

高等学校计算机专业规划教材

云计算与 物联网信息融合



陈红松 编著

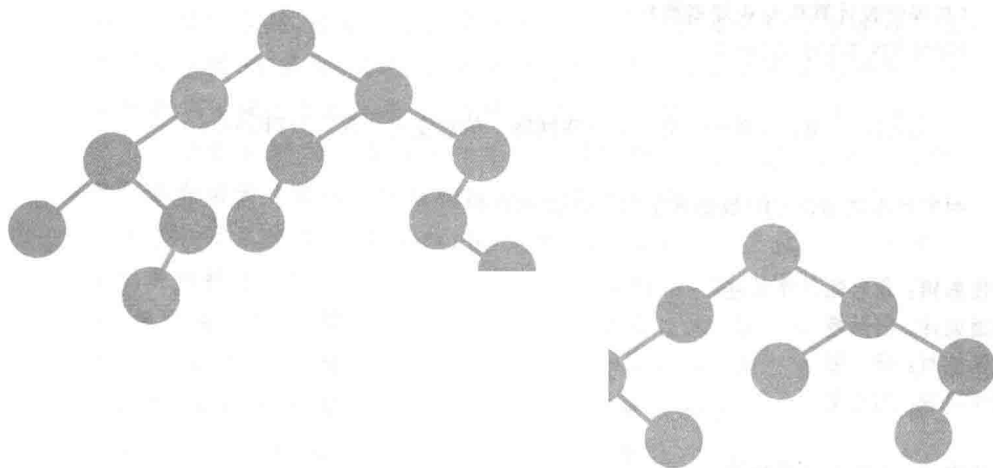


清华大学出版社

高等学校计算机专业规划教材

云计算与 物联网信息融合

陈红松 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍云计算与物联网的信息融合技术,首先讲授云计算的概念与发展、云计算系统结构、云计算关键技术,云存储及云安全技术,开源云计算系统、云计算应用软件开发及 Hadoop 云计算编程实例;然后讲授物联网的概念与发展、物联网系统结构、物联网关键技术,物联网安全技术,开源物联网系统;最后讲授云计算与物联网的融合应用,以及云计算与物联网的实验指导。

本书强调科学理论与工程实验的有机结合,既保证理论的完整性,又保证实验的可行性,因此,既可作为高等院校计算机科学与技术、物联网工程、信息安全等相关专业的本科生和研究生相关课程的教材,也可作为云计算与物联网工程技术人员的参考书。

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

云计算与物联网信息融合/陈红松编著. —北京:清华大学出版社,2017
(高等学校计算机专业规划教材)
ISBN 978-7-302-45208-9

I. ①云… II. ①陈… III. ①互联网络—信息安全 IV. ①TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 264047 号

责任编辑:龙启铭 徐跃进

封面设计:何凤霞

责任校对:梁毅

责任印制:刘海龙

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

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京泽宇印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:21

字 数:500千字

版 次:2017年1月第1版

印 次:2017年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00元

产品编号:041900-01



云计算和物联网是当今信息技术发展的两大亮点,它们既有区别,又有联系。物联网通过各种异质传感器采集物理世界的海量数据,通过各类网络汇聚到云计算数据中心,依靠云计算的强大处理能力对海量数据进行智能信息处理。云计算是物联网发展的基石,物联网为云计算提供丰富的数据来源,二者相辅相成共同促进新形态信息技术发展。在大数据时代,二者的有机融合将进一步推动数据自身应用价值的挖掘与呈现,促进信息产业爆发式发展。本书紧密结合当前云计算和物联网领域的发展动态,体现学科前沿研究成果,注重一定的实践性和创新性,兼顾云计算与物联网知识体系的科学性、完整性、关联性、系统性与发展性,体现学科国内外理论研究和实践教学领域的先进成果,本书很多内容来自编者的科研成果及教学实践。

全书共分15章。第1章介绍云计算的概念、发展、特点及标准化状况;第2章介绍云计算的系统结构模型、服务层次结构、技术层次结构、典型的云计算平台及系统结构,如Google云平台、Amazon云平台;第3章讲授云计算的关键技术,包括资源池技术、数据中心技术、虚拟化技术、资源管理技术、网络通信技术、编程模型、云存储与云安全技术;第4章讲授云存储的概念、系统结构、关键技术、标准化及云存储安全技术;第5章讲授云计算的安全问题、安全属性、安全架构、安全标准、实施步骤等,结合阿里云讲授云安全的策略与方法;第6章讲授开源云计算系统,包括Hadoop、Eucalyptus、OpenStack、CloudStack等典型开源云计算系统,分别从系统组成、关键技术、开发应用等方面进行阐述;第7章讲授云计算应用软件开发,包括Microsoft Azure Service、Salesforce、Amazon AWS、Google App Engine以及阿里云自助实验系统;第8章讲授Hadoop云计算编程实例,包括Hadoop数据去重、数据排序、单表关联等实例;第9章介绍物联网的概念、发展、特征、应用案例、挑战与建议等;第10章阐明物联网系统结构的设计原则,从多种不同视角讲授物联网的系统结构,分析物联网标准化框架;第11章讲授物联网的关键技术,包括现代感知与标识技术、嵌入式系统技术、网络与通信技术、数据汇聚与信息融合、智能信息处理、云计算与信息服务技术、网络安全与管理技术等;第12章讲授物联网的安全问题、安全需求、安全机制、安全技术;第13章讲授物联网的开源硬件系统、开源操作系统和开源数据交换标准;第14章讲授云计算与物联网在智慧城市、智慧医疗、智慧社区三个方面的融合应用;第15章讲授云计算与物联网的实验指导,包括RFID实验、

ZigBee 实验、WiFi 实验、蓝牙实验及 Hadoop 云计算实验等。

本书注重科学理论与实验教学的有机结合,既可作为高等院校计算机科学与技术、物联网工程、信息安全等相关专业的本科生和研究生相关课程的教材,也可作为云计算与物联网工程技术人员的参考书。

本书由北京科技大学计算机与通信工程学院的陈红松副教授主持全书内容的策划和编写,本教材的编写得到了高等学校本科教学质量与教学改革工程项目和北京科技大学教材建设经费资助(编号 JC2013YB029),北京市自然科学基金资助(编号 4142034),北京市科技计划项目资助(编号 D141100003414002),国家 863 高技术研究发展计划资助(编号 2013AA01A209),作者在此致以深切感谢。

由于云计算与物联网技术发展较快,作者水平有限,书中不足之处在所难免,殷切希望广大作者批评指正并提出宝贵意见和建议,以便进一步完善教材内容。编者 E-mail: architecture_ustb@aliyun.com。

编者

2016 年 11 月



第 1 章 云计算的概念与发展	/1
1.1 云计算的概念及定义	1
1.2 云计算的发展历程	3
1.3 云计算的特点	6
1.4 云计算的标准化	6
1.4.1 国际上云计算标准化现状	7
1.4.2 我国云计算标准化的情况	12
1.5 云计算的发展现状	12
1.5.1 国外云计算发展现状	12
1.5.2 国内云计算发展现状	15
1.6 云计算的挑战	16
本章小结	18
习题	18
思考题	18
第 2 章 云计算的系统结构	/19
2.1 云计算系统结构概念	19
2.2 云计算的系统结构模型	19
2.3 云计算服务层次结构	20
2.4 云计算技术层次结构	22
2.5 云计算 SOA 层次结构	23
2.6 典型的云计算平台及系统结构	25
本章小结	32
习题	32
思考题	32
第 3 章 云计算的关键技术	/33
3.1 资源池技术	33
3.2 数据中心技术	35
3.2.1 数据中心的概念与发展	35

3.2.2	典型的云计算数据中心	36
3.3	虚拟化技术	37
3.3.1	虚拟化的基本概念	37
3.3.2	虚拟化的平台架构与部署	39
3.3.3	虚拟化的技术优势	40
3.3.4	虚拟化的技术类型与实现形式	42
3.3.5	虚拟化技术存在的问题	43
3.4	资源管理技术	44
3.4.1	资源监测	45
3.4.2	资源调度	47
3.4.3	分布式资源管理技术	48
3.4.4	云计算平台管理技术	48
3.4.5	数据管理技术	49
3.5	网络通信技术	52
3.6	编程模型	53
3.7	云存储技术	55
3.7.1	集群存储技术	55
3.7.2	分布式文件系统	55
3.7.3	分布式数据库	56
3.8	云安全技术	57
3.8.1	物理安全	58
3.8.2	链路与网络安全	58
3.8.3	数据信息安全	59
3.8.4	管理安全	59
3.8.5	环境考虑	59
	本章小结	60
	习题	60
	思考题	60

第 4 章 云存储技术及应用 /61

4.1	云存储概念	61
4.1.1	云存储的概念	61
4.1.2	云存储与云计算的关系	62
4.1.3	云存储与传统存储的关系	62
4.2	云存储系统模型	63
4.3	云存储的关键技术	64
4.3.1	存储虚拟化技术	64
4.3.2	分布式存储技术	65



4.3.3	数据备份技术	65
4.3.4	数据缩减技术	66
4.3.5	存储安全技术	68
4.3.6	容错技术	69
4.4	云存储的标准化	70
4.5	云存储的安全性	72
4.6	云存储相关产品策略	73
4.7	云存储服务系统应用	75
4.7.1	个人级云存储应用	75
4.7.2	企业级云存储应用	76
	本章小结	76
	习题	76
	思考题	76

第5章 云安全技术及应用 /77

5.1	云计算的安全问题	77
5.2	云计算的安全属性	78
5.2.1	可靠性	78
5.2.2	可用性	78
5.2.3	保密性	79
5.2.4	完整性	79
5.2.5	不可抵赖性	79
5.2.6	可控性	80
5.3	云计算的安全架构	80
5.3.1	用户认证与授权	80
5.3.2	数据隔离	83
5.3.3	数据加密及隐私保护	84
5.3.4	分级安全控制与网络隔离	85
5.3.5	灾备恢复	87
5.4	云计算安全的标准化	89
5.4.1	ISO/IEC JTC1/SC27	89
5.4.2	ITU-T	89
5.4.3	CSA	90
5.4.4	NIST	91
5.4.5	ENISA	92
5.4.6	全国信息安全标准化技术委员会	92
5.4.7	云服务的制度和法律环境建设	92
5.5	云计算和服务保险	93



5.6	云计算安全实施步骤	93
5.7	阿里云安全策略与方法	97
5.7.1	阿里云安全策略	97
5.7.2	组织安全	97
5.7.3	合规安全	97
5.7.4	数据安全	97
5.7.5	访问控制	97
5.7.6	人员安全	98
5.7.7	物理和环境安全	98
5.7.8	基础安全	98
5.7.9	系统和软件开发及维护	98
5.7.10	灾难恢复及业务连续性	98
	本章小结	99
	习题	99
	思考题	99

第6章 开源云计算系统 /100

6.1	开源软件与云计算	100
6.2	主流开源云计算系统	101
6.2.1	Hadoop	101
6.2.2	Eucalyptus	104
6.2.3	OpenStack	108
6.2.4	CloudStack	108
	本章小结	114
	习题	114
	思考题	114

第7章 云计算应用软件开发及实验 /115

7.1	Microsoft Azure Service 应用软件开发	115
7.2	Salesforce 应用软件开发	119
7.3	Amazon AWS 应用软件开发	120
7.4	Google App Engine 应用软件开发	125
7.4.1	Google App Engine 介绍	125
7.4.2	Google App Engine 的应用与服务	126
7.4.3	Google App Engine 开发流程	128
7.5	Sina App Engine 应用软件开发	128
7.5.1	Sina App Engine 简介	128
7.5.2	Sina App Engine 的服务与架构	128

7.6 阿里云自助实验系统及案例	130
7.6.1 阿里云自助实验系统简介	130
7.6.2 阿里云自助实验步骤	132
7.6.3 阿里云自助实验案例	132
本章小结	139
习题	140
思考题	140
第8章 Hadoop 云计算编程实例 /141	
8.1 Hadoop 简单编程实例	141
8.2 Hadoop 数据去重实例	142
8.2.1 需求描述	142
8.2.2 设计思路	143
8.2.3 编程实现	144
8.2.4 测试运行	145
8.3 Hadoop 数据排序实例	147
8.3.1 需求描述	147
8.3.2 设计思路	148
8.3.3 编程实现	148
8.3.4 测试运行	150
8.4 Hadoop 单表关联实例	151
8.4.1 需求描述	151
8.4.2 设计思路	152
8.4.3 编程实现	152
8.4.4 测试运行	156
本章小结	157
习题	157
思考题	157
第9章 物联网的概念与发展 /158	
9.1 物联网的产生背景与定义	158
9.1.1 物联网的产生背景	158
9.1.2 物联网的定义	159
9.2 物联网的特征	161
9.3 物联网的应用案例	162
9.3.1 物联网与智慧城市	162
9.3.2 物联网与智能制造	165
9.4 物联网的发展状况	168



9.4.1	物联网在国外的发展状况	168
9.4.2	物联网在国内的发展状况	170
9.5	物联网发展的挑战与建议	171
9.5.1	物联网发展的挑战	171
9.5.2	物联网发展的建议	172
	本章小结	173
	习题	173
	思考题	173
第 10 章 物联网的系统结构 /174		
10.1	物联网系统结构设计原则	174
10.2	物联网的一般体系结构	175
10.2.1	物联网的三层架构	175
10.2.2	物联网的四层架构	176
10.3	物联网的自主体系结构	177
10.4	物联网的 EPC 体系结构	178
10.5	物联网的 CPS 体系结构	179
10.6	物联网的 SOA 体系结构	181
10.7	物联网标准的体系结构	183
10.7.1	物联网标准体系框架	183
10.7.2	物联网国际标准化状况	184
	本章小结	185
	习题	185
	思考题	185
第 11 章 物联网的关键技术 /186		
11.1	现代感知与标识技术	186
11.1.1	条码技术	186
11.1.2	RFID 技术	194
11.1.3	传感器技术	197
11.2	嵌入式系统技术	199
11.2.1	嵌入式系统的概念	199
11.2.2	嵌入式系统的组成与分类	200
11.2.3	嵌入式系统的特点	201
11.2.4	嵌入式系统开发技术	203
11.2.5	从嵌入式系统视角看物联网	204
11.3	网络与通信技术	205
11.3.1	短距离网络通信	205



11.3.2 广域网通信技术	230
11.4 数据汇聚与信息融合	236
11.4.1 信息融合的定义	236
11.4.2 信息融合的分层模型	237
11.4.3 物联网信息融合的新问题	238
11.5 智能信息处理技术	238
11.6 云计算与信息服务技术	240
11.7 网络安全与管理技术	241
本章小结	243
习题	243
思考题	243
第 12 章 物联网安全 /244	
12.1 物联网安全概述	244
12.2 物联网的安全问题	245
12.3 物联网的安全需求	247
12.4 物联网的安全机制	248
12.5 物联网的安全技术	249
12.5.1 物联网感知层安全技术	249
12.5.2 物联网传输层安全技术	251
12.5.3 物联网处理层安全技术	251
12.5.4 物联网应用层安全技术	251
12.6 物联网安全的六大关系	253
本章小结	254
习题	254
思考题	254
第 13 章 开源物联网系统 /255	
13.1 物联网开源平台与创客文化	255
13.1.1 物联网开源平台	255
13.1.2 创客文化	255
13.2 物联网开源硬件系统	256
13.2.1 开源平台 Arduino	256
13.2.2 常用的 Arduino 第三方软件介绍	257
13.2.3 基于 Arduino 的智能原型设计案例	261
13.2.4 开源平台树莓派 Raspbian	263
13.3 物联网开源操作系统	264
13.3.1 Contiki 操作系统介绍	264



13.3.2	Contiki 操作系统特点	265
13.3.3	Contiki 特性	266
13.3.4	代码模块	267
13.4	物联网开源数据交换标准	268
	本章小结	268
	习题	269
	思考题	269

第 14 章 云计算与物联网融合应用 /270

14.1	云计算与物联网在智慧城市中的融合应用	270
14.1.1	智慧城市的理念与分类	270
14.1.2	智慧城市基础平台架构	271
14.1.3	云计算在智慧城市中的应用	272
14.1.4	智慧城市中的数据融合与共享	273
14.2	云计算与物联网在智慧医疗中的融合应用	275
14.2.1	智慧医疗的理念与内容	275
14.2.2	智慧医疗总体架构	276
14.2.3	远程医疗监护与日常保健预防系统	278
14.3	云计算与物联网在智慧社区中的融合应用	279
14.3.1	智慧社区的理念	279
14.3.2	智慧社区的总体框架	280
14.3.3	智慧社区综合信息服务平台	281
14.3.4	智慧社区基础数据	282
	本章小结	284
	习题	284
	思考题	284

第 15 章 云计算与物联网实验指导 /285

15.1	RFID 实验	285
15.1.1	RFID 实验系统介绍	285
15.1.2	RFID 认知实验	286
15.2	ZigBee 实验	290
15.2.1	TI CC2530 处理器介绍	290
15.2.2	ZigBee 点对点通信实验	291
15.2.3	ZigBee 协议分析实验	295
15.3	WiFi 实验	301
15.4	蓝牙实验	307
15.5	Hadoop 云计算实验	313



15.5.1 实验设计说明·····	314
15.5.2 实验过程·····	314
15.5.3 运行程序·····	318
本章小结·····	321
习题·····	321
思考题·····	321

参考文献 /322

本章结构

- 1.1 云计算的概念及定义
- 1.2 云计算的发展历程
- 1.3 云计算的特点
- 1.4 云计算的标准化
- 1.5 云计算的发展现状
- 1.6 云计算的挑战

1.1 云计算的概念及定义

“云计算”从出现起，只用了短短几年时间，就赢得了众多企业及教育科研机构的重视。Google、IBM、亚马逊、微软等公司投入了空前的人力、物力从事云计算技术和产品。云计算到底是什么？云计算如何实现？作为新兴概念，云计算的标准化工作又是如何推进的？云计算会遭遇哪些挑战？本章将分析这些问题，帮助读者对这些内容形成一个初步的认识。云计算(cloud computing)这个概念最早是由 Google 提出，在众多企业的推动下逐渐深入人心。

通过云计算技术可以快速得到大批量任务的处理结果，因为使用 1000 台服务器一小时的成本与使用一台服务器 1000 小时相当。这种资源的伸缩性、无须为大规模处理支付额外费用的特性，在 IT 历史上是前所未有的。

目前，云计算的概念可以被划分为“狭义云计算”和“广义云计算”。狭义云计算是指 IT 基础设施的交付和使用模式，指通过网络以按需、易扩展的方式获得所需资源(硬件、平台、软件)。提供资源的网络被称为“云”。“云”中的资源在使用者看来是可以无限扩展的，并可以随时获取，按需使用，随时扩展，按使用付费。人们像购买水电燃气一样购买计算服务，将使用 IT 基础设施变为按需取用。相对地，广义云计算是指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。

事实上，现有的研究成果对云计算的定义并没有达成行业的共识。目前各大主流厂商的云计算理念也不一样，对云计算的理解更不尽相同。IBM 的技术白皮书“Cloud Computing”中的云计算定义是：“云计算一词用来同时描述一个系统平台或者一种类型

的应用程序。”一个云计算的平台按需进行动态的部署(provision)、配置(configuration)、重新配置(reconfigure)以及取消服务(reprovision)等。在云计算平台中的服务器可以是物理的服务器或者虚拟的服务器。高级的计算云通常包含一些其他计算资源,例如存储区域网络(SANS),网络设备,防火墙以及其他安全设备等。在应用方面,云计算描述了一种可以通过互联网进行访问的可扩展的应用程序。“云应用”使用大规模的数据中心以及功能强大的服务器来运行网络应用程序与网络服务。任何一个用户可以通过合适的互联网接入设备以及一个标准浏览器就能够访问一个云计算应用程序。

中国云计算网将云定义为:云计算是分布式计算(distributed computing)、并行计算(parallel computing)和网格计算(grid computing)的发展,或者说是这些科学概念的商业实现。

2009年,美国国家标准技术研究院(NIST)对于云计算设立草案,在这份法案草案中,对云计算进行了如下定义:“云计算是一种按使用付费的模型。该模型具有方便、可以按需访问资源共享池的特点。这里的共享资源池可以是网络、服务器、存储、应用或者服务。云计算也可以利用最少的管理提供迅速的服务。云模型具有五个主要特点、三个分发模型,以及四个部署模型。”其五个主要特点分别为按需自助式服务(on-demand self-service),无处不在的网络接入(ubiquitous network access),独立的资源池(location independent resource pooling),高速的可伸缩性(rapid elasticity)和管理服务(measured service)。同时,该草案提出将云计算划分为三个分发模型:将软件作为服务(Software as a Service, SaaS),将平台作为服务(Platform as a Service, PaaS)以及将基础设施作为服务(Infrastructure as a Service, IaaS)。同时,四个部署模型分别为私有云(private cloud)、社区云(community cloud)、公共云(public cloud)以及混合云(hybrid cloud)。

SaaS把应用程序作为服务提供给用户,就是软件即服务(SaaS)。该模式的云服务是在云基础设施上运行的、由软件提供者提供的应用程序。这些应用程序可以被各种不同的客户端设备,通过像Web浏览器、手机客户端这样的瘦客户端访问。用户不直接管理或控制底层云基础设施,包括网络、服务器、操作系统和存储设备,例如新浪微博提供的开发和数据接口等软件服务。

PaaS对开发环境抽象封装和有效服务负载封装,实现系统的有效服务负载均衡,就是平台即服务(PaaS)。PaaS将消费者创建或获取的应用程序,利用资源提供者指定的编程语言和工具部署到云的基础设施上。用户可以控制部署的应用程序,也可以配置应用的托管环境,例如Hadoop平台提供的云服务。

IaaS把基本存储和计算能力作为标准的服务提供给用户,就是把基础设施当作服务(IaaS)。该模式的云服务通过租用处理、存储、网络和其他基本的计算资源,消费者能够在上面部署和运行任意软件,包括操作系统和应用程序。用户可以控制操作系统、存储、部署的应用,也有可能选择网络构件(如主机防火墙),例如Amazon S3、EC2等服务。

需要指出的是,随着云计算的不断深入发展,不同云计算分发模型也在进行相互融合,同一产品往往涵盖两种以上类型,界限模糊是未来的一种发展趋势。

由以上定义可知,云计算是虚拟化(virtualization)、效用计算(utility computing)、IaaS(基础设施即服务)、PaaS(平台即服务)、SaaS(软件即服务)等概念混合演进并跃升的

结果。

虽然目前云计算没有统一的定义,综合上述定义,可以总结出云计算的一些本质特征,即分布式计算和存储特性、高扩展性、用户友好性和良好的管理。

1.2 云计算的发展历程

云计算发展历程如下。

1959年6月,Christopher Strachey发表虚拟化论文,虚拟化是今天云计算基础架构的基石。

1961年,John McCarthy提出计算力和通过公用事业销售计算机应用的思想。

1962年,J. C. R. Licklider提出“星际计算机网络”设想。

1965年,美国电话公司 Western Union 一位高管提出建立信息公用事业的设想。

1984年,Sun公司的联合创始人 John Gage说出了“网络就是计算机”的名言,用于描述分布式计算技术带来的新世界,今天的云计算正在将这一理念变成现实。

1996年,网格计算 Globus 开源网格平台起步。

1997年,南加州大学教授 Ramnath K. Chellappa 提出云计算的第一个学术定义,认为计算的边界可以不是技术局限,而是经济合理性。

1998年,VMware(威睿)公司成立并首次引入 X86 的虚拟技术。

1999年,Marc Andreessen 创建 LoudCloud,是第一个商业化的 IaaS 平台。

1999年,Salesforce.com 公司成立,宣布“软件终结”革命开始。

2000年,SaaS 兴起。

2004年,Web 2.0 会议举行,Web 2.0 成为技术流行词,互联网发展进入新阶段。

2004年,Google公司发布 MapReduce 论文。Hadoop 就是 Google 集群系统的一个开源项目总称,主要由 HDFS、MapReduce 和 HBase 组成,其中 HDFS 是 Google File System(GFS)的开源实现;MapReduce 是 Google MapReduce 的开源实现;HBase 是 Google BigTable 的开源实现。

2004年,Doug Cutting 和 Mike Cafarella 实现了 Hadoop 分布式文件系统(HDFS)和 Map-Reduce,Hadoop 成为非常优秀的分布式系统基础架构。

2005年,Amazon公司宣布创立 Amazon Web Services 云计算平台。

2006年,Amazon公司相继推出在线存储服务 S3 和弹性计算云 EC2 等云服务。

2006年,Sun公司推出基于云计算理论的 BlackBox 计划。

2007年,Google公司与IBM公司在大学开设云计算课程。

2007年3月,戴尔公司成立数据中心解决方案部门,先后为全球5大云计算平台中的三个(包括 Windows Azure、Facebook 和 Ask.com)提供云基础架构。

2007年7月,Amazon公司推出了简单队列服务(Simple Queue Service,SQS),这项服务使托管主机可以存储计算机之间发送的消息。

2007年11月,IBM公司首次发布云计算商业解决方案,推出“蓝云”(Blue Cloud)计划。