



互联网

资源分配机制研究

李秀芹◎著

HULIANWANG ZIYUAN FENPEI JIZHI YANJIU



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

互联网 资源分配机制研究

李秀芹◎著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书对互联网资源分配机制进行了研究,主要包括相关技术研究、云资源分配模型 RACDA-T、基于 RACDA-T 模型的云资源分配算法 CDA+、CDA+ 算法仿真分析、基于 VCG 机制的离线虚拟机分配和定价、基于在线机制 O-VMAP 进行云资源分配、O-VMAP 仿真与性能分析、支持 QoS 的资源分配算法研究、云存储下的数据完整性验证机制研究等。

本书结构合理,条理清晰,内容丰富新颖,可供从事互联网研究的相关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

互联网资源分配机制研究/李秀芹著. —北京:

中国水利水电出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-5170-6172-4

I. ①互… II. ①李… III. ①互联网络—资源分配—研究 IV. ①TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 326283 号

书 名	互联网资源分配机制研究 HULIANWANG ZIYUAN FENPEI JIZHI YANJIU
作 者	李秀芹 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)68367658(营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京亚吉飞数码科技有限公司
印 刷	三河市天润建兴印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 13.25 印张 172 千字
版 次	2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	63.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

我国互联网技术在不断的进行创新发展,尤其是在 2015 年,我国提出互联网的又一实践成果“互联网+”计划,该计划推动经济形态不断地发生演变,从而带动社会经济实体的生命力。其中云计算技术已经成为经济增长的重要推动力,对国民经济的贡献日益提高。由于资源的超大规模、异构性、动态性等特点,传统的资源分配方式在云计算中并不适用,网络资源分配研究面临新的挑战。尽管存储和带宽等资源仍在不断增加,资源的增加速度也越来越快,但传统的互联网资源服务模式越来越不能满足如今互联网用户的需求,并造成了部分资源的大量浪费。因此我们组织科研人员依托河南省科技攻关计划项目,在云计算环境下开展资源分配的研究工作。

云计算的根本目的就是利用虚拟化技术将计算资源、存储资源、带宽资源等云资源进行有效的整合和共享,那么如何在云计算环境下对资源分配算法进行改进,使得云资源能够有效合理的得到分配成为越来越多学者争先恐后研究的方向,因此云计算资源分配是目前的研究热点。本文从云资源分配的现实问题出发,分析研究了已有的云资源分配模型以及算法的缺点和不足之处,并在此基础上,更深一步的考虑服务质量对资源分配的影响,从而取得创新突破。该研究不仅使得云计算资源得到有效分配,还提高了服务质量。

针对组合双向拍卖模型在资源分配过程中,单一的只考虑价格因素对于资源分配结果的影响,造成了安全性和服务质量的问题,提出了一种基于组合双向拍卖和信任的资源分配模型 RACDA-T。通过对 RACDA-T 模型的分析,结果表明,RACDA-T 模

型不仅使得资源可以顺利分配,还可以在保证安全性和服务质量的情况下分配多种云资源。基于 RACDA-T 模型提出了一种 CDA+ 算法,将组合双向拍卖算法和信任评估算法进行了有效的结合与改进。扩展了云计算仿真平台 CloudSim,通过在云计算仿真平台 CloudSim 上对 CDA+ 算法进行测试和性能分析表明,该算法可在资源分配初始阶段有效地鉴别出恶意节点,以确保资源分配过程中的安全性,还能够提高资源分配率,从而使服务质量得到进一步的提升。基于机制设计理论,以及整数规划法和 VCG 拍卖机制设计理论,提出和设计了离线虚拟机分配和定价机制 VCG-VMAP。算法实现了该机制的分配规则和支付规则。这是一种理想的最优的离线激励兼容机制,能实现资源的最优分配。因为该机制是离线的环境设置,所以认为用户的请求信息都是已知的,而在云计算环境中用户的请求是动态的,对未来的请求信息未知。针对在动态的,资源具有异构性的云计算环境中如何最大化用户和云资源提供商的利益以及社会收益问题,提出了一种在线机制 O-VMAP。该机制可以动态地为用户请求任务分配资源,并为分配的资源进行定价,而不需要对请求信息作出假设,用户有动力上报真实的请求信息,这是符合自身利益的,能最大化其效用并且有助于提升云资源提供商的利益,达到激励兼容的目的。通过对 CloudSim 模拟仿真平台进行扩展,从社会收益、执行时间、服务用户数、云资源提供商获得的利益、资源利用率 5 个方面对两种机制的特性进行仿真对比分析,仿真结果表明在线机制 O-VMAP 对动态的云计算环境更有适应性,并且获得的收益接近理想状态。提出了一种新型的支持 QoS 的资源分配算法——层次化带宽分配算法,该算法以效用函数为基础,统筹考虑用户需求和业务需求两方面因素。并利用拉格朗日乘数法从理论上进行分析,证明了层次化带宽分配算法能够使网络效用最大化;同时使用 OPNET 仿真软件对层次化带宽分配算法对 QoS 中的关键因素时延情况进行仿真,验证了该算法对 QoS 的支持;最后针对云存储下的数据完整性验证进行研究,提出了一种既支

持动态数据块更新,又支持公开验证的完整性检测方案模型 R-MHT,对新模型 R-MHT 的计算开销在 Hadoop 平台上测试模拟,测试结果表明新模型 R-MHT 在某些方面所具有的优势。

本书将作者近几年来在互联网资源分配机制方面研究中取得的成果进行归纳、总结。内容主要取材于作者在各期刊和国际会议上公开发表的论文,同时融入国内外学者在该领域取得的优秀研究成果,力求较全面、系统地概括国内外最新研究成果,反映发展动态。但由于作者水平有限,书中难免会存在一些不足之处,欢迎同行专家多提宝贵意见。

作 者

2017 年 10 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	3
1.3 本书研究内容	5
1.4 本书组织结构	7
第 2 章 相关技术研究	11
2.1 引言	11
2.2 云计算的概述	11
2.2.1 云计算的特点	12
2.2.2 云计算的体系结构	14
2.2.3 云资源分配描述框架	16
2.3 现有的资源分配研究	18
2.3.1 资源分配遇到的问题	19
2.3.2 基于双向拍卖的资源分配	20
2.3.3 基于组合双向拍卖的资源分配	22
2.4 典型的信任模型研究	25
2.4.1 基于贝叶斯理论的信任模型	26
2.4.2 基于模糊逻辑的信任模型	28
2.4.3 基于多维历史向量的信任模型	29
2.5 机制设计理论	30
2.5.1 传统机制设计理论	30
2.5.2 在线机制设计理论	33

2.6	整数规划模型研究	34
2.7	本章小结	35
第3章	云资源分配模型 RACDA-T	37
3.1	引言	37
3.2	RACDA-T 模型的设计	37
3.2.1	RACDA-T 模型	37
3.2.2	RACDA-T 模型的资源分配流程	39
3.2.3	RACDA-T 模型的形式化定义	41
3.3	RACDA-T 模型的分析	43
3.4	本章小结	45
第4章	基于 RACDA-T 模型的云资源分配算法 CDA+ ...	46
4.1	引言	46
4.2	CDA+算法的设计思路	46
4.3	CDA+算法的关键技术	47
4.3.1	恶意参与者鉴别机制	47
4.3.2	组合资源包定价机制	48
4.3.3	参与者综合竞争力判定	50
4.3.4	信任评估机制	51
4.4	CDA+算法描述	54
4.5	本章小结	56
第5章	CDA+算法仿真分析	57
5.1	系统工具介绍	57
5.1.1	CloudSim 简介	57
5.1.2	CloudSim 体系结构	58
5.2	仿真参数设置	59
5.3	仿真步骤	60
5.4	仿真结果分析	61

5.4.1	针对安全性的分析	61
5.4.2	针对资源分配效率的分析	64
5.5	本章小结	68
第 6 章	基于 VCG 机制的离线虚拟机分配和定价	69
6.1	博弈论	69
6.2	VCG 拍卖机制研究	70
6.3	虚拟机实体模型	71
6.4	机制设计	72
6.5	基于 VCG 机制的离线虚拟机分配和定价 (VCG-VMAP)	74
6.5.1	分配规则和支付规则	74
6.5.2	性质分析	76
6.5.3	算法实现	77
6.6	本章小结	78
第 7 章	基于在线机制 (O-VMAP) 进行云资源分配	79
7.1	基于在线机制的虚拟机分配和定价模型 (O-VMAP)	79
7.1.1	模型的构建	79
7.1.2	相关定义	80
7.2	基于在线机制的虚拟机分配和定价设计	81
7.2.1	分配规则和支付规则	81
7.2.2	性质分析	82
7.2.3	算法实现	84
7.3	O-VMAP 机制的执行	87
7.3.1	参数设置	87
7.3.2	机制执行	88
7.3.3	性质分析	91
7.4	本章小结	92

第 8 章	O-VMAP 仿真与性能分析	94
8.1	引言	94
8.2	实验环境	94
8.2.1	CloudSim 仿真平台	95
8.2.2	CloudSim 仿真流程	95
8.3	参数设置	97
8.4	仿真实验与结果分析	100
8.4.1	从社会收益方面分析	101
8.4.2	从执行时间方面分析	102
8.4.3	从服务用户的数量方面分析	103
8.4.4	从资源利用率方面分析	104
8.4.5	从云资源供应商所获得的利润方面分析	104
8.5	本章小结	106
第 9 章	支持 QoS 的资源分配算法研究	108
9.1	最大效用	108
9.1.1	效用函数概念	108
9.1.2	最大效用	109
9.2	各种服务对带宽的需求情况	109
9.2.1	几种常见服务的效用函数	109
9.2.2	各种服务对带宽的需求情况分析	113
9.3	相关经济学概念	113
9.3.1	生产者、消费者、资源	113
9.3.2	价格和收费策略	114
9.4	模型建立	115
9.4.1	问题描述	115
9.4.2	模型建立	115
9.5	层次化网络带宽分配算法	120
9.5.1	层次分析法	120
9.5.2	层次化带宽分配算法思想	120

9.5.3	层次化带宽分配算法描述	122
9.5.4	层次化带宽分配算法关键技术实现	125
9.6	算法的理论分析及仿真验证	133
9.6.1	理论分析	134
9.6.2	仿真验证	136
9.7	本章小结	145
第 10 章	云存储下的数据完整性验证机制研究	147
10.1	主要模型框架结构	147
10.1.1	POR 系统模型	149
10.1.2	PDP 系统模型	151
10.1.3	MHT 完整性检测模型分析	153
10.2	已有模型缺陷分析	161
10.2.1	已有模型缺陷分析	163
10.2.2	系统模型的标准	164
10.3	构造完整性检测新方案	165
10.3.1	对于 R-MHT 模型角色定义	165
10.3.2	对于 R-MHT 模型函数定义	165
10.4	构造完整性检测过程	167
10.4.1	数据的预处理	167
10.4.2	挑战—响应模式	169
10.5	支持数据的动态操作算法	171
10.5.1	数据的修改操作算法	172
10.5.2	数据的插入操作算法	173
10.5.3	数据的删除操作算法	175
10.6	R-MHT 模型的系统实现和理论分析	176
10.6.1	几种协议对比分析	177
10.6.2	R-MHT 模型的计算复杂度	178
10.6.3	R-MHT 模型的通信复杂度	180
10.6.4	R-MHT 模型的存储复杂度	180

10.7	R-MHT 模型实验分析	181
10.7.1	实验参数设定	181
10.7.2	云服务器反馈信息的时间效率	182
10.7.3	云服务器检测计算量	183
10.7.4	计算标签值过程中的存储开销	184
10.8	本章小结	184
第 11 章	总结与展望	186
11.1	总结	186
11.2	展望	189
参考文献		190

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景及意义

进入 21 世纪以来,互联网不断地进行创新、改革、发展,在 2015 年我国更是提出互联网的又一实践成果“互联网+”计划,由此可见,我们的工作、学习甚至娱乐都不得不依靠网络。在网络中利用分布式技术将各式各样所需但看不见的资源进行存储,例如,我们将工作报告通过邮箱发送给不在同一城市的领导;我们通过远程视频听取专家课程;我们在电子商务平台足不出户地购买心仪的物品,不难看出,互联网使得我们的生活从难到易、由远及近,全世界借助互联网技术联系在一起不再是天方夜谭。纵使互联网给我们带来了便捷,但是互联网规模的不断扩大使得大数据时代悄然而至。随着这一新时代的到来,尽管基础设施资源的数量与日俱增,并且资源的样式也越来越多样化,速度也越来越快,但是传统的资源管理方法在如今网络用户对资源需求的动态多样化面前显得心有余而力不足,资源利用率也因此大大降低。在这种急迫的环境下,如何将网络资源进行合理有效的分配,已成为当前的研究热点。通过大量学术专家的努力,云计算技术出现在人们的视野中,它主要以互联网为平台,通过虚拟化技术向用户提供一个动态灵活的网络服务。

云计算改变了传统的客户端/服务器(Client/Server,C/S)模式,提出了一种新型计算模式,它改变了把任务集中交付给大型处理机的模式,而将任务分布到大量计算机构成的资源池

上^{[1][2]},以可伸缩的廉价分布式的共享模式为用户提供服务。对于用户而言,云资源^[3]的管理是透明的,用户只需要向资源提供商付费,就可以获取自己所需要的资源,这样的管理方式大大减少了用户对维护基础设施问题的关注,可以更多地关注资源分配的问题。因此,如何选择适应用户动态的需求变化、实现高效率、低成本的资源分配策略是至关重要的。为此,前人提出了许多优良的资源分配算法,对资源分配的效率、影响因素等进行了深入的研究。在国内外一流的会议和期刊上,不断涌现出很多讨论资源分配的文章。

云计算资源分配可以借鉴在网格计算和分布式计算环境中的资源分配研究,根据云计算自身的特点选择合理的资源分配策略,良好的资源分配策略不仅可以使用户和资源提供商均得到较高的收益,而且还可以提高服务质量(Quality of Service, QoS)水平,确保资源分配的安全性,从而提升整个云计算系统的性能。因此,本课题在云计算环境下所研究的资源分配策略,具有以下几方面重要的意义:

(1)采用合理有效的资源分配策略,不仅能够降低资源分配的复杂度,还可以降低资源提供商的成本资金,以及资源使用者的支付资金。资源科学有效的分配使得整个云计算环境下的资源更加健壮,大大增加了云资源的生命周期。进而,使得资源使用者和提供者达到盈余最大化的目标。合理有效的资源分配策略在一次资源分配中可以为多个资源使用者和提供者对多种类多数量的资源进行分配,这种分配方式大大降低了复杂度,也更符合实际的资源分配状况。

(2)采用合理有效的资源分配策略,可以为资源使用者提供动态多样化的资源^[4],从而提高服务质量。在云计算环境中,有种类繁多、不计其数的资源,但由于任务种类的差别性很大,所以资源使用者对资源需求的种类以及数量的区别也是巨大的。并且,资源的需求会随着时间的变化呈动态性的变化。所以,可适应资源需求的动态多样化变化是权衡资源分配策略是否合理有

效的标准之一。

(3)采用合理有效的资源分配策略,能够确保资源分配过程在相对高安全性的环境下进行,从多维度思考资源分配问题,使服务质量得到进一步的提高。资源分配过程如果处于一个高危状况中,即使资源分配率足够高,并且还达到了利益最大化,也有可能因为恶意资源使用者和提供者的欺骗行为导致服务质量降低,因而造成恶意行为的恶性循环,所以,安全是资源分配中的重中之重。

1.2 国内外研究现状

在云计算环境中,存在着许多未知变化的因素,例如,资源的状态信息和用户的需求信息都是动态变化的。但是用户和资源提供商对资源价格的设定,对最终的资源分配结果有着举足轻重的作用,关系到是否能够顺利分配以及分配后的效益问题。因此,制定一个合理的资源分配策略是非常重要的。实际生活中存在了不同的经济模型,这些模型适用于不同的应用场景和用户需求条件。然而在云计算条件下,拍卖模型是使用最多的一种模型。原因有两方面,第一,该模型所需要的价格信息比较少;第二,因为该模型的实现代价小,故模型容易实现。

自从人类产生了多余的产品之后,就发明了拍卖的形式。拍卖已经成为了使用时间最久的销售方式之一。近几年,拍卖出现在越来越多的场合。政府通过拍卖的形式出售地产,运营商通过拍卖出售电信许可证等。Shoham Y 在文献中给出了拍卖的定义,文献认为拍卖是一个协议的过程,可以供用户提出对某一个或者多个资源存在需求,根据用户对资源需求数量的多少来分配资源给相应的用户,并制定资源的价格。一般情况下,在拍卖模型中存在三个角色,拍卖师、资源提供者和资源消费者。拍卖师作为公正的第三方,他负责整个拍卖的流程,制定拍卖的规则,拍

卖的规则需要得到买卖双方的认同。在拍卖过程当中,资源提供者和资源消费者通过投标来反映过程中的供需关系,通过拍卖的规则,最终确定拍卖结果。

现有的资源分配模型主要是以价格为基础的拍卖模型,基于价格的拍卖模型的基本思想是:以价格作为杠杆来调节资源的配置,在供大于求的情况下,降低价格刺激消费;在供小于求的情况下,提高价格抑制消费,直至拍卖系统的需求与供给持平达到均衡状态。但是传统的拍卖模型不能适应云计算环境的多样性动态变化,因此多种新型拍卖方式应运而生,双向拍卖就是其中一种非常灵活有效的拍卖机制。目前,基于双向拍卖的网络资源分配已成为资源分配领域的研究热点。一些国内外专家学者在该领域通过深入的研究取得了一定的研究成果。

澳大利亚 Rajkumar Buyya 等学者提出了基于云计算体系结构的资源分配模型,该资源分配模型是由多个云计算用户和多个资源提供商参与资源分配的竞争环境,基于服务等级协议 SLA 的资源分配器来实现用户与资源提供商之间的协商,最终使得资源得到进一步的优化分配,虽然该模型的建立更贴合实际情况,但其中很多具体问题仍然需要深入研究。Kant U 在文献中提出了一个基于组合拍卖模型的资源分配策略。该策略以价格为切入点,对用户的利益侧重考虑,但是却忽略了资源提供商的利益。Buyya R 在文献中针对资源的动态特性,提出一种基于多类型动态资源的价格机制。研究了多种类型资源的组合问题以及供求关系对资源价格的影响,该机制适用于用户请求多种类型的资源,但是却没有考虑到资源是否能够有效可靠地得到利用。上海交通大学针对计算网格环境中的 CPU 资源,提出了一种改进的基于双向拍卖机制的网格资源分配算法,实现了网格资源灵活有效的管理,但是该方法并没有对用户和资源提供者的持续拍卖过程选取合适的方法。东北大学针对云计算环境,提出一种在云计算环境下基于双向拍卖的资源分配模型。该模型运用经济机制并且根据云资源的特点对资源进行具有灵活性及有效性的分配,

其可以满足更多用户对资源的需求,并且提高了资源利用率,但并未过多的对安全性进行考虑。北京邮电大学提出了基于组合双向拍卖的网格资源分配算法。该算法具有较强的分配功能,可以在一次交易中得到完整的资源分配情况,这种算法大大提高了系统效率,但是并没有全面考虑到用户满意度的问题。中南大学提出了一种针对动态资源分配与定价的基于组合双向拍卖模型的策略,由于用户和提供商所追求的最终目标不同,因此,无法使用同一模型设置相同指标参数来对用户和提供商的最终目标求解。云资源分配与定价算法针对该问题进行深入研究,但没有考虑到服务质量在资源分配中的影响。

从以上研究来看,以价格为基础的拍卖模型对于解决云资源分配的问题是行之有效的,但是仍然存在着安全性低、可靠性差、服务质量影响因素少等诸多问题。对此本课题引入信任机制,信任机制的引入不仅能够鉴别恶意的用户或者资源提供商以提高资源分配的安全性,还可以从价格和信任两方面反映服务质量。现阶段云计算环境下信任机制的研究已经开展得相当顺利,出现了基于奖惩机制的信任模型,基于多维度的信任模型^[7],基于近期表现或时间自衰减等信任模型等。本书将提出一种基于组合双向拍卖和信任的云资源分配策略。通过组合双向拍卖的约束使得资源能够合理分配;通过信任引入保证资源在相对安全可靠的环境下进行公平分配,从而解决服务质量的问题。本课题还将在线机制的设计理念引入到云资源管理中,基于在线机制对云资源分配和定价进行了研究,本书提出并设计了在线机制 O-VMAP 解决云资源分配和定价问题。

1.3 本书研究内容

本书通过阅读大量有关资源分配的国内外文献,深入学习分析了资源分配的相关目标和现有的资源分配算法。采用理论分