB)
...
```


6.1.3 Apache镜像

接下来，我们来构建第二个镜像，一个用来架构新网站的Apache服务器。我们先创建一个新目录和一个空的Dockerfile，如代码清单6-5所示。

代码清单6-5 创建Apache Dockerfile

```
$ mkdir apache
$ cd apache
$ vi Dockerfile
```

现在我们来看看这个Dockerfile 的内容，如代码清单6-6所示。

代码清单6-6 Jekyll Apache的Dockerfile

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -yqq update
RUN apt-get -yqq install apache2
VOLUME [ "/var/www/html" ]
WORKDIR /var/www/html
ENV APACHE_RUN_USER www-data
ENV APACHE_RUN_GROUP www-data
ENV APACHE_LOG_DIR /var/log/apache2
ENV APACHE_PID_FILE /var/run/apache2.pid
ENV APACHE_RUN_DIR /var/run/apache2
ENV APACHE_LOCK_DIR /var/lock/apache2
RUN mkdir -p $APACHE_RUN_DIR $APACHE_LOCK_DIR $APACHE_LOG_DIR
EXPOSE 80
ENTRYPOINT [ "/usr/sbin/apache2" ]
CMD [ "-D", "FOREGROUND" ]
```

这个镜像也是基于Ubuntu 14.04的，并安装了Apache。然后我们使用VOLUME 指令创建了一个卷，即/var/www/html/，用来存放编译后的Jekyll网站。然后将/var/www/html 设为工作目录。

然后我们使用ENV 指令设置了一些必要的环境变量，创建了必要的目录，并且使用EXPOSE 公开了80 端口。最后指定了ENTRYPOINT 和CMD 指令组合来在容器启动时默认运行Apache。

6.1.4 构建Jekyll Apache镜像

有了这个Dockerfile，可以使用docker build 命令来构建可以启动容器的镜像，如代码清单6-7所示。

代码清单6-7 构建Jekyll Apache镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/apache .
Sending build context to Docker daemon 2.56 kB
Sending build context to Docker daemon
```



```
Step 0 : FROM ubuntu:14.04
----> 99ec81b80c55
Step 1 : MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
----> Using cache
----> c444e8ee0058
. . .
Step 11 : CMD ["-D", "FOREGROUND"]
----> Running in 7aa5c127b41e
----> fc8e9135212d
Removing intermediate container 7aa5c127b41e
Successfully built fc8e9135212d
```

这样就构建了名为`jamtur01/apache`、ID为`fc8e9135212d`的新镜像。这就是将要使用的Apache镜像。可以使用`docker images`命令来查看这个新镜像，如代码清单6-8所示。

代码清单6-8 查看新的Jekyll Apache镜像

```
$ sudo docker images
REPOSITORY          TAG       ID            CREATED      SIZE
jamtur01/apache     latest   fc8e9135212d  6 seconds ago 12.29 kB (virtual 671 MB)
...
```

6.1.5 启动Jekyll网站

现在有了以下两个镜像。

- Jekyll: 安装了Ruby及其他必备软件包的Jekyll镜像。
- Apache: 通过Apache Web服务器来让Jekyll网站工作起来的镜像。

我们从使用`docker run`命令来创建一个新的Jekyll容器开始我们的网站。我们将启动容器，并构建我们的网站。

然后我们需要一些我的博客的源代码。先把示例Jekyll博客复制到`$HOME`目录（在这个例子里是`/home/james`）中，如代码清单6-9所示。

代码清单6-9 创建示例Jekyll博客

```
$ cd $HOME
$ git clone https://github.com/jamtur01/james_blog.git
```

在这个目录下可以看到一个启用了Twitter Bootstrap ^[2]的最基础的Jekyll博客。如果你也想使用这个博客，可以修改`_config.yml`文件和主题，以符合你的要求。

现在在Jekyll容器里使用这个示例数据，如代码清单6-10所示。

代码清单6-10 创建Jekyll容器

```
$ sudo docker run -v /home/james/james_blog:/data/ \
--name james_blog jamtur01/jekyll
```

```
Configuration file: /data/_config.yml
  Source: /data
  Destination: /var/www/html
Generating...
done.
```

我们启动了一个叫作 `james_blog` 的新容器，把本地的 `james_blog` 目录作为 `/data/` 卷挂载到容器里。容器已经拿到网站的源代码，并将其构建到已编译的网站，存放至 `/var/www/html/` 目录。

卷是在一个或多个容器中特殊指定的目录，卷会绕过联合文件系统，为持久化数据和共享数据提供几个有用的特性。

- 卷可以在容器间共享和重用。
- 共享卷时不一定要运行相应的容器。
- 对卷的修改会直接在卷上反映出来。
- 更新镜像时不会包含对卷的修改。
- 卷会一直存在，直到没有容器使用它们。

利用卷，可以在不用提交镜像修改的情况下，向镜像里加入数据（如源代码、数据或者其他内容），并且可以在容器间共享这些数据。

卷在 Docker 宿主机的 `/var/lib/docker/volumes` 目录中。可以通过 `docker inspect` 命令查看某个卷的具体位置，如 `docker inspect -f "{{ range .Mounts }}"`
`{{.}}`{{end}}``。

提示 在 Docker 1.9 中，卷功能已经得到扩展，能通过插件的方式支持第三方存储系统，如 Ceph、Flocker 和 EMC 等。可以在卷插件文档 [\[3\]](#) 和 `docker volume create` 命令文档 [\[4\]](#) 中获得更详细的解释。

所以，如果想在另一个容器里使用 `/var/www/html/` 卷里编译好的网站，可以创建一个新的链接到这个卷的容器，如代码清单 6-11 所示。

代码清单 6-11 创建 Apache 容器

```
$ sudo docker run -d -P --volumes-from james_blog jantur01/apache
09a570cc2267019352525079fbba9927806f782acb88213bd38dde7e2795407d
```

这看上去和典型的 `docker run` 很像，只是使用了一个新标志 `--volumes-from`。标志 `--volumes-from` 把指定容器里的所有卷都加入新创建的容器里。这意味着，Apache 容器可以访问之前创建的 `james_blog` 容器里 `/var/www/html` 卷中存放的编译后的 Jekyll 网站。即便 `james_blog` 容器没有运行，Apache 容器也可以访问这个卷。想想，这只是卷的特性之一。不过，容器本身必须存在。

注意 即使删除了使用了卷的最后一个容器，卷中的数据也会持久保存。

构建 Jekyll 网站的最后一步是什么？来查看一下容器把已公开的 `80` 端口映射到了哪个端口，如代码清单 6-12 所示。

```
$ sudo docker port 09a570cc2267 80
0.0.0.0:49160
```

现在在Docker宿主机上浏览该网站，如图6-1所示。

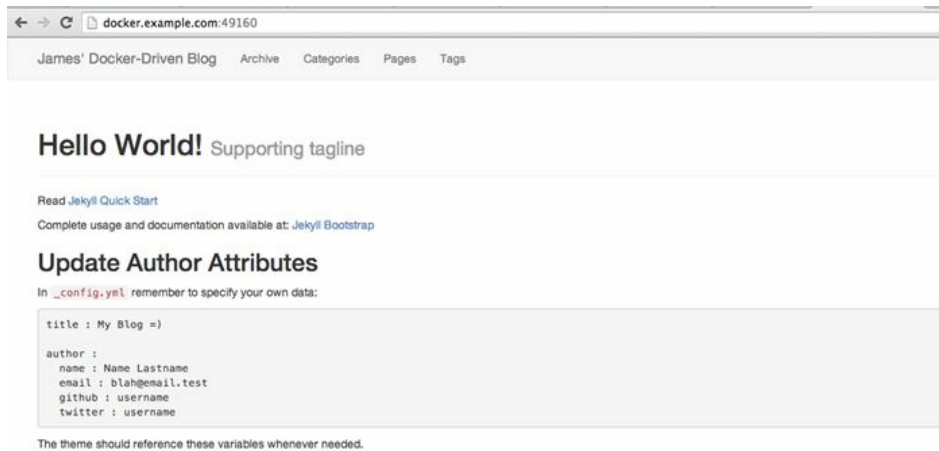


图6-1 Jekyll网站

现在终于把Jekyll网站运行起来了！

6.1.6 更新Jekyll网站

如果要更新网站的数据，就更有意思了。假设要修改Jekyll网站。我们将通过编辑 `james_blog/_config.yml` 文件来修改博客的名字，如代码清单6-13所示。

代码清单6-13 编辑Jekyll博客

```
$ vi james_blog/_config.yml
```

并将 `title` 域改为 `James' Dynamic Docker-driven Blog`。

那么如何才能更新博客网站呢？只需要再次使用 `docker start` 命令启动Docker容器即可，如代码清单6-14所示。

代码清单6-14 再次启动james_blog 容器

```
$ sudo docker start james_blog
james_blog
```

看上去什么都没发生。我们来查看一下容器的日志，如代码清单6-15所示。

代码清单6-15 查看james_blog 容器的日志

```
$ sudo docker logs james_blog
Configuration file: /data/_config.yml
    Source: /data
    Destination: /var/www/html
    Generating...
done.
Configuration file: /data/_config.yml
    Source: /data
    Destination: /var/www/html
    Generating...
done.
```

可以看到，Jekyll编译过程第二次被运行，并且网站已经被更新。这次更新已经写入了对应的卷。现在浏览Jekyll网站，就能看到变化了，如图6-2所示。

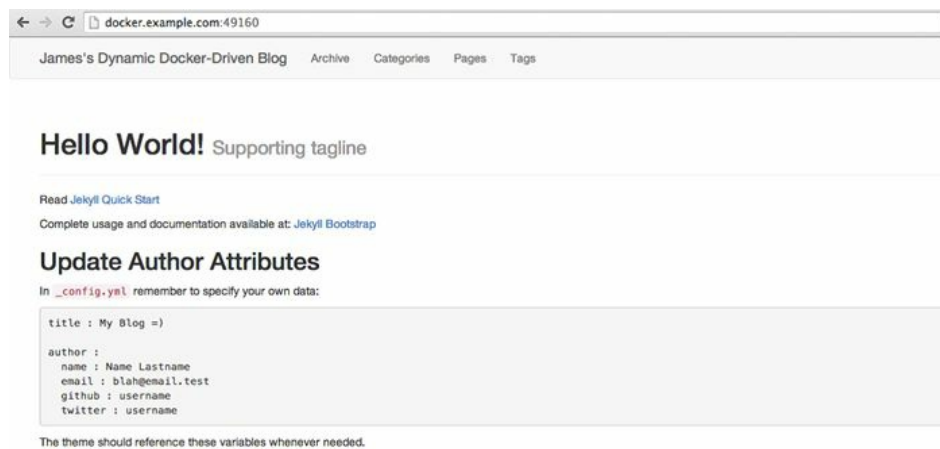


图6-2 更新后的Jekyll网站

由于共享的卷会自动更新，这一切都不需要更新或者重启Apache容器。这个流程非常简单，可以将其扩展到更复杂的部署环境。

6.1.7 备份Jekyll卷

你可能会担心万一不小心删除卷（尽管能使用已有的步骤轻松重建这个卷）。由于卷的优点之一就是可以挂载到任意容器，因此可以轻松备份它们。现在创建一个新容器，用来备份/var/www/html 卷，如代码清单6-16所示。

代码清单6-16 备份/var/www/html 卷

```
$ sudo docker run --rm --volumes-from james_blog \
-v $(pwd):/backup ubuntu \
tar cvf /backup/james_blog_backup.tar /var/www/html
tar: Removing leading '/' from member names
/var/www/html/
/var/www/html/assets/
/var/www/html/assets/themes/
.
.
.
$ ls james_blog_backup.tar
james_blog_backup.tar
```

这里我们运行了一个已有的Ubuntu容器，并把james_blog的卷挂载到该容器里。这会在该容器里创建/var/www/html目录。然后我们使用-v标志把当前目录（通过\$(pwd)命令获得）挂载到容器的/backup目录。最后我们的容器运行这一备份命令，如代码清单6-17所示。

提示 我们还指定了--rm标志，这个标志对于只用一次的容器，或者说用完即扔的容器，很有用。这个标志会在容器的进程运行完毕后，自动删除容器。对于只用一次的容器来说，这是一种很方便的清理方法。

代码清单6-17 备份命令

```
tar cvf /backup/james_blog_backup.tar /var/www/html
```

这个命令会创建一个名为jams_blog_backup.tar的tar文件（该文件包括了/var/www/html目录里的所有内容），然后退出。这个过程创建了卷的备份。

这显然只是一个最简单的备份过程。用户可以扩展这个命令，备份到本地存储或者云端（如Amazon S3 [5] 或者更传统的类似Amanda [6] 的备份软件）。

提示 这个例子对卷中存储的数据库或者其他类似的数据也适用。只要简单地把卷挂载到新容器，完成备份，然后废弃这个用于备份的容器就可以了。

6.1.8 扩展Jekyll示例网站

下面是几种扩展Jekyll网站的方法。

- 运行多个Apache容器，这些容器都使用来自james_blog容器的卷。在这些Apache容器前面加一个负载均衡器，我们就拥有了一个Web集群。
- 进一步构建一个镜像，这个镜像把用户提供的源数据复制（如通过git clone）到卷里。再把这个卷挂载到从jamtur01/jekyll镜像创建的容器。这就是一个可迁移的通用方案，而且不需要宿主机本地包含任何源代码。
- 在上一个扩展基础上可以很容易为我们的服务构建一个Web前端，这个服务用于从指定的源自动构建和部署网站。这样用户就有一个完全属于自己的GitHub Pages了。

6.2 使用Docker构建一个Java应用服务

现在我们来试一些稍微不同的方法，考虑把Docker作为应用服务器和编译管道。这次做一个更加“企业化”且用于传统工作负载的服务：获取Tomcat服务器上的WAR文件，并运行一个Java应用程序。为了做到这一点，构建一个有两个步骤的Docker管道。

- 一个镜像从URL拉取指定的WAR文件并将其保存到卷里。
- 一个含有Tomcat服务器的镜像运行这些下载的WAR文件。

6.2.1 WAR文件的获取程序

我们从构建一个镜像开始，这个镜像会下载WAR文件并将其挂载在卷里，如代码清单6-

18所示。

代码清单6-18 创建获取程序（fetcher）的Dockerfile

```
$ mkdir fetcher
$ cd fetcher
$ touch Dockerfile
```

现在来看看这个Dockerfile 的内容，如代码清单6-19所示。

代码清单6-19 WAR文件的获取程序

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -yqq update
RUN apt-get -yqq install wget
VOLUME [ "/var/lib/tomcat7/webapps/" ]
WORKDIR /var/lib/tomcat7/webapps/
ENTRYPOINT [ "wget" ]
CMD [ "-?" ]
```

这个非常简单的镜像只做了一件事：容器执行时，使用**wget** 从指定的URL获取文件并把文件保存在**/var/lib/tomcat7/webapps/** 目录。这个目录也是一个卷，并且是所有容器的工作目录。然后我们会把这个卷共享给Tomcat服务器并且运行里面的内容。

最后，如果没有指定URL，ENTRYPOINT 和CMD 指令会让容器运行，在容器不带URL运行的时候，这两条指令通过返回**wget** 帮助来做到这一点。

现在我们来构建这个镜像，如代码清单6-20所示。

代码清单6-20 构建获取程序的镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/fetcher .
```

6.2.2 获取WAR文件

现在让我们获取一个示例文件来启动新镜像。从<https://tomcat.apache.org/tomcat-7.0-doc/appdev/sample/> 下载Apache Tomcat示例应用，如代码清单6-21所示。

代码清单6-21 获取WAR文件

```
$ sudo docker run -t -i --name sample jamtur01/fetcher \
https://tomcat.apache.org/tomcat-7.0-doc/appdev/sample/sample.war
--2014-06-21 06:05:19-- https://tomcat.apache.org/tomcat-7.0-doc/appdev/
sample/sample.war
Resolving tomcat.apache.org (tomcat.apache.org)...
140.211.11.131, 192.87.106.229, 2001:610:1:80bc:192:87:106:229
Connecting to tomcat.apache.org (tomcat.apache.org)
|140.211.11.131|:443...connected.
```

```
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 4606 (4.5K)
Saving to: 'sample.war'
100%[=====>] 4,606      --.-K/s   in 0s
2014-06-21 06:05:19 (14.4 MB/s) - 'sample.war' saved [4606/4606]
```

可以看到，容器通过提供的URL下载了sample.war文件。从输出结果看不出最终的保存路径，但是因为设置了容器的工作目录，sample.war文件最终会保存到/var/lib/tomcat7/webapps/目录中。

可以在/var/lib/docker目录找到这个WAR文件。我们先用docker inspect命令查找卷的存储位置，如代码清单6-22所示。

代码清单6-22 查看示例里的卷

```
$ sudo docker inspect -f "{{ range .Mounts }}{{.}}{{end}}" sample
{c20a0567145677ed46938825f285402566e821462632e1842e82bc51b47fe4dc
  /var/lib/docker/volumes/
  c20a0567145677ed46938825f285402566e821462632e1842e82bc51b47fe4dc
  /_data /var/lib/tomcat7/webapps local true}
```

然后我们可以查看这个目录，如代码清单6-23所示。

代码清单6-23 查看卷所在的目录

```
$ ls -l /var/lib/docker/volumes/
c20a0567145677ed46938825f285402566e821462632e1842e82bc51b47fe4dc
/_data
total 8
-rw-r--r-- 1 root root 4606 Mar 31 2012 sample.war
```

6.2.3 Tomcat7应用服务器

现在我们已经有了一个可以获取WAR文件的镜像，并已经将示例WAR文件下载到了容器中。接下来我们构建Tomcat应用服务器的镜像来运行这个WAR文件，如代码清单6-24所示。

代码清单6-24 创建Tomcat 7 Dockerfile

```
$ mkdir tomcat7
$ cd tomcat7
$ touch Dockerfile
```

现在我们来看看这个Dockerfile，如代码清单6-25所示。

代码清单6-25 Tomcat 7应用服务器

```
FROM ubuntu:14.04
```

```
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -yqq update
RUN apt-get -yqq install tomcat7 default-jdk
ENV CATALINA_HOME /usr/share/tomcat7
ENV CATALINA_BASE /var/lib/tomcat7
ENV CATALINA_PID /var/run/tomcat7.pid
ENV CATALINA_SH /usr/share/tomcat7/bin/catalina.sh
ENV CATALINA_TMPDIR /tmp/tomcat7-tomcat7-tmp
RUN mkdir -p $CATALINA_TMPDIR
VOLUME [ "/var/lib/tomcat7/webapps/" ]
EXPOSE 8080
ENTRYPOINT [ "/usr/share/tomcat7/bin/catalina.sh", "run" ]
```

这个镜像很简单。我们需要安装Java JDK和Tomcat服务器。我们首先指定一些启动Tomcat需要的环境变量，然后我们创建一个临时目录，还创建了`/var/lib/tomcat7/` `webapps/` 卷，公开了Tomcat默认的8080 端口，最后使用ENTRYPOINT 指令来启动Tomcat。

现在我们来构建Tomcat 7镜像，如代码清单6-26所示。

代码清单6-26 构建Tomcat 7镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/tomcat7 .
```

6.2.4 运行WAR文件

现在，让我们创建一个新的Tomcat实例，运行示例应用，如代码清单6-27所示。

代码清单6-27 创建第一个Tomcat实例

```
$ sudo docker run --name sample_app --volumes-from sample \
-d -P jamtur01/tomcat7
```

这会创建一个名为`sample_app` 的容器，这个容器会复用`sample` 容器里的卷。这意味着存储在`/var/lib/tomcat7/webapps/` 卷里的WAR文件会从`sample` 容器挂载到`sample_app` 容器，最终被Tomcat加载并执行。

让我们在Web浏览器里看看这个示例程序。首先，我们必须使用`docker port` 命令找出被公开的端口，如代码清单6-28所示。

代码清单6-28 查找Tomcat应用的端口

```
sudo docker port sample_app 8080
0.0.0.0:49154
```

现在我们来浏览这个应用（使用URL和端口，并在最后加上`/sample`）看看都有什么，如图6-3所示。



图6-3 我们的Tomcat示例应用

应该能看到正在运行的Tomcat应用。

6.2.5 基于Tomcat应用服务器的构建服务

现在有了自服务Web服务的基础模块，让我们来看看怎么基于这些基础模块做扩展。为了做到这一点，我们已经构建好了一个简单的基于Sinatra的Web应用，这个应用可以通过网页自动展示Tomcat应用。这个应用叫TProv。可以在本书官网 [7] 或者GitHub [8] 找到其源代码。

然后我们使用这个程序来演示如何扩展之前的示例。首先，要保证已经安装了Ruby，如代码清单6-29所示。TProv应用会直接安装在Docker宿主机上，因为这个应用会直接和Docker守护进程交互。这也正是要安装Ruby的地方。

注意 也可以把TProv应用安装在Docker容器里。

代码清单6-29 安装Ruby

```
$ sudo apt-get -qq install ruby make ruby-dev
```

然后可以通过Ruby gem安装这个应用，如代码清单6-30所示。

代码清单6-30 安装TProv应用

```
$ sudo gem install --no-rdoc --no-ri tprov
...
Successfully installed tprov-0.0.4
```

这个命令会安装TProv应用及相关的支撑gem。

然后可以使用tprov 命令来启动应用，如代码清单6-31所示。

代码清单6-31 启动TProv应用

```
$ sudo tprov
[2014-06-21 16:17:24] INFO WEBrick 1.3.1
[2014-06-21 16:17:24] INFO ruby 1.8.7 (2011-06-30) [x86_64-linux]
== Sinatra/1.4.5 has taken the stage on 4567 for development with backup
from WEBrick
[2014-06-21 16:17:24] INFO WEBrick::HTTPServer#start_: _pid=14209 port=4567_
```

这个命令会启动应用。现在我们可以 Docker 宿主机上通过端口 4567 浏览 TProv 网站，如图 6-4 所示。

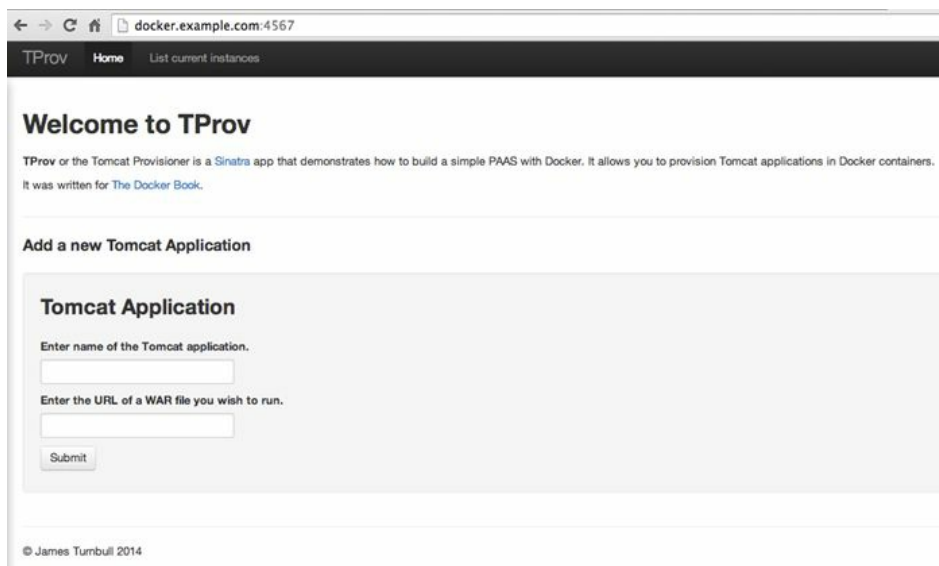


图6-4 TProv网络应用

如我们所见，我们可以指定 Tomcat 应用的名字和指向 Tomcat WAR 文件的 URL。从 <https://gwt-examples.googlecode.com/files/Calendar.war> 下载示例日历应用程序，并将其称为 Calendar，如图 6-5 所示。

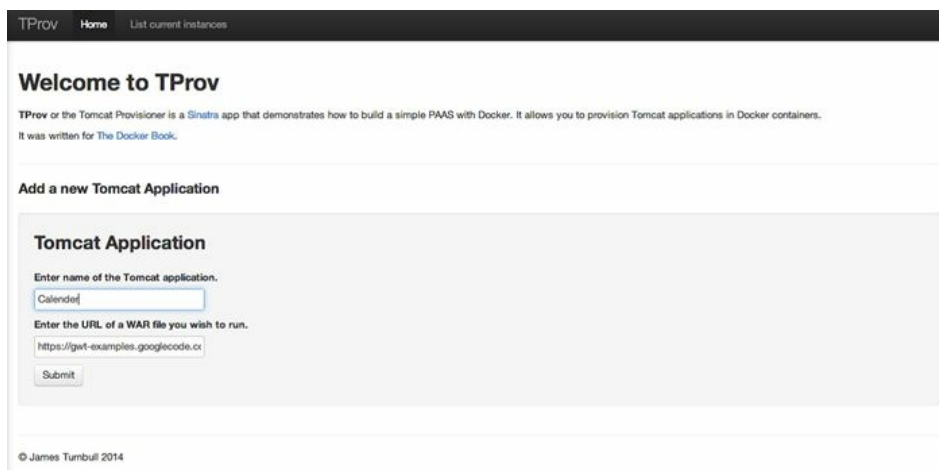


图6-5 下载示例应用程序

单击 Submit 按钮下载 WAR 文件，将其放入卷里，运行 Tomcat 服务器，加载卷里的 WAR 文件。可以单击 **List instances**（展示实例）链接来查看实例的运行状态，如图 6-6 所示。

Tomcat Applications			
Container ID	IPAddress	Port	Delete?
e04a4fd54305	172.17.0.10	0.0.0.0:49154	<input type="checkbox"/>
<input type="button" value="Submit"/>			

图6-6 展示Tomcat实例

这展示了：

- 容器的ID；
- 容器的内部IP地址；
- 服务映射到的接口和端口。

利用这些信息我们可以通过浏览映射的端口来查看应用的运行状态，还可以使用Delete?（是否删除）单选框来删除正在运行的实例。

可以查看TProv应用的源代码 [9]，看看程序是如何实现这些功能的。这个应用很简单，只是通过shell执行docker 程序，再捕获输出，来运行或者删除容器。

可以随意使用TProv代码，在之上做扩展，或者干脆重新写一份自己的代码 [10]。本文的应用主要用于展示，使用Docker构建一个应用程序部署管道是很容易的事情。

警告 TProv应用确实太简单了，缺少某些错误处理和测试。这个应用的开发过程很快：只写了一个小时，用于展示在构建应用和服务时Docker是一个多么强大的工具。如果你在这个应用里找到了bug（或者想把它写得更好），可以通过在<https://github.com/jamtur01/docker-book-code> 提交issue或者PR来告诉我。

6.3 多容器的应用栈

在最后一个服务应用的示例中我们把一个使用Express框架的、带有Redis后端的Node.js应用完全Docker化了。这里要继续演示如何把之前两章学到的Docker特性结合起来使用，包括链接和卷。

在这个例子中，我们会构建一系列的镜像来支持部署多容器的应用。

- 一个Node容器，用来服务于Node应用，这个容器会链接到。
- 一个Redis主容器，用于保存和集群化应用状态，这个容器会链接到。
- 两个Redis副本容器，用于集群化应用状态。
- 一个日志容器，用于捕获应用日志。

我们的Node应用程序会运行在一个容器中，它后面会有一个配置为“主-副本”模式运行在多个容器中的Redis集群。

6.3.1 Node.js镜像

先从构建一个安装了Node.js的镜像开始，这个镜像有Express应用和相应的必要的软件包，如代码清单6-32所示。

```
$ mkdir nodejs
$ cd nodejs
$ mkdir -p nodeapp
$ cd nodeapp
$ wget https://raw.githubusercontent.com/jamtur01/dockerbook-code
/master/code/6/node/nodejs/nodeapp/package.json
$ wget https://raw.githubusercontent.com/jamtur01/dockerbook-code
/master/code/6/node/nodejs/nodeapp/server.js
$ cd ..
$ vi Dockerfile
```

我们已经创建了一个叫`nodejs`的新目录，然后创建了子目录`nodeapp`来保存应用代码。然后我们进入这个目录，并下载了Node.js应用的源代码。

注意 可以从本书官网 [\[11\]](#) 或者GitHub仓库 [\[12\]](#) 下载Node应用的源代码。

最后我们回到了`nodejs`目录。现在我们来看看这个Dockerfile的内容，如代码清单6-33所示。

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -yqq update
RUN apt-get -yqq install nodejs npm
RUN ln -s /usr/bin/nodejs /usr/bin/node
RUN mkdir -p /var/log/nodeapp
ADD nodeapp /opt/nodeapp/
WORKDIR /opt/nodeapp
RUN npm install
VOLUME [ "/var/log/nodeapp" ]
EXPOSE 3000
ENTRYPOINT [ "nodejs", "server.js" ]
```

Node.js镜像安装了Node，然后我们用了一个简单的技巧把二进制文件`nodejs`链接到`node`，解决了Ubuntu上原有的一些无法向后兼容的问题。

然后将`nodeapp`的源代码通过ADD指令添加到`/opt/nodeapp`目录。这个Node.js应用是一个简单的Express服务器，包括一个存放应用依赖信息的`package.json`文件和包含实际应用代码的`server.js`文件，我们来看一下该应用的部分代码，如代码清单6-34所示。

```
...
var logFile = fs.createWriteStream('/var/log/nodeapp/nodeapp.log',
{flags: 'a'});
app.configure(function() {
...

```

```

app.use(express.session({
  store: new RedisStore({
    host: process.env.REDIS_HOST || 'redis_primary',
    port: process.env.REDIS_PORT || 6379,
    db: process.env.REDIS_DB || 0
  }),
  cookie: {
    . . .
  }
});
app.get('/', function(req, res) {
  res.json({
    status: "ok"
  });
});
. . .
var port = process.env.HTTP_PORT || 3000;
server.listen(port);
console.log('Listening on port ' + port);

```

`server.js` 文件引入了所有的依赖，并启动了Express应用。Express应用把会话（session）信息保存到Redis里，并创建了一个以JSON格式返回状态信息的节点。这个应用默认使用`redis_primary`作为主机名去连接Redis，如果有必要，可以通过环境变量覆盖这个默认的主机名。

这个应用会把日志记录到`/var/log/nodeapp/nodeapp.log` 文件里，并监听3000 端口。

注意 可以从本书官网 [\[13\]](#) 或者GitHub [\[14\]](#) 得到这个Node应用的源代码。

接着我们将工作目录设置为`/opt/nodeapp`，并且安装了Node应用的必要软件包，还创建了用于存放Node应用日志的卷`/var/log/nodeapp`。

最后我们公开了3000 端口，并使用ENTRYPOINT 指定了运行Node应用的命令`nodejs server.js`。

现在我们来构建镜像，如代码清单6-35所示。

代码清单6-35 构建Node.js镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/nodejs .
```

6.3.2 Redis基础镜像

现在我们继续构建第一个Redis镜像：安装Redis的基础镜像（如代码清单6-36所示）。然后我们会使用这个镜像构建Redis主镜像和副本镜像。

代码清单6-36 创建Redis基础镜像的Dockerfile

```

$ mkdir redis_base
$ cd redis_base
$ vi Dockerfile

```

现在来看看这个Dockerfile 的内容，如代码清单6-37所示。

代码清单6-37 基础Redis镜像

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -yqq update
RUN apt-get install -yqq software-properties-common python-software-properties
RUN add-apt-repository ppa:chris-lea/redis-server
RUN apt-get -yqq update
RUN apt-get -yqq install redis-server redis-tools
VOLUME [ "/var/lib/redis", "/var/log/redis/" ]
EXPOSE 6379
CMD[]
```

这个Redis基础镜像安装了最新版本的Redis（从PPA库安装，而不是使用Ubuntu自带的较老的Redis包），指定了两个VOLUME（/var/lib/redis 和/var/log/redis），公开了Redis的默认端口6379。因为不会执行这个镜像，所以没有包含ENTRYPOINT 或者CMD 指令。然后我们将只是基于这个镜像构建别的镜像。

现在我们来构建Redis基础镜像，如代码清单6-38所示。

代码清单6-38 构建Redis基础镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/redis .
```

6.3.3 Redis主镜像

我们继续构建第一个Redis镜像，即Redis主服务器，如代码清单6-39所示。

代码清单6-39 创建Redis主服务器的Dockerfile

```
$ mkdir redis_primary
$ cd redis_primary
$ vi Dockerfile
```

我们来看看这个Dockerfile 的内容，如代码清单6-40所示。

代码清单6-40 Redis主镜像

```
FROM jamtur01/redis
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
ENTRYPOINT [ "redis-server", "--logfile /var/log/redis/redis-server.log" ]
```

Redis主镜像基于之前的`jamtur01/redis` 镜像，并通过`ENTRYPOINT` 指令指定了Redis服务启动命令，Redis服务的日志文件保存到`/var/log/redis/redis-server.log`。

现在我们来构建Redis主镜像，如代码清单6-41所示。

代码清单6-41 构建Redis主镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/redis_primary .
```

6.3.4 Redis副本镜像

为了配合Redis主镜像，我们会创建Redis副本镜像，保证为Node.js应用提供Redis服务的冗余度，如代码清单6-42所示。

代码清单6-42 创建Redis副本镜像的Dockerfile

```
$ mkdir redis_replica
$ cd redis_replica
$ touch Dockerfile
```

现在我们来看看对应的Dockerfile，如代码清单6-43所示。

代码清单6-43 Redis副本镜像

```
FROM jamtur01/redis
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
ENTRYPOINT [ "redis-server", "--logfile /var/log/redis/redis-replica.log",
  "--slaveof redis_primary 6379" ]
```

Redis副本镜像也是基于`jamtur01/redis` 构建的，并且通过`ENTRYPOINT` 指令指定了运行Redis服务器的命令，设置了日志文件和`slaveof` 选项。这就把Redis配置为主-副本模式，从这个镜像构建的任何容器都会将`redis_primary` 主机的Redis作为主服务，连接其6379端口，成为其对应的副本服务器。

现在我们来构建Redis副本镜像，如代码清单6-44所示。

代码清单6-44 构建Redis副本镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/redis_replica .
```

6.3.5 创建Redis后端集群

现在我们已经有了Redis主镜像和副本镜像，已经可以构建我们自己的Redis复制环境了。首先我们创建一个用来运行我们的Express应用程序的网络，我们称其为`express`，如代码清单6-45所示。

```
$ sudo docker network create express
dfe9fe7ee5c9bfa035b7cf10266f29a701634442903ed9732dfdba2b509680c2
```

现在让我们在这个网络中运行Redis主容器，如代码清单6-46所示。

```
$ sudo docker run -d -h redis_primary \
--net express --name redis_primary jamtur01/redis_primary
d21659697baf56346cc5bbe8d4631f670364ffddf4863ec32ab0576e85a73d27
```

这里使用**docker run** 命令从**jamtur01/redis_primary** 镜像创建了一个容器。这里使用了一个以前没有见过的新标志**-h**，这个标志用来设置容器的主机名。这会覆盖默认的行为（默认将容器的主机名设置为容器ID）并允许我们指定自己的主机名。使用这个标志可以确保容器使用**redis_primary** 作为主机名，并被本地的DNS服务正确解析。

我们已经指定了**--name** 标志，确保容器的名字是**redis_primary**，我们还指定了**--net**标志，确保该容器在**express**网络中运行。稍后我们会看到，我们将使用这个网络来保证容器连通性。

让我们使用**docker logs** 命令来查看Redis主容器的运行状况，如代码清单6-47所示。

```
$ sudo docker logs redis_primary
```

什么日志都没有？这是怎么回事？原来Redis服务会将日志记录到一个文件而不是记录到标准输出，所以使用Docker查看不到任何日志。那怎么能知道Redis服务器的运行情况呢？为了做到这一点，可以使用之前创建的**/var/log/redis** 卷。现在来看看这个卷，读取一些日志文件的内容，如代码清单6-48所示。

```
$ sudo docker run -ti --rm --volumes-from redis_primary \
ubuntu cat /var/log/redis/redis-server.log
...
[1] 25 Jun 21:45:03.074 # Server started, Redis version 2.8.12
[1] 25 Jun 21:45:03.074 # WARNING overcommit_memory is set to 0!
Background save may fail under low memory condition. To fix
this issue add 'vm.overcommit_memory = 1' to /etc/sysctl.conf
and then reboot or run the command 'sysctl vm.overcommit_memory
=1' for this to take effect.
[1] 25 Jun 21:45:03.074 * The server is now ready to accept
connections on port 6379
```

这里以交互方式运行了另一个容器。这个命令指定了**--rm** 标志，它会在进程运行完后自

动删除容器。我们还指定了`--volumes-from`标志，告诉它从`redis_primary`容器挂载了所有的卷。然后我们指定了一个`ubuntu`基础镜像，并告诉它执行`cat /var/log/redis/redis-server.log`来展示日志文件。这种方法利用了卷的优点，可以直接从`redis_primary`容器挂载`/var/log/redis`目录并读取里面的日志文件。一会儿我们将会看到更多使用这个命令的情况。

查看Redis日志，可以看到一些常规警告，不过一切看上去都没什么问题。Redis服务器已经准备好从6379端口接收数据了。

那么下一步，我们创建一个Redis副本容器，如代码清单6-49所示。

代码清单6-49 运行第一个Redis副本容器

```
$ sudo docker run -d -h redis_replica1 \
--name redis_replica1 \
--net express \
jamtur01/redis_replica
0ae440b5c56f48f3190332b4151c40f775615016bf781fc817f631db5af34ef8
```

这里我们运行了另一个容器：这个容器来自`jamtur01/redis_replica`镜像。和之前一样，命令里指定了主机名（通过`-h`标志）和容器名（通过`--name`标志）都是`redis_replica1`。我们还使用了`--net`标志在`express`网络中运行Redis副本容器。

提示 在Docker 1.9之前的版本中，不能使用Docker Networking，只能使用Docker链接来连接Redis主容器和副本容器。

现在我们来检查一下这个新容器的日志，如代码清单6-50所示。

代码清单6-50 读取Redis副本容器的日志

```
$ sudo docker run -ti --rm --volumes-from redis_replica1 \
ubuntu cat /var/log/redis/redis-replica.log
...
[1] 25 Jun 22:10:04.240 # Server started, Redis version 2.8.12
[1] 25 Jun 22:10:04.240 # WARNING overcommit_memory is set to 0!
Background save may fail under low memory condition. To fix
this issue add 'vm.overcommit_memory = 1' to /etc/sysctl.conf
and then reboot or run the command 'sysctl vm.overcommit_memory
=1' for this to take effect.
[1] 25 Jun 22:10:04.240 * The server is now ready to accept
connections on port 6379
[1] 25 Jun 22:10:04.242 * Connecting to MASTER redis_primary:6379
[1] 25 Jun 22:10:04.244 * MASTER <-> SLAVE sync started
[1] 25 Jun 22:10:04.244 * Non blocking connect for SYNC fired the event.
[1] 25 Jun 22:10:04.244 * Master replied to PING, replication can
continue...
[1] 25 Jun 22:10:04.245 * Partial resynchronization not possible
(no cached master)
[1] 25 Jun 22:10:04.246 * Full resync from master: 24
a790df6bf4786a0e886be4b34868743f6145cc:1485
[1] 25 Jun 22:10:04.274 * MASTER <-> SLAVE sync: receiving 18 bytes from
master
[1] 25 Jun 22:10:04.274 * MASTER <-> SLAVE sync: Flushing old data
```

```
[1] 25 Jun 22:10:04.274 * MASTER <-> SLAVE sync: Loading DB in memory
[1] 25 Jun 22:10:04.275 * MASTER <-> SLAVE sync: Finished with success
```

这里通过交互的方式运行了一个新容器来查询日志。和之前一样，我们又使用了`--rm`标志，它在命令执行完毕后自动删除容器。我们还指定了`--volumes-from`标志，挂载了`redis_replica1`容器的所有卷。然后我们指定了`ubuntu`基础镜像，并让它`cat`日志文件`/var/log/redis/redis-replica.log`。

到这里我们已经成功启动了`redis_primary`和`redis_replica1`容器，并让这两个容器进行主从复制。

现在我们来加入另一个副本容器`redis_replica2`，确保万无一失，如代码清单6-51所示。

代码清单6-51 运行第二个Redis副本容器

```
$ sudo docker run -d -h redis_replica2 \
--name redis_replica2 \
--net express \
jamtur01/redis_replica
72267cd74c412c7b168d87bba70f3aaa3b96d17d6e9682663095a492bc260357
```

我们来看看新容器的日志，如代码清单6-52所示。

代码清单6-52 第二个Redis副本容器的日志

```
$ sudo docker run -ti --rm --volumes-from redis_replica2 ubuntu \
cat /var/log/redis/redis-replica.log
. . .
[1] 25 Jun 22:11:39.417 # Server started, Redis version 2.8.12
[1] 25 Jun 22:11:39.417 # WARNING overcommit_memory is set to 0!
Background save may fail under low memory condition. To fix
this issue add 'vm.overcommit_memory = 1' to /etc/sysctl.conf
and then reboot or run the command 'sysctl vm.overcommit_memory
=1' for this to take effect.
[1] 25 Jun 22:11:39.417 * The server is now ready to accept connections
on port 6379
[1] 25 Jun 22:11:39.417 * Connecting to MASTER redis_primary:6379
[1] 25 Jun 22:11:39.422 * MASTER <-> SLAVE sync started
[1] 25 Jun 22:11:39.422 * Non blocking connect for SYNC fired the event.
[1] 25 Jun 22:11:39.422 * Master replied to PING, replication can
continue...
[1] 25 Jun 22:11:39.423 * Partial resynchronization not possible
(no cached master)
[1] 25 Jun 22:11:39.424 * Full resync from master: 24
a790df6bf4786a0e886be4b34868743f6145cc:1625
[1] 25 Jun 22:11:39.476 * MASTER <-> SLAVE sync: receiving 18 bytes from
master
[1] 25 Jun 22:11:39.476 * MASTER <-> SLAVE sync: Flushing old data
[1] 25 Jun 22:11:39.476 * MASTER <-> SLAVE sync: Loading DB in memory
```

现在可以确保Redis服务万无一失了！

6.3.6 创建Node容器

现在我们已经让Redis集群运行了，我们可以为启动Node.js应用启动一个容器，如代码清单6-53所示。

代码清单6-53 运行Node.js容器

```
$ sudo docker run -d \
--name nodeapp -p 3000:3000 \
--net express \
jamtur01/nodejs
9a9dd33957c136e98295de7405386ed2c452e8ad263a6ec1a2a08b24f80fd175
```

提示 在Docker 1.9之前的版本中，不能使用Docker Networking，只能使用Docker链接来连接Node和Redis容器。

我们从jamtur01/nodejs 镜像创建了一个新容器，命名为nodeapp，并将容器内的3000端口映射到宿主机的3000端口。同样我们的新nodeapp容器也是运行在express网络中。

可以使用docker logs 命令来看看nodeapp 容器在做什么，如代码清单6-54所示。

代码清单6-54 nodeapp 容器的控制台日志

```
$ sudo docker logs nodeapp
Listening on port 3000
```

从这个日志可以看到Node应用程序监听了3000端口。

现在我们在Docker宿主机上打开相应的网页，看看应用工作的样子，如图6-7所示。



图6-7 Node应用程序

可以看到Node应用只是简单地返回了OK状态，如代码清单6-55所示。

代码清单6-55 Node应用的输出

```
{
  "status": "ok"
}
```

这个输出表明应用正在工作。浏览器的会话状态会先被记录到Redis主容器redis_primary，然后复制到两个Redis副本容器redis_replica1和redis_replica2。

6.3.7 捕获应用日志

现在应用已经可以运行了，需要把这个应用放到生产环境中。在生产环境里需要确保可以捕获日志并将日志保存到日志服务器。我们将使用Logstash^[15]来完成这件事。我们先来创建一个Logstash镜像，如代码清单6-56所示。

代码清单6-56 创建Logstash的Dockerfile

```
$ mkdir logstash
$ cd logstash
$ touch Dockerfile
```

现在我们来看看这个Dockerfile的内容，如代码清单6-57所示。

代码清单6-57 Logstash镜像

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -yqq update
RUN apt-get -yqq install wget
RUN wget -O - http://packages.elasticsearch.org/GPG-KEY-elasticsearch |
    apt-key add -
RUN echo 'deb <a>http://packages.elasticsearch.org/logstash/1.4/debian</a>

    stable main' > /etc/apt/sources.list.d/logstash.list
RUN apt-get -yqq update
RUN apt-get -yqq install logstash
ADD logstash.conf /etc/
WORKDIR /opt/logstash
ENTRYPOINT [ "bin/logstash" ]
CMD [ "--config=/etc/logstash.conf" ]
```

我们已经创建了镜像并安装了Logstash，然后将logstash.conf文件使用ADD指令添加到/etc/目录。现在我们来看看logstash.conf文件的内容，如代码清单6-58所示。

代码清单6-58 Logstash配置文件

```
input {
  file {
    type => "syslog"
    path => ["/var/log/nodeapp/nodeapp.log", "/var/log/redis/
      redis-server.log"]
  }
}
output {
  stdout {
    codec => rubydebug
  }
}
```

```
}  
}
```

这个Logstash配置很简单，它监控两个文件，即`/var/log/nodeapp/nodeapp.log`和`/var/log/redis/redis-server.log`。Logstash会一直监视这两个文件，将其中新的内容发送给Logstash。配置文件的第二部分是`output`部分，接受所有Logstash输入的内容并将其输出到标准输出上。现实中，一般会将Logstash配置为输出到Elasticsearch集群或者其他的目的地，不过这里只使用标准输出做演示，所以忽略了现实的细节。

注意 如果不太了解Logstash，想要深入学习可以参考作者的书 [\[16\]](#) 或者Logstash文档 [\[17\]](#)。

我们指定了工作目录为`/opt/logstash`。最后，我们指定了`ENTRYPOINT`为`bin/logstash`，并且指定了`CMD`为`--config=/etc/logstash.conf`。这样容器启动时会启动Logstash并加载`/etc/logstash.conf`配置文件。

现在我们来构建Logstash镜像，如代码清单6-59所示。

代码清单6-59 构建Logstash镜像

```
$ sudo docker build -t jamtur01/logstash .
```

构建好镜像后，可以从这个镜像启动一个容器，如代码清单6-60所示。

代码清单6-60 启动Logstash容器

```
$ sudo docker run -d --name logstash \  
--volumes-from redis_primary \  
--volumes-from nodeapp \  
jamtur01/logstash
```

我们成功地启动了一个名为`logstash`的新容器，并指定了两次`--volumes-from`标志，分别挂载了`redis_primary`和`nodeapp`容器的卷，这样就可以访问Redis和Node的日志文件了。任何加到这些日志文件里的内容都会反映在`logstash`容器的卷里，并传给Logstash做后续处理。

现在我们使用`-f`标志来查看`logstash`容器的日志，如代码清单6-61所示。

代码清单6-61 logstash 容器的日志

```
$ sudo docker logs -f logstash  
{:timestamp=>"2014-06-26T00:41:53.273000+0000", :message=>"Using  
milestone 2 input plugin 'file'. This plugin should be stable,  
but if you see strange behavior, please let us know! For more  
information on plugin milestones, see http://logstash.net/docs  
/1.4.2-modified/plugin-milestones", :level=>:warn}
```

现在再在浏览器里刷新Web应用，产生一个新的日志事件。这样应该能在`logstash`容器

的输出中看到这个事件，如代码清单6-62所示。

代码清单6-62 Logstash中的Node事件

```
{
  "message" => "63.239.94.10 - - [Thu, 26 Jun 2014 01:28:42
    GMT] \"GET /hello/frank HTTP/1.1\" 200 22 \"-\" \"
    Mozilla/5.0 (Macintosh; Intel Mac OS X 10_9_4)
    AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome
    /35.0.1916.153 Safari/537.36\"",
  "@version" => "1",
  "@timestamp" => "2014-06-26T01:28:42.593Z",
  "type" => "syslog",
  "host" => "cfa96519ba54",
  "path" => "/var/log/nodeapp/nodeapp.log"
}
```

现在Node和Redis容器都将日志输出到了Logstash。在生产环境中，这些事件会发到Logstash服务器并存储在Elasticsearch里。如果要加入新的Redis副本容器或者其他组件，也可以很容易地将其日志输出到日志容器里。

注意 如果需要，也可以通过卷对Redis做备份。

6.3.8 Node程序栈的小结

现在我们已经演示过了如何使用多个容器组成应用程序栈，演示了如何使用Docker链接来将应用容器连在一起，还演示了如何使用Docker卷来管理应用中各种数据。这些技术可以很容易地用来构建更加复杂的应用程序和架构。

6.4 不使用SSH管理Docker容器

最后，在结束关于使用Docker运行服务的话题之前，了解一些管理Docker容器的方法以及这些方法与传统管理方法的区别是很重要的。

传统上讲，通过SSH登入运行环境或者虚拟机里来管理服务。在Docker的世界里，大部分容器都只运行一个进程，所以不能使用这种访问方法。不过就像之前多次看到的，其实不需要这种访问：可以使用卷或者链接完成大部分同样的管理操作。比如说，如果服务通过某个网络接口做管理，就可以在启动容器时公开这个接口；如果服务通过Unix套接字（socket）来管理，就可以通过卷公开这个套接字。如果需要给容器发送信号，就可以像代码清单6-63所示那样使用docker kill命令发送信号。

代码清单6-63 使用docker kill发送信号

```
$ sudo docker kill -s <signal> <container>
```

这个操作会发送指定的信号（如HUP信号）给容器，而不是杀掉容器。

然而，有时候确实需要登入容器。即便如此，也不需要容器里执行SSH服务或者打开任

何不必要的访问。需要登入容器时，可以使用一个叫**nsenter**的小工具。

注意 **nsenter** 一般适用于Docker 1.2 或者更早的版本。**docker exec** 命令是在Docker 1.3中引入的，替换了它的大部分功能。

工具**nsenter** 让我们可以进入Docker用来构成容器的内核命名空间。从技术上说，这个工具可以进入一个已经存在的命名空间，或者在新的一组命名空间里执行一个进程。简单来说，使用**nsenter** 可以进入一个已经存在的容器的shell，即便这个容器没有运行SSH或者任何类似目的的守护进程。可以通过Docker容器安装**nsenter**，如代码清单6-64所示。

代码清单6-64 安装**nsenter**

```
$ sudo docker run -v /usr/local/bin:/target jpetazzo/nsenter
```

这会把**nsenter** 安装到**/usr/local/bin** 目录下，然后立刻就可以使用这个命令。

提示 工具**nsenter** 也可能由所使用的Linux发行版（在**util-linux** 包里）提供。

为了使用**nsenter**，首先要拿到要进入的容器的进程ID（PID）。可以使用**docker inspect** 命令获得PID，如代码清单6-65所示。

代码清单6-65 获取容器的进程ID

```
PID=$(sudo docker inspect --format '{{.State.Pid}}' <container>)
```

然后就可以进入容器，如代码清单6-66所示。

代码清单6-66 使用**nsenter** 进入容器

```
$ sudo nsenter --target $PID --mount --uts --ipc --net --pid
```

这会在容器里启动一个shell，而不需要SSH或者其他类似的守护进程或者进程。

我们还可以将想在容器内执行的命令添加在**nsenter** 命令行的后面，如代码清单6-67所示。

代码清单6-67 使用**nsenter**在容器内执行命令

```
$ sudo nsenter --target $PID --mount --uts --ipc --net --pid ls
bin boot dev etc home lib lib64 media mnt opt proc . . .
```

这会在目标容器内执行**ls** 命令。

6.5 小结

在本章中我们演示了如何使用Docker容器构建一些生产用的服务程序，还进一步演示了如

何构建多容器服务并管理应用栈。本章的例子将Docker链接和卷融合在一起，并使用这些特性提供一些扩展的功能，比如记录日志和备份。

在下一章中我们会演示如何使用Docker Compose、Docker Swarm和Consul工具来对Docker进行编配。

- [1] <http://jekyllrb.com/>
- [2] <http://getbootstrap.com>
- [3] http://docs.docker.com/engine/extend/plugins_volume/
- [4] https://docs.docker.com/engine/reference/commandline/volume_create/
- [5] <http://aws.amazon.com/s3/>
- [6] <http://www.amanda.org>
- [7] <http://dockerbook.com/code/6/tomcat/tprov/>
- [8] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/tree/master/code/6/tomcat/tprov>
- [9] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/blob/master/code/6/tomcat/tprov/lib/tprov/app.rb>
- [10] 完全是你自己写的代码——我很喜欢自己写代码，而不是直接用别人的。
- [11] <http://dockerbook.com/code/6/node/>
- [12] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/tree/master/code/6/node/>
- [13] <http://dockerbook.com/code/6/node/>
- [14] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/tree/master/code/6/node/>
- [15] <http://logstash.net/>
- [16] <http://www.logstashbook.com>
- [17] <http://logstash.net>

第7章 Docker编配和服务发现

编配（orchestration）是一个没有严格定义的概念。这个概念大概描述了自动配置、协作和管理服务的过程。在Docker的世界里，编配用来描述一组实践过程，这个过程会管理运行在多个Docker容器里的应用，而这些Docker容器有可能运行在多个宿主机上。Docker对编配的原生支持非常弱，不过整个社区围绕编配开发和集成了很多很棒的工具。

在现在的生态环境里，已经围绕Docker构建和集成了很多的工具。一些工具只是简单地将多个容器快捷地“连”在一起，使用简单的组合来构建应用程序栈。另外一些工具提供了在更大规模多个Docker宿主机上进行协作的能力，以及复杂的调度和执行能力。

刚才提到的这些领域，每个领域都值得写一本书。不过本书只介绍这些领域里几个有用的工具，这些工具可以让读者了解应该如何实际对容器进行编配。希望这些工具可以帮读者构建自己的Docker环境。

本章将关注以下3个领域。

- 简单的容器编配。这部分内容会介绍Docker Compose。Docker Compose（之前的Fig）是由Orchard团队开发的开源Docker编配工具，后来2014年被Docker公司收购。这个工具用Python编写，遵守Apache 2.0许可。
- 分布式服务发现。这部分内容会介绍Consul。Consul使用Go语言开发，以MPL 2.0许可授权开源。这个工具提供了分布式且高可用的服务发现功能。本书会展示如何使用Consul和Docker来管理应用，发现相关服务。
- Docker的编配和集群。在这里我们将会介绍Swarm。Swarm是一个开源的、基于Apache 2.0许可证发布的软件。它用Go语言编写，由Docker公司团队开发。

提示 本章的后面我还会谈论可用的许多其他的编配工具。

7.1 Docker Compose

现在先来熟悉一下Docker Compose。使用Docker Compose，可以用一个YAML文件定义一组要启动的容器，以及容器运行时的属性。Docker Compose称这些容器为“服务”，像这样定义：

容器通过某些方法并指定一些运行时的属性来和其他容器产生交互。

下面会介绍如何安装Docker Compose，以及如何使用Docker Compose构建一个简单的多容器应用程序栈。

7.1.1 安装Docker Compose

现在开始安装Docker Compose。Docker Compose目前可以在Linux、Windows和OS X上使用。可以通过直接安装可执行包来安装，或者通过Docker Toolbox安装，也可以通过Python Pip包来安装。

为了在Linux上安装Docker Compose，可以从GitHub下载Docker Compose的可执行包，并让其可执行。和Docker一样，Docker Compose目前只能安装在64位Linux上。可以使用curl 命令来完成安装，如代码清单7-1所示。

代码清单7-1 在Linux上安装Docker Compose

```
$ sudo bash -c "curl -L https://github.com/docker/compose/
releases/download/1.5.0/docker-compose-`uname -s`-`uname -m` >
/usr/local/bin/docker-compose"
$ sudo chmod +x /usr/local/bin/docker-compose
```

这个命令会从GitHub下载docker-compose 可执行程序并安装到/usr/local/bin 目录中。之后使用chmod 命令确保可执行程序docker-compose 可以执行。

如果是在OS X上，Docker Toolbox 已经包含了Docker Compose，或者可以像代码清单7-2所示这样进行安装。

代码清单7-2 在OS X上安装Docker Compose

```
$ sudo bash -c "curl -L https://github.com/docker/compose/
releases/download/1.5.0/docker-compose-Darwin-x86_64 > /usr/
local/bin/docker-compose"
$ sudo chmod +x /usr/local/bin/docker-compose
```

如果是在Windows平台上，也可以用Docker Toolbox，里面包含了Docker Compose。

如果是在其他平台上或者偏好使用包来安装，Compose也可以作为Python包来安装。这需要预先安装Python-Pip工具，保证存在pip 命令。这个命令在大部分Red Hat、Debian或者Ubuntu发行版里，都可以通过python-pip 包安装，如代码清单7-3所示。

代码清单7-3 通过Pip安装Docker Compose

```
$ sudo pip install -U docker-compose
```

安装好docker-compose 可执行程序后，就可以通过使用--version 标志调用docker-compose 命令来测试其可以正常工作，如代码清单7-4所示。

代码清单7-4 测试Docker Compose是否工作

```
$ docker-compose --version
docker-compose 1.5.0
```

注意 如果从1.3.0之前的版本升级而来，那么需要将容器格式也升级到1.3.0版本，这可以通过docker-compose

`migrate-to-labels` 命令来实现。

7.1.2 获取示例应用

为了演示Compose是如何工作的，这里使用一个Python Flask应用作为例子，这个例子使用了以下两个容器。

- 应用容器，运行Python示例程序。
- Redis容器，运行Redis数据库。

现在开始构建示例应用。首先，创建一个目录并创建Dockerfile，如代码清单7-5所示。

代码清单7-5 创建composeapp 目录

```
$ mkdir composeapp
$ cd composeapp
$ touch Dockerfile
```

这里创建了一个叫作composeapp 的目录来保存示例应用。之后进入这个目录，创建了一个空Dockerfile，用于保存构建Docker镜像的指令。

之后，需要添加应用程序的源代码。创建一个名叫app.py 的文件，并写入代码清单7-6所示的Python代码。

代码清单7-6 app.py文件

```
from flask import Flask
from redis import Redis
import os
app = Flask(__name__)
redis = Redis(host="redis_1", port=6379)
@app.route('/')
def hello():
    redis.incr('hits')
    return 'Hello Docker Book reader! I have been seen {0} times'
        .format(redis.get('hits'))
if __name__ == "__main__":
    app.run(host="0.0.0.0", debug=True)
```

提示 读者可以在GitHub [\[1\]](#) 或者本书官网 [\[2\]](#) 找到源代码。

这个简单的Flask应用程序追踪保存在Redis里的计数器。每次访问根路径/ 时，计数器会自增。

现在还需要创建requirements.txt 文件来保存应用程序的依赖关系。创建这个文件，并加入代码清单7-7列出的依赖。

代码清单7-7 requirements.txt 文件

```
flask
redis
```

现在来看看Dockerfile，如代码清单7-8所示。

代码清单7-8 composeapp 的Dockerfile

```
# Compose示例应用的镜像
FROM python:2.7
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ADD . /composeapp
WORKDIR /composeapp
RUN pip install -r requirements.txt
```

这个Dockerfile 很简单。它基于python:2.7 镜像构建。首先添加文件app.py 和 requirements.txt 到镜像中的/composeapp 目录。之后Dockerfile 将工作目录设置为/composeapp，并执行pip 命令来安装应用的依赖：flask 和redis。

使用docker build 来构建镜像，如代码清单7-9所示。

代码清单7-9 构建composeapp 应用

```
$ sudo docker build -tjamtur01/composeapp .
Sending build context to Docker daemon 16.9 kB
Sending build context to Docker daemon
Step 0 : FROM python:2.7
--> 1c8df2f0c10b
Step 1 : MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
--> Using cache
--> aa564fe8be5a
Step 2 : ADD . /composeapp
--> c33aa147e19f
Removing intermediate container 0097bc79d37b
Step 3 : WORKDIR /composeapp
--> Running in 76e5ee8544b3
--> d9da3105746d
Removing intermediate container 76e5ee8544b3
Step 4 : RUN pip install -r requirements.txt
--> Running in e71d4bb33fd2
Downloading/unpacking flask (from -r requirements.txt (line 1))
...
Successfully installed flask redis Werkzeug Jinja2 itsdangerous markupsafe
Cleaning up...
--> bf0fe6a69835
Removing intermediate container e71d4bb33fd2
Successfully built bf0fe6a69835
```

这样就创建了一个名叫jamtur01/composeapp 的容器，这个容器包含了示例应用和应用需要的依赖。现在可以使用Docker Compose来部署应用了。

注意 之后会从Docker Hub上的默认Redis镜像直接创建Redis容器，这样就不需要重新构建或者定制Redis容器了。

7.1.3 docker-compose.yml 文件

现在应用镜像已经构建好了，可以配置Compose来创建需要的服务了。在Compose中，我们定义了一组要启动的服务（以Docker容器的形式表现），我们还定义了我们希望这些服务要启动的运行时属性，这些属性和docker run 命令需要的参数类似。将所有与服务有关的属性都定义在一个YAML文件里。之后执行docker-compose up 命令，Compose会启动这些容器，使用指定的参数来执行，并将所有的日志输出合并到一起。

先来为这个应用创建docker-compose.yml 文件，如代码清单7-10所示。

代码清单7-10 创建docker-compose.yml 文件

```
$ touch docker-compose.yml
```

现在来看看docker-compose.yml 文件的内容。docker-compose.yml 是YAML格式的文件，包括了一个或者多个运行Docker容器的指令。现在来看看示例应用使用的指令，如代码清单7-11所示。

代码清单7-11 docker-compose.yml 文件

```
web:
  image: jamtur01/composeapp
  command: python app.py
  ports:
    - "5000:5000"
  volumes:
    - ./composeapp
  links:
    - redis
redis:
  image: redis
```

每个要启动的服务都使用一个YAML的散列键定义：**web** 和**redis**。

对于**web** 服务，指定了一些运行时参数。首先，使用**image** 指定了要使用的镜像：**jamtur01/composeapp** 镜像。Compose也可以构建Docker镜像。可以使用**build** 指令，并提供一个到Dockerfile的路径，让Compose构建一个镜像，并使用这个镜像创建服务，如代码清单7-12所示。

代码清单7-12 build 指令的示例

```
web:
  build: /home/james/composeapp
  . . .
```

这个**build** 指令会使用/home/james/composeapp 目录下的Dockerfile 来构建Docker镜像。

我们还使用**command** 指定服务启动时要执行的命令。接下来使用**ports**和**volumes** 指定了我们的服务要映射到的端口和卷，我们让服务里的5000端口映射到主机的5000端口，并创建了卷/**composeapp**。最后使用**links** 指定了要连接到服务的其他服务：将**redis** 服务连接到**web** 服务。

如果想用同样的配置，在代码行中使用**docker run** 执行服务，需要像代码清单7-13所示这么做。

代码清单7-13 同样效果的**docker run** 命令

```
$ sudo docker run -d -p 5000:5000 -v ./composeapp --link redis:redis \
--name jamtur01/composeapp python app.py
```

之后指定了另一个名叫**redis** 的服务。这个服务没有指定任何运行时的参数，一切使用默认的配置。之前也用过这个**redis** 镜像，这个镜像默认会在标准端口上启动一个Redis数据库。这里没必要修改这个默认配置。

提示 可以在Docker Compose官网 [\[3\]](#) 查看**docker-compose.yml** 所有可用的指令列表。

7.1.4 运行Compose

一旦在**docker-compose.yml** 中指定了需要的服务，就可以使用**docker-compose up** 命令来执行这些服务，如代码清单7-14所示。

代码清单7-14 使用**docker-compose up** 启动示例应用服务

```
$ cd composeapp
$ sudo docker-compose up
Creating composeapp_redis_1...
Creating composeapp_web_1...
Attaching to composeapp_redis_1, composeapp_web_1
redis_1 | |-----|
redis_1 | |         |
redis_1 | |         |
redis_1 | |         |
redis_1 | |         |
redis_1 | |         |
redis_1 | |         |
redis_1 | [1] 13 Aug 01:48:32.218 # Server started, Redis version 2.8.13
redis_1 | [1] 13 Aug 01:48:32.218 # WARNING overcommit_memory is set to
redis_1 | 0! Background save may fail under low memory condition. To fix this
redis_1 | issue add 'vm.overcommit_memory = 1' to /etc/sysctl.conf and then reboot
redis_1 | or run the command 'sysctl vm.overcommit_memory=1' for this to take effect.
redis_1 | [1] 13 Aug 01:48:32.218 * The server is now ready to accept
redis_1 | connections on port 6379
web_1   | * Running on http://0.0.0.0:5000/
web_1   | * Restarting with reloader
```

提示 必须在**docker-compose.yml** 文件所在的目录执行大多数Compose命令。

可以看到Compose创建了**composeapp_redis_1** 和**composeapp_web_1**这两个新的服务。

那么，这两个名字是从哪儿来的呢？为了保证服务是唯一的，Compose将docker-compose.yml 文件中指定的服务名字加上了目录名作为前缀，并分别使用数字作为后缀。

Compose之后接管了每个服务输出的日志，输出的日志每一行都使用缩短的服务名字作为前缀，并交替输出在一起，如代码清单7-15所示。

代码清单7-15 Compose服务输出的日志

```
redis_1 | [1] 13 Aug 01:48:32.218 # Server started, Redis version 2.8.13
```

服务（和Compose）交替运行。这意味着，如果使用Ctrl+C 来停止Compose运行，也会停止运行的服务。也可以在运行Compose时指定-d 标志，以守护进程的模式来运行服务（类似于docker run -d 标志），如代码清单7-16所示。

代码清单7-16 以守护进程方式运行Compose

```
$ sudo docker-compose up -d
```

来看看现在宿主机上运行的示例应用。这个应用绑定在宿主机所有网络接口的5000端口上，所以可以使用宿主机的IP或者通过localhost 来浏览该网站。

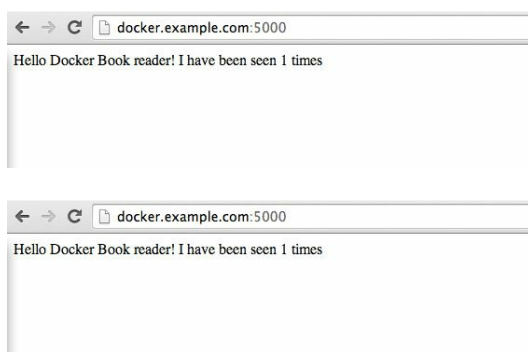


图7-1 Compose示例应用

可以看到这个页面上显示了当前计数器的值。刷新网站，会看到这个值在增加。每次刷新都会增加保存在Redis里的值。Redis更新是通过由Compose控制的Docker容器之间的链接实现的。

提示 在默认情况下，Compose会试图连接到本地的Docker守护进程，不过也会受到DOCKER_HOST 环境变量的影响，去连接到一个远程的Docker宿主机。

7.1.5 使用Compose

现在来看看Compose的其他选项。首先，使用Ctrl+C 关闭正在运行的服务，然后以守护进程的方式启动这些服务。

在composeapp 目录下按Ctrl+C，之后使用-d 标志重新运行docker-compose up 命

令，如代码清单7-17所示。

代码清单7-17 使用守护进程模式重启Docker Compose

```
$ sudo docker-compose up -d
Recreating composeapp_redis_1...
Recreating composeapp_web_1...
$ . . .
```

可以看到Docker Compose重新创建了这些服务，启动它们，最后返回到命令行。

现在，在宿主机上以守护进程的方式运行了受Docker Compose管理的服务。使用**docker-compose ps** 命令（**docker ps** 命令的近亲）可以查看这些服务的运行状态。

提示 执行**docker-compose help** 加上想要了解的命令，可以看到相关的Compose帮助，比如**docker-compose help ps** 命令可以看到与**ps** 相关的帮助。

docker-compose ps 命令列出了本地**docker-compose.yml** 文件里定义的正在运行的所有服务，如代码清单7-18所示。

代码清单7-18 运行**docker-compose ps** 命令

```
$ cd composeapp
$ sudo docker-compose ps
```

Name	Command	State	Ports
composeapp_redis_1	redis-server	Up	6379/tcp
composeapp_web_1	python app.py	Up	5000->5000/tcp

这个命令展示了正在运行的Compose服务的一些基本信息：每个服务的名字、启动服务的命令以及每个服务映射到的端口。

还可以使用**docker-compose logs** 命令来进一步查看服务的日志事件，如代码清单7-19所示。

代码清单7-19 显示Docker Compose服务的日志

```
$ sudo docker-compose logs
docker-compose logs
Attaching to composeapp_redis_1, composeapp_web_1
redis_1 | ( . ' , . - ' | ` , ) Running in stand alone mode
redis_1 | | ` - . - - . - ` _ . . . - ` - . | ' ` _ - ' | Port: 6379
redis_1 | | ` - . _ ` . _ / _ - ' | PID: 1
. . .
```

这个命令会追踪服务的日志文件，很类似**tail -f** 命令。与**tail -f** 命令一样，想要退出可以使用**Ctrl+C** 。

使用**docker-compose stop** 命令可以停止正在运行的服务，如代码清单7-20所示。


```
$ sudo docker-compose stop
Stopping composeapp_web_1...
Stopping composeapp_redis_1...
```

这个命令会同时停止两个服务。如果该服务没有停止，可以使用`docker-compose kill`命令强制杀死该服务。

现在可以用`docker-compose ps`命令来验证服务确实停止了，如代码清单7-21所示。

代码清单7-21 验证Compose服务已经停止了

```
$ sudo docker-compose ps
   Name                Command             State      Ports
-----
composeapp_redis_1    redis-server        Exit 0
composeapp_web_1      python app.py       Exit 0
```

如果使用`docker-compose stop`或者`docker-compose kill`命令停止服务，还可以使用`docker-compose start`命令重新启动这些服务。这与使用`docker start`命令重启服务很类似。

最后，可以使用`docker-compose rm`命令来删除这些服务，如代码清单7-22所示。

代码清单7-22 删除Docker Compose服务

```
$ sudo docker-compose rm
Going to remove composeapp_redis_1, composeapp_web_1
Are you sure? [yN] y
Removing composeapp_redis_1...
Removing composeapp_web_1...
```

首先会提示你确认需要删除服务，确认之后两个服务都会被删除。`docker-compose ps`命令现在会显示没有运行中或者已经停止的服务，如代码清单7-23所示。

代码清单7-23 显示没有Compose服务

```
$ sudo docker-compose ps
Name      Command      State      Ports
-----
```

7.1.6 Compose小结

现在，使用一个文件就可以构建好一个简单的Python-Redis栈！可以看出使用这种方法能够非常简单地构建一个需要多个Docker容器的应用程序。而这个例子，只展现了Compose最表层的能力。在Compose官网上有很多例子，比如使用Rails [\[4\]](#)、Django [\[5\]](#) 和 Wordpress

[6]，来展现更高级的概念。还可以将Compose与提供图形化用户界面的Shipyard [7] 一起使用。

提示 在Compose官网 [8] 可以找到完整的命令行参考手册。

7.2 Consul、服务发现和Docker

服务发现是分布式应用程序之间管理相互关系的一种机制。一个分布式程序一般由多个组件组成。这些组件可以都放在一台机器上，也可以分布在多个数据中心，甚至分布在不同的地理区域。这些组件通常可以为其他组件提供服务，或者为其他组件消费服务。

服务发现允许某个组件在想要与其他组件交互时，自动找到对方。由于这些应用本身是分布式的，服务发现机制也需要是分布式的。而且，服务发现作为分布式应用不同组件之间的“胶水”，其本身还需要足够动态、可靠，适应性强，而且可以快速且一致地共享关于这些服务的数据。

另外，Docker主要关注分布式应用以及面向服务架构与微服务架构。这些关注点很适合与某个服务发现工具集成。每个Docker容器可以将其中运行的服务注册到服务发现工具里。注册的信息可以是IP地址或者端口，或者两者都有，以便服务之间进行交互。

这本书使用Consul [9] 作为服务发现工具的例子。Consul是一个使用一致性算法的特殊数据存储。Consul使用Raft [10] 一致性算法来提供确定的写入机制。Consul暴露了键值存储系统和服务分类系统，并提供高可用性、高容错能力，并保证强一致性。服务可以将自己注册到Consul，并以高可用且分布式的方式共享这些信息。

Consul还提供了一些有趣的功能。

- 提供了根据API进行服务分类，代替了大部分传统服务发现工具的键值对存储。
- 提供两种接口来查询信息：基于内置的DNS服务的DNS查询接口和基于HTTP的REST API查询接口。选择合适的接口，尤其是基于DNS的接口，可以很方便地将Consul与现有环境集成。
- 提供了服务监控，也称作健康监控。Consul内置了强大的服务监控系统。

为了更好地理解Consul是如何工作的，本章先介绍如何在Docker容器里分布式运行Consul。之后会从Docker容器将服务注册到Consul，并从其他Docker容器访问注册的数据。为了更有挑战，会让这些容器运行在不同的Docker宿主机上。

为了做到这些，需要做到以下几点。

- 创建Consul服务的Docker镜像。
- 构建3台运行Docker的宿主机，并在每台上运行一个Consul。这3台宿主机会提供一个分布式环境，来展现Consul如何处理弹性和失效工作的。
- 构建服务，并将其注册到Consul，然后从其他服务查询该数据。

注意 可以在<http://www.consul.io/intro/index.html> 找到对Consul更通用的介绍。

7.2.1 构建Consul镜像

首先创建一个Dockerfile 来构建Consul镜像。先来创建用来保存Dockerfile 的目录，如代码清单7-24所示。

代码清单7-24 创建目录来保存Consul的Dockerfile

```
$ mkdir consul
$ cd consul
$ touch Dockerfile
```

现在来看看用于Consul镜像的Dockerfile 的内容，如代码清单7-25所示。

代码清单7-25 Consul Dockerfile

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull <james@example.com>
ENV REFRESHED_AT 2014-08-01
RUN apt-get -qq update
RUN apt-get -qq install curl unzip
ADD https://dl.bintray.com/mitchellh/consul/0.3.1_linux_amd64.zip
/tmp/consul.zip
RUN cd /usr/sbin && unzip /tmp/consul.zip && chmod +x /usr/sbin/
consul && rm /tmp/consul.zip
ADD https://dl.bintray.com/mitchellh/consul/0.3.1_web_ui.zip
/tmp/webui.zip
RUN cd /tmp/ && unzip webui.zip && mv dist/ /webui/
ADD consul.json /config/
EXPOSE 53/udp 8300 8301 8301/udp 8302 8302/udp 8400 8500
VOLUME ["/data"]
ENTRYPOINT [ "/usr/sbin/consul", "agent", "-config-dir=/config" ]
CMD [ ]
```

这个Dockerfile 很简单。它是基于Ubuntu 14.04镜像，它安装了curl 和unzip 。然后我们下载了包含consul 可执行程序的zip文件。将这个可执行文件移动到/usr/sbin 并修改属性使其可以执行。我们还下载了Consul网页界面，将其放在名为/webui 的目录里。一会儿就会看到这个界面。

之后将Consul配置文件consul.json 添加到/config 目录。现在来看看配置文件的内容，如代码清单7-26所示。

代码清单7-26 consul.json 配置文件

```
{
  "data_dir": "/data",
  "ui_dir": "/webui",
  "client_addr": "0.0.0.0",
  "ports": {
    "dns": 53
  },
  "recursor": "8.8.8.8"
}
```

`consul.json` 配置文件是做过JSON格式化后的配置，提供了Consul运行时需要的信息。我们首先指定了数据目录`/data`来保存Consul的数据，之后指定了网页界面文件的位置：`/webui`。设置`client_addr`变量，将Consul绑定到容器内的所有网页界面。

之后使用`ports`配置Consul服务运行时需要的端口。这里指定Consul的DNS服务运行在53端口。之后，使用`recursor`选项指定了DNS服务器，这个服务器会用来解析Consul无法解析的DNS请求。这里指定的`8.8.8.8`是Google的公共DNS服务 [11] 的一个IP地址。

提示 可以在<http://www.consul.io/docs/agent/options.html>找到所有可用的Consul配置选项。

回到之前的`Dockerfile`，我们用`EXPOSE`指令打开了一系列端口，这些端口是Consul运行时需要操作的端口。表7-1列出了每个端口的用途。

表7-1Consul的默认端口

端 口	用 途
53/udp	DNS服务器
8300	服务器 RPC
8301+udp	Serf的LAN端口
8302+udp	Serf的WAN端口
8400	RPC接入点
8500	HTTP API

就本章的目的来说，不需要关心表7-1里的大部分内容。比较重要的是53/udp 端口，Consul会使用这个端口运行DNS。之后会使用DNS来获取服务信息。另一个要关注的是8500 端口，它用于提供HTTP API和网页界面。其余的端口用于处理后台通信，将多个Consul节点组成集群。之后我们会使用这些端口配置Docker容器，但并不深究其用途。

注意 可以在<http://www.consul.io/docs/agent/options.html>找到每个端口更详细的信息。

之后，使用`VOLUME`指令将`/data`目录设置为卷。如果看过第6章，就知道这样可以更方便地管理和处理数据。

最后，使用`ENTRYPOINT`指令指定从镜像启动容器时，启动Consul服务的`consul`可执行文件。

现在来看看使用的命令行选项。首先我们已经指定了`consul`执行文件所在的目录为`/usr/sbin/`。参数`agent`告诉Consul以代理节点的模式运行，`-config-dir`标志指定

了配置文件`consul.json`所在的目录是`/config`。

现在来构建镜像，如代码清单7-27所示。

代码清单7-27 构建Consul镜像

```
$ sudo docker build -t="jamtur01/consul" .
```

注意 可以从官网 [\[12\]](#) 或者GitHub [\[13\]](#) 获得Consul的Dockerfile 以及相关的配置文件。

7.2.2 在本地测试Consul容器

在多个宿主机上运行Consul之前，先来看看在本地单独运行一个Consul的情况。从`jamtur01/consul` 镜像启动一个容器，如代码清单7-28所示。

代码清单7-28 执行一个本地Consul节点

```
$ sudo docker run -p 8500:8500 -p 53:53/udp \
-h node1 jamtur01/consul -server -bootstrap
==> Starting Consul agent...
==> Starting Consul agent RPC...
==> Consul agent running!
      Node name: 'node1'
      Datacenter: 'dc1'
...
2014/08/25 21:47:49 [WARN] raft: Heartbeat timeout reached, starting election
2014/08/25 21:47:49 [INFO] raft: Node at 172.17.0.26:8300 [Candidate]
entering Candidate state
2014/08/25 21:47:49 [INFO] raft: Election won. Tally: 1
2014/08/25 21:47:49 [INFO] raft: Node at 172.17.0.26:8300 [Leader]
entering Leader state
2014/08/25 21:47:49 [INFO] consul: cluster leadership acquired
2014/08/25 21:47:49 [INFO] consul: New leader elected: node1
2014/08/25 21:47:49 [INFO] consul: member 'node1' joined, marking health alive
```

使用`docker run` 创建了一个新容器。这个容器映射了两个端口，容器中的`8500` 端口映射到了主机的`8500` 端口，容器中的`53` 端口映射到了主机的`53` 端口。我们还使用`-h` 标志指定了容器的主机名`node`。这个名字也是Consul节点的名字。之后我们指定了要启动的Consul镜像`jamtur01/consul`。

最后，给`consul` 可执行文件传递了两个标志：`-server` 和`-bootstrap`。标志`-server` 告诉Consul代理以服务器的模式运行，标志`-bootstrap` 告诉Consul本节点可以自选举为集群领导者。这个参数会让本节点以服务器模式运行，并可以执行Raft领导者选举。

警告 有一点很重要：每个数据中心最多只有一台Consul服务器可以用自启动（bootstrap）模式运行。否则，如果有多一个可以进行自选举的节点，整个集群无法保证一致性。后面将其他节点加入集群时会介绍更多的相关信息。

可以看到，Consul启动了`node1` 节点，并在本地进行了领导者选举。因为没有别的Consul节点运行，刚启动的节点也没有其余的连接动作。

还可以通过Consul网页界面来查看节点情况，在浏览器里打开本地IP的8500 端口。

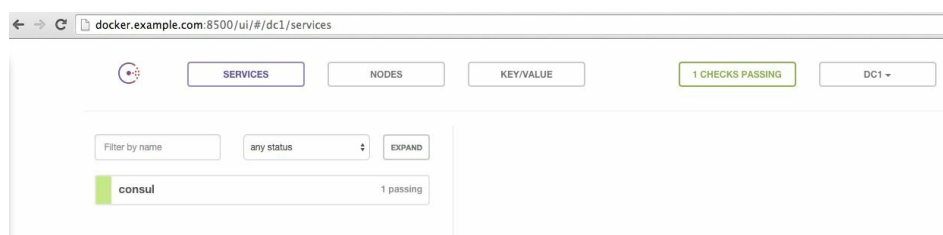


图7-2 Consul网页界面

7.2.3 使用Docker运行Consul集群

由于Consul是分布式的，通常可以简单地在不同的数据中心、云服务商或者不同地区创建3个（或者更多）服务器。甚至给每个应用服务器添加一个Consul代理，以保证分布服务具有足够的可用性。本章会在3个运行Docker守护进程的宿主机上运行Consul，来模拟这种分布环境。首先创建3个Ubuntu 14.04宿主机：larry、curly 和moe。每个主机上都已经安装了Docker守护进程，之后拉取jamtur01/consul 镜像，如代码清单7-29所示。

提示 要安装Docker可以使用第2章中介绍的安装指令。

代码清单7-29 拉取Consul镜像

```
$ sudo docker pull jamtur01/consul
```

在每台宿主机上都使用jamtur01/consul 镜像运行一个Docker容器。要做到这一点，首先需要选择运行Consul的网络。大部分情况下，这个网络应该是个私有网络，不过既然是模拟Consul集群，这里使用每台宿主机上的公共接口，让Consul运行在一个公共网络上。这需要每台宿主机都有一个公共IP地址。这个地址也是Consul代理要绑定到的地址。

首先来获取larry 的公共IP地址，并将这个地址赋值给环境变量\$PUBLIC_IP，如代码清单7-30所示。

代码清单7-30 给larry 主机设置公共IP地址

```
larry$ PUBLIC_IP="$(ifconfig eth0 | awk -F ' *|:' '/inet addr/{
print $4}')"
larry$ echo $PUBLIC_IP
104.131.38.54
```

之后在curly 和moe 上创建同样的\$PUBLIC_IP 变量，如代码清单7-31所示。

代码清单7-31 在curly 和moe 上设置公共IP地址

```
curly$ PUBLIC_IP="$(ifconfig eth0 | awk -F ' *|:' '/inet addr/{print $4}')"
curly$ echo $PUBLIC_IP
104.131.38.55
moe$ PUBLIC_IP="$(ifconfig eth0 | awk -F ' *|:' '/inet addr/{print $4}')"
moe$ echo $PUBLIC_IP
104.131.38.56
```

```
moe$ echo $PUBLIC_IP
104.131.38.56
```

现在3台宿主机有3个IP地址（如表7-2所示），每个地址都赋值给了**\$PUBLIC_IP** 环境变量。

表7-2 Consul宿主机IP地址

宿 主 机	IP地址
larry	104.131.38.54
curly	104.131.38.55
moe	104.131.38.56

现在还需要指定一台宿主机为自启动的主机，来启动整个集群。这里指定**larry** 主机。这意味着，需要将**larry** 的IP地址告诉**curly** 和**moe**，以便让后两个宿主机知道要连接到Consul节点的哪个集群。现在将**larry** 的IP地址**104.131.38.54** 添加到宿主机**curly** 和**moe** 的环境变量**\$JOIN_IP**，如代码清单7-32所示。

代码清单7-32 添加集群IP地址

```
curly$ JOIN_IP=104.131.38.54
moe$ JOIN_IP=104.131.38.54
```

最后，修改每台宿主机上的Docker守护进程的网络配置，以便更容易使用Consul。将Docker守护进程的DNS查找设置为：

- 本地Docker的IP地址，以便使用Consul来解析DNS；
- Google的DNS服务地址，来解析其他请求；
- 为Consul查询指定搜索域。

要做到这一点，首先需要知道Docker接口**docker0** 的IP地址，如代码清单7-33所示。

代码清单7-33 获取**docker0** 的IP地址

```
larry$ ip addr show docker0
3: docker0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue
state UP group default
    link/ether 56:84:7a:fe:97:99 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 172.17.42.1/16 scope global docker0
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::5484:7aff:fefe:9799/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
```

可以看到这个接口的IP地址是172.17.42.1。

使用这个地址，将/etc/default/docker 文件中的Docker启动选项从代码清单7-34所示的默认值改为代码清单7-35所示的新配置。

代码清单7-34 Docker的默认值

```
#DOCKER_OPTS="--dns 8.8.8.8 --dns 8.8.4.4"
```

代码清单7-35 larry 上新的Docker默认值

```
DOCKER_OPTS='--dns 172.17.42.1 --dns 8.8.8.8 --dns-search service .consul'
```

之后在curly 和moe 上进行同样的设置：找到docker0 的IP地址，并更新到/etc/default/docker 文件中的DOCKER_OPTS 标志里。

提示 其他的分布式环境需要使用合适的机制更新Docker守护进程的默认值。更多信息参见第2章。

之后在每台宿主机上重启Docker守护进程，如代码清单7-36所示。

代码清单7-36 在larry 上重启Docker守护进程

```
larry$ sudo service docker restart
```

7.2.4 启动具有自启动功能的Consul节点

现在在larry 启动用来初始化整个集群的自启动节点。由于要映射很多端口，使用的docker run 命令会有些复杂。实际上，这个命令要映射表7-1里列出的所有端口。而且，由于Consul既要运行在容器里，又要和其他宿主机上的容器通信，所以需要将每个端口都映射到本地宿主机对应的端口上。这样可以既在本内部又可以在外部访问Consul了。

来看看要用到的docker run 命令，如代码清单7-37所示。

代码清单7-37 启动具有自启动功能的Consul节点

```
larry$ sudo docker run -d -h $HOSTNAME \  
-p 8300:8300 -p 8301:8301 \  
-p 8301:8301/udp -p 8302:8302 \  
-p 8302:8302/udp -p 8400:8400 \  
-p 8500:8500 -p 53:53/udp \  
--name larry_agent jamtur01/consul \  
-server -advertise $PUBLIC_IP -bootstrap-expect 3
```

这里以守护进程的方式从jamtur01/consul 镜像启动了一个容器，用来运行Consul代理。命令使用-h 标志将容器的主机名设置为\$HOSTNAME 环境变量。这会让Consul代理使

用本地主机名larry。该命令还将8个端口映射到本地宿主机对应的端口。

该命令还指定了一些Consul代理的命令行参数，如代码清单7-38所示。

代码清单7-38 Consul代理的命令行参数

```
-server -advertise $PUBLIC_IP -bootstrap-expect 3
```

-server 标志告诉代理运行在服务器模式。**-advertise** 标志告诉代理通过环境变量 **\$PUBLIC_IP** 指定的IP广播自己。最后，**-bootstrap-expect** 标志告诉Consul集群中有多少代理。在这个例子里，指定了3个代理。这个标志还指定了本节点具有自启动的功能。

现在使用**docker logs** 命令来看看初始Consul容器的日志，如代码清单7-39所示。

代码清单7-39 启动具有自启动功能的Consul节点

```
larry$ sudo docker logs larry_agent
==> Starting Consul agent...
==> Starting Consul agent RPC...
==> Consul agent running!
      Node name: 'larry'
      Datacenter: 'dc1'
      Server: true (bootstrap: false)
      Client Addr: 0.0.0.0 (HTTP: 8500, DNS: 53, RPC: 8400)
      Cluster Addr: 104.131.38.54 (LAN: 8301, WAN: 8302)
      Gossip encrypt: false, RPC-TLS: false, TLS-Incoming: false
      . . .
2014/08/31 18:10:07 [WARN] memberlist: Binding to public address
without encryption!
2014/08/31 18:10:07 [INFO] serf: EventMemberJoin: larry
104.131.38.54
2014/08/31 18:10:07 [WARN] memberlist: Binding to public address
without encryption!
2014/08/31 18:10:07 [INFO] serf: EventMemberJoin: larry.dc1
104.131.38.54
2014/08/31 18:10:07 [INFO] raft: Node at 104.131.38.54:8300
[Follower] entering Follower state
2014/08/31 18:10:07 [INFO] consul: adding server larry (Addr:
104.131.38.54:8300) (DC: dc1)
2014/08/31 18:10:07 [INFO] consul: adding server larry.dc1 (Addr:
104.131.38.54:8300) (DC: dc1)
2014/08/31 18:10:07 [ERR] agent: failed to sync remote state: No
cluster leader
2014/08/31 18:10:08 [WARN] raft: EnableSingleNode disabled, and
no known peers. Aborting election.
```

可以看到larry上的代理已经启动了，但是因为现在还没有其他节点加入集群，所以并没有触发选举操作。从仅有的一条错误信息（如代码清单7-40所示）可以看到这一点。

代码清单7-40 有关集群领导者的错误信息

```
[ERR] agent: failed to sync remote state: No cluster leader
```

7.2.5 启动其余节点

现在集群已经启动好了，需要将剩下的curly和moe节点加入进来。先来启动curly。使用docker run命令来启动第二个代理，如代码清单7-41所示。

代码清单7-41 在curly上启动代理

```
curly$ sudo docker run -d -h $HOSTNAME \  
-p 8300:8300 -p 8301:8301 \  
-p 8301:8301/udp -p 8302:8302 \  
-p 8302:8302/udp -p 8400:8400 \  
-p 8500:8500 -p 53:53/udp \  
--name curly_agent jamtur01/consul \  
-server -advertise $PUBLIC_IP -join $JOIN_IP
```

这个命令与larry上的自启动命令很相似，只是传给Consul代理的参数有变化，如代码清单7-42所示。

代码清单7-42 在curly上启动Consul代理

```
-server -advertise $PUBLIC_IP -join $JOIN_IP
```

首先，还是使用-server启动了Consul代理的服务器模式，并将代理绑定到用-advertise标志指定的公共IP地址。最后，-join告诉Consul要连接由环境变量\$JOIN_IP指定的larry主机的IP所在的Consul集群。

现在来看看启动容器后发生了什么，如代码清单7-43所示。

代码清单7-43 查看Curly代理的日志

```
curly$ sudo docker logs curly_agent  
==> Starting Consul agent...  
==> Starting Consul agent RPC...  
==> Joining cluster...  
    Join completed. Synced with 1 initial agents  
==> Consul agent running!  
    Node name: 'curly'  
    Datacenter: 'dc1'  
    Server: true (bootstrap: false)  
    Client Addr: 0.0.0.0 (HTTP: 8500, DNS: 53, RPC: 8400)  
    Cluster Addr: 104.131.38.55 (LAN: 8301, WAN: 8302)  
    Gossip encrypt: false, RPC-TLS: false, TLS-Incoming: false  
    ...  
2014/08/31 21:45:49 [INFO] agent: (LAN) joining: [104.131.38.54]  
2014/08/31 21:45:49 [INFO] serf: EventMemberJoin: larry 104.131.38.54  
2014/08/31 21:45:49 [INFO] agent: (LAN) joined: 1 Err: <nil>  
2014/08/31 21:45:49 [ERR] agent: failed to sync remote state: No  
cluster leader  
2014/08/31 21:45:49 [INFO] consul: adding server larry (Addr:  
104.131.38.54:8300) (DC: dc1)
```

```
2014/08/31 21:45:51 [WARN] raft: EnableSingleNode disabled, and
no known peers. Aborting election.
```

可以看到curly 已经连接了larry，而且在larry 上应该可以看到代码清单7-44所示的日志。

代码清单7-44 curly 加入larry

```
2014/08/31 21:45:49 [INFO] serf: EventMemberJoin: curly
104.131.38.55
2014/08/31 21:45:49 [INFO] consul: adding server curly (Addr:
104.131.38.55:8300) (DC: dc1)
```

这还没有达到集群的要求数量，还记得之前-bootstrap-expect 参数指定了3个节点吧。所以现在在moe 上启动最后一个代理，如代码清单7-45所示。

代码清单7-45 在moe 上启动代理

```
moe$ sudo docker run -d -h $HOSTNAME \
-p 8300:8300 -p 8301:8301 \
-p 8301:8301/udp -p 8302:8302 \
-p 8302:8302/udp -p 8400:8400 \
-p 8500:8500 -p 53:53/udp \
--name moe_agent jamtur01/consul \
-server -advertise $PUBLIC_IP -join $JOIN_IP
```

这个docker run 命令基本上和在curly 上执行的命令一样。只是这次整个集群有了3个代理。现在，如果查看容器的日志，应该能看到整个集群的状态，如代码清单7-46所示。

代码清单7-46 moe 上的Consul日志

```
moe$ sudo docker logs moe_agent
==> Starting Consul agent...
==> Starting Consul agent RPC...
==> Joining cluster...
    Join completed. Synced with 1 initial agents
==> Consul agent running!
    Node name: 'moe'
    Datacenter: 'dc1'
    Server: true (bootstrap: false)
    Client Addr: 0.0.0.0 (HTTP: 8500, DNS: 53, RPC: 8400)
    Cluster Addr: 104.131.38.56 (LAN: 8301, WAN: 8302)
    Gossip encrypt: false, RPC-TLS: false, TLS-Incoming: false
    . . .
2014/08/31 21:54:03 [ERR] agent: failed to sync remote state: No
cluster leader
2014/08/31 21:54:03 [INFO] consul: adding server curly (Addr:
104.131.38.55:8300) (DC: dc1)
2014/08/31 21:54:03 [INFO] consul: adding server larry (Addr:
104.131.38.54:8300) (DC: dc1)
2014/08/31 21:54:03 [INFO] consul: New leader elected: larry
```

从这个日志中可以看出，**moe** 已经连接了集群。这样Consul集群就达到了预设的节点数量，并且触发了领导者选举。这里**larry** 被选举为集群领导者。

在**larry** 上也可以看到最后一个代理节点加入Consul的日志，如代码清单7-47所示。

代码清单7-47 在**larry** 上的Consul 领导者选举日志

```
2014/08/31 21:54:03 [INFO] consul: Attempting bootstrap with nodes:
[104.131.38.55:8300 104.131.38.56:8300 104.131.38.54:8300]
2014/08/31 21:54:03 [WARN] raft: Heartbeat timeout reached,
starting election
2014/08/31 21:54:03 [INFO] raft: Node at 104.131.38.54:8300
[Candidate] entering Candidate state
2014/08/31 21:54:03 [WARN] raft: Remote peer 104.131.38.56:8300
does not have local node 104.131.38.54:8300 as a peer
2014/08/31 21:54:03 [INFO] raft: Election won. Tally: 2
2014/08/31 21:54:03 [INFO] raft: Node at 104.131.38.54:8300
[Leader] entering Leader state
2014/08/31 21:54:03 [INFO] consul: cluster leadership acquired
2014/08/31 21:54:03 [INFO] consul: New leader elected: larry
. . .
2014/08/31 21:54:03 [INFO] consul: member 'larry' joined, marking health alive
2014/08/31 21:54:03 [INFO] consul: member 'curly' joined, marking health alive
2014/08/31 21:54:03 [INFO] consul: member 'moe' joined, marking health alive
```

通过浏览Consul的网页界面，选择Consul 服务也可以看到当前的状态，如图7-3所示。

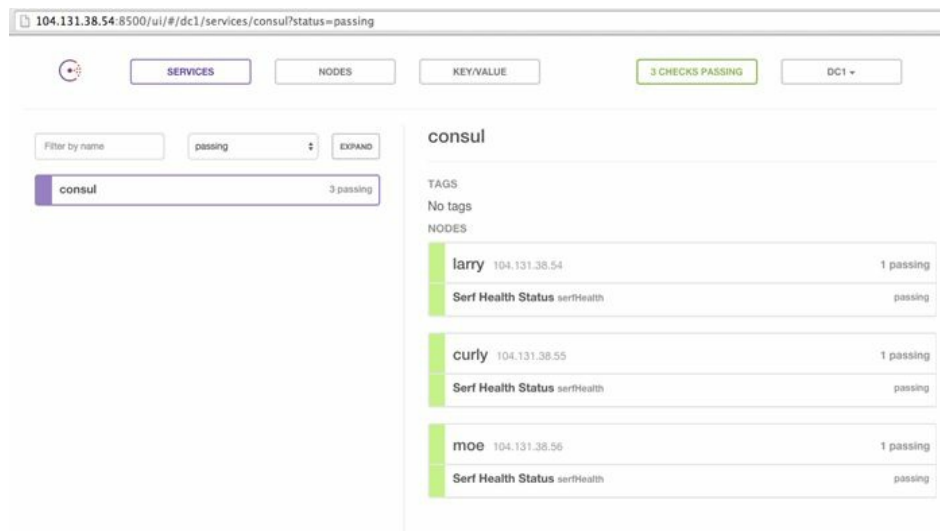


图7-3 网页界面中的Consul服务

最后，可以通过**dig** 命令测试DNS服务正在工作，如代码清单7-48所示。

代码清单7-48 测试Consul的DNS服务

```
larry$ dig @172.17.42.1 consul.service.consul
; <<>> DiG 9.9.5-3-Ubuntu <<>> @172.17.42.1 consul.service.consul
; (1 server found)
```

```
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 13502
;; flags: qr aa rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 3, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 0
;; QUESTION SECTION:
;consul.service.consul.      IN A
;; ANSWER SECTION:
consul.service.consul. 0    IN A    104.131.38.55
consul.service.consul. 0    IN A    104.131.38.54
consul.service.consul. 0    IN A    104.131.38.56
;; Query time: 2 msec
;; SERVER: 172.17.42.1#53_(172.17.42.1)_
;; WHEN: Sun Aug 31 21:30:27 EDT 2014
;; MSG SIZE rcvd: 150
```

这里查询了本地Docker接口的IP地址，并将其作为DNS服务器地址，请求它返回关于 `consul.service.consul` 的相关信息。这个域名的格式是使用Consul的DNS快速查询相关服务时的格式：`consul` 是主机名，而 `service.consul` 是域名。这里 `consul.service.consul` 代表Consul服务的DNS入口。

例如，代码清单7-49所示的代码会返回所有关于 `webservice` 服务的DNS A记录。

代码清单7-49 通过DNS查询其他Consul服务

```
larry$ dig @172.17.42.1 webservice.service.consul
```

提示 可以在<http://www.consul.io/docs/agent/dns.html> 找到更多关于Consul的DNS接口的信息。

现在，这3台不同的宿主机依靠其中运行的Docker容器组成了一个Consul集群。这看上去很酷，但还没有什么实际用处。下面来看看如何在Consul中注册一个服务，并获得相关数据。

7.2.6 配合Consul，在Docker里运行一个分布式服务

为了演示如何注册服务，先基于uWSGI框架^[14]创建一个演示用的分布式应用程序。这个应用程序由以下两部分组成。

- 一个Web应用：`distributed_app`。它在启动时会启动相关的Web工作进程（worker），并将这些程序作为服务注册到Consul。
- 一个应用客户端：`distributed_client`。它从Consul读取与 `distributed_app` 相关的信息，并报告当前应用程序的状态和配置。

`distributed_app` 会在两个Consul节点（即 `larry` 和 `curly`）上运行，而 `distributed_client` 客户端会在 `moe` 节点上运行。

1. 构建分布式应用

现在来创建用于构建 `distributed_app` 的Dockerfile。先来创建用于保存镜像的目录，如代码清单7-50所示。

```
$ mkdir distributed_app
$ cd distributed_app
$ touch Dockerfile
```

现在来看看用于构建distributed_app的Dockerfile的内容，如代码清单7-51所示。

代码清单7-51 distributed_app使用的Dockerfile

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -qq update
RUN apt-get -qq install ruby-dev git libcurl4-openssl-dev curl
build-essential python
RUN gem install --no-ri --no-rdoc uwsgi sinatra
RUN uwsgi --build-plugin https://github.com/unbit/uwsgi-consul
RUN mkdir -p /opt/distributed_app
WORKDIR /opt/distributed_app
ADD uwsgi-consul.ini /opt/distributed_app/
ADD config.ru /opt/distributed_app/
ENTRYPOINT [ "uwsgi", "--ini", "uwsgi-consul.ini", "--ini",
"uwsgi-consul.ini:server1", "--ini", "uwsgi-consul.ini:server2" ]
CMD []
```

这个Dockerfile安装了一些需要的包，包括uWSGI框架和Sinatra框架，以及一个可以让uWSGI写入Consul的插件^[15]。之后创建了目录/opt/distributed_app/，并将其作为工作目录。之后将两个文件uwsgi-consul.ini和config.ru加到这个目录中。

文件uwsgi-consul.ini用于配置uWSGI，来看看这个文件的内容，如代码清单7-52所示。

代码清单7-52 uWSGI的配置

```
[uwsgi]
plugins = consul
socket = 127.0.0.1:9999
master = true
enable-threads = true
[server1]
consul-register = url=http://%h.node.consul:8500,name=
distributed_app, id=server1,port=2001
mule = config.ru
[server2]
consul-register = url=http://%h.node.consul:8500,name=
distributed_app, id=server2,port=2002
mule = config.ru
```

文件uwsgi-consul.ini使用uWSGI的Mule结构来运行两个不同的应用程序，这两个应用都是在Sinatra框架中写成的输出“Hello World”的。现在来看看config.ru文件，如代码

清单7-53所示。

代码清单7-53 distributed_app 使用的config.ru 文件

```
require 'rubygems'
require 'sinatra'
get '/' do
  "Hello World!"
end
run Sinatra::Application
```

文件uwsgi-consul.ini 每个块里定义了一个应用程序，分别标记为server1 和server2。每个块里还包含一个对uWSGI Consul插件的调用。这个调用连到Consul实例，并将服务以distributed_app 的名字，与服务名server1 或者server2，一同注册到Consul。每个服务使用不同的端口，分别是2001 和2002。

当该框架开始运行时，会创建两个Web应用的工作进程，并将其分别注册到Consul。应用程序会使用本地的Consul节点来创建服务。参数%h 是主机名的简写，执行时会使用正确的主机名替换，如代码清单7-54所示。

代码清单7-54 Consul插件的URL

```
url=http://%h.node.consul:8500...
```

最后，Dockerfile 会使用ENTRYPOINT 指令来自动运行应用的工作进程。

现在来构建镜像，如代码清单7-55所示。

代码清单7-55 构建distributed_app 镜像

```
$ sudo docker build -t="jamtur01/distributed_app" .
```

注意 可以从官网 [\[16\]](#) 或者GitHub [\[17\]](#) 获取distributed_app 的Dockerfile、相关配置和应用程序文件。

2. 构建分布式客户端

现在来创建用于构建distributed_client 镜像的Dockerfile 文件。先来创建用来保存镜像的目录，如代码清单7-56所示。

代码清单7-56 创建保存distributed_client 的Dockerfile 的目录

```
$ mkdir distributed_client
$ cd distributed_client
$ touch Dockerfile
```

现在来看看distributed_client 应用程序的Dockerfile 的内容，如代码清单7-57所示。

```
FROM ubuntu:14.04
MAINTAINER James Turnbull "james@example.com"
ENV REFRESHED_AT 2014-06-01
RUN apt-get -qq update
RUN apt-get -qq install ruby ruby-dev build-essential
RUN gem install --no-ri --no-rdoc json
RUN mkdir -p /opt/distributed_client
ADD client.rb /opt/distributed_client/
WORKDIR /opt/distributed_client
ENTRYPOINT [ "ruby", "/opt/distributed_client/client.rb" ]
CMD []
```

这个Dockerfile 先安装了Ruby以及一些需要的包和gem，然后创建了/opt/distributed_client 目录，并将其作为工作目录。之后将包含了客户端应用程序代码的client.rb 文件复制到镜像的/opt/distributed_client 目录。

现在来看看这个应用程序的代码，如代码清单7-58所示。

```
require "rubygems"
require "json"
require "net/http"
require "uri"
require "resolv"
uri = URI.parse("http://consul.service.consul:8500/v1/catalog/service/distributed_app")
http = Net::HTTP.new(uri.host, uri.port)
request = Net::HTTP::Get.new(uri.request_uri)
response = http.request(request)
while true
  if response.body == "{}"
    puts "There are no distributed applications registered in Consul"
    sleep(1)
  elsif
    result = JSON.parse(response.body)
    result.each do |service|
      puts "Application #{service['ServiceName']} with element #{service['ServiceID']} on port #{service['ServicePort']} found on node #{service['Node']} (#{service['Address']})."
      dns = Resolv::DNS.new.getresources("distributed_app.service.consul", Resolv::DNS::Resource::IN::A)
      puts "We can also resolve DNS - #{service['ServiceName']} resolves to #{dns.collect { |d| d.address }.join(" and ")}. "
      sleep(1)
    end
  end
end
```

这个客户端首先检查Consul HTTP API和Consul DNS，判断是否存在名叫distributed_app 的服务。客户端查询宿主机consul.service.consul，返回的结果和之前看到的包含所有Consul集群节点的A记录的DNS CNAME记录类似。这可以让我们

的查询变简单。

如果没有找到服务，客户端会在控制台（console）上显示一条消息。如果检查到distributed_app 服务，就会：

- 解析从API返回的JSON输出，并将一些有用的信息输出到控制台；
- 对这个服务执行DNS查找，并将返回的所有A记录输出到控制台。

这样，就可以查看启动Consul集群中distributed_app 容器的结果。

最后，Dockerfile 用ENTRYPOINT 命令指定了容器启动时，运行client.rb 命令来启动应用。

现在来构建镜像，如代码清单7-59所示。

代码清单7-59 构建distributed_client 镜像

```
$ sudo docker build -t="jamtur01/distributed_client" .
```

注意 可以从官网 [\[18\]](#) 或者GitHub [\[19\]](#) 下载distributed_client 的Dockerfile 和应用程序文件。

3. 启动分布式应用

现在已经构建好了所需的镜像，可以在larry 和curly 上启动distributed_app 应用程序容器了。假设这两台机器已经按照之前的配置正常运行了Consul。先从在larry 上运行一个应用程序实例开始，如代码清单7-60所示。

代码清单7-60 在larry 启动distributed_app

```
larry$ sudo docker run -h $HOSTNAME -d --name larry_distributed \
jamtur01/distributed_app
```

这里启动了jamtur01/distributed_app 镜像，并且使用-h 标志指定了主机名。主机名很重要，因为uWSGI使用主机名来获知Consul服务注册到了哪个节点。之后将这个容器命名为larry_distributed，并以守护进程方式模式运行该容器。

如果检查容器的输出日志，可以看到uWSGI启动了Web应用工作进程，并将其作为服务注册到Consul，如代码清单7-61所示。

代码清单7-61 distributed_app 日志输出

```
larry$ sudo docker logs larry_distributed
[uWSGI] getting INI configuration from uwsgi-consul.ini
*** Starting uWSGI 2.0.6 (64bit) on [Tue Sep 2 03:53:46 2014] ***
. . .
[consul] built service JSON: {"Name":"distributed_app","ID":"server1",
"Check":{"TTL":"30s"},"Port":2001}
[consul] built service JSON: {"Name":"distributed_app","ID":"server2",
"Check":{"TTL":"30s"},"Port":2002}
```

```
[consul] thread for register_url=http://larry.node.consul:8500/v1/
agent/service/register check_url=http://larry.node.consul:8500/v1/
agent/check/pass/service:server1 name=distributed_app
id=server1 started
. . .
Tue Sep 2 03:53:47 2014 - [consul] workers ready, let's register
the service to the agent
[consul] service distributed_app registered successfully
```

这里展示了部分日志。从这个日志里可以看到uWSGI已经启动了。Consul插件为每个distributed_app工作进程构造了一个服务项 [20]，并将服务项注册到Consul里。如果现在检查Consul网页界面，应该可以看到新注册的服务，如图7-4所示。

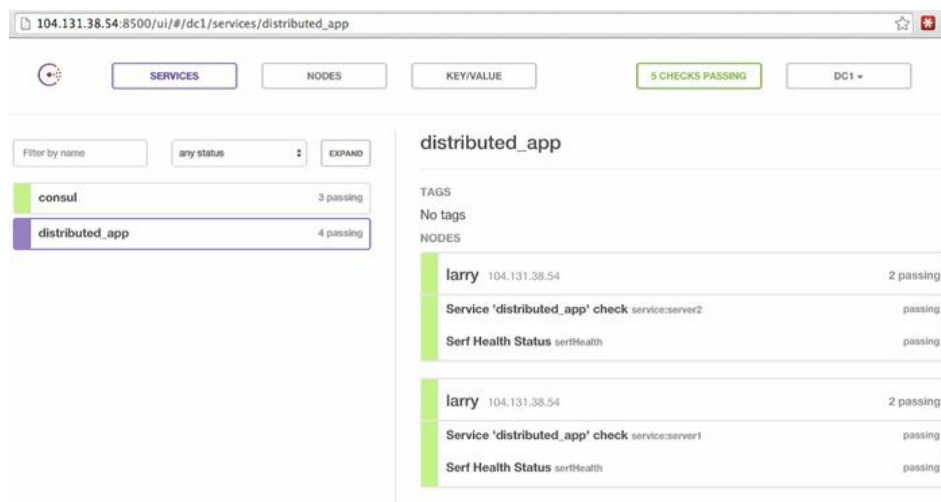


图7-4 Consul网页界面中的distributed_app 服务

现在在curly 上再启动一个Web应用工作进程，如代码清单7-62所示。

代码清单7-62 在curly 上启动distributed_app

```
curly$ sudo docker run -h $HOSTNAME -d --name curly_distributed \
jamtur01/distributed_app
```

如果查看日志或者Consul网页界面，应该可以看到更多已经注册的服务，如图7-5所示。

4. 启动分布式应用客户端

现在已经在larry 和curly 启动了Web应用工作进程，继续在moe 上启动应用客户端，看看能不能从Consul查询到数据，如代码清单7-63所示。

代码清单7-63 在moe 上启动distributed_client

```
moe$ sudo docker run -h $HOSTNAME -d --name moe_distributed \
jamtur01/distributed_client
```

这次，在moe上运行了jamtur01/distributed_client 镜像，并将容器命名为moe_distributed。现在来看看容器输出的日志，看一下分布式客户端是不是找到了Web应用工作进程的相关信息，如代码清单7-64所示。

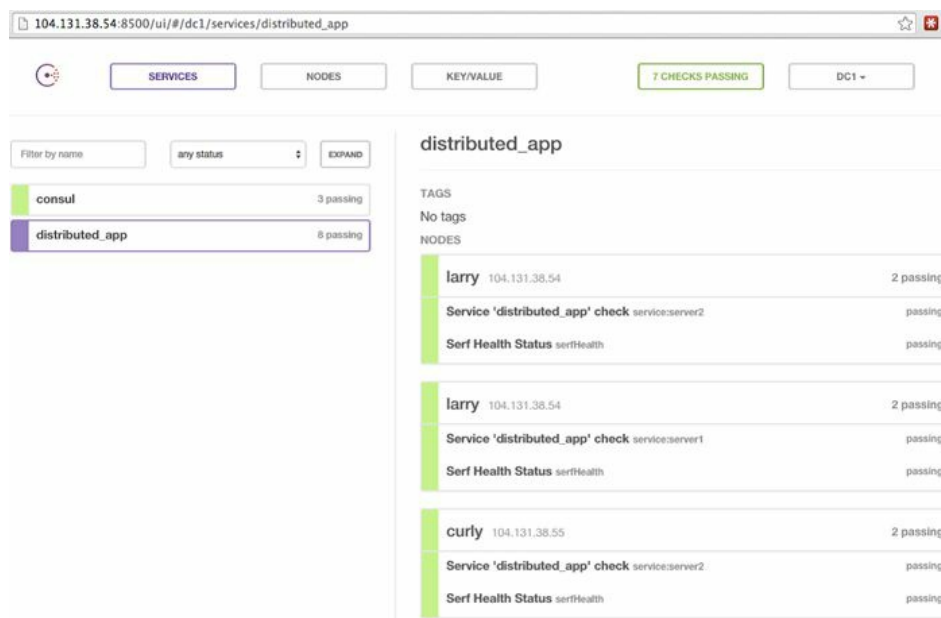


图7-5 Consul网页界面上的更多distributed_app 服务

代码清单7-64 moe 上的distributed_client 日志

```
moe$ sudo docker logs moe_distributed
Application distributed_app with element server2 on port 2002 found on
node larry (104.131.38.54).
We can also resolve DNS - distributed_app resolves to 104.131.38.55 and
104.131.38.54.
Application distributed_app with element server1 on port 2001 found on
node larry (104.131.38.54).
We can also resolve DNS - distributed_app resolves to 104.131.38.54 and
104.131.38.55.
Application distributed_app with element server2 on port 2002 found on
node curly (104.131.38.55).
We can also resolve DNS - distributed_app resolves to 104.131.38.55 and
104.131.38.54.
Application distributed_app with element server1 on port 2001 found on
node curly (104.131.38.55).
```

从这个日志可以看到，应用distributed_client 查询了HTTP API，找到了关于distributed_app 及其server1 和server2 工作进程的服务项，这两个服务项分别运行在larry 和curly 上。客户端还通过DNS查找到运行该服务的节点的IP地址104.131.38.54 和104.131.38.55 。

在真实的分布式应用程序里，客户端和工作进程可以通过这些信息在分布式应用的节点间进行配置、连接、分派消息。这提供了一种简单、方便且有弹性的方法来构建分离的Docker容器和宿主机里运行的分布式应用程序。

7.3 Docker Swarm

Docker Swarm是一个原生的Docker集群管理工具。Swarm将一组Docker主机作为一个虚拟的Docker主机来管理。Swarm有一个非常简单的架构，它将多台Docker主机作为一个集群，并在集群级别上以标准Docker API的形式提供服务。这非常强大，它将Docker容器抽象到集群级别，而又不需要重新学习一套新的API。这也使得Swarm非常容易和那些已经集成了Docker的工具再次集成，包括标准的Docker客户端。对Docker客户端来说，Swarm集群不过是另一台普通的Docker主机而已。

Swarm也像其他Docker工具一样，遵循了类似笔记本电池一样的设计原则，虽然自带了电池，但是也可以选择不使用它。这意味着，Swarm提供了面向简单应用场景的工具以及后端集成，同时提供了API（目前还处于成长期）用于与更复杂的工具及应用场景进行集成。Swarm基于Apache 2.0许可证发布，可以在GitHub [\[21\]](#) 上找到它的源代码。

注意 Swarm仍是一个新项目，它的基本雏形已现，但是亦可以期待随着项目的进化，它可以开发和演化更多的API。可以在GitHub上找到它的发展蓝图 [\[22\]](#)。

7.3.1 安装Swarm

安装Swarm最简单的方法就是使用Docker自己。我知道这听起来可能有一点儿超前，但是Docker公司为Swarm提供了一个实时更新的Docker镜像，可以轻易下载并运行这个镜像。我们这里也将采用这种安装方式。

因此，Swarm没有像第2章那样需要很多前提条件。这里我们假设读者已经按照第2章的指导安装好了Docker。

要想支持Swarm，Docker有一个最低的版本。用户的所有Docker主机都必须在1.4.0或者更高版本之上。此外，运行Swarm的所有Docker节点也都必须运行着同一个版本的Docker。不能混合搭配不同的版本，比如应该让Docker上的每节点都运行在1.6.0之上，而不能混用1.5.0版本和1.6.0版本的节点。

我们将在两台主机上安装Swarm，这两台主机分别为smoker和joker。smoker的主机IP是10.0.0.125，joker的主机IP是10.0.0.135。两台主机都安装并运行着最新版本的Docker。

让我们先从smoker主机开始，在其上拉取swarm镜像，如代码清单7-65所示。

代码清单7-65 在smoker上拉取Docker Swarm镜像

```
smoker$ sudo docker pull swarm
```

之后再到joker上做同样的操作，如代码清单7-66所示。

代码清单7-66 在joker上拉取Docker Swarm镜像

```
joker$ sudo docker pull swarm
```

我们可以确认一下Swarm镜像是否下载成功，如代码清单7-67所示。

代码清单7-67 查看Swarm镜像

```
$ docker images swarm
REPOSITORY TAG IMAGE ID CREATED VIRTUAL SIZE
swarm latest bf8b6923851d 6 weeks ago 7.19 MB
```

7.3.2 创建Swarm集群

我们已经在两台主机上下载了swarm 镜像，之后就可以创建Swarm集群了。集群中的每台主机上都运行着一个Swarm节点代理。每个代理都将该主机上的相关Docker守护进程注册到集群中。和节点代理相对的是Swarm管理者，用于对集群进行管理。

集群注册可以通过多种可能的集群发现后端（discovery backend）来实现。默认的集群发现后端是基于Docker Hub。它允许用户在Docker Hub中注册一个集群，然后返回一个集群ID，我们之后可以使用这个集群ID向集群添加额外的节点。

提示 其他的集群发现后端包括etcd、Consul和Zookeeper，甚至是一个IP地址的静态列表。我们能使用之前创建的Consul集群为Docker Swarm集群提供发现方式。可以在<https://docs.docker.com/swarm/discovery/> 获得更多关于集群发现的说明。

这里我们使用默认的Docker Hub作为集群发现服务创建我们的第一个Swarm集群。我们还是在smoker 主机上创建Swarm集群，如代码清单7-68所示。

代码清单7-68 创建Docker Swarm

```
smoker$ sudo docker run --rm swarm create
b811b0bc438cb9a06fb68a25f1c9d8ab
```

我们看到该命令返回了一个字符串**b811b0bc438cb9a06fb68a25f1c9d8ab**。这是我们的集群ID。这是一个唯一的ID，我们能利用这个ID向Swarm集群中添加节点。用户应该保管好这个ID，并且只有当用户想向集群中添加节点时才拿出来使用。

接着我们在每个节点上运行Swarm代理。让我们从smoker 主机开始，如代码清单7-69所示。

代码清单7-69 在smoker 上运行swarm 代理

```
smoker$ sudo docker run -d swarm join --addr=10.0.0.125:2375
token://b811b0bc438cb9a06fb68a25f1c9d8ab
b5fb4ecab5cc0dadcd0eeb8c157b537125d37e541d0d96e11956c2903ca69eff0
```

接着在joker 上运行Swarm代理，如代码清单7-70所示。

代码清单7-70 在joker 上运行swarm 代理

```
joker$ sudo docker run -d swarm join --addr=10.0.0.135:2375 token
```

```
://b811b0bc438cb9a06fb68a25f1c9d8ab  
537bc90446f12bfa3ba41578753b63f34fd5fd36179bffa2dc152246f4b449d7
```

这将创建两个Swarm代理，这些代理运行在运行了swarm 镜像的Docker化容器中。我们通过传递给容器的join 标志，通过--addr``选项 传递的本机IP地址，以及代表集群ID的token，启动一个代理。每个代理都会绑定到它们所在主机的IP地址上。每个代理都会加入Swarm集群中去。

提示 像Docker一样，用户也可以让自己的Swarm通过TLS和Docker节点进行连接。我们将会在第8章介绍如何配置Docker来使用TLS。

我们可以通过查看代理容器的日志来了解代理内部是如何工作的，如代码清单7-71所示。

代码清单7-71 查看smoker 代理的日志

```
smoker$ docker logs b5fb4ecab5cc  
time="2015-04-12T17:54:35Z" level=info msg="Registering on the  
discovery service every 25 seconds..." addr="10.0.0.125:2375"  
discovery="token://b811b0bc438cb9a06fb68a25f1c9d8ab"  
time="2015-04-12T17:55:00Z" level=info msg="Registering on the  
discovery service every 25 seconds..." addr="10.0.0.125:2375"  
discovery="token://b811b0bc438cb9a06fb68a25f1c9d8ab"  
... 
```

我们可以看到，代理每隔25秒就会向发现服务进行注册。这将告诉发现后端Docker Hub该代理可用，该Docker服务器也可以被使用。

下面我们就来看看集群是如何工作的。我们可以在任何运行着Docker的主机上执行这一操作，而不一定必须要在Swarm集群的节点中。我们甚至可以在自己的笔记本电脑上安装好Docker并下载了swarm 镜像后，本地运行Swarm集群，如代码清单7-72所示。

代码清单7-72 列出我们的Swarm节点

```
$ docker run --rm swarm list token://  
b811b0bc438cb9a06fb68a25f1c9d8ab  
10.0.0.125:2375  
10.0.0.135:2375
```

这里我们运行了swarm镜像，并指定了list 标志以及集群的token。该命令返回了集群中所有节点的列表。下面让我们来启动Swarm集群管理者。我们可以通过Swarm集群管理者来对集群进行管理。同样，我们也可以在任何安装了Docker的主机上执行以下命令，如代码清单7-73所示。

代码清单7-73 启动Swarm集群管理者

```
$ docker run -d -p 2380:2375 swarm manage token://  
b811b0bc438cb9a06fb68a25f1c9d8ab
```

这将创建一个新容器来运行 Swarm 集群管理者。同时我们还将2380 端口映射到了2375 端口。我们都知道2375 是Docker的标准端口。我们将使用这个端口来和标准Docker客户端或者API进行交互。我们运行了swarm 镜像，并通过指定manage`r选项 来启动管理者，还指定了集群ID。现在我们就可以通过这个管理者来向集群发送命令了。让我们从在Swarm 集群中运行docker info 开始。这里我们通过-H 选项来指定Swarm 集群管理节点的API端点，如代码清单7-74所示。

代码清单7-74 在Swarm集群中运行docker info 命令

```
$ sudo docker -H tcp://localhost:2380 info
Containers: 4
Nodes: 2
joker: 10.0.0.135:2375L
Containers: 2L
Reserved CPUs: 0 / 1L
Reserved Memory: 0 B / 994 MiB
smoker: 10.0.0.125:2375L
Containers: 2L
Reserved CPUs: 0 / 1L
Reserved Memory: 0 B / 994 MiB
```

我们看到，除了标准的docker info 输出之外，Swarm还向我们输出了所有节点信息。我们可以看到每个节点、节点的IP地址、每台节点上有多少容器在运行，以及CPU和内存这样的容量信息。

7.3.3 创建容器

现在让我们通过一个小的shell循环操作来创建6个Nginx容器，如代码清单7-75所示。

代码清单7-75 通过循环创建6个Nginx容器

```
$ for i in `seq 1 6`;do sudo docker -H tcp://localhost:2380 run -
d --name www-$i -p 80 nginx;done
37d5c191d0d59f00228fbae86f54280ddd116677a7cfc8b8e7ff48977206d1e2
b194a69468c03cee9eb16369a3f9b157413576af3dcb78e1a9d61725c26c2ec7
47923801a6c6045427ca49054fb988ffe58e3e9f7ff3b1011537acf048984fe7
90f8bf04d80421888915c9ae8a3f9c35cf6bd351da52970b0987593ed703888f
5bf0ab7ddcd72b11dee9064e504ea6231f9aaa846a23ea65a59422a2161f6ed4
b15bce5e49fcee7443a93601b4dde1aa8aa048393e56a6b9c961438e419455c5
```

这里我们运行了包装在一个shell循环里的docker run 命令。我们通过-H选项为Docker客户端指定了tcp://localhost:2380 地址，也就是Swarm管理者的地址。我们告诉Docker以守护方式启动容器，并将容器命名为www- 加上一个循环变量*i*。这些容器都是基于nginx 镜像创建的，并都打开了80端口。

我们看到上面的命令返回了6个容器的ID，这也是Swarm在集群中启动的6个容器。

让我们来看看这些正在运行中的容器，如代码清单7-76所示。

代码清单7-76 Swarm在集群中执行docker ps 的输出


```
$ sudo docker -H tcp://localhost:2380 ps
CONTAINER ID IMAGE ... PORTS NAMES
b15bce5e49fc nginx 443/tcp,10.0.0.135:49161->80/tcp joker/www-6
47923801a6c6 nginx 443/tcp,10.0.0.125:49158->80/tcp smoker/www-3
5bf0ab7ddcd7 nginx 443/tcp,10.0.0.135:49160->80/tcp joker/www-5
90f8bf04d804 nginx 443/tcp,10.0.0.125:49159->80/tcp smoker/www-4
b194a69468c0 nginx 443/tcp,10.0.0.135:49157->80/tcp joker/www-2
37d5c191d0d5 nginx 443/tcp,10.0.0.125:49156->80/tcp smoker/www-1
```

注意 这里我们省略了输出中部分列的信息，以节省篇幅，包括容器启动时运行的命令、容器当前状态以及容器创建的时间。

我们可以看到我们已经运行了 `docker ps` 命令，但它不是在本本地 Docker 守护进程中，而是跨 Swarm 集群运行的。我们看到结果中有 6 个容器在运行，平均分配在集群的两个节点上。那么，Swarm 是如何决定容器应该在哪个节点上运行呢？

Swarm 根据过滤器（filter）和策略（strategy）的结合来决定在哪个节点上运行容器。

7.3.4 过滤器

过滤器是告知 Swarm 该优先在哪个节点上运行容器的明确指令。

目前 Swarm 具有如下 5 种过滤器：

- 约束过滤器（constraint filter）；
- 亲和过滤器（affinity filter）；
- 依赖过滤器（dependency filter）；
- 端口过滤器（port filter）；
- 健康过滤器（health filter）。

下面我们就来逐个了解一下这些过滤器。

1. 约束过滤器

约束过滤器依赖于用户给各个节点赋予的标签。举例来说，用户想为使用特殊存储类型或者指定操作系统的节点来分组。约束过滤器需要在启动 Docker 守护进程时，设置键值对标签，通过 `-label` 标注来设置，如代码清单 7-77 所示。

代码清单 7-77 运行 Docker 守护进程时设置约束标签

```
$ sudo docker daemon --label datacenter=us-east1
```

Docker 还提供了一些 Docker 守护进程启动时标准的默认约束，包括内核版本、操作系统、执行驱动（execution driver）和存储驱动（storage driver）。如果我们将这个 Docker 实例加入 Swarm 集群，就可以通过代码清单 7-78 所示的方式在容器启动时选择这个 Docker 实例。

代码清单 7-78 启动容器时指定约束过滤器

```
$ sudo docker -H tcp://localhost:2380 run -e constraint:
```



```
datacenter==us-east1 -d --name www-use1 -p 80 nginx
```

这里我们启动了一个名为 **www-use1** 的容器，并通过 **-e** 选项指定约束条件，这里用来匹配 **datacenter==us-east1**。这样将会在设置了这个标签的 Docker 守护进程中启动该容器。这个约束过滤器支持相等匹配 **==** 和不等匹配 **!=**，也支持使用正则表达式，如代码清单 7-79 所示。

代码清单 7-79 启动容器时在约束过滤器中使用正则表达式

```
$ sudo docker -H tcp://localhost:2380 run -e constraint:
datacenter==us-east* -d --name www-use1 -p 80 nginx
```

这会在任何设置了 **datacenter** 标签并且标签值匹配 **us-east*** 的 Swarm 节点上启动容器。

2. 亲和过滤器

亲和过滤器让容器运行更互相接近，比如让容器 **web1** 挨着 **haproxy1** 容器或者挨着指定 ID 的容器运行，如代码清单 7-80 所示。

代码清单 7-80 启动容器时指定亲和过滤器

```
$ sudo docker run -d --name www-use2 -e affinity:container==www-use1
nginx
```

这里我们通过亲和过滤器启动了一个容器，并告诉这个容器运行在 **www-use1** 容器所在的 Swarm 节点上。我们也可以使用不等于条件，如代码清单 7-81 所示。

代码清单 7-81 启动容器时在亲和过滤器中使用不等于条件

```
$ sudo docker run -d --name db1 -e affinity:container!=www-use1
mysql
```

读者会看到这里我们在亲和过滤器中使用了 **!=** 比较操作符。这将告诉 Docker 在任何没有运行 **www-use1** 容器的 Swarm 节点上运行这个容器。

我们也能匹配已经拉取了指定镜像的节点，如 **affinity :image==nginx** 将会让容器在任何已经拉取了 **nginx** 镜像的节点上运行。或者，像约束过滤器一样，我们也可以通过按名字或者正则表达式来搜索容器来匹配特定的节点，如代码清单 7-82 所示。

代码清单 7-82 启动容器时在亲和过滤器中使用正则表达式

```
$ sudo docker run -d --name db1 -e affinity:container!=www-use*
mysql
```

3. 依赖过滤器

在具备指定卷或容器链接的节点上启动容器。

4. 端口过滤器

通过网络端口进行调度，在具有指定端口可用的节点上启动容器，如代码清单7-83所示。

代码清单7-83 使用端口过滤器

```
$ sudo docker -H tcp://localhost:2380 run -d --name haproxy -p
80:80 haproxy
```

5. 健康过滤器

利用健康过滤器，Swarm就不会将任何容器调度到被认为不健康的节点上。通常来说，不健康是指Swarm管理者或者发现服务报告某集群节点有问题。

可以在<http://docs.docker.com/swarm/scheduler/filter/> 查看到Swarm过滤器的完整列表，以及它们的具体配置。

提示 可以通过为swarm manage 命令传递—filter 标志来控制哪些过滤器能用。

7.3.5 策略

策略允许用户用集群节点更隐式的特性来对容器进行调度，比如该节点可用资源的数量等，只在拥有足够内存或者CPU的节点上启动容器。Docker Swarm现在有3种策略：平铺（Spread）策略、紧凑（BinPacking）策略和随机（Random）策略。但只有平铺策略和紧凑策略才真正称得上是策略。默认的策略是平铺策略。

可以在执行swarm manage 命令时，通过—strategy 标志设置用户想选用的策略。

1. 平铺策略

平铺策略会选择已运行容器数量最少的节点。使用平铺策略会让所有容器比较平均地分配到集群中的每个节点上。

2. 紧凑策略

紧凑策略会根据每个节点上可用的CPU和内存资源为节点打分，它会先返回使用最紧凑的节点。这将会保证节点最大程度地被使用，避免碎片化，并确保在需要启动更大的容器时有最大数量的空间可用。

3. 随机策略

随机策略会随机选择一个节点来运行容器。这主要用于调试中，生产环境下请不要使用这种策略。

7.3.6 小结

读者可能希望看到Swarm还是很有潜力的，也有了足够的基础知识来尝试一下Swam。这里我再次提醒一下，Swarm还处于beta阶段，还不推荐在生产环境中使用。

7.4 其他编配工具和组件

正如前面提到的，Compose和Consul不是Docker编配工具这个家族里唯一的选择。编配工具是一个快速发展的生态环境，没有办法列出这个领域中的所有可用的工具。这些工具的功能不尽相同，不过大部分都属于以下两个类型：

- 调度和集群管理；
- 服务发现。

注意 本节中列出的服务都在各自的许可下开源了。

7.4.1 Fleet和etcd

Fleet和etcd由CoreOS ^[23] 团队发布。Fleet ^[24] 是一个集群管理工具，而etcd ^[25] 是一个高可用性的键值数据库，用于共享配置和服务发现。Fleet与systemd和etcd一起，为容器提供了集群管理和调度能力。可以把Fleet看作是systemd的扩展，只是不是工作在主机层面上，而是工作在集群这个层面上。

7.4.2 Kubernetes

Kubernetes ^[26] 是由Google开源的容器集群管理工具。这个工具可以使用Docker在多个宿主主机上分发并扩展应用程序。Kubernetes主要关注需要使用多个容器的应用程序，如弹性分布式微服务。

7.4.3 Apache Mesos

Apache Mesos ^[27] 项目是一个高可用的集群管理工具。Mesos从Mesos 0.20开始，已经内置了Docker集成，允许利用Mesos使用容器。Mesos在一些创业公司里很流行，如著名的Twitter和AirBnB。

7.4.4 Helios

Helios ^[28] 项目由Spotify的团队发布，是一个为了在全流程中发布和管理容器而设计的Docker编配平台。这个工具可以创建一个抽象的“作业”（job），之后可以将这个作业发布到一个或者多个运行Docker的Helios宿主机。

7.4.5 Centurion

Centurion ^[29] 是一个基于Docker的部署工具，由New Relic团队打造并开源。Centurion从Docker Registry里找到容器，并在一组宿主主机上使用正确的环境变量、主机卷映射和端口映射来运行这个容器。这个工具的目的是帮助开发者利用Docker做持续部署。

7.5 小结

本章介绍了如何使用Compose进行编配工作，展示了如何添加一个Compose配置文件来创建一个简单的应用程序栈，还展示了如何运行Compose并构建整个栈，以及如何用Compose完成一些基本的管理工作。

本章还展示了服务发现工具Consul，介绍了如何将Consul安装到Docker以及如何创建Consul节点集群，还演示了在Docker上简单的分布式应用如何工作。

我们还介绍了Docker自己的集群和调度工具Docker Swarm。

我们学习了如何安装Swarm，如何对Swarm进行管理，以及如何在Swarm集群间进行任务调度。

本章最后展示了可以用在Docker生态环境中的其他编配工具。

下一章会介绍Docker API，如何使用这些API，以及如何通过TLS与Docker守护进程建立安全的链接。

[1] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/tree/master/code/7/composeapp>

[2] <http://www.dockerbook.com/code/>

[3] <https://docs.docker.com/compose/yml/>

[4] <https://docs.docker.com/compose/rails/>

[5] <https://docs.docker.com/compose/django/>

[6] <https://docs.docker.com/compose/wordpress/>

[7] <https://github.com/shipyard/shipyard>

[8] <https://docs.docker.com/compose/cli/>

[9] <http://www.consul.io>

[10] [http://en.wikipedia.org/wiki/Raft_\(computer_science\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Raft_(computer_science))

[11] <https://developers.google.com/speed/public-dns/>

[12] <http://dockerbook.com/code/7/consul/>

[13] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/tree/master/code/7/consul/>

[14] <http://uwsgi-docs.readthedocs.org/en/latest/>

[15] <https://github.com/unbit/uwsgi-consul>

- [16] <http://dockerbook.com/code/7/consul/>
- [17] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/tree/master/code/7/consul/>
- [18] <http://dockerbook.com/code/7/consul/>
- [19] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/tree/master/code/7/consul/>
- [20] <http://www.consul.io/docs/agent/services.html>
- [21] <https://github.com/docker/swarm>
- [22] <https://github.com/docker/swarm/blob/master/ROADMAP.md>
- [23] <https://coreos.com/>
- [24] <https://github.com/coreos/fleet>
- [25] <https://github.com/coreos/etcd>
- [26] <https://github.com/GoogleCloudPlatform/kubernetes>
- [27] <http://mesos.apache.org/>
- [28] <https://github.com/spotify/helios>
- [29] <https://github.com/newrelic/centurion>

第8章 使用Docker API

在第6章中，我们已经学习了很多优秀的例子，关于如何在Docker中运行服务和构建应用程序，以及以Docker为中心的工作流。TProv应用就是其中一例，它主要以在命令行中使用`docker`程序，并且获取标准输出的内容。从与Docker进行集成的角度来看，这并不是一个很理想的方案，尤其是Docker提供了强大的API，用户完全可以直接将这些API用于集成。

在本章中，我们将会介绍Docker API，并看看如何使用它。我们已经了解了如何将Docker守护进程绑定到网络端口，从现在开始我们将会从一个更高的层次对Docker API进行审视，并抓住它的核心内容。我们还会再回顾一下TProv这个应用，这个应用我们在第6章里已经见过了，在本章我们会将其中直接使用了`docker`命令行程序的部分用Docker API进行重写。最后，我们还会再看一下如何使用TLS来实现API中的认证功能。

8.1 Docker API

在Docker生态系统中一共有3种API ^[1]。

- Registry API: 提供了与来存储Docker镜像的Docker Registry集成的功能。
- Docker Hub API: 提供了与Docker Hub ^[2]集成的功能。
- Docker Remote API: 提供与Docker守护进程进行集成的功能。

所有这3种API都是RESTful ^[3]风格的。在本章中，我们将会着重对Remote API进行介绍，因为它通过程序与Docker进行集成和交互的核心内容。

8.2 初识Remote API

让我们浏览一下Docker Remote API，并看看它都提供了哪些功能。首先需要牢记的是，Remote API是由Docker守护进程提供的。在默认情况下，Docker守护进程会绑定到一个所在宿主机的套接字，即`unix:///var/run/docker.sock`。Docker守护进程需要以`root`权限来运行，以便它有足够的权限去管理所需要的资源。也正如在第2章所阐述的那样，如果系统中存在一个名为`docker`用户组，Docker会将上面所说的套接字的所有者设为该用户组。因此任何属于`docker`用户组的用户都可以运行Docker而无需`root`权限。

警告 谨记，虽然`docker`用户组让我们的工作变得更轻松，但它依旧是一个值得注意的安全隐患。可以认为`docker`用户组和`root`具有相当的权限，应该确保只有那些需要此权限的用户和应用程序才能使用该用户组。

如果我们只查询在同一台宿主机上运行Docker的Remote API，那么上面的机制看起来没什么问题，但是如果我们想远程访问Remote API，我们就需要将Docker守护进程绑定到一个网络接口上去。我们只需要给Docker守护进程传递一个`-H`标志即可做到这一点。

如果用户可以在本地使用Docker API，那么就可以使用nc 命令来进行查询，如代码清单8-1所示。

代码清单8-1 在本地查询Docker API

```
$ echo -e "GET /info HTTP/1.0\r\n" | sudo nc -U /var/run/docker.sock
```

在大多数操作系统上，可以通过编辑守护进程的启动配置文件将Docker守护进程绑定到指定网络接口。对于Ubuntu或者Debian，我们需要编辑/etc/default/docker 文件；对于使用了Upstart的系统，则需要编辑/etc/init/docker.conf文件；对于Red Hat、Redora及相关发布版本，则需要编辑/etc/sysconfig/docker文件；对于那些使用了Systemd的发布版本，则需要编辑/usr/lib/systemd/system/docker.service 文件。

让我们来看看如何在一个运行systemd的Red Hat衍生版上将Docker守护进程绑定到一个网络接口上。我们将编辑/usr/lib/systemd/system/docker.service 文件，将代码清单8-2所示的内容修改为代码清单8-3所示的内容。

代码清单8-2 默认的Systemd守护进程启动选项

```
ExecStart=/usr/bin/docker -d --selinux-enabled
```

代码清单8-3 绑定到网络接口的Systemd守护进程启动选项

```
ExecStart=/usr/bin/docker -d --selinux-enabled -H tcp://0.0.0.0:2375
```

这将把Docker守护进程绑定到该宿主机的所有网络接口的2375端口上。之后需要使用systemctl 命令来重新加载并启动该守护进程，如代码清单8-4所示。

代码清单8-4 重新加载和启动Docker守护进程

```
$ sudo systemctl --system daemon-reload
```

提示 用户还需要确保任何Docker宿主机上的防火墙或者自己和Docker主机之间的防火墙能允许用户在2375端口上与该IP地址进行TCP通信。

现在我们可以通过docker 客户端命令的-H 标志来测试一下刚才的配置是否生效。让我们从一台远程主机来访问Docker守护进程，如代码清单8-5所示。

代码清单8-5 连接到远程Docker守护进程

```
$ sudo docker -H docker.example.com:2375 info
Containers: 0
Images: 0
Driver: devicemapper
Pool Name: docker-252:0-133394-pool
```

```
Data file: /var/lib/docker/devicemapper/devicemapper/data
Metadata file: /var/lib/docker/devicemapper/devicemapper/metadata
. . .
```

这里假定Docker所在主机名为`docker.example.com`，并通过`-H`标志来指定了该主机名。Docker提供了更优雅的`DOCKER_HOST`环境变量（见代码清单8-6），这样就省掉了每次都需要设置`-H`标志的麻烦。

代码清单8-6 检查`DOCKER_HOST`环境变量

```
$ export DOCKER_HOST="tcp://docker.example.com:2375"
```

警告 请记住，与Docker守护进程之间的网络连接是没有经过认证的，是对外开放的。在本章的后面，我们将会看到如何为网络连接加入认证功能。

8.3 测试Docker Remote API

现在已经通过`docker`程序建立并确认了与Docker守护进程之间的网络连通性，接着我们来试试直接连接到API。为了达到此目的，会用到`curl`命令。接下来连接到`info` API接入点，如代码清单8-7所示，这会返回与`docker info`命令大致相同的信息。

代码清单8-7 使用`info` API接入点

```
$ curl http://docker.example.com:2375/info
{
  "Containers": 0,
  "Debug": 0,
  "Driver": "devicemapper",
  . . .
  "IPv4Forwarding": 1,
  "Images": 0,
  "IndexServerAddress": "https://index.docker.io/v1/",
  "InitPath": "/usr/libexec/docker/dockerinit",
  "InitSh1": "dafd83a92eb0fc7c657e8eae06bf493262371a7a",
  "KernelVersion": "3.9.8-300.fc19.x86_64",
  "LXCVersion": "0.9.0",
  "MemoryLimit": 1,
  "NEventsListener": 0,
  "NFd": 10,
  "NGoroutines": 14,
  "SwapLimit": 0
}
```

这里通过`curl`命令连接到了提供了Docker API的网址`http://docker.example.com:2375`，并指定了到Docker API的路径：主机`docker.example.com`上的2375端口，`info`接入点。

可以看出，API返回的都是JSON散列数据，上面的例子的输出里包括了关于Docker守护进程的系统信息。这展示出Docker API可以正常工作并返回了一些数据。

8.3.1 通过API来管理Docker镜像

让我们从一些基础的API开始：操作Docker镜像的API。我们将从获取Docker守护进程中所有镜像的列表开始，如代码清单8-8所示。

代码清单8-8 通过API获取镜像列表

```
$ curl http://docker.example.com:2375/images/json | python -mjson.tool
[
  {
    "Created": 1404088258,
    "Id": "2
e9e5fdd46221b6d83207aa62b3960a0472b40a89877ba71913998ad9743e065",
    "ParentId": "7
cd0eb092704d1be04173138be5caee3a3e4bea5838dcde9ce0504cdc1f24cbb",
    "RepoTags": [
      "docker:master"
    ],
    "Size": 186470239,
    "VirtualSize": 1592910576
  },
  . . .
  {
    "Created": 1403739688,
    "Id": "15
d0178048e904fee25354db77091b935423a829f171f3e3cf27f04ffcf7cf56",
    "ParentId": "74830
af969b02bb2cec5fe04bb2e168a4f8d3db3ba504e89cacba99a262baf48",
    "RepoTags": [
      "jamtur01/jekyll:latest"
    ],
    "Size": 0,
    "VirtualSize": 607622922
  }
  . . .
]
```

注意 我们已经使用Python的JSON工具对API的返回结果进行了格式化处理。

这里使用了/**images/json** 这个接入点，它将返回Docker守护进程中的所有镜像的列表。它的返回结果提供了与**docker images** 命令非常类似的信息。我们也可以通过镜像ID来查询某一镜像的信息，如代码清单8-9所示，这非常类似于使用**docker inspect** 命令来查看某镜像ID。

代码清单8-9 获取指定镜像

```
curl <a>http://docker.example.com:2375/images/</a>
15
d0178048e904fee25354db77091b935423a829f171f3e3cf27f04ffcf7cf56/
json | python -mjson.tool
{
  "Architecture": "amd64",
  "Author": "James Turnbull <james@example.com>",
  "Comment": "",
  "Config": {
```

```

        "AttachStderr": false,
        "AttachStdin": false,
        "AttachStdout": false,
        "Cmd": [
            "--config=/etc/jekyll.conf"
        ],
        . . .
    }

```

上面是我们查看 **jamtur01/jekyll** 镜像时输出的一部分内容。最后，也像命令行一样，我们也可以在 Docker Hub 上查找镜像，如代码清单8-10所示。

代码清单8-10 通过API搜索镜像

```

$ curl "http://docker.example.com:2375/images/search?term=
jamtur01" | python -mjson.tool
[
  {
    "description": "",
    "is_official": false,
    "is_trusted": true,
    "name": "jamtur01/docker-presentation",
    "star_count": 2
  },
  {
    "description": "",
    "is_official": false,
    "is_trusted": false,
    "name": "jamtur01/dockerjenkins",
    "star_count": 1
  },
  . . .
]

```

在上面的例子里我们搜索了名字中带 **jamtur01** 的所有镜像，并显示了该搜索返回结果的一部分内容。这只是使用 Docker API 能完成的工作的一个例子而已，实际上还能用 API 进行镜像构建、更新和删除。

8.3.2 通过API管理Docker容器

Docker Remote API 也提供了所有在命令行中能使用的对容器的所有操作。我们可以使用 **/containers** 接入点列出所有正在运行的容器，如代码清单8-11所示，就像使用 **docker ps** 命令一样。

代码清单8-11 列出正在运行的容器

```

$ curl -s "http://docker.example.com:2375/containers/json" |
python -mjson.tool
[
  {
    "Command": "/bin/bash",
    "Created": 1404319520,
    "Id":

```

```
    "cf925ad4f3b9fea231aee386ef122f8f99375a90d47fc7cbe43fac1d962dc51b",
    "Image": "ubuntu:14.04",
    "Names": [
        "/desperate_euclid"
    ],
    "Ports": [],
    "Status": "Up 3 seconds"
  }
]
```

这个查询将会显示出在Docker宿主机上正在运行的所有容器，在这个例子里只有一个容器在运行。如果想同时列出正在运行的和已经停止的容器，我们可以在接入点中增加**all**标志，并将它的值设置为**1**，如代码清单8-12所示。

代码清单8-12 通过API列出所有容器

```
http://docker.example.com:2375/containers/json?all=1
```

我们也可以通过使用**POST** 请求来调用**/containers/create** 接入点来创建容器，如代码清单8-13所示。这是用来创建容器的API调用的一个最简单的例子。

代码清单8-13 通过API创建容器

```
$ curl -X POST -H "Content-Type: application/json" \
http://docker.example.com:2375/containers/create \
-d '{
    "Image": "jamtur01/jekyll"
}'
{"Id": "591
ba02d8d149e5ae5ec2ea30ffe85ed47558b9a40b7405e3b71553d9e59bed3",
"Warnings": null}
```

我们调用了**/containers/create** 接入点，并**POST** 了一个JSON散列数据，这个结构中包括要启动的镜像名。这个API返回了刚创建的容器的ID，以及可能的警告信息。这条命令将会创建一个容器。

我们可以在创建新容器的时候提供更多的配置，这可以通过在JSON散列数据中加入键值对来实现，如代码清单8-14所示。

代码清单8-14 通过API配置容器启动选项

```
$ curl -X POST -H "Content-Type: application/json" \
"http://docker.example.com:2375/containers/create?name=jekyll" \
-d '{
    "Image": "jamtur01/jekyll",
    "Hostname": "jekyll"
}'
{"Id": "591
ba02d8d149e5ae5ec2ea30ffe85ed47558b9a40b7405e3b71553d9e59bed3",
"Warnings": null}
```

上面的例子中我们指定了**Hostname** 键，它的值为**jekyll**，用来为所要创建的容器设置主机名。

要启动一个容器，需要使用**/containers/start** 接入点，如代码清单8-15所示。

代码清单8-15 通过API启动容器

```
$ curl -X POST -H "Content-Type: application/json" \
http://docker.example.com:2375/containers/591
ba02d8d149e5ae5ec2ea30ffe85ed47558b9a40b7405e3b71553d9e59bed3/start \
-d '{
    "PublishAllPorts":true
}'
```

将这两个API组合在一起，就提供了与**docker run** 相同的功能，如代码清单8-16所示。

代码清单8-16 API等同于**docker run** 命令

```
$ sudo docker run jamtur01/jekyll
```

我们也可以通过**/containers/** 接入点来得到刚创建的容器的详细信息，如代码清单8-17所示。

代码清单8-17 通过API列出所有容器

```
$ curl <a>http://docker.example.com:2375/containers/</a>
591
ba02d8d149e5ae5ec2ea30ffe85ed47558b9a40b7405e3b71553d9e59bed3/
json | python -mjson.tool
{
  "Args": [
    "build",
    "--destination=/var/www/html"
  ],
  . . .
  "Hostname": "591ba02d8d14",
  "Image": "jamtur01/jekyll",
  . . .
  "Id": "591
ba02d8d149e5ae5ec2ea30ffe85ed47558b9a40b7405e3b71553d9e59bed3",
  "Image": "29
d4355e575cff59d7b7ad837055f231970296846ab58a037dd84be520d1cc31",
  . . .
  "Name": "/hopeful_davinci",
  . . .
}
```

在这里可以看到，我们使用了容器ID查询了我们的容器，并展示了提供给我们的数据的示例。

8.4 改进TProv应用

现在让来看看第6章的TProv应用里所使用的方法。我们来看看用来创建和删除Docker容器的具体方法，如代码清单8-18所示。

代码清单8-18 旧版本TProv容器启动方法

```
def get_war(name, url)
  cid = `docker run --name #{name} jamtur01/fetcher #{url} 2>&1`.chop
  puts cid
  [ $? .exitstatus == 0, cid ]
end
def create_instance(name)
  cid = `docker run -P --volumes-from #{name} -d -t jamtur01/
tomcat7 2>&1`.chop
  [ $? .exitstatus == 0, cid ]
end
def delete_instance(cid)
  kill = `docker kill #{cid} 2>&1`
  [ $? .exitstatus == 0, kill ]
end
```

注意 可以在本书网站 [\[4\]](#) 或者GitHub [\[5\]](#) 看到之前版本的TProv代码。

很粗糙，不是吗？我们直接使用了`docker`程序，然后再捕获它的输出结果。从很多方面来说这都是有问题的，其中最重要的是用户的TProv应用将只能运行在安装了Docker客户端的机器上。

我们可以使用Docker的客户端库利用Docker API来改善这种问题。在本例中，我们将使用Ruby Docker-API客户端库 [\[6\]](#)。

提示 可以在http://docs.docker.com/reference/api/remote_api_client_libraries/ 找到可用的Docker客户端库的完整列表。目前Docker已经拥有了Ruby、Python、Node.JS、Go、Erlang、Java以及其他语言的库。

让我们先来看看如何建立到Docker API的连接，如代码清单8-19所示。

代码清单8-19 Docker Ruby客户端库

```
require 'docker'
...
module TProv
  class Application < Sinatra::Base
    ...
    Docker.url = ENV['DOCKER_URL'] || 'http://localhost:2375'
    Docker.options = {
      :ssl_verify_peer => false
    }
  end
end
```

我们通过`require`指令引入了`docker-api`这个gem。为了能让程序正确运行，需要事先安装这个gem，或者把它加到TProv应用的gem specification中去。

之后我们可以用`Docker.url` 方法指定我们想要连接的Docker宿主机的地址。在上面的代码里，我们用了`DOCKER_URL` 这个环境变量来指定这个地址，或者使用默认值`http://localhost:2375`。

我们还通过`Docker.options` 指定了我们想传递给Docker守护进程连接的选项。

我们还可以通过`IRB shell`在本地来验证我们的设想。现在就来试一试。用户需要在自己想测试的机器上先安装Ruby，如代码清单8-20所示。这里假设我们使用的是Fedora宿主机。

代码清单8-20 安装Docker Ruby客户端API

```
$ sudo yum -y install ruby ruby-irb
. . .
$ sudo gem install docker-api json
. . .
```

现在我们就可以用`irb` 命令来测试Docker API连接了，如代码清单8-21所示。

代码清单8-21 用`irb` 测试Docker API连接

```
$ irb
irb(main):001:0> require 'docker'; require 'pp'
=> true
irb(main):002:0> Docker.url = 'http://docker.example.com:2375'
=> "http://docker.example.com:2375"
irb(main):003:0> Docker.options = { :ssl_verify_peer => false }
=> {:ssl_verify_peer=>false}
irb(main):004:0> pp Docker.info
{"Containers"=>9,
 "Debug"=>0,
 "Driver"=>"aufs",
 "DriverStatus"=>[["Root Dir", "/var/lib/docker/aufs"], ["Dirs", "882"]],
 "ExecutionDriver"=>"native-0.2",
 . . .
irb(main):005:0> pp Docker.version
{"ApiVersion"=>"1.12",
 "Arch"=>"amd64",
 "GitCommit"=>"990021a",
 "GoVersion"=>"go1.2.1",
 "KernelVersion"=>"3.8.0-29-generic",
 "Os"=>"linux",
 "Version"=>"1.0.1"}
. . .
```

在上面我们启动了`irb` 并且加载了`docker`（通过`require` 指令）和`pp` 这两个gem，`pp` 用来对输出进行格式化以方便查看。之后我们调用了`Docker.url` 和`Docker.options` 两个方法，来设置目的Docker主机地址和我们需要的一些选项（这里将禁用SSL对等验证，这样就可以在不通过客户端认证的情况下使用TLS）。

之后我们又执行了两个全局方法`Docker.info` 和`Docker.version`，这两个Ruby客户端API提供了与`docker info` 及`docker version` 两个命令相同的功能。

现在我们就可以在TProv应用中通过docker-api 这个客户端库，来使用API进行容器管理。让我们来看一下相关代码，如代码清单8-22所示。

代码清单8-22 修改后的TProv的容器管理方法

```
def get_war(name, url)
  container = Docker::Container.create('Cmd' => url, 'Image' =>
    'jamtur01/fetcher', 'name' => name)
  container.start
  container.id
end
def create_instance(name)
  container = Docker::Container.create('Image' => 'jamtur01/tomcat7')
  container.start('PublishAllPorts' => true, 'VolumesFrom' => name)
  container.id
end
def delete_instance(cid)
  container = Docker::Container.get(cid)
  container.kill
end
```

可以看到，我们用Docker API替换了之前使用的docker 程序之后，代码变得更清晰了。我们的get_war 方法使用Docker::Container.create 和Docker::Container.start 方法来创建和启动我们的jamtur01/fetcher 容器。delete_instance 也能完成同样的工作，不过创建的是jamtur01/tomcat7 容器。最后，我们对delete_instance 方法进行了修改，首先会通过Docker::Container.get 方法根据参数的容器ID来取得一个容器实例，然后再通过Docker::Container.kill 方法销毁该容器。

注意 读者可以在本书网站 [\[7\]](#) 或者GitHub [\[8\]](#) 上看到改进后的TProv代码。

8.5 对Docker Remote API进行认证

我们已经看到了如何连接到Docker Remote API，不过这也意味着任何其他人都能连接到同样的API。从安全的角度上看，这存在一点儿安全问题。不过值得感谢的是，自Docker的0.9版本开始Docker Remote API开始提供了认证机制。这种认证机制采用了TLS/SSL证书来确保用户与API之间连接的安全性。

提示 该认证不仅仅适用于API。通过这个认证，还需要配置Docker客户来支持TLS认证。在本节中我们也将看到如何对客户端进行配置。

有几种方法可以对我们的连接进行认证，包括使用一个完整的PKI基础设施，我们可以选择创建自己的证书授权中心（Certificate Authority，CA），或者使用已有的CA。在这里我们将建立自己的证书授权中心，因为这是一个简单、快速的开始。

警告 这依赖于运行在Docker宿主机上的本地CA。它也不像使用一个完整的证书授权中心那样安全。

8.5.1 建立证书授权中心

我们将快速了解一下创建所需CA证书和密钥（key）的方法，在大多数平台上这都是一个非常标准的过程。在开始之前，我们需要先确保系统已经安装好了openssl，如代码清

单8-23所示。

代码清单8-23 检查是否已安装openssl

```
$ which openssl
/usr/bin/openssl
```

让我们在Docker宿主机上创建一个目录来保存我们的CA和相关资料，如代码清单8-24所示。

代码清单8-24 创建CA目录

```
$ sudo mkdir /etc/docker
```

现在就来创建一个CA。

我们需要先生成一个私钥（private key），如代码清单8-25所示。

代码清单8-25 生成私钥

```
$ cd /etc/docker
$ echo 01 | sudo tee ca.srl
$ sudo openssl genrsa -des3 -out ca-key.pem
Generating RSA private key, 512 bit long modulus
....+++++++
.....+++++++
e is 65537 (0x10001)
Enter pass phrase for ca-key.pem:
Verifying - Enter pass phrase for ca-key.pem:
```

在创建私钥的过程中，我们需要为CA密钥设置一个密码，我们需要牢记这个密码，并确保它的安全性。在新CA中，我们需要用这个密码来创建并对证书签名。

上面的操作也将创建一个名为**ca-key.pem**的新文件。这个文件是我们的CA的密钥。我们一定不能将这个文件透露给别人，也不能弄丢这个文件，因为此文件关系到我们整个解决方案的安全性。

现在就让我们来创建一个CA证书，如代码清单8-26所示。

代码清单8-26 创建CA证书

```
$ sudo openssl req -new -x509 -days 365 -key ca-key.pem -out ca.pem
Enter pass phrase for ca-key.pem:
You are about to be asked to enter information that will be incorporated
into your certificate request.
What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a DN.
There are quite a few fields but you can leave some blank
For some fields there will be a default value,
If you enter '.', the field will be left blank.
-----
```



```
Country Name (2 letter code) [AU]:
State or Province Name (full name) [Some-State]:
Locality Name (eg, city) []:
Organization Name (eg, company) [Internet Widgits Pty Ltd]:
Organizational Unit Name (eg, section) []:
Common Name (e.g. server FQDN or YOUR name) []:docker.example.com
Email Address []:
```

这将创建一个名为**ca.pem**的文件，这也是我们的CA证书。我们之后也会用这个文件来验证连接的安全性。

现在我们有自己的CA，让我们用它为我们的Docker服务器创建证书和密钥。

8.5.2 创建服务器的证书签名请求和密钥

我们可以用新CA来为Docker服务器进行证书签名请求（certificate signing request, CSR）和密钥的签名和验证。让我们从为Docker服务器创建一个密钥开始，如代码清单8-27所示。

代码清单8-27 创建服务器密钥

```
$ sudo openssl genrsa -des3 -out server-key.pem
Generating RSA private key, 512 bit long modulus
.....+++++++
.....+++++++
e is 65537 (0x10001)
Enter pass phrase for server-key.pem:
Verifying - Enter pass phrase for server-key.pem:
```

这将为我们的服务器创建一个密钥**server-key.pem**。像前面一样，我们要确保此密钥的安全性，这是保证我们的Docker服务器安全的基础。

注意 请在这一步设置一个密码。我们将会在正式使用之前清除这个密码。用户只需要在后面的几步中使用该密码。

接着，让我们创建服务器的证书签名请求（CSR），如代码清单8-28所示。

代码清单8-28 创建服务器CSR

```
$ sudo openssl req -new -key server-key.pem -out server.csr
Enter pass phrase for server-key.pem:
You are about to be asked to enter information that will be incorporated
into your certificate request.
What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a DN.
There are quite a few fields but you can leave some blank
For some fields there will be a default value,
If you enter '.', the field will be left blank.
-----
Country Name (2 letter code) [AU]:
State or Province Name (full name) [Some-State]:
Locality Name (eg, city) []:
Organization Name (eg, company) [Internet Widgits Pty Ltd]:
Organizational Unit Name (eg, section) []:
```

```
Common Name (e.g. server FQDN or YOUR name) []:*
Email Address []:
Please enter the following 'extra' attributes
to be sent with your certificate request
A challenge password []:
An optional company name []:
```

这将创建一个名为`server.csr`的文件。这也是一个请求，这个请求将为创建我们的服务器证书进行签名。在这些选项中最重要的是**Common Name** 或**CN**。该项的值要么为**Docker**服务器（即从DNS中解析后得到的结果，比如**docker.example.com**）的**FQDN**（**fully qualified domain name**，完全限定的域名）形式，要么为*****，这将允许在任何服务器上使用该服务器证书。

现在让我们来对CSR进行签名并生成服务器证书，如代码清单8-29所示。

代码清单8-29 对CSR进行签名

```
$ sudo openssl x509 -req -days 365 -in server.csr -CA ca.pem \
-CAkey ca-key.pem -out server-cert.pem
Signature ok
subject=/C=AU/ST=Some-State/O=Internet Widgits Pty Ltd/CN=*
Getting CA Private Key
Enter pass phrase for ca-key.pem:
```

在这里，需要输入CA密钥文件的密码，该命令会生成一个名为`server-cert.pem`的文件，这个文件就是我们的服务器证书。

现在就让我们来清除服务器密钥的密码，如代码清单8-30所示。我们不想在**Docker**守护进程启动的时候再输入一次密码，因此需要清除它。

代码清单8-30 移除服务器端密钥的密码

```
$ sudo openssl rsa -in server-key.pem -out server-key.pem
Enter pass phrase for server-key.pem:
writing RSA key
```

现在，让我们为这些文件添加一些更为严格的权限来更好地保护它们，如代码清单8-31所示。

代码清单8-31 设置Docker服务器端密钥和证书的安全属性

```
$ sudo chmod 0600 /etc/docker/server-key.pem /etc/docker/server-cert.pem \
/etc/docker/ca-key.pem /etc/docker/ca.pem
```

8.5.3 配置Docker守护进程

现在我们已经得到了我们的证书和密钥，让我们配置**Docker**守护进程来使用它们。因为我们会在**Docker**守护进程中对外提供网络套接字服务，因此需要先编辑它的启动配置文件。

和之前一样，对于Ubuntu或者Debian系统，我们需要编辑/etc/default/docker 文件；对于使用了Upstart的系统，则需要编辑/etc/init/docker.conf 文件；对于Red Hat、Fedora及相关发布版本，则需要编辑/etc/sysconfig/docker 文件；对于那些使用了Systemd的发布版本，则需要编辑/usr/lib/systemd/docker.service 文件。

这里我们仍然使用运行Systemd的Red Hat衍生版本为例继续说明。编辑/usr/`lib/systemd/system/docker.service 文件内容，如代码清单8-32所示。

代码清单8-32 在Systemd中启用Docker TLS

```
ExecStart=/usr/bin/docker -d -H tcp://0.0.0.0:2376 --tlsverify
--tlscacert=/etc/docker/ca.pem --tlscert=/etc/docker/server-cert.pem
--tlskey=/etc/docker/server-key.pem
```

注意 可以看到，这里我们使用了2376 端口，这是Docker中TLS/SSL的默认端口号。对于非认证的连接，只能使用2375 这个端口。

这段代码通过使用--tlsverify标志来启用TLS。我们还使用--tlscacert、--tlscert和--tlskey这3个参数指定了CA证书、证书和密钥的位置。关于TLS还有很多其他选项可以使用，请参考<http://docs.docker.com/articles/https/>。

提示 可以使用--tls 标志来只启用TLS，而不启用客户端认证功能。

然后我们需要重新加载并启动Docker守护进程，这可以使用systemctl 命令来完成，如代码清单8-33所示。

代码清单8-33 重新加载并启动Docker守护进程

```
$ sudo systemctl --system daemon-reload
```

8.5.4 创建客户端证书和密钥

我们的服务器现在已经启用了TLS；接下来，我们需要创建和签名证书和密钥，以保证我们Docker客户端的安全性。让我们先从创建客户端密钥开始，如代码清单8-34所示。

代码清单8-34 创建客户端密钥

```
$ sudo openssl genrsa -des3 -out client-key.pem
Generating RSA private key, 512 bit long modulus
.....+++++++
.....+++++++
e is 65537 (0x10001)
Enter pass phrase for client-key.pem:
Verifying - Enter pass phrase for client-key.pem:
```

这将创建一个名为client-key.pem 的密钥文件。我们同样需要在创建阶段设置一个临时性的密码。

现在让我们来创建客户端CSR，如代码清单8-35所示。

代码清单8-35 创建客户端CSR

```
$ sudo openssl req -new -key client-key.pem -out client.csr
Enter pass phrase for client-key.pem:
You are about to be asked to enter information that will be incorporated
into your certificate request.
What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a DN.
There are quite a few fields but you can leave some blank
For some fields there will be a default value,
If you enter '.', the field will be left blank.
-----
Country Name (2 letter code) [AU]:
State or Province Name (full name) [Some-State]:
Locality Name (eg, city) []:
Organization Name (eg, company) [Internet Widgits Pty Ltd]:
Organizational Unit Name (eg, section) []:
Common Name (e.g. server FQDN or YOUR name) []:
Email Address []:
Please enter the following 'extra' attributes
to be sent with your certificate request
A challenge password []:
An optional company name []:
```

接下来，我们需要通过添加一些扩展的SSL属性，来开启我们的密钥的客户端身份认证，如代码清单8-36所示。

代码清单8-36 添加客户端认证属性

```
$ echo extendedKeyUsage = clientAuth > extfile.cnf
```

现在让我们在自己的CA中对客户端CSR进行签名，如代码清单8-37所示。

代码清单8-37 对客户端CSR进行签名

```
$ sudo openssl x509 -req -days 365 -in client.csr -CA ca.pem \
-CAkey ca-key.pem -out client-cert.pem -extfile extfile.cnf
Signature ok
subject=/C=AU/ST=Some-State/O=Internet Widgits Pty Ltd
Getting CA Private Key
Enter pass phrase for ca-key.pem:
```

我们再使用CA密钥的密码创建另一个证书：**client-cert.pem**。

最后，我们需要清除**client-cert.pem**文件中的密码，以便在Docker客户端中使用该文件，如代码清单8-38所示。

代码清单8-38 移除客户端密钥的密码

```
$ sudo openssl rsa -in client-key.pem -out client-key.pem
```

```
Enter pass phrase for client-key.pem:
writing RSA key
```

8.5.5 配置Docker客户端开启认证功能

接下来，配置我们的Docker客户端来使用我们新的TLS配置。之所以需要这么做，是因为Docker守护进程现在已经准备接收来自客户端和API的经过认证的连接。

我们需要将ca.pem、client-cert.pem和client-key.pem这3个文件复制到想运行Docker客户端的宿主机上。

提示 请牢记，有了这些密钥就能以root身份访问Docker守护进程，应该妥善保管这些密钥文件。

让我们把它们复制到.docker目录下，这也是Docker查找证书和密钥的默认位置。Docker默认会查找key.pem、cert.pem和我们的CA证书ca.pem，如代码清单8-39所示。

代码清单8-39 复制Docker客户端的密钥和证书

```
$ mkdir -p ~/.docker/
$ cp ca.pem ~/.docker/ca.pem
$ cp client-key.pem ~/.docker/key.pem
$ cp client-cert.pem ~/.docker/cert.pem
$ chmod 0600 ~/.docker/key.pem ~/.docker/cert.pem
```

现在来测试从客户端到Docker守护进程的连接。要完成此工作，我们将使用docker info命令，如代码清单8-40所示。

代码清单8-40 测试TLS认证过的连接

```
$ sudo docker -H=docker.example.com:2376 --tlsverify info
Containers: 33
Images: 104
Storage Driver: aufs
 Root Dir: /var/lib/docker/aufs
 Dirs: 170
Execution Driver: native-0.1
Kernel Version: 3.8.0-29-generic
Username: jamtur01
Registry: [https://index.docker.io/v1/]
WARNING: No swap limit support
```

可以看到，我们已经指定了-H标志来告诉客户端要连接到哪台主机。如果不想在每次启动Docker客户端时都指定-H标志，那么可以使用DOCKER_HOST环境变量。另外，我们也指定了--tlsverify标注，它使我们通过TLS方式连接到Docker守护进程。我们不需要指定任何证书或者密钥文件，因为Docker会自己在我们的~/.docker/目录下查找这些文件。如果确实需要指定这些文件，则可以使用--tlscacert、--tlscert和--tlskey标志来指定这些文件的位置。

如果不指定TLS连接将会怎样呢？让我们去掉--tlsverify标志后再试一下，入代码清

单8-41所示。

代码清单8-41 测试TLS连接过的认证

```
$ sudo docker -H=docker.example.com:2376 info
2014/04/13 17:50:03 malformed HTTP response "\x15\x03\x01\x00\x02\x02"
```

哦，出错了。如果看到这样的错误，用户就应该知道自己可能是没有在连接上启用TLS，可能是没有指定正确的TLS配置，也可能是用户的证书或密钥不正确。

如果一切都能正常工作，现在就有了一个经过认证的Docker连接了。

8.6 小结

在这一章中我们介绍了Docker Remote API。我们还了解了如何通过SSL/TLS证书来保护Docker Remote API；研究了Docker API，以及如何使用它来管理镜像和容器；看到了如何使用Docker API客户端库之一来改写我们的TProv应用，让该程序直接使用Docker API。

在下一章也就是最后一章中，我们将讨论如何对Docker做出贡献。

[1] <http://docs.docker.com/reference/api/>

[2] <http://hub.docker.com>

[3] http://en.wikipedia.org/wiki/Representational_state_transfer

[4] <http://dockerbook.com/code/6/tomcat/tprov/>

[5] <https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/tree/master/code/6/tomcat/tprov>

[6] <https://github.com/swipely/docker-api>

[7] http://dockerbook.com/code/8/tprov_api/

[8] https://github.com/jamtur01/dockerbook-code/tree/master/code/8/tprov_api

第9章 获得帮助和对Docker进行改进

Docker目前还处在婴儿期，还会经常出错。本章将会讨论如下内容。

- 如何以及从哪里获得帮助。
- 向Docker贡献补丁和新特性。

读者会发现在哪里可以找到Docker的用户，以及寻求帮助的最佳途径。读者还会学到如何参与到Docker的开发者社区：在Docker开源社区有数百提交者，他们贡献了大量的开发工作。如果对Docker感到兴奋，为Docker项目做出自己的贡献是很容易的。本章还会介绍关于如何贡献Docker项目，如何构建一个Docker开发环境，以及如何建立一个良好的pull request的基础知识。

注意 本章假设读者都具备Git、GitHub和Go语言的基本知识，但不要求读者一定是特别精通这些知识的开发者。

9.1 获得帮助

Docker的社区庞大且友好。大多数Docker用户都集中使用下面3节中介绍的3种方式。

注意 Docker公司也提供了对企业的付费Docker支持。可以在支持页面看到相关信息。

9.1.1 Docker用户、开发邮件列表及论坛

Docker用户和开发邮件列表具体如下。

- Docker用户邮件列表 [\[1\]](#)。
- Docker开发者邮件列表 [\[2\]](#)。

Docker用户列表一般都是关于Docker的使用方法和求助的问题。Docker开发者列表则更关注与开发相关的疑问和问题。

还有Docker论坛 [\[3\]](#) 可用。

9.1.2 IRC上的Docker

Docker社区还有两个很强大的IRC频道：**#docker** 和**#docker-dev**。这两个频道都在Freenode IRC网络 [\[4\]](#) 上。

#docker 频道一般也都是讨论用户求助和基本的Docker问题的，而**#docker-dev** 都是Docker贡献者用来讨论Docker源代码的。

可以在<https://botbot.me/freenode/docker/> 查看#docker 频道的历史信息，在<https://botbot.me/freenode/docker-dev/> 查看#docker-dev 频道的历史信息。

9.1.3 GitHub上的Docker

Docker（和它的大部分组件以及生态系统）都托管在GitHub（<http://www.github.com>）上。Docker本身的核心仓库在<https://github.com/docker/docker/>。

其他一些要关注的仓库如下。

- **distribution** ^[5]：能独立运行的Docker Registry分发工具。
- **runc** ^[6]：Docker容器格式和CLI工具。
- **Docker Swarm** ^[7]：Docker的编配框架。
- **Docker Compose** ^[8]：Docker Compose工具。

9.2 报告Docker的问题

让我们从基本的提交问题和补丁以及与Docker社区进行互动开始。在提交Docker问题 ^[9] 的时候，要牢记我们要做一个良好的开源社区公民，为了帮助社区解决你的问题，一定要提供有用的信息。当你描述一个问题的时候，记住要包含如下背景信息：

- **docker info** 和**docker version** 命令的输出；
- **uname -a** 命令的输出。

然后还需要提供关于你遇到的问题的具体说明，以及别人能够重现该问题的详细步骤。

如果你描述的是一个功能需求，那么需要仔细解释你想要的是什么以及你希望它将是如何工作的。请仔细考虑更通用的用例：你的新功能只能帮助你自己，还是能帮助每一个人？

在提交新问题之前，请花点儿时间确认问题库里没有和你的bug报告或者功能需求一样的问题。如果已经有类似问题了，那么你就可以简单地添加一个“+1”或者“我也有类似问题”的说明，如果你觉得你的输入能加速建议的实现或者bug修正，你可以添加额外的有实际意义的更新。

9.3 搭建构建环境

为了使为Docker做出贡献更容易，我们接下来会介绍如何构建一个Docker开发环境。这个开发环境提供了所有为了让Docker工作而必需的依赖和构建工具。

9.3.1 安装Docker

为了建立开发环境，用户必须先安装Docker，因为构建环境本身就在一个Docker容器里面。我们将使用Docker来构建和开发Docker。请参照第2章的内容安装Docker，应该安装当前最新版的Docker。

9.3.2 安装源代码和构建工具

接着，需要安装Make和Git，这样就可以检出Docker的源代码并且运行构建过程。Docker的源代码都保存在GitHub上，而构建过程则围绕着Makefile 来进行。

在Ubuntu上，使用代码清单9-1所示的命令安装git 包。

代码清单9-1 在Ubuntu上安装git

```
$ sudo apt-get -y install git make
```

在Red Hat及其衍生版本上使用代码清单9-2所示的命令。

代码清单9-2 在Red Hat及其相关衍生版本上安装git

```
$ sudo yum install git make
```

9.3.3 检出源代码

现在让我们检出（check out）Docker的源代码（如果是在Docker其他模块上工作，请选择对应的源代码仓库），并换到源代码所在目录，如代码清单9-3所示。

代码清单9-3 Check out Docker源代码

```
$ git clone <a>https://github.com/docker/docker.git</a>
$ cd docker
```

现在就可以在Docker源代码上进行工作和修正bug、更新文档或者编写非常棒的新功能了。

9.3.4 贡献文档

让人兴奋的是，任何人，即使他不是开发者或者不精通Go语言，都可以通过更新、增强或编写新文档的方式为向Docker做出贡献。Docker文档 [\[10\]](#) 都在Docker官方网站上。文档的源代码、主题以及用来生成官方文档网站的工具都保存在在GitHub上的Docker仓库 [\[11\]](#) 中。

可以在<https://github.com/docker/docker/blob/master/docs/README.md> 找到关于Docker文档的具体指导方针和基本风格指南。

可以在本地使用Docker本身来构建整个文档。

在对文档源代码进行了一些修改之后，可以使用make 命令来构建文档，如代码清单9-4所示。

代码清单9-4 构建Docker文档

```
$ cd docker
$ make docs
...
docker run --rm -it -e AWS_S3_BUCKET -p 8000:8000 "docker-docs:master"
  mkdocs serve
Running at: http://0.0.0.0:8000/
Live reload enabled.
Hold ctrl+c to quit.
```

之后就可以在浏览器中打开**8080** 端口来查看本地版本的Docker文档了。

9.3.5 构建开发环境

如果不只是满足于为Docker的文档做出贡献，可以使用**make** 和Docker来构建一个开发环境，如代码清单9-5所示。在Docker的源代码中附带了一个**Dockerfile** 文件，我们使用这个文件来安装所有必需的编译和运行时依赖，来构建和测试Docker。

代码清单9-5 构建Docker环境

```
$ sudo make build
```

提示 如果是第一次执行这个命令，要完成这个过程将会花费较长的时间。

上面的命令会创建一个完整的运行着的Docker开发环境。它会将当前的源代码目录作为构建上下文（**build context**）上传到一个Docker镜像，这个镜像包含了Go和其他所有必需的依赖，之后会基于这个镜像启动一个容器。

使用这个开发镜像，也可以创建一个Docker可执行程序来测试任何bug修正或新功能，如代码清单9-6所示。这里我们又用到了**make** 工具。

代码清单9-6 构建Docker可执行程序

```
$ sudo make binary
```

这条命令将会创建Docker可执行文件，该文件保存在**./bundles/<version>-dev/binary/** 卷中。比如，在这个例子里我们得到的结果如代码清单9-7所示。

代码清单9-7 dev版本的Docker dev 可执行程序

```
$ ls -l ~/docker/bundles/1.0.1-dev/binary/docker
lrwxrwxrwx 1 root root 16 Jun 29 19:53 ~/docker/bundles/1.7.1-dev/binary/
docker -> docker-1.7.1-dev
```

之后就可以使用这个可执行程序进行测试了，方法是运行它而不是运行本地Docker守护进程。为此，我们需要先停止之前的Docker然后再运行这个新的Docker可执行程序，如代码清单9-8所示。

```
$ sudo service docker stop
$ ~/docker/bundles/1.7.1-dev/binary/docker -d
```

这会以交互的方式运行开发版本Docker守护进程。但是，如果你愿意的话也可以将守护进程放到后台。

接着我们就可以使用新的Docker可执行程序来和刚刚启动的Docker守护进程进行交互操作了，如代码清单9-9所示。

```
$ ~/docker/bundles/1.7.1-dev/binary/docker version
Client version: 1.7.1-dev
Client API version: 1.19
Go version (client): go1.2.1
Git commit (client): d37c9a4
Server version: 1.7.1-dev
Server API version: 1.19
Go version (server): go1.2.1
Git commit (server): d37c9a
```

可以看到，我们正在运行版本为**1.0.1-dev** 的客户端，这个客户端正好和我们刚启动的**1.0.1-dev** 版本的守护进程相对应。可以通过这种组合来测试和确保对Docker所做的所有修改都能正常工作。

9.3.6 运行测试

在提交贡献代码之前，确保所有的Docker测试都能通过也是非常重要的。为了运行所有Docker的测试，需要执行代码清单9-10所示的命令。

```
$ sudo make test
```

这条命令也会将当前代码作为构建上下文上传到镜像并创建一个新的开发镜像。之后会基于此镜像启动一个容器，并在该容器中运行测试代码。同样，如果是第一次做这个操作，那么也将会花费一些时间。

如果所有的测试都通过的话，那么该命令输出的最后部分看起来会如代码清单9-11所示。

```
...
[PASSED]: save - save a repo using stdout
[PASSED]: load - load a repo using stdout
[PASSED]: save - save a repo using -o
[PASSED]: load - load a repo using -i
```

```
[PASSED]: tag - busybox -> testfoobarbaz
[PASSED]: tag - busybox's image ID -> testfoobarbaz
[PASSED]: tag - busybox fooo/bar
[PASSED]: tag - busybox fooaa/test
[PASSED]: top - sleep process should be listed in non privileged mode
[PASSED]: top - sleep process should be listed in privileged mode
[PASSED]: version - verify that it works and that the output is properly
formatted
PASS
PASS    github.com/docker/docker/integration-cli    178.685s
```

提示 可以在测试运行时通过`$TESTFLAGS` 环境变量来传递参数。

9.3.7 在开发环境中使用Docker

也可以在新构建的开发容器中启动一个交互式会话，如代码清单9-12所示。

代码清单9-12 启动交互式会话

```
$ sudo make shell
```

要想从容器中退出，可以输入`exit` 或者`Ctrl+D`。

9.3.8 发起pull request

如果对自己所做的文档更新、bug修正或者新功能开发非常满意，你就可以在GitHub上为你的修改提交一个pull request。为了提交pull request，需要已经fork了Docker仓库，并在你自己的功能分支上进行修改。

- 如果是一个bug修正分支，那么分支名为XXXX-something，这里的XXXX 为该问题的编号。
- 如果是一个新功能开发分支，那么需要先创建一个新功能问题宣布你都要干什么，并将分支命名为XXXX-something，这里的XXXX 也是该问题的编号。

你必须同时提交针对你所做修改的单元测试代码。可以参考一下既有的测试代码来寻找一些灵感。在提交pull request之前，你还需要在自己的分支上运行完整的测试集。

任何包含新功能的pull request都必须同时包括更新过的文档。在提交pull request之前，应该使用上面提到的流程来测试你对文档所做的修改。当然你也需要遵循一些其他的使用指南（如上面提到的）。

我们有以下一些简单的规则，遵守这些规则有助于你的pull request会尽快被评审（review）和合并。

- 在提交代码之前必须总是对每个被修改的文件运行`gofmt -s -w file.go`。这将保证代码的一致性和整洁性。
- pull request的描述信息应该尽可能清晰，并且包括到该修改解决的所有问题的引用。
- pull request不能包括来自其他人或者分支的代码。

- 提交注释（commit message）必须包括一个以大写字母开头且长度在50字符之内的简明扼要的说明，简要说明后面可以跟一段更详细的说明，详细说明和简要说明之间需要用空行隔开。
- 通过`git rebase -i`和`git push -f`尽量将你的提交集中到一个逻辑可工作单元。同时对文档的修改也应该放到同一个提交中，这样在撤销（revert）提交时，可以将所有与新功能或者bug修正相关的信息全部删除。

最后需要注意的是，Docker项目采用了开发者原产证明书（Developer Certificate of Origin, DCO）机制，以确认你所提交的代码都是你自己写的或者你有权将其以开源的方式发布。你可以阅读一篇文章 [\[12\]](#) 来了解一下我们为什么要这么做。应用这个证书非常简单，你需要做的只是在每个Git提交消息中添加如代码清单9-13所示的一行而已。

代码清单9-13 Docker DCO

```
Docker-DCO-1.1-Signed-off-by: Joe Smith <joe.smith@email.com> (github:
github_handle)
```

注意 用户必须使用自己的真实姓名。出于法律考虑，我们不允许假名或匿名的贡献。

关于签名（signing）的需求，这里也有几个小例外，具体如下。

- 你的补丁修改的是拼写或者语法错误。
- 你的补丁只修改了docs 目录下的文档的一行。
- 你的补丁修改了docs 目录下的文档中的Markdown格式或者语法错误。

还有一种对Git提交进行签名的更简单的方式是使用`git commit -s`命令。

注意 老的Docker-DCO-1.1-Signed-off-by 方式现在还能继续使用，不过在以后的贡献中，还是请使用这种方法。

9.3.9 批准合并和维护者

在提交了pull request之后，首先要经过评审，你也可能会收到一些反馈。Docker采用了与Linux内核维护者类似的机制。Docker的每个组件都有一个或者若干个维护者，维护者负责该组件的质量、稳定性以及未来的发展方向。维护者的背后则是仁慈的独裁者兼首席维护者 Solomon Hykes [\[13\]](#)，他是唯一一个权利凌驾于其他维护者之上的人，他也全权负责任命新的维护者。

Docker的维护者通过在代码评审中使用LGTM（Looks Good To Me）注解来表示接受此pull request。变更要想获得通过，需要受影响的每个组件的绝对多数维护者（或者对于文档，至少两位维护者）都认为LGTM才行。比如，如果一个变更影响到了docs/ 和registry/ 两个模块，那么这个变更就需要获得docs/ 的两个拥护者和registry/ 的绝对多数维护者的同意。

提示 可以查看维护者工作流程手册 [\[14\]](#) 来了解更多关于维护者的详细信息。

9.4 小结

在本章中，我们学习了如何获得Docker帮助，以及有用的Docker社区成员和开发者聚集的地方。我们也学习了记录Docker问题的最佳方法，包括各种要提供的必要信息，以帮你得到最好的反馈。

我们也看到了如何配置一个开发环境来修改Docker源代码或者文档，以及如何在开发环境中进行构建和测试，以保证自己所做的修改或者新功能能正常工作。最后，我们学习了如何为你的修改创建一个结构良好且品质优秀的pull request。

-
- [1] <https://groups.google.com/forum/#!forum/docker-user>
 - [2] <https://groups.google.com/forum/#!forum/docker-dev>
 - [3] <https://forums.docker.com/>
 - [4] <http://freenode.net/>
 - [5] <https://github.com/docker/docker-registry>
 - [6] <https://github.com/docker/libcontainer>
 - [7] <https://github.com/docker/libswarm>
 - [8] <https://github.com/docker/compose>
 - [9] <https://github.com/docker/docker/issues>
 - [10] <http://docs.docker.com>
 - [11] <https://github.com/docker/docker/tree/master/docs>
 - [12] <http://blog.docker.com/2014/01/docker-code-contributions-require-developer-certificate-of-origin/>
 - [13] <https://github.com/shykes>
 - [14] <https://github.com/docker/docker/blob/master/hack/MAINTAINERS.md>

看完了

如果您对本书内容有疑问，可发邮件至contact@epubit.com.cn，会有编辑或作译者协助答疑。也可访问异步社区，参与本书讨论。

如果是有关电子书的建议或问题，请联系专用客服邮箱：ebook@epubit.com.cn。

在这里可以找到我们：

- 微博：@人邮异步社区
- QQ群：368449889

091507240605ToBeReplacedWithUserId