

软件定义存储白皮书

(2017 年)

云计算开源产业联盟

OpenSource Cloud Alliance for industry, OSCAR

2017年12月

版权声明

本白皮书版权属于云计算开源产业联盟，并受法律保护。
转载、摘编或利用其它方式使用本调查报告文字或者观点的，
应注明“来源：云计算开源产业联盟”。违反上述声明者，本联
盟将追究其相关法律责任。

编写说明

牵头编写单位：中国信息通信研究院

参与编写单位：威睿信息技术(中国)有限公司、华为技术有限公司、中国电信股份有限公司北京研究院、中兴通讯股份有限公司、国际商业机器（中国）有限公司、新华三技术有限公司、上海优铭云计算有限公司、武汉烽火信息集成技术有限公司、上海思华科技股份有限公司

编写组成员：

中国信息通信研究院：栗蔚、陈屹力、刘如明

威睿信息技术(中国)有限公司：叶毓睿

华为技术有限公司：高巍

中国电信股份有限公司北京研究院：王峰、宋科、史永文

中兴通讯股份有限公司：骆科学

国际商业机器（中国）有限公司：熊殷翔

新华三技术有限公司：张栋、毕忠彬

上海优铭云计算有限公司：朱荣泽

上海思华科技股份有限公司：曹敬涛

武汉烽火信息集成技术有限公司：黄立伟

前 言

2017 年工业和信息化部结合“中国制造 2025”和“十三五”系列规划部署，编制印发了《云计算发展三年行动计划》，行动计划对进一步推动云计算健康快速发展，做出新的部署。随着云计算、大数据等技术的行业渗透，企业 IT 架构数据正在呈指数级增长，存储技术作为云计算基础设施的重要支撑，也面临着深刻的挑战。

面对爆炸性增长的数据，传统集中式存储的劣势愈加明显，这就需要一种更加灵活、智能、自动化存储技术来满足多样化、定制化的需求。近几年软件定义存储的出现，为实现自动化部署按需服务的设想提供了可能。目前我国软件定义存储市场方兴未艾，在此背景下，云计算开源产业联盟编纂了软件定义存储白皮书，旨在全面介绍软件定义存储的产业与技术现状，推动软件定义存储技术在我国普及与发展。

目 录

版权声明.....	2
一、软件定义存储概述.....	1
(一) 软件定义存储的定义	1
(二) 软件定义存储的范围	2
(三) 软件定义存储的前生今世	2
二、软件定义存储产业现状.....	5
(一) 软件定义存储的市场格局	5
1) 超融合市场火爆带动全球 SDS 市场持续增长	5
2) 国际 SDS 市场生态趋于稳定，细分领域的厂商优势明显	6
3) 国内 SDS 市场呈现百家争鸣、群雄逐鹿的态势	7
(二) 软件定义存储的市场发展趋势	9
1) 传统存储市场式微，软件定义存储主导未来	9
2) 分布式存储和超融合架构成为重要发展方向	11
三、软件定义存储技术现状及发展趋势.....	12
(一) 控制平面的 SDS 逐步走向成熟	12
(二) 数据平面的 SDS 产品百花齐放	17
(三) 存储软件开源化已蔚然成风	25
四、软件定义存储技术在各行业落地生花.....	31
(一) 中兴通讯助力政府部门构建灵活开放的基础数据系统	31
(二) 华为 OceanStor DJ 携手 ISP 实现多数据中心统一管理	32
(三) VMware vSAN 护航金税三期和高校存储双活	33
(四) 中国电信高可信“蓝存”为视频存储可信性提供背书	34
五、中国软件定义存储产业的未来展望.....	35
(一) 中国软件定义存储行业的发展挑战	35
(二) 对中国软件定义存储行业发展的建议	36
(三) 中国软件定义存储行业的未来展望	37

一、软件定义存储概述

（一）软件定义存储的定义

软件定义存储（Software-defined Storage），是指将存储物理资源通过抽象、池化整合，并通过智能软件实现存储资源的管理，实现控制平面和数据平面的解耦，最终以存储服务的形式提供给应用，满足应用按需(如容量、性能、服务质量、服务等级协议等)使用存储的需求。软件定义存储必须包含以下特征：

- 软件与硬件解耦： SDS 应既支持专有硬件，也支持通用硬件，且功能应该统一，应允许用户自行部署 SDS，用户可选择在专有硬件上或在自主采购的通用硬件上部署 SDS。
- 扩展灵活：纵向扩展及横向扩展能力强大，以分布式的横向扩展为主，提供在线扩展性能与容量的能力，且不应降低可靠性。
- 多种数据路径：提供块/文件/对象存储接口，支持异构，可实现统一池化管理，并支持应用通过这些接口写入数据。
- 自动化：可简化管理，降低维护存储资源的成本与复杂度。

- 管理接口：提供 API 与管理、部署和维护存储资源的接口与服务，易于管理和维护，可被云，数据中心，应用程序调用并实现策略驱动。
- 服务级别管理：提供 QoS 能力，可以设定 SLA，允许标注元数据来驱动某类型的存储和数据服务。

（二）软件定义存储的范围

软件定义存储涵盖的范围比较广泛，从实施部署的底层硬件到自动化管理的智能软件到贯穿整个体系的数据保护都在本书的讨论范围之内。



图 1 软件定义存储参考架构图

（三）软件定义存储的前生今世

软件定义最早出现在 2009 年，斯坦福大学的 Mckeown 教授正式提出了软件定义网络（Software Defined Network，简称 SDN）的概念，拉开了软件定义的大幕。

软件定义持续升温，很多厂商和机构纷纷抛出各种“软件定义”的概念。VMware 很快提出了软件定义数据中心(SDDC)和软件定义存储（SDS）。IBM 提出了软件定义环境(SDE), Intel 大力推广软件定义基础设施 (Software Defined Infrastructure)。Gartner 对 2014 年具有战略意义的十大技术与趋势做出总结的时候,首次放入了软件定义一切(Software Defined Anything),

软件定义一切囊括了在基础设施可编程性标准提升下不断增长的市场势头、由云计算内在自动化驱动的数据中心互通性、DevOps 和快速的基础设施提供等。软件定义一切还包括各种倡议,如 OpenStack、OpenFlow、OCP(Open Compute Project)和 Open Rack, 共享相同的愿景。

计算、网络、存储是信息基础架构的三个支点,就存储而言,如果数据可以感知用户定义的策略和需求,并在策略的驱动下自主调整工作状态,这种理念就可称之为软件定义存储。软件定义存储把存储服务从存储系统中抽象出来,这样就降低了与硬件的耦合度,可以更广泛的选择和使用包括机械硬盘及闪存存在内的存储介质。

随着移动互联网、物联网、云计算的发展,数据以前所未有的速度迅猛增长,加之云计算应用模式的快速普及,传统的集中式存储已经无法满足运营商 和 IT 企业系统在灵活性、扩展性方面的需求,软件定义存储迎来爆发性的增长。为了适应新趋势、

迎接新业态，很多数据中心都在经历从硬件定义向软件定义的转型。转型问题凸显：

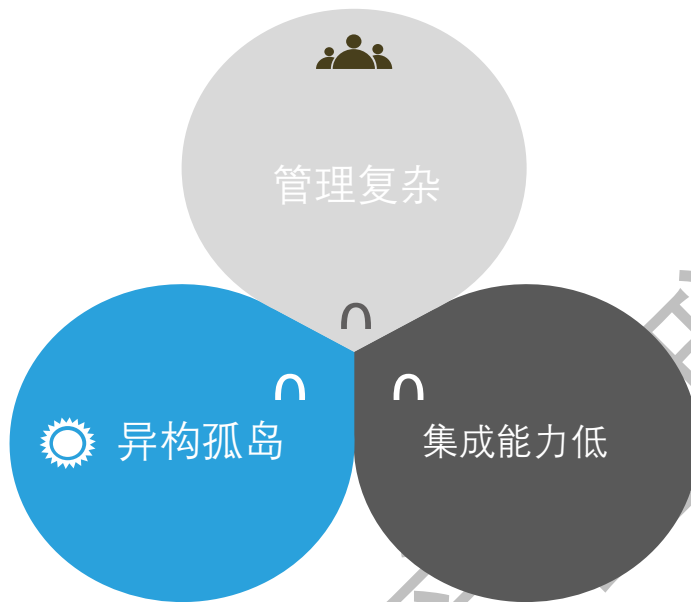


图2 传统数据中心面临问题

1) 异构存储资源形成数据孤岛，资源利用率低，存储成本激增。

数据中心在持续建设中，一般分批次采购异构存储设备，导致存储资源多样化；随着设备数量、版本、类型增多，存储资源管理日趋复杂；不同设备的存储资源逐渐形成异构孤岛，数据不能流通，存储容量碎片不断增多，业务需要的存储空间和分配越来越难规划。

2) 管理复杂，管理成本高。不同的存储设备其功能、管理接口、管理工具都不尽相同，大大增加了管理的成本与复杂度。在大中型的数据业务上线过程中，从业务规划、存储资源采购、配置到发放的时间周期往往会持续很长时间。

- 3) 存储基础设施结构封闭，难以与应用系统集成。**传统存储的厂商绑定情况严重，在扩容、改造、跨异构设备分发业务等方面，难以统一资源、快速发放，增加了转型难度。

随着用户需求的变化、技术的变革，软件定义存储能够提供给用户更快的性能，更高的灵活性和开放性，更强的扩展性，更简单的管理，能够集存储资源虚拟化、自动化、服务化为一体，很好的解决上述问题，软件定义存储开始引领风潮。

二、软件定义存储产业现状

（一）软件定义存储的市场格局

软件定义存储作为存储行业新兴的技术，拥有良好的扩展能力，超高的性价比，相比于传统存储错综复杂的管理，软件定义存储在易用性方面也更高一筹。软件定义存储的出现迅速引燃了整个行业，存储行业的变革风暴正在席卷全球。

1) 超融合市场火爆带动全球 SDS 市场持续增长

以硬件为中心的双控制器存储阵列设计的传统IT基础设施正在向以商用硬件为基础的云环境迅速转型，软件定义的存储(SDS)市场将在未来几年迅速扩大。据国际数据公司(IDC)的最新

预测，全球软件定义存储市场的复合年 增长率将达到 13.5%，到 2021 年收入接近 162 亿美元。

软件定义存储易扩展、应用驱动、自动化的特点为正在进行数字化转型的企业提供了选择，由于使用了大量现有硬件与商业硬件，大大降低了资本成本，随着软件定义存储功能的丰富，企业存储的支出将继续向软件定义存储转移。IDC的数据显示，在软件定义存储市场中，下一代数据中心的旺盛需求正在有力地推动三大关键子领域的扩张，即文件、对象、超融合基础设施(HCI)。其中HCI部分市场表现尤其活跃，预计到2021年总收入将达到71.5亿美元，复合年增长率达到26.6%。在预测期内，对象存储的复合年增长率将达到 10.3%，而文件存储和块存储的复合年增长率将分别达到 6.3%和 4.7%。传统的SAN(存储区域网络)和NAS(网络附加存储)存储系统受超融合的影响，市场份额有所削减。

2) 国际 SDS 市场生态趋于稳定，细分领域的厂商优势明显

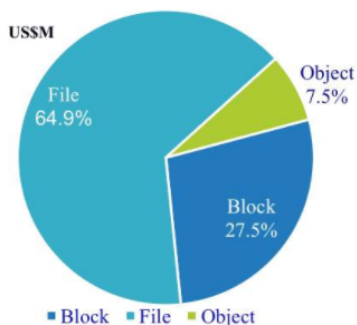
根据 Condor Consulting Group 的一份调查报告显示，有能力覆盖多个 SDS 细分领域的厂商等数量有限，主要由行业巨头把控，但在文件、对象存储、块存储、超融合分领域，中小企业以其拥有的某一项多几项独特的功能占据一定份额。

3) 国内 SDS 市场呈现百家争鸣、群雄逐鹿的态势

随着云计算快速落地，并持续走向深化，未来几年内，软件定义存储和超融合市场将迎来新一轮的爆发。根据 IDC《2017 年 Q2 中国软件定义存储及超融合市场跟踪报告》数据显示，2017 年上半年中国软件定义存储市场，华为、曙光、星辰天合(XSKY)、浪潮、IBM、H3C、联想等企业表现不俗，报告中国内厂商的软件定义存储市场份额同比涨幅较大。

在软件定义存储的数据组织层面，来自 IDC 分析数据显示，文件存储的应用市场依然非常广泛。针对中国软件定义存储市场状况的分析中，文件存储超过了 60% 的市场份额，占比具体为 64.9%，其中块存储为 27.5%，对象存储为 7.5%。文件存储在 SDS 市场中遥遥领先。块存储和对象存储市场中，国内厂商主导优势明显，占领大部分市场份额。块存储领域，华为以 43.5% 的市场份额拔得头筹。对象存储领域天辰星合（XSKY）以 24.5% 的市场份额遥遥领先。

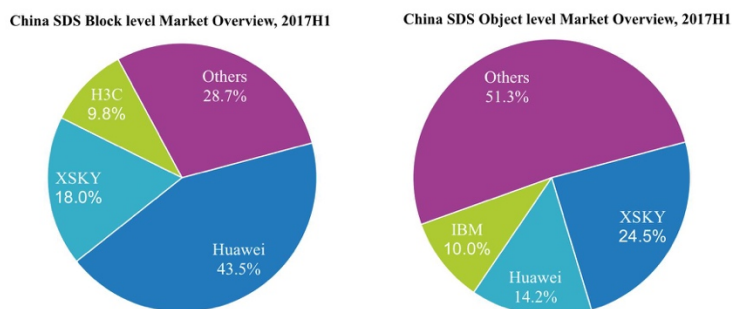
China SDS Market Overview by Data Organization, 2017H1



数据来源：《2017 年 Q2 中国软件定义存储及超融合市场跟踪报告》

图 3 中国软件定义存储数据组织层面市场概况

China SDS Block & Object Level Market Key Vendor Analysis, 2017H1

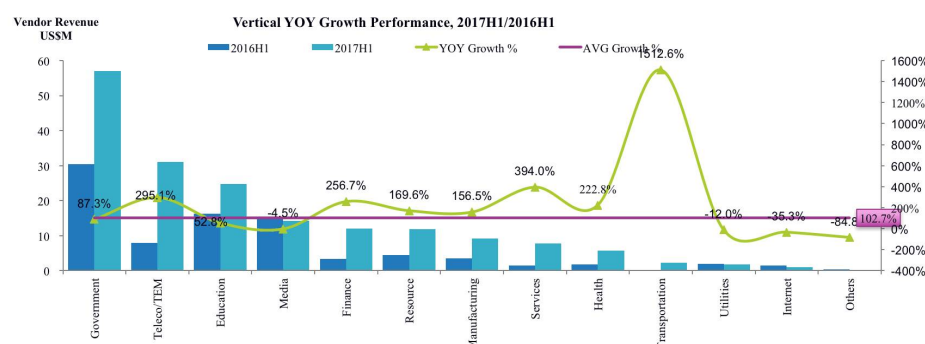


数据来源：《2017 年 Q2 中国软件定义存储及超融合市场跟踪报告》

图 4 中国软件定义存储在块存储与对象存储领域的市场概况

在行业细分市场方面，软件定义储存市场排名前五名的行业为政府、电信、教育、媒体、金融，电子政务的蓬勃发展与公安视频云的需求使得政府以31.9%的市场份额占据榜首。电信行业更是将软件定义储存列入集中采购的范围内，以17.4%的市场份额位居第二。教育行业主要集中在HPC和私有云解决方案的应用领域。得益于广播和视频网站等新媒体的部署方式，媒体行业也有较好的表现，位居第四。传统存储的重点行业，金融领域则相对保守，仅排在第五位。与此同时，超融合市场排名前三的行业为政府、教育、制造，主要承载软件定义计算如运管平台及虚拟化等解决方案。

China SDS Market Vertical Dynamics, 2017H1



数据来源：《2017 年 Q2 中国软件定义存储及超融合市场跟踪报告》

图 5 中国软件定义存储市场垂直领域变化示意图

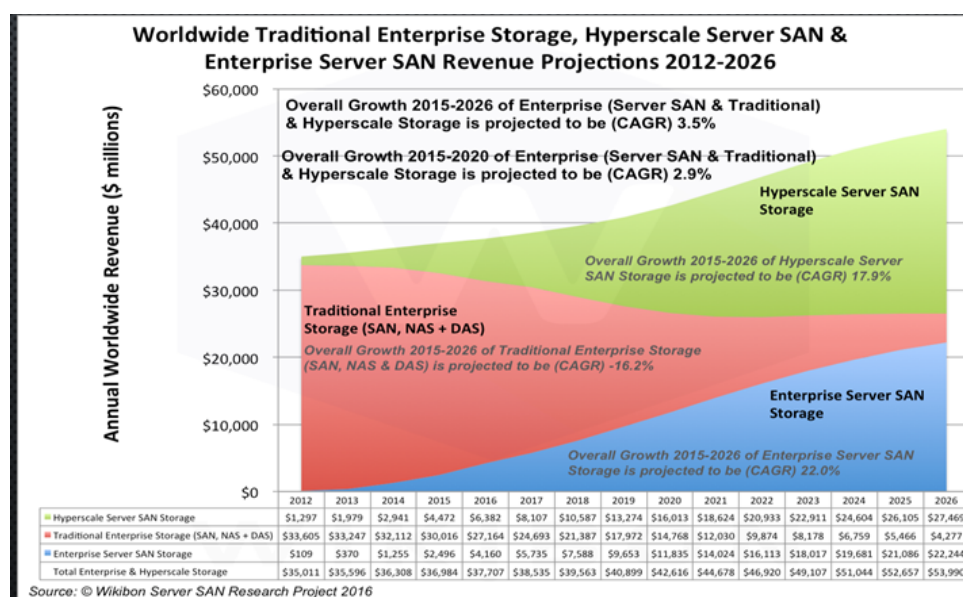
（二）软件定义存储的市场发展趋势

1) 传统存储市场式微，软件定义存储主导未来

在信息化趋势下，随着电子政务、物联网、三网合一、云计算、安防监控、数字化医院、数字校园、自动化办公等在国民经济各领域应用的日益广泛，数据量呈爆炸式增长。数据大集中、数据挖掘、商业智能、协同作业等技术逐步成熟，数据价值也呈指数上升。这就必然导致存储需求的持续快速增长，使得存储行业成为信息产业中最具持续成长性的领域之一。

近年来 Server San（软件定义存储的重要组成部分）强势崛起发展迅猛，不断冲击着传统存储市场。存储市场中传统阵列的市场份额将持续走低，Server San 的赶超只是时间问题。未来 5 年内 Server San 的市场份额将有望超越传统存储。随着存储技术的快速发展，传统存储的部署代价也在逐年下降，但是其稳定、

可靠、高性能和低延迟的特点在某些特定场景的应用中依然无法替代，短期时间内传统存储仍将占有一席之地。

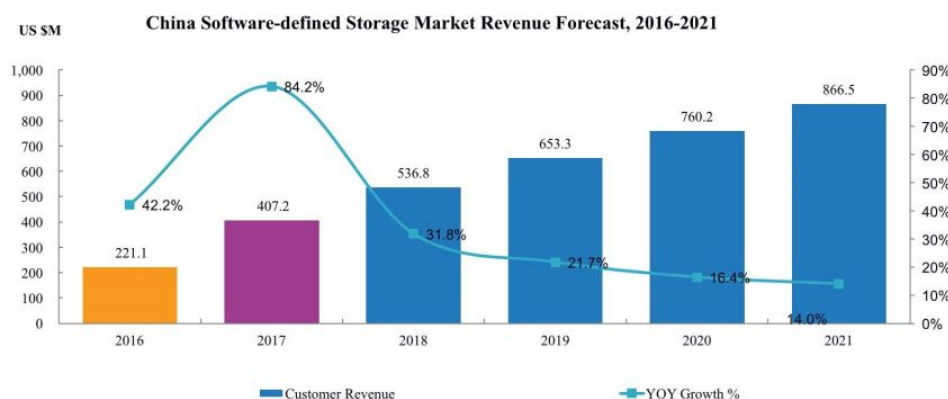


来源：Wikibon Server San Research Project 2016

图 5 传统存储市场与 Server San 市场变化预测示意图

软件定义存储已是大势所趋。随着软件定义（SDS）技术的快速发展，越来越多的客户将开始转向 SDS。据 Gartner 预测，SDS 在 2021 年的企业采纳率将达到 35%，2026 年这一数字将增长至 75%。而从销售数字来看，IDC 预测中国未来五年 SDS 年平均增长率（CAGR）将达到 33.62%，在 2021 年市场规模将达到约 57.5 亿元人民币。

China SDS Market Forecast, 2017H1



来源：《2017 年 Q2 中国软件定义存储及超融合市场跟踪报告》

图 6 2016-2021 中国软件定义存储市场预测示意图

2) 分布式存储和超融合架构成为重要发展方向

● 分布式是软件定义存储的未来

传统磁盘阵列的成本居高不下，扩展能力有限，难以满足爆炸式数据增长的需求。分布式存储技术在解决海量数据存储问题上有着无可比拟的优势，分布式存储系统将数据分散存储在多台独立的设备上，有效解决了传统存储方式的存储性能瓶颈问题。分布式网络存储系统采用可扩展的系统结构，利用多台存储服务器分担存储负荷，并且提高了系统的可靠性、可用性和存取效率，而且易于扩展。分布式的软件定义存储凭借弹性、敏捷性和易管理等特长，成为新的潮流和趋势。

● 超融合为中小企业铺平转型之路

“超融合”融合了计算、存储和服务器虚拟化等技术，将标准硬件连接起来形成资源池，采用分布式存储架构，实现灵活的横向扩容、高度的自动化部署、简单方便的使用维护。超融合技术的出现，使得企业可以更高的性价比去获取更强的计算能力与存储能力，增强企业竞争力，促进了中小企业的快速发展。独具特色的超融合架构无疑能帮助中小企业在发展快速、竞争激烈的市场中，更专注于自身业务的发展，并通过信息化手段放大自身优势。

三、软件定义存储技术现状及发展趋势

软件定义逐渐将控制平面与数据平面进行解耦，将硬件的可控成分按需求、分阶段地通过编程接口或者以服务的方式逐步暴露给应用，分阶段地满足应用对资源的不同程度、不同广度的灵活调用。根据软件定义实施的不同阶段，软件定义存储的产品主要聚焦在管理层面与数据层面。

（一）控制平面的 SDS 逐步走向成熟

控制平面的 SDS 构建在现有的存储系统之上，对存储资源实现抽取、移动性、虚拟化、存储资源管理（SRM）及 I/O 优化，提供更强的存储服务敏捷性从而降低管理的工作量，以此改善运

营支出（opex）。目前拥有控制平面 SDS 产品的厂商为数不多，代表产品有 VMware SPBM、华为 OceanStor DJ 和 IBM Spectrum Control。

1) 华为 OceanStor DJ

华为 OceanStor DJ 定义为业务驱动的存储控制软件，统一管理存储资源，提供业务驱动、自动化的数据服务。其核心是基于 OpenStack 存储相关组件的能力增强，实现存储即服务、数据保护即服务等。OceanStor DJ 将应用与底层存储解耦，能够使客户不依赖于传统设备和应用厂商。在云化场景下，将存储和数据保护等能力以 XaaS 的方式提供，顺应存储价值链向软件和服务转移。

OceanStor DJ 软件定义存储的业务特征主要体现为三点：存储资源虚拟化、自动化、服务化，相应的，其技术架构可分为数据层，服务编排层和服务层。

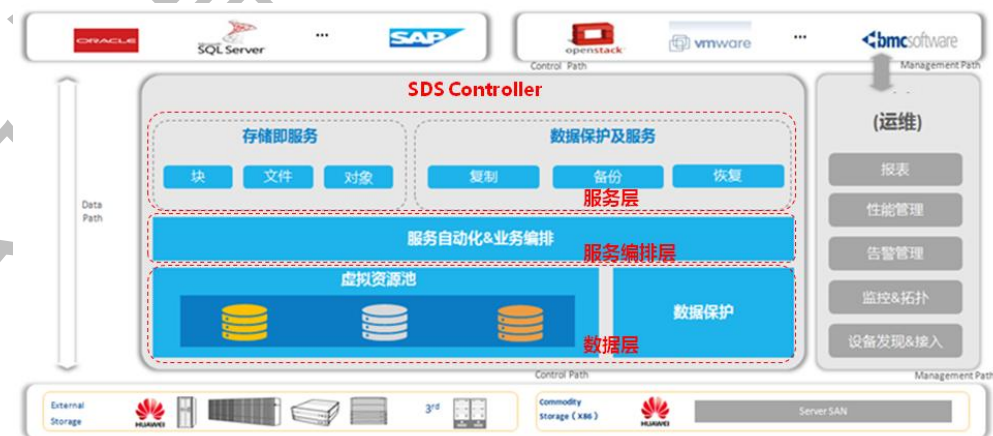


图 7 华为 OceanStor DJ 架构图

数据层从控制面通过对企业级存储的管理、资源虚拟化，实现统一管理，提升资源利用率，支持标准硬件，可以实现快速弹性扩展，能够承接新型业务和负载。通过这层抽象，数据层实现对底层异构存储系统的虚拟化，打破设备间的壁垒，将各设备中可提供相同能力的存储资源聚集起来，形成虚拟的资源池。。数据层由 OpenStack Cinder、Manila 等模块功能扩展来实现。

服务编排层为上层服务提供自动化的资源和服务模块调用。服务编排层通过基于策略的资源调度和任务编排，实现存储资源按需发放和自动化部署，并支持自服务（Self-Service），提高资源分配效率，降低 OPEX。OpenStack 的 Heat 项目提供了服务编排层的基础框架，各厂商可以基于此框架扩展。华为软件定义存储 OceanStor DJ 的存储服务定制编排是基于 OpenStack 的 Heat 项目进行扩展而来，对外提供各类存储服务能力。同时 OceanStor DJ 也添加了新的服务目录，方便用户管理自定义的服务，或基于已有服务目录修改实现新服务。业务部署自动化的目的是为了简化用户使用存储的方式。

服务层为用户提供各类存储资源（块、文件、对象等）的服务能力，并通过数据层的数据保护 DPS（Data Protection Service）组件提供数据保护服务。服务层通过将存储功能软件化，访问协议解耦，支持文件、块、对象等类型存储资源分配服务。

2) VMware SPBM

VMware SDS 的存储自动化，是通过 SPBM (Storage Policy Based Management) 来实现的。SPBM 是一种通用的存储策略框架，可跨 Virtual SAN 控制并自动执行以虚拟机为中心的存储策略，也可通过 Virtual Volumes 管理外置存储。

SPBM 采用与虚拟机相关的逻辑模板（存储策略）形式捕获存储服务级别的要求（容量、性能和可用性等）。SPBM 能够通过确定符合策略要求的可用数据存储来自动放置虚拟机，并支持虚拟化程序以动态方式对所需的数据服务进行实例化。通过实施策略，SPBM 还能够在虚拟机的整个生命周期内自动监控服务级别和合规状态。当应用的存储要求发生变化时，策略会随之更新，并且这些更改会立即自动部署。下图是 SPBM 在 VMware vSAN 上的具体实现：

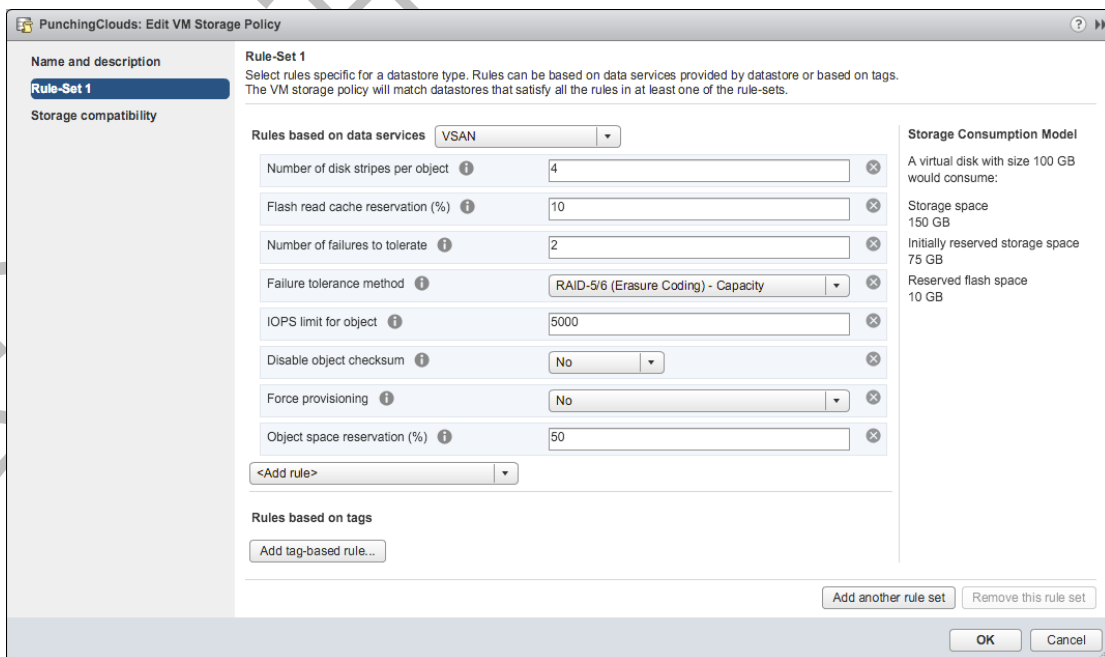


图 8 VMware SPBM 存储策略配置示意图

SPBM 在外置阵列上的具体实现是通过 Virtual Volumes 实现的。Virtual Volumes 目前已经成为 vSphere 平台中，实现 SDS 控制平面以存储策略方式驱动底层存储资源的部署、变更的行业标准。为云计算提供了即刻交付的存储自动化奠定了基础。

3) IBM Spectrum Control

IBM Spectrum Control 位于软件定义存储架构中的控制平面，可为虚拟化、云及软件定义的存储提供有效的存储资源管理，调度与监控功能。IBM Spectrum Control 旨在帮助企业轻松向新的工作量转型，升级存储基础架构，从而交付最多有助于降低 50% 的存储成本的分析。

借助存储资源池及自动化存储分级功能，IBM Spectrum Control 可根据应用的需要为其优化，自动化分配适当级别的存储资源池，同时 IBM Spectrum Control 还可持续监控数据的热度，性能，路由，容量等指标，生成客户化的报告并在仪表板中展现，只需一个控制台即可统一管理磁盘、闪存、文件和对象存储系统上的各种数据。除支持部门和存储应用视图以外，IBM Spectrum Control 还可自动识别未使用的存储并进行回收，进而提高效率。其使用指标和预先设计的报告，可帮助存储团队在端到端的存储环境内管理性能。IBM Spectrum Control 应用了 Design Thinking 的设计理念，人机交互方面高效，易于使用。

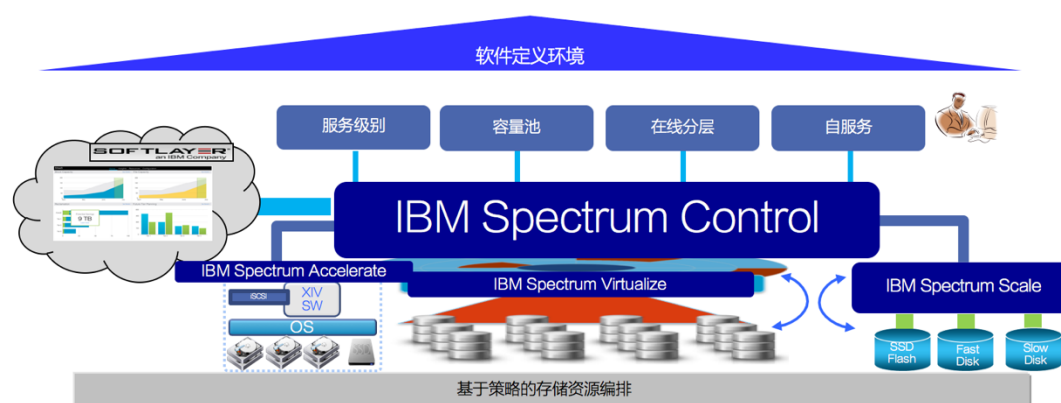


图 9 IBM Spectrum Control 设计架构图

（二）数据平面的 SDS 产品百花齐放

数据层面 SDS 主要致力于将存储系统部署在基于行业标准的通用商业硬件上，将其转变成可由文件协议、数据块协议或对象存储协议来访问的存储系统，提供数据的处理、优化，存储功能的提取和实现。这一层的产品类型和数量众多，构成也比较复杂。下面将按照本白皮书的分类方法，对各类主流产品作简要介绍。

1) 基于商用的硬件—ServerSan 产品

Server SAN 可以用标准的 X86 服务器、高速通用网络来实现，省去专用设备和网络成本，降低部署成本，目前市场的 ServerSan 产品种类繁多，代表产品有 H3C ONEStor、优铭云 UMStor、中兴通讯 CloveStorage、IBM Spectrum Scale、思华 MegaBric、龙村科技 LoongMax SAN 等。

● H3C ONEStor:

ONEStor 是一款全分布式架构的 ServerSan 存储系统，通过领先的分布式架构，极易维护的管理平台，全自动化的数据自我修复能力，实现了存储性能的线性扩展，可靠性的大大提高，降低了用户的使用门槛，无需非常专业技能即可实现存储系统的管理维护，简单易用。

- **UMCloud UMStor**

UMStor 基于通用的 x86 服务器构造了统一存储资源池，提供多种数据服务，并且互联互通，打破了数据调度壁垒。适用于虚拟化、云计算、大数据、物联网、混合云等使用场景。UMStor 作为真正的软件定义存储系统，采用领先的全分布式全冗余架构，没有单点故障，具有高弹性和高可靠性，性能和容量可以横向扩展，可以通过灵活的软件配置和硬件选型，自定义存储系统的性能、容量、数据保护能力等，满足当前和未来战略的需求。

- **中兴通讯 CloveStorage**

中兴通讯分布式统一存储系统 CloveStorage，以业界主流分布式存储系统 Ceph 为基础，利用了其高性能、高可靠、高扩展的设计理念，并在 Ceph 基础上针对实际生产环境的应用进行了功能增强及扩展、存储管理功能完善、性能调优等，充分满足企业未来业务需求，帮助其 IT 系统转型。CloveStorage 适用于大型存储资源池、虚拟化数据中心、多媒体视频数据存储、互联网应用、备份容灾等多种领域。

● 思华 MegaBric

MegaBric 智能集群存储，可广泛应用于广电媒资、高性能计算、数据中心、互联网运营、教育和大型企业等各行业领域。MegaBric 使用分布式文件系统 MegaBric FS，整合存储资源，构建存储资源池后，对外提供统一的存储服务。同时提供文件、块、对象服务，灵活适应客户复杂的 IT 环境使用需求。

2) 基于商用的硬件—HCI 产品

HCI（超融合架构）属于 ServerSan 的一部分，它不仅提供存储资源，还提供计算资源，主流的产品有 Nutanix、VMware vSAN、华为 FusionCube、IBM Spectrum Accelerate、H3C UIS、思华 ExpressIO 等。

● VMware vSAN

VMware vSAN（以下简称 vSAN）是一种基于软件的分布式存储解决方案，直接构建在虚拟化管理程序中，位于 ESXi 层中。vSAN 可在标准 X86 服务器上运行，只要 I/O Controller（控制器）、SSD（固态硬盘）和 HDD（硬盘）在 vSAN HCL（Hardware Compatibility List，兼容列表）内，就可运行。vSAN 的 HCL 非常丰富，因此 vSAN 为用户的选型提供了非常高的灵活性。

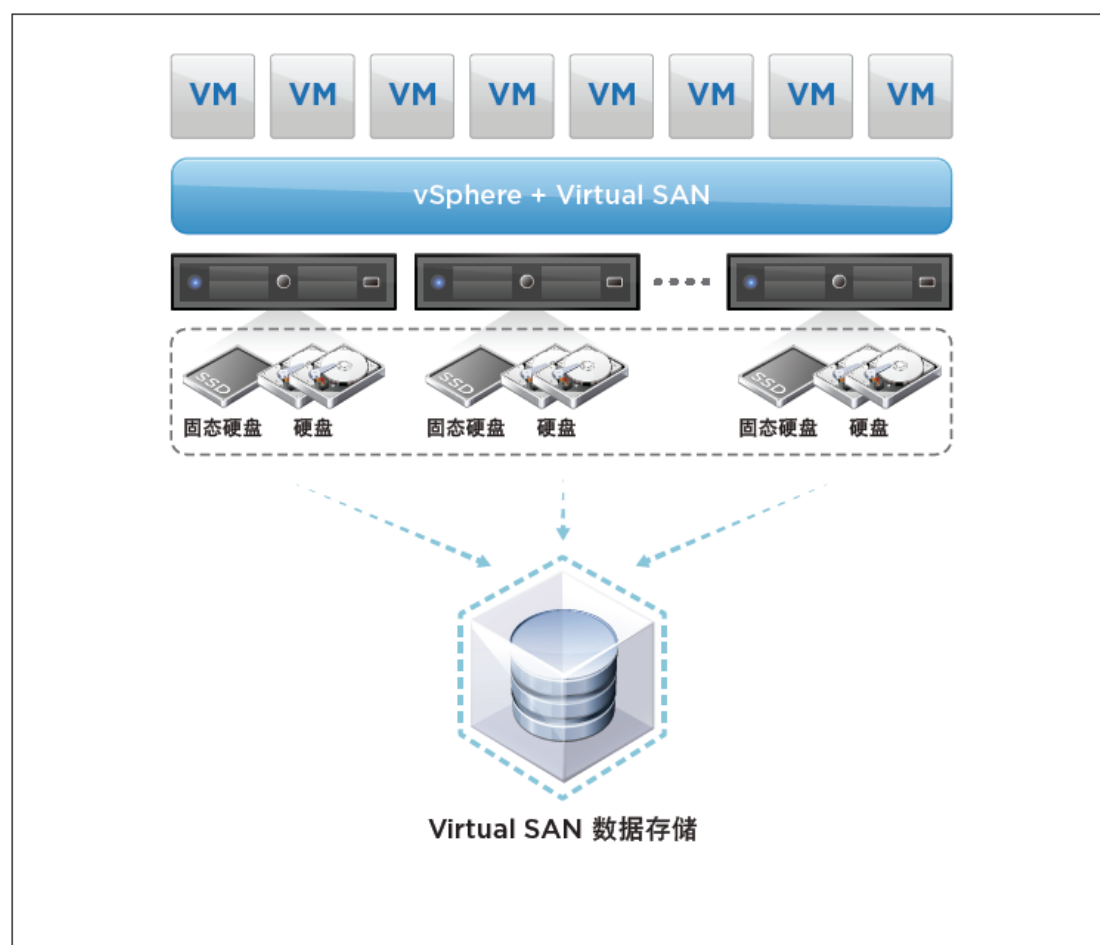


图 10 VMware vSAN 设计架构图

● 华为 FusionCube

华为 FusionCube 虚拟化超融合基础设施定位于企业一体化云平台，面向企业信息化提供 TCO 最优化与核心业务运作效率提升的“通用一体机”或“基础架构一体机”，实现“软件和硬件解耦、硬件共享”，“业务应用快速部署”的理念。根据 IDC 的统计，2017 年上半年华为 FusionCube 在国内 HCI 市场占有率达到 32%，排名第一。

● H3C UIS:

UIS（统一基础架构系统）是业内领先的超融合产品，可灵活应用于各种云计算虚拟化以及复杂应用之中，可提供一个整体

交付的云基础架构平台，集成了业内领先的计算、存储、网络、安全等虚拟化软件，且可灵活交付业务，极简管理，有效降低整体 TCO。

● 思华 ExpressIO

ExpressIO 超融合存储支持多种主流虚拟化平台，利用所有节点的本地存储资源为云平台提供存储服务。具备以下特点：与计算资源融合，既为云平台提供自身的所有计算和网络资源，也同时为平台其他计算资源提供存储服务，彻底摆脱原虚机与存储分离的架构；云平台虚机感知，可以感知到云平台中的每个虚机的 IO 请求，实现虚机本地化 IO；全对等横向扩容，能够在线从几个节点扩展到大量的节点；高可用性，硬盘或节点故障不影响服务。

3) 传统外置磁盘阵列产品

传统存储也在积极投身 SDS 的浪潮，通过与控制平面的对接或是实现 SDS 的抽象、池化、自动化完成转型，代表产品有 IBM Spectrum Virtualize、EMC VNX、HDS HUS 等。

● IBM Spectrum Virtualize

借助 IBM 存储虚拟化及实时压缩技术（RTC）功能，IBM Spectrum Virtualize 可帮助企业挖掘所存储数据的业务价值并推动更佳结果。通过虚拟化传统存储环境，将其变为统一的块存储

资源池，并通过实时数据压缩技术缩减在线存储空间，存储团队可以同等物理磁盘空间存储至多五倍的数据以进行分析。

IBM Spectrum Virtualize 软件为 IBM SAN Volume Controller 和 IBM Storwize® 系列产品的核心产品，该软件 10 多年来一直致力于改善基础架构灵活性和数据经济效益，已经在世界范围内广泛应用于关键业务的部署与整合。IBM Spectrum Virtualize 使存储团队可轻松移动不同存储池之间的数据，而不会对应用或用户产生影响，还可为关键业务提供数据镜像，快照，同步或异步数据复制甚至双活解决方案，从而为业务系统提供最好的业务连续性及可用性方案。

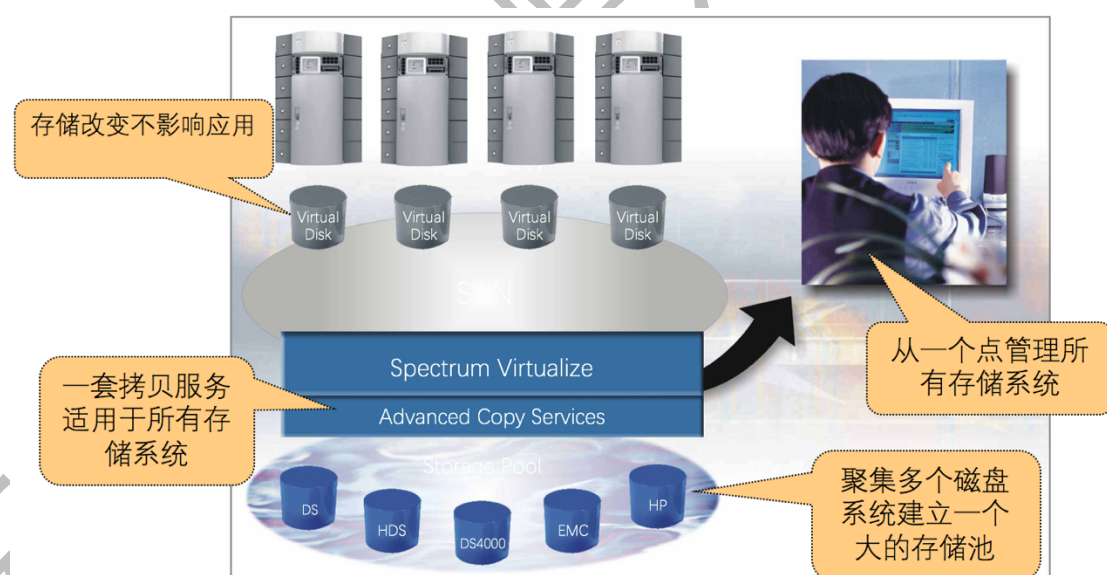


图 11 IBM Spectrum Virtualize 设计架构图

4) 云存储/对象存储产品

云存储服务弹性、高可靠、低成本的特性在云计算的大潮下发展迅猛，以 Amazon S3、中国电信“天翼云”CT-OOS、阿里云 OSS 为代表的产品认可度越来越高。

● Amazon S3

Amazon S3（Simple Storage Service）是为用户从任意位置存储和检索任意数量的数据而构建的对象存储，这些数据包括来自网站和移动应用程序、公司应用程序的数据以及来自物联网传感器或设备的数据。S3 的目标是提供可靠性高达 99.999999999% 的数据持久性保障以及全面的安全性和合规性功能，已经被广泛用于备份存档、大数据分析、灾难恢复等场景。S3 作为业界最早推出的云存储服务，拥有强大的影响力，其接口已经成为云存储领域的事实标准。

● 中国电信“天翼云”CT-OOS

CT-OOS（China Telecom Object Oriented Storage）是中国电信“天翼云”面向海量非结构化数据存储需求，提供的弹性、高可靠、高性价比的对象存储服务。它通过中国电信分布广泛的高等级数据中心确保数据的物理安全，并利用数据中心直连中国电信骨干网的独特优势支持全国范围内的低延迟数据访问。CT-OOS 与 AWS S3 接口完全兼容，并支持分片上传、防盗链、存储

冗余策略可选等服务能力，已经广泛用于互联网网站数据托管、图片视频影像存储、政企单位数据容灾等场景，取得良好成效。

● 阿里云 OSS

阿里云 OSS 是海量、安全、低成本、高可靠的对象存储服务，其服务设计可用性不低于 99.99%，并利用多重冗余存储、跨域备份等手段提供过更好的存储可靠性。同时，它还提供 RESTful API 支持用户在互联网任何位置进行数据的存储和访问，并且有标准型、低频访问型、归档型等多种存储类型供用户选择以优化存储成本。针对网站/应用动静分离、多媒体数据存储、云端数据处理、跨区域容灾等典型存储业务场景，阿里云以 OSS 为核心，整合其它相关服务形成相应的解决方案供用户参考。

数据保护服务始终贯穿于整体解决方案的各个环节，在传统存储中，数据保护已经十分成熟，对于软件定义存储的解决方案仍有很大的提升空间，目前软件定义存储解决方案中数据保护的提供商主要有 IBM、EMC、CommVault、爱数、火星高科、英方和鼎甲。

● Spectrum Protect

IBM Spectrum Protect 是一个可使企业在备份与恢复方面实现单点控制与管理的数据保护平台。它可在各种规模的企业中启用可靠、可扩展且具成本效益的备份，并快速恢复虚拟、物理

和云环境。事实上，IBM Spectrum Protect 可至多降低38% 的备份基础架构成本。

借助重复数据删除和增量“永久”备份，IBM Spectrum Protect 可实现内置效率，使企业可减少在数据保护方面的花费并在创新方面投入更多。

通过整合管理任务，IBM Spectrum Protect可简化备份。此外，VMware 集成意味着存储团队可将多站点复制和灾难恢复能力扩展至其云应用。

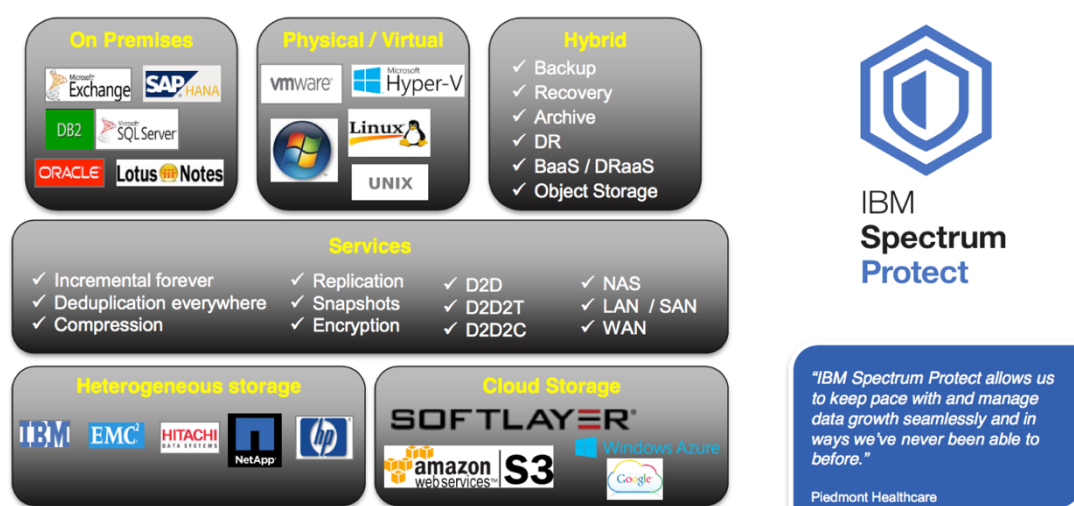


图 12 IBM Spectrum Protect 设计架构图

（三）存储软件开源化已蔚然成风

随着软件定义存储逐渐走向成熟，越来越多的企业通过软件定义的方式充分发挥软件本身具备的策略优势在加上商业硬件就可以满足目前的需求。开放框架的兴起，使得开源 SDS 项目急剧膨胀。以 OpenStack、RedHat 为代表的开源势力引领着开源存储软件的发展方向。在控制平面，OpenSDS、Cinder 的应用发

展如火如荼；在数据平面，性能优秀、可靠性高、可扩展性强的开源软件 Ceph 脱颖而出，GlusterFS、Swift 也在诸多领域广泛应用。

● OpenSDS

OpenSDS 是一个软件定义存储技术开源社区（官网 www.opensds.io，代码托管 www.github.com/opensds），2015 年 10 月成为 linux 基金会正式项目，聚焦于为云原生（Cloud Native）环境提供能够兼容异构系统的存储服务集成能力。

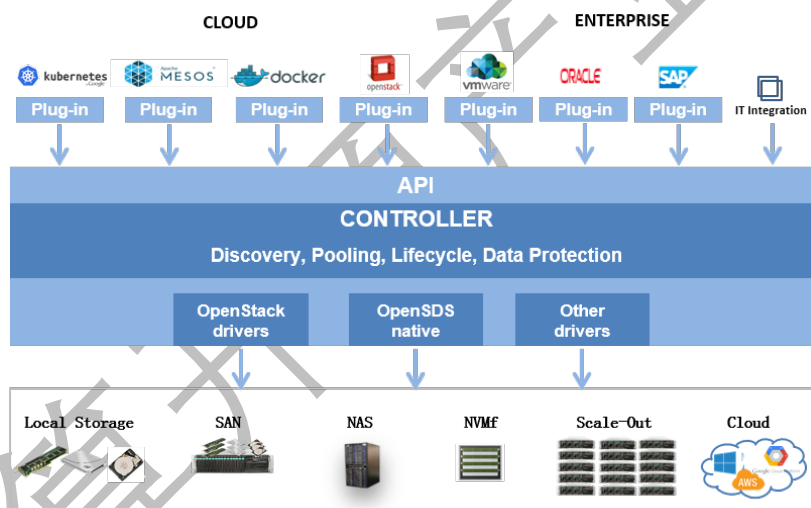


图 12 OpenSDS 设计架构图

OpenSDS 北向为各类云计算架构提供开放、统一的 API，用以集成存储服务；南向通过驱动（driver）兼容各类异构存储设备与系统；在南北向之间通过基于策略的 SDS 控制器实现存储资源的池化、服务化能力，实现云原生环境下存储资源的编排调度，以及生命周期管理。

OpenSDS 项目自成立以来受到业界持续关注，目前已有华为、IBM、Hitachi、Dell-EMC、Western Digital 等多家传统存储领域的厂商参与设计和开发。OpenSDS 社区目前包括三个主要项目：OpenSDS（OpenSDS 控制器）、NBP（北向 Plugin）、ServiceBroker。为了更好的给社区提供技术指导，OpenSDS 成立了技术委员会（TSC），由来自华为、Intel、IBM、WD、日立的专家组成。

未来 OpenSDS 将扩展与业界标准 API 的兼容能力，包括 SNIA、SPC 等，并提升对新型闪存存储的支持。在社区建设方面，与 CNCF、OpenStack、OPNFV 等云计算、SDN 领域的开源社区保持密切联系，持续拓展 OpenSDS 技术生态。在产业方面重点在电信、互联网、终端、汽车等行业拓展客户，吸收更多来自用户的需求，丰富 OpenSDS 的技术输入。

● OpenStack Cinder

2012 年 9 月 27 日。社区发布的 OpenStack F 版，正式推出 Cinder 项目，从此以后 Cinder 项目发展迅速，各大存储厂商不断添加驱动插件，对接自家的商业存储产品，Cinder 的功能也逐渐丰富，添加了很多企业级的功能。如今 Cinder 已经成为 OpenStack 生产环境的必选组件。

Cinder 定于为纯粹的 SDS Controller，厂商中立，只提供块存储服务。Cinder 的目标是“实现存储服务，提供按需、自服务

的对块存储资源的访问功能。通过抽象和自动化传统后端块存储设备，提供软件定义块存储”。

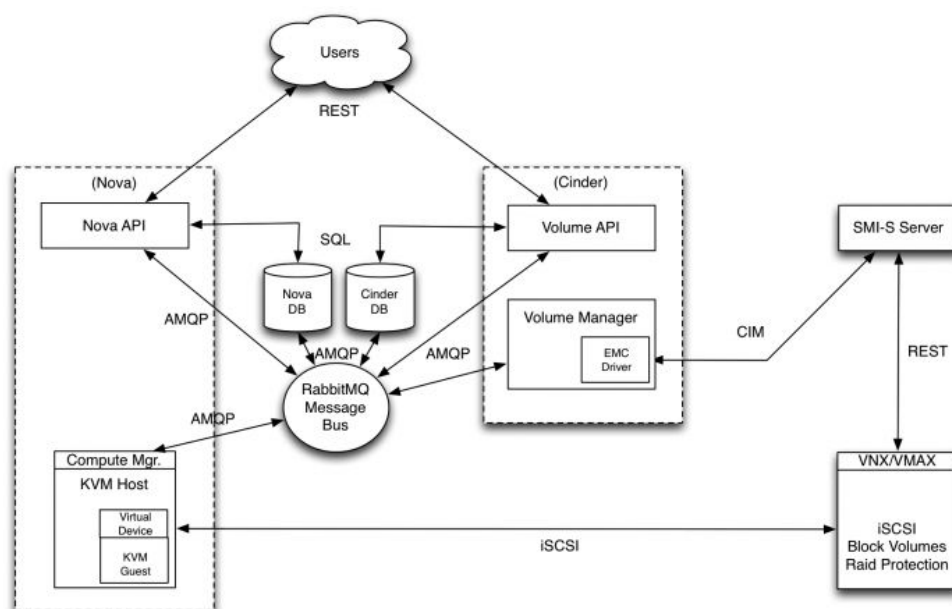


图 13 Cinder 设计架构图

随着 OpenStack 的生态快速发展，Cinder 将在 SDS Controller 领域占据及其重要的位置，未来 Cinder 也将拓宽应用边界，在更多的应用场景中发挥作用。

● Ceph

Ceph 是加州大学 Santa Cruz 分校的 Sage Weil（DreamHost 的联合创始人）专为博士论文设计的新一代自由软件分布式文件系统。经过十几年发展，目前 Ceph 已经成为最广泛的全球开源软件定义存储项目，拥有一个得到众多 IT 厂商支持的协同开发模式。这种开发模式不仅仅是 Bug 提交、修复，代码级的协作，而是从硬件支持、软件功能协同、上层应用对接的全面生态系统写作。它具有如下特点：

- 同时提供对象、块和文件存储三种服务。
- 强大的扩展能力。
- 不局限于任何硬件。
- 具有自我修复和自我管理的能力。

对比传统的存储组网架构,分布式存储架构完全摒弃了 SAN 存储架构,完全基于 IP 网络和 x86 服务器,即可完成存储系统的搭建。两种组网架构对比如下图:

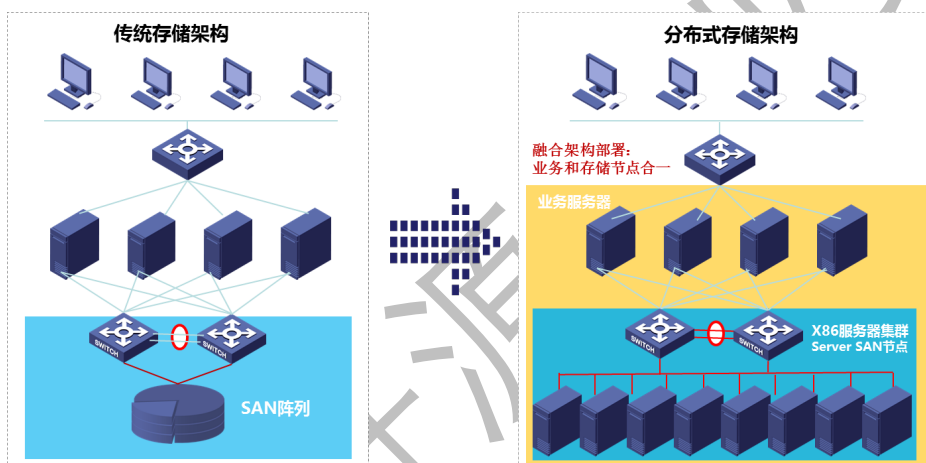


图 14 分布式存储于传统存储的组网架构对比图

作为一个开源的分布式存储系统, Ceph 具备灵活的部署方式,根据不同的业务场景需求采用不同的架构部署。目前业界最火的架构当属超融合,那么超融合之所以被广泛的认可和接受自然有他的需求和价值所在,那就是简化了 IT 部署架构,将传统的计算、存储、网络、安全等需要独立设备提供相应功能的部署架构,简化为基于一套标准的 x86 硬件平台,通过计算虚拟化,存储虚拟化,网络安全虚拟化软件平台,即可完成一个小型数据中心的部署,也可称之为框即云。所以对于用户而言,此种架构能够

大大降低 TCO，从机房空间，设备功耗，以及采购部署运维等方面都能得到极大的节省和简化。而且如果此超融合整体方案都由同一厂商提供，那么对于后续的售后维护以及问题定位解决也不会再发生扯皮现象，省钱、省力又省心。正是因为超融合本身的这些优势，才受到业界的广泛青睐。

➤ 超融合部署模式

超融合部署模式，主要场景有私有云资源池建设，VDI，分支机构数据中心，中小企业办公环境，区域医疗卫生平台，高校教育资源池建设，实验室等。主要通过软件定义数据中心方式，根据不同的业务需求能够灵活提供不同的虚拟数据中心资源，提供四维一体的虚拟化资源保障。

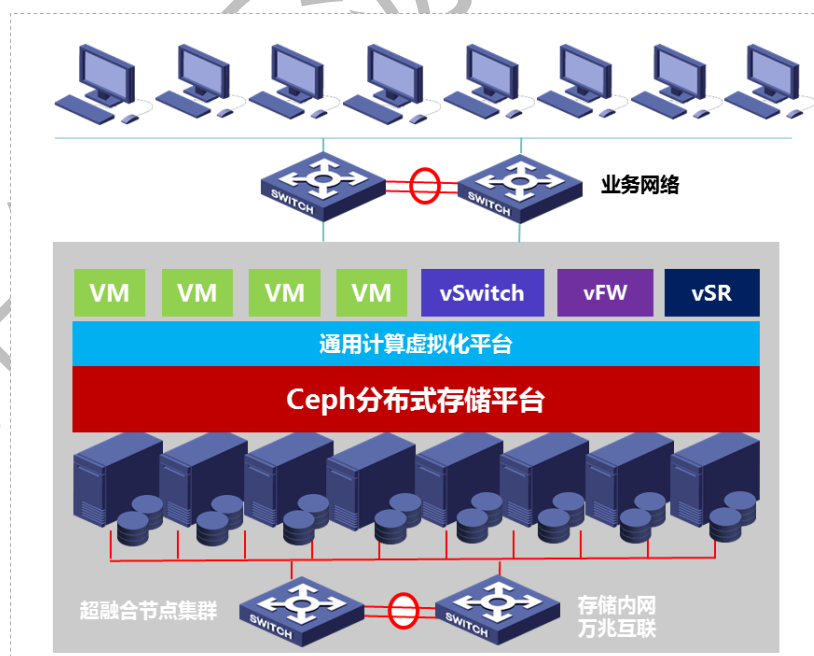


图 15 Ceph 超融合部署模式示意图

➤ 分离部署模式

分离部署架构主要用来构建分布式存储资源池，为不同的前端应用提供标准 iSCSI 存储服务接口，并满足 PB 级的海量存储需求，提供线性扩展能力，性能及容量随着节点增加线性增长，不存在性能瓶颈，可以适配不同企业级应用场景下的各种存储需求。例如：私有云数据中心，企业办公，生产系统，门户，Web 应用，备份，网盘，VDI 等都可以用 Ceph 作为其后端存储



图 16 Ceph 分离部署模式示意图

四、软件定义存储技术在各行业落地生花

（一）中兴通讯助力政府部门构建灵活开放的基础数据系统

信息化时代的大潮推动政府部门的服务平台向智能化过渡，然而各部门间数据孤立，无法实现数据共享、同步更新，难以提

升数据价值。为此，政府提出了建设智慧城市基础数据库信息系统的计划，旨在实现信息共享和协同，实现数据资产价值最大化。

为了解决上述需求，中兴通讯通过开源技术框架 OpenStack + Ceph 增强型电信级云化解决方案，提供统一运营管理的共享池化资源，按需编排资源，消除了“信息孤岛”现象，强化了业务协同和资源共享，还根据业务数据 IO 模型，为业务制定对应的 QoS 策略，定制资源隔离及容灾域方案，减小异常情况下数据恢复对客户端 IO 的影响，增强数据的可用性。

目前，中兴通讯智慧城市电信级云化解决方案已经在江苏、湖南、广西等地广泛应用，该方案具备推广性，在充分利用硬件资源的同时，还能提升整个平台统一运维、监管管理能力，分布式存储架构和多副本机制也为数据的可靠性提供了有效保障。

（二）华为 OceanStor DJ 携手 ISP 实现多数据中心统一管理

KIO 是墨西哥最大的 ISP 服务提供商，拥有 45 个数据中心，服务于 15000 家客户。面对客户不断变化的数据和信息存储需求，KIO 面临以下挑战：

- 多地数据中心管理复杂，需要可靠的系统保证服务质量；
- 需要以多级存储 Tier 满足不同业务的负载要求；并通过分层设计，将容灾和性能诉求统一整合；

- 提升存储业务部署的自动化比例，快速响应客户的业务上线需求。

华为采用 OceanStor DJ 实现三地数据中心的统一管理，整合存储基础设施，减少一半硬件，大幅降低 TCO；以多种存储等级满足客户不同业务的性能、容量、数据保护需求，租户可按需申请；提供自助式服务目录和自动化的业务部署，几分钟就可以获得所申请的存储资源，帮助租户提升了新业务上线速度。

（三）VMware vSAN 护航金税三期和高校存储双活

江苏地税通过采用 VMware vSAN，成功实现金税三期项目的顺利上线。江苏地税曾面临如下问题：

- 业务上线时间紧迫。
- 传统外置存储扩展性差
- 传统外置存储方案易频繁出现单点故障。

vSAN 帮助江苏地税提升了业务系统的上线效率、资源划分的灵活性和可扩展性、数据服务的可靠性和稳定性，同时简化运维成本，大幅降低采购成本。

青岛农业大学新建数据中心采用 VMware SDDC，能够满足 5-10 年内学校信息化发展的需要，承载了各类学校信息化应用，满足各类数据库和信息系统需求。采用 VMware vSAN 技术，提

供了不低于 1P 的存储空间，满足了教学、科研和师生的数据存储需求。利用新建机房和现有机房，实现 vSAN 双活数据中心，确保应用系统的不间断运行和数据安全。

（四） 中国电信高可信“蓝存”为视频存储可信性提供背书

随着视频监控成为城市综治、家庭安防等领域的必要手段，继续沿用 FC SAN 等设备存储海量视频将造成极高的成本。另外，在很多热点事件中，关键视频数据的缺失成为了影响社会可信度的导火索，因此，低成本、高可信成为云存储领域的刚性需求。

针对上述市场需求，中国电信自主研发了“蓝存”高可信云存储系统。其中，“蓝存”以 Ceph 为基础，利用 X86 服务器组建软件定义的分布式对象存储集群，能够提供块、文件、对象等多类型接口，并通过数据分布、并行均衡等方面的优化全面提升系统性能；另外，“蓝存”引入了区块链技术，一方面利用分布式账本机制可靠记录数据增改删查操作以确保数据篡改可溯源，另一方面利用智能合约确保在多方赞同的前提下才能做数据删除以避免发生误删除。“蓝存”重点解决了区块链交易性能等瓶颈问题，能够支持海量视频数据的高并发写入和操作记录查询。

当前，高可信“蓝存”系统已经在浙江、新疆等地应用，它以专用于温冷数据存储的定制化服务器为基础构建软件定义存储集群，通过文件、块接口与中国电信“全球眼”业务平台对接，

在确保数据读写性能的同时有效降低系统成本，并利用区块链技术能力为视频存储的可信性提供背书。

五、中国软件定义存储产业的未来展望

我国软件定义存储产业发展已具备一定基础，整体市场已经呈现出了良好的发展势头，从而带动了国产创新存储厂商的长远发展，但要实现软件定义存储产业的快速发展，深入应用到各个重点行业，还面临着诸多挑战。

（一）中国软件定义存储行业的发展挑战

1) 存储硬件性价比攀升，传统存储短期内仍具竞争力

单块磁盘的容量越来越大，服务器内置磁盘的裸容量都可以支持数百 TB，加之近年来 SSD 技术突飞猛进，SSD 延时大幅缩减，读写性能飙升，可以适用更多的业务场景。技术的普及推广带动价格的快速下调，传统存储的生命力依旧顽强，转型软件定义的驱动力稍显不足。

2) 多云架构下数据跨区存放、应用异地迁移仍是难题

随着越来越多的大中型企业的业务应用上云，为确保应用的灵活性与移动性，打通云上与云下成为当务之急。随着各行各业全球化脚步的加速，拥有多区域多数据中心的企业，亟需解决数

据跨区域存放的难题。同时，在不影响生产的情况下灵活调度、将应用迁移至异地数据中心等问题仍存考验。

3) 数据服务功能尚不完备

现阶段很多软件定义存储的解决方案不能提供完整的数据服务功能性。数据容灾备份和迁移的可执行性仍有瓶颈，跨数据中心的容灾实现困难，采用软件定义存储的方案仍需购买额外的存储系统来弥补软件定义存储方案的缺失功能。历史数据迁移的高成本，也在一定程度上阻碍了软件定义存储的大规模普及。

（二）对中国软件定义存储行业发展的建议

1) 紧跟国家国产自主安全可控大环境，加快自主创新步伐

深化与国外厂商的合作关系，促进中国本土产业的发展。目前中外厂商的合作模式正从简单的销售层面的合作逐渐转向更深入的产品和解决方案的研发，以及共同的市场推广。将国外厂商的先进技术，与中国厂商本地化、定制化的经验相结合，加速国内存储厂商的技术跃迁，缩小技术差距，实现弯道超车。

2) 专注存储软件的研发及优化

当前，国内云市场需求不断增长，不仅公有云、混合云、私有云并存，而且不同云服务提供商之间存储产品大同小异平台却各自独立，云服务商之间的壁垒隔阂不利于统一部署。如今多云部署需求日益旺盛，存储软件的研发与优化，有效屏蔽不同厂商

之间的差异，进行统一的部署和管理，才能够推动软件定义存储与云的深度结合。

3) 完善软件定义存储的生态建设

随着软件定义存储在不同产业中的应用逐渐深化，需求的变化与调整也越发深刻。单一厂商产品很难满足所有需求，聚合产业链伙伴合作一起构建软件定义存储的生态，成为厂商的最优选择。这种生态的构建不仅包括硬件组件之间的适配，更需深与应用软件的深入结合。在实现企业向软件定义存储转型的过程中，需要大量的软硬件开发平台共同协作，建立起云生态系统，从而顺利帮助企业转型。云生态建设是整个产业的共同发展的结果。

（三）中国软件定义存储行业的未来展望

1) 软件推动存储产业架构升级，有望重塑竞争格局

随着数据量指数级增长，互联网化思维要求数据中心能够很好地解决传统存储架构存在的数据孤岛问题，虚拟化应运而生，进而推动传统存储产业发展。传统存储架构难以满足互联网业务高并发、高扩展性的需求，软件定义存储很好地解决了互联网厂商的痛点，未来随着数据量增加、互联网业务并行需求增加，软件定义存储架构占比将持续提升，有望成为存储产业的主流架构。

2) 行业实践深化，软件定义存储助力行业创新转型

软件定义存储技术在行业应用的持续深化，行业用户需要以更加高效、智能的方式来存储、分析和使用数据。传统存储的高成本、低效率日益凸显，软件定义存储技术在异构存储、管理多供应商存储环境方面的优势，为解决行业用户的困扰提供了可能。软件定义存储将真正改变存储经济，助力更多企业在互联网+时代成功创新转型。