

国家自然科学基金项目“基于供应链契约理论和系统动力学的云计算服务供应链的协调策略研究”(61174167)资助出版

供需匹配视角下的 云计算服务供应链 的协调策略研究

韦凌云 凌佳翡 著



科学出版社

国家自然科学基金项目“基于供应链契约理论和系统动力学的
云计算服务供应链的协调策略研究”(61174167)资助出版

供需匹配视角下的云计算服务 供应链的协调策略研究

韦凌云 凌佳翡 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要针对按需定制、即买即用、按量付费的云计算服务供应链,从供需匹配的视角开展云计算服务供应链的协调策略研究。首先,在假设云计算服务能力无限的情况下,在排队论框架下,开展云计算服务供应链的协调策略的研究,分别从用户等待成本不对称、服务中断补偿、云基础设施供应商选择等角度,定量分析云计算服务供应链的运行机理及协调策略。然后,在充分理解云计算服务供应链运作机理的基础上,从供需匹配的视角,假设云计算服务能力有限制的情况下,考虑能力易逝性、迁移成本、服务可得性、需求的欲望行为以及 SLA 协议等云服务特征,分别从供应端、需求端及供应端+需求端,研究供应链的供需匹配策略,提出基于双向期权契约、两部收费制契约的云计算供应链的协调策略,为云服务供应链的协调运作提供理论依据。

本书可供云计算服务实践与研究、信息化建设、运营与供应链管理领域的研究生、学者、教师参考,也可供从事信息管理、IT 服务、网络运营等相关工作的从业人员作为理论指导和实践参考。

图书在版编目(CIP)数据

供需匹配视角下的云计算服务供应链的协调策略研究/韦凌云, 凌佳翡著. —北京: 科学出版社, 2018.6

ISBN 978-7-03-057744-3

I. ①供… II. ①韦… ②凌… III. ①云计算-商业服务-供应链管理-研究 IV. ①TP393.027

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 125043 号

责任编辑: 闫 悦 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 迷底书装

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>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 6 月第 一 版 开本: 720×1 000 1/16

2018 年 6 月第一次印刷 印张: 7 1/2

字数: 151 000

定价: 45.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

云计算是采用大规模低成本运算单元通过 IP 网络相连组成运算系统以供运算服务的技术。云计算技术以虚拟化技术为核心技术,使得 IT 基础设施能够实现资源化和服务化,从而能够将基础架构、平台或应用软件打包成服务提供给客户,使得最终用户对 IT 的所有需求都转化为通过互联网(或 Intranet)提供的 IT 服务,实现用户对 IT 服务的按需定制、即买即用、按量付费。云计算技术使得 IT 基础设施变成如水电般按需使用和付费的社会公用基础设施,极大简化了用户的 IT 管理,有效降低了用户的 IT 基础设施成本,使整个社会的信息化水平得到全面提升,因此受到学术界和工业界的广泛关注。据知名市场研究公司 Gartner 预测,到 2020 年时,全球云计算市场的规模将达到 4110 亿美元。

云计算从根本上改变传统 IT 基础设施和服务的交付、应用和支付方式,并由此形成一个新型的服务供应链,即由云计算平台供应商、云计算系统集成商、云计算服务提供商、云计算开发商和云计算用户等角色构成的云计算服务供应链。不过,由于云计算产业是一个迅速发展、与时俱进的行业,关于云计算服务供应链的结构、运作机理、协调策略、利益分配方式等方面的研究尚在开展之中,研究成果并不多见。因此,开展云计算服务供应链的协调策略、运作机理等方面的研究,理解不同协调策略下云计算服务供应链的运作性能和行为特性,认识影响服务供应链运作性能的关键因素,将有助于设计、优化云计算服务供应链的运作模式和运作策略,以及有助于寻求实现服务供应链协同运行的协调机制。这对于提高云计算服务供应链的运作效率和服务水平,从而提升整个云计算产业链的发展水平具有重要意义。

本书主要从供需匹配的视角开展云计算服务供应链的协调策略研究,充分考虑了云计算服务供应链按需定制、即买即用、按量付费的特征。全书共四个部分。第一部分包括第 1、2 章,主要介绍本书绪论,云计算服务供应链的基本结构、特征和模型假设。第二部分包括第 3、4、5 章,主要是假设云计算服务能力无限的情况下,在排队论框架下,开展云计算服务供应链的协调策略的研究,分别从用户等待成本不对称、服务中断补偿、云基础设施供应商选择等角度,定量分析云计算服务供应链的运行机理及协调策略。第三部分包括 6、7、8 章,主要从供需匹配的视角,假设云计算服务能力有限制的情况下,考虑能力易逝性、迁移成本、服务可得性、需求的欲望行为以及 SLA 协议等云服务特征,开展云计算服务供应链的协调策略研究,分别从供应端、需求端及供应端+需求端,研究供应链的供需匹配策略,提出

基于双向期权契约、两部收费制契约的云计算供应链的协调策略。第四部分包括第9章,总结本书的研究工作和研究结论,提出云计算服务供应链的管理建议,并指出未来的研究方向。

基于本书第一作者对企业信息化和供应链管理的长期研究和实践,本书研究内容充分体现了云计算服务行业的发展趋势和云计算服务领域研究的前沿课题,研究结论对云计算服务供应链的协调机制设计具有一定参考价值。

本书第一作者为北京邮电大学自动化学院副教授,长期从事供应链管理、企业信息化、现代物流与电子商务、智能计算、并行/分布式计算等方面研究。本书主要是第一作者和他的学生凌佳翡、曹英鸳的共同研究成果的结集,是国家自然科学基金项目“基于供应链契约理论和系统动力学的云计算服务供应链的协调策略研究”(项目号:61174167)的部分研究成果的总结,也凝聚了2011年起北京邮电大学自动化学院云计算服务供应链研究组历届研究生的努力。

本书作者在研究和写作过程中参考了国内外众多的著作和文献资料,这些资料给了本书作者研究和写作的灵感,对本书的顺利完成至关重要,主要的参考文献已列于书后,在此对国内外有关学者表示最诚挚的谢意。

以按需定制、即买即用、按量付费为特征的云服务模式使得云服务供应链始终处于需求变化巨大的动态运作环境当中,也使得云计算服务供应链协调的复杂性大大增加。鉴于云计算服务供应链协调策略研究的复杂性,尽管作者付出巨大努力,书中仍难免存在疏漏,敬请专家和读者批评指正。

作 者

2018年4月于北京海淀区蓟门桥

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	3
1.2.1 云计算概述	3
1.2.2 云计算研究概况	5
1.2.3 传统供应链协调研究概述	8
1.2.4 期权契约、两部收费制契约在供应链协调中的研究概况	12
1.2.5 服务供应链协调研究概况	14
1.2.6 信息不对称下的供应链协调研究现状	16
1.2.7 云计算服务供应链协调研究现状	18
1.2.8 信息不对称下的云计算服务供应链协调研究现状	22
1.2.9 现有云计算服务供应链协调研究的特点与不足	23
1.3 研究目标和内容	24
第 2 章 云计算服务供应链的基本模型与假设	28
2.1 基础结构	28
2.2 基础假设及基础模型	31
第 3 章 用户等待成本信息不对称下的云计算服务供应链协调	33
3.1 引言	33
3.2 模型假设	33
3.3 问题分析	33
3.4 契约设计	36
3.4.1 收入共享契约	36
3.4.2 基于成本定价法	38
3.5 小结	40
第 4 章 伴有服务中断的云计算服务供应链协调	41
4.1 引言	41

4.2	模型假设	41
4.3	未使用契约的情形	42
4.3.1	集中决策	42
4.3.2	集中决策下的数值探究	43
4.3.3	分散决策	46
4.4	契约设计	46
4.4.1	补偿契约	46
4.4.2	数值探究	48
4.5	小结	48
第5章	考虑服务水平和网络效应影响的逆向选择研究	49
5.1	引言	49
5.2	模型假设	51
5.3	参照 I：完全信息下的集中决策	53
5.3.1	理论证明	53
5.3.2	集中决策下的数值探究	54
5.4	参照 II：完全信息下的契约机制设计	56
5.4.1	理论证明	56
5.4.2	数值分析	57
5.5	AIP 技术水平信息为其私有信息时的契约设计	58
5.5.1	情形 I：ASP 最大化自身利益	60
5.5.2	情形 II：ASP 最大化整体利益	62
5.6	参照 I 的敏感度分析	65
5.7	小结	68
第6章	考虑 SLA、宕机迁移、能力约束的云计算服务供应链协调	69
6.1	引言	69
6.2	模型假设	70
6.3	供应链建模及分析	73
6.3.1	集中决策	73
6.3.2	分散决策	74
6.3.3	两部收费制契约	75
6.4	数值分析	76
6.4.1	数值算例	76
6.4.2	参数敏感度分析	77

6.5 小结	79
第 7 章 能力扩展机制下的云计算服务供应链协调	81
7.1 引言	81
7.2 问题描述和模型假设	83
7.3 追逐策略下的云计算服务供应链	84
7.4 “预订+能力扩展”策略下的云计算服务供应链	85
7.4.1 集中决策	85
7.4.2 “预订+能力扩展”策略和追逐策略的比较	86
7.4.3 分散决策	86
7.4.4 双向期权契约下的决策	87
7.5 数值算例	88
7.6 小结	89
第 8 章 需求信息不对称和能力扩展机制下的云计算服务供应链协调	90
8.1 引言	90
8.2 模型假设	91
8.3 供应链建模与分析	92
8.3.1 完全信息下的集中决策	92
8.3.2 需求信息不对称下的分散决策	92
8.3.3 需求信息不对称下的两部收费制契约协调	93
8.4 数值验证部分	94
8.4.1 数值算例	94
8.4.2 敏感度分析	95
8.5 小结	97
第 9 章 总结与展望	98
9.1 研究总结	98
9.2 研究展望	101
参考文献	103
附录	109

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景与意义

云计算是采用大规模低成本运算单元通过 IP 网络相连而组成运算系统以提供运算服务的技术^[1]。云计算技术以虚拟化技术为核心技术,使得 IT 基础设施能够实现资源化和服务化,从而能够将基础架构、平台或应用软件打包成服务提供给客户,使得最终用户对 IT 的所有需求都转化为通过互联网(或 Intranet)提供的 IT 服务,实现用户对 IT 服务的按需定制、即买即用、按量付费^[1,2]。云计算技术使得 IT 基础设施变成如水电般按需使用和付费的社会公用基础设施,极大简化了用户的 IT 管理,有效降低了用户的 IT 基础设施成本,使整个社会的信息化水平得到全面提升,因而受到工业界和学术界的广泛关注^[1-5]。实际上,目前云计算技术已受到市场的广泛认可,据知名市场研究公司 Gartner 预测,到 2020 年时,全球云计算市场的规模将达到 4110 亿美元^[6]。

云计算从根本上改变传统 IT 基础设施和服务的交付、应用和支付方式,并由此形成一个新型的服务供应链,即由云计算平台供应商、云计算系统集成商、云计算服务提供商、云计算开发商和云计算用户等角色构成的云计算服务供应链^[1]。由于目前云计算产业是一个迅速发展、与时俱进的产业,关于云计算服务供应链的结构、运作机理、协调策略、利益分配方式等方面的研究尚在开展之中,研究成果并不多见。因此,开展云计算服务供应链的协调策略、运作机理等方面的研究,理解不同协调策略下云计算服务供应链的运作性能和行为特性,认识影响服务供应链运作性能的关键因素,将有助于设计、优化云计算服务供应链的运作模式和运作策略,以及有助于寻求实现服务供应链协同运行的协调机制。这对于提高云计算服务供应链的运作效率和服务水平,从而提升整个云计算产业链的发展水平具有重要意义。

不过,相较制造业供应链和其他服务业供应链而言,云计算服务供应链的协调策略研究是一个极具挑战性的研究课题,因为云计算服务供应链具有以下特点^[3-8]。①云计算服务供应链的参与主体以及主体之间的交互方式与其他供应链不同。云计算服务模式涉及硬件、软件、基础设施、网络平台、技术服务和支

持等多方参与者,并且其参与各方的关系不是简单的线性关系,可能涉及多层嵌套的复杂的网络关系。②云计算服务供应链是通过服务能力而不是库存来缓冲供应链上的不确定性。制造业供应链的需求不确定性和信息流等因素导致的牛鞭效应在服务供应链中同样存在。云计算服务供应链交付的是服务而非产品,且涉及到部分实物,如数据库、硬盘等基础设施,故云服务供应链需以服务能力来缓冲不确定性,且其服务能力的范畴更为广泛。③云计算服务供应链的流程与其他供应链不同,其生产和交付过程并非完全同时进行,有重合的阶段,如软件开发是前期进行的,软件的在线服务与客户使用是同时的。而且云服务中不存在逆向流程即退货,这是区别于传统供应链的重要特点,使得服务质量和安全性显得尤为重要。④即买即用、按需定制、按量付费的云服务模式使得服务供应链始终处于需求变化巨大的动态运作环境当中,这大大增加了云计算服务供应链协调的复杂性,加大供需匹配的难度。⑤云计算服务供应链提供的是信息产品,其显著特征是巨大的初始固定生产成本和几近为零的边际生产成本。因此,其利润函数的构建须同时考虑固定生产成本和可变生产成本。而信息产品的价格弹性都比较大,根据随机需求进行合理销售量的决策时,必须同时考虑价格的决策。⑥云服务产品也会形成“产品积压”,供需匹配至关重要。即云服务产品属于技术型网络产品,基于网络的信息产品传递过程也是产品生产(销售、服务)过程。一旦云计算服务系统搭建完毕,运营商即可进行产品生产。若运营商已具备云服务能力而没有用户上网使用,就形成无形的“产品积压”。

显然,由于云计算服务供应链有着其鲜明的特点,传统的制造业供应链或者其他服务行业行之有效的基于供应链契约的协调机制并不一定适用于云计算服务供应链。因此,重新检验经典供应链契约对于云计算服务供应链的协调效率和效果,或者针对云计算服务供应链的特点设计新的供应链契约,是云计算服务供应链的重要研究课题。而即买即用、按需定制、按量付费的云服务模式使得服务供应链处于需求变化巨大的动态运作环境当中,使得实现云计算服务供应链协调的复杂性显著增加。因此,从供需匹配的角度,开展云计算服务供应链的协调策略研究,高效率实现供需匹配将成为目前云计算和供应链管理领域的重要课题。

本书从供需匹配的角度,提出基于供应链契约的云计算服务供应链的协调策略研究课题,目的是针对即买即用、按需定制、按量付费的云服务模式的特点,设计适用于云计算服务供应链的契约,理解云计算服务链的运作机理和契约协调效率,认识影响云服务供应链运作绩效的关键因素,为优化设计云服务供应链的运作模式、协调策略提供理论依据,为实现高效率供需匹配提供理论依据。供应链契约能通过改变供应链有关各方的收益和承担风险的结构,进而改变各方的博弈结果,使博弈得到的均衡解对各方都有利,避免了“囚徒困境”的发生,达到

供应链的帕累托改进,被认为是实现供应链协调的最有效的手段之一^[9-10]。显然,基于契约理论开展云计算服务供应链的协调策略研究,将有助于理解契约协调下的云服务供应链运作的深层次规律,认识影响云计算服务链的关键因素,设计出有效的云计算服务供应链的协调机制,发现控制云计算服务链运作性能的干涉点和策略杠杆点,为云计算服务供应链的设计、决策和管理诊断等奠定基础,为高效率供需匹配提供理论依据。这是极具前瞻性的研究,将能有效应对“即买即用、按需定制、按量付费”的云服务模式带来的协调复杂性以及供需匹配的困难,将有助于提升云计算服务供应链的运作效率和服务水平、促进整个云计算产业链的发展,因而具有重大的学术和实用价值。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 云计算概述

随着互联网时代信息与数据的快速增长,科学、工程和商业计算领域需要处理大规模、海量的数据,对计算能力的需求远远超出自身IT架构的计算能力。云计算技术因为能够以较低成本和较高性能解决这种无限增长的海量信息的存储和计算问题,而受到工业界和学术界的广泛关注,成为学术界研究的热点领域^[1-3]。根据美国国家标准与技术研究院(National Insititue 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,可以进入可配置的计算资源共享池(如网络、服务器、存储、应用和服务等),这些资源只需要投入少量的管理工作或服务供应商进行很少的交互就能够被快速获取。显然,本质上,云计算是以虚拟化技术为核心技术,以规模经济为驱动,以Internet为载体,以由大量的计算资源组成的IT资源池为支撑,按照用户需求动态地提供虚拟化的、可伸缩的IT服务^[2]。在云计算技术驱动下,IT基础设施能够实现资源化和服务化,这使得用户所有的IT服务需求都可以通过基础设施即服务(infrastructure as a service, IaaS)、平台即服务(platform as a service, PaaS)、软件即服务(software as a service, SaaS)等云服务模式满足,并按需定制、即买即用、按量付费^[1-3]。IaaS是以服务的形式交付计算机基础设施,作为最底层和最基础的服务,IaaS将基础设施(计算资源和存储)作为服务出租,代表了一种作为标准化服务在网上提供服务的手段。PaaS是以服务形式交付操作系统等平台软件的模式。SaaS是以服务的形式通过互联网提供软件的模式,软件厂商将应用软件统一部署到自己的服务器上,用户按需订购、按量付费^[1,5]。

显然,包括 IaaS、PaaS、SaaS 等模式的云计算使得 IT 基础设施变成如水电般按需使用和付费的社会公用基础设施,极大简化了用户的 IT 管理,有效降低了用户的 IT 基础设施成本,使整个社会的信息化水平得到全面提升。实际上,如今,云计算凭借 IaaS、PaaS、SaaS 模式的优势已经获得了全球市场的广泛认可,企业、政府、军队等各种重要的部门都在全力研发和部署云计算相关的软件和服务,云计算已经进入国计民生的重要行业。

在政府层面,从美国到日本,从我国政府到地方政府,都顺应技术和新产业发展趋势,看到了新一轮 IT 转型的机会,纷纷支持云计算及其产业。世界各国纷纷制定政策与战略,提供良好的技术创新环境,推进云计算的发展,并从国家战略的高度确定了云计算产业的重要性。例如,早在 2010 年,日本就发布了《云计算与日本竞争力研究》报告;美国联邦政府则在 2011 年发布了《联邦云计算战略》;2012 年,我国国务院发布了《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》将云计算作为新兴产业加以扶持;同时,欧盟委员会也启动了“释放欧洲云计算潜力”的战略计划。

在企业方面,几乎世界所有顶级 IT 企业都部署了云计算发展策略,并不断推出产品和解决方案。IBM 推出“蓝云”战略,提供 IaaS、PaaS、SaaS 服务,截至 2018 年 3 月,IBM 在全球拥有 60 个云计算中心,并通过对云计算战略进行大幅调整,以服务部门销售云计算服务,在 2017 年度云服务收入高达 170 亿美元^[11,12]。Microsoft 基于自己在桌面端软件的优势,提出了“云+端”的云计算构想,追求“软件+服务”战略和平台战略,其路线是从 PC 领域向互联网领域发展,目前微软云平台 Azure 拥有全球数量最多的数据中心区域,可部署到全球 42 个区域,提供涵盖 IaaS、PaaS、SaaS 的 100 种服务,2017 年 Microsoft 财年云服务收入高达 189 亿美元^[12,13]。而 Google 与 Microsoft 相反,利用其搜索引擎和海量数据处理方面的先进技术,走的是从互联网向客户端发展的路线,主要从 PaaS 平台入手,向 IaaS、SaaS 扩展,截至 2017 年 3 月,谷歌拥有全球 14 个云计算数据中心,并拟在荷兰、加拿大蒙特利尔和美国加州推出三个新的云计算数据中心,2017 财年第四季其云服务营业收入已达 10 亿美元,云服务年营业收入约 40 亿美元^[14]。Amazon 则以在线书店起家,所倡导的云是“Amazon 网络服务”(Amazon web services, AWS),始于 2006 年,是全球最早推出的云计算服务平台,截至 2018 年 3 月,AWS 在 18 个区域和一个本地区域有 53 个可用区(AZ),分别位于美国、澳大利亚、巴西、加拿大、中国、法国、德国、印度、爱尔兰、日本、韩国、新加坡和英国,主要由简单存储服务(S3)、弹性计算云(EC2)、简单队列服务(simple QS)和简单数据库服务(simple DB)等核心业务组成,亚马逊云服务 2017 年营业收入已达 170 亿美元^[12,15]。VMware 制定了以虚拟化和云计算为支撑的“IT 即服务”发展路线图,对云计算的部署从基础设施扩展到应用开发领域。而 Oracle 也在 2010

年宣称自己是一家云软件的“一站式”厂商,推出了名为 Oracle Exalogic Elastic Cloud 的软硬件集成系统,加快了云计算发展步伐。而国内云服务巨头,则以阿里云为代表,其拥有自主开发的云操作系统飞天,可以将遍布全球的百万级服务器连成一台超级计算机,以在线公共服务的方式为社会提供计算能力,提供涵盖 IaaS、PaaS、SaaS 等云服务,全球共部署 18 个地域、42 个可用区,2017 财年累计收入破百亿,达 112 亿元人民币,持续保持在亚洲市场上的绝对领先^[16]。国内的另一个云计算巨头腾讯云在全球 21 个地理区域布局了 36 个可用区,2017 年的云服务营业收入约 43 亿元,以 IaaS 服务收入为主^[12,17]。可见,云服务市场份额巨大,各大国际国内 IT 巨头的营业收入中,云计算服务的营业收入贡献巨大,成为重要的利润增长点。

随着计算、存储、网络资源被当作服务广泛共享,各服务提供商之间的专业化分工越来越明确的同时,彼此之间、与用户之间的依赖性(即合作)也逐渐增大,催生了一个崭新的云生态系统。该系统中的成员日趋丰富、商业模式日趋成熟,企业间的竞争已经逐步升级为供应链的竞争。正如 Arshinder 等学者所说,供应链上的成员由于资源和信息而相互依赖,这种依赖性正随着“外包活动、全球化、信息技术的快速创新”而与日俱增^[18]。这种不断增长的依赖性不但带来了利益,也带来了风险和不确定性。为了应对这些挑战,供应链成员必须有效合作、相互协调,形成精益的、集成化的供应链系统。

目前,云计算产业处于不断发展、与时俱进的阶段,关于云计算服务供应链的结构也并未形成统一的认识,但大体上,云计算服务供应链主要是由云服务用户、云服务销售商、云服务供应商等不同利益主体构成^[3],其中,云服务供应商可以是 IaaS 服务提供商、PaaS 服务提供商和 SaaS 服务提供商。不过,需要注意的是,IaaS 服务提供商通常可为 PaaS 服务提供商和 SaaS 服务提供商提供服务,PaaS 服务提供商为 SaaS 服务提供商提供服务。而一个企业可能同时作为 PaaS 服务提供商和 SaaS 服务提供商,如 Google 公司;或者集三个服务角色于一身,如亚马逊公司同时提供 IaaS、PaaS、SaaS 服务。显然,云计算服务供应链的成员存在相互嵌套的网络关系,这大大增加了云服务供应链的协调难度,对供应链契约理论提出很大的挑战。此外,即买即用、按需定制、按量付费的云服务模式使得服务供应链处于需求变化巨大的动态运作环境当中,使得云计算服务供应链协调的复杂性大大增加。因此,有必要从供需匹配的角度,开展云计算服务供应链的协调策略研究。

1.2.2 云计算研究概况

Durao 等^[19]运用系统综述的研究方法对 2012 年之前与云计算相关的 827 篇文

献进行了分析,其中,重点文献 301 篇。他们分析的文献选自各大会议论文集、技术报告、期刊杂志以及其他电子资源库,如 ACM Digital library、ScienceDirect、IEEE Xplore、ELCOMPENDEX、SCOPUS 以及 DBLP。借助他们的研究,可以对云计算相关的国内外研究现状有一系统、全面的认识。

通过分析,他们主要把 301 篇文献总结成了 8 个与云计算相关的问题,分别是^[19]:①云计算在计价、收费等方面遇到的经济问题;②服务层协议(service layer agreement, SLA)相关问题及解决方案;③云计算的社会影响;④云计算背后的架构设计问题;⑤实现云资源弹性伸缩的方法;⑥数据存储解决方案;⑦云资源使用监管方案;⑧云安全相关问题。详见图 1-1 和图 1-2。

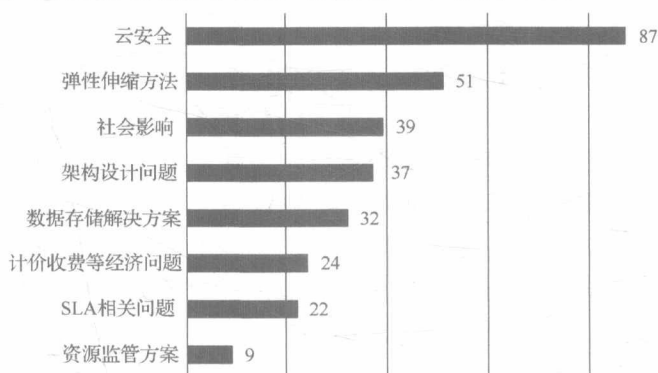


图 1-1 云计算相关问题研究文献数量对比图

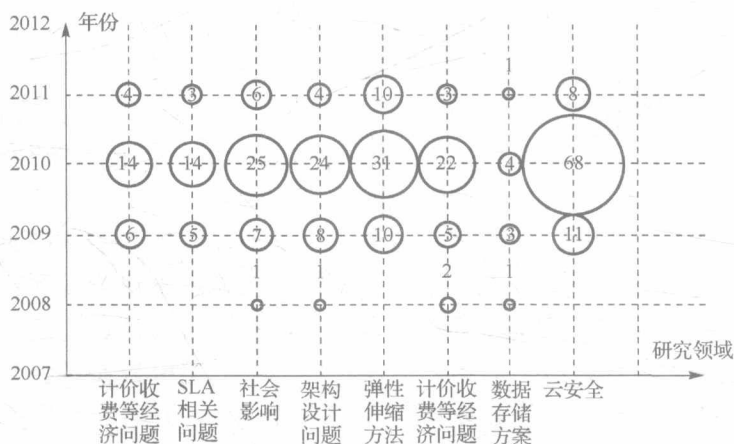


图 1-2 云计算相关问题按出版年份细分的文献数量对比图

从图 1-1 和图 1-2 中可以看出,就学术界而言,世界范围内对云计算研究主要集中在 2010 年,相关文献数量在 2010 年出现了爆发式增长,随后 2011 年又回落至 2009 年的个位数水平。由于文献出版时间对真正开展研究时间通常有 1~2

年的滞后期,因此,学者们对云计算的相关研究时间应该集中在 2009 年左右。研究热点前三位分别是:云安全、云弹性和云计算的社会影响。

国内云计算相关的研究热点及分布年限又是怎么样的呢?通过 Web of Science 平台对其旗下的三大核心合集——1997 年至今的 SCI-EXPANDED, 2007 年至今的 SSCI 以及 2004 年至今的 CPCI-S 数据库——进行搜索,共检索到 3101 篇相关文献。其中,研究方向分布图如图 1-3 所示,可见,世界范围内对云计算的相关技术研究要明显多于对云计算经济层面的研究,与云计算经济相关的研究方向主要有以下三类: Operation Research Management Science (90 篇), Management (53 篇), Business (31 篇)。图 1-4 则显示了排名前十的热点研究国家和地区,可见,科研方面,中国学者对云计算的研究热度要高于其他国家。对比图 1-5 和图 1-6 可知,中国国内的研究趋势与世界其他国家的研究趋势基本相同。以上数据截至 2014 年 12 月 15 日。

字段: 研究方向	记录数	占3101的%	柱状图
COMPUTER SCIENCE	2116	68.236%	
ENGINEERING	1328	42.825%	
TELECOMMUNICATIONS	437	14.092%	
MATERIALS SCIENCE	139	4.482%	
AUTOMATION CONTROL SYSTEMS	93	2.999%	
OPERATIONS RESEARCH MANAGEMENT SCIENCE	90	2.902%	
INFORMATION SCIENCE LIBRARY SCIENCE	89	2.870%	
BUSINESS ECONOMICS	82	2.644%	
MATHEMATICS	60	1.935%	
SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS	41	1.322%	

图 1-3 世界范围内云计算研究方向分布图

字段: 国家/地区	记录数	占3101的%	柱状图
中国	953	30.732%	
美国	530	17.091%	
印度	194	6.256%	
韩国	175	5.643%	
中国台湾	156	5.031%	
澳大利亚	124	3.999%	
英国	114	3.676%	
德国	114	3.676%	
西班牙	85	2.741%	
日本	83	2.677%	

图 1-4 云计算研究国家/地区分布图



图 1-5 云计算研究在中国的研究方向分布图



图 1-6 云计算研究在中国以外国家的研究方向分布图

1.2.3 传统供应链协调研究概述

按照我国在 2001 年发表的物流术语国家标准中的定义,供应链是生产及流通过程中,涉及将产品和服务提供给最终用户活动的上游与下游企业所形成的网链结构^[20]。根据上述定义,可将供应链分为产品供应链和服务供应链。由于供应链本身的复杂结构以及企业个体理性的原因,沟通信息不完整、信息不对称、牛鞭效应、逆向选择、道德风险等成为供应链运作的最大障碍,所以有必要建立有效的协调机制,使供应链达到整体增效、个体得益的协调状态。供应链的协调问题既是经济学问题(目标),又是管理学的问题(过程)。

从历史文献来看,供应链的协调机制主要有契约技术、信息共享技术和其他联合激励技术三类^[18],如传统产品供应链中常用安全库存、订单拆分给供应商、各种合同和套期保值策略来解决供应链中的提前期不确定、价格不确定和需求波动问题。通过对历史文献的研究,Arshinder 等^[18]将处理不确定性及实现供应链整

体最优的协调机制做了梳理,如图 1-7 所示,并提出了供应链协调指标(supply chain coordination index, SCCI)的量化模型,如图 1-8 所示。

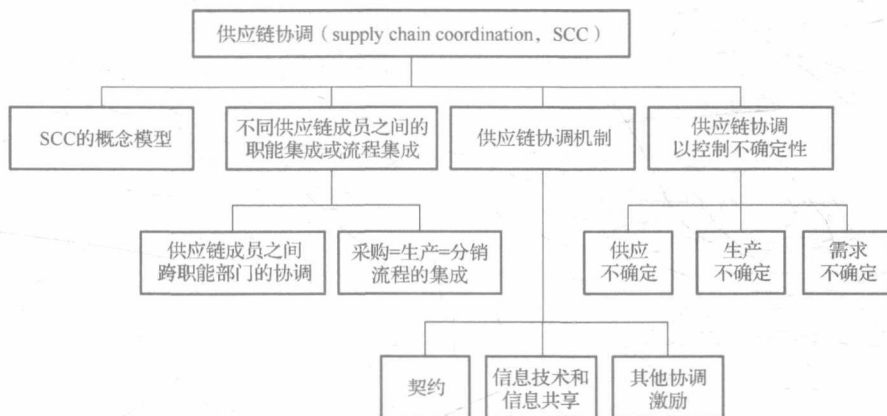


图 1-7 供应链协调机制

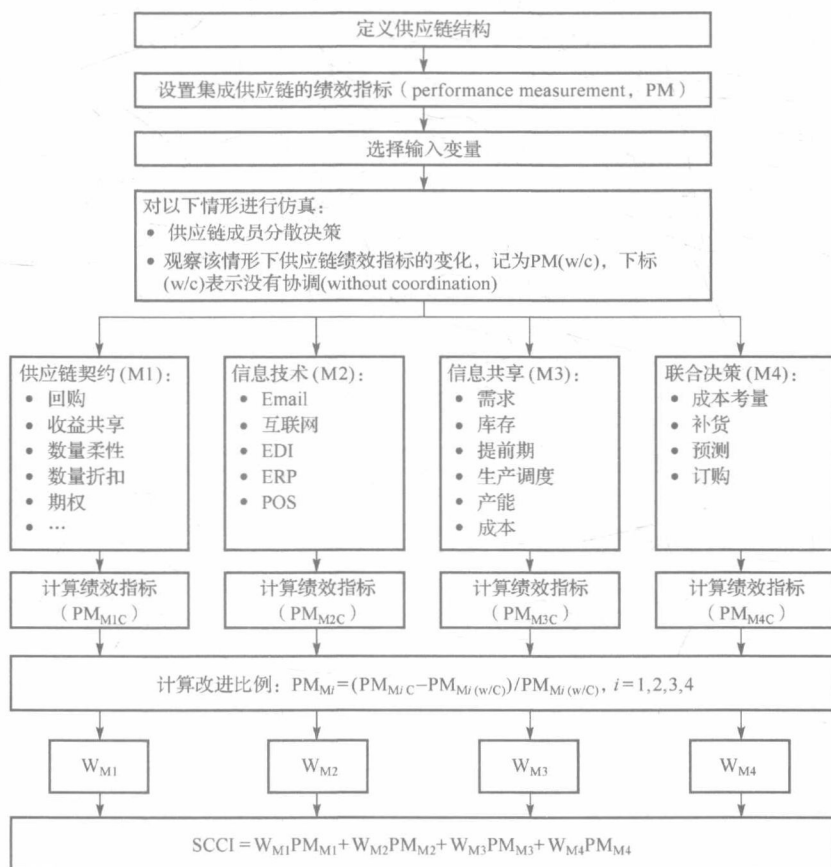


图 1-8 供应链协调指标量化模型