



# 分布式云数据中心 的建设与管理

Construction and Management of  
Distributed Cloud Data Center

郑叶来 陈世峻 主编



清华大学出版社

013066686

TP311.13  
524

# 分布式云数据中心 的建设与管理

Construction and Management of  
Distributed Cloud Data Center

郑叶来 陈世峻 主编



清华大学出版社



北航

C1674550

TP311.13

524

013088888

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

分布式云数据中心的建设与管理/郑叶来，陈世峻 主编.—北京：清华大学出版社，2013.9  
ISBN 978-7-302-33522-1

I. ①分… II. ①郑… ②陈… III. ①数据库系统 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 188722 号

责任编辑：陈 莉 蔡 琦

封面设计：赵 鹤

版式设计：方加青

责任校对：邱晓玉

责任印制：宋 林

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>，<http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969，[c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈：010-62772015，[zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者：三河市金元印装有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：180mm×250mm

印 张：21

字 数：523 千字

版 次：2013 年 9 月第 1 版

印 次：2013 年 9 月第 1 次印刷

印 数：1~4000

定 价：58.00 元

---

产品编号：054392-01

# 编 委 会

顾 问 郑宝用

主 编 郑叶来 陈世峻

编 委 伏兴平 李 可 皮楚贤 黄朝意 蒋清亮

唐仁华 张永森 吴庆铨 许永军 张辛波

付 山 吴鸿钟 刘继春 陈红林 马俊超

孟 方 马 双 宾礼文 张亚平 徐建华

何智勇 杨 超



本书向公众宣告：DC<sup>2</sup>(Distributed Cloud Data Center, 分布式云数据中心, 简称DC<sup>2</sup>)解决方案是适合云计算和IT发展潮流的新一代数据中心形态, 而且华为能够提供这种数据中心的完整解决方案。鉴于华为是中国高技术企业的龙头, 又是世界500强企业, 这一宣告具有相当的权威性和指导性。

当前, 在国家发展战略性新兴产业规划的指引下, 作为新兴信息产业重点的云计算在中国炙手可热。但如何推进中国云计算的产业化呢? 是主要依靠引进外国装备、技术和服务, 还是主要依靠本国装备、技术和服务呢? 这不仅关系到中国信息产业的前途, 关系到国家财政的负担, 而且关系到国家网络空间的安全问题。在这个时候, 华为通过“白皮书”宣告, 华为已掌握分布式云数据中心的核心理念, 并具有实现产业化的能力, 这就为依托创新驱动、实现中国云计算的产业化提供了有力的支撑。华为的云数据中心技术已经广泛服务于国内(包括国家信息中心、北京、福建海西、江苏常州、江西等地)及亚非拉兄弟国家的政府和企业, 甚至进入了欧洲、加拿大等发达国家和地区的市场, 为中国的信息化和云计算产业起到了很好的示范带头作用。

在一些场合, 华为的专家将云计算架构概括为“云、管、端”, 也就是数据中心、信息网络和信息终端3个部分。按照这个划分, “白皮书”所阐述的分布式云数据中心涉及“云”和“管”, 是实行云计算、提供云服务的基础设施。

华为充分发挥了它跨通信和计算机两个领域的优势, 在华为DC<sup>2</sup>中, 其将“云”和“管”, 即计算资源与网络资源全面融合; “管”的功能也从过去简单的网络互通, 向随业务需求灵活配置、动态调整, 有QoS保障的网络[即软件定义网络(SDN)]服务的方向发展。华为DC<sup>2</sup>具有强大的管理功能, 这使其可跨地域、跨数据中心, 实现对物理和虚拟的基础设施资源的统一管理。最终, 也是用户最关心的是, 华为DC<sup>2</sup>可以按照服务等级协议(SLA)的要求, 创新性地提供数据中心一体化服务DCaaS(数据中心即服务), 当然也可以提供数据中心内部各层次的单独服务, 如IaaS(基础设施即服务)、NaaS(网络即服务)、MaaS(管理即服务)和FaaS(基础设施即服务)。所以, 华为DC<sup>2</sup>可以提供完备的解决方案和服务内容, 并具有突出的竞争力。

华为重视和发展分布式云数据中心, 首先来自它自身的需求。实际上, 世界上一些云计算巨头往往首先也是受自身需求的驱动, 例如谷歌、亚马逊等。华为作为15万人规模的跨国公司, 为了支撑其业务, 在传统架构下, 历年来在全球范围内构建了3个层级的数量庞大的各种数据中心, 随之带来的问题是: 数据中心层级多, 站点数量多, 总体建设成本高; 管理复杂, 运

营成本高；IT资源使用效率低，能效比低；服务质量很难保证，等等。正是为了解决自身所面临的难题，华为顺应云计算潮流，发展出了分布式云数据中心的整套解决方案。这个解决方案能够很好地切合实际需求、更加富有成效。

人们常常问，云计算究竟有什么好处？能否定量估计？DC<sup>2</sup>用“高效、可靠、绿色”这6个字做了概括，另外还给出了某些情况下可以期望的效益数据。例如业务上线时间从90天减至一周，可降低网络延迟几十倍，节约50%的资本投入，节省60%的运维开销……虽然具体效益会和使用情况有关，但至少我们可以预期，采用分布式云数据中心能取得显著的效益，符合今天建设资源节约型、环境友好型社会的要求。

华为从程控交换机起家，起初是一个通信产品企业，但它抓住通信和计算机融合的趋势，迅速地从通信产品公司发展为一个跨计算机和通信(ICT)两大领域的企业。“白皮书”表明，它现在正向云计算基础设施提供商的方向进军，其持续创新、不断进取的精神值得中国企业学习。

我对华为的认识有一个过程。1984—1995年期间，我主持联想的研发，开始并没有在意华为。1994年时，我才感到华为是联想在中国的主要竞争者。那时，联想和华为乘ICT融合的潮流，都研发出了程控交换机，同时拿到了入网证，开始在市场上面对面竞争。不过我那时低估了华为，认为它和联想不在同一起跑线上。因为华为是一家民营企业，像一张白纸，没有任何技术储备，而联想是一家所办企业，可以无偿使用中科院计算所的科技成果，正像方正是一家校办企业，可以无偿使用北大的科技成果一样，这种优势使联想和方正初期能飞快成长，比如联想前3年的销售额年增长率达到了500%。当时，华为只相当于联想的第二大部(程控交换机事业部)，规模还不及联想第一大部(微机事业部)的1/10。不过，后来我发现自己错了。华为能坚持投入研发不动摇，而许多中国企业有钱了，喜欢搞房地产和资本运作，走“取巧”的路；华为却从不搞房地产和资本运作，坚持走一条“傻路”。20年后再看，人们发现走这条“傻路”不一定比走“取巧”的路差。在这个意义上，华为给中国高技术企业立下了一个标杆。也正是在多年锲而不舍的研发积累基础上，华为才能具有足够的自主创新能力，才能推出分布式云数据中心的整套解决方案，其中包含了众多的自主知识产权和自主核心技术。

前不久，美国政府以“存在安全隐患”为由，将华为和中兴排挤出美国市场，我们反对这种违背WTO(World Trade Organization, 世界贸易组织)原则的做法。实际上，为了使用户放心，华为向一些客户提供全部源代码，允许他们重构系统，以证明确实不存在“后门”之类的安全隐患。可见，美国政府将“存在安全隐患”强加于华为是莫须有的。

如果说，上述事件有什么积极意义的话，那么它告诉我们，信息系统采用外国产品和服务有可能存在安全隐患，特别是，我国还没有建立类似于发达国家那样的进出口审查机制。为此，在发展中国云计算的道路上，在推进中国信息化的过程中，我们都应优先采用自主技术、自主品牌、自主标准的产品和服务。这是发展中国自主新兴信息产业的需要，这是保障中国网络空间安全的需要，这是实现“中国梦”的需要。

中国工程院院士、中国科学院计算所研究员、中国中文信息学会前理事长

倪光南

2013年8月



超宽带网络的高速发展，SDN(数据转发与控制分离的软件定义网络，简称SDN)技术的出现，以及云计算涉及的多种技术十几年来发展正在推动数据中心的新一轮变革。如何把握机遇、引领变革，充分利用已建成系统的优势，引入符合行业需求的全新架构，避免传统数据中心集约化建设带来的大投资、长周期、高能耗、低资源利用率、系统孤立问题以及业务响应能力缓慢、高OPEX<sup>①</sup>的运营模式，是所有企业面临的挑战。

传统数据中心建设的不同阶段具有不同的技术、认知特点。例如某全球化企业在20余年的发展过程中，基于不同阶段的技术能力及业务需求，建设了超过85个不同规模的数据中心，拥有超过5 000台不同规格的服务器，支持4 000余种应用和十几种异构数据库。多元异构的IT数据中心既支持了企业不同阶段的业务和发展，也带来了巨大的管理、升级、维护、运营成本，并迟滞了后续的快速的发展。企业不得不投入庞大的人力资源以维持已有的大规模的数据中心及其业务，同时小心翼翼地探索新架构。

面对这些挑战，数据中心转型成为大势所趋。中国的经典名著中对事物发展规律有这样的描述：“话说天下大势，分久必合，合久必分。”数据中心从传统离散数据中心转型发展经历了以下3个阶段(见图 I.1)。

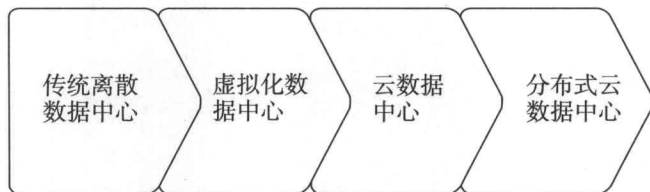


图 I.1

### (1) 虚拟化数据中心阶段

这个阶段主要解决的是资源虚拟化共享问题，数据中心早期转型大部分进行的是数据中心虚拟化。IaaS是云计算最成熟的服务模式，在IaaS中，各种型号的计算和存储设备差异都被屏蔽，形成一个统一的资源池供不同用户按需使用。用户看到的不再是一个个独立的设备，而是

① OPEX(Operating Expense)指的是企业的管理支出、办公室支出、员工工资支出和广告支出等日常开支。在电信运营领域，其被称为运营成本。

一个巨大的、多人共享的资源池，并可以根据业务的需求弹性扩展容量。用户可以租用若干台普通x86服务器组成的资源池，通过统一调度和协同处理，使其提供小型机的计算性能，从而大大降低用户的成本，这也是云计算设计最基本的思想。

### (2) 云数据中心阶段

这个阶段主要解决的是单数据中心融合提升效率的问题，资源服务化、服务差异化(金、银、铜服务)是这个阶段的主要特征。对于所有者，虚拟化数据中心需要对多个数据中心的资源做统一管控和调度，对于各种服务的使用者，其需要有管理和审批的功能。对于租户，VDC(Virtual Data Center, 虚拟数据中心，简称VDC)的租户(DCaaS的使用者)可以管理自己所租用的IT资源，IaaS的租户可以在线申请、扩容、延期资源。而且其需要提供开放的API，使有定制化需求的客户可以做二次开发，满足用户的个性化需求。

### (3) 分布式云数据中心阶段

分布式云数据中心的核心理念在于：物理分布、逻辑统一。它可以将企业分布于全球的数据中心整合起来，使其像一台大型的服务器一样对外提供服务。这个阶段主要解决的是多数据中心融合提升企业整体IT效率的问题。去地域化、数据中心可定义化、自动化是这个阶段的主要特征。

逻辑统一有两方面的含义：所有数据中心及其资源统一管理、调度、运维支持，以及分权分域的管理，这涉及对分布式云数据中心提供统一的运维管理支撑平台；当分布式云数据中心要对外提供服务时，需要提供统一的服务呈现界面、统一的支撑流程，这涉及对分布式云数据中心提供统一的服务平台。

华为作为数据中心的用户，20多年来建立的数据中心支撑了华为的高速业务成长；华为作为数据中心的建设者，帮助数百客户建立数据中心；华为作为云数据中心的引导者，在2013年年初第一个向业界发布了分布式云数据中心DC<sup>2</sup>，把自己的宝贵经验共享给大家。本书在此基础上，详细解读华为分布式云数据中心DC<sup>2</sup>内涵，共享数据中心最新研究成果，减少重复建设投资，共同把握数据中心的未来。

编者



图 1-1-1





<b>第1章 云数据中心的历史和发展趋势</b> ..... 1	
1.1 云计算给数据中心带来的变革和好处.....2	
1.2 云数据中心3.0：分布式云数据中心的定义.....3	
1.3 分布式云数据中心是数据中心发展的必然趋势.....6	
<b>第2章 分布式云数据中心提供的关键服务与关键技术</b> ..... 9	
2.1 分布式云数据中心总体架构.....10	
2.1.1 分布式云数据中心的总体架构.....10	
2.1.2 VDC概念介绍.....11	
2.1.3 分布式云数据中心数据部署策略.....11	
2.2 DCaaS服务介绍.....13	
2.2.1 DCaaS.....13	
2.2.2 DCaaS包含的内容.....13	
2.2.3 数据中心服务的用户角色模型.....17	
2.2.4 数据中心服务目录规划.....17	
2.3 IaaS服务关键技术：数据中心云操作系统.....18	
2.3.1 云操作系统为IT基础设施交付模式与商业模式的变革带来契机.....18	
2.3.2 OpenStack兼容的云操作系统是最佳选择.....21	
2.3.3 云操作系统典型应用场景.....24	
2.4 NaaS服务关键技术：TRILL，VXLAN，SDN.....26	
2.4.1 传统网络技术在云计算时代的挑战.....26	
2.4.2 TRILL.....26	
2.4.3 VXLAN.....27	
2.4.4 SDN.....29	
2.4.5 SDN发展路线和趋势.....30	
2.5 MaaS服务关键技术：自动化和管理系统.....36	
2.6 管理解决方案.....39	
2.6.1 传统数据中心管理面临的挑战.....39	
2.6.2 方案概述.....39	
2.6.3 解决方案优势.....40	
2.6.4 运营管理方案.....41	
2.6.5 运维管理方案.....42	
<b>第3章 IaaS的规划与建设</b> ..... 50	
3.1 IaaS的规划.....51	
3.1.1 IaaS的分类.....51	
3.1.2 IaaS的容量规划.....52	
3.2 计算资源池的建设.....56	
3.2.1 概述.....56	

3.2.2	服务器设备选型	57	5.1.2	分布式云数据中心需要全新的运维管理平台	137
3.2.3	服务器虚拟化选型	59	5.1.3	分布式云数据中心运维管理平台总体架构	141
3.2.4	资源池管理软件选型	71	5.1.4	运维管理平台的基础：IT服务管理	142
3.2.5	计算资源池建设要点	75	5.1.5	IT资源池统一管理	147
3.3	存储资源池的建设	80	5.1.6	数据中心基础架构监控方案系统设计与实现	153
3.3.1	存储资源选择建议	80	5.2	分布式云数据中心运营管理	164
3.3.2	存储资源设计方法	83	5.2.1	IDC业务发展建议	164
3.3.3	存储资源建设选用技术	85	5.2.2	系统设计思想	165
第4章	NaaS的规划与建设	103	5.2.3	运营平台总视图	166
4.1	NaaS的规划	104	5.2.4	运营管理方案设计	167
4.1.1	网络规划	104	5.2.5	广义运营的无限可能	184
4.1.2	安全规划	107	第6章	FaaS的规划与建设	188
4.2	网络资源池的建设	108	6.1	从土建到施工的蓝图	189
4.2.1	网络架构概述	108	6.1.1	数据中心选址	189
4.2.2	网络虚拟化与NaaS解决方案	113	6.1.2	数据中心建设原则和标准	191
4.2.3	DC内部互联方案	120	6.1.3	数据中心设计	192
4.2.4	DC外部互联方案	120	6.1.4	数据中心建造	194
4.2.5	分布式云数据中心多租户隔离解决方案	122	6.2	绿色机房的规划	194
4.2.6	微型数据中心解决方案	124	6.2.1	PUE指标	194
4.2.7	数据中心SDN解决方案应用举例	126	6.2.2	IT设备节能	196
4.3	安全解决方案的建设	127	6.2.3	制冷系统节能	196
4.3.1	分布式云数据中心安全需求	127	6.2.4	供配电系统节能	198
4.3.2	总体架构	128	6.2.5	其他设备节能	198
4.3.3	安全解决方案的建设要点	130	6.2.6	建筑节能	198
4.3.4	云安全解决方案部署举例	133	6.3	绿色机房的建设要点	200
第5章	MaaS的设计与建设	135	6.3.1	模块化	201
5.1	数据中心运维管理	136	6.3.2	高效制冷	205
5.1.1	数据中心运维管理面临的主要问题	137	6.3.3	制冷方式PUE对比分析	211
			6.3.4	气流组织管理与优化	212
			6.3.5	高压直流	213
			6.3.6	高效UPS	214

6.3.7	高效线缆组织	215	8.2.6	面向云计算架构的数据 中心整合	278
6.3.8	统一智能管理	217	8.2.7	基于工具的整合服务	290
<b>第7章</b>	<b>灾备解决方案的规划与建设</b>	<b>221</b>	<b>第9章</b>	<b>分布式云数据中心的成功实践</b>	<b>296</b>
7.1	灾备解决方案规划	222	9.1	某知名全球化电信运营商分布式 云数据中心	297
7.1.1	灾备的概念	222	9.1.1	T运营商调研分析	297
7.1.2	灾备的标准规范	225	9.1.2	深度解读	298
7.1.3	灾备解决方案的规划	227	9.1.3	ALL IT ALL ONLINE 战略	299
7.2	灾备解决方案的建设要点	228	9.1.4	分布式云数据中心建设 步骤	299
7.2.1	设定合适的建设目标	228	9.1.5	T运营商收益	301
7.2.2	选择合适的灾备方案	229	9.2	华为分布式云数据中心建设 经验	301
7.2.3	建设易管理和维护的 灾备系统	230	9.2.1	从机房向数据中心演进阶段 (1998—2002年)	302
7.2.4	建设可演练的灾备 系统	231	9.2.2	世界级数据中心阶段 (2003—2004年)	302
7.2.5	制定灾难恢复预案	231	9.2.3	分层分级的全球化数据中心 (2005—2007年)	302
7.2.6	基于分布式云数据中心的 主要灾备方案	231	9.2.4	分布式云数据中心 (2008年至今)	303
<b>第8章</b>	<b>传统数据中心的改造和整合</b>	<b>238</b>	9.3	分析师对华为数据中心的 评价	306
8.1	IT架构治理介绍	239	9.3.1	Gartner: 华为数据中心解决方 案评价为“Promising”	306
8.1.1	架构治理的目标	239	9.3.2	TBR行业报告: 华为数据 中心整体解决方案评分 排名第一	307
8.1.2	架构治理框架	240	<b>附录</b>		<b>309</b>
8.1.3	架构治理活动	243	<b>参考文献</b>		<b>322</b>
8.1.4	架构绩效体系	250			
8.1.5	运营模型	252			
8.1.6	架构过渡与实施治理	260			
8.2	传统数据中心的改造和整合	264			
8.2.1	企业数据中心现状分析	264			
8.2.2	数据中心整合带来的 好处	267			
8.2.3	数据中心整合效率评估	268			
8.2.4	数据中心整合方法论	270			
8.2.5	虚拟化是数据中心整合的 基础	271			



第1章

# 云数据中心的歷史和發展趨勢



随着IT技术的飞速发展，数据中心的功能在短短50年的发展过程中经历了数据存储中心、数据处理中心、数据应用中心和数据运营服务中心四大发展阶段，成为IT系统最重要的组成部分。其形态也从机房发展到数据中心，再发展到现在最热门的话题之一——云数据中心。

## 1.1 云计算给数据中心带来的变革和好处

维基百科对数据中心的定义为：“数据中心是一整套复杂的设施，它不仅仅包括计算机、系统和其他与之配套的设备(例如通信和存储系统)，还包含冗余的数据通信连接、环境控制设备、监控设备以及各种安全装置。”数据中心是工业化和信息化融合的产物，是政府、各行业的信息化系统核心。传统的数据中心为企业或机构提供IT基础设施与应用服务，办公信息化大大提升了社会的工作效率。由于其IT资源的烟囱式设计、僵化的IT架构等原因，其现在面临着新的困难和挑战。

- ▶ IT设备的利用率低。传统的应用程序运行模式是“一个应用对应一台服务器”模式，各个应用有专用服务器资源，它们之间的资源无法共享。各个业务部门在提出业务应用需求时都处在单独规划、设计其业务应用的运行环境中，并且系统容量通常按照业务高峰期时所需的最大容量来设计，这样当业务非高峰期时(大部分状态下)服务器的资源就处于空闲状态，因此造成了其利用率低下，多家第三方机构的调研表明企业数据中心的服务器平均利用率一般低于15%。
- ▶ 维护成本高。数据中心几乎已经成为“成本中心”、“能耗中心”的代名词。越来越多的服务器和其他IT设备不仅使投资成本(CAPEX)高企，也使得运营成本(OPEX)不断上升。根据埃森哲咨询机构(Accenture)的统计，运营成本已经占到IT总体预算的72%，传统数据中心的成本支出呈图1.1所示的“冰山模式”。

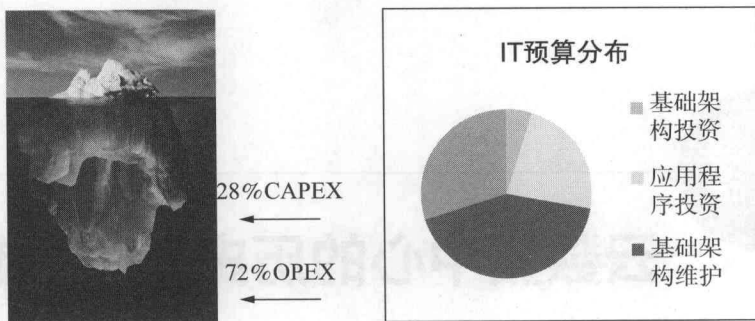


图1.1

- ▶ 其中电费是数据中心OPEX中比重最大的一项，在很多企业中已经占到IT预算的50%。据美国Environment Ldader统计，2006年美国IT数据中心用电占全美总用电的1.5%，而到了2011年，美国IT数据中心用电占全美用电的2.5%。绿色和平组织预测，到2020年，全球数据中心用电将达到目前美国总用电量的一半，超过目前德国、加拿大和巴西用电量的总和。数据中心几乎已经成为耗能中心的代名词。
- ▶ 管理效率低下。传统数据中心的复杂性令不少运维人员发出“是机器在管理我，不是我

在管理它们”的感叹。企业中的不同应用系统是在不同时期由不同的项目团队建设的，服务器及各种设备的数量和类型很多，相互之间的技术架构和平台差别比较大，IT部门很难进行统一管理与维护。而且传统数据中心对虚拟化技术的采用比较少，计算资源与底层物理设备的绑定使得资源的动态分配非常困难。因此传统数据中心的资源配置、部署和管理多采用手工方式，没有自服务和自动部署的能力，大量人力资源耗费在了繁重的重复性工作上。由于自动化程度较低，传统企业数据管理中心中管理人员与服务器数量的比例一般是一比几十。

因此，传统的数据中心给企业和机构带来了巨大的成本和资源压力，提升IT资源利用率、降低功耗、简化运维成为各首席信息官(Chief Information Officer, CIO)亟待解决的难题。

云计算技术的出现颠覆了传统的ICT产业，它所带来的按需使用、资源共享、绿色节能、快速业务部署等好处，可给用户带来更加低成本的应用、更加快速简洁的部署。创造巨大的社会效益和经济效益，已经成为ICT技术最热门、也是公认的发展方向。数据中心是云计算落地实施的实体，近年来在云计算等新应用模式的推动下，数据中心正经历着一次巨大变革。美国的谷歌、亚马逊、微软、eBay，中国的百度、淘宝、腾讯等互联网公司以及三大电信运营商已经在基于云计算技术构建新一代的数据中心，云计算正将数据中心从“成本中心”转变为“利润中心”。其带来的好处主要有以下几点：

- 提升IT设备利用率。云计算通过虚拟化技术实现服务器、存储、网络等IT设备的共享，使多个应用可以在同一个物理服务器上运行，通过资源共享可以使服务器原来只有15%的CPU利用率提升至60%甚至更高。
- 简化管理。在云数据中心，管理人员面对的是一个虚拟机，而不是各式各样的物理服务器，通过云管理软件可以统一管理、调度各种规格的虚拟机，无需关心它们所运行的服务器的硬件差异。因此，在云数据中心的运维效率可以提升5倍以上(从数10台/人至500台/人)。
- 快速部署业务，更敏捷地支撑企业业务发展。全球化、信息化的市场的变化越来越快，因此要求企业的IT系统能更敏捷地支撑业务的变化。云数据中心的IT设备已经组成一个资源池，新业务的IT资源申请只需通过电子模板做网上申请，审批部门审批完成后即可完成，完全改革了传统数据中心需要申请、审批、采购、调测等一系列复杂的过程。从原来的3个月上线时间缩短至数天。
- 绿色节能。随着服务器利用率的提升，数据中心所需服务器的数量也随之大幅减少。随着服务器所需的电量下降，热负荷及基础设施其他插件的功耗也同步下降。另外随着各种新型制冷技术的出现，如联动管理、冷冻水行级空调、自然冷却技术、密闭冷热通道等也可有效降低数据中心所需制冷能耗。这种多重下降使云数据中心所消耗的电量大大降低，传统数据中心的PUE(Power Usage Effectiveness，即评价数据中心能源效率的指标)一般为2.5~3.0，云数据中心可以降低至1.5甚至更低。

## 1.2 云数据中心3.0：分布式云数据中心的定义

云计算技术从2006年提出至今发展非常迅速，各种云相关技术如云管理、大二层网络、

MapReduce、IT设备融合架构、SDN、云存储等将云数据中心变得更加强大和简单。根据华为的理解，目前云数据中心已经处于3.0阶段，其各阶段的具体定义如下。

#### (1) 云数据中心1.0

2006年起谷歌首次提出云计算的概念，“以云操作系统(如Vmware的vSphere、华为的FusionSphere、微软的Hyper-V等)的应用为主要特征，在该阶段中，其通过云化将各种类型的IT资源组成一个共享资源池，如计算资源池、存储资源池、网络资源池，从而实现IT设施的高效利用。服务的交付和使用模式，指通过网络以按需、易扩展的方式获得所需的服务，其中包括IaaS(Infrastructure as a Service, 基础设施即服务)、PaaS(Platform as a Service, 平台即服务)、SaaS(Software as a Service, 软件即服务，国内也称“软营模式”)等各种不同层次的服务。”“云”中的资源在使用者看来是可以无限扩展的，并且可以随时获取，按需使用，随时扩展，按使用付费。这种特性经常被称为像水电一样使用IT基础设施。图1.2为云计算3种服务类型。

在这个云数据中心1.0阶段中，计算、存储、网络设备被虚拟成各个资源池实现共享，但是这3种设备之间仍然保持传统的形态，其部署、管理、维护仍然是分离的。



图1.2

#### (2) 云数据中心2.0

该阶段以计算、网络、存储融合的新一代IT基础设施架构为主要特征。在云数据中心1.0中，由于计算、存储、网络等设施仍然是分离的，建设、维护技术要求非常高，耗时也非常长，因此建设数据中心是一个非常浩大的工程。为了简化IT基础设施的建设和维护，从2009年开始，融合基础设施架构技术快速发展，其产品发展路径主要有两个分支：

- 第一个分支是针对分支机构、中小企业等对数据中心的规模、性能要求不高、缺乏专业技术人员的场景，它通过预集成、预安装机柜、服务器、存储、网络等设备，甚至集成一些常用的办公应用，如文档、打印、即时通讯等软件，为用户提供一站式的微型数据中心解决方案，包括提供一体化的运维管理软件。这使用户建设、维护微型数据中心变得更加简单和快捷，用户只需在现场通过简单的安装和上电即可使用IT服务，如华为的MicroDC可以实现3小时完成部署。其产品包括艾默生的SmartCabinet、华为的MicroDC、APC的InfraStruXure等，另外业界还出现了专门针对某种应用的一体化应用服务器，例如SAP的HANA一体机等，但是这种应用一体机通常不包括机柜等IT机房设备，因此通常不能算是数据中心产品。图1.3是华为MicroDC，图1.4是艾默生SmartCabinet，图1.5是APC InfraStruXure。
- 另一个分支是计算、存储、网络设备的深度融合，将计算、存储、网络的各种功能集中在一个全新的设备中，以实现多功能、高密度、高性能和统一管理。这种产品一般部署在大型的数据中心而非上述的微型数据中心，以便使大型数据中心的部署、管理更加简单和高效，缩短用户的部署时间以及降低用户的OPEX，另外通过与云计算技术的结合也使得IT利用率大大提升。目前业界各大厂家均纷纷推出这种新型一体化设备，代表产品有思科的UCS、华为的FusionCube、IBM最新推出的Pure系列以及惠普的C7000等，如图1.6所示。

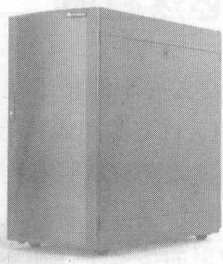


图1.3

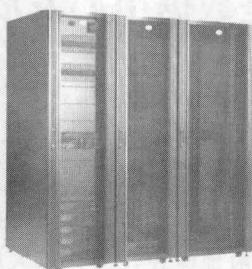


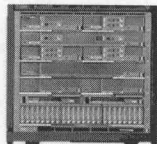
图1.4



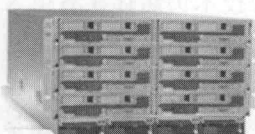
图1.5



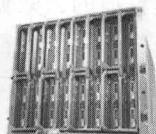
(华为FusionCube)



(IBM PureFlex)



(惠普C7000)



(思科UCS)

图1.6

### (3) 云数据中心3.0

该阶段以2013年推出的分布式云数据中心架构为主要特征，实现各数据中心之间物理分散、逻辑统一，使各数据中心之间的资源统一管理和调度，以达到整体效率的最优化。云数据中心3.0是一个划时代的阶段，因为云数据中心1.0和2.0阶段解决的都是单个数据中心内的问题，比如提升IT设备利用率、简化部署和运维，各个云数据中心之间的关系仍然和云化之前一样，即孤立和各自为政。3.0阶段将各个云数据中心有机连接起来，实现整体运营和运维的统一，彻底解决用户的痛点。分布式云数据中心的架构如图1.7所示。

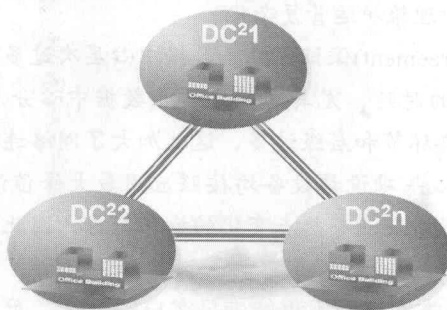


图1.7

分布式云数据中心不再仅限于解决单个数据中心的效率和用户体验，而是将多个数据中心看成一个有机整体，围绕跨数据中心管理、资源调度和灾备设计，包括实现跨数据中心云资源迁移的云操作系统、多数据中心统一资源管理和调度的运营运维管理系统、大二层的超宽带网络和软件定义数据中心能力。这些关键技术将会在后面的章节中详细介绍。分布式云数据中心可极大提升多个数据中心整体的运作效率和可靠性，降低集团用户50%甚至更多的CAPEX和OPEX，同时可通过用户工作环境跟随用户接入地点迁移等技术，降低网络时延，极大地提升最终使用者的体验。



## 1.3 分布式云数据中心是数据中心发展的必然趋势

云计算技术经过多年的发展已经日渐成熟，虚拟化、云网络以及云安全等技术在不断发展，并完善着云计算这个大家族。云计算给社会带来的IT服务按需使用、IT资源高效利用、绿色节能等巨大的经济效益和社会效益，不仅使美国、欧盟、日本等发达国家的政府将其列入国家发展战略，甚至亚非拉等广大发展中国家也已经非常重视，比如孟加拉、老挝、赞比亚、马里等多国的国家级数据中心已经在雨后春笋般地建设。云计算大规模应用的技术条件和环境已经具备，云数据中心的建设已经成为业界不可扭转的趋势。

但是目前的云数据中心技术仍然存在着很大的发展空间，目前的云数据中心技术还在着重解决单个数据中心内部的问题。但随着全球化的深入发展，越来越多的集团企业有跨地域建立分支机构的需要，各区域、各层级的数据中心也应运而生，各部委、各级政府的各个部门也都建立自己的数据中心。这些众多的数据中心还是处于烟囱式的建设和管理状态——各个数据中心之间各自为政。其具体表现为以下几点：

- 总体建设成本高。由于数据中心层级多、站点数量多，数据中心内软件应用与物理计算和存储设备耦合绑定，必然带来更高的端到端的建设成本，同时L1层的机房供电、制冷、土建、安防的投资成本相比L2层的IT基础设施投资成本的比重更大，从而降低了总体数据中心建设的投资收益比效率(ROI)。
- 管理复杂，运营成本高。由于各层级数据中心承载的业务类型不同，软硬件系统运维管理需求及容灾备份保障策略也各不相同，不利于各层数据中心基础设施资源的统一拉通与协同管理，降低了拉通各层数据中心实现全局管理的维护效率；同时由于物理资源和应用强耦合，业务的部署上线，扩容以及升级等生命周期管理操作都会牵一发而动全身，造成了数据中心管理维护运营复杂化。
- SLA(Service-Level Agreement)保证困难。数据中心层次过多时，使用者访问数据中心应用时必然会造成较大的时延，尤其是对于处于数据中心分层架构顶端的应用，所需经过的数据中心站点网络环节和层级过多，这就加大了网络连接故障或流量拥塞发生的概率；同时由于数据中心基础设施设备均按照应用最大峰值流量需求进行容量和部署规划，缺少对企业用户漫游及业务热点变化的感知能力，因此面向企业最终客户接入的业务体验优化将更加困难。

因此，单点的云数据中心方案已经不再能满足客户的需求，而只有从整个数据中心集群的架构入手，解决各个数据中心之间的协同运行、统一管理和调度问题，才能从整体上解决集团IT系统的利用率、管理效率和业务体验难题。分布式云数据中心(Distributed Cloud Data Center，简称DC<sup>2</sup>)正是为了解决这个整体数据中架构的挑战而生的。Gartner咨询公司在2008年数据中心大会上就预言，分散构建数据中心将成为未来几年内对企业数据中心影响最大的两大颠覆性技术之一。Gartner公司的分析师Carl Claunch在他的名为“影响数据中心的十大颠覆性技术”演示中指出，数据中心将逐渐分散修建，而不是作为一个整体结构来建立。从技术上来讲，分布式云数据中心技术将朝着以下几个主要方面发展：

- 分布式建设模式，数据中心管理工具(DCIM)的重构和发展将成为核心的控制点。由于用电、占地、网络等各种因素的限制，集团企业、政府机构的分区域建设数据中心将成为