

青岛英谷教育科技有限公司
青岛农业大学 编著

立体化教辅

- ▶ 教学PPT
- ▶ 教学大纲
- ▶ 考试大纲
- ▶ 开源代码
- ▶ 配套设备
- ▶ 在线题库
- ▶ 视频讲解



高等学校应用型新工科创新人才培养计划指定教材

高等学校云计算与大数据专业“十三五”课改规划教材

云计算框架与应用

青岛英谷教育科技有限公司

编著

青岛农业大学

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书系统讲解了业内最常用的两种云计算框架——OpenStack 和 Kubernetes 的搭建、配置及应用方面的实用性知识,旨在使读者通过对本书的学习,能独立完成一套完整云平台的搭建与应用工作。

全书共分 11 章,简要介绍了云计算及云计算框架 OpenStack 和 Kubernetes 的基础知识、当前常用的操作系统无人值守安装方式以及 OpenStack 各基础组件及服务的安装配置方法,并扩展讲解了另一种常用的云计算框架——容器云 Kubernetes 的安装、配置及应用方法。

本书内容全面,精练易懂、实用性强,可作为云计算与大数据、计算机科学与技术等专业的教材,也可作为有一定 Linux 和虚拟化基础并打算进入云计算领域的从业者及初学者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

云计算框架与应用 / 青岛英谷教育科技有限公司, 青岛农业大学编著.

—西安: 西安电子科技大学出版社, 2019.2

ISBN 978-7-5606-5240-5

I. ① 云… II. ① 青… ② 青… III. ① 云计算—研究 IV. ① TP393.027

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 019428 号

策 划 毛红兵

责任编辑 刘炳桢 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 北京虎彩文化传播有限公司

版 次 2019 年 2 月第 1 版 2019 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 24.5

字 数 581 千字

定 价 66.00 元

ISBN 978-7-5606-5240-5/TP

XDUP 5542001-1

如有印装问题可调换

高等学校云计算与大数据专业
“十三五”课改规划教材编委会

主 编：吕健波

副主编：王 燕 王承明 范怀玉

编 委：（以姓氏拼音为序）

蔡 超	陈龙猛	杜永生	葛敬军	国 冰
韩 存	季 节	贾代平	孔繁之	李凤银
李光顺	李吉忠	李 佳	吕加国	倪建成
宋彩霞	孙 滢	王 锋	王艳春	吴海峰
徐凤生	薛庆文	薛 伟	岳 斌	张克玉
赵景秀				

◆◆◆ 前 言 ◆◆◆

早在 2006 年，云计算的概念就已被谷歌提出，而到了 2014 年，云计算已变得家喻户晓。在云计算平台上部署的应用正支撑着数千万级的用户量和每秒万级的交易数。如今，云计算的价值不仅体现在对海量数据的计算能力上，更体现在对传统行业乃至国民经济和社会发展的显著影响上。例如，城镇化过程中云计算、物联网与大数据技术的结合应用，有力地推动了智能交通、平安城市、智慧医疗等项目的建设。云计算给广泛的社会领域带来了焕然一新的气象。

云计算与市场需求的紧耦合现象，使得越来越多的机构开始认识到掌握云计算处理框架的重要性，相关的专业人才需求急剧升温。

虽然云计算处理框架种类繁多，但当下最受企业青睐的有 OpenStack 和 Kubernetes 两种。其中，OpenStack 面向资源层，改变的是资源供给模式，即对云平台中的物理机、网络、存储进行管理，提供 IaaS 服务；而 Kubernetes 是容器云，面向应用层，即对云平台中的服务进行管理。

OpenStack 和 Kubernetes 虽然同为云计算框架，但在功能上各有所长。谷歌的 Kubernetes 项目经理 David Aronchick 认为：“Kubernetes 专注于处理容器编排，它需要一整套基础设施资源，并且本身不具备处理基础资源的能力。”而 OpenStack 可以为 Kubernetes 提供完整的基础设施资源，同时还能弥补 Kubernetes 中容器之间隔离性差的短板。目前，对企业是应将这两种框架部署在同一架构中，还是应将二者分开部署在不同架构中以扮演不同的角色，业界尚未达成统一意见。

鉴于此，本书的主要特点如下：

(1) 市面上的同类教材大多只介绍某种单一的云计算框架，而本书一并介绍两大主流云计算框架——OpenStack 和 Kubernetes，使读者能够同时了解并掌握两类云计算框架的搭建与使用方法，并在此基础上探索取长补短的协同操作方法。

(2) 市面上现有的云计算教材大多是单行本，不能构成完整的知识体系，而本书作为英谷云计算系列教材之一，是英谷教育成熟完善的云计算教学体系的其中一环。

(3) 本书还搭配有配套的教学 PPT、教学大纲、实践手册、视频等二维码辅助资料，能帮助读者更好地掌握相关的知识和技能。

本书是面向高等院校云计算与大数据专业的标准化教材，兼顾了完善的理论性和较强的实用性。全书共 11 章，以云计算框架——OpenStack 和 Kubernetes 为核心，具体内容如下：第 1 章简要介绍云计算及云计算框架 OpenStack 和 Kubernetes 的基础知识；第 2 章介绍目前企业常用的操作系统无人值守安装方式；第 3 章专门介绍 OpenStack 体系架构中至关重要的部分——网络的配置方法；第 4 章至第 9 章详细讲解 OpenStack 的基础组件、网络服务 Neutron、卷服务 Cinder、对象存储组件 Swift 的安装配置方法，并在卷服务 Cinder 的基础上，扩展讲解了使用 Cinder 管理分布式文件系统、创建并迁移虚拟机等方面的知

识；第 10 章与第 11 章专门讲解容器云 Kubernetes 的安装配置与使用。

本书由青岛英谷教育科技股份有限公司和青岛农业大学编写，参与编写工作的有张杰、凌月婷、马宁、张伟洋、刘峰吉、蒋似尧、孟洁、金成学、张玉星、王燕等。本书在编写期间得到了各合作院校专家及一线教师的大力支持。在此，特别感谢给予我们开发团队大力支持和帮助的领导及同事，感谢合作院校的师生给予我们的支持和鼓励，更要感谢开发团队每一位成员所付出的艰辛劳动。

由于编者水平所限，书中难免有不足之处，读者在阅读过程中如有发现，可以通过邮箱(yinggu@121ugrow.com)联系我们，或扫描右侧二维码进行反馈，以期不断完善。



教材问题反馈

本书编委会
2018 年 10 月

目 录

第 1 章 云计算概论.....1	3.1.3 VLAN.....47
1.1 云计算概述.....2	3.1.4 子接口.....48
1.1.1 云计算的概念.....2	3.1.5 Access 端口和 Trunk 端口.....48
1.1.2 云计算的历史及现状.....3	3.1.6 二层交换机和三层交换机.....49
1.1.3 云计算的发展趋势.....4	3.1.7 VXLAN.....49
1.1.4 云计算的优势.....7	3.1.8 GRE.....50
1.1.5 云计算的常用框架.....7	3.1.9 Open vSwitch.....50
1.2 OpenStack 概述.....8	3.2 VLAN 实验.....50
1.2.1 OpenStack 的概念.....8	3.2.1 安装配置 GNS3.....51
1.2.2 OpenStack 的历史.....9	3.2.2 配置 VMware Workstation.....65
1.2.3 OpenStack 的优势.....10	3.2.3 三层交换机的启动与配置.....76
1.2.4 OpenStack 的架构.....10	3.2.4 配置 VMware 虚拟机.....78
1.3 Kubernetes 概述.....16	3.2.5 配置 KVM 虚拟机.....83
1.3.1 Kubernetes 的概念.....16	3.2.6 实验结论.....89
1.3.2 Kubernetes 的历史.....16	3.3 VXLAN 实验.....89
1.3.3 Kubernetes 的优势.....17	3.3.1 配置交换机.....90
1.3.4 Kubernetes 的架构.....18	3.3.2 配置宿主机.....90
本章小结.....20	3.3.3 配置 KVM 虚拟机.....95
本章练习.....21	3.3.4 配置 VXLAN.....97
第 2 章 无人值守安装操作系统.....23	3.3.5 连通性测试.....97
2.1 PXE、Kickstart 与 Preseed.....24	3.3.6 实验结论.....98
2.1.1 PXE 简介.....24	3.4 GRE 实验.....98
2.1.2 Kickstart 与 Preseed.....25	3.4.1 删除 VXLAN 的配置.....98
2.2 使用 PXE+Kickstart 安装操作系统.....26	3.4.2 配置 GRE.....99
2.2.1 准备 Server 端安装环境.....26	3.4.3 测试 GRE.....100
2.2.2 安装操作系统.....41	本章小结.....100
本章小结.....44	本章练习.....101
本章练习.....44	第 4 章 安装 OpenStack 基础组件.....103
第 3 章 OpenStack 网络基础.....45	4.1 OpenStack 基础组件简介.....104
3.1 OpenStack 网络基础.....46	4.1.1 OpenStack 基本架构.....104
3.1.1 网桥.....46	4.1.2 OpenStack 基础组件.....104
3.1.2 网关.....47	4.2 准备安装环境.....105

4.2.1 配置宿主机环境	105	5.5 Neutron 实验	158
4.2.2 配置虚拟机环境	107	5.5.1 实验环境介绍	158
4.3 配置时间服务器和客户端	108	5.5.2 配置控制节点	159
4.3.1 启动 Chonry 服务	108	5.5.3 配置网络节点	167
4.3.2 修改系统时区	108	5.5.4 配置计算节点	173
4.3.3 配置时间服务器	109	5.5.5 创建虚拟机网络	177
4.3.4 配置时间服务客户端	110	本章小结	187
4.4 安装基础组件	111	本章练习	187
4.4.1 配置 OpenStack 软件源	111	第 6 章 Cinder 卷服务	189
4.4.2 安装并配置 MySQL 组件	112	6.1 Cinder 简介	190
4.4.3 安装并配置 RabbitMQ 组件	114	6.1.1 Cinder 概述	190
4.4.4 安装并配置 Memcached 组件	115	6.1.2 Cinder 架构	190
4.4.5 安装并配置 Etcd 组件	116	6.2 安装 Cinder 卷服务	192
4.4.6 安装并配置 Keystone 组件	116	6.2.1 搭建安装环境	192
4.4.7 安装并配置 Glance 组件	126	6.2.2 配置相关节点	192
4.4.8 安装并配置 Nova 组件	132	6.2.3 安装 Cinder 卷服务	194
4.4.9 安装并配置 Horizon 组件	143	6.2.4 验证 Cinder 卷服务	208
本章小结	145	6.2.5 使用 Horizon 操作 Cinder 卷 服务	210
本章练习	145	本章小结	213
第 5 章 OpenStack 网络服务		本章练习	214
Neutron	147	第 7 章 管理分布式文件系统	215
5.1 OpenStack 网络基础	148	7.1 分布式文件系统与 Cinder 卷服务	216
5.1.1 OpenStack 节点	149	7.1.1 分布式文件系统简介	216
5.1.2 OpenStack 网络种类	149	7.1.2 Cinder 与分布式文件系统的交互	216
5.2 Neutron 架构及组件	150	7.2 管理 Ceph 文件系统	217
5.2.1 Neutron Server	150	7.2.1 Ceph 文件系统简介	217
5.2.2 Neutron L2 代理	152	7.2.2 Ceph 文件系统架构	217
5.2.3 Neutron L3 代理	153	7.2.3 创建 Ceph 文件系统	218
5.2.4 Neutron DHCP 代理	153	7.2.4 使用 Cinder 管理 Ceph 文件系统	229
5.2.5 消息队列	153	本章小结	237
5.2.6 数据库	153	本章练习	237
5.2.7 认证服务	154	第 8 章 管理虚拟机	239
5.3 Neutron 的网络资源	154	8.1 在共享存储设备上创建虚拟机	240
5.4 Neutron 的网络类型(network 类型)	155	8.1.1 配置环境	240
5.4.1 Local 网络类型	155	8.1.2 Ceph 集成 Glance 与 Nova	242
5.4.2 Flat 网络类型	156	8.1.3 创建虚拟机网络	245
5.4.3 VLAN 网络类型	156	8.1.4 创建虚拟机	246
5.4.4 VXLAN 网络类型	157	8.2 迁移虚拟机	259
5.4.5 GRE 网络类型	158		

8.2.1 前期准备	259	10.6.2 安装并配置 Kubernetes	323
8.2.2 进行迁移	260	10.7 配置 Node 节点	331
本章小结	263	10.7.1 在 Master 节点上的配置	331
本章练习	263	10.7.2 在 Node 节点上部署 kubelet 服务	332
第 9 章 对象存储组件 Swift	265	10.7.3 在 Node 节点上部署 kube-proxy 服务	335
9.1 Swift 简介	266	10.8 部署 Flannel 网络	339
9.1.1 Swift 的特点	266	10.8.1 下载 Flannel 安装包	339
9.1.2 Swift 的应用场景	266	10.8.2 创建并分发密钥和证书	339
9.1.3 Swift 的主要概念	267	10.8.3 配置 Flannel	340
9.2 Swift 实验	268	10.8.4 集成 Flannel 和 CNI	341
9.2.1 实验环境	268	10.8.5 在 Docker 中配置 Flannel 服务	342
9.2.2 实验步骤	268	10.9 创建测试 Deployment	344
本章小结	289	10.9.1 创建 Deployment	344
本章练习	289	10.9.2 查看 Deployment	345
第 10 章 Kubernetes 安装与配置	291	本章小结	345
10.1 Kubernetes 简介	292	本章练习	346
10.1.1 Kubernetes 基本架构	292	第 11 章 Kubernetes 的使用	347
10.1.2 Kubernetes 相关概念	294	11.1 kubectl 工具使用	348
10.2 准备安装环境	299	11.1.1 kubectl 基本语法	348
10.2.1 配置主机名和 IP 地址映射	299	11.1.2 kubectl 常用子命令	348
10.2.2 配置各节点之间免密码登录	300	11.2 编写 YAML 文件	357
10.2.3 关闭防火墙和 SELinux	300	11.2.1 YAML 文件结构	358
10.3 安装 Docker	300	11.2.2 YAML 文件应用	360
10.3.1 使用命令直接安装	300	11.3 管理 Pod	362
10.3.2 配置软件源安装	302	11.3.1 Pod 的生命周期	362
10.3.3 下载安装包安装	306	11.3.2 Pod 的健康检查	363
10.3.4 使用二进制文件包+脚本安装	309	11.3.3 Pod 的调度管理	367
10.4 制作 CA 证书	313	11.4 管理 Service	372
10.4.1 数字证书的原理	313	11.4.1 NodePort、TargetPort 与 Port 的 区别	372
10.4.2 创建 CA 证书	314	11.4.2 Service 工作方式	372
10.5 安装配置 Etcd	317	11.4.3 Service 工作方式验证	373
10.5.1 下载 Etcd 安装包	317	本章小结	380
10.5.2 创建密钥和证书	318	本章练习	380
10.5.3 编辑 Etcd 配置文件	319	参考文献	382
10.5.4 创建 Etcd 服务	320		
10.5.5 启动 Etcd 服务	321		
10.6 配置 Master 节点	322		
10.6.1 下载 Kubernetes 安装包	322		

第1章 云计算概论



本章目标

- 了解云计算的现状和发展趋势
- 了解云计算的优势
- 了解几种常用的云计算框架
- 了解 OpenStack 的概念和优势
- 熟悉 OpenStack 的概念架构、各服务组件及架构设计
- 了解 Kubernetes 的概念和发展史
- 了解 Kubernetes 相比其他容器管理平台的优势
- 熟悉 Kubernetes 的架构设计及各主要组件的作用



云计算是近年来发展最为迅猛的产业之一，其具备超大规模、虚拟化、通用性、高可靠性、高扩展性等特点，可以通过网络统一组织并灵活调用软件、运行平台、计算和存储等各种 ICT(即信息和通信技术)资源，实现对大规模计算的处理。同时，云计算技术将计算分布到了大量相互独立的计算机上，而不是传统的服务器中，因此可以用更低的成本和更小的风险维护政府与企业运营，提升服务效率及后台稳定性。

本书选择目前业内应用最为广泛的云计算框架 OpenStack 和容器云平台 Kubernetes，对云计算框架相关知识进行讲解。作为本书的第 1 章，本章将简要介绍云计算及 OpenStack 与 Kubernetes 的基本知识。

1.1 云计算概述

云计算融合了互联网商业模式、电信服务与革命性的 IT 技术，因此也被称为第三次 IT 革命，对国民经济、社会发展以及科技创新都产生了无可替代的影响。下面简单介绍一下云计算的概念、历史、现状、趋势、优势以及常用框架。

1.1.1 云计算的概念

到目前为止，至少可以找到 100 种对云计算的解释。其中，最为大众接受的说法是美国国家标准和技术研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)的定义：云计算是一种按使用量付费的模式，这种模式提供可用的、便捷的、按需的网络访问，进入可配置的计算资源共享池(包括网络、服务器、存储、应用软件和服务等资源)，这些资源能够被快速提供，用户只需要投入到管理工作或服务供应商的交互中即可。

中文语境中，对“云计算”一词通常理解为：云，是网络、互联网的一种比喻说法，即互联网与建立互联网所需的底层基础设施的抽象体；计算，不是指一般的数值计算，而是指拥有足够强大能力的计算服务，包括各种功能、资源、存储等方面的服务，如图 1-1 所示。

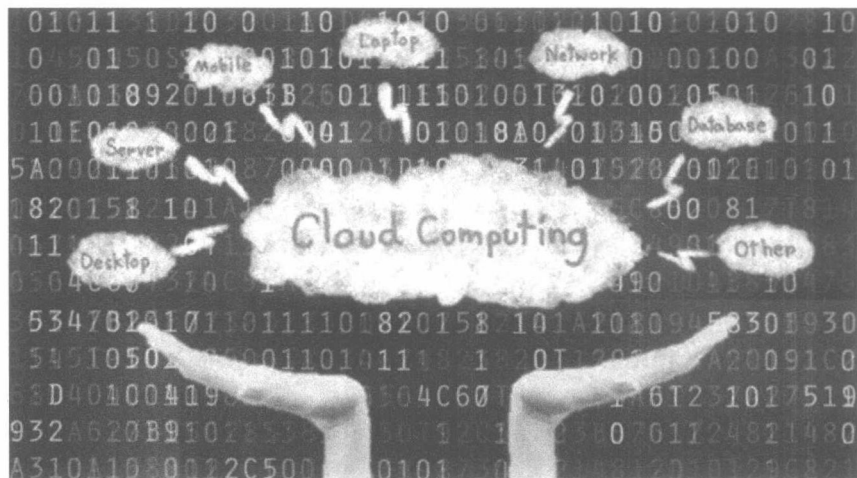


图 1-1 云计算



1.1.2 云计算的历史及现状

早在 20 世纪 70 年代,美国就诞生了云计算的雏形,但直到 2007 年左右,云计算行业才开始兴盛起来。

1. 发展历史

1963 年, DARPA(美国国防高级研究计划局)要求麻省理工学院启动 MAC 项目,即“多人同时使用电脑系统”的技术,这即是云计算和虚拟化技术的雏形。

1969 年,美国国防部委托开发的两台计算机间的数据传输实验获得成功,成为今天互联网的雏形。

随后,虚拟计算机开始流行,同时推动着云计算基础设施的发展。1977 年,埃里森成立甲骨文公司,在接连受到微软的打压后,1995 年,他宣布个人电脑(PC)已死,互联网电脑(NC)将取而代之。他开发的互联网电脑没有硬盘,也无需安装操作系统,所需软件都运行在网络上,不需要下载,所有的数据和程序都存储在远端服务器的数据库中,价格也比个人电脑便宜 1/3。虽然最终以失败收场,但“互联网电脑”也成为云计算的前身之一。

直到 2006 年, Google、亚马逊和 IBM 先后提出云端应用,云计算的概念才重新回到人们的视野。2007 年, IBM 推出 Blue Cloud 服务,是 IBM 迄今为止最成熟的云计算解决方案;之后谷歌推出 Chromebook,以云端操作系统代替了本地操作系统;2008 年,微软也发布了一个全新的云计算平台——Azure Service Platform,提供了一套实时操作系统以及一系列的开发服务。

近年来,云计算正在成为 IT 行业发展的战略重点,全球 IT 公司已经意识到这一趋势,纷纷向云计算转型,各国政府对此也予以了高度关注和支持。

2. 行业现状

目前,全球共有五股势力瓜分云计算产业,分别是:

(1) 以亚马逊和阿里云为代表的先行者,它们对云计算市场的培育做出了巨大的贡献,同时也拥有雄厚的人才资源、丰富的产品和庞大的数据中心。

(2) 以微软、谷歌、腾讯与百度等为代表的跟进者。

(3) 以 Facebook 和网易为代表的黑马公司。

(4) 以 Salesforce、青云等为代表的创业公司。

(5) 以 IBM、甲骨文为代表的传统 IT 企业。

五股势力中,亚马逊、微软与谷歌是目前云计算行业中名列前茅的三家公司。

在云计算框架方面,作为开源 IaaS 解决方案的 OpenStack 和基于 Docker 的容器调度服务 Kubernetes 日益得到高度关注,成为众多机构、企业及个人应用的首选。

OpenStack 和 Kubernetes 广受欢迎的原因有三个方面:

(1) 开源化。两者都是开源云计算框架,免费且社区强大,不受任何企业的绑定和限制。

(2) 技术成熟。OpenStack 具有可控性、兼容性、可扩展性、灵活性等特性,支持多版本的 Linux 操作系统,易在云中进行迁移,且能根据需求快速扩大集群规模;



Kubernetes 具有可移动、可扩展和自修复的特性,与其他同类框架相比,能够同时对离线和在线作业进行调度。

(3) 实践检验。OpenStack 经受住了各种各样的公有云和私有云技术的考验,被国内外许多厂商所认可和采用,其灵活可定制的特点也符合现有的市场需求;Kubernetes 简化了实际工作中集成测试的环节,省略了大量运维工作,同时也降低了并行计算框架的开发难度和成本。

3. 政府支持

我国政府对于云计算产业一直给予高度重视和大力支持,短短几年间,前后出台多项政策,鼓励并促进云计算产业的发展。

2015 年是云计算政策集中出台的一年。在 2015 年 1 月,国务院印发的《国务院关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见》就提出:“到 2020 年,中国云计算应用要基本普及,云计算服务能力要达到国际先进水平,要掌握云计算关键技术,形成若干具有较强国际竞争力的云计算骨干企业。”同年的 5 月到 11 月之间,各部门也相继发布有关云计算的政策,如中网办印发的《关于加强党政部门云计算服务网络安全管理的意见》、国务院印发的《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》、工业和信息化部办公厅印发的《云计算综合标准化体系建设指南》等。

2016 年 5 月,深圳市人民政府办公厅印发《深圳市推进云计算发展行动计划(2016—2017 年)》的通知,将重点工作放在完善宽带深圳网络建设、优化布局云计算数据中心、加强云计算资源利用上。同年 8 月,北京市人民政府印发《北京市大数据和云计算发展行动计划(2016—2020 年)》的通知。同年 11 月,国务院印发《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》的通知,提倡将战略性新兴产业摆在经济社会发展更加突出的位置,大力构建现代产业新体系,推动经济社会持续健康发展,并将规则时间设置在 2016—2020 年。

2017 年 4 月,工信部印发了《云计算发展三年行动计划(2017—2019 年)》,提出到 2019 年,要将中国的云计算产业规模从 2015 年的 1500 亿元扩大至 4300 亿元。云计算在制造业、政务等多领域的应用水平正在显著提升,成为信息化建设的主要形态和建设网络强国、制造强国的重要支撑。

1.1.3 云计算的发展趋势

在政策力挺、市场需求不断提升的大环境下,云计算持续保持高速发展态势。2017 年底,企业和 IT 管理人员将更多的注意力转向如何使用云计算来实现他们的业务目标。

未来,云计算有以下几个方向的发展趋势。

1. 云安全

近年来,数据泄露事件逐年增长。据有关媒体统计,2017 年仅上半年全球网络安全入侵事件达 918 起,泄露或被盗的数据累积达 19 亿条,相当于 2016 年被盗数据的总和。而据美国身份盗窃资源中心(ITRC)的报告显示,2018 年全球仅上半年数据泄露量已超过了 2017 年全年数据泄露量的总和。值得庆幸的是,政府泄露和全球勒索软件攻击事件相比往年有所减少。如 2017 年美国中央情报局遭遇的 Vault 7 黑客攻击事件和云通讯公司



Twilio 遭遇的通话记录和短信泄露事件, 2018 年 Facebook 平台 8700 多万用户数据泄露事件, 以及频繁出现的全球规模的 WannaCry 勒索软件、木马 CryptoWall 及其他恶意程序袭击事件等。这些都说明网络安全已成为一项必须认真面对和重点解决的问题。

日益严峻的网络安全问题, 敦促着公共机构、私营企业以及政府部门的安全分析师加紧开发检测与预防网络攻击的更有效方法。在未来, 企业需要在安全信息、事件管理 (SIEM) 和恶意软件检测协议方面进行更多的投入和关注, 在平台的部署方面也需要进行更加复杂和全面的设计。

2. 多云部署

企业不希望因采用单一云提供商的服务而陷入困境, 所以往往会采用多云部署。多云部署允许企业同时在不同的云中部署复杂的工作负载, 且可以对每个云环境进行单独管理, 目前主要应用在公有云中, 如图 1-2 所示。

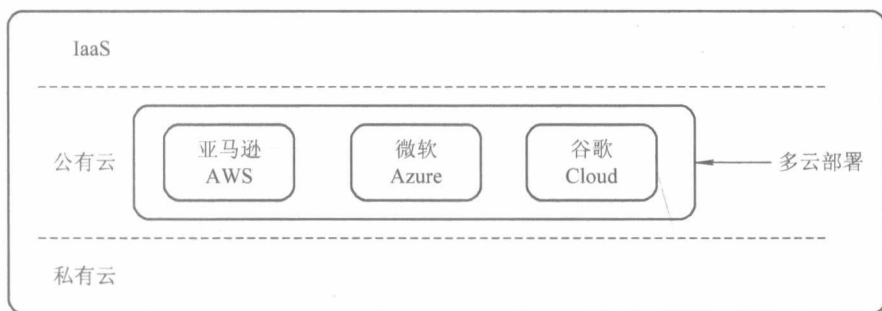


图 1-2 多云部署

多云部署充分利用多云模式, 对云供应商和平台进行统一管理。该方式既能大幅度降低基础设施成本, 也能充分利用各云提供商的优势。Gartner 公司的研究报告指出: “目前只有 10% 的企业已经或正在进行多云部署, 而到 2019 年, 70% 的企业已计划进行多云部署。” 调研机构 IDC 公司预测: “到 2020 年, 90% 以上的企业将采用多云架构。”

鉴于越来越多的企业计划采用多云部署, 企业势必需要大量掌握云计算专业知识及迁移流程的云计算架构师, 以完成真正意义上的云平台构建(或重构)。

3. 容器技术应用更为普及

容器提供了一种轻量级方法, 可将应用程序及其依赖的所有组件打包, 并与同一基础设施上运行的其他应用程序相分离, 以使开发人员能更加方便地进行应用程序的部署、调试、诊断和维护。容器技术具有部署快速、开发和测试敏捷、系统利用率高、资源成本低等优势。

Gartner 预测: “到 2020 年, 50% 以上的跨国企业会在生产环境中运行容器化应用程序, 而现在这个数字还不到 20%。”

随着以 Kubernetes 为代表的容器云技术的日臻成熟, 许多云提供商也开始提供容器云服务。目前, 主要的容器云服务平台除了 Heptio 的 Kubernetes 以外, 还有谷歌的 Container Engine、AWS 的 Elastic Container Service、微软的 Azure Container Service 等。

4. 云端监控即服务

云端监控即服务(Cloud Monitor as a Service, CMaaS)是混合云解决方案的另一发展趋



势，它可以同时监控多个云提供商的服务性能，也可以通过部署网关的方式，对内部环境、托管数据中心和私有云服务进行监控。

5. 无服务器云计算

云计算的主要优势之一是采取按照使用量付费的消费模式，在无服务器云计算中该优势体现得更为明显。

无服务器云计算又称函数即服务(Functions as a Service, FaaS)，可以自动处理服务器的所有基础设施供应及配置，使开发人员只要专注于代码的编写和部署即可，而无需手动配置资源。

无服务器云计算为专注于网络安全和恶意软件防护的企业提供即时支付型的付费模式，这种付费模式推动了触发式日志、数据包捕获分析和流量信息，同时允许中小型企业获得与大型企业一样的规模效益和灵活性。

无服务器计算目前主要应用于公共云中。Sumo Logic 对公共云客户的调查发现：有 23% 的公共云客户在使用 AWS Lambda，这是最有名的无服务器云计算产品之一。可以预见，未来无服务器计算也将逐渐出现在私有云部署中。

6. 物联网和云计算

物联网(Internet of Things, IoT)，顾名思义，即物物相连的互联网。物联网发展到今天，其连接对象已不再局限于真实存在的商品，也包括信息交换和通信等。物联网是一套完整的数据集成和管理服务，允许企业从分散在全球的设备上大规模采集物品数据，并对这些数据进行实时处理和分析，从而根据分析结果采取必要的行动。Gartner 预计：到 2020 年，全球物联网设备连接量将达 260 亿；思科(Cisco)的展望则更加乐观，它预测 2020 年这个数字将达到 500 亿，如图 1-3 所示。

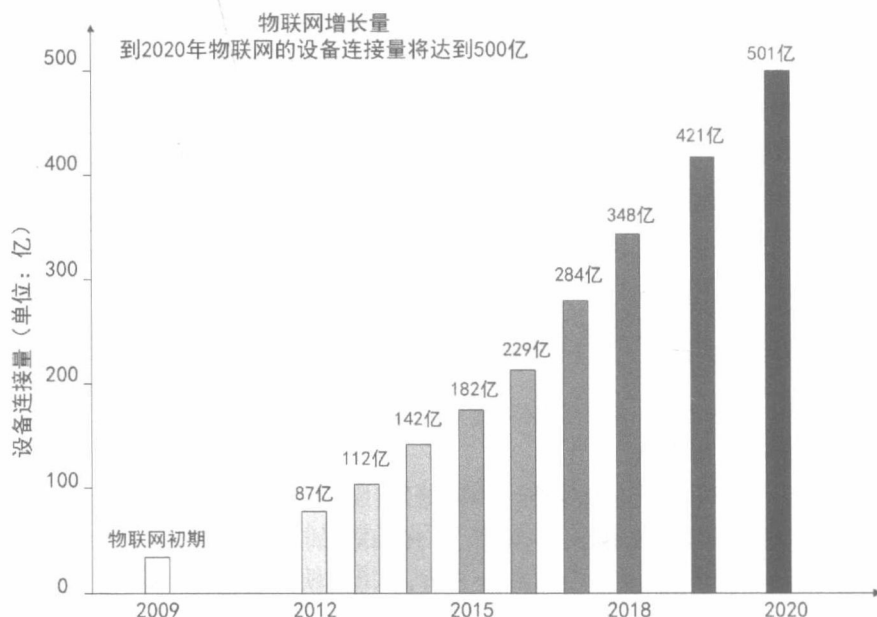


图 1-3 全球物联网设备连接量增长趋势(来源思科数据)



而随着物联网设备数量的增加，云计算显得越发重要，因为物联网需要通过云技术才能运行，二者不可分割。近年来，人们使用移动设备访问互联网、查询业务、购买商品的行为越来越频繁。未来，人们或许只需要一台个人云存储驱动器，就能保存在移动设备上创建的各种文件，如文档、图像和视频等。这将使云计算以创新方式驱动物联网进一步发展。

1.1.4 云计算的优势

云计算之所以被誉为企业的未来，是因其有不可替代的独特优势，具体如表 1-1 所示。

表 1-1 云计算的主要优势

优势	描述
降低企业运营成本	云计算能使资源得到充分利用，如共享价格昂贵的服务器、各种网络设备、工作人员等。使客户可以专注于其职务范围内的核心价值(如对业务和流程的洞察力)创造，而不必将大量精力耗费在基础设施的建立和维护上
提升信息处理速度	云计算的分布式特性使其可以将复杂的网络信息处理工作自动分解为若干子任务，然后交由多部服务器组成的庞大系统进行搜寻、计算和分析，最终将处理结果统一反馈给用户，整个过程仅需秒级的时间即可完成
实现资源动态扩展	云计算可以根据用户的需求，动态调配分散在不同地理位置的各类软硬件资源：当用户提出新计算需求时，云计算动态地为其分配一个可用资源；当用户需求已满足或结束时，云计算会合理、及时地回收其所占用的资源，并分配给有需求的其他用户，从而提高资源的使用效率，实现资源利用的动态扩展
简化维护	云计算使用自动化运维工具，对物理资源、虚拟资源进行统一调配，即对资源的统计、监控、调度和服务进行管理，从而实现对数据中心统一、便捷、高效、智能的一体化运维管理

1.1.5 云计算的常用框架

云计算框架按实现模式不同，可分为基于 VM(虚拟机)的云计算框架和容器云。基于 VM 的云计算框架是在 IaaS 模式基础上搭建的框架，容器云则是类似于 PaaS 模式的云计算框架，下面分别进行介绍。

1. 基于 VM 的云计算框架

目前的主流云平台产品都是基于一些成熟的云计算框架搭建而成的，下面介绍其中常用的几种框架：

(1) CloudStack。CloudStack 是一个开源的、具有高可用性及扩展性的云计算平台，是使用 Java 语言开发的基于 Linux 的 IaaS 层解决方案，支持 KVM、Hyper-V、VMware 等虚拟化技术。CloudStack 可用于部署和管理若干虚拟系统组成的大型网络，经常被作为私有云、公有云和混合云的平台解决方案。

(2) OpenStack。OpenStack 使用 Python 语言编写，旨在提供一个既能建设公有云也能建设私有云的通用开源云计算平台。OpenStack 独立于任何企业，遵循开源、开放设计、开放开发流程和开放社区的理念，完全由社区主导和维护。目前，OpenStack 拥有最大的



用户使用量，并得到 HP、IBM 等厂商的广泛支持。国内的云平台解决方案大多基于 OpenStack 开发定制，如华为的 FusionCloud。

(3) Orleans。Orleans 是微软自主创建和设计的云计算 Web 框架，在 2005 年开源化，之后被广泛应用于微软 Azure 云服务和官方游戏(Halo 4 等)的环境搭建。Orleans 旨在创建一种同时适用于客户端和服务器的编程模式，致力于简化代码的调试工作与提高代码的可移植性。

(4) vSphere。vSphere 是 VMWare 公司基于 VMWare 虚拟机管理平台的云操作系统，可以将数据中心转换为云计算基础架构，为内部云计算与外部云计算奠定基础，也是业内最为成熟的 IaaS 层虚拟化技术解决方案。vSphere 是封闭的，即 vSphere 的发展路线完全遵循 VMWare 自己的发展目标，用户或消费者无控制权。而且，vSphere 是收费的，其监控软件也需要单独收费。

2. 容器云

不论是云计算环境中采用的容器技术还是基于容器技术的云平台，都要以容器和容器编排工具(为容器应用的配置、约束、部署、发布、监控等工作提供调度的技术)为基础进行搭建。目前，主流的容器编排工具有 Docker Swarm、Mesos 和 Kubernetes，下面逐一进行介绍：

(1) Docker Swarm。Docker Swarm 是 Docker 官方推出的容器管理工具，它对外提供了完全标准的 Docker API。Docker Swarm 架构简单，部署运维成本低，通常与 Machine、Compose 协同使用，以搭建一个完善的容器云。

(2) Mesos。Mesos 是 2009 年由 UC Berkeley 开发的开源集群管理框架，它通过 Mesos Master 守护进程和 Framework 两级调度架构来管理多类应用程序。Mesos 本身只是一个集群管理器，不具备容器编排调度功能，需要通过容器编排系统 Marathon 来进行容器的编排调度工作。因此，通常使用 Mesos+Marathon 的组合来实现容器云的搭建。

(3) Kubernetes。Kubernetes 的出现比 Mesos 要晚，二者有许多相似之处，但不同的是：Kubernetes 提供了如容器组、跨主机网络、负载均衡等一系列关键的上层容器服务，同时还提供了容器组合、标签选择、服务发现等容器编排功能，以满足企业的开发、测试、部署、运维监控等需求。Kubernetes 调度器实现了完全插件化，可以方便地与其他调度器进行对接，因此，许多厂商都选择 Kubernetes 进行容器云的定制化开发。

1.2 OpenStack 概述

前面简要介绍了云计算的基础知识。接下来，我们将从概念、发展史、优化及架构几个方面，介绍目前应用最为广泛的一种云计算框架——OpenStack。

1.2.1 OpenStack 的概念

OpenStack 既是一个开源软件，也是一个项目或一个社区，它提供了一个进行云部署的操作平台或工具集。