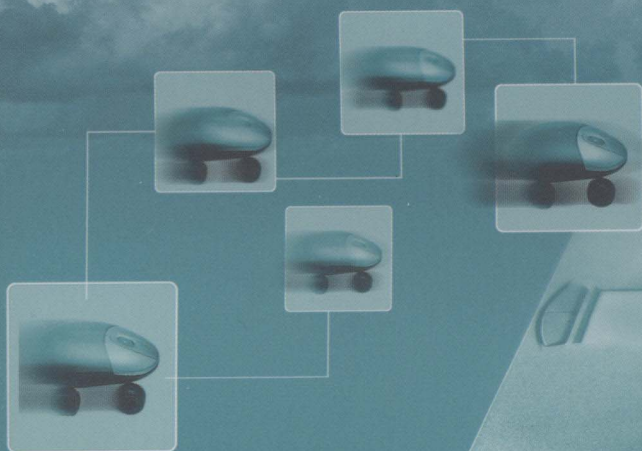


韩燕波 王桂玲 刘 晨 王 菁 赵卓峰 著

互联网计算的原理与实践

——探索网格、云和Web X.0背后的本质问题和关键技术

云计算 = 互联网: (Σ 资源(设备, 数据, 软件) $\times$ 服务)



科学出版社

www.sciencep.com

互联网计算的原理与实践

——探索网格、云和 Web X.0 背后的本质问题和关键技术

韩燕波 王桂玲 刘 晨 王 菁 赵卓峰 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在自编研究生教材的基础上,结合中国科学院计算技术研究所服务计算研究团队的 VINCA 互联网服务集成套件的设计、实现和应用相关的具体实践,归纳各类互联网计算模式,总结互联网计算的特点和原理,澄清和探索网格、云和 Web X.0 背后的本质问题、发展规律、基础理论和核心技术。

本书读者对象包括:分布系统、软件工程、网络计算、互联网服务、互联网应用、中间件与软件集成等相关方向的研究生和教师;想更新知识和跟上 IT 进步,透过网格计算、云系统、Web X.0、SaaS 和 SOA 等热点概念深入了解本质问题和基本原理的业界专业人士;从事与互联网计算和互联网应用集成的行业信息化专业相关的人员和管理者。

图书在版编目(CIP)数据

互联网计算的原理与实践:探索网格、云和 Web X.0 背后的本质问题和关键技术/韩燕波等著. —北京:科学出版社,2010

ISBN 978-7-03-028031-2

I. 互… II. 韩… III. 互联网络-研究 IV. TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 114530 号

责任编辑:王志欣 张艳芬 / 责任校对:李奕萱

责任印制:赵 博 / 封面设计:嘉华永盛

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

西源印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

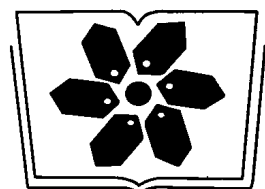
2010 年 7 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010 年 7 月第一次印刷 印张:28 3/4

印数:1—3 500 字数:600 000

定价:68.00 元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换)



中国科学院科学出版基金资助出版

序

互联网可能是人类在 20 世纪做出的对 21 世纪影响最大的发明。开放、自治、动态变化是互联网的主要特征，这些特征使得互联网计算与传统的分布式计算有着本质的不同。互联网软件与传统软件也有明显区别，互联网软件既要像桌面软件一样方便易用，满足多样化的个性需求和适应动态负载与可扩展性的要求，还要有效利用分散、自治、异构的网络资源，支持跨管理域的系统集成。

历史上并没有人设计今天的互联网，互联网是自己演化涌现形成的。近 20 年来，互联网的新技术和新应用层出不穷，令人眼花缭乱。每年都会出现一些与互联网有关的新概念，如 Web X.0、SOA、SaaS、网格和云计算等，知识的总结赶不上技术的进步。技术工作者疲于接纳不断冒出的新名词，往往知其然而不知其所以然。一个成熟的网络应用技术人员应该对网络有深刻的理解，不仅要理解当前的网络，而且要理解网络的演化规律。

市面上关于互联网的书籍很多，但多数是介绍产品工具的具体技术。目前，研究生采用的有关互联网计算的参考书大多是跨国大公司产品白皮书的汇集，缺少对科学问题与基本原理的归纳，很难找到一本从原理和共性规律的角度阐述互联网计算核心技术的参考书。中国科学院计算技术研究所韩燕波研究员以及其他几位作者结合多年科研与互联网应用实践的体会，在自编研究生教材的基础上，撰写了这本《互联网计算的原理与实践——探索网格、云和 Web X.0 背后的本质问题和关键技术》，在一定程度上弥补了这一缺陷，对澄清和阐述网格、云服务等互联网计算背后的本质问题和关键技术是一次有价值的探索。

该书没有讨论互联网的基础设施和协议，而是关注互联网软件的构建、运营、应用的理论与方法，重点包括互联网分布资源的存储与管理、服务资源的虚拟化、XaaS 模式的第三方运营与优化、互联网分布式系统的安全与信任等内容。在归纳网格、云计算等各种互联网应用的基础上，提出了统一的互联网 CSI 体系结构，试图体现互联网计算的整体性和系统性，对于读者在宏观上把握复杂缤纷的互联网计算颇有裨益。

该书的一个特点是试图兼顾讲解理论知识的严谨性和培养实践能力的应用性，对每一个概念都尽可能确切地给出较严格的定义。例如，该书从互联网计算的角度，将常识下服务作为人们的价值体验活动与在软件层面服务作为一种定义良好的软件组件很好地关联起来，对读者理解互联网服务的本质可能有所启发。该书的实践篇用两章的篇幅叙述了基于 VINCA 的服务集成方法和软件应用，

VINCA 是中国科学院计算技术研究所历经 8 年努力发展起来的一套互联网计算环境下以最终用户编程和第三方运营为特征的服务集成方法与软件工具集合。通过学习 VINCA 的应用，读者可以将前几章学到的理论知识具体化，避免头脑中堆积似懂非懂的教条。

互联网计算是发展很快的技术，一本参考书既不可能讲述互联网已有的全部技术，更不可能保证书中的所有内容都符合未来的主流技术。但愿该书能帮助读者理清一些思路，使读者能从更高一些的角度认识互联网计算，少一点面对层出不穷的网络新术语的迷惘。

是为序。

李国杰

2010 年 4 月 28 日

前言

1. 背景、定位和主要内容

今天，每当人们谈及互联网，想到的都不止是物理上的网，而是一个巨大的信息系统。物联网的发展又进一步丰富了该信息系统的触角和神经。广域、开放和聚众的互联网已成为一种不可或缺的社会基础设施和迄今为止最大的协同计算平台。一方面，互联网上数据资源呈指数级增长，其经典使用环境——万维网（world wide Web, WWW）朝着提供更加强大和更加丰富的用户交互能力的方向发展；另一方面，互联网上的计算资源和服务资源日益丰富，连接在网络上的计算设备和存储设备能力有了大幅提升。在很多担心和质疑声中，由传统的基于单个计算机或客户端-服务器的计算模式向基于互联网的计算模式迈进的步伐不但没有停止反而越来越明显。当前，不论规模大小，一个应用系统或多或少都会依赖于互联网和互联网上的资源。互联网和 Web 的发展使互联网计算成为可能。更重要的是，以下两项重大需求促进了互联网计算：一个是 IT（information technology）资源的优化利用，另一个是跨管理域的资源共享和应用集成。

当前 IT 行业有一种普遍的现象：硬件性能快速提升且成本不断下降；软件发展速度较为缓慢，但其占用的硬件资源却越来越多；用户体验没有得到合理的提升。几十年来，硬件系统的发展始终遵循着摩尔定律预测的速度，每十八个月，CPU、存储和网络带宽等 IT 产品的性能会翻一番。这些提升的硬件性能被越来越复杂的软件占用。以个人计算机（personal computer, PC）为例，主流操作系统占用内存、CPU 和硬盘越来越多，但是用户发现，在自己所购买的 PC 中，软件的功能通常并没有本质的提升。据统计，人们在 PC 上的花费超过 IT 总预算的 66%，但 PC 的 CPU 利用率却不足 1%。在行业应用领域，平台软件庞大且复杂，重复投资现象严重，企业在 IT 上的全部投资仅用到了其中很小部分的功能；用户购买的新系统中往往很多功能模块用户在其他系统中已经付过费。软件从业人员众多，系统换代频繁且版本众多，IT 系统已经成为浪费严重的“烧钱机”。

IT 工业界将上述现象戏称为安迪-比尔定律（Andy and Bill's law）：硬件的进步被以微软公司为首的软件开发商消耗掉，他们从中牟取利益；膨胀的软件又迫使用户升级机器，以英特尔公司为首的各硬件厂商不断提升性能以获取利润；而硬件提升带来的好处又被新膨胀的软件消耗掉。在这个循环过程中，最终对用

户造成了极大的浪费。这种现象的背后其实是一种以经济利益为导向的“资源消耗型”产业发展模式。

针对“资源消耗型”发展模式，人们不禁会思考：我们何时才能够走出这个怪圈？硬件的性能会无限制地得到提升吗？摩尔定律会永远有效吗？假如硬件性能提升的空间是有限的，20年之后IT行业会不会面临资源枯竭的危机？从整个IT产业可持续发展的角度来看，另外的一种思路是：可否摆脱以经济利益为导向的“资源消耗型”发展模式，而是以用户为中心审视当今软件业进步的瓶颈，思考如何恰当并充分地利用硬件和网络基础设施发展带来的好处，提高IT行业的资源利用率。针对上述优化利用IT资源的需求，近年来，以网格、云、Web X.0和SaaS模式等为代表的互联网计算新形态逐渐形成，这些变化为突破困惑了人们多年的软件生态链条不够优化、成本高昂以及效率低下等问题带来机会。

跨域集成问题是一个困扰人们多年的难题，经历了从点到点集成到基于软总线的集成平台的发展历程。像人类社会许多其他领域一样，规模的壮大促进了标准化和基础设施建设的发展。在这一背景下，互联网上的资源越来越多地以服务形式对外提供，通过对网络上封装各类资源的服务的共享和集成来构造和支撑应用软件正逐渐成为一种新兴、主流的方式，在互联网之上正逐渐形成一个以聚合和协同为核心的计算环境和互联网软件新形态。互联网计算还可让行业用户的信息化服务部门甚至最终用户能够直接利用各类网络资源以及本地资源，灵活地编排业务逻辑来构建个性化的且能满足其即时需求的网络化虚拟应用。这种计算模式尤其适合支持在未来10年大有可为的互联网增值服务和第三方运营，促进ICT产业的良性循环。

互联网软件在互联网这一开放、动态和难控的协同计算平台上进行开发和运行，以SaaS作为其应用部署、运营和使用的基本模式，具有泛在、开放、异构、自治、多样化、不确定性、动态变化以及“强调使用而非强调拥有”等特征，与传统软件相比，在软件构成、系统边界、运营方式、管控原理和使用模式等方面有了质的变化，也注定了互联网计算与传统分布式计算的本质不同。人们对互联网内在规律、机理及其可利用的价值等方面的探索方兴未艾。技术的进步以及应用的激增和普及暴露出很多新的现象和矛盾。例如，人们已观察到，当相关联的互联网资源集合达到一定规模后，会带来聚众效应。也即能够产生新的增值能力，吸附更多相关资源的能力会随之得到加强。反过来，有效地利用这些规律又会进一步推动技术创新、应用创新和社会进步。总之，对互联网计算背后本质问题和学科基础的探究有重要的意义。

本书并不讨论互联网本身及相关的协议和技术，而是从以下几个方面重点关注基于互联网开展协同计算的基本原理和关键技术、新型互联网中间件和基础设施形态以及基于互联网的新型应用的构造和运维：

(1) 中间件技术与分布系统工程、构件技术与软件工程、信息检索技术与互联网信息服务等领域的发展也极大地促进了互联网应用发展。特别是, SOA 风格和面向服务的计算 (service oriented computing, SOC) 的发展标识了分布式系统和软件集成领域技术一个里程碑式的进步。服务呼应了人们从使用角度对具有自治、开放、与平台无关等特征的网络化构件抽象的期待, 而面向服务计算方式倡导关注分离、多方参与和松耦合的系统设计思想, 可使分布式应用具有更好的复用性、灵活性和可扩展性。本书将服务计算视为重要基础加以讨论, 着重强调对互联网计算的支撑作用。

(2) 如将互联网看做是一个巨大的虚拟计算机, 那么它的“操作系统”等系统软件该是什么样子呢? 针对互联网上众多的节点, 能否指定和建立一些像局域网中的数据库服务器一样的专用节点呢? 还有, 已有的很多计算中心在互联网环境下该如何生存和发展呢? 这些问题都可归结为互联网计算基础设施相关问题。实际上, 早在 20 世纪 60 年代, 图灵奖获得者 McCarthy 就提出了效用计算 (utility computing) 的愿景, 即像用水、电一样获得“按需计算”的能力。这种愿景一直是 IT 领域的一大追求, 随着网络和信息处理技术的快速发展, 该愿景会离我们越来越近。无论是早期的 ASP (application service provider) 还是近年来流行的网格计算 (grid computing) 和云计算 (cloud computing), 其实质追求都无出其右。总结和归纳互联网计算基础设施相关的原理和方法具有很大意义, 比单独讨论某一类特定模式更有助于理解和把握关键问题。

(3) 在以互联、开放、共享和协作为主旋律的互联网计算环境下, 软件呈现出网络化、服务化、虚拟化和集成化的发展趋势, 应用系统的形态也在发生质的变化, 不再以固化、独有的形式出现, 会包含越来越多的“不为所有、但为所用”的服务构件。我们将依托互联网平台、可共享互联网软件基础设施及互联网资源的软件新形态统称为互联网软件。互联网软件与传统软件的最大不同就在于公用服务和运营, 出现了以“软件即服务” (software as a service, SaaS)、“平台即服务” (platform as a service, PaaS) 及“基础设施即服务” (infrastructure as a service, IaaS) 为代表的新兴服务供给模式。当前, 如何利用互联网平台来计算和构造软件仍是一个具有巨大意义的挑战性问题。本书所关注的有关互联网软件的构建、运营、保障和有效利用的相关理论和方法对于互联网的发展具有重要意义。

作者长期以来一直致力于分布式系统应用集成、基于互联网的智能信息服务、环境敏感的个性化信息服务、服务组合、信息融合、业务流程管理与协同、最终用户可用的网络应用“编程”方法与语言以及服务网格中间件等方面的研究及其行业应用 (电子政务、企业应用集成、网络化科研、城市应急以及全国科技信息资源共享服务等)。我们认识到, 互联网软件一方面要为用户提供具有像桌

面软件一样的易用性和丰富用户体验的一体化服务，以及要应对多样化和个性化的用户需求和具有不确定性的负载及扩展性要求；另一方面还要面对广域、分散、异构的各类资源（存储资源、计算资源、遗留应用资源、各种新兴的服务资源以及大量的非结构化的数据资源）的集成问题。如何利用这些分散、自治、动态和边界模糊的网络资源来满足大规模用户群个性化的业务需求，又如何将领域相关的业务抽象和复杂多变的企业级业务流程与实现层面的互联网资源有机关联起来，都需要对基础理论、体系结构、保障策略和优化方法等展开深入研究。针对网络化、开放、动态和协同等软件发展趋势，结合领域实践，以支持跨管理域业务集成和大众用户“编程”为重点，我们自 2000 年起展开了对分布式系统动态应用集成与协同问题的研究，形成了一组基于资源动态汇聚、虚拟化和领域建模的服务集成技术，打造了一套互联网计算方法和软件环境——VINCA，旨在改造现行软件生产方式和使用模式，促进软件服务业发展。VINCA 方法学及具体实践是本书的一个重要组成部分。

2. 特色和适用范围

虽然市面上已有很多有关互联网技术、Web 应用开发、Web 2.0、Web 服务技术、SaaS、云系统和云计算的书籍，但大多在探讨解决方案、产品、工具或具体技术，缺少对背后的科学问题和基本原理的归纳。在一定程度上也助长了互联网相关领域存在的以下现象：名词概念繁多，应用开发方法比较随意，厂商和产品主导走向，用户和开发人员盲从。本书试图填补空白，对互联网计算的本质问题和基本原理进行总结和归纳。我们力求透过现象看本质，在不失实用性的前提下，从理论、原理和共性规律视角总结和归纳科学问题和核心技术，使读者不仅对互联网计算领域建立整体的认识和理解，也能掌握互联网软件构造和运维的方法、原理和准则。

进入 21 世纪以来，围绕网络环境下的应用集成问题，网格和云计算等新理念和新技术层出不穷。首先，源自应用集成的 SOA 带来了一种以服务为核心的开放集成架构和灵活集成方式，很快就被业界和用户所接纳；其次，SaaS 作为软件服务化发展与互联网结合的产物，体现了一种新型软件系统交付模式，也很快得到了普遍关注；最后，Web 2.0 代表了群众参与的互联网文化，体现了互联网上的聚众效应，带来了冲击和变革。本书试图搭建起互联网计算的概念体系，将相关基础和技术串在一起，体现整体性和系统性，避免盲人摸象似的只从某一个特定的视角分析问题或者零散地罗列概念和技术。本书的另一大特点是探索网格、云和 Web X.0 背后的本质问题和关键技术，总结和归纳集成模式的演化，强调建立虚拟资源中心，对分散、自治、动态和边界模糊的资源实现“逻辑集中、物理自治”的集成方法，强调对资源的优化和管控，并允许用户随时随地地

使用资源。网络和云计算等都是这种新模式的具体落实。

互联网计算囊括了 IT 领域所涉及的诸多内容和方法,虽然我们在本书 1.5 节特别指出了以互联网计算的几个重要特征作为本书阐述的重点,但是,要想将互联网计算所涉及的问题全部在一本书的篇幅中讨论清楚,仍然是不可能的。考虑到互联网计算的有些问题已经在《面向服务的计算——原理和应用》以及国内外与网络计算有关的著述中得到了充分的阐述,因此本书尽可能从互联网计算这个问题域内选择我们认为比较重要并且在相关著述中还未被深入讨论的那些问题。本书共分三篇九章。第一章和第二章为本书基础篇。其中,第一章主要从概况的角度介绍互联网的基本概念和发展概况,提出互联网计算和互联网分布式系统的基本概念,并总结归纳互联网分布式系统的主要特征;第二章主要从学科关联的角度,介绍了互联网计算的学科基础——软件工程、分布式系统、应用集成以及万维网工程等几个方面的基础知识,作为本书原理篇的铺垫。第三章~第七章为本书原理篇。其中,第三章探讨互联网分布式系统的体系结构;第四章探讨互联网分布式系统的数据资源存储与管理原理;第五章探讨服务资源的建模、虚拟化、组合和管控原理;第六章探讨“软件即服务”模式下的第三方运营和优化问题(也涉及多租户环境下的特定问题);第七章则讨论贯穿互联网分布式系统各个层次的互联网计算安全和信任问题。第八章和第九章为本书实践篇。作为本书介绍的互联网计算原理的软件实践,实践篇主要介绍了 VINCA 软件的实现原理及其应用实例。

通过阅读本书,读者不仅可以对互联网应用领域建立整体的认识和理解,更主要的是有助于弄清云系统、SaaS 系统和各类新兴互联网应用的基本原理并掌握互联网软件的架构设计准则。本书原本用于研究生课程,帮助相关领域的研究生了解互联网计算领域的前沿知识,启发新的研究选题。作者在此特意进行了拓展,使其可以用作相关领域的参考书,同时也可作为计算机软件和计算机应用等相关专业高年级本科的专业教科书。

本书要求读者对操作系统、软件工程和软件体系结构、分布系统基本原理、计算机网络基础和 Web 以及 XML 有基本的了解,最好对中间件技术,如应用服务器技术有一定的使用经验。

从 Web 站点 (<http://sigsit.ict.ac.cn>) 的本书专栏链接可以获取关于本书的最新信息。

3. 致谢

本书是中国科学院计算技术研究所软件集成与服务计算实验室和中德软件集成技术联合实验室全体人员集体努力的结晶。本书的写作得益于团队在打造 VINCA 互联网服务集成套件和探索其应用过程中的领悟和提高。VINCA 得到了国

国家自然科学基金面上项目和青年基金项目 (No: 60903048, 60970132, 60903137, 60970131)、北京市自然科学基金项目 (No: 4092046) 和 973 计划项目 (No: 2007CB310805) 的资助。事实上, 写作该书 (将网格归纳为一类互联网计算) 的想法最早源于 2005 年的山东省泰山学者计划支持。在此, 一并表示感谢!

在本书的撰写过程中, 我们得到了许多师友的帮助和鼓励, 在这里我们无法一一列举, 谨向他们表示真挚的感谢。作者尤其要感谢中国科学院计算技术研究所李国杰院士和高庆狮院士、清华大学计算机系史美林教授、澳大利亚 Swinburne 大学韩军教授的关怀和帮助。实验室博士研究生张鹏、丁维龙、季光、亓开元、孙君意、赵栓、温彦以及硕士研究生林海伦、师春晓等同学为本书的绘图、校对、试验系统整理 (光盘) 花费了大量心血。张鹏、丁维龙、季光和亓开元还对本书的实例分析做了再次验证。

书中不妥之处在所难免, 欢迎各位专家、读者批评指正。

韩燕波 王桂玲 刘 晨 王 菁 赵卓峰

2010 年 3 月于北京中关村

目 录

序 前言

第一篇 基础篇

第一章 互联网计算概述	3
1.1 引言	3
1.2 互联网发展梗概	6
1.3 互联网计算和互联网分布式系统	11
1.3.1 互联网计算和互联网分布式系统的概念	11
1.3.2 互联网分布式系统的核心要素	13
1.3.3 互联网分布式系统的分类	21
1.4 典型互联网分布式系统	23
1.4.1 网格计算系统	23
1.4.2 面向服务的 EAI 系统	27
1.4.3 云计算系统	29
1.4.4 社会计算系统	33
1.4.5 互联网内容服务系统	33
1.4.6 分析和比较	34
1.5 互联网分布式系统的主要特征	36
1.5.1 支持资源的跨域共享与集成	37
1.5.2 满足大规模多样化的用户需求	38
1.5.3 以面向服务为基本范型	40
1.5.4 采用软件即服务的部署、运营和使用模式	41
1.5.5 支持开放环境下的可伸缩性	42
1.5.6 支持开放环境下的可用性与可靠性	43
1.5.7 可在线演化与动态优化	43
1.6 互联网分布式系统的发展路线	45
1.7 本章小结	47
第二章 互联网计算相关基础	48
2.1 引言	48

2.2 软件工程与互联网计算	48
2.2.1 软件编程范型	51
2.2.2 软件生命周期	58
2.2.3 软件体系结构	59
2.3 分布式系统与互联网计算	60
2.3.1 分布式系统体系结构	62
2.3.2 远程对象和远程调用	64
2.3.3 资源命名	67
2.3.4 消息和通信	71
2.3.5 同步和分布式事务	71
2.3.6 复制和一致性	75
2.3.7 安全	78
2.4 应用集成与互联网计算	81
2.4.1 数据集成、流程集成与界面集成	82
2.4.2 服务集成及面向服务体系结构 (SOA) 基础	89
2.4.3 应用集成中间件	95
2.5 万维网工程与互联网计算	98
2.5.1 万维网的起源	99
2.5.2 万维网基本原理	99
2.5.3 Web 2.0: 利用群体智能的万维网	102
2.5.4 语义网: 智能化的万维网	104
2.6 本章小结	106

第二篇 原 理 篇

第三章 互联网分布式系统的体系结构	109
3.1 引言	109
3.2 网格和云计算系统的体系结构分析	110
3.3 社会基础设施对分布式系统体系结构演化的影响	113
3.4 分布式系统体系结构的演化趋势	115
3.5 互联网分布式系统的 CSI 参考体系结构	117
3.6 CSI 典型实例分析	121
3.6.1 Google AppEngine: Google 的云计算平台	121
3.6.2 Eucalyptus: 开源的云计算平台	122
3.6.3 Windows Azure: 微软的云计算平台	124
3.7 本章小结	125

第四章 互联网分布式系统的数据资源存储与管理	127
4.1 引言	127
4.2 分布式 key/value 数据存储与管理系统	128
4.2.1 基础数据结构及数据访问	129
4.2.2 数据划分	133
4.2.3 复制和一致性保障	138
4.2.4 可用性保障	140
4.3 支持多租户的数据库	143
4.3.1 数据共享的三种方式	143
4.3.2 共享表方式下的多租户数据模型	145
4.3.3 几种数据模型比较	149
4.4 基于 MapReduce 并行编程的海量数据处理	151
4.4.1 计算模型	151
4.4.2 实现原理	152
4.5 典型实例分析	155
4.5.1 Dynamo: 高可用的分布式 key/value 数据存储与管理系统	155
4.5.2 Cassandra: 开源的高可伸缩分布式 key/value 数据存储与管理系统	157
4.5.3 Force: 支持多租户的数据库系统	162
4.5.4 Hadoop: MapReduce 的开源实现	166
4.6 本章小结	174
第五章 服务资源的建模、虚拟化、组合、管理及监控	175
5.1 引言	175
5.2 服务和计算	177
5.3 服务模型	180
5.3.1 基本概念	180
5.3.2 IT 服务模型	182
5.3.3 业务服务模型	185
5.3.4 REST 服务	188
5.3.5 REST 服务和 SOAP 服务应用实例	196
5.4 服务虚拟化	203
5.4.1 服务虚拟化的目标与原理	203
5.4.2 需求分析与业务服务建模	205
5.4.3 IT 服务建模	207

5.4.4 聚合过程	214
5.5 服务组合	217
5.5.1 基于服务组合的互联网应用	218
5.5.2 服务组合编程范型	221
5.5.3 IT 人员主导的服务组合	227
5.5.4 最终用户主导的服务组合	250
5.6 服务管理和监控	265
5.6.1 服务元数据管理	266
5.6.2 服务监控	273
5.6.3 服务质量保障	279
5.7 本章小结	288
第六章 XaaS 模式的第三方运营与优化	289
6.1 引言	289
6.2 基本概念	290
6.2.1 XaaS 模式下应用程序的运营模式分类	291
6.2.2 XaaS 模式概念模型和软件生命周期	294
6.2.3 XaaS 模式下应用程序的体系结构	296
6.3 XaaS 模式第三方运营与优化的基本特征	299
6.3.1 多租户	300
6.3.2 多租户的资源共享和优化	309
6.3.3 可伸缩性	315
6.3.4 可用性与可靠性	322
6.3.5 可配置能力	325
6.4 典型实例分析	337
6.4.1 AppEngine 基本原理	337
6.4.2 AppEngine 应用程序的开发环境和部署过程	341
6.4.3 AppEngine 的实现	344
6.5 本章小结	345
第七章 互联网分布式系统的安全和信任	347
7.1 引言	347
7.2 概述	348
7.3 XaaS 模式下的用户认证与授权机制	349
7.4 云计算环境中的私有数据保护	355
7.5 本章小结	357

第三篇 实 践 篇

第八章 VINCA 互联网服务集成方法	361
8.1 引言	361
8.2 VINCA 体系结构和基本原理	362
8.3 业务级服务抽象与管控	365
8.3.1 VINCA 业务服务	365
8.3.2 领域相关的服务社区定制	371
8.3.3 基于服务协作网络的服务监控	375
8.4 最终用户服务编程	380
8.4.1 探索式服务组合	381
8.4.2 基于业务服务的业务流程建模	385
8.4.3 基于嵌套表格的 Mashup 应用构造	387
8.5 基于多引擎架构的应用托管与运行优化	394
8.6 本章小结	400
第九章 VINCA 软件及应用	401
9.1 引言	401
9.2 VINCA 服务社区管理器	402
9.3 VINCA 服务编程工具	406
9.4 VINCA 托管运行环境	409
9.5 VINCA 应用示例	413
9.5.1 区域医疗信息化及区域医疗信息共享与协作	413
9.5.2 基于 VINCA 的区域医疗信息共享及协作	415
9.5.3 区域医疗信息共享与协作平台搭建及应用实现	417
9.6 本章小结	430
参考文献	431