

云计算环境下动态虚拟企业伙伴选择模型

张以文^{1,2} 倪志伟¹ 宋捷¹ 王力¹

(合肥工业大学管理学院 合肥 230009)¹ (安徽大学计算机科学与技术学院 合肥 230039)²

摘 要 互联网内海量的企业信息检索以及虚拟企业 UDDI 的搭建和管理已成为中小型企业组建虚拟企业的严重障碍。云计算通过互联网络提供虚拟化的资源计算模式,使企业能够快速部署资源和获取信息服务,从而使中小企业以快速和较低的成本创建企业联盟,争取主导地位成为可能。提出了一种云计算环境下动态虚拟企业伙伴选择模型,采用并行筛选机制降低问题求解空间,实现了中小企业联盟海量伙伴选择和 UDDI 搭建等问题,并通过实验验证了模型的合理性和可行性。

关键词 云计算,动态虚拟企业,伙伴选择,自适应遗传算法

中图分类号 TP393 **文献标识码** A

Model of Partner Selection for Dynamic Virtual Enterprise Under the Environment of Cloud Computing

ZHANG Yi-wen^{1,2} NI Zhi-wei¹ SONG Jie¹ WANG Li¹

(School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)¹

(School of Computer Science and Technology, Anhui University, Hefei 230039, China)²

Abstract The retrieval of massive enterprises on the Internet and the building of UDDI have become a serious obstacle in virtual enterprise construction in terms of medium-small sized enterprises. Via the Internet to provide virtual resource calculating method, cloud computing can provide fast resource deployment and information acquisition, enable medium-small sized enterprises to build enterprise alliance for dominance possible. A new model of cooperative partner selection for dynamic virtual enterprise based on cloud computing was proposed, which used parallel screening mechanism to reduce problem solving space, the problems of massive partner selection and building UDDI for medium-small sized enterprises alliance were resolved. Finally, the rationality and feasibility of the model are proved with the simulated experiments.

Keywords Cloud computing, Dynamic virtual enterprise, Partner selection, Adaptive genetic algorithm

1 前言

随着科技的进步和社会的发展,全球经济一体化趋势加剧。人们根据自己的实际需要,对产品提出了多样化和个性化的要求,企业面对不断变化的市场,竞争日趋激烈,为求得生存与发展必须具有高度的柔性和快速的反应能力。为此,将知识、技术、资金、原材料、市场和管理等资源联合起来的虚拟企业组织形态应运而生。虚拟企业以其低成本、快速响应市场机遇以及良好的适应能力来越来越受到业界的重视。尤其是中小企业可通过结盟合作,转变寄生、附生地位,争取核心、主导地位,做大做强,增强抗风险能力,获取规模经济优势效应显得尤为重要^[1]。然而,对于中小企业而言,组建企业联盟面临着严峻挑战,主要表现为:(1)随着网络技术的发展,愿意注册并发布服务的企业越来越多,使得对合作伙伴的选择、评价和动态绑定等变得更为复杂,如何实时、动态地发现现有

的和潜在的分布式合作伙伴,集成新的合作伙伴,实现伙伴的动态选择;(2)各企业使用异构的应用系统^[2],核心企业必须提供多种接口以实现与成员企业之间的应用程序对接,这导致了资源的重复部署,而企业对软硬件资源、人力资源等的较大投入无疑已成为众多中小企业的绊脚石。因此,实现异构环境下大规模的伙伴选择已成为中小型企业能否成功组建动态联盟的关键。

2 相关理论

2.1 动态虚拟企业

目前,对于动态虚拟企业的概念尚无明确界定。结合已有成果^[3,4]和我们前期的研究总结,给出如下定义。

定义 1(动态虚拟企业, Dynamic Virtual Enterprise) 动态虚拟企业是指一些相互独立的企业为适应不断变化的市场环境,把握市场机遇,以产品、服务或知识等为中心、以 Inter-

到稿日期:2010-12-04 返修日期:2011-03-31 本文受国家 863 计划(2007AA04Z116),国家自然科学基金(70871033),教育部人文社会科学青年基金(10YJC630398),高校省级优秀青年人才基金(2011SQRL019),安徽省教育厅自然基金重点项目(KJ2011A006),安徽大学“211 工程”学术创新团队基金资助。

张以文(1976—),男,博士生,讲师,主要研究方向为智能计算、敏捷制造、云计算, E-mail: zywjing@yahoo.com.cn;倪志伟(1963—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为机器学习、知识管理等;宋捷(1980—),男,博士生,讲师,主要研究方向为智能计算;王力(1982—),男,博士生,主要研究方向为云计算。

net 为基础建立起来的企业联盟,实现资源、能力共享和成本、风险分担,在极短的时间内建立起某种特定的一流产品或服务,从而赢得市场。

动态虚拟企业各成员处于一种异构的分散的环境中,Web 服务技术实现了各个成员企业间的无缝集成和互操作,但各企业必需部署相应的软硬件资源,以提供成员企业之间的应用程序对接,这导致了资源的重复部署,对中小企业造成了沉重的负担,同时,资源部署会降低企业市场响应能力,从而影响动态虚拟企业的敏捷性。

2.2 云计算

云计算一经提出便受到企业界和科学界广泛关注^[5-8],根据维基百科(Wikipedia)的定义^[9],云计算是一种动态的、易扩展的且通常是通过互联网络提供虚拟化的资源计算方式。其主要特点是能够快速部署资源或获取服务,能够按需扩展和使用,并通过互联网提供服务。云架构层次及其发展原动力如图 1 所示。我们认为,云计算的诞生和发展原动力来自“技术引擎”和“商业引擎”的推动。

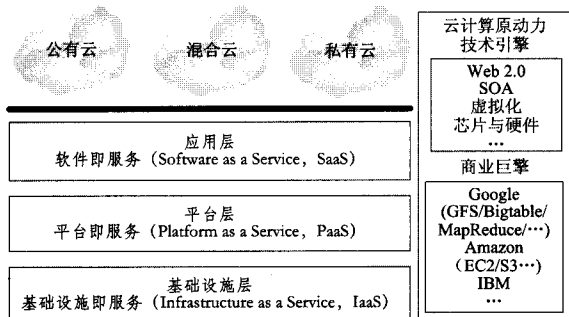


图 1 云架构层次及其发展原动力

基础设施层是经过虚拟化后的硬件资源和相关管理功能的集合,用户无需购买、维护硬件设备和相关的软件系统即可构建自己的平台和应用。平台层是通用性和可复用性的软件资源的集合,为云应用提供开发、运行、管理和监控的环境,用户可利用这些开放的资源开发定制化的应用。应用层是云上应用程序的集合,通过网络交付给用户,用户只需“按需付费”。公有云(Public Cloud)是云计算服务提供商为企业用户提供共享资源(存储资源、计算资源等)的云环境。私有云(Private Cloud)是云计算服务提供商为企业在其内部建设的专有云计算系统。与公有云相比,私有云的安全性更好,但企业花费成本也更高。混合云(Mixed Cloud)则是同时提供公有和私有服务的云计算系统,它是介于公有云和私有云之间的一种折中方案。

可见,云计算可以提供以企业为中心的服务,使得企业不必再像以前那样通过部署自己的计算机软硬件系统来进行伙伴信息存储和管理,而只需要通过云端的软硬件来进行管理,云服务可以帮助任何一个不精通 IT 技术的中小企业花很少的运营成本快速并科学地构建适合其商业需求的企业信息化平台,极大地降低了企业运营成本,使中小企业组建企业联盟转变寄生、附生地位,争取核心、主导地位成为可能。

3 云计算环境下伙伴选择模型

3.1 伙伴选择模型

云计算环境下动态虚拟企业伙伴选择模型如图 2 所示。

虚拟企业是一种短期的战略联盟,为降低成本和提高敏捷性,选择公有云计算环境,企业无需在其内部建设专有云计算系统。模型架构主要由交互层、云代理层、应用层、平台层以及存储层构成。

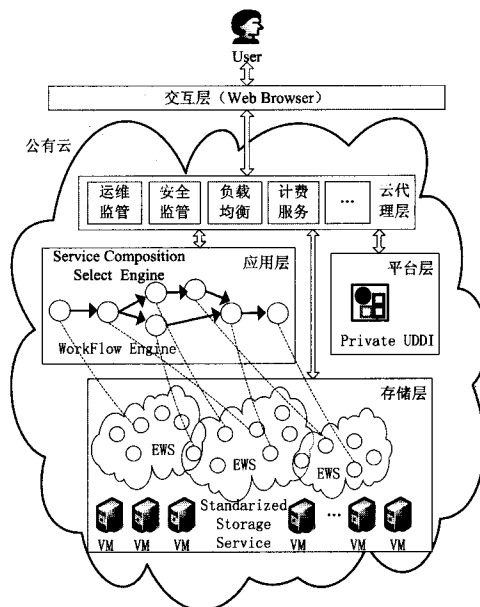


图 2 云计算环境下伙伴选择模型

定义 2(企业 Web 服务, Enterprise Web Service, EWS)

企业 WS 是对企业服务功能属性和服务质量(成本因素、加工时间和合作信誉度等)的描述,运行于 Internet 上基于 XML 的跨平台 Web 组件。

定义 3(企业 Web 服务类, Enterprise Web Service Category, EWSC) 企业服务类是由不同企业发布,具有实现相同功能的一组企业服务集合,同一个企业服务类中企业服务功能相同,但各自的服务质量性能不同。

下面介绍各功能层的含义及主要功能。

(1) 存储层(Storage Layer, SL)

存储层是大规模的分布式存储系统,为用户提供底层的、接近于直接操作的硬件资源的服务接口,提供简单直接计算和存储等基础服务。

存储层用于存放海量的企业 WS 信息,通过访问不同的云存储服务提供商的数据中心(如 Amazon Data Centre, Google Data Centre 等)及时维护和更新企业 WS 信息,并实现企业服务类(EWSC)的索引和管理。

(2) 平台层(Platform Layer, PL)

平台层为用户提供平台托管服务,是云应用服务提供商在云中部署或开发软件的环境,用户可将其运营或开发的应用托管到平台层中。

平台层为核心企业搭建私有 UDDI 和提供托管(运行、信息共享和维护等)服务,核心企业无需搭建任何应用系统。

(3) 应用层(Application Layer, AL)

应用层为用户提供某一特定功能的应用服务,为用户定制和消费云计算服务提供统一规范的接口。

通过应用层将合作目标划分成若干个子任务,利用工作流引擎(WorkFlow Engine)建立各子任务间的先序关系,从起始任务到终止任务的路径表示虚拟企业实现目标任务的工作流程^[10,11],服务组合选择引擎(Service Composition Select

Engine)执行伙伴选择组合优化算法。

(4)云代理层(Cloud Broker Layer,CBL)

云代理层是用户交互层和访问公有云服务之间的接口,可统一协调公有云内各层之间的工作流程。

它负责虚拟企业组建、运作、更新和撤销等消息的传递机制。同时,负责公有云负载均衡、计费管理、运行维护和安全监管等服务。

(5)交互层(Communication Layer,CL)

交互层为用户提供基于浏览器的友好的 GUI 交互界面,是用户访问云付费服务的 Web 入口。

通过交互层用户可以提交个性化的伙伴选择约束请求(如:生产时间、企业信誉),查询虚拟企业成员等信息。

3.2 模型重要性能分析

(1)可行性:存储层大规模的分布式存储系统和虚拟化的存储技术可以实现海量的企业信息存储、检索和更新。伙伴选择是典型的多目标多约束的决策优化问题,而现有的智能算法(如遗传算法、量子进化算法、粒子群算法等)能够有效地解决大规模的伙伴选择问题^[12-14]。

(2)敏捷性:SOA 架构作为云计算发展原动力之一,其松散耦合机制可消除系统间的异构性,使虚拟企业应用集成具有良好的动态可重构、集成和开放性。在云端,核心企业无需架构 UDDI,也无需配置复杂的软硬件资源,使企业适应快速变化的市场,能够提高企业对市场需求的快速反应和决策能力。

(3)代理性:虚拟企业伙伴选择、核心企业 UDDI 搭建、运行、维护以及撤销等工作都在公有云内部完成,在云端由专业的云服务提供商打包成服务提供给用户(企业),用户只需要通过交互层与 CBL 进行交互,发送组建虚拟企业服务请求,提交子任务的个性化需求(如企业信誉、生产成本等约束)和支付低廉的服务费用。

3.3 伙伴选择流程

云计算环境下动态虚拟企业伙伴选择流程描述如下:

Step1 核心企业对市场进行决策分析,明确合作任务,通过交互层向公有云提出组建虚拟企业请求;

Step2 CBL 响应用户请求,将合作任务发送给应用层,应用层利用公有云内部 DDS(决策支持系统)根据企业需求将任务划分成若干子任务,通过工作流引擎建立好各子任务间的先序关系;CBL 将划分后的子任务信息通过交互层返回给用户,用户确认后提示用户输入各子任务服务约束(如企业信誉、生产成本)等必要参数信息,否则接受用户修正;

Step3 CBL 向存储层发送带有用户约束的 EWS 查询请求,存储层根据用户对各子任务的服务约束,对各 EWSC 中海量 EWS 进行并行初步筛选,返回满足约束的企业服务信息;

Step4 应用层服务组合选择引擎执行组合优化智能算法进行伙伴选择;

Step5 CBL 通过交互层向用户返回若干组优化的服务组合,接受用户的进一步确认;

Step6 用户确认后,CBL 通知平台层为核心企业搭建私有 UDDI;否则,用户修正任务权重或约束信息,转 Step3;

Step7 合作完成后,CBL 接受用户虚拟企业撤销请求,向平台层发送撤销私有 UDDI 的消息。

4 实验分析

4.1 伙伴选择数学模型

假设有一企业经市场分析后向 CBL 发送了组建虚拟企业的请求,则应用层工作流引擎将合作任务划分为 7 个子任务并建立好各子任务间的先序关系(如图 2 中应用层所示)。取加工时间 T ,企业信誉 R ,生产成本 C 为用户提交的伙伴选择指标集, $E_i = \{ews_{ij} | j = (1, 2, \dots, m_i)\}$ 为存储层内能够完成子任务 i 的候选企业 Web 服务类(EWSC)集合, m_i 为该存储层中完成该任务的 Web 服务数量。那么动态虚拟企业伙伴选择优化目标则转换为选择一个企业组合 $\{ews_{1j}, ews_{2j}, ews_{3j}, ews_{4j}, ews_{5j}, ews_{6j}, ews_{7j}\}$, $ews_{ij} \in E_i$, 满足:

$$\min R' = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{m_i} (1 - \frac{r_{ews_{ij}}}{r_{maxi}}) d_{ij} \quad (1)$$

$$\min T = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{t_{es_{ij}}}{t_{maxi}} d_{ij} + \max \{ \sum_{k=1}^{m_{n_1+1}} \frac{t_{es_{(n_1+1)k}}}{t_{max(n_1+1)}}, \sum_{k=1}^{m_{n_1+2}} \frac{t_{es_{(n_1+2)k}}}{t_{max(n_1+2)}}, \dots, \sum_{k=1}^{m_{7-n_1}} \frac{t_{es_{(7-n_1)k}}}{t_{max(7-n_1)}} \} \quad (2)$$

$$\min C = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{m_i} \frac{c_{ews_{ij}}}{c_{maxi}} d_{ij} \quad (3)$$

$$s. t \begin{cases} t_{ews_{ij}} \leq \max t_i \\ r_{ews_{ij}} \geq \min r_i \\ c_{ews_{ij}} \leq \max c_i \end{cases} \quad (4)$$

那么,伙伴选择组合优化问题即为:

$$\min \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{m_i} (\lambda_{i1} t_j + \lambda_{i2} r_j' + \lambda_{i3} c_j) \quad (5)$$

式中, $\{\lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \lambda_{i3}\}$ 为指标权重,满足 $\sum_{j=1}^3 \lambda_{ij} = 1$,若 ews_{ij} 被选中则 d_{ij} 取 1,否则取 0。

对提出的模型思想进行了验证,建立 3 个独立进程模拟各云层模块,云层模块间的任务交互通过进程间通信模拟实现。存储层进程为各指标集随机产生某区间内均匀分布的随机数;交互层进程设置用户约束后,CBL 向存储层发送(带有用户子任务服务约束信息)服务查询请求,存储层进程进行并行伙伴初步筛选,返回满足用户约束的 EWSC;应用层进程执行伙伴组合优化算法。

4.2 应用层算法设计

自适应遗传算法(AGA)是求解多目标多约束组合优化问题的优秀智能算法,具有很好的全局寻优能力和隐并行性。对适应度函数设计,我们采用理想点法和欧氏距离构造(式(6)中 ϵ 取 $(0, 0.01]$ 之间的随机数), f_{ij}^+ 为正理想点, f_{ij}^- 为负理想点。交叉概率 P_c 和变异概率 P_m 如式(7)、式(8)所示。

$$f(x) = 1 - \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l \lambda_{ij} [f_{ij}(x) - f_{ij}^+]^2)^{\frac{1}{2}}}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l \lambda_{ij} [f_{ij}^- - f_{ij}^+]^2)^{\frac{1}{2}}} + \epsilon \quad (6)$$

$$P_c = \begin{cases} k_1 \frac{(f_{max} - f')}{f_{max} - f}, & f' \geq \bar{f} \\ k_2, & f' < \bar{f} \end{cases} \quad (7)$$

$$P_m = \begin{cases} k_3 \frac{(f_{max} - f)}{(f_{max} - f)}, & f \geq \bar{f} \\ k_4, & f < \bar{f} \end{cases} \quad (8)$$

优化的企业伙伴组合信息通过交互层向用户展示,用户确认后,CBL 通知平台层进程为核心企业搭建私有 UDDI,实

现虚拟企业各成员的信息共享、通信和任务管理等功能。虚拟企业解散时撤销私有 UDDI, 在虚拟企业运行过程中, CBL 实施计费服务和运维监管等任务。

4.3 实验结果

通过 AGA 和标准遗传算法(SGA)对比实验对提出的大规模伙伴选择组合优化思想进行了验证。各指标权重 λ_{ij} 为 0 到 1 之间的随机数, 满足 $(\sum_{j=1}^3 \lambda_{ij} = 1) \wedge (\lambda_{ij} \geq 0.2)$ 。设置应用层进程 AGA 算法交叉和变异概率公式中常数 $k_1 = 0.25$, $k_2 = 0.9$, $k_3 = 0.01$, $k_4 = 0.45$, SGA 算法中交叉和变异概率分别为 $P_c = 0.6$ 和 $P_m = 0.01$, 设种群规模设为 600, 结束条件是连续 30 代适应度不变, 执行算法。图 3、图 4 和图 5 为采用 AGA 算法和 SGA 算法的对比实验结果。图 3 存储层进程设置各企业服务类服务数规模从 50 变化到 100, 可以看出 AGA 伙伴选择算法在终止世代数方面总体上明显优于 SGA 算法, 平均终止世代数 AGA 为 177.666, 而 SGA 为 276.156。图 4 存储层进程设置各企业服务类服务数从 100 变化到 600, 取执行 5 次的平均时间, 可以看出总体上初选后 AGA 算法执行时间性能略优于 SGA 算法, 由于智能算法本身的随机性, 执行时间不一定随着企业服务数量的增加而增加, 执行时间主要取决于进化代数等因素, 因此, AGA 算法求解大规模伙伴选择问题是可行的。从图 5 可以看出, AGA 算法最佳适应度值总体上高于 SGA 算法, AGA 算法选择到最优伙伴组合的概率更大, 而且随着服务数量的增加, 最佳适应度值总体呈上升趋势, 说明云环境下大规模的伙伴选择得到的伙伴组合具有更强的核心竞争能力。可见, AGA 算法能够在用户可接受的时间内实现大规模的伙伴选择。

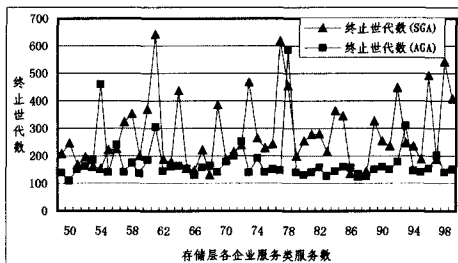


图 3 进化代数实验结果

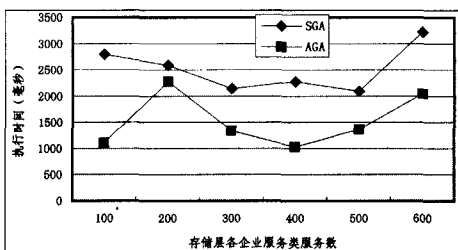


图 4 执行时间实验结果

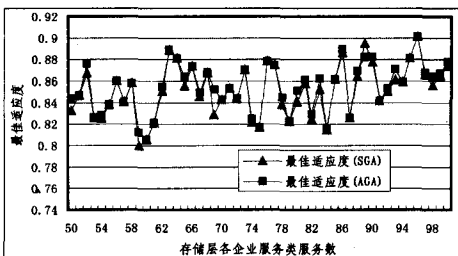


图 5 最佳适应度实验结果

结束语 云计算环境下动态虚拟企业不再需要规划自己的注册中心, 也不需要精力耗费在与自己主营业务无关的算法设计上, 更无需投入大量费用购买软硬件资源。它们只需要将这些事务交由云端去处理, 有专业公司为其提供更专业的信息服务, 使企业从大量烦琐的工作中解放出来, 从而更好地适应快速变化的市场, 增强自身的核心竞争能力。本文的研究为我国中小型企业快速、低成本搭建企业联盟提供理论和实践支持。接下来的研究工作将以开源 Hadoop^[15] 项目为基础, 搭建机群系统, 采用并行智能算法, 对模型进行进一步的验证和实践。

参考文献

- [1] 温颖怡, 田凌, 郝文涛. 面向中小企业及其联盟的企业信息集成系统[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2007, 47(8): 1287-1291
- [2] Li Qing, Zhou Jian, Peng Qi-rui, et al. Business processes oriented heterogeneous systems integration platform for networked enterprises[J]. Computers in Industry, 2010, 61(2): 127-144
- [3] 张以文, 倪志伟, 王力, 等. 支持扩展 QoS 约束的动态虚拟企业伙伴选择模型[J]. 中国机械工程, 2010, 21(20): 2482-2487
- [4] 王爱民, 范莉娅, 肖田元, 等. 面向制造网格的应用平台及虚拟企业建模研究[J]. 机械工程学报, 2005, 41(2): 176-181
- [5] Google App Engine [OL]. <http://code.google.com/appengine/>, 2010
- [6] Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) [OL]. <http://aws.amazon.com/ec2>, 2010
- [7] Truonga H-L, Dustdara S. Composable cost estimation and monitoring for computational applications in cloud computing environments[C]// International Conference on Computational Science. ICCS 2010: 2169-2178
- [8] Armbrust M, Fox A, Griffith R, et al. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing[R]. UCB/EECS-2009-28. EECS Department, University of California, Berkeley, February 2009. <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.pdf>
- [9] 王庆波, 金津, 何乐, 等. 虚拟化与云计算[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009
- [10] 黄彬, 高诚辉, 陈亮. 模糊完工时间和模糊交货期下的虚拟企业伙伴选择[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(6): 1085-1091
- [11] 赵强, 肖人彬. 基于多 CBL 的虚拟企业任务调度模型及优化[J]. 控制理论与应用, 2009, 26(4): 459-462
- [12] Balamurugan R, Ramakrishnan C V, Singh N. Performance evaluation of a two stage adaptive genetic algorithm (TSAGA) in structural topology optimization[J]. Applied Soft Computing Journal, 2008, 8(4): 1607-1624
- [13] 苏平, 伍乃骐, 于兆勤, 等. 改进遗传算法在虚拟企业伙伴选择与优化中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(12): 85-92
- [14] 韩江洪, 王梅芳, 马学森, 等. 基于自适应遗传算法的虚拟企业伙伴选择求解[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(1): 118-123
- [15] Hadoop, hadoop.apache.org/core/, 2010