



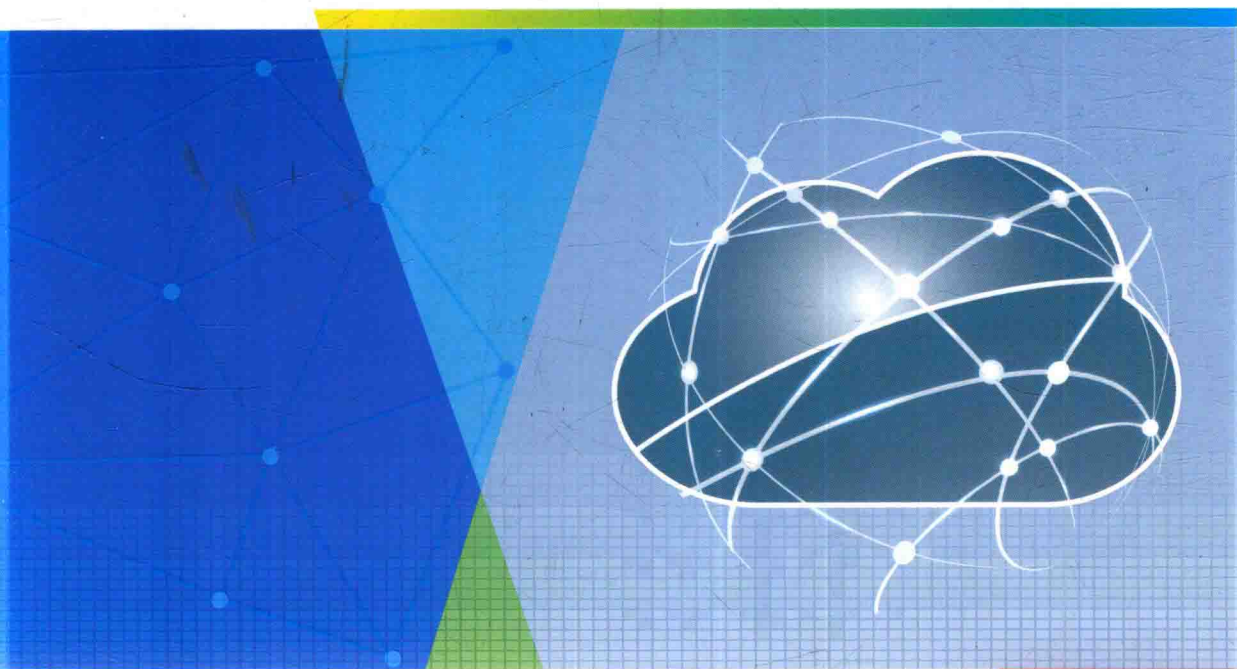
“十三五”
国家重点图书出版规划项目
ICT认证系列丛书



华为信息与网络技术学院指定教材

云计算技术

林康平 王磊 / 编著



LEADING NEW ICT



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



国家重点图书出版规划项目
ICT认证系列丛书



华为信息与网络技术学院指定教材

云计算技术

林康平 王磊 / 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

云计算技术 / 林康平, 王磊编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2017. 11 (2018. 1 重印)
(ICT 认证系列丛书)
ISBN 978-7-115-45651-9

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第223594号

内 容 提 要

本书是华为 ICT 学院云计算技术官方教材, 旨在帮助学生学习云计算技术的基本概念、体系架构以及基础云平台的搭建和使用。

本书从云的概念、技术、架构、应用 4 个方面介绍云计算的相关知识, 以华为的 FusionSphere OpenStack 为核心, 让读者了解如何构建公有云、混合云、私有云平台; 以华为云服务为基础, 阐述企业建云、上云、用云的各种解决方案。

除华为 ICT 学院的学生之外, 本书同样适合正在备考 HCNA-Cloud 认证, 或者正在参加 HCNA-Cloud 技术培训的学员进行阅读和参考。其他有志于从事 ICT 行业的人员和云计算技术爱好者也可以通过阅读本书, 加深自己对云计算技术的理解。

◆ 编 著 林康平 王 磊

责任编辑 李 静

责任印制 彭志环

◆ 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>

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20

2017 年 11 月第 1 版

字数: 414 千字

2018 年 1 月北京第 2 次印刷

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315



序

物联网、云计算、大数据、人工智能等新技术的兴起，推动着社会的数字化演进。全球正在从“人人互联”发展至“万物互联”，未来二三十年，人类社会将演变成以“万物感知、万物互联、万物智能”为特征的智能社会。

新兴技术快速渗透并推动企业加速数字化转型，企业业务应用系统趋于横向贯通，数据趋于融合互联，ICT 正在成为企业新一代公共基础设施和创新引擎，成为企业的核心生产系统。据华为 GIV（全球 ICT 产业愿景）预测，到 2025 年，全球的联接数将达到 1000 亿，85% 的企业应用上云，100% 的企业会联接云服务，工业智能的普及率将超过 20%。数字化发展为各行各业带来的纵深影响远超出想象。

作为企业数字化转型中的关键使能者，ICT 人才将站在更新的高度，以更为全局的视角审视整个行业，并依靠新思想、新技术驱动行业发展。因此，企业对于融合型 ICT 人才需求也更为迫切。未来 5 年，华为所领导的全球 ICT 产业生态系统对人才的需求将超过 80 万。华为积累了 20 余年的 ICT 人才培养经验，对 ICT 行业发展现状及趋势有着深刻的理解。面对数字化转型背景下的企业 ICT 人才短缺，华为致力于构建良性的 ICT 人才生态。2013 年，华为开始与高校合作，共同制定 ICT 人才培养计划，设立华为信息与网络技术学院（简称华为 ICT 学院），依据企业对 ICT 人才的新需求，将物联网、云计算、大数据等新技术和最佳实践经验融入到课程与教学中。华为希望通过校企合作，让大学生在校园内就能掌握新技术，并积累实践经验，促使他们快速成长为有应用能力、会复合创新、能动态成长的融合型人才。

教材是知识传递、人才培养的重要载体，华为聚合技术专家、高校教师倾心打造 ICT 学院系列精品教材，希望帮助大学生快速完成知识积累，奠定坚实的理论基础，助力同学们更好地开启 ICT 职业道路，奔向更美好的未来。

亲爱的同学们，面对新时代对 ICT 人才的呼唤，请抓住机遇，拥抱精彩的 ICT 时代，书写未来职业的光荣与梦想吧！华为，将始终与你同行！

前 言

云是在商业模式中，以服务为形式的一种抽象表现，计算是云服务具体实施的技术细节，这个细节包括 IT 架构的方方面面，从软件到硬件，从服务器、存储、网络到安全，它是计算机技术和网络发展到一定程度的必然产物。云服务模式正在成为企业 IT 的新模式，这已经成为产业界的共识；云计算及大数据以互联网为基础的信息化应用推动了信息化与工业化的融合，由此引发了整个 IT 的变革。未来，云计算结合大数据，将为人工智能时代的到来，提供重要的技术支撑和更大价值的商业服务。

本书主要内容

本书共分为四个部分。

第一部分从云计算的起源、发展、概念、架构、分类、应用、安全到云计算的未来趋势进行详细的介绍，并结合云计算物理架构的演变深刻理解云计算在业务和技术多个层面的发展过程。

第二部分主要讲解云计算中各个层面运用的技术，包括底层的硬件基础设施，中间层的分布式系统，上层的传统虚拟化 PaaS 架构和以容器为基础的新一代微服务 PaaS 架构，最后，本部分阐明云计算中技术发展的趋势。

第三部分介绍基于 OpenStack 架构的 FusionSphere 云解决方案，通过统一的 OpenStack API 支持开放混合云业务，实现从 FusionSphere 私有云扩展到 OpenStack 混合云或公有云，解决企业自己建云、上云并使用云的实际问题。

第四部分主要介绍云计算在各个层面的具体应用案例，如 IaaS 层的桌面虚拟化应用，PaaS 层的 Java 中间件的开发，以及 SaaS 层的 Office 365 如何使用。

本书内容丰富，从概念、技术、架构、应用等方面对云计算进行全面的阐述，理论结合实践，对学习云计算能够起到帮助和参考的作用。

本书配套资源

从理论到实战为高校提供贴合实际应用的定制化教学学习资源。

1. 实验手册：教材配套实验材料，助力读者动手能力的提升，以实验促进读者对理论知识的理解。

2. 视频讲解：教材配套重点知识讲解小视频，帮助读者更好地理解书中的重难点，相关视频可到华为 ICT 学院官方网站进行观看。
3. 授课 PPT：教材配套授课材料，方便高校授课，提升教师备课效率。
4. 综合实训：教材配套实训课程，还原真实项目，提升读者应对实际项目的能力。

关于本书读者

本书定位是华为 ICT 学院云计算技术官方教材，本书适合于以下几类读者。

1. 华为 ICT 学院的学生。
2. 各大高校学生。
3. 正在学习 HCNA-Cloud 课程的学员和正在备考 HCNA-Cloud 认证的考生。
4. 有志于从事 ICT 行业的初学者。
5. 云计算技术爱好者。

联合创作

本书是由华为技术有限公司联合泰克教育集团、高校专家共同为华为 ICT 学院打造的云计算技术官方教材。泰克教育集团自 2003 年成立以来，致力于 ICT 校企合作、课程资源建设和人才培养服务。泰克教育集团秉承“技术为王，服务至上”的理念，连续多年被评为“中国区优秀服务合作伙伴”，为 ICT 人才生态良性发展提供有力支持。

本书作者

主要编写人员：林康平、王磊、安俊秀

编委人员（排名不分先后）：陈亮、丁琳琦、黄生、倪凯、王隆杰、徐来、许魏山、杨诚、周浩、周江飞、朱颖杰

技术审校（排名不分先后）：蔺子荣、刘洋、张博、张亮、张伟、赵静

目 录

第一部分 云计算概念

第 1 章 云计算概念及发展历程	0
1.1 云计算起源	2
1.1.1 互联网促进了云计算的产生	2
1.1.2 大数据促进了云计算的发展	3
1.2 云计算发展与历程	5
1.2.1 云计算的发展	5
1.2.2 云计算的历程	6
1.3 云计算概念	6
1.3.1 从技术角度认识云计算	7
1.3.2 从商业角度认识云计算	8
1.3.3 云计算的表现形式	9
1.4 云计算架构	9
1.4.1 云计算逻辑架构	9
1.4.2 云计算物理架构	11
1.5 云计算特征及优势	16
1.5.1 云计算特征	16
1.5.2 云计算优势	17
1.6 云计算的未来	18
1.6.1 技术发展趋势	18
1.6.2 业务发展趋势	19
1.6.3 展望未来	20
1.6.4 物联网、大数据和云计算之间的关系	21
习题	22
第 2 章 云计算的分类及产品应用	24
2.1 云计算按技术分类	26
2.2 云计算按部署模式分类	27
2.2.1 公有云	27

2.2.2 私有云	28
2.2.3 混合云	30
2.3 云计算按用户角色分类	31
2.3.1 基础设施即服务 (IaaS)	31
2.3.2 平台即服务 (PaaS)	31
2.3.3 软件即服务 (SaaS)	32
2.4 云计算的产品应用	32
2.4.1 Google 云计算	32
2.4.2 Amazon 云计算	33
2.4.3 微软云计算	37
2.4.4 阿里云计算	43
2.4.5 华为云计算	45
习题	48
第 3 章 云计算安全	50
3.1 云计算安全问题事件	52
3.2 云计算带来新的安全威胁	54
3.2.1 网络层次	54
3.2.2 主机层次	55
3.2.3 应用层次	55
3.3 产生云安全的主要原因	56
3.4 在云安全技术层面关注的内容	56
3.4.1 分布式拒绝服务	56
3.4.2 下一代防火墙	58
3.4.3 Web 应用防火墙	59
3.4.4 DNS、CDN 服务	60
3.4.5 数字证书与加密	61
3.5 云安全基本架构	63
习题	65
第一部分小结	66

第二部分 云计算技术

第 4 章 分布式系统	68
4.1 分布式系统概述	71
4.2 分布式计算	71
4.2.1 MapReduce	72

4.2.2 Sawzall	75
4.3 分布式存储	75
4.3.1 分布式文件系统	76
4.3.2 分布式文件系统应用	76
4.3.3 分布式数据库 BigTable	79
4.3.4 分布式块存储服务	80
4.3.5 分布式对象存储服务	83
4.3.6 Ceph 分布式存储系统	84
4.4 分布式一致性算法	85
4.5 分布式消息队列	86
4.6 分布式系统应用	86
4.6.1 Hadoop 简介	86
4.6.2 Spark 简介	90
4.6.3 Storm	91
习题	92
第 5 章 硬件资源	94
5.1 服务器概述	96
5.1.1 服务器分类	97
5.1.2 服务器硬件	99
5.2 存储概述	100
5.2.1 内置存储	100
5.2.2 外置存储	101
5.3 网络概述	104
5.3.1 交换机概述	105
5.3.2 路由器的工作原理	107
5.3.3 VLAN 概述	108
5.4 负载均衡概述	111
习题	113
第 6 章 虚拟化技术	114
6.1 虚拟化概述	116
6.2 计算虚拟化	118
6.3 计算虚拟化实现方式	120
6.3.1 CPU 虚拟化	120
6.3.2 内存虚拟化	125
6.3.3 I/O 虚拟化	131

6.4 计算虚拟化典型产品	133
6.4.1 Xen	133
6.4.2 KVM	134
6.4.3 VMware	134
6.4.4 Hyper-v	134
6.5 嵌套虚拟化	134
6.6 存储虚拟化	135
6.7 存储虚拟化的实现方式	137
6.7.1 基于位置的存储虚拟化	137
6.7.2 基于数据组织的存储虚拟化	141
6.7.3 基于位置虚拟化的实现方式	143
6.7.4 软件定义存储	144
6.8 云存储	144
6.9 网络虚拟化分类	144
6.10 网络虚拟化实现方式	145
6.10.1 虚拟网卡	145
6.10.2 虚拟交换技术	146
6.10.3 硬件设备虚拟化	149
6.10.4 虚拟化网络	149
6.11 容器虚拟化	157
6.11.1 Docker 概述	157
6.11.2 Kubernetes 概述	160
6.11.3 微服务	161
6.11.4 基于 Docker 的 PaaS 云平台 OpenShift	162
6.12 超融合	164
习题	165
第二部分小结	167

第三部分 云平台架构

第 7 章 OpenStack	170
7.1 OpenStack 发展过程	172
7.2 OpenStack 简介及特点	174
7.3 OpenStack 体系架构	175
7.4 OpenStack 应用案例	180
习题	181

第 8 章 FusionSphere	182
8.1 FusionSphere 架构	184
8.1.1 FusionSphere 特性	186
8.1.2 FusionSphere 商业价值	190
8.2 FusionCompute	191
8.2.1 FusionCompute 定位	191
8.2.2 FusionCompute 系统架构	192
8.3 FusionCompute 的功能特性	193
8.3.1 计算虚拟化	193
8.3.2 网络虚拟化	194
8.3.3 存储虚拟化	195
8.3.4 高可用性	196
8.3.5 安全性	197
8.4 FusionStorage	197
8.4.1 关键特性	198
8.4.2 主要功能	200
8.4.3 软件部署	201
8.5 FusionManager	202
8.5.1 FusionManager 定位	202
8.5.2 FusionManager 的架构	203
8.5.3 FusionManager 功能	204
8.6 FusionSphere 服务	213
8.6.1 弹性 IP	213
8.6.2 云磁盘	213
8.6.3 云主机	214
习题	214
第三部分小结	217

第四部分 云计算应用

第 9 章 分布式应用开发案例	218
9.1 分布式应用开发思路	220
9.2 需求说明	221
9.3 需求分析及实现思路	222
9.4 开发环境配置	223
9.5 代码解读	229
9.5.1 提取记录 Map 阶段	229

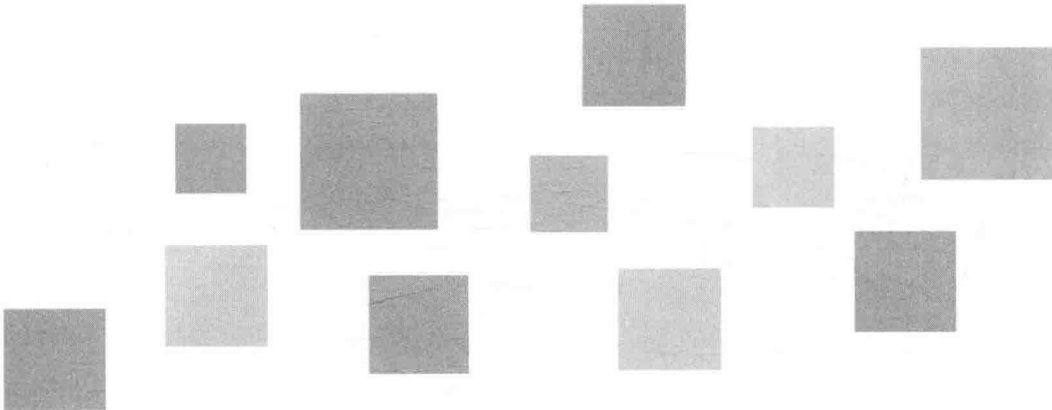
9.5.2 提取记录 Reduce 阶段	232
9.5.3 计算平均气温 Map 阶段	234
9.5.4 计算每个地区最低气温月 Map 阶段	237
9.5.5 计算每个地区最低气温月 Reduce 阶段	239
9.6 代码提交及运行结果展示	240
9.6.1 将代码打成 Jar 包	241
9.6.2 云平台环境配置	243
9.6.3 代码提交前准备	243
9.6.4 提交代码	244
习题	247
第 10 章 Office 365 概述	248
10.1 Office 365 简介及特点	250
10.1.1 Office 365 简介	250
10.1.2 Office 365 的特点	251
10.2 Office 365 的服务组件	252
10.3 Office 365 快速入门	254
10.3.1 登录 Office 365 门户网站	254
10.3.2 添加自定义域名	255
10.3.3 Office 365 客户端软件安装及配置	256
习题	258
第 11 章 桌面虚拟化	260
11.1 虚拟桌面概述	263
11.2 桌面虚拟化主流产品及协议	268
11.2.1 桌面虚拟化主流产品	268
11.2.2 桌面显示协议	269
11.3 虚拟桌面的优势	270
11.4 FusionAccess 虚拟桌面架构	270
11.4.1 接入和访问控制	272
11.4.2 虚拟桌面管理	273
11.4.3 虚拟桌面资源池	275
11.4.4 虚拟应用资源池	275
11.4.5 虚拟桌面与虚拟应用的比较	277
11.5 虚拟桌面外设重定向	278
11.6 构建图形桌面	283
习题	286

第四部分小结	288
术语表	290
参考文献	296

The top half of the page features a decorative design. At the top, there are two rows of gray squares of varying sizes, some of which are missing, creating a fragmented pattern. Below this, a wide, dark gray diagonal band runs from the top left towards the bottom right. The text is overlaid on this band.

第一部分 云计算概念

第1章 云计算概念及发展历程



在日新月异的信息时代，随着计算机技术的不断发展，云计算已经成为推动社会生产力变革的新生力量，是计算机技术和网络技术发展融合的产物。它将在人类历史的舞台上谱写新的篇章。在本章中，主要讲解云计算的发展历程和概念、云计算的架构、云计算的特征及未来的发展趋势。

学习目标

- 理解云计算的发展历程;
- 掌握云计算的概念和特征;
- 掌握云计算的逻辑架构和物理架构;
- 了解云计算未来发展趋势。

1.1 云计算起源

1.1.1 互联网促进了云计算的产生

在历史长河的深处，云时代其实早已悄悄拉开了序幕。

20 世纪 60 年代的第一波信息化革命，即计算机革命，很多传统企业紧跟这一轮信息化的浪潮，将计算机广泛应用到业务中。20 世纪 90 年代的第二波信息化革命，即互联网革命，1987 年 9 月 14 日发出了中国第一封电子邮件：“Across the Great Wall we can reach every corner in the world.（越过长城，走向世界）”，揭开了中国人使用

互联网的序幕,当时通信速率为 300bit/s。1989 年,在欧洲粒子物理研究所工作的蒂姆·伯纳斯·李发明了万维网(World Wide Web),也叫作 Web、WWW、W3,通常简称为 Web。4年后,美国网景公司推出了万维网产品,顿时风靡全世界。万维网的诞生给全球信息的交流和传播带来了革命性的变化,打开了人们获取信息的方便之门。

Web1.0 时代开始于 1994 年,其主要特征是大量使用静态的 HTML 网页来发布信息,开始使用浏览器来获取信息,这个时候主要是单向的信息传递。Web1.0 的本质是聚合、联合、搜索,其聚合的对象是巨量、无序的网络信息。Web1.0 只满足了人对信息搜索、聚合的需求,而没有满足人与人之间沟通、互动和参与的需求。这个时期诞生了百度、谷歌、亚马逊等企业。

Web2.0 时代开始于 2004 年,其主要特征是软件被当成一种服务,Internet 从一系列网站演化成一个成熟的为最终用户提供网络应用的服务平台,强调用户参与、在线网络协作、数据储存的网络化、社会关系网络、RSS (Really Simple Syndication, 简易信息聚合) 应用以及文件的共享。这个时期变成了双向传递信息,用户既是信息的浏览者也是信息的创造者,大大激发了企业及用户的创造和创新的积极性,使 Internet 重新变得生机勃勃。

2010 年掀起第三波信息化革命,即移动互联网革命,商业世界正式进入大数据时代。截至 2017 年 1 月,中国网民规模达 7.31 亿,相当于欧洲人口总量,互联网普及率达到 53.2%。手机网民占比达 95.1%,手机支付习惯已经形成。

在 Web2.0 时代,Flickr、MySpace、FaceBook、YouTube、Blog、Wiki 等网站的访问量已经远远超过传统门户网站的访问量。用户数量多以及用户参与程度高是这些网站的特点。因此,如何有效地为如此巨大的用户群体服务,让他们参与时能够享受方便、快捷的服务,成为这些网站不得不解决的一个问题。

1.1.2 大数据促进了云计算的发展

我们正处在一个 IT 变革的时代,云计算、大数据和移动办公是 IT 未来发展的趋势。在 IT 的整个发展过程中,数据一直伴随着我们,由最初 KB 到现在 ZB (1ZB 等于 10 亿 TB)。随着互联网技术的不断发展,数据量呈爆发式增长,预计到 2020 年,全球数据总量将达到 35~45ZB。

大数据聚合在一起的数据量是非常大的,根据国际数据公司(IDC)的定义至少有超过 100TB 可供分析的数据。数据量大是大数据的基本特征,导致数据大规模增长的原因有很多:首先是随着互联网技术的发展,使用网络的企业、机构和个人等呈增长的趋势,数据的获取和分享方式越来越简易;其次是随着各种传感器数据获取能力的大幅提高,使得人们获取的数据越来越接近原始事物的本身,描述同一事物的数据量激增,早期通过表格等方式收集、存储、整理的数据,大多存在抽象化等特点,不便于用户真实

统计数据并分析。此外，数据量大还体现在人们思维的转变，人们在数据的获取方式及理念发生了巨大的变化。早期人们对事物的认知受限于获取、分析数据的能力，较多地使用采样的方式，以少量的数据来近似描述事物的全貌，通过采样方式获取到的部分样本，可能分析得到的数据与实际的数据存在相反的结论。因此，为了让分析的结果具有更高的准确性，必须要调取大量的数据，从接近事物本身的数据开始着手，从更多的细节来解释事物本身所具有的特征。

如今的数据类型早已不是单一的文本形式，结构化数据、半结构化数据和非结构化数据共存。非结构化数据快速增长，占到当前总数据量的80%~90%。以往的数据通常是按照原先定义的结构化数据来存储。结构化数据是指可以用二维表结构来逻辑表达实现的数据，在定义数据结构化过程中，往往忽略了一些在特定应用场景下的细节，数据最终以表格的形式保存在数据库中，数据格式统一，这种形式存储的结构化数据，呈现大众化、标准化的特点。而随着互联网网络及传感器的快速发展，非结构化数据呈现飞速增长的趋势，非结构化数据没有统一的数据结构属性，难以用表结构来表示及存储数据，在记录数据数值的同时还需要存储数据的结构，增加了数据存储、处理的难度，但目前，非结构化数据在很多领域所占比重是非常大的，人们在日常生活中上网不仅仅是看新闻，发送电子邮件等，还会上传或者下载音视频文件等，这些都是非结构化数据。整体而言，非结构化数据的增长速度比结构化数据的增长速度快10倍到50倍，但这并不意味着结构化数据或者半结构化数据将面临淘汰的局面，具体的使用情况以实际的应用场景为准。大数据是在数据呈现多元化（结构化数据、非结构化数据和半结构化数据）的背景下产生的。

传统的结构化数据通常按照特定的应用对事物进行相应的抽象，而大数据在获取信息时不会对事物进行抽象，归纳等处理，它会获取事物全部细节，在分析时直接采用原始数据，保留了数据的原始面貌，减少了采样和抽象等步骤，但在分析的过程中多少会引入大量没有意义的信息，或者是错误的信息。因此，相对于特定场景的应用，大数据关注非结构化数据的价值密度较低。以视频为例，一部数小时的视频，在连续的不间断监控中，大量的数据被存储起来，但很多数据是无用的，对于特定场景的数据，有用的数据仅仅只有一两秒。

随着各种传感器与互联网等信息的获取，数据的产生与发布越来越便捷，产生数据的途径也增多，数据量呈现爆炸式的快速增长，快速增长的数据量要求数据处理的速度也要紧跟其步伐，才能使得获取到大量的数据被有效利用，否则，快速增长的数据量会成为解决问题的负担。在获取数据的过程中，数据不是一成不变的，而是随着互联网在时时发生变化的，通常这样的数据价值会随着时间的推移而呈现降低的趋势，如果数据在获取时间内没有得到有效的处理，就会导致其失去价值。

数据在我们身边无处不在，不再局限于传统的企业数据，如信息管理系统、数据库