

软件定义 数据中心

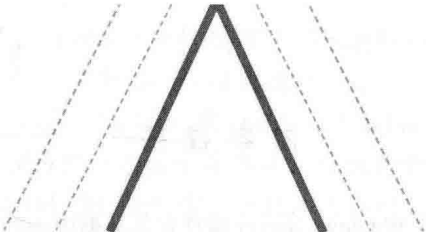
Windows Server SDDC

技术与实践

黄利军 编著

本书从架构着眼，从技术和实践入手，深入剖析了Windows Server软件定义高可用、软件定义存储、软件定义网络、软件定义计算以及微软容器技术的相关知识。

本书形式新颖，内容丰富，理论联系实际，适合广大Windows Server用户和相关技术人员，特别是系统工程师、架构师、网络运维人员学习使用。



软件定义 数据中心

Windows Server SDDC

技术与实践

黄利军 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

软件定义数据中心 : Windows Server SDDC技术与实践 / 黄利军编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2017.2
ISBN 978-7-115-44343-4

I. ①软… II. ①黄… III. ①云计算 IV.
①TP393.027

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第003707号

内 容 提 要

本书是国内第一本讲解微软 Windows Server 软件定义数据中心的中文图书, 书中系统、全面地介绍了微软 Windows Server 软件定义数据中心各个模块的概念、技术和架构, 书里凝结了作者近几年使用 Windows Server SDDC 的经验和对相关技术的思考。

本书的主要内容包含 Windows Server 软件定义的高可用群集、Windows Server SDS、Windows Server SDN 和 Windows Server 虚拟化以及 Windows Server 容器等关键模块, 并剖析了微软数据中心以及混合云发展策略和现状, 以及客户使用 Windows Server SDDC 的实际案例。

本书的内容强调理论性和实用性的结合, 在介绍技术、架构的同时合理安排了一些精心设计的结构图、技术原理图和环境视图以及详细编排的使用命令, 以帮助读者快速理解 Windows Server SDDC 技术。

本书适合广大 Windows Server 新老用户和致力于新一代软件定义数据中心研究和建设的 IT 专业人士和架构师阅读, 既可作为学习 Windows Server SDDC 的入门图书, 也可以作为进阶学习材料, 还可作为 Windows Server SDDC 方案设计时的参考用书。

◆ 编 著 黄利军

责任编辑 王峰松

责任印制 焦志炜

◆ 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>

三河市海波印务有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.25

字数: 479 千字

印数: 1—2 500 册

2017 年 2 月第 1 版

2017 年 2 月河北第 1 次印刷

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

序

可能各位读者也感受到了，微软这几年把蕴藏了多年的科技沉淀，以一种难以置信的速度和形式推向市场，并且在改变着这个市场的游戏规则。比如，Azure 和 Office 365 之于云计算、.Net Core 之于开发体系、Surface 及 Surface Studio 之于硬件、Hololens 之于 AR/VR/MR……不仅如此，在最新的 Gartner 报告中，微软在企业级应用的魔力象限图中也已经不声不响超过了 Oracle、IBM 等传统玩家。正是因为科技领域的这些沉淀，让微软这头传统软件“雄狮”不仅具备完善和强壮的 IT 基础架构“骨架”，同时也具备数据库、开发工具和应用及其生态链的“血肉和神经网络”，使得微软在市场上的角逐显得矫健而灵活。而 Windows Server 2016 的发布则让软件定义的数据中心触手可及，进一步完善了微软在私有云的布局，为混合云的落地推波助澜。

不久前，Windows Server 走过了它的第 20 个生日。回顾这些年的 IT 从业之路，笔者和 Windows Server 一起经历了企业信息世界的变迁，感触颇深。Windows Server 从 NT 4.0 开始到 Windows Server 2016 这 20 年里，历经了 IT 浪潮的主机时代、虚拟化时代、云计算时代、大数据及容器技术甚至是与 Linux 融合的时代。时间的锤炼，让 Windows Server 集成了很多优秀的解决方案，也获得越来越多的企业数据中心的认可。而在 Windows Server 成长所经历的各个 IT 浪潮时代中，具有里程碑意义的“软件定义数据中心”这个概念一提出就被很多企业 CIO、CTO 所青睐，这代表着企业级数据中心管理思维的创新和改变。很高兴黄利军能够倾力写下《软件定义数据中心：Windows Server SDDC 技术与实践》这本书，因为市面上确实很难找到一本系统地讲述这一主题的资料。这本书在 Windows Server 2016 正式发布后得以面世，凝结了作者在国内多个中大型企业数据中心建设和运营过程中的经验和思考，是一本从实践角度出发对技术概念、原理、架构和解决方案作反向剖析的好书。

黄利军是个善于钻研技术和乐于分享的人，在微软工作时就写过不少关于微软私有云解决方案的产品手册并被全公司技术团队作为方案范本。这本书的价值正如他自己说的：“开卷有益”，我非常推荐这本有关软件定义数据中心主题的书给所有企业 IT 管理专业人士，相信看完本书，读者会对微软在软件定义数据中心上的理念、组成、架构、技术原理有一个清晰的理解，甚至还可能具备一定的动手实践和设计 Windows Server SDDC 解决方案的能力。

管震

微软（中国）有限公司战略技术顾问

《云，就该这么玩儿》作者

哈尔滨工业大学研究生院客座讲师

2016 年 12 月

前言

通过对自身的审视和对身边 IT 技术专家的观察,我发现对于我们来说,掌握一项新的技术或熟悉一个新的产品,大都是闻而后知,知而后学,学以致用,用以知其然。然而 Windows Server 作为一个简单的、易上手的操作系统,很多时候 Windows IT Pro 对其的认知是反其道而行的,因为我们太过于熟悉它的操作而忽略了去探索其原理。现在新技术层出不穷,过快的技术更迭让我们在学习之路上缺乏相对系统的资料。近几年有幸接触微软 Windows Server SDDC 技术并有机会参与实践,积累了一些经验。书以载道,我将有限的经验和学习笔记汇集成书,将知识传递给广大的技术人员,希望对各位有所帮助。虽然技术和水平有限,眼界也还不够开阔,但我会尽力提高本书的质量和阅读感受,力求将信息传递清晰。

为什么要起这个书名?我是怎么理解软件定义数据中心(书里提到的 SDDC 和软件定义数据中心是同一个概念)的?也许我的理解和您不同,您和您身边的人又不同。这里,我想先用一段感性的语言来说明软件定义数据中心,然后以理性的技术概念和实践开启这本书的创作之旅。

每个软件定义数据中心的建设都经历了一个精细的营造过程,软件定义数据中心不完全采用全新技术,而是新老技术相结合,老技术在软件定义数据中心里得以传承,新技术在软件定义数据中心里得以发扬。新老技术的重组和编排,辅助以优良的设计为数据中心营造出新的气象。Windows Server 作为云操作系统,跨出了服务器的管理边界,以数据中心为管理单元进行管理。Windows Server 云操作系统所驱动的四驾马车——软件定义计算、软件定义存储、软件定义网络,让 Windows Server 掌控着数据中心的网络资源、存储资源和计算资源,信息的水流在数据中心的大河里汨汨流淌,奔腾不息,流向互联网大海。

技术要回归现实才能落地,在软件定义数据中心中,所有的传统硬件资源——计算、存储、可用性、网络等通过软件对固件进行解耦合实现数据中心模块的虚拟化,再通过软件技术以自动化的方式重组实现模块的灵活拼装。SDDC 的每一个模块都像一块橡皮泥,比传统硬件固件更具有可塑性,也更加灵活自由。SDDC 以渐进式和颠覆式相结合的节奏向前推进,SDDC 不是软件取代硬件的变革过程,而是软件 and 传统硬件结合,相得益彰,即使在未来,发展线路亦是如此。微软作为一个老牌软件厂商,在 SDDC 发展上自然不甘落后,在写这本书的时候 Windows Server 已经 20 周岁了,微软 Windows Server 服务器虚拟化技术、会话虚拟化技术以及高可用性技术已经为广大客户所采用,软件定义存储和软件定义网络也在努力向前发展。

本书内容提纲

本书分为 7 章,每章具体内容简介如下。

第 1 章我们漫谈微软数据中心建设,先从微软公司大型数据中心发展历程和微软软件定义数据中心的发展道路给大家展现微软数据中心的一角和 SDDC 现状,然后浅谈 SDDC 所定义的模式如何改善数据中心的转变。

第2章讲软件定义高可用，为什么称之为软件定义高可用呢，我们首先来看数据中心的画像，在可用性这个维度，一个优秀的数据中心一定要考虑高度可用和可靠的电路、制冷设备、网络硬件及网络线路、服务器及其部件、存储及存储链路……比如UPS、双路电路、交换机堆叠、RAID技术、双路电源、存储MPIO等的高可用都是通过硬件自身来实现的。当我们聚焦在微软Windows Server SDDC的画像时，除了可以看到硬件高可用，系统级以上的高可用完全由Windows Server实现——一个用了十几年的技术，Windows Server故障转移群集（通常我们简称为Windows Server群集）。同样，Windows Server群集实现的高可用贯穿在SDDC堆栈里，因此软件定义的高可用在SDDC里起着重要的作用。如果说软件定义数据中心有三驾马车，那么高可用就是这些马车的轮子和车架。VMWare ESX和Citrix XenServer实现虚机的实时迁移同样要用到高可用技术，在VMWare里称之为HA，虽然不是群集技术，但也属于软件定义高可用的范畴。在冠以软件定义高可用的名字下，我们具体介绍的是Windows Server群集。因为很多读者接触过Windows Server群集，所以这本书里我尽量写它的工作方式和机理。如果您对Windows Server故障转移群集的熟悉程度需要进一步加深，希望本书的内容可以帮助您更进一步了解群集的工作方式，哪怕这种帮助只是一点点。

有了可用性做保证，我们开始第3章软件定义存储（书里提到的SDS和软件定义存储是同一个概念）的介绍，作为数据中心的心脏部分——存储，在数据中心里扮演的角色至关重要，这一节里我们将从Windows Server 2012（R2）的第一代SDS开始介绍，内容覆盖SDS的一些关键技术，介绍SDS高可用结构并深入分析SDS可用性，帮助了解SDS的硬件结构以及如何安装、配置和使用SDS。接着介绍Windows Server 2016引领的第二代SDS的新技术的突破，结构的升级变化，以及第二代SDS的硬件结构以及如何安装、配置和使用第二代SDS。第二代SDS还有延伸的内容，包括用于数据容灾的存储复制技术，用于管理存储资源分配的存储QoS技术。希望这些技术能帮助您理解、深入学习Windows Server SDS，也希望能够对您如何使用和设计SDS有所启发。

如果说存储作为数据中心的心脏存储数据中心的血液，那么下一部分我们开始介绍第4章软件定义网络（书里提到的SDN和软件定义网络是同一个概念），网络就像人体的动静脉，像血液一样通过动脉或静脉在心脏和各个器官之间流动，数据在存储和计算单元连接的网络里流动。在这一章里，我们将根据Windows Server 2012的第一代SDN介绍SDN的一些基础理论、关键技术，帮助各位了解SDN的结构以及如何安装、配置和使用SDN，接着介绍Windows Server 2016引领的第二代SDN的新技术的突破和网络功能虚拟化（书里提到的NFV和网络功能虚拟化是同一个概念），NFV和第二代SDN如何结合实现完整的软件定义网络框架，同时介绍如何通过模板配置SDN和NFV模块。

第5章我们介绍Windows Server服务器虚拟化和会话虚拟化，这两项技术对于大家来说是最为熟悉的，建议大家也不要忽略这一章，因为里面有我们用过百遍但是未必熟悉其原理的技术的详细介绍，对于大家了解原理可能有些许帮助，比如虚拟CPU分配、动态内存、NUMA、巨型帧、VMQ、SR-IOV等“只闻其声不见其人”的技术。在会话虚拟化中，有一些我们之前在项目里积累的实用技巧，帮助大家学以致用。虽然大家对服务器虚拟化和RDS已经很面熟，但是重温或者深入学习可让你更进一步了解服务器虚拟化和RDS的“脾气”，从而进入知其所以然的境界。

接下来我们在第6章里讲解Windows Server 2016实现SDDC冲刺的最后一棒——容器技术（书里提到的Container和容器是同一个概念）。Windows容器技术是微软实现类似于Linux容器的技术，Docker技术来势汹汹，大有取代服务器虚拟化的架势。现在我们身边

谈论 Docker 和容器技术的人越来越多，这本书关注在 Windows Server 2016 容器技术的基本概念的介绍。

由于 Windows 容器刚面市，加之笔者接触 Windows 容器时间有限，知识的广度和深度也有限，在写这一章时得到了彭爱华老师的指导和启发，彭爱华老师是最早接触 Windows Server 容器的技术专家。笔者在写作这一章时恰逢 Windows Server 2016 预发布之际，期间拜读了“华来四”（由彭爱华、黄爱华、祁清华和程尊华 4 位名字里带华的专家创建，用于分享原创的 Azure、docker 和混合云相关技术）关于 Windows 容器的引路文章。要延续并深入学习 Windows 容器技术，推荐大家关注华来四微信公众号（sysinternal）作为线上学习的渠道，保持对 Windows 容器的持续关注，了解 Windows 容器技术的动态。

最后一章我们将以案例说明 Windows Server SDDC 的实现，在这里里我们将展示部分 SDDC 技术在新的 SDDC 结构中的细节，同时展示 SDDC 架构原型，这一章我们笔墨不多，但是有用心制作的逻辑架构图，以飨读者。本章作为本书的收尾，有 Windows Server SDDC 落地之实。

本书除了 Windows Server 这个主角以外，还会在部分章节里提到 System Center Virtual Machine Manager（简称 SCVMM）和 Windows Azure Pack（简称 WAP），System Center 和 WAP 是实现 SDDC 管理模块的方案，但是本书的主题专注于 Windows Server SDDC，所以 SCVMM 和 WAP 我们并没有单独列为一章，而是穿插在虚拟化、SDS，SDN 章节里一起讨论。大家如果对 System Center 有兴趣可以去了解九叔所著的《微软 System Center 2012 R2 私有云部署实战》一书。

本书读者对象

因为 Windows Server 使用率高，所以我相信业界大部分的系统工程师对 Windows Server 都不会陌生，虽然每个专家掌握的程度有深有浅，掌握的知识点也不同。本书适用的读者较为广泛，不管您是初出茅庐的 Windows Server 系统工程师，还是已经对 Windows Server 有较为丰富的经验，这本书都有可能不同程度地帮助你学习 Windows Server SDDC 技术。如果不巧您刚好不在 Windows Server 这个圈子里，甚至都不曾了解过 Windows Server 技术，但是需要初步了解 Windows Server SDDC 技术，这本书也可以作为基础材料辅助您“半路出家”学习 Windows Server SDDC 技术，因为这些新技术的知识点 Windows Server 传统知识点的依赖性和关联性不大。

当然我们需要了解云计算和行业中的一些关键术语，在阅读过程中才不会被一些新名词或者思路所磕绊。

致读者

既然您已经开始阅读本书，相信一定对本书有一定的期待和期望，衷心希望您能在阅读本书后有所收获和启发。如果对本书的内容有任何问题或者建议，欢迎与我联系和互动，可以把您的问题发送到我的个人邮箱 leejoneh@139.com，或者与本书的责任编辑王峰松联系，工作邮箱为 wangfengsong@ptpress.com.cn。

目 录

第1章 微软数据中心与 SDDC 漫谈..... 1	
1.1 微软数据中心建设之道..... 1	
1.2 微软混合云之路..... 3	
1.3 微软 SDDC 发展之计..... 5	
1.4 微软 SDDC 云落地之策..... 8	
第2章 软件定义高可用..... 9	
2.1 实现技术..... 9	
2.2 群集组件..... 9	
2.2.1 群集资源..... 10	
2.2.2 群集资源组..... 11	
2.2.3 群集应用..... 13	
2.2.4 群集数据库..... 13	
2.2.5 群集网络驱动器..... 14	
2.3 群集服务及组件..... 14	
2.3.1 数据库管理器..... 15	
2.3.2 节点管理器..... 15	
2.3.3 故障转移管理器..... 16	
2.3.4 全局更新管理器..... 16	
2.4 群集仲裁原理..... 16	
2.4.1 举例说明..... 16	
2.4.2 仲裁的目的..... 17	
2.4.3 群集投票..... 17	
2.4.4 仲裁见证..... 17	
2.4.5 仲裁模型..... 18	
2.4.6 见证资源..... 18	
2.5 群集仲裁演进..... 18	
2.5.1 仅磁盘仲裁..... 18	
2.5.2 见证和节点仲裁..... 18	
2.5.3 动态仲裁..... 19	
2.5.4 云仲裁..... 20	
2.6 群集仲裁设置..... 20	
2.6.1 使用图形界面设置..... 20	
2.6.2 使用命令行设置..... 22	
2.7 群集网络..... 22	
2.7.1 群集网卡绑定顺序..... 23	
2.7.2 群集网络命名..... 23	
2.7.3 群集网络角色..... 24	
2.7.4 网络角色配置..... 24	
2.7.5 网络流量类型..... 25	
2.7.6 配置流量优先使用的网络..... 26	
2.7.7 群集网络服务优先级..... 27	
2.7.8 群集网络带宽控制..... 28	
2.8 群集节点监视..... 28	
2.8.1 节点心跳检测..... 28	
2.8.2 调整心跳检测..... 29	
2.9 群集资源监视..... 29	
2.9.1 资源主机子系统..... 30	
2.9.2 资源控制管理器..... 30	
2.9.3 资源监视器检测..... 31	
2.9.4 资源监视器调整..... 32	
第3章 软件定义存储..... 34	
3.1 第一代 SDS..... 34	
3.1.1 概况..... 34	
3.1.2 关键技术..... 35	
3.1.3 第一代 SDS 结构..... 55	
3.1.4 可用性原理分析..... 57	
3.1.5 物理结构..... 62	
3.1.6 配置 SDS..... 65	
3.1.7 使用存储..... 82	
3.2 第二代 SDS..... 86	
3.2.1 概述..... 86	
3.2.2 新的技术..... 87	

3.2.3 第二代 SDS 架构	94	4.6.9 设置 S2S VPN 网络	171
3.2.4 与第一代 SDS 的异同	97	4.7 第二代 SDN	172
3.2.5 创建 S2D 存储空间	98	4.7.1 结构和关键技术	172
3.2.6 存储复制	101	4.7.2 网络功能虚拟化	175
3.2.7 存储 QoS	107	4.7.3 配置网络虚拟化	182
第 4 章 软件定义网络	115	第 5 章 软件定义计算	197
4.1 网卡组合	115	5.1 服务器虚拟化	198
4.1.1 网卡组合概述	115	5.1.1 Hyper-V 结构	198
4.1.2 网卡组合模式	116	5.1.2 Hyper-V 虚拟机类型	200
4.1.3 负载分发算法	118	5.1.3 Hyper-V 软件堆栈	202
4.1.4 组合模式及负载分发矩阵	119	5.1.4 Hyper-V 资源	202
4.1.5 交换机嵌入式组合	120	5.1.5 Hyper-V 性能优化和加速	209
4.1.6 组合成员流量均衡	120	5.1.6 Hyper-V 虚拟机保护和安全	224
4.2 SDN 与虚拟化网络及网络虚拟化	122	5.1.7 Hyper-V 高可用实现	230
4.3 数据平面——虚拟交换机	123	5.1.8 Hyper-V 虚拟机模板	239
4.3.1 虚拟交换机类型简介	123	5.2 会话虚拟化	242
4.3.2 标准虚拟交换机概述	125	5.2.1 概述	242
4.3.3 逻辑交换机详解	126	5.2.2 了解 RDS	242
4.4 第一代 SDN	133	5.2.3 认识 RDP	242
4.4.1 基本结构和构成技术	133	5.2.4 RemoteApp 典型架构	243
4.4.2 HNV 与 Overlay	137	5.2.5 RD Web 界面友好定制	246
4.5 配置逻辑交换机	151	5.2.6 个性化应用图标	249
4.5.1 创建逻辑（虚拟机）网络	152	5.2.7 如何优化用户体验	251
4.5.2 创建网络站点和 IP 地址池	153	5.2.8 如何改进用户操作	254
4.5.3 创建端口配置文件	155	5.2.9 发布浏览器应用	256
4.5.4 创建端口分类	156	5.2.10 浏览器应用使用限制	257
4.5.5 创建逻辑交换机	156	5.2.11 自动创建用户工作目录	260
4.5.6 分配逻辑交换机	157	5.2.12 发布用户工作目录	261
4.6 配置 HNV 网关	159	5.2.13 安全隔离用户目录	264
4.6.1 创建逻辑网络	159	5.2.14 用户配额管理	267
4.6.2 创建端口配置文件	161	5.2.15 用户配置管理	269
4.6.3 创建逻辑交换机	162	5.2.16 外部用户使用	271
4.6.4 分配逻辑交换机	163	5.2.17 移动用户使用	272
4.6.5 配置 HNV 网关虚拟机属性	163	第 6 章 容器技术基础	274
4.6.6 部署 HNV 网关虚拟机	163	6.1 容器的故事	274
4.6.7 配置网络服务	167	6.2 容器与虚拟化的区别	275
4.6.8 设置到外部的路由网络	170	6.3 微软类容器技术	277

6.4 微软容器宿主系统平台	282
6.4.1 Server Core	282
6.4.2 Nano Server	283
6.4.3 嵌套虚拟化	284
6.5 微软容器概述	285
6.5.1 微软容器与 Docker	285
6.5.2 微软容器类别	286
6.5.3 Windows 容器镜像	287
6.5.4 Windows 容器文件	288
6.5.5 Windows 容器网络	290
6.5.6 Windows 容器资源管理	293
6.5.7 Windows 数据卷	295
6.6 Windows 容器隔离浅谈	295
6.7 在 Windows Server 上 安装 Docker	296

6.7.1 安装 Docker 引擎和客户端	297
6.7.2 获取容器镜像	298
6.7.3 简单示例容器	298
6.8 Windows 10 与 Docker 集成	299
6.8.1 在 Windows 10 上安装 Docker	299
6.8.2 检查 Docker 管理命令	301
6.8.3 简单示例容器	301

第 7 章 SDDC 实践与案例浅析

303

7.1 SDDC 与数据中心基础设计 浅谈	303
7.2 SDDC 与数据中心故障域浅谈	305
7.3 SDDC 与数据中心网络浅谈	306
7.4 基于微软 SDDC 构建全新 IDC	306
7.5 基于微软 SDDC 构建混合云	310

第1章 微软数据中心与 SDDC 漫谈

第1章包含4个小节，第1节我们将通过文字带领大家简单“参观”一下微软自己创建的数据中心，看看微软如何在海量计算背景下建设数据中心；第2节介绍混合云的概念、微软混合云和混合云实现；第3节和第4节介绍微软云计算和实现云计算的SDDC发展概况，以及微软如何与其他厂家和开源组织合作来将云计算大范围落地。

1.1 微软数据中心建设之道

微软在数据中心业务领域一直扮演改革者和先驱者的角色。目前微软自有业务和公有云数据中心在全球已经超过30个，物理服务器数量超过百万之巨，为全球广大客户提供Microsoft Azure、Office 365、Bing、Xbox Live、Skype、SkyDrive、Outlook邮箱等上百种主流云服务，微软已成为世界最顶级的数据中心运营商之一和云服务提供商之一。这些数据中心不是一朝一夕建成的，而是耗时二十多年，历经四代的优化和创新而发展起来的，每座数据中心都堪称“高大上”，不仅规模庞大，稳定可靠，而且设计优良，更是节能先锋，在数据中心建设方面首屈一指，引领潮流。

微软从1989年开始着手建立自己的数据中心，因为那时的数据量并不大，微软相应的第一代数据中心规模也并不大，数据中心设计也鲜有创新，但是微软仍然坚持数据中心为战略性投资，以支撑微软在数据中心不断增长的服务。2007年微软在昆西建设的第二代数据中心彰显着微软加速向超级数据中心发展的策略，让微软加速跑进百万服务器俱乐部。昆西数据中心是微软第一个第二代数据中心，占地70 000多平方米，规模堪比10个足球场，为业界树立了数据中心新的标准。第二代数据中心追求的是高密度计算、稳定、安全和节能。该数据中心坐落在瓦纳普姆水电站旁边，充分享受着水力发电的便利和清洁能源的环保，并同时引进水冷辅助数据中心降温。通过高密度部署和综合降温方式，微软第二代数据中心的能耗PUE（Power Usage Effectiveness，能源效率指标）为1.5，在当时业界处于绝对领先的水平。

微软在第二代数据中心建设的基础上，使用模块化建设，同等规模数据中心建设周期大为缩短。2009年，微软在芝加哥建成第一个第三代数据中心。芝加哥第三代数据中心使用集装箱模块存放物理服务器，服务器是定制的，设计成1U高和标准宽度一半的尺寸，每个集装箱容纳的物理服务器达到2400台之多。这些内置了高密度服务器的集装箱沉重但是不笨重，集装箱拉到数据中心后，可通过导轨轻松移动就位，只要将水电网模块接入就位的集装箱即可实现快速的组装。我们可以从图1-1所示看到芝加哥数据中心的缩影。



图 1-1 微软芝加哥第三代数据中心

芝加哥第三代数据中心更加环保，该数据中心采用了大型的冷水机组，布置的冷却水管长度达到 12 公里，PUE 达到 1.25，在绿色数据中心道路上迈出了关键的一步，为行业所称赞。

不仅如此，微软数据中心发展之路并未停止，2010 年在都柏林建成的第四代数据中心，具有划时代的意义。第四代数据中心采用了 IT-PAC（IT Pre-Assembled Component，IT 预装配件）模块，将 UPS、配电设备和服务器设备配置成不同的集装箱模块，在数据中心进行快速的组装，使得同规模数据中心的部署周期缩减到之前的一半。更值得一提的是，借助都柏林地理位置和气候的优势，位于都柏林的第四代数据中心采用天然冷气辅助降温，整个数据中心环绕着冷气管道，管道深入到集装箱内部，将从外部抽进来的冷空气输送到各个 IT-PAC 模块。都柏林数据中心规模庞大，号称服务器农场，但 PUE 却仅为 1.15，是真正的绿色 IT 数据中心。微软都柏林数据中心也一改以往人们对数据中心高碳排放的负面印象，并于 2010 年问鼎欧洲最佳数据中心的称号，树立了数据中心新的里程碑。我们可以从图 1-2 所示看到都柏林数据中心的缩影。

微软还在不断扩张数据中心的规模和优化数据中心的设计，面对这些恢宏的数据中心，微软并没有采用人海战术来管理，而是使用先进的技术和流程有条不紊地管理着这些服务器，数以百万计的服务器由微软全球基础服务（Global Foundation Service，GFS）集中远程监控。虽然芝加哥数据中心的服务器超过了 10 万台，但是数据中心现场包括安防人员也只不过三四十号人。

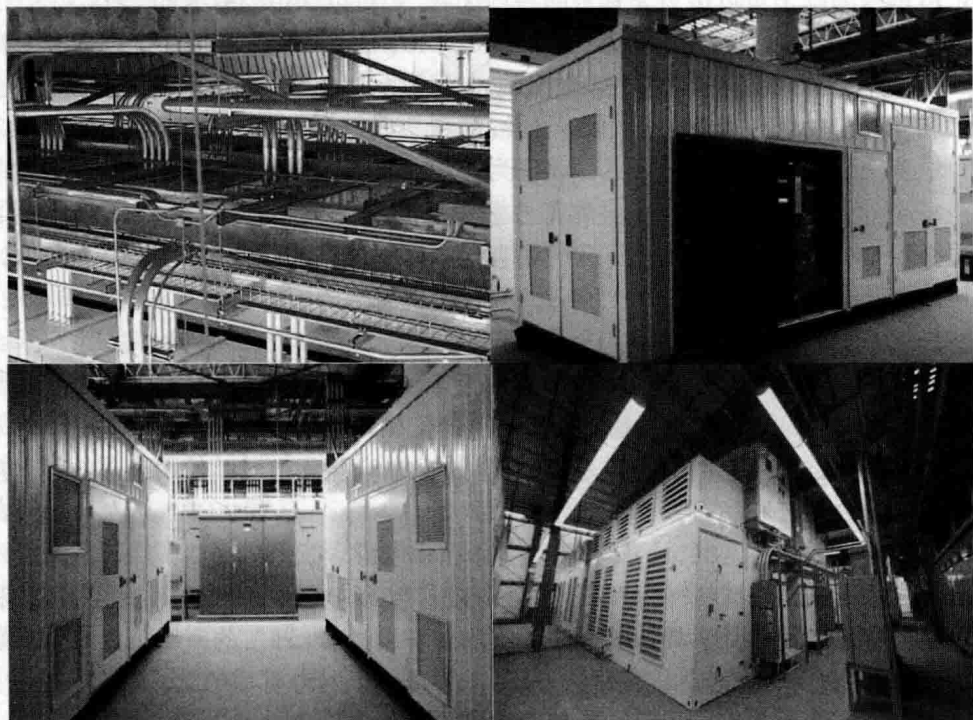


图 1-2 微软都柏林第四代数据中心

微软这些大型的数据中心及其服务器通过高速的网络为全球用户提供海量的计算和存储，不论是 Microsoft Azure 和 Office 365 这些企业级的云服务，还是 Outlook 邮箱和 Xbox Live 这些消费级服务，访问量和用量都已达到上亿甚至十亿以上级别，并处于一个不断上升的过程。正如微软数据中心业务总经理凯文蒂蒙斯所说，身处数据中心听到的“嗡嗡”的轰鸣声正是互联网心跳的声音。

1.2 微软混合云之路

人们对混合云（Hybrid Cloud）的定义层出不穷，在笔者看来，混合云并不是什么新技术，而是一种由公有云和私有云组合成的新的表现形式。类似于现在国家重点发展的油电混合动力汽车，电动机动力不是全新的技术，内燃机动力也由来已久，二者形成新的动力组合，混合云也通过整合了私有云和公有云各自的优势资源组成新的云的形式。就像现在汽车混合动力技术发展了清洁燃料和太阳能能源技术一样，公有云也衍生了社区云、园区云和托管云等规模稍小的公有云。为了界限清晰地讲述混合云，我们暂且把社区云、园区云和托管云统统归为公有云。本质上，混合云的实现是混合必要的 IT 资源，每个用户的混合云都有不同的资源混合比，按照不同的资源混合比，笔者将混合云分为如下几类。

- **轻度混合云。**轻度混合云具体表现为，用户自己建立了自己的 SDDC 数据中心运行企业主要的业务系统，这类业务的系统和数据完全由企业自己掌控；将部分业务系统部署在公有云，客户部署在自己的私有云和公有云的系统并没有数据和消息的交换和移动，但是实现了将私有云/公有云数据离线灾难备份到公有云/私有云。轻

度混合云除了可以借力公有云的各项优势，还可以使用公有云的 PaaS 和 SaaS 得天独厚的资源，比如使用微软公司 Azure 的 IoT Hub、移动服务、Hadoop、媒体服务、机器学习等用于测试和生产。轻度混合云可以使用统一的管理接口实现特定公有云和私有云的统一管理，比如统一的视图和基本的启停操作。

- **中度混合云。**中度混合云具体表现为，用户自己建立了自己的 SDDC 数据中心运行企业部分业务系统，并且将部分业务系统部署在公有云，用户将自己的 SDDC 数据中心网络和在公有云的私有虚拟网络通过 S2S VPN 隧道连接起来，让客户部署在自己的私有云和公有云的系统实现无缝的数据和消息的交换和移动。比方说将业务系统的前端和后端分别部署到公有云和私有云，并同步实现了将私有云/公有云数据在线异步灾备到公有云/私有云。但是受到 Internet 带宽这个硬条件的限制，在中国内地，实现大量数据和消息的交换和移动的实时性并不理想，对于一些轻量级数据和消息的应用还是可以期待的。中度混合云可以使用统一的管理接口实现特定公有云和私有云的统一管理。
- **高度混合云。**高度混合云具体表现为，在中度混合云基础之上，实现更为统一和自动化的管理，包括统一管理不同的公有云，实现全面的监控。更重要的是，私有云和公有云实现了共享类似的框架和广泛的开发语言，开发的应用可以统一部署到私有云和公有云，虚拟机可以按需迁移，形成一个融合贯通的结构。对于客户来说，无论业务运行在哪个位置，都是一样的，在他们看来是 “One Cloud”。

高度混合云目前还是个理想的目标，但是现在已经有客户进入轻度混合云阶段，并向中度混合云迈进。纵观整个行业，数据中心的形式也是混合存在的，包括传统、私有云、公有云，而且这种形式会存在相当长一段时间并且呈现类似于正态分布的形态，如图 1-3 所示。对于每一个已经运营自有数据中心多年的客户来说，不需要制定 100%上云的目标，而是混合传统、私有云、公有云 3 种形式，并以渐进式的变化达到类似于正态分布的形态。

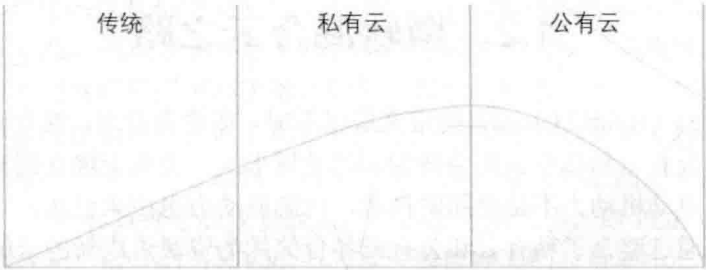


图 1-3 传统、私有云、公有云正态分布形态

混合云是微软不懈追求的目标，微软已经提供了我们早已熟悉的混合云服务，包括 Office 365 和 On-premise Office 服务（邮件、协作和 Office 程序）以及 Dynamic CRM Online 和 On-premise Dynamic CRM 等服务。几年前，微软提出了 Cloud OS 的概念，在形式上看，Cloud OS 不是一个具体的 Windows 或者 Linux 操作系统，它超越了 System OS，System OS 只能实现服务器的管理，而 Cloud OS 管理的最小量级是数据中心，Cloud OS 负责组建数据中心的网络、存储、计算和应用。Cloud OS 和 SDDC 理念高度一致，Cloud OS 兼顾了私

有云、公有云、服务商云 3 种形式，微软 SDDC 和其他厂家的 SDDC 所不同的是，Cloud OS 目标在于构建混合且一致的云平台，将用于微软自己公有云里的技术框架和设计思路传承到私有云和服务商云，如图 1-4 所示。微软在建设大型数据中心的过程中积累了丰富的 SDDC 经验和完善的 PaaS 及 SaaS 服务，Cloud OS 的重点在于指导基础结构的建设。Cloud OS 指导包含了来自微软公有云的直接的技术传承，比如用于 Azure 的虚拟化和 SDN 技术，SDS 技术以及云门户、云资源框架（Windows Azure Pack 和 Microsoft Azure Stack）等；也包含了数据中心的设计思想，比如高可用设计、Spine-Leaf（叶脊）组网结构、故障域设计等；同时辅助以一致的开发接口和 UI 风格传承，从内到外，从使用体验到界面都保持着高度的一致。

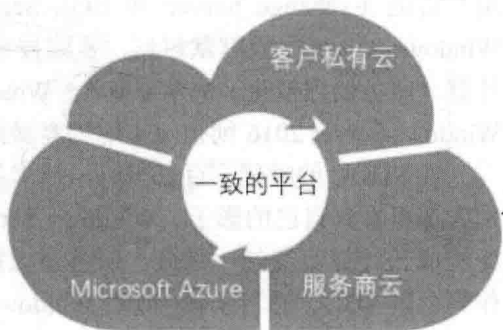


图 1-4 Cloud OS 一致的平台

Cloud OS 将微软公有云技术、框架、开发接口和 UI 风格传承到服务商云和私有云，但这只完成了混合云的第一步，在这一步，仅能实现轻度混合云。微软的混合云还不仅于此，微软公司内部通过 SDN 技术 BYON（Bring Your Own Network，自带网络上云），让用户在上云的过程中更方便。只要在 Microsoft Azure 里定义好虚拟子网，虚拟机便可从客户自己的数据中心迁移到 Microsoft Azure，并仍然保留着原来的 IP 地址，减少了迁移的设计和准备工作量。同时，Microsoft Azure SDN 技术包含了 HNV 网关（Hyper-V Network Virtualization，简称为 HNV，本文中 HNV 和 Hyper-V 网络虚拟化是同一个意思），用于提供 S2S VPN 服务，让客户数据中心通过 S2S VPN 隧道和自己在 Microsoft Azure 里的虚拟子网互通。连接客户自己数据中心和 Azure 数据中心 VPN 隧道是实现中度混合云的基础，同时让混合云的管理也变得更加直接。Cloud OS 能将技术传承复制到服务商云和私有云，意味着客户私有云和服务商云同样能依靠 S2S VPN 隧道连通，因此在 Cloud OS 技术体系里构建的混合云画像也变得更加完整。如果不存在异构平台，不考虑网络带宽的问题，Cloud OS 构建的混合云已经非常接近高度混合云了。

1.3 微软 SDDC 发展之计

打开电脑，你会发现软件正在“统治”着世界，数据中心也不能例外，随着数据中心的规模越来越大，网络越来越复杂，存储量越来越膨胀，应用可用度要求越来越高，无论是云服务器提供商还是企业用户，对 SDDC 的青睐日益明显。微软在某些新技术领域属于倡导者，大家可能并不熟悉，最早的并被广泛认可的 SDN 组织 ONF（Open Networking Foundation）就是由微软、谷歌和 Facebook 联合发起的，ONF 用于定义 SDN 标准和推动 SDN 的产业化，由此可见微软在 SDN 的积极性。微软在 SDDC 概念被提出来之前，便提出了数据中心转型（Transform the Datacenter）的构想，并同时提出了 Cloud OS 云操作系统的概念。数据中心转型和 SDDC 的目标和技术实现如出一辙，微软长期实践着“Transform the Datacenter”的目标，微软众多庞大的数据中心“硬朗”的外表里通过云操作系统植入了 SDDC 这颗“柔软的芯”。数据中心设计理念和思路在不断更新迭代，所使用的软件技

术也不断推陈出新。微软不仅自身在实践着数据中心转型的目标，还希望将目标带给客户。20 年磨一剑，Windows Server 锻造出了很好的数据中心基因，尤其在基础架构层面的影响力，我们可以从活动目录谈起，从文件服务器谈起，从 Windows Server 所支持的具有庞大用户群的 Exchange Server 和 SQL Server 谈起……总之，在 x86 市场占有绝对优势的 Windows Server 一直默默耕耘，紧跟技术发展趋势，Windows Server 2008 实现了软件定义计算（服务器虚拟化）的从 0 到 1，Windows Server 2012 实现了 SDS 和 SDN 的从无到有，Windows Server 2016 则初步实现了容器技术。

在 SDDC 的时代，百家争鸣，技术各有所长，然而技术本身都有相通性，我们可以从别人那里看到自己的影子。Windows Server 也完成了几次华丽的转身，Windows Server 作为构成云计算浪潮的一部分，服务器虚拟化对传统物理服务器的冲击非常明显，Hyper-V 作为微软 SDDC 的当家者，随着 Windows Server 2008 发布首度进入虚拟化领域到现在，技术越来越全面，越来越成熟，赢得了越来越多的客户的青睐。

微软 Hyper-V 不断发力，依靠成熟的功能和完善的技术获得了不错的反响。微软虚拟化表现得怎么样呢？我们不妨用 Gartner 报告进行简单的分析，Windows Server 2008 刚发布就备受关注，一举进入 Gartner 高等级象限，充分被分析师和市场所看好。Windows Server 也不负众望，凭着快速的客户增长和技术的快速更新，在 Windows Server 2008 R2 发布不久便一个健步越到了虚拟化魔力图第一象限，在之后几年时间里不断提高市场占有率，其功能不断完善和成熟，我们不妨仔细看看图 1-5。

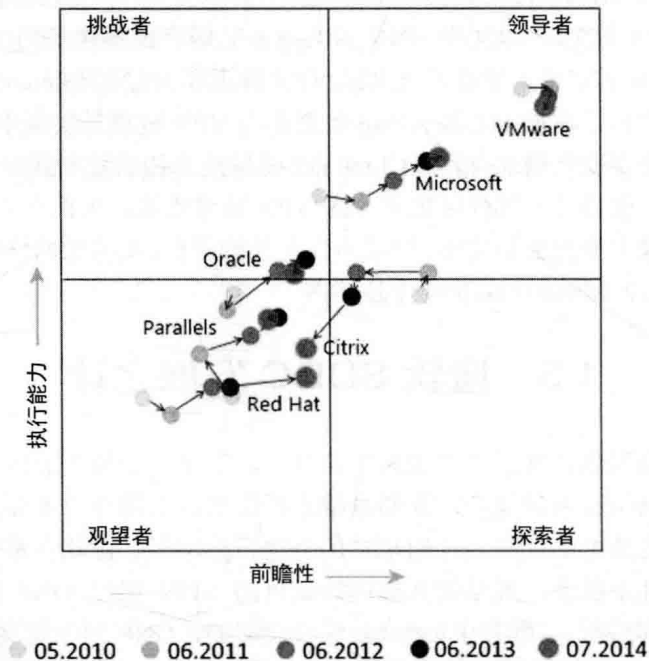


图 1-5 Gartner x86 服务器虚拟化魔力象限图

2015 到 2016 年，Windows Server 服务器虚拟化凭着不俗的表现稳稳占据着 Gartner 魔力象限的第一象限，并且不断向第一象限更具挑战性的位置攀升。在 2016 年秋季发布的 Gartner 魔力象限里微软服务器虚拟化和 VMWare 的距离进一步缩小，如图 1-6 所示。

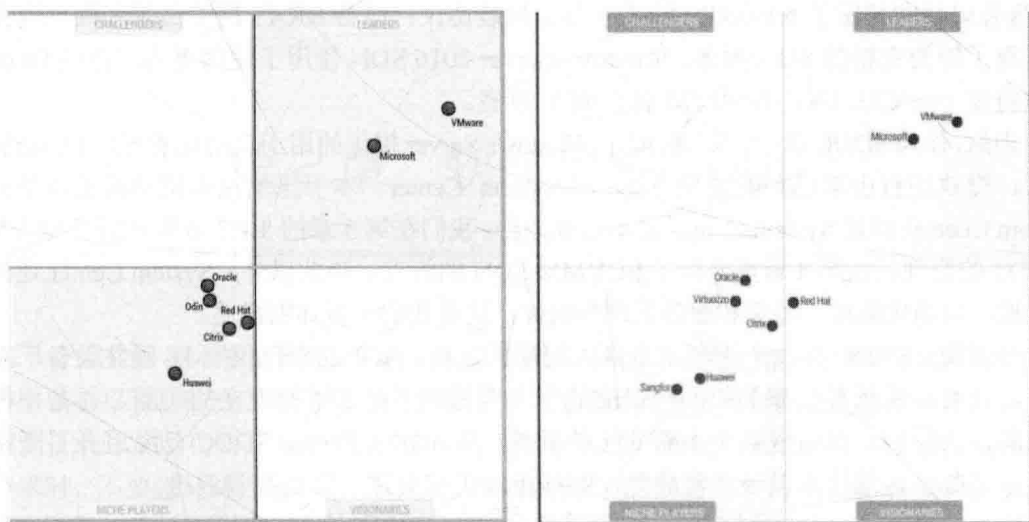


图 1-6 Gartner 2015~2016 年虚拟化魔力象限图

云时代的下一波浪潮冲击的就是存储领域，微软涉足存储领域要从 Windows Storage Server 谈起，Windows Storage Server 主打为企业提供 NAS 存储，主要通过 OEM 的渠道提供。虽然 Windows Storage Server 2003 到 2008 R2 这几年里积累了一定数量的客户，但不温不火的市场没有表现微软在存储方面的坚定决心。21 世纪 10 年代 SDDC 的概念被提出来，传统和新兴的存储公司纷纷竖起软件定义存储的旗帜，一时热闹不已，呈现百花齐放的趋势。2012 年，微软猛然发力，在 Windows Server 2012 引入存储空间技术，正式向业界宣布其涉足软件定义的存储领域，让很多人充满了期待。和服务器虚拟化一样，一个颠覆式的变革技术总是让人踌躇不前，一边展望着新技术带来的各种惊喜，一边对新技术的能力也抱有一定的怀疑。在 Windows Server 2012 发布不久，笔者加入联想并有幸参与了微软 SDDC 私有云项目，我们大胆地摒弃了传统的 SAN 存储方案，转而使用 Windows Server 存储空间和 SMB 3.0 软件定义的存储。在实践中我们体会到 Windows Server SDS 的灵活性，以及成本上的优势，Windows Server 贯穿 SDDC 的堆栈，上至虚拟化，下到存储，一脉相承，让管理变得尤为简单。Windows Server 2016 的发布带来了新的气象，第二代 SDS 继承了 Windows Server 2012 SDS 的功能，保留了共享 SDS 结构的同时兼顾分布式结构和超融合结构，如果说 Windows Server 2012 实现了 SDS 的 0 到 1，那么 Windows Server 2016 正努力走在实现 1 到 100 的路上。

只要接触过 Windows Server，对微软在终端网络方面的技术应该不会陌生，将 Windows Server DNS 和 DHCP 作为企业解析服务和 IP 地址分发服务的企业不胜枚举。而微软在这一亩三分地里一耕耘就是十几年，除了不断改善 DNS 和 DHCP 服务之外，Windows Server 还在网络其他方面不断地探索——RRAS 服务提供路由和 VPN 服务，并在 RRAS 基础上使用 Direct Access 构建无缝的 VPN 体验；IP 地址管理（IPAM）功能，用于发现、监控、审计以及管理企业网络 IP 地址空间和相关基础架构服务器的框架。Windows Server 除了正在不断扩展网络能力，为了完善服务器虚拟化还在和网络硬件厂家就某些技术点展开深度合作，SR-IOV，VMQ，vRSS，IPSec 任务卸载、QoS 等虚拟化网络加速技术正逐渐集成在服务器虚拟化里。微软在 Windows Server 2012 上第一次开始了 SDN 技术的尝试，并联合 Intel、