

中央民族大学“985工程”信息技术在民族地区发展中应用研究科技创新平台文库
国家语言资源监测与研究中心少数民族语言分中心计算语言学系列教材

◎ 主编 戴庆厦 赵小兵

云计算概论

INTRODUCTION TO CLOUD COMPUTING

◎ 翁 或 邱莉榕 李华昱 / 编著

中央民族大学出版社
China Minzu University Press

中央民族大学“985工程”信息技术在民族地区发展中应用研究科技创新平台文库
国家语言资源监测与研究中心少数民族语言分中心计算语言学系列教材

◎ 主编 戴庆厦 赵小兵

云计算概论

MINORITY LANGUAGE INFORMATIZATION PROCESSING OVERVIEW

◎ 翁 彧 邱莉榕 李华昱 / 编著

中央民族大学出版社
China Minzu University Press

图书在版编目 (CIP) 数据

云计算概论/翁彧等编著. —北京: 中央民族大学出版社, 2012.10

ISBN 978-7-5660-0281-5

I. ①云… II. ①翁… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 231499 号

云计算概论

编 著 翁 彧 邱莉榕 李华昱

责任编辑 蔚 然

封面设计 布拉格

出 版 者 中央民族大学出版社

北京市海淀区中关村南大街 27 号 邮编: 100081

电话: 68472815 (发行部) 传真: 68932751 (发行部)

68932218 (总编室) 68932447 (办公室)

发 行 者 全国各地新华书店

印 刷 者 北京宏伟双华印刷有限公司

开 本 880×1230 (毫米) 1/32 印张: 7.125

字 数 180 千字

版 次 2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5660-0281-5

定 价 25.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

随着人类社会科技的进步和信息技术的飞速发展，在不同的科学领域已经积累了越来越多的数据，而在这些数据的基础之上展开的数据密集型研究和应用是推动科学技术进一步发展的关键环节。例如，在石油、材料、冶金、物理、天文、气象等领域都存在大量的数据密集型研究和应用需求。

数据密集型应用的发展趋势可以总结如下：（1）用户分散。数据的使用者在地理上是分散的。（2）数据量大。数据量和计算量越来越大，数据和计算能力越来越集中。逐渐形成一些聚合某个领域或学科的大型数据中心，而且还在不断扩展之中。（3）应用按需定制。用户希望根据自己的具体需要，方便地定制出所需的服务。（4）面向用户。用户希望利用身边简单的设备就可以访问其所需要的数据，并可以对这些数据进行处理。（5）虚拟化。用户期望不需要了解数据存储在哪里、计算集群的位置，透明地使用这些资源完成复杂的任务。所以，对于数据密集型的研究和应用，需要强大的计算基础设施的支撑。

当前，网络计算和云计算是当前两种主要网络计算形态，两者都试图将各种资源看成一个虚拟的资源池，然后向外提供相应的服务，但云计算与网络计算互有不同的侧重点。网络是大型的、虚拟化的、分布式的计算系统，网络计

算的侧重点是将分布、异构、属于不同虚拟组织的资源组织起来，共同完成计算任务，通常是用聚合资源来支持挑战性的大型应用；云计算是分布式处理、并行处理和网格计算的进一步发展，将互联网中多种资源根据用户的实际需求，以服务的方式进行动态组合，以此提供更为强大的计算、存储和带宽能力，云计算侧重于利用聚合的资源运行分散的应用，充分利用数据中心的资源，向互联网客户提供多种服务。网格计算的多年发展，已经为全球的科学家提供了高性能计算基础设施，解决了紧张的计算和存储问题。然而，在归属于不同管理域的异构资源之上提供安全可靠的服务需要具有较高的复杂性，并且运行的开销是很大的，对于普通的科学家来说在使用上还存在一定的困难。从 e-Science 的发展趋势来看，应该使计算变得越容易，让科学家将时间花在真正的科学工作上，而不是计算工具上。所以，利用基于云计算思想的基础设施为数据密集型应用提供服务是一种很好的途径。

通过对云计算中所涉及的虚拟化技术、数据的语义集成、服务的表示与动态组合、工作流的表示与执行、面向用户的云计算交互接口等关键科学技术问题的研究，其意义体现在如下几个方面：（1）为实现科学云提供一个良好的参考模型。因为云计算还是一个新出现的计算形态，解决其中的重点科学技术问题，并探讨如何利用云计算满足数据密集型研究和应用中的需求是十分重要的研究内容，具有较高的研究价值。（2）科学云计算平台的实现，可以降低计算工具的使用难度，让更多的科学工作者更方便地直接使用计算基础设施所带来的强大功能。利用科学云，可以让科学家不必过

多地关心计算工具的问题，而是把更多的精力放在真正的科学工作上，从而可以提高科研人员的工作效率。(3) 科学云计算平台允许用户发布其制作的数据和计算服务。(4) 将科学云计算平台应用于石油、材料、冶金、物理、天文、气象等领域，为领域中的数据密性研究和应用透明地提供计算和数据服务，可以推动这些领域的快速发展。

本教材受中央民族大学“985 工程”信息技术在民族地区发展中应用研究科技创新平台、国家语言资源监测与研究中心少数民族语言分中心、科技支撑计划课题“藏语维吾尔语语言资源监测关键技术研究示范应用”（课题编号：2009BAH41B04）的资助。感谢北京科技大学胡长军教授、张晓明博士以及中央民族大学信息工程学院的各位老师为本书所付出的努力。

本教材主要由中央民族大学翁彧老师进行统一规划设计，其中第 1 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章内容由翁彧老师编写，第 2 章、第 3 章、第 4 章由中央民族大邱莉榕老师编写，第 5 章、第 6 章由中国石油大学（华东）李华昱老师编写。由于时间仓促，水平有限，书中难免有疏漏之处，在此敬请广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 云计算基本概念及整体架构	1
1.1 基本概念	1
1.2 国内外研究现状	5
1.3 云计算整体框架	11
第 2 章 Web 服务	17
2.1 Web 服务简介	17
2.2 面向服务架构 SOA	19
2.3 Web 服务特性	24
2.4 Web 服务规范	28
第 3 章 语义 Web	45
3.1 语义 Web 简介	45
3.2 语义 Web 层次模型	49
第 4 章 语义 Web 服务组合	84
4.1 Web 服务语义描述	84
4.2 Web 服务发现	101
4.3 Web 服务匹配	103
4.4 基于 BPEL4WS 的 Web 服务组合	111
第 5 章 数据中心	116
5.1 数据中心概述	116
5.2 数据中心规划与设计	121
5.3 数据中心上线	124
5.4 数据中心管理和维护	127

5.5	新一代数据中心	131
5.6	数据中心成本和能耗分析	134
第 6 章	数据中心的虚拟化技术	136
6.1	数据中心的虚拟化	136
6.2	部署虚拟化解决方案	153
6.3	虚拟数据中心管理	162
第 7 章	云架构示范应用	170
7.1	云平台数据特点	170
7.2	服务组件表示	171
7.3	工作流定制	173
7.4	案例分析	176
第 8 章	协同计算示范应用	180
8.1	数据特点及模型概述	180
8.2	工作流程	181
8.3	协同计算流程	184
第 9 章	文件管理示范应用	192
9.1	应用特点及模型概述	192
9.2	可行性分析	193
9.3	主要用途及经济价值	195
9.4	数据格式及用户管理	197
第 10 章	e-Science 服务示范应用	199
10.1	数据特点及模型概述	199
10.2	问题描述和整体架构	200
10.3	模型工作流程	202
10.4	系统验证	211

第 1 章 云计算基本概念及整体架构

本章重点

- 云计算的基本概念
- 云计算特点及与网格计算的区别
- 云计算平台整体架构

1.1 基本概念

(1) 云计算

定义 1: 云计算就是利用在 Internet 中可用的计算系统, 能够支持互联网各类应用的系统。云计算是以第三方拥有的机制提供服务, 为了完成功能, 用户只关心需要的服务, 这是云计算基本的定义。

定义 2: 云计算是指用虚拟技术建造的数据中心或超级计算机, 并以免费或按需租用方式提供给软件开发者, 或称为硬件即服务 HaaS (Hardware-as-a-Service)。云是指互联网。和虚拟主机不同点是, 云计算通过并行使用多台服务器, 提供更强大的计算能力、存储和带宽。云计算面向的是软件开发者, 而 SaaS (Software-as-a-Service) 面向用户直接提供软件服务。云计算厂商通过硬件的按需应变虚拟化技术, 让开发人员可以不用考虑硬件和带宽的约束来开发和运行应用程序。

(2) 云计算基本特点

云计算明显的特点如下：

一是低成本，这是最突出的特点。

二是虚拟机的支持，使得在网络环境下的一些原来比较难做的事情现在比较容易处理。

三是镜像部署的执行，这样就能够使得过去很难处理的异构的程序执行互操作变得比较容易处理。

四是强调服务化，服务化有一些新的机制，特别是更适合商业运行的机制。

(3) 云计算与网格计算

网格计算与云计算的区别和联系可以总结如下：

相似点：计算的并行与合作的特点

区别：首先，网格计算的思路是聚合分布资源，支持虚拟组织，提供高层次的服务，例如分布协同科学研究等。而云计算的资源相对集中，主要以数据中心的形式提供底层资源的使用，并不强调虚拟组织的概念。

其次，网格计算用聚合资源来支持挑战性的应用，这是初衷，因为高性能计算的资源不够用，要把分散的资源聚合起来；后来到了 2004 年以后，逐渐强调适应普遍的信息化应用，特别是在中国，做的网格与国外不太一样，就是强调支持信息化的应用。但云计算从一开始就支持广泛企业计算、Web 应用，普适性更强。

第三，在对待异构性方面，二者理念上有所不同。网格计算用中间件屏蔽异构系统，力图使用户面向同样的环境，把困难留在中间件，让中间件完成任务。而云计算实际上承认异构，用镜像执行，或者提供服务的机制来解决异构性的问题。当然不同的

云计算系统还不太一样,像 Google 一般用比较专用的自己的内部的平台来支持。

第四,网络计算用执行作业形式使用,在一个阶段内完成作用产生数据。而云计算支持持久服务,用户可以利用云计算作为其部分 IT 基础设施,实现业务的托管和外包。

第五,网络计算更多地面向科研应用,商业模型不清晰。而云计算从诞生开始就是针对企业商业应用,商业模型比较清晰。

总之,云计算是以相对集中的资源,运行分散的应用(大量分散地应用在若干大的中心执行);而网络计算则是聚合分散的资源,支持大型集中式应用。但从根本上来说,从应对 Internet 的应用的特征特点来说,他们是一致的,为了完成在 Internet 情况下支持应用,解决异构性、资源共享等问题。

(4) 其他相关概念

① SaaS (Software-as-a-Service, 软件即服务)

是软件通过互联网来交付,向用户收取月服务费。用户通过互联网来使用软件,不需要一次性购买软件、硬件,也不需要维护和升级。SaaS 运营商统一安装、升级、维护软件和硬件。

标准的 SaaS 软件的几个特点:一是用户注册后可以立即开始使用,或叫即需即用或叫随需应变。二是所有客户的程序和数据统一管理。三是程序和数据库采用多重租赁架构(Multi-tenant),从而提高稳定性、可扩展性,并降低维护成本。

② PaaS (Platform-as-a-Service, 平台即服务)

如果一个 SaaS 软件也能给客户在互联网上提供开发(自定义)、测试、在线部署应用程序的功能,那么这就叫提供平台服务,也就是 PaaS。Salesforce 的 force.com 平台,和八百客的 800APP 是 PaaS 的代表产品。

③ Web2.0

Web 2.0 始于 2004 年 3 月 Reilly 公司和 Media Live 国际公司的一次头脑风暴会议。Tim O' Reilly 在 2005 年 9 月 30 日发表的“*What Is Web2.0*”一文中概括了 Web2.0 的概念，并给出了描述 Web2.0 的框图。该文成为 Web2.0 的经典文章，他本人也成为 Web2.0 的代表人物。

Web2.0 至今还未有统一的定义，人们从不同的角度来理解和定义 Web2.0。Tim O' Reilly 的定义。Web2.0 概念的提出者 Tim O' Reilly 认为，Web 2.0 的经验是有效利用消费者的自助服务和算法上的数据管理，以便能够将触角延伸至整个互联网，延伸至各个边缘而不仅仅是中心，延伸至长尾而不仅仅是头部。Web 2.0 的一个关键原则是：用户越多，服务越好。

列举式定义。Web2.0 是包括博客空间(Blog)、维基(Wiki)、RSS (Really Simple Syndication)、社会性书签 (Social Bookmark)、SNS (Social Networking Service)、Ajax 等一系列技术及其应用。

特征式定义。Wikipedia 关于 Web2.0 定义：网站不能是封闭的，它必须可以很方便地被其他系统获取或写入数据；用户应该在网站上拥有他们自己的数据；完全地基于 Web，大多数成功的 Web2.0 网站可以几乎完全通过浏览器来使用。

④ Mashup

Mashup 是 Web2.0 开放性的结果，也是开放性的具体体现。最初广泛流行起来的 mashup 之一是一个 Web 站点，它将芝加哥警局在线数据库中的犯罪记录与 Google Maps 上的地图复合在一起。用户可以与 mashup 站点进行交互，如告诉它在图形界面上显示一个包含图钉的地图，图钉展示南加州最近所有入室抢劫

案件的详细信息。这种概念和呈现方式非常简单，犯罪和地图数据复合之后提供的可视化的功能非常强大。

mashup 程序从架构上是由三个不同的部分组成的，它们在逻辑上和物理上都是相互脱离的（可能由网络和组织边界分隔）：API/内容提供者、mashup 站点和客户机的 Web 浏览器。API/内容提供者是（有时是未知的）正在进行融合的内容的提供者，在 ChicagoCrime.org mashup 的例子中，提供者是 Google 和芝加哥警察局；mashup 站点是指 mashup 所在的地方；客户机的 Web 浏览器，这是以图形化的方式呈现应用程序的地方，也是用户交互发生的地方。（典型案例：GoogleMap, Flickr Photos 以及气象信息等。）

1.2 国内外研究现状

1.2.1 云计算的概念及基本现状

云计算是一个全新的计算范型，其定义还存在不同的观点，云计算中的各种挑战性科学技术问题还在探索之中。关于云计算的主要观点如下：云计算是一种计算范型，该范型关注于在一组可扩展的网络结点上共享数据和进行计算，这些结点可以使用户计算机、数据中心、Web 服务等，这一组网络结点就称为云；云计算结合了软件即服务（SaaS）、Web 2.0 等技术，利用来源于 Internet 的资源满足用户的计算需求，往往通过一个 Web 浏览器访问应用程序，软件和数据存储在服务器上；云计算可以看作通过 Internet 在一起工作的一组虚拟服务器，这些虚拟服务器可以

被动态地管理、监视和维护；云计算是为了向最终用户提供一个可靠的、可定制的有服务质保证的动态计算环境。总之，云计算的核心思想是利用虚拟化技术作为基础，透明地向不同用户提供其所需要的资源和服务，使用户十分便利地就可以利用云中所提供的资源完成自己的工作任务。

目前，在工业界和学术界，已经开始了一些关于云计算的项目。除了 Amazon 的 EC2/S3 之外，Google Application Engine 可以让用户在 Google 强大可扩展的网络平台上构建自己的 Web 应用服务，微软也提出了软件加服务的策略并正在推出 Windows Azure 服务平台。IBM 和欧盟建立了关于云计算的联合研究计划 RESERVOIR，该项目将在其云计算模型中构建一个开放标准，用于创建一个可扩展的、灵活可靠的框架。该项目集成虚拟化技术和网络计算技术，构建下一代的服务基础设施，可以动态地、透明地管理和分配资源和服务。另外，IBM 的蓝云计划基于 IBM 软件的开放标准和开源软件，蓝云使用 Tivoli 软件管理服务器，保障按需提供最优的性能。在用户提出最大需求的情况下，软件能够快速准备出跨越多个服务器的资源，可以无缝地为用户提供更高的性能和可靠性。蓝云能够帮助客户快速地构建一个云计算环境，在其企业级环境中测试其 Web 2.0 应用。

1.2.2 科学云的研究进展

从研究领域上讲，很多研究机构开始着手思考如何利用云计算来推动科学研究工作，即利用云计算为 e-Science 服务，也就是所谓的科学云。在美国，云计算的相关研究工作已经开始被关注。美国国家科学基金会（NSF）已经与 Google、IBM、惠普、英特尔和雅虎合作推动云计算的研究。2008 年，NSF 建立集群探索计

划 (CluE, Cluster Exploratory initiative), 其目标是为云计算更加易用和更加可靠进行相应的研究工作, 让更多的学术研究人员能够访问由 IBM 和 Google 提供的大规模、分布式的计算资源。NSF 的 CluE 计划目前已资助卡内基梅隆大学、佛罗里达国际大学和马里兰大学帕克分校三所大学, 而且后续还要资助 10 个项目, 每个项目资金为 500000 美金, 而其寻找的是能够扩展数据密集型计算环境的项目。CluE 计划中的项目将展示出利用云计算进行科学研究, 解决其他体系结构无法很好解决的新问题。另外, 伊利诺斯大学香槟分校 (UIUC) 与 NSF、惠普、英特和雅虎等机构的合作, 正在构建一个云计算实验床 (Cloud Computing Testbed), 为云计算基础设施中的高级研究问题 (例如, 自动资源分配, 任务的调度、监测和管理) 提供一个分布式的、Internet 规模的实验环境, 为数据密集型计算提供更好的系统级的支持。

芝加哥大学 (UC) 和佛罗里达大学 (UFL) 已经开始起步进行科学云项目的研究工作, 目标有两个: 一个是让科学和教学项目可以利用 EC2 模式的云计算进行来进行试验工作; 另一个更好的理解云计算带来的潜在挑战及应对策略。科学云项目可以让科学工作者在一段时间内租用一定的资源 (与 EC2 类似), 但与 EC2 服务不同, 科学云并不需要用户付费, 而是对用户进行验证后, 为其在科学云上分配一个小型 (为测试)、中型 (为开发) 或大型 (为科学) 的信用时间。UC 科学云和 UFL 科学云都采用 Nimbus toolkit 实现远程虚拟机资源租用。UFL 云的配置中在虚拟机上使用了私有 IP, 利用网络虚拟化方式连接虚拟机和客户的机器。虚拟网络的使用使跨域部署、广域虚拟集群、无缝地克服广域网所带来的连接性限制成为可能。芝加哥大学的科学云 Nimbus 利用 Xen 虚拟机的形式提供计算能力, 这些虚拟机通过 Nimbus 软件部署在芝加

哥大学 Teraport 集群的物理结点上。Nimbus 云对于所有被认证的用户都是开放的, 用户被认证后可以从云中得到被分配的资源。如果用户需要在一个特定的虚拟机镜像上部署一个工作空间, 他既可以使用云中可用的虚拟机镜像, 也可以上传用户自己的虚拟机镜像。

Cumulus 科学云项目是卡尔斯鲁厄工学院的 Steinbuch 计算中心的一个正在进行的云计算项目, 其目标是为科学计算应用提供虚拟机、虚拟应用和虚拟计算平台, 并构建一个云计算试验床和基础设施。Cumulus 被设计为分层的结构: Cumulus 前端层、OpenNEbula 层和 OS Farm 层。Cumulus 前端采用 Globus 虚拟工作空间服务, 接受用户对虚拟机操作的需求; OpenNEbula 层充当局部虚拟管理系统, OpenNEbula 的前端与虚拟工作空间之间通过 SSH 通信, 与其后端和 Xen hypervisors 也通过 SSH 通信; OS Farm 是一个产生和存储 Xen 虚拟机镜像和虚拟设施的服务, 相当于一个虚拟机模板管理工具。

Carmen 是一个由英国工程与物理科学基金会资助的 e-Science 项目。该项目将提交一个关于神经生理学的虚拟实验室, 用于数据的集成、共享与分析。神经活动记录 (信号和图像系列) 是主要的数据类型。该项目的研究人员来自英国的 11 所大学, 关注于神经生理学数据的完整生命周期。Carmen 系统是基于云计算的 e-Science 平台, 该平台在元数据的支持下可以实现数据的共享、集成和分析, 提供了一组可扩展的服务用于从数据中抽取增值知识。神经信息学研究人员可以通过 Web 访问 Carmen 系统, 他们可以为系统填充数据内容和服务。Carmen 的侧重点是构建并在云中部署一组通用的 e-Science 服务, 在此基础上构建神经信息学这个特定领域的一组服务。

Meandre 是伊利诺斯大学香槟分校 (UIUC) 研究开发的一个语义 Web 驱动的数据密集型流执行环境。Meandre 提供了数据密集型计算的基础设施, 它提供了创建构件和流的工具、描述流的高级语言、基于面向服务范型的多核和分布式执行环境。Meandre 可以实现执行环境对用户透明。Meandre 强调构件的重用, 流是基本计算任务 (构件) 所组成的有向图, 与 MapReduce 不同, Meandre 的流可以是有环图或无环图。Meandre 中的元数据模型依赖于 3 个本体 (RDF 本体、Dublin Core 元素本体、Meandre 本体) 来实现, 最终将元数据表示为 RDF 形式。Meandre 的体系结构分为 4 层: 虚拟化基础设施、I/O 标准化层、数据密集型流基础设施、交互层。在虚拟化基础设施层, 实现了 Meandre 虚拟服务器的按需分配和释放。总之, Meandre 提供了一个数据密集型流执行的基础设施, 可以让用户根据需要构建、组装、执行构件和流。

此外, 北卡州立大学利用云计算实现一个虚拟计算机实验室 (VCL, Virtual Computer Laboratory)。Google 公司已经与清华大学签署合作协议, 清华大学将成为内地首家参与到 Google 的有关云计算的合作项目中, 并与 Google 公司联合开设“大规模数据处理”课程并展开云计算方面的共同研究。

1.2.3 科学云计算相关工具研究进展

Nimbus toolkit 基于 Globus 的虚拟工作空间服务发展而来, 用于构建科学云。Nimbus 的主要目标是提供一个基础设施, 通过资源租借的方式满足科学团体的需求。通过 Nimbus 的客户程序可以让用户浏览科学云中的虚拟机镜像、提交用户自己的虚拟机镜像到云中、部署虚拟机、查询虚拟机状态以及访问虚拟机。

Eucalyptus 是加州大学圣塔芭芭拉分校 (UCSB) 为进行云计