

基于集群式供应链的建模方法研究

安吉宇, 翟钰琦, 薛 霄, 梁艳敏, 王珍珍

(河南理工大学计算机科学与技术学院, 河南 焦作 454003)

摘 要: 集群式供应链是一种新的管理模式, 可帮助中小型企业实现“蚁群效应”, 获取更多利润, 但其目前缺乏技术支撑。针对该情况, 采用 Agent 技术构建集群式供应链的业务逻辑模型, 按照映射规则将 Agent 模型映射为对应的 Web Service 模型, 并以 Web Service 技术构建功能模型。仿真结果表明, 该建模方法将建模技术与经济管理技术相结合, 通过重复实验挖掘现象背后的经济学、社会学本质, 为集群式供应链提供技术支撑。

关键词: 集群式供应链; Agent 技术; Web Service 技术; 映射规则; 建模技术; 协同采购

Research on Modeling Method Based on Cluster Supply Chain

AN Ji-yu, ZHAI Yu-qi, XUE Xiao, LIANG Yan-min, WANG Zhen-zhen

(School of Computer Science and Technology, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

【Abstract】 The definition of cluster supply chain is proposed as a new management pattern to help small and medium-sized enterprises realize “ant colony effect” and gain more profit. But the research of cluster supply chain is still at an early stage and is short of technology support. Aiming at this problem, this paper presents a method that builds business logic models of cluster supply chain by adopting the technology of Agent, Agent models map to the corresponding Web Service models according to mapping rules and builds functional models by adopting the technology of Web Service, which combines modeling technology with economic management technology, the economics and sociology essence what is behind phenomenon is dug out through repeating experiments, so cluster supply chain can be explored deeply.

【Key words】 cluster supply chain; Agent technology; Web Service technology; mapping rule; modeling technology; coordination procurement

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2013.05.018

1 概述

为了应对日益激烈的竞争, 集群式供应链的概念被提了出来^[1], 它是产业集群和供应链的耦合, 集成了两者的优点。借助于集群式供应链, 企业能够充分地发挥产业集群和供应链的优势, 实现产业链分工明确、个体协同、自组织等优点, 最终帮助中小型企业实现“以小博大”的目的。

目前集群式供应链的研究还处于起步阶段: 一方面现阶段对集群式供应链的研究多从经济学、管理学角度出发, 停留在定性的、描述性的阶段, 缺乏技术支撑。另一方面集群式供应链是一个复杂的自适应动态系统^[2], 主要表现在: (1) 集群式供应链具有动态稳定性。集群中企业的需求、策略等不断发生变化使得集群式供应链自身结构或行为产

生相应的演变。(2) 集群式供应链具有局部性。集群中企业间信息不对等, 使得企业只能处理局部信息并做出相应策略, 进而影响整个集群式供应链的行为策略。(3) 集群中的企业是具有适应性、智能性的自治主体。集群中的企业具有有限的资源、能力和追求自身利益最大化的目标。因此, 需要对集群中企业的个体目标和策略加一定的限制, 保证在实现个体利益最大化的同时, 与其他企业的目标不产生冲突。

为了应对集群式供应链的复杂性, 更深入地理解、探究集群式供应链, 本文引入建模技术, 并与经济管理技术相结合, 对现实问题进行抽象并建立模型, 以达到可重复操作的目的。进而通过重复实验、控制参变量等方法挖掘现象背后的经济学、社会学本质。因此, 对集群式供应链进行建模研究具有重要的意义。

基金项目: 国家自然科学基金面上基金资助项目(61175066); 国家自然科学基金青年基金资助项目(60905041); 中国博士后科学基金资助项目(20110490396)

作者简介: 安吉宇(1977—), 男, 副教授, 主研方向: 服务建模及流程优化; 翟钰琦, 硕士研究生; 薛 霄, 副教授; 梁艳敏、王珍珍, 硕士研究生

收稿日期: 2012-06-06 **修回日期:** 2012-08-09 **E-mail:** ajy770406153@163.com

2 建模方法

Agent 具有自治性、社会性、反应性和预动性^[3-4], 是对集群式供应链中企业成员的自然隐喻^[5], 能够在业务逻辑上良好地描述业务流程^[6]。现阶段建模主要使用的是 Agent 技术, 但 Agent 技术在实现上的空缺成为制约其发展的首要问题。Web Service 可提供业务流程中的某些步骤, 具有自包含、自描述以及模块化等特点^[7], 因此被广泛用于分布式系统。但是 Web Service 技术由于缺乏智能性, 不能充分地感知环境并做出反映。本文充分考虑 Agent 技术与 Web Service 技术的特点, 将两者的优缺点互补, 采用 Agent 技术在业务层面进行建模, 并按照映射规则映射为对应的 Web Service 模型, 采用 Web Service 建模进行功能实现。

2.1 Agent 模型构建

集群式供应链是一个庞大的复杂系统, 由大量相互之间有交互的企业组成。集群中的企业为了满足复杂的应用需求根据任务同其他企业进行协同, 并不断地适应彼此和环境做出相应的变化, 形成一个共进化的系统。Agent 具有智能性、预动性等特性, 是企业的一个天然隐喻, 可以作为企业资源的抽象载体。本文采用 Agent 技术在业务逻辑上对企业进行建模。

Agent 是一个五元组组成的智能体:

$$\text{Agent} = \langle H, S, V, N, C \rangle \quad (1)$$

其中, H 表示 Agent 的机体; S 表示 Agent 的状态集合; V 表示 Agent 的可执行行为组, 包括 Agent 自发采取的以及根据学习经验产生的行为; N 表示 Agent 所处邻域的情况; C 为 Agent 的约束条件。

Agent 的行为规则如式(2)所示:

$$v_t = f(m, s_t, n_t, C) \quad (2)$$

其中, v_t 为 t 时刻 Agent 的行为; s_t 为 t 时刻 Agent 的状态; n_t 为 t 时刻 Agent 所处邻域的情况; $f(m, s_t, n_t, C)$ 为企业 Agent m 在当前状态 s_t 、邻域 n_t 和约束条件 C 的情况下的决策函数。式(2)表示在 t 时刻, Agent 的行为 v_t 将由这一时刻 Agent 的参数 s_t 、 n_t 和 C 的决策结果来决定。

2.2 模型映射

企业内部资源视图如图 1 所示。

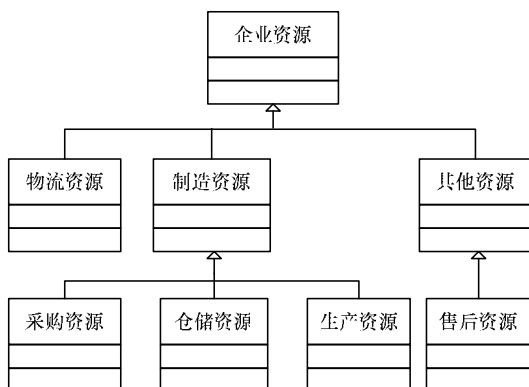


图1 企业内部资源视图

Agent 是资源的抽象载体, 能够在业务逻辑上对企业进行良好的描述。企业内部有研发部门、采购部门、生产部门等, 这些分工不同的部门支撑了企业的各项业务活动, 是企业的内部资源。

Web Service 需要资源来运作, 是对资源的受控访问。因此, 本文把资源作为桥梁将 Agent 模型同 Web Service 模型进行映射。根据 Agent 是资源的抽象载体、资源支撑 Web Service 的映射规则, 采用 Web Service 技术将各种异构的资源进行封装, 完成 Agent 模型到 Web Service 模型的映射。Agent 模型与 Web Service 模型的对应关系如图 2 所示。

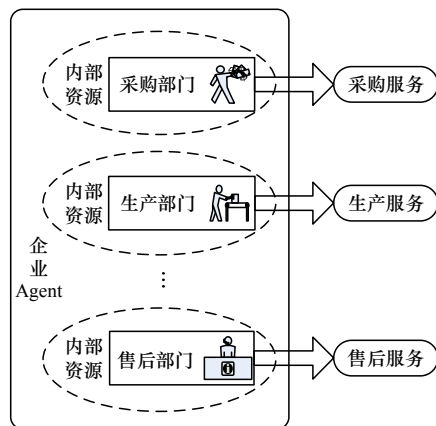


图2 Agent 模型与 Web Service 模型对应关系示意图

2.3 Web Service 模型构建

在具体的 Web Service 建模过程中, 考虑到面向对象的分析与设计和面向服务的分析与设计存在很大的相似性^[8], 因此, 在建模过程中借鉴 UML 建模方法^[9], 如图 3 所示。

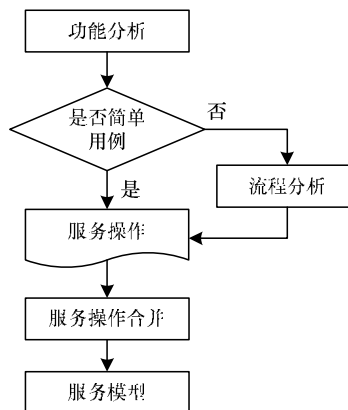


图3 服务建模流程

功能分析: 使用 UML 用例图进行需求分析、用例分析。得到 2 类操作: (1)能够独立调用、不需要再分解的操作, 直接列为服务操作; (2)复杂的、存在明显业务流程的服务操作, 需要分析业务流程后得到服务操作。

流程分析: 对第(2)类复杂的、存在业务流程的操作使用用例图分析, 得到可独立调用的服务操作。

服务操作合并: 经过流程分析后得到大量功能相似的服务操作, 使用 UML 活动图状态分析法对服务操作进行精简。

服务设计: 使用 UML 类图进行分析, 将得到的服务操作进行分类并封装在服务中, 完成建模。

3 案例研究

科技的飞速发展导致企业间的竞争日益激烈。企业只依靠调整自身组织结构和利用自身的资源等方法无法适应快速多变的市场需求。基于集群式供应链理论, 企业通过协同形成规模效应, 获取效益、缩减成本并创造利润, 从而帮助中小型企业达到“以小博大”的目的。集群式供应链中的协同包括: 协同采购^[10], 协同研发, 协同制造, 协同物流, 协同销售等。采购作为生产的第一步为企业提供各种物资, 采购的好坏将直接影响到整个企业的运作情况, 起着举足轻重的作用, 因此以协同采购为背景进行建模。图 4 给出了协同采购示意图。

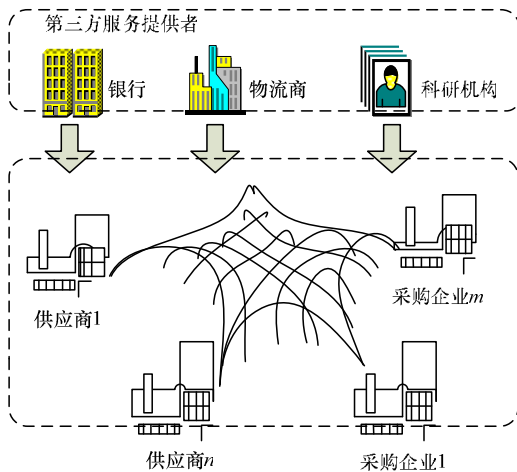


图 4 协同采购示意图

3.1 Agent 模型的构建

在协同采购过程中, 将采购企业和供应商作为研究对象, 分析采购企业与供应商的交互过程, 并以采购企业为例进行 Agent 建模:

由式(1)知:

$$\text{Agent} = \langle H, S, V, N, C \rangle$$

其中:

$$H = \langle \text{Id}, \text{Nam}, \text{Loc}, \text{Tel}, \text{Idealpr} \rangle \quad (3)$$

H 代表采购企业的客观属性如式(3)所示, 包括: 身份标识 Id, 企业名称 Nam, 位置 Loc, 电话 Tel, 采购企业采购产品的理想价格 Idealpr。

$$S = \langle \text{stop}, \text{move} \rangle \quad (4)$$

S 表示 Agent 的状态集合, Agent 有 2 种状态: stop 和 move, 如式(4)所示。状态 stop 表示采购企业 Agent 找到合适的供应商或采购企业并进行协同, 否则用状态 move 表示。

$$N = \langle \text{sup}, \text{pro}_{\text{st}}, \text{null} \rangle \quad (5)$$

N 表示采购企业 Agent 的邻域环境集合, 如式(5)所示, 包括: sup, pro_{st} 和 null。Sup 表示 Agent 邻域内包含供应商

Agent; pro_{st} 表示 Agent 邻域内包含状态为 stop 的采购企业 Agent; null 表示 Agent 邻域内不存在上述 2 种情况。

$$C = \langle \text{pri}, \text{tast}, \text{bat}, \text{cre} \rangle \quad (6)$$

C 表示采购企业 Agent 通过一定的约束条件 C, 选择适当的其他的采购企业和供应商进行协同, 如式(6)所示约束条件, 包括: 价格 pri, 任务 tast, 采购批量 bat, 信用度 cre。

Agent 行为规则:

(1)t 时刻 Agent m 中 $s_t = \text{move}$, 采购企业 Agent 坐标为 (x_t, y_t) , 采购企业 Agent 遍历邻域, 如果 $n_t = \text{null}$, 则在 $t+1$ 时刻采购企业 Agent 随机行走一步新坐标为 $x_{t+1} = x_t \pm 1$, $y_{t+1} = y_t \pm 1$ 。

(2)t 时刻 Agent m 中 $s_t = \text{move}$, 采购企业 Agent 遍历邻域, 如果 $n_t = \text{sup}$, 则比较 task, 如 task 相同, 则比较价格, 如果价格小于 $\text{Idealpr} \times (100\% + 10\%)$, 则采购企业 Agent 停在当前坐标且 $s_t = \text{stop}$, 否则采购企业 Agent 随机走一步 s_t 不变。

(3)t 时刻 Agent m 中 $s_t = \text{move}$, 采购企业 Agent 遍历邻域, 如果 $n_t = \text{pro}_{\text{st}}$, 则比较 task, 如果 task 相同则根据采购批量 batch 进行判断, 采购批量大于自身采购批量 $\times 0.8$, 则与该采购企业进行协同停在当前坐标, $s_t = \text{stop}$ 。

3.2 Web Service 模型的构建

这里仅考虑采购企业同意与供应商进行采购的情况, 分析采购企业与供应商之间的交互过程, 采用 UML 时序图表示, 如图 5 所示。从图中可以看出, 采购企业的采购部门、财务部门、库存部门和售后部门都同供应商进行了交互。分析其交互具体过程, 得到服务需求。根据需求将采购企业中同供应商进行交互的内部资源按照前面所述的建模方法构建为相应的服务。

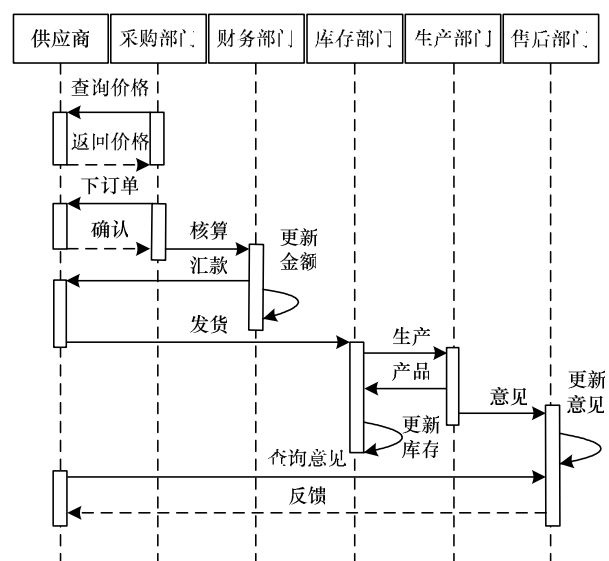


图 5 采购时序图

以采购部门为例, 采购部门同供应商进行交互, 完成 2 个功能: 查询价格和下订单。采购部门发送查询价格请求,

接收价格; 发送订单及通知财务部门进行核算消息, 接收确认信息。

表 1 展示的是功能为查询价格的服务操作的 Java 接口定义。它连接了 Java 实现和 WSDL(Web Services Description Language), 有了接口定义, 能生成对应的 WSDL 描述服务。

表 1 Java 接口定义

服务名称	public interface Enterprise Web Service
操作名称	ArrayList<Supplier>getPriceList (ArrayList<Supplier>applyAgent)
操作功能	查询供应商价格
操作输入	供应商价格列表
操作输出	查询价格请求

4 结果及分析

4.1 基于 Agent 的仿真结果及分析

Swarm 是最早的多主体建模仿真工具, 创建了一个灵活且标准化的底层工具和程序集合, 帮助用户建立仿真。本文使用 swarm 对企业协同采购过程进行仿真。Price World 是一个二维离散空间, 大圆形代表供应商, 小点代表采购企业, 它们随机分布于该空间中。如图 6 所示。

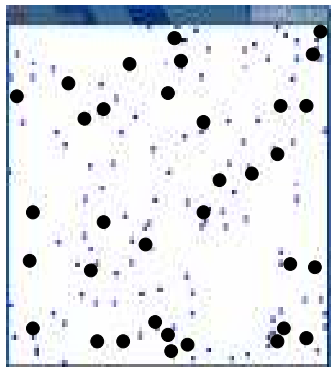


图 6 仿真初始界面

空间中每个供应商都有一个产品价格, 每个采购企业有自身的采购理想价格, 产品价格和理想价格是随机分布于不同区间内的随机数。初始时刻采购企业与供应商随机分布于该空间中, 按照自身规则在该空间内行走。经过一定时间后, 所有的采购企业 Agent 都找到合适的供应商或采购企业 Agent 进行协同, 仿真结果如图 7 所示。

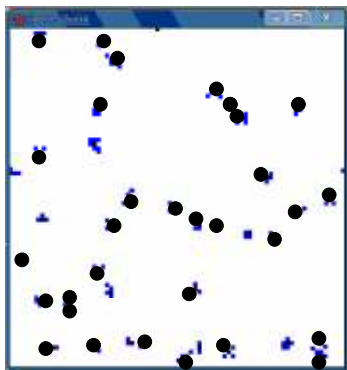


图 7 仿真结果

每个采购企业都有一个 unhappiness 属性, unhappiness 为采购企业的实际采购价格与最大采购价格的比值, 表示采购企业的平均不满意度。当采购企业 Agent 邻域内不存在供应商 Agent 时, unhappiness 为 1, 否则供应商提供的价格越低, 采购企业的 unhappiness 值越小。如图 8 所示, 采购企业的平均 unhappiness 值总体呈下降趋势。经过一定时间后, unhappiness 稳定在一个小于 0.2 的值上。

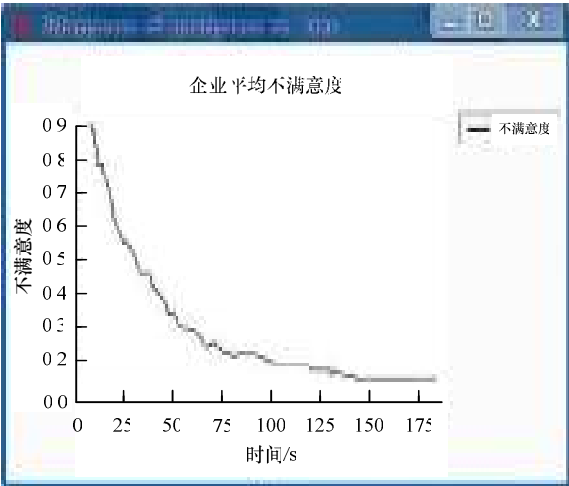


图 8 采购企业不满意度示意图

图 7 显示集群中企业之间的关系是处于变化状态的, 企业之间根据任务进行协同以满足企业复杂应用的需求。图 8 显示整个集群处于不断优化过程中, 是一个自适应的进化系统。通过多次实验, 企业积累学习经验, 对自身的行为、策略等做出相应调整, 淘汰竞争力差的企业, 优化集群。通过改变参变量的方法观察企业个体行为的改变对集群式供应链整体行为的改变的影响。

4.2 Web Service 模型

由于企业系统间存在异构性, 信息交互困难导致企业成为信息孤岛。Web Service 作为一种新的分布式计算体系结构, 基于 W3C 的开放协议且独立于平台和操作系统, 定义了企业应用的基本功能和规范, 为企业应用提供了一个良好的平台, 从而可以方便、安全、高效地实现企业应用的构建。本文在 Myeclipse 下 Xfire 开发服务模型, 以 Tomcat 为服务器对服务模型进行构建。根据表 1 的服务接口定义, 可以编写对应的 WSDL 来描述采购服务及其中的操作。通过 WSDL 的描述, 服务可以被任何系统识别并调用。

5 结束语

本文针对集群式供应链的复杂性, 提出一种将 Agent 技术与 Web Service 技术优缺点互补的建模方法, 在 Swarm 中仿真 Agent 模型, 在 Myeclipse 的 Xfire 中开发 Web Service 模型。该建模方法有效地互补了两者的优缺点, 能对集群式供应链进行技术支撑。下一步将所构建的模型在实际应用中进行迭代改善, 以进一步优化模型。

(下转第 100 页)