

# Study on Evolution Mechanism of Logistics System Based on Multi-Agent

Jia You

School of Management, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, China  
youjia@cuit.edu.cn,

**Abstract:** In order to improve business collaboration between enterprises and enhances the sustainable competitiveness of the logistics system, according to the features of autonomy and distribution of members in the system, a kind of architecture for logistics system based on Multi-agents is presented. And the evolution mechanisms, such as individual growth, entity assessment mechanism and cooperation mode, are also researched.

**Keywords:** multi-agent; logistics system; evolution mechanism

## 基于 Multi-agent 的物流系统演化机制研究

游 佳

成都信息工程学院管理学院，成都，中国，610103  
youjia@cuit.edu.cn

**摘 要:** 为了促进物流系统中企业间的协同运作，本文针对物流系统中成员企业自治性、分布性的特征，构建了基于多代理（Multi-agent）的物流系统的体系结构，并从个体成长性、实体评判机制、合作模式等方面对物流系统的发展演化机制进行了研究，从而促进物流系统持续竞争力的提高。

**关键词:** 多代理；物流系统；演化机制

### 1 引言

现代物流表现为企业生产与运输一体化的供应链管理和服务，其整个过程涉及供应商、制造商、运输、仓储、配送和用户等多个企业<sup>[1]</sup>。每一个企业都是一个决策主体和利益实体，它们具有地理的分散性、职权的自主性和自治性，它们相互合作与竞争，形成复杂的、动态的开放物流系统。面对日趋激烈的市场竞争，如何加强物流系统中各成员的业务交互能力、有效进行成员间的协调和控制，促进各企业快速发展，成为物流系统有效运作的关键问题。

Multi-Agent 系统（MAS）是由多个 Agent 协调组成的自组织系统，具有分布性、开放性、适应性等特点<sup>[2,3]</sup>。MAS 强调分布式自主决策，强调各个代理间协作解决问题的能力，为物流系统中协调合作所形成问题的解决提供了良好的思路。目前国内外学者对此进行了相应的研究，并取得了许多有价值的成果。这

成都信息工程学院科研基金资助项目（KYTZ200821）。

些研究主要是对物流系统的体系结构、运行流程、供应链系统组织结构等进行研究<sup>[4-7]</sup>，但较少针对物流系统的演化机制进行研究。

本文从 Agent 实体的学习与成长过程中所表现出来的自治性着手分析，构建了基于 Multi-agent 的物流系统的体系结构，并从个体成长性、实体评判机制、合作模式等方面对物流系统的发展演化机制进行了研究，从而促进物流系统持续竞争力的提高。

### 2 基于 Multi-agent 的物流系统体系结构

物流系统是一个涉及多企业、多资源约束的系统，在系统中各成员企业共担成本和风险，共享收益，由此可以把物流系统看作是一个多 Agent 系统，其中的每个企业是 MAS 中的一个 Agent。但由于 MAS 系统中的 Agent 的行为是自治的，可能由不同的个体进行设计和实现，为了实现系统的整体目标，就需要对各个 Agent 进行统一的协调和管理。

本文建立了一种基于 Multi-agent 的物流系统体系

结构, 主要包括: 决策层、管理层和执行层, 如图 1 所示。

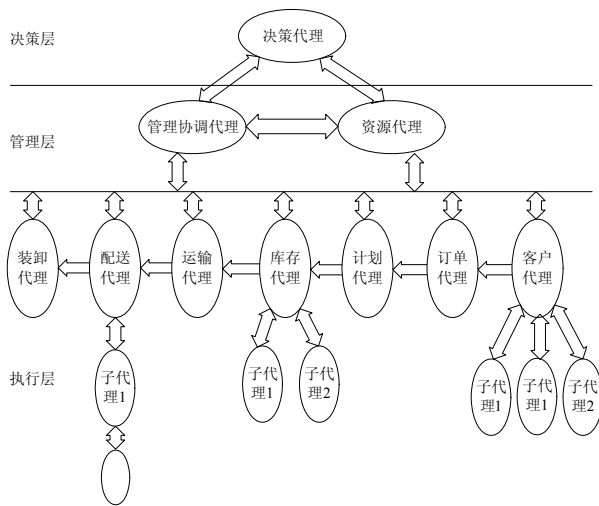


Figure 1. The architecture of logistics system based on multi-agent  
图 1. 基于 Multi-agent 的物流系统体系结构

1. 决策层的决策代理主要根据客户的需求和市场预测进行战略决策, 并通过建立利益分配、风险共担、业务重组和优化等协同机制, 实现物流系统的有效运作。

2. 管理层处于执行层的上层, 包括管理协调代理和资源代理。管理协调代理从全局的角度, 综合各代理的实际物流运作能力, 对各执行代理进行控制与协调, 对物流业务过程的执行情况进行实时监控, 并对例外情况进行相应的调整, 主要包括物流任务监控、物流任务冲突协调、资源调度、计划调整和信息反馈等; 资源代理主要是对各伙伴企业或潜在伙伴企业的资源进行管理, 并对各代理的身份进行认证。

3. 执行层的代理执行具体的物流业务运作, 包括客户 Agent、订单 Agent、计划 Agent、运输 Agent、库存 Agent、配送 Agent 和装卸 Agent 等。其中客户 Agent 根据自身需求进行下订单处理; 订单 Agent 主要负责对客户订单进行接收、确认、处理等业务; 计划 Agent 则针对市场需求, 制定出相应的物流执行计划, 并提供协同、并行的作业计划管理; 运输 Agent 主要根据各种运输信息、运输方式的信息整合, 建立优化的运输体系, 并根据运输过程的实时信息进行车辆动态优化调度; 库存 Agent 主要负责出入库管理、库存分析、异地库存调拨、库存查询等相关的业务; 配送 Agent 优化调度车辆, 高效及时地完成配送业务;

装卸 Agent 主要负责物料的装卸业务。

执行代理可分为多级, 可由一级执行代理独自负责完成在系统中分配得到的任务, 或把任务进行分解并分派给下一级的子 Agent 共同完成。这样有层次地把目标任务网络分解为多个不完全有序的基本任务网络, 由各子 Agent 来完成这些基本任务。

Multi-Agent 通过资源共享来实现共同目标, 包括信息的共享与整合及业务的协同运作。当合作关系建立后, 各 Agent 需听从具体控制, 如果相互间发生冲突而不能解决时, Agent 要向上一级 Agent 反馈信息, 由上级 Agent 检查是由于自身所分解的任务不合理还是对下级 Agent 的控制信息不合适, 从而根据任务的优先级别和时间窗口进行协商、调整以找出合理的解决方案。这样通过各 Agent 的协同运作, 可以并行地进行业务的规划安排, 从而使物流系统能协调运行, 实现整体利益的最大化。

因此, 基于 Multi-Agent 的物流系统体系结构能充分利用 Agent 框架所提供的能力, 如协调机制、对已有系统的包装等, 为系统层次上的决策制定提供有力支持。Agent 间有着全局协同机制, 每个 Agent 在系统中承担不同的角色, 它们共享信息、知识和任务, 通过与其他角色的 Agent 的交互和协同, 共同完成系统总目标。此外, 由于系统具有良好的可扩展性, 所以随着系统的发展, 不断地扩大系统, 新进入的 Agent 能方便地添加进来, 而不会影响原有物流系统的有效运作。

### 3 基于 Multi-agent 的物流系统的演化机制

在由具有不同核心业务能力的 Agent 实体构成的 Multi-agent 物流系统中, 各个 Agent 实体都具有较强的自治性, 并通过自身不断发展, 以求在激烈的竞争中生存致胜。因此, Agent 实体具有典型的自组织演化特性, 而由 Agent 实体构成的 Multi-agent 物流系统对外界同样表现出作为竞争实体的鲜明的自组织特性。为了构建具有持续竞争力物流系统, 促进物流系统的稳定发展, 需要对基于 Multi-agent 的物流系统的演化机制进行研究。

基于 Multi-agent 的物流系统发展演化主要从 Agent 实体评判标准的发展、各 Agent 在此标准引导下的成长以及对系统总体协调管理能力的提升等三个方面进行。物流系统对各个 Agent 的评判标准将不断完善和发展, 而各个 Agent 实体将在此规范下不断完

善自身的核心竞争能力，同时作为系统协同管理中心的 Agent 实体也将不断提升自身的总体协调能力，三者相互配合，构成基于 Multi-agent 的物流系统的演化机制。

### 3.1 Agent 实体的成长性

由不同类别的 Agent 实体构建的 Multi-agent 物流系统采用能力成熟度评估和竞争上岗的机制将极大地促进系统内 Agent 实体和边缘 Agent 实体（想要进入但是还没能进入系统的 Agent 实体）的成长与发展，以形成 Multi-agent 物流系统发展的强劲后盾。因此基于 Multi-agent 的物流系统需要注重对相关 Agent 实体的成长性的考察，引导相关 Agent 实体的学习与成长和考察其业务素质成熟度，并建立相应的成长性评估模型。

成长性评估模型综合考虑 Agent 的产出和成长性，当一个 Agent 的产出较小时，表明该 Agent 仍处于进化进程的初始阶段，距离最优解较远，应将项目任务较多地分配给距离最优解较近的 Agent；另一方面，当一个 Agent 无成长性或成长性较差时，如果该 Agent 还没有达到最优解，表明它可能出现早熟现象，趋于局部最优，这时将项目任务较多地分配给成长性好的 Agent；由此，一个产出大且成长性好的 Agent 将优先获得项目任务。

定义 Agent 实体的成长性为：

$$G_i = \frac{A_i - A'_i}{A'_i}, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

其中：

(1)  $A_i$ ——第  $i$  个 Agent 最近一次进化进程的产出；

(2)  $A'_i$ ——第  $i$  个 Agent 在上一次物流项目中的产出；

(3)  $G_i$ ——第  $i$  个 Agent 最近一次进化进程的成长性。基于 Multi-agent 的物流系统内部采用保留最佳个体的进化策略，其成长性为非负数。

定义 Agent 的产出成长指数为：

$$R_i = \beta \frac{A_i}{\sum_{j=1}^m A_j} + (1 - \beta) \frac{G_i}{\sum_{j=1}^m G_j}, (i, j = 1, 2, 3, \dots, m)$$

式中， $\beta$ ——权重系数， $\beta \in [0, 1]$ 。 $\beta$  愈大，Agent

产出的影响愈大；反之， $\beta$  愈小，则 Agent 成长性的影响就愈大。

$R_i$  是反映 Agent 产出和成长性的综合指数，当一个 Agent 的  $R_i$  愈大，则它获得分配物流项目任务的概率就愈大。

### 3.2 基于 Multi-agent 的物流系统实体评判机制

基于 Multi-agent 的物流系统中，为保证各相关物流业务的顺利实施，每一个参与物流运作的 Agent 实体必须满足一定的要求。为此，需要建立 Agent 实体准入机制来评价欲参与物流项目的 Agent 实体的资源能力和业务执行能力。业务执行能力主要根据曾参与物流活动的过程进行全面的评价，包括响应服务的及时性、完成服务的质量、成本、客户满意度、能力的适应性等多个方面。由此，根据评价结果得到的 Agent 实体等级来确定其能否进入或者进入后的运作等级，所以对应的评判可以分为准入评判和运作等级评判。

准入评判和运作等级评判都可以通过对各类 Agent 实体的业务素质成熟度进行评判，如对仓储类 Agent 实体库存管理能力的评判，对运输类 Agent 实体运输能力的评价，对有能力承担多种业务的 Agent 实体进行相应的综合业务素质成熟度评判。当 Agent 实体进入物流系统，则根据成熟度评价结果为其分配项目任务。项目实施时将根据项目涉及到的不同业务形成投标子项目，制定各类 Agent 实体选配标准；然后，有能力承担相应业务的同类 Agent 实体进行竞标。竞标成功的 Agent 实体共同组建承担物流项目的团队，共同完成物流任务。

### 3.3 基于 Multi-agent 的物流系统中 Agent 的合作模式

基于 Multi-agent 的物流系统中每个 Agent 都追求自身收益的最大化，而这有可能妨碍系统整体收益最大化的实现。因此，系统的管理需要综合考虑各个 Agent 实体的实际情况，在物流系统内建立有效的合作机制来规范 Agent 实体之间和 Agent 实体与系统之间的博弈，以求在系统总体目标和各个 Agent 目标之间寻求平衡。

基于 Multi-agent 的物流系统的构建机制在不同的 Agent 之间形成了松散耦合的合作模式，可以较好地解决个体目标和总体目标之间的平衡问题。系统协同中心将定期对纳入物流系统的各个 Agent 实体的业务

素质成熟度进行考评，产生新的项目任务时将根据考评结果和各类 Agent 实体选配标准确定参加竞标的 Agent 实体。Agent 实体选配标准只建立了实体评判机制，而各个 Agent 实体是否参加项目由其自行权衡，待竞标成功后，组建项目团队，项目实施完毕后解散。这种合作模式既保证了 Agent 实体的自由进出和经济利益，又保证了物流系统总体目标的最优化。

#### 4 结论

面对日趋激烈的市场竞争，如何加强物流系统中各成员企业的业务交互能力、有效进行成员间的协调和控制，成为物流系统有效运作的关键问题。本文针对物流系统中成员企业自治性的特征，构建了基于 Multi-agent 的物流系统的体系结构，并从 Agent 实体的学习与成长过程中所表现出来的自治性着手分析，从个体成长性、实体评判机制、合作模式等方面对物流系统的发展演化机制进行了研究，从而构建具有持续竞争力的物流系统。

#### 致 谢

论文获得成都信息工程学院科研基金资助，资助

号：KYTZ200821。

#### References (参考文献)

- [1] JIN Jiangju, PAN Mao. Logistics Management[M]. Beijing: Peking University Press, 2003.  
金江军,潘懋. 现代物流管理[M]. 北京:北京大学出版社, 2003.
- [2] Mark N. Agent-based Supply Chain Integration[J]. *Information Technology and Management*, 2001, (2), P289-312.
- [3] Swaminathan J M, Smith S F, & Sadeh, N M. Modeling Supply Chain Dynamics: A Multi agent Approach[J]. *Decision Sciences Journal*, 1998, 29(2), P607-632.
- [4] Tolone W J. Virtual Situation Rooms: Connecting People Across Enterprises for Supply Chain Agility[J]. *Computer Aided Design*, 2000,32(2),P109-117.
- [5] Chen Zhixiang. Supply Chain Collaboration Technology Based on Distributed Multi-agent Structure[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2005, 11(2), P212-219 (Ch).  
陈志祥. 分布式多代理体系结构供应链协同技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2005,11(2),P212-219.
- [6] Zhao Xiaomin. Synergy Management in Supply Chain Based on Multi-Agents[J]. *Commercial Research*,2006,(21):P38-41 (Ch).  
赵晓敏. 基于多智能代理的供应链协同管理[J]. 商业研究, 2006, (21), P38-41.
- [7] Bai Shizhen, Zheng Xiaojing. Resource Flows Analysis on Complicated Interaction among Agents of the Supply Chain[J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2007, (6), P71-79 (Ch).  
白世贞,郑小京.供应链复杂交互作用 Agent 的资源流分析[J]. 系统工程理论与实践, 2007,(6), P71-79.