

基于 Multi-agent 系统架构的供应链绩效指标体系

钱 军, 陈国华, 孙胜楠

(南京大学工程管理学院, 南京 210093)

摘 要: 分析了有关构建供应链绩效评价体系的研究现状, 指出了其存在的问题。以零售商为主导的供应链中服务绩效体系为例, 提出了基于 Multi-agent 系统研究供应链绩效评价体系的方法。该方法考虑了供应链关系的动态性和复杂性等特点, 是对供应链未来绩效进行前瞻性管理的有效方法。

关键词: Multi-agent 系统; 供应链; 绩效评价

Supply Chain Performance Evaluation System Based on Multi-agent System

QIAN Jun, CHEN Guo-hua, SUN Sheng-nan

(School of Management and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093)

【Abstract】 This paper analyzes the current research situation about building supply chain performance evaluation system and points out some problems. With the service performance system in retailer supply chain as an example, it introduces a new research method—Multi-agent System. The method takes the dynamic and complexity in supply chain into consideration which should obtain better performance in the future supply chain.

【Key words】 Multi-agent system; supply chain; performance evaluation

1 概述

随着经济全球化的不断深入, 供应链逐渐成为企业发展的瓶颈。供应链绩效的评价也随即成为国内外学者关注的问题。文献[1~5]采用了不同的研究方法分别从运作流程、服务质量、指标类别(财务和非财务)、决策层次(战略层、策略层、战术层)等方面阐述了供应链绩效评价架构; 文献[6]又从时间、质量、成本和支持性标准 4 个维度对供应链绩效评估指标进行了划分。与此同时, 中国台湾的林采玲(2001)提出了以产品配送流程为主线构造供应链绩效评价体系的方法; 文献[7]又分别从顾客价值和供应链价值的角度来对集成化供应链绩效进行了研究。

然而, 供应链之间相互竞争的市场模式使得供应链绩效评价体系变得日趋复杂。因而, 一个高效的供应链绩效评价体系应能够反映供应链发展的 3 个问题——供应链如何定位、怎样达到目标以及未来供应链评价将碰到的挑战^[8]。因此, 只有用合理的科学研究方法才能产生有效的供应链绩效评价体系。

由上述分析可知, 当前的研究还存在如下问题:

(1) 由于参与供应链的企业数量多, 规模大小参差不齐^[8], 因此集成化的供应链绩效评价存在着复杂性。虽然有学者提出了集成化供应链的绩效评价体系^[7], 但并不能完全解决供应链企业间关系复杂所带来的绩效评价难的问题。

(2) 传统的供应链评价体系多是事后评价, 已经不能适应当前全球化市场竞争的新环境。文献[8]提出的供应链绩效评价体系评价不但要体现实时性, 而且要体现出供应链管理者对供应链企业的前瞻性管理, 但该评价只针对内部供应链的绩效。

(3) 供应链竞争的加剧使得供应链关系具有动态性, 然而

传统的供应链绩效评价体系大都只反映了供应链的静态特征, 忽视了其动态特性。

2 基于 Multi-agent 系统架构的供应链的设计

根据系统论思想, 本文将供应链设计成如图 1 所示的结构。该供应链由多个层次(tier)组成, 每一层次包含多个企业节点(enterprise node, EN)^[9]。假设每一节点只与相邻层的企业节点有关联。层与层之间的交互符合自组织性, 通过企业间的协商机制来解决问题。

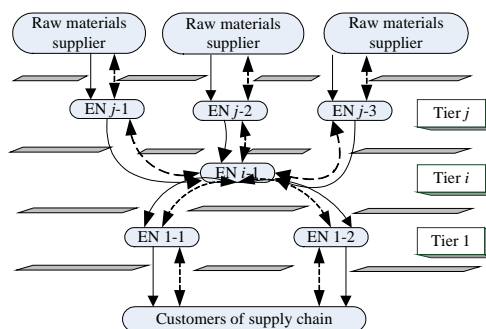


图 1 供应链结构

根据图 1 所示的供应链结构模型, 本文结合 Multi-agent 技术, 构造出如图 2 所示的 Multi-agent 系统模型。由于每个

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70401013)

作者简介: 钱 军(1982 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 供应链绩效, 人工智能及其物流系统仿真; 陈国华, 副教授; 孙胜楠, 硕士研究生

收稿日期: 2006-10-23 **E-mail:** garnetqj@gmail.com

Agent 都以追求自身利益最大化为目标，因此在模型中还引入了协商机制。通过相互协商，既完成了任务，又实现了各自利益。所有层次中的每个企业节点都是 Agent，层与层之间的利益协商和绩效衡量由一个叫做 Negotiation Agent 的代理来完成。各个 Agent 可以再抽象为各自的行为，行为交互的结果产生了利益与绩效。在整个供应链的系统层面上，Mediator Agent 将各个 Negotiation Agent 所产生的结果进行仲裁和调整，以实现供应链整体利润最大化的目标。

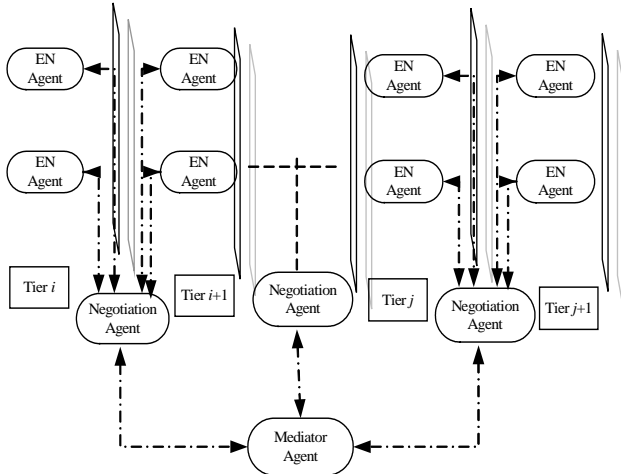


图2 供应链 Multi-agent 模型

3 Multi-agent 系统在绩效评价体系建设中的应用

由于以零售商主导的供应链具有典型的链中成员分散性、关系复杂性等特点，因此本文以其为例，运用 Multi-agent 系统架构，从服务的侧面来建立供应链服务绩效评价体系。

3.1 系统模型的建立

整个供应链分为 3 层，即制造供应商—配送中心—零售商，此外还有运输商负责不同层次之间的联系。该供应链的核心企业是供应链的末端，即零售商。模型如图 3 所示。

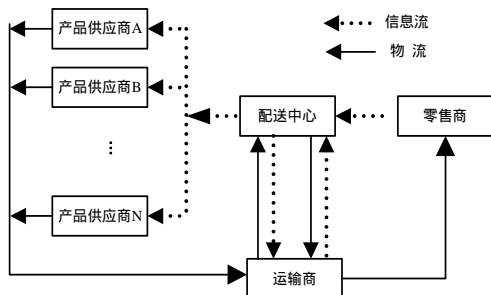


图3 零售商为主导的供应链模型

由于配送中心是由零售商建立并控制的，因此可以将其作为零售商的外部库存，而在零售商自身只有货架库存。为便于分析问题，假设只要配送中心有货，那么货架上就有货，即从配送中心到货架是瞬时补货，补货时间为 0。

根据上述供应链模型，结合 Agent 技术，可构造出如图 4 所示的 Multi-agent 系统模型(图中的箭头方向均为 Agent 间消息的传递方向)。

该模型由产品供应商(productsupplier-agent)、配送中心(distributorcenter-agent)、零售商(retailercenter-Agent)、运输商(transporter-agent)组成并引入 2 个 Negotiation Agent 和 1 个 Mediator Agent。其中的 2 个 Negotiation Agent 含有协商机制，分别负责第 1 层和第 2 层、第 2 层和第 3 层之间的问题协商和合作；Mediator Agent 将各个 Negotiation Agent 所产生

的结果进行仲裁和调整，以实现供应链整体利润最大化目标。

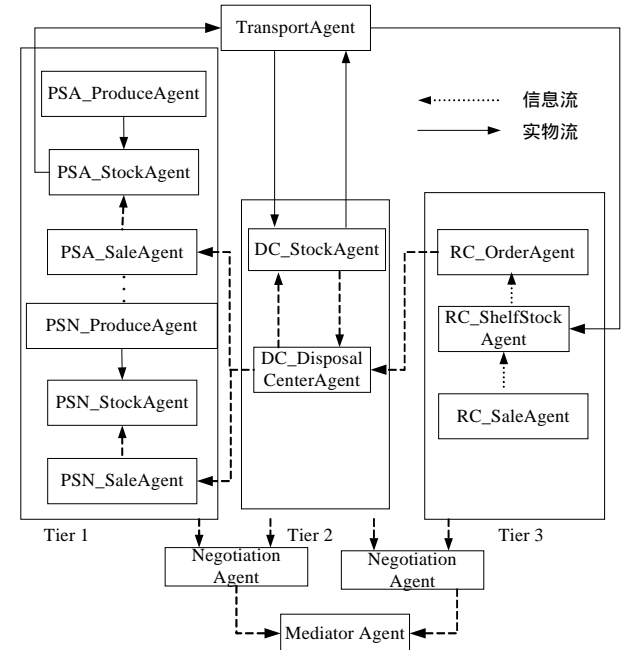


图4 零售商为主导的供应链 Multi-agent 模型

产品供应商由 3 个子代理(Sub-agent)构成：生产代理(PS_productAgent)，销售代理(PS_saleAgent)和库存代理(PS_stockAgent)；

配送中心(DC_distributorcenter-agent)由 2 个子代理组成：处理中心代理(DC_disposalcenterAgent)，库存代理(DC_stockAgent)；

零售商(retailercenter-agent)由 3 个子代理构成：销售代理(RC_saleAgent)，库存代理(RC_stockAgent)及处理中心代理(RC_disposalcenter Agent)；

运输商(transporter-agent)由 TransportAgent 组成。

3.2 系统模型中 Agent 行为的设计

Agent 理论和技术研究从个体 Agent 到 Multi-agent 的扩展要求 Agent 通过协调和交互实现问题的求解，即 Agent 必须具有社会行为能力，包括 Agent 的社会思维属性、适应群体环境的 Agent 模型、Agent 的行为规范、Agent 的社会性等。研究社会 Agent 及 Agent 的社会性是一种必然趋势。Agent 的社会性甚至被认为是 Multi-agent 未来研究和发展的理论基础^[10]。因此，在本模型中设计的主要的 Agent 行为如下：

(1)SaleBehavior：零售商及供应商销售代理的销售行为，主要模拟每天的销售。

(2)StatisticBehavior：零售商销售代理的统计行为，主要进行对客户的需求进行统计和预测，并反馈客户的意见。

(3)OutStockBehavior、InStockBehavior：零售商及供应商库存代理的出库、入库行为，主要对库存的变动、入库统计进行模拟。

(4)OrderBehavior：零售商库存代理的订购行为，模拟零售商补货的订购、向上游发出订单及订单处理时间。

(5)ProductBehavior：供应商生产代理的生产行为，模拟供应商企业的日常生产以及应对突发需求的应急生产。

(6)ReceiveBehavior、ArriveBehavior：运输商运输代理的接受运送任务行为和货物到达行为。

3.3 供应链服务绩效指标的形成

在以零售商为主导的供应链中，Multi-agent 系统的核心

地位决定了其成为供应链的信息搜集中心、预警中心和服务中心^[11]。而零售业的特点和市场竞争的加剧,又使得服务绩效在整个供应链绩效体系中处于核心地位。其主要评价指标应包括交货可靠性、供应链的反应性及供应链的柔性3方面。本文运用Multi-agent系统架构对该供应链的服务绩效体系形成进行的分析如图5所示。

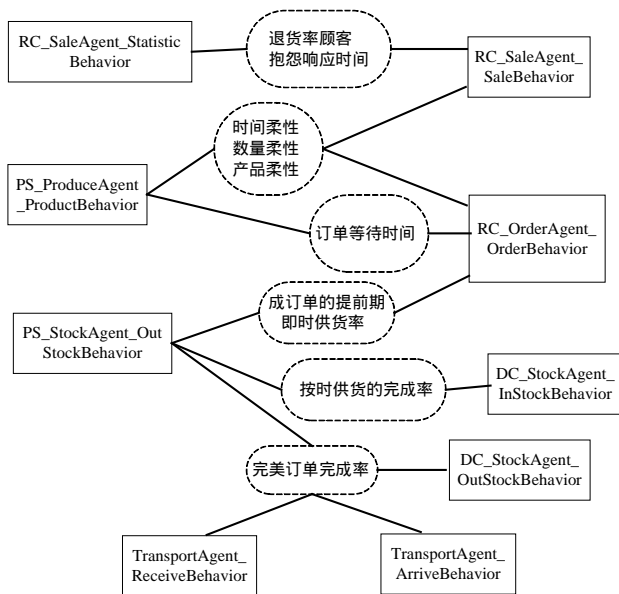


图5 Multi-agent行为产生的供应链服务绩效指标

(1) 交货可靠性

1) 按时供货的完成率,该完成率可用准时交货次数与总交货次数的百分比来表示。这些数据均由产品供应商库存代理的出库行为(PS_StockAgent_OutStockBehavior)和配送中心库存代理的入库行为(DC_StockAgent_InStockBehavior)交互产生,并由各自的代理进行统计。

2) 即时供货率。该供货率是指能够直接用库存满足的订单比率。主要由产品供应商库存代理的出库行为(PS_StockAgent_OutStockBehavior)和零售商库存代理的订购行为(RC_OrderAgent_OrderBehavior)产生,由各自的代理统计数据。

3) 完美订单完成率。该完成率是指订单在没有任何差错包含了订单处理、发货质量和数量都无差错的情况下完成的比率。由供应商出库代理的出库行为(PS_StockAgent_OutStockBehavior)、运输商代理的接受运输任务行为(TransportAgent_ReceiveBehavior)和货物运达行为(TransportAgent_ArriveBehavior)产生。

4) 退货率。退货率是指产品售出后由于各种原因被退回的数量与同期售出的产品总数量之间的比率。由零售商销售代理的销售行为(RC_SaleAgent_SaleBehavior)产生,零售商销售代理的统计行为(RC_SaleAgent_StatisticBehavior)进行数据统计。

(2) 供应链的反应性

1) 完成订单的提前期。该提前期决定了供应链的反应速度,由零售商销售代理的订购行为(RC_OrderAgent_OrderBehavior)和供应商库存代理的出库行为(PS_StockAgent_OutStockBehavior)产生。

2) 订单等待时间。该时间是指订单从递交到正式为它生产的这段平均等待时间,它反映了供应链对订单的响应性。由供应商生产代理的生产行为(PS_ProduceAgent_Product

Behavior)和零售商销售代理的订购行为(RC_OrderAgent_OrderBehavior)产生。

3) 顾客抱怨响应时间。该时间是指供应链对顾客抱怨的平均响应时间。数据可以通过 RC_SaleAgent_SaleBehavior 和 RC_SaleAgent_StatisticBehavior 来获得。

(3) 供应链的柔性

1) 数量柔性。它反映了供应链对顾客需求变化的适应能力,用来衡量供应链系统能满足的需求的比率。该指标可以采用供应链能够获利产品范围来描述,即能够由某供应链满足的需求占总需求的百分比。

2) 时间柔性。时间柔性指应付变动交付日程的能力,决定供应链能否更好地适应突如其来的大量订单或特殊订单,反映了供应链对顾客需求的响应速度。这个指标可以用松弛时间(slack time)的百分比来表示。

3) 产品柔性。该柔性指改变生产产品种类的能力,用于评估特定时期内产品类型变化范围及产品变化的响应时间。

这3个指标主要由零售商销售代理的销售行为(RC_SaleAgent_SaleBehavior)、订货代理的订购行为(RC_OrderAgent_OrderBehavior)和供应商生产代理的生产行为(PS_ProduceAgent_ProductBehavior)交互产生。

4 小结

本文对相关研究进行了回顾与分析,从供应链成员关系的分散性、复杂性及链中成员的自主性等角度着手,结合实例提出了研究供应链绩效评价体系的新方法——基于Multi-agent系统架构。该架构通过Agent之间的行为交互运作与协商产生数据指标。该方法考虑了供应链这类动态系统的复杂性,利用了Agent分布式人工智能模型以及Agent之间的相互协同和协作,是对供应链绩效指标体系的研究的深入。借助该模型,可以对供应链中的某些绩效指标进行系统仿真研究,从而真正提升供应链管理的水平和质量。

参考文献

- 1 Lummus P R, Vokurka R J, Alber K L. Strategic Supply Chain Planning[J]. Production and Inventory Management Journal, 1998, 39(3): 49-58.
- 2 Supply-Chain Council. Supply Chain Operation Reference-model Overview Version 7.0 [Z]. (2004-11). <http://www.supply-chain.org>.
- 3 Gunasekaran A, Patel C, Tirtiroglu E. Performance Measures and Metrics in a Supply Chain Environment[J]. International Journal of Operations and Production Management, 2001, 21(1/2): 71-87.
- 4 Toni A D, Tochia S. Performance Measurement Systems-models, Characteristics and Measures[J]. International Journal of Operations & Production Management, 2001, 21(1/2): 46.
- 5 Kaplan R S, Norton R. The Balanced Scorecard-measures that Drive Performance[J]. Harvard Business Review, 1992, 83(7/8): 172.
- 6 Coyle J, Bardi E, Langley J Jr. 企业物流管理——供应链视角[M]. 7th ed. 北京: 电子工业出版社.
- 7 霍佳震, 隋明刚, 刘仲英. 集成化供应链整体绩效评价体系构建[J]. 同济大学学报, 2002, 30(4): 495-499.
- 8 Morgan C. Structure, Speed and Salience: Performance Measurement in the Supply Chain[J]. Business Process Management Journal, 2004, 10(5): 522-536.
- 9 Roy D, Anciaux D, Monteiro T, et al. Multi-agent Architecture for Supply Chain Management[J]. Journal of Manufacturing Technology Management, 2004, 15(8): 748.

(下转第198页)