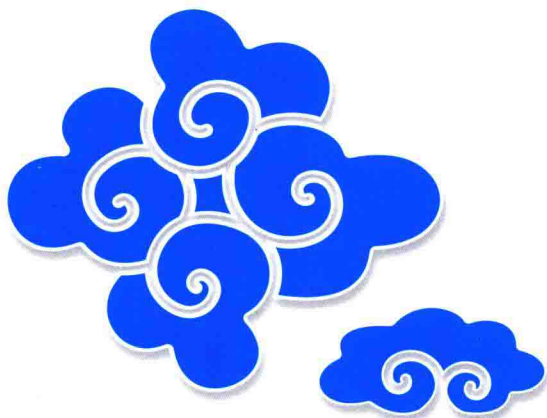




Software Defined Storage
Principle, Practice and Ecosystem

软件定义存储

原理、实践与生态

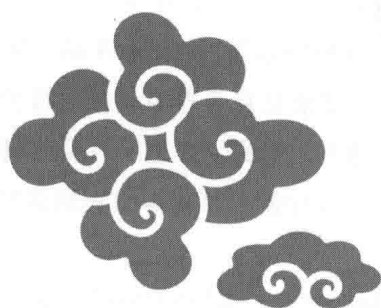
叶毓睿 雷迎春 李炫辉 王豪迈 等著

倪光南院士、IDC中国副总裁武连峰、VMware全球副总裁李映、
企事录创始人张广斌、DOIT创始人郑信武、猎豹移动CTO Charles
Fan联袂推荐。



机械工业出版社
China Machine Press

云计算与虚拟化技术丛书



Software Defined Storage
Principle, Practice and Ecosystem

软件定义存储

原理、实践与生态

叶毓睿 雷迎春 李炫辉 王豪迈 等著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

软件定义存储：原理、实践与生态 / 叶毓睿等著. —北京：机械工业出版社，2016.6
(云计算与虚拟化技术丛书)

ISBN 978-7-111-53957-5

I. 软… II. 叶… III. 存储技术 IV. TP333

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 115487 号

软件定义存储：原理、实践与生态

出版发行：机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码：100037）

责任编辑：李 艺

责任校对：殷 虹

印 刷：北京市荣盛彩色印刷有限公司

版 次：2016 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开 本：186mm×240mm 1/16

印 张：34.75

书 号：ISBN 978-7-111-53957-5

定 价：89.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88379426 88361066

投稿热线：(010) 88379604

购书热线：(010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱：hzit@hzbook.com

版权所有 • 侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问：北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

About the Authors 作者简介

张瑾，现飞康软件公司亚太区市场总监。飞康软件是一家全球领先的软件定义存储公司，旗舰产品 FreeStor，通过软件定义存储的方法，帮助客户打破存储硬件供应商的锁定，让企业可自由选择最适合自身业务的应用程序和硬件。他有多年从事存储方面的工作，拥有深厚的技术背景。在加入飞康软件前，有 10 余年在 Gartner 担任数据中心首席分析师的工作经验，主要研究领域也是数据中心存储市场和技术。

高志国，清华大学博士，在 IBM 全球研究中心从事系统的核心技术研发，对文件存储系统、虚拟化技术、数据库技术、高速网络互连技术有深刻的理解和洞察力。拥有超过 20 项全球技术专利，在国际期刊和会议发表十多篇学术论文。他也曾在 SAP 担任首席技术架构师，领导并设计应用系统和技术平台的整体架构以及优化方案。目前就职于联想集团，规划全球基础设施和技术平台，领导联想企业云产品线，是联想超融合架构和产品的发起者。

刘通，现任 Mellanox 公司亚太区市场开发总监兼国际高性能计算咨询委员会亚太区主席，负责 Mellanox 公司高速网络设备（InfiniBand 和高速以太网）产品及方案建设、战略合作、市场开发以及技术推广，涉及高性能计算、大型数据中心、云计算等。拥有十多年高性能计算机集群研究、设计及应用实施的丰富经验，曾就职于美国戴尔、惠普公司的高性能计算集群研发部，历任系统工程师、技术顾问、高级设计师等。在国际会议上发表技术文章 30 余篇，并拥有美国专利。

黄昆，自 2000 年起从事 IT 行业，参与并设计了多个电信运营商的计费系统和商业分析系统。2003 年起加入 Veritas 公司，专注企业存储管理、应用高可用和数据备份领域的理论研究和项目实践，目前担任 Veritas 大中国区资深首席架构师，负责国内一些最具挑战性客

户的核心系统架构咨询和工程设计，擅长传统企业应用和业务支撑系统的容灾和备份体系优化，拥有多个电信、金融和大型企业的超大规模数据中心部署实践经验。

张海宁，多年经验的全栈工程师，现任 VMware 中国研发中心云原生应用首席架构师，Cloud Foundry 中国社区最早的技术布道师之一，Harbor 企业级开源容器 Registry 项目负责人，国内最早的 iOS 开发者。2012 年加入 VMware 中国研发中心，先后负责开源平台 Cloud Foundry、软件定义存储 VSAN、大数据虚拟化等领域的技术布道和解决方案推广。目前着重关注云原生应用的项目孵化和研发工作，内容包括 Container、PaaS、IaaS 等方面。

邹均，澳大利亚麦考瑞商学院 MBA，华南理工大学计算机专业本科。具有二十多年 IT 经验，资深云计算专家、区块链技术和应用爱好者。曾任 IBM 澳洲软件部金融行业首席资深架构师。2011 年回国，历任中金数据云计算部门总经理，西部云基地首席战略官、富通东方科技有限公司副总裁兼云计算部门总经理。被评为北京亦庄经济开发区高级海外人才，融智北京高端外国专家，2015 年荣获由澳大利亚驻华大使颁发的澳中校友会（ACAA）2015 年 ICT 和媒体界“杰出校友奖”。

朱荣泽，UMCloud/Mirantis 解决方案架构师，OpenStack/Fuel/Ceph 代码贡献者，目前在 UMCLOUD 负责金融和大型企业 OpenStack 私有云的整体架构设计，包括计算、存储、网络、上层应用方案等。具有多年块存储系统的开发测试经验，并从 2012 年使用 OpenStack 构建公有云平台。在 2013 年基于 Ceph 开发了用于大规模生产环境的分布式块存储系统，负责性能优化、持久性优化、硬件选型、架构设计、自动化部署、监控报警、运维等工作。在 OpenStack 和商业存储对接上也有丰富的经验。

熊军，网名老熊，目前就职于云和恩墨（北京）信息技术有限公司，负责成都研发中心。此前一直从事 Oracle 数据库技术相关工作，并因此获得 Oracle 公司授予的荣誉称号 ACE Director。个人网站 <http://www.laoxiong.net>，持续 10 年的技术分享；独立研发 Oracle 数据库字节级恢复软件 ODU，已为用户挽救数百 TB 数据；合著或译著《DBA 手记 I》《DBA 手记 III》《Oracle 核心技术》等书籍；现致力于研发数据库相关的产品，以帮助企业级用户的数据库更安全高效可靠运行。

张学利，现任先智数据中国区任业务总监一职。本科毕业于西安交通大学电气工程学院，并从北京大学获得 MBA 学位。在 NetLogic2009 年收购美国 RMI 之前，他在 2004 年

从华为公司加入 RMI，作为 RMI 中国区创始成员之一，共同创立 RMI 中国区，并与团队一起将 RMI 中国区从零发展到几亿人民币的销售额。在 Broadcom 于 2012 年收购 NetLogic 之前，在 NetLogic 担任战略客户高级经理一职。在 2012 年到 2015 年，在 Broadcom 担任处理器及无线产品线业务拓展总监。

马可，现任天玑数据市场总监，人称菠萝哥。SDS 技术专家，在企业级 IT 领域混迹多年，对存储市场的发展方向与技术趋势有独到见解。在存储虚拟化、分布式存储、数据保护等技术领域有深刻理解与实践经验，熟悉存储底层架构，曾负责多个相关产品设计与研发工作。

刘强，博士，高级工程师，北京华云网际科技有限公司联合创始人、高级副总裁。毕业于北京大学计算机系，CISP（注册信息安全专业人员认证），云计算专家。曾任 IBM 中国研究院高级研究员、中电长城网际系统应用有限公司方案总监、中国电子信息产业集团科技处负责人，在云安全、数据治理、异常行为分析等关键技术上的研究成果达到国际领先水平。发表学术论文 30 余篇，获得发明专利 20 余项。

白光苗，现任职于 EMC 全球服务部，有 8 年 IT 从业经验。曾在 EMC 负责 IT 管理解决方案、虚拟化解决方案、云计算解决方案的售前技术支持和方案设计，有众多大型企业的基础架构建设项目经验。目前主要负责 EMC 分布式块存储和对象存储相关解决方案的售前技术支持、方案设计以及解决方案的推广。

郑晓辉，紫光华山科技有限公司（原中国惠普企业业务部）存储事业部技术总监。有 20 多年 IT 行业经验，先后从事过硬件设计、ERP 软件开发、数据仓库咨询、售后服务、售前顾问、销售代表等不同岗位的工作，除惠普外，也有过 HDS、NetApp 的工作经历。目前负责全线存储产品的技术推广工作，包括内部培训、市场宣传、渠道培训、项目支持等。

廖洋（Lester Liao），青云超融合产品总监，负责青云超融合产品线，对超融合系统、SAN 存储、分布式存储系统、虚拟化、云计算等领域有较深入的研究。曾就职于 IBM、长城易通（凌云云计算平台基础架构负责人）、神州数码，拥有 10 年 IT 行业从业经验，专注于存储及虚拟化产品。

崔勇（Peter Cui），2003 年毕业于东北大学秦皇岛分校计算机科学与技术专业，主修计算

机网络和网络安全。毕业后从事过网络产品售前工程师、服务器和存储产品售前工程师、终端产品销售、区域售前经理、产品经理、数据中心资深销售经理、解决方案顾问等工作。自毕业至今在锐捷网络、华为、PMC、戴尔四家公司工作过。热爱技术，相信技术能创造更美好的生活，基础硬件技术是推动上层应用不断发展的动力。

王豪迈，XSKY CTO，目前主要从事高性能分布式存储研究，自 2013 年开始负责云存储相关事务。活跃于开源社区，从 2013 年开始加入 OpenStack 和 Ceph 社区，目前是 Ceph 项目的主要贡献者之一，维护 Ceph 网络栈及相关模块，也是 GSoC（谷歌编程夏令营）2014 至 2016 年连续三年的导师。在 2012 年到 2013 年间实现并维护 VirtualBox on NetBSD，在更早之前实现一个高性能 C 网络框架，是当时最快的 WSGI 网关实现之一。对虚拟化、文件系统、数据库、分布式存储有较深理解，对主流的数据库存储引擎有过深入分析。

李炫辉，绿芯半导体系统科技有限公司副总裁。Oracle 数据库专家，思科网络专家，云计算及存储系统专家，对闪存技术有深刻了解，国内早期闪存存储技术的实践者，参与了多个客户关键业务系统闪存存储架构设计与实施。加入绿芯半导体之前，先后在惠普以及戴尔工作，历任存储产品经理以及解决方案部高级技术经理。有技术情结，喜欢学习新技术，了解应用趋势，在大数据分析、机器学习以及人工智能方面均有探索。

雷迎春，1991 年至 1998 年在武汉大学计算机科学系学习，获学士和硕士学位。随后，就读于中科院计算所，师从李国杰院士，研究方向是分布式、高性能 Web 服务器系统，2002 年获博士学位，2004 年评为计算所副研究员。毕业后，继续在中科院计算所、武汉大学开展分布式计算、分布式存储等领域的研究和工程工作。2010 年，参与创建达沃时代公司，致力于通过自主创新为企业提供一站式数据服务，包括企业级分布式存储、虚拟计算平台和大数平台等相关产品。

叶毓睿（Peter Ye），现任 VMware 存储架构师。毕业于北京大学，曾任职于 EMC、Compellent、DELL 公司，在存储行业拥有十多年的经验。曾配合团队在技术上成功地实现了多个新存储产品在国内多个行业的率先落地，涵盖了从几十万元至数千万元的存储项目，具有丰富的实践经验。他对存储行业的历史发展和未来趋势有深入的了解，同时也是微信公众号“乐生活与爱 IT”的作者，发表过近百篇文章，其中有些得到 DOIT、CSDN、51CTO、VMware 中国等多家专业 IT 网站的广泛转发。

云计算是一个潮流，是一个必然的发展趋势。

在2010年6月10日的《经济日报》上，我曾发表过题为《云计算是发展中国科技和产业的机遇》的文章。因为云计算是一个新兴潮流，所以，我国与发达国家在云计算方面大致处于同一起跑线上，而且我国企业没有包袱，更愿意接受变革，采用新技术、新模式，具有后发优势，同时我国科技人员还有很高的“智力性价比”。如果能运用好这些有利条件，我国企业在云计算这一波新浪潮中将大有作为。

具体来说，云计算产业生态系统包括：固件和硬件、云计算核心软件、IaaS、PaaS、SaaS、MaaS（物联网即服务）和云端设备等。

其中，云计算的终端设备是多样化的，除了计算机以外，云计算的终端设备可以包括平板电脑、智能手机、可穿戴智能设备、信息家电和各种各样的嵌入式设备，这使云计算可以提供更多样化的服务。物联网与云计算也是密切相关的。物联网需要联结海量的各种设备，云计算将成为适合支持物联网的高性价比的基础设施，而物联网将成为能发挥云计算优势的重要应用。IaaS（基础设施即服务）、PaaS（平台即服务）、SaaS（软件即服务）是云计算通常提供的三个层次的服务。云计算软件内核包括类似 OpenStack 之类的云管理软件。

我相信，在云计算这个庞大的产业生态系统中，中国企业有多方面的机会。例如，云计算的核心软件是新的、刚发展起来的软件，我国企业可以及时介入，尤其是针对我国市场需求，针对信息安全要求高的大用户的需求，可推出自主可控的云计算核心软件。

比较遗憾的是，近6年时间以来，虽然已经有不少国内的云计算企业或部门成长壮大起来，但并未如某些乐观估计那样，达到全盘替代传统计算的地步。不过，我坚信中国的云计算会迅速地发展，中国新一代信息技术也将在“十三五”期间得到重大的发展。

在整个云计算生态系统中，存储是IaaS中的重要组成部分之一，是云计算中非常重要的基础架构。因为，作为信息存放之地的存储，它的可靠性、高可用性和安全性直接决定了数据中心信息化建设的成败。

“软件定义存储”是最近几年才出现的新词。现在看来，软件定义存储并不是炒作，而

是存储未来发展的发展趋势。叶毓睿主编与国内多位存储技术专家撰写的本书，是一本切合目前需求的，具有较大广度和一定深度的参考书籍。书中介绍了软件定义存储的定义、分类和来龙去脉，以及多个典型的软件定义存储产品的技术原理。

令我欣慰的是，在本书中，除了世界知名 IT 厂商以外，还包括联想、达沃时代、华云网际、天玑数据、云和恩墨、青云等几家国内厂商。其中，有些国内厂商的技术可能在全球范围内都能占据存储行业的一席之地。另外，本书内容很新、很丰富，现在技术发展太快，很需要更多类似本书这样，及时地向读者提供紧跟技术发展的材料。慢了可能质量把握得更好，但效果也许会差些。所以由多位专家联合撰写，快速地推出这样一本“众筹出来的书”，应该说也是个创新。

最后，我衷心希望，在云计算和软件定义的浪潮驱动下，涌现出更多自主创新的国内存储企业，并且能在更多领域内，在全球范围引领存储技术的发展！

倪光南

中国工程院院士、联想集团首任总工程师

2016 年 4 月

几乎所有企业都面临着三座大山的压力：经济增长下滑、行业竞争激烈、用户需求越来越个性化。如何在这样的环境下实现转型、创新与增长是所有企业的诉求。IT 技术在这一过程中将起到越来越核心的作用，但很多人还没有认识这一点，还认为 IT 只是一种工具。IT 的发展有三个阶段：第一阶段是 IT 使能商业流程，通过自动化的手段帮助企业提高效率、降低成本，办公自动化（OA）系统、企业资源规划（ERP）、供应链管理（SCM）等都是此阶段的产物；第二阶段是 IT 使能服务，对业务流程进行重构，可以使企业部分满足用户的个性化需求，客户关系管理（CRM）、电子商务系统、商务分析系统（BA）等都可以使能企业的服务；第三阶段是 IT 直接使能产品，即 IT 技术嵌入到企业的产品中去，使产品变得智能化，可联网的冰箱、洗衣机、热水器、家庭服务机器人等都属于此阶段的产品。IDC（国际数据公司）认为，未来所有的企业都将是数字化企业，IT 将嵌入到企业所有流程、产品与服务中去，在企业中起到越来越核心的作用。

IT 未来的核心将是软件定义：软件定义网络、软件定义存储、软件定义数据中心等，硬件通过软件提升品质、灵活性、可用性，软件通过硬件使载体实现更多的价值。软件定义之所以盛行，有四个主要原因。一是降低复杂性，当前的 IT 系统变得越来越复杂，硬件种类繁多、系统交互频繁、应用方案多样、系统管理复杂，通过软件定义可以降低复杂性。二是降低成本，IT 系统的成本包括硬件成本、软件成本、电力消耗成本、运营管理成本等，随着 IT 系统复杂性的提高及人工成本的上升，运营管理成本占比越来越大，在典型的数据中心中，综合管理成本已经超过 40%。三是适应快速变化的市场环境，IT 和业务的结合越来越紧密，业务的变化速度越来越快，IT 系统的可伸缩性和适应性越发重要，通过软件定义计算、网络、存储等是 IT 适应市场变化的基础条件。四是支持创新，包括 IT 创新和业务创新。例如，通过软件定义的超融合架构，根据业务需要，可通过增加模块的方式增加计算能力或存储能力，用以支持大量并发的计算能力或存储能力。

软件定义的基石是软件定义的存储。存储之所以重要，是因为数据将成为企业的重要资产。根据 IDC 的预测，到 2020 年，60% 的全球企业 2000 强都将把数字化转型（DX）作为公

司战略的核心。而具备数字化转型战略的企业将不断扩大自己的外部数据来源，到 2020 年，外部数据的利用将是当前的 4 ~ 6 倍，其产生与扩展的可被市场消费的数据将增加 50 ~ 100 倍或更多。全球每年新产生和复制的数据将以每年 40% 的速度增长，预计到 2020 年，新产生和复制的数据量将达到 44ZB，如果把这些数据存储在 128GB 的 iPad Pro 中，堆叠起来的高度将是地球到月球距离的 5.5 倍（地球与月球之间的平均距离是 384 000 公里）。第三平台 IT 的四大关键技术（云计算、大数据、移动、社交）和行业创新加速器的六大关键技术（机器人、3D 打印、虚拟 / 增强现实、物联网、认知系统、下一代安全）将成为所有企业数字化转型的基础能力，而大数据最终则是一切技术的核心。对于政府等公共行业，通过利用大数据，可以显著减少查找和处理信息的时间；对于制造业，可以有效整合与集成研发、过程、制造 / 销售的数据，显著改善产品进入市场的时间；对于零售行业，通过数据挖掘进行市场细分，进而根据细分用户执行相应的营销方案；对于金融行业，通过复杂的、海量的数据分析，可以持续改进决策，减少风险，实现个性化服务。利用大数据可以获取新的用户需求，开发新的产品和服务，也可以创造新的商业模式。根据 IDC 的研究，全球企业利用大数据和分析技术，将在劳动生产率方面获益超过 4500 亿美元。

软件定义存储是从硬件存储中抽象出来的，这也意味着它可以变成一个不受物理系统限制的共享池，以便最有效地利用资源。软件定义存储可以保证数据的存储访问能在一个精准的水平上更灵活地管理。它还可以通过软件和管理进行部署和供应，通过基于策略的自动化管理来进一步简化。总而言之，通过软件定义的存储，不仅能够降低状态的复杂性、降低总体拥有成本、适应快速变化的市场环境，更能使大数据发挥更大的价值。

叶毓睿先生具有多年存储理论和实践经验，他主编的本书是进入软件定义世界的钥匙。我认为本书有如下特点：

- ❑ 本书是众筹出来的，整合了几乎所有这一领域的专家。通过阅读此书，等同于会见了业内的顶尖专家。
- ❑ 本书是软件定义存储领域最为全面的一本书，囊括了近 20 种不同的存储产品的技术细节，还介绍了 SDS 生态链上几乎全部组件与 SDS 的关系或影响，堪称软件定义存储的 360 度全景视图。
- ❑ 本书介绍的产品与技术几乎涵盖了国内外所有主流厂商，这为行业用户了解不同厂商的特点提供了非常好的素材，是未来选择厂商的重要参考依据。
- ❑ 本书结构清晰、图文并茂、案例丰富、可读性强，既有技术架构和技术细节，又有未来市场发展趋势；既能满足当下需求，又能指导未来实践。

好了，你也从此书开始进入“软件定义世界”之旅吧，祝旅途愉快！

武连峰

IDC 中国副总裁兼首席分析师

2016 年 4 月

软件定义——存储的规模效应

收到 Peter Ye (叶毓睿) 为本书写序的邀请时, 惊喜压倒了他其他感受。大约一年多以来, 我们时常就软件定义存储这个话题进行交流, 而 Peter 从开通公众号着重讨论软件定义存储, 到一本书的内容就绪, 只用了不到一年的时间, 其中体现出的专注与效率, 令我深感敬佩。

喜的是, 本书生逢其时。软件定义存储从作为一个概念被提出, 到业内 (不仅仅是存储行业) 蔚然成风, 只有短短的几年时间。但是, 类似“存储早就是个软件行业了”的不屑, 和“难道还有硬件定义存储?”的不解, 仍然没有消失。

实际上, 一个适合软件定义存储的产业环境, 是逐渐演变形成的。

回过头来看, 从 20 世纪 90 年代中期到 2010 年之前, 是 (传统) 存储行业的黄金时代。80 年代兴起的硬盘驱动器 (HDD) 小型化浪潮, 与 RAID 技术合力, 让伴生于主机的大尺寸硬盘驱动器成为了历史。存储系统作为一个独立的产品, 与服务器有着明显的区别:

1) 形态。存储系统要把数十乃至上百 (后来上千) 的硬盘驱动器连接在一起, 通过 RAID 聚合, 提供更高的性能和容量。

2) 计算。RAID 是主要需求, 并不适合 (当时性能还不是很强的) 通用 CPU 处理。

3) 网络。为了满足数据持续稳定传输的需求, 开发了专用的存储网络 Fibre Channel (FC)。

计算的能力和软件的功能都很有限, 也可以说是硬件限制了软件的发展。

“9·11”事件客观上促进了存储行业的大发展, 容灾和备份得到了更多企业的重视。同时, 互联网兴起带动的各种新型应用 (如电子商务), 也促进了数据量的暴涨。利用软件功能 (如自动精简配置、重复数据删除) 提高存储效率成为行业的突破口, 2001 年前后涌现出一大批优秀的存储初创公司, 如 3PAR 和 LeftHand (后被 HP 收购)、EqualLogic 和 Compellent (后被 Dell 收购)、Data Domain 和 Isilon (后被 EMC 收购) 及 XIV (后被 IBM 收购), 绝非偶然。

也就是在这个时期, 存储开始真正成为一个软件 (主导) 的行业。但是, 存储软件仍然受到硬件技术和商业模式的限制, 还不够自由, 更无法“定义”。

在新的一个十年到来前后，固态硬盘（SSD）和 x86 架构在存储行业的逐渐普及促成了局面的转变。SSD 的性能（IOPS 和延迟）上百倍于硬盘，意味着要达到与以往类似或相当的性能，不再需要把数百个驱动器连为一体，降低了硬件系统构建的门槛。同时，存储介质 I/O 性能的飞速提升，也对存储系统的计算能力提出了更高的要求。

x86 架构成为主流，不仅带来了相对廉价的计算资源，还带来了无与伦比的软件生态环境。x86 处理器加上 Linux 内核，构成了一个非常稳定成熟的平台，且非常适用于功能丰富的产品，可以缩短软件产品的开发周期，市场上的人才也比较容易找到。

计算和存储之后就是网络了。尽管还存在一些不足，但以太网终于凭借十倍速为主的发展速率追及并超越了走倍速路线的 FC，生态系统上的优势则更为明显。在硬件平台上，存储系统（的控制器）与 x86 服务器的区别主要体现在 HA 等设计上，硬件主导的纵向扩展（Scale-up）架构逐渐让位于软件主导的横向扩展（Scale-out），整个系统的功能也主要由软件定义了。

换言之，在硬件平台主要通过差异化体现价值的时候，软件处于受限状态；在硬件平台实现标准化之后，软件定义的时代才真正到来。

软件定义存储为存储行业带来了更多的可能，而我个人更关心规模在下一阶段所能发挥的作用，包括但不限于：

- ❑ 首先，仍然需要存储子网以构建一定规模的硬件资源池，连接更多的硬盘用 SAS Switch，闪存可能是 NVMe over Fabric，并通过软件灵活地分配这些存储资源。
- ❑ 其次，就单个节点而言，软件定义存储的数据平面（Data Plane）功能应该在操作系统或 Hypervisor 层面实现，效率会好过通过专用虚拟机处理。VMware 和微软在各自的平台上占有先天优势，而具备 Linux/KVM 内核级开发能力的厂商也可以达到类似的效果。容器技术可能是另一个值得关注的方向。
- ❑ 最后，困扰存储行业多年的互操作性和统一管理问题有望在数据中心操作系统（DCOS）层面解决。存储的互操作性和统一管理本身不是个技术问题，之前的症结是存储厂商主导的标准制定与各自利益相冲突，SNIA 推进的各项标准进展缓慢。如今在数据中心级别的规模下，由 VMware、OpenStack 等 DCOS 管理，其控制平面（Control Plane）接口将成为存储产品必须支持的标准。

很高兴从 Peter 列出的目录里看到上述问题将得到深入的讨论，这让我更加期待早日看到本书的出版。感谢 Peter 和众作者的付出！

张广彬

企事录技术服务公司创始人

2016 年 4 月

13年前，当我创立存储在线（Dostor.com）网站时，存储经济刚刚兴起，那时我们认为数据只需要具有存储、备份和恢复这些简单的IT能力。而今天，随着计算越来越快、存储越来越大、网络越来越宽以及云计算的普及，信息的价值发生了巨大的转变。今天，企业不仅关注数据本身的价值，更关注数据再次加工和利用后的价值。一种说法是，一切皆可“量化”，即世间万物都可数据化，文字变成数据，方位变成数据，沟通变成数据，可以说我们已经从数字化时代进入了数据化时代。

每个时代都有自己的符号，工业时代的符号是蒸汽机，机器是那个时候的标志。而进入数据化时代，数据成了我们这个时代的符号。数据能够改造很多行业，也诞生了一些新经济模式，从数字化到一切皆可量化的数据化，是一次数据经济革命。这个过程中，唯一不变的是数据都需要存储。

在这个数据爆炸性增长的过程中，存储系统经历了数次升迁。存储系统最早诞生于服务器系统内部，而后随着存储技术不断发展，存储成为一个独立系统，诞生了NAS、SAN等先进存储技术，成就了EMC、NetApp、HDS等一批专业存储厂商。最近两年，存储系统又有回归服务器系统的融合趋势，而促使这次存储变迁的重要驱动力，正是软件定义存储。

正如作者在本书中提到的，软件定义的存储（SDS）是指存储资源由软件自动控制，通过抽象、池化和自动化，将标准服务器内置存储、直连存储、外置存储或云存储等存储资源整合起来，实现应用感知，或者基于策略驱动的部署、变更和管理，最终达到存储即服务的目标。

摆在大家面前的这本书，是来自资深存储人叶毓睿对软件定义存储这一新兴技术的一次完美梳理，它不仅全面介绍了何为软件定义及软件定义存储，适合于存储初学者快速了解SDS；同时它还有市场上主流的软件定义存储的产品与技术内容，以及SDS的备份与容灾、容器与SDS等业界最新内容，同样适合作为存储专业人士的手边读物。

在当今的云计算与大数据时代中，业界基本明确了存储技术发展的两大方向：一是闪存

技术及应用，二是软件定义存储。不久前，国家投资了 1600 亿元在新一代存储器的研究与制造上，投资方向正是闪存，由此可以看出我国非常希望在存储这一核心关键技术上与世界保持同步。而软件定义存储作为未来存储的两大方向之一，同样受到了我国整个产业界的高度关注。哪怕仅从这一点考虑，读一读本书也是非常值得的。

郑信武

DOIT 创始人兼 CEO

2016 年 4 月

早在6年前,我就坚定地认为,云计算是改变IT领域最大的浪潮。50多年来,IT行业涌现出不同的浪潮,包括大型机、小型机、PC、互联网。而现在,我们身处的浪潮就是云计算,云计算是改变整个IT领域最大的浪潮。起初,云计算改变了资源的使用模式,现在已经在深刻地影响着商业模式。云计算的发展将为“互联网+”、物联网、大数据,甚至人工智能的蓬勃发展奠定坚实的基础。

大家都认同公有云是未来的大趋势,但公有云为主的时代还远没有到来。目前,我们仍需清楚地意识到,在云计算的发展过程中,公有云和私有云会长期共存。这是因为,不同企业或者同一企业不同部门的业务纷繁复杂,而且不同的企业或者同一企业的不同时期,所需要的IT资源或者服务也大不相同。

毫无疑问,混合云是长远趋势,因为第一成本,第二兼容性,第三安全性,第四管理,第五策略,第六政府合规要求,还有就是人的使用惯性。混合云能够将私有云(即企业内部的IT资源)和公有云上的资源无缝连接起来,在不同的时期,为用户不同的业务应用提供灵活选择的机会。作为混合云的积极倡导者,VMware提出了“一云承万象”(One Cloud, Any Application, Any Device),即在单一云环境中实现任何应用、任何设备的连接。

那么如何搭建混合云的IT基础架构呢?

目前最合适的方式就是VMware早在2012年首倡的软件定义的数据中心(Software Defined Data Center, SDDC)。SDDC是迄今为止最有效、恢复能力最强和最经济高效的云计算基础架构方法。SDDC对存储、网络、安全和可用性应用抽象、池化和自动化,从而实现整个数据中心由软件自动控制。

其实,软件定义是云计算不断发展和完善的必然要求。云计算的最大好处之一是提升IT的敏捷性。这种敏捷性,依靠人工管理来实现是不可能的,只有通过软件定义的方式才有可能实现。通过软件定义,可以真正实现云计算的自动化。

软件定义存储(Software Defined Storage, SDS)是软件定义数据中心的重要组成部分。正是在VMware首倡SDDC的过程中,软件定义存储的概念在全球范围内首次被提出。随后

得到各大厂商、咨询机构、最终用户的认可和积极响应。

软件定义存储可以更好地实现整个数据中心资源的自动化，它对软件定义数据中心来说非常关键。软件定义数据中心包括计算、网络和存储三个主要部分。服务器虚拟化就是软件定义计算。有统计数据显示，服务器虚拟化的实现率已经达到 80% 以上，网络虚拟化的部署率也达到了 30% 左右，存储虚拟化才刚刚起步。因此，软件定义存储是实现软件定义数据中心的下一个突破点。

叶毓睿先生主编并参与撰写的本书，介绍了软件定义存储的过去、现在，并探讨了软件定义存储未来可能的发展。大家知道，软件定义存储这个概念本身并没有一个公认的定义，与之相关的存储词汇也很多，包括 Server SAN、超融合架构（简称 HCI）、存储虚拟化等。他将软件定义存储分成控制平面和数据平面两个层次，并颇具勇气地尝试了对软件定义存储进行分类。

令人欣喜的是，他秉承 VMware 开放、合作的心态，邀请了中国十多位 SDS 厂商或专家，详细地介绍了国内软件定义存储市场上相关的主流产品，以及软件定义存储生态链涉及的技术。因此，本书具有很高的参考价值。

李映

VMware 公司全球副总裁、VMware 亚洲研究院总经理

2016 年 4 月