

一种基于 Aalaadin 元模型与 AUML 融合的 MAS 建模方法¹

彭志平 李绍平

(茂名学院计算机科学与技术系 茂名 525000)

摘要: 针对单一利用 Aalaadin 元模型构建 Agent 组织模型的信息表达不全和直接利用 Agent 统一建模语言 (AUML) 建模比较困难, 在指出两者具有很强的互补性后提出了它们融合的建模新方法, 即 Aalaadin-AUML 建模方法, 并以电子商务中分销管理的 Agent 组织为例, 介绍了该方法的建模过程。实践证明, Aalaadin-AUML 方法不仅扩充了多 Agent 系统 (MAS) 组织模型的信息表达能力, 而且模型的表现和理解得到了统一。

关键词: Aalaadin 元模型, Agent 统一建模语言, Agent 组织, 多 Agent 系统

中图分类号: TP311.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-5896(2004)07-1150-07

A Modeling Method of MAS Based on Combining Aalaadin Meta-Model with AUML

Peng Zhi-ping Li Shao-ping

(Dept of Computer Science & Tech., Maoming College, Maoming 525000, China)

Abstract Since the information fails to be expressed integrally in the agent organization model constructed by the single Aalaadin meta-model and it appears difficult in directly modeling with Agent Unified Modeling Language (AUML), a new modeling method (i.e. Aalaadin-AUML modeling method) combining the Aalaadin meta-model with AUML is presented after pointing out the existing mutual supplements in the both. Taking an agent organization of the distribution management in e-business for example, the modeling process is introduced based on this new method. As it is proved by practice, Aalaadin-AUML modeling method expands the ability of information expression and unifies the notion and understanding in the organization model of multi-agent system.

Key words Aalaadin meta-model, Agent unified modeling language, Agent organization, Multi-agent system

1 引言

目前, 面向 Agent 技术已经广泛应用于商务、工业、医疗、教育等大型软件系统的开发, 在这些系统中通常包含数以百计, 甚至是数以千计的 Agent, 其复杂程度非常高, 系统的设计十分困难。如果没有一套完善的分析和设计建模方法支持系统的开发过程, 就很难保证所开发的系统具有足够的可靠性、可维护性、一致性和复用性。但是, 现有的建模方法不能直接用于多 Agent 系统 (Multi-Agent System, MAS) 的开发, 除了基本概念不同外, 更为重要的是现有方法不足以描述 Agent 灵活、自主的问题求解、复杂的交互和 Agent 组织结构等特征。

近年来, 不少学者对 MAS 分析与设计的建模方法进行了广泛的研究, 各种研究方法大体可以分为以下几类: (1) 扩充知识工程的方法学和建模技术, 如文献 [1] 提出了一种称为 DESIRE (DEsign and Specification of Interacting Reasoning Components) 的 MAS 建模规范框架。

¹ 2003-05-30 收到, 2003-09-02 改回

广东省高校自然科学研究项目资助课题 (No.Z03081)

(2) 扩充面向对象建模技术, 如文献 [2] 在统一建模语言 (Unified Modeling Language, UML) 的基础上引入角色等概念, 提出了一个三层的 Agent 交互协议 (AIP, Agent Interaction Protocols) 的 AUML (Agent Unified Modeling Language), 并向 FIPA (the Foundation for Intelligent Physical Agents) 等组织提交了该提案; 文献 [3] 提出了包含实体结构图、状态图和约束的模型, 其实质是 OMT (Object Modeling Technique) 方法的扩展。(3) 基于组织的建模方法, 将 MAS 看成一个 Agent 组织, 如文献 [4] 提出了 Gaia 建模方法, 主张系统的最高抽象级是组织, 将组织视为彼此间具有一定关系、按一定模式进行交互的角色的集合; 文献 [5] 提出了 Aalaadin 元模型, 利用它可以用来设计各种形式的 Agent 组织。

尽管目前面向 Agent 的建模已有不少方法被提出, 但许多方法还不成熟, 仍处于研究、探讨阶段。例如 Gaia 方法的分析和设计模型虽然可以独立于 Agent 体系结构, 但在支持 Agent 的自私性和协作协议等方面却存在不足; 虽然可以直接从 Aalaadin 元模型构建出各种类型的 Agent 组织模型, 但缺乏角色个体内部推理行为的表达能力; AUML 虽有很强的信息表达能力, 但直接建模比较困难, 因为它同 UML 一样, 只是一种建模语言, 没有提供建模过程的指导。

从以上分析可知, Aalaadin 元模型和 AUML 具有很强的互补性。针对 Aalaadin 元模型和 AUML 各自的优点和不足, 本文提出了一种两者融合的建模新方法, 即 Aalaadin-AUML 建模方法。该方法首先以 Aalaadin 元模型为基础, 建立 Agent 组织的初步模型。根据角色的概念及其在 Agent 组织中的地位和作用, 我们认为比较完善的 Agent 组织模型要能反映出以下三方面信息: 角色静态关系、角色动态交互和角色个体内部推理行为。其中角色静态关系信息体现了 Agent 组织的静态结构; 角色动态交互信息和角色个体内部推理行为信息体现了 Agent 组织的动态结构。因此, 正如前面所述, Agent 组织的初步模型的语义是不全面的, 必须进行补充。Aalaadin-AUML 方法接着以 AUML 为核心, 利用其强大的信息表达能力优势, 对初步模型进行二次建模, 以建立语义完备、表示方式统一的 Agent 组织的完整模型。

2 基于 Aalaadin 元模型的分销管理组织初步模型

在人类社会中, 组织是人们为了实现一定的目标而进行合理的组织与协调并具有一定边界的社会实体^[6]。Agent 组织是由智能 Agent 组成的系统, 是为了实现一定的目标而进行合理的管理和协调, 并具有一定边界的计算实体的集合^[6]。

2.1 Aalaadin 元模型

直接利用 Aalaadin 元模型可以设计各种形式的 Agent 组织, 像市场类型组织和层次类型组织, 且允许 Agent 使用不同的语言和结构。

Aalaadin 元模型包含核心概念和建模方法两部分。

(1) 核心概念。包括 Agent、小组和角色 3 个核心概念, 它们之间的关系如图 1 所示。

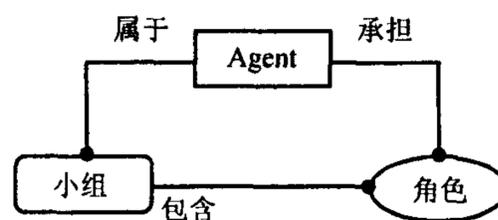


图 1 Aalaadin 核心模型

(2) 建模方法。定义了小组结构和组织结构作为小组和组织的抽象描述。小组结构可定义为一个三元组, 即 $S = \langle R, G, L \rangle$, 其中 R 是小组中角色的有限集合; G 是有向图, 表示角色之间的交互关系; L 是角色之间的交互语言。组织结构可定义为一个二元组, 即 $O = \langle S, Rep \rangle$,

其中 S 是有效的小组结构的集合; Rep 是小组间通过角色交互而形成的有向图。小组结构和组织结构必须经过实例化才能形成具体的组织模型。另外,在具体的 Agent 组织模型中,小组之间的交互只能通过共享 Agent 来实现^[7]。

利用 Aalaadin 元模型构建 Agent 组织模型的过程可描述为 (1) 明确组织的总体目标; (2) 确定组织的小组系列; (3) 确定各小组的角色系列; (4) 确定承担各角色的 Agent 粒度; (5) 确定共享 Agent。上述过程是在目标驱动下不断细化的过程。

2.2 基于 Aalaadin 元模型的分销管理组织初步模型

电子商务是一种复杂的商务活动,包含用户需求、信息安全、电子支付、产品和服务广告、供货商选择、原材料供应、产品销售等活动,其中分销环节将生产者、中间商和消费者连接起来,为企业的销售体系提供了全新的产品和服务再分配体系,是电子商务中最重要、最复杂的环节。

电子商务下的分销活动一般采用投标、英式拍卖和 Vickrey 等交易策略^[8](以下 Vickrey 交易策略简称为 V 策略)。

我们利用 Aalaadin 元模型构造了一个分销管理的 Agent 组织初步模型,如图 2 所示(图中椭圆表示小组,椭圆外的带下划线的标识符表示对应的小组名;人身像旁边的标识符表示角色名;人身像表示承担对应角色的 Agent,人身像内的字母为对应的 Agent 编号)。

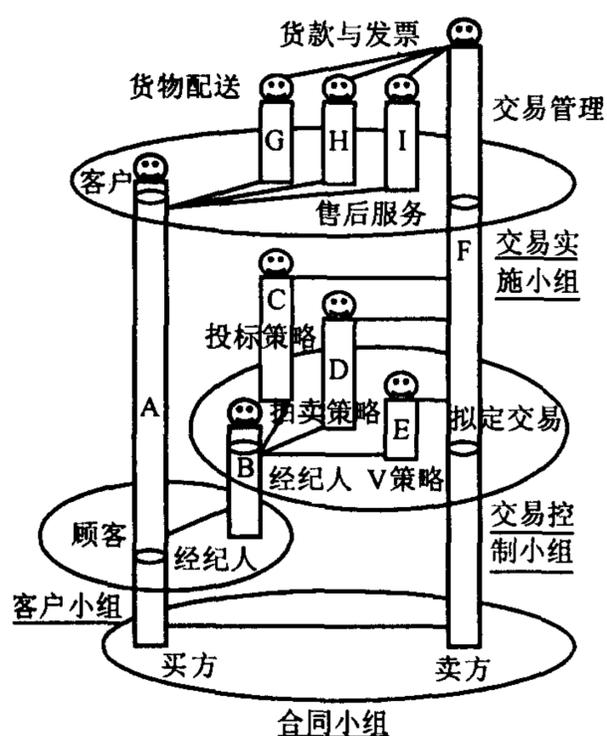


图 2 分销管理的 Agent 组织初步模型

分销管理的总体目标是在网上实现客户和商家之间的交易。图 2 包含客户、交易控制、合同和交易实施等 4 个小组。经过目标的细化,客户小组的目标是代表顾客,通过经纪人传递需求信息,与商家进行交易谈判;交易控制的目标是对顾客的需求信息进行分类,形成交易方案;合同小组的目标是通过买方和卖方的协商,最终形成交易合同;交易实施小组的目标是在明确的交易合同基础上,具体实施货物配送、贷款支付、票据的传送和售后服务等活动。各小组定义的角色序列如下:

客户小组的角色集合 = { 顾客, 经纪人 };
 交易控制小组的角色集合 = { 经纪人, 投标策略, 拍卖策略, V 策略, 拟定交易方案 };
 合同小组的角色集合 = { 买方, 卖方 };
 交易实施小组的角色集合 = { 交易管理, 货物配送, 贷款与票据, 售后服务 }。

在实例化各角色时,我们将各小组中承担相近功能角色的 Agent 进行合并,由同一个 Agent 承担,例如, Agent B 既承担了买方经纪人的角色,又承担了卖方经纪人的角色, Agent A 和 Agent F 道理类同。从图 2 可知,客户小组和交易控制小组通过共享 Agent B 实现小组之间的交互;客户小组与合同小组之间、客户小组与交易实施小组之间都是通过共享 Agent A 实现小组之间的交互;交易控制小组与合同小组之间、交易控制小组与交易实施小组之间都是通过共享 Agent F 实现小组之间的交互。

3 面向 Agent 统一建模语言

UML^[9,10] 是一种用于软件系统制品归约的、可视化的构造和建档语言,于 1997 年 11 月被 OMG 采用,现已成为面向对象建模的行业标准语言,目前 2.0 是其最新版本。UML 表示

法是 UML 最重要的内容, 通过 9 种模型的图形表示软件开发的全过程, 其中应用于分析和设计的模型包括以下两类:

- (1) 静态结构模型, 包括用例图、类图、对象图等。
- (2) 动态行为模型, 包括活动图、状态图、顺序图和协作图等。

由于对象与 Agent 有许多相似之处, OMG 和 FIPA 等组织都正在通过扩展 UML 来制订 AUML^[2,7]。下面介绍这些文献对 UML 的类图 (Class diagram)、顺序图 (Sequence diagram) 和状态图 (Statechart diagram) 的相关扩展方法。

(1) 类图的扩展。将 UML 的类图扩展为 AUML 的角色图, 以反映 Agent 组织的静态结构, 具体的扩充方法是: (a) 将类名扩展为前面带有斜线的角色名; (b) 将二维泳道 (Swim-lane) 引入类图中, 其中垂直泳道表示小组的聚集 (Aggregation), 水平泳道表示角色的实例化 (Instantiation); (c) 添加角色之间的关系, 如控制关系、平等关系等。

(2) 顺序图的扩展。将 UML 的顺序图扩展为 AUML 的角色交互图, 具体的扩展方法是: (a) 对象概念的扩展, 将对象“生命线”、对象活动棒和对象名扩展为 Agent“生命线”、Agent 活动棒和 Agent-name/role:group 格式的标识符; (b) 消息格式的扩充, 将原来基于方法调用的消息扩展为基于言语行为理论的消息; (c) 并发线程或多消息的扩展, 包括垂直的粗实线、空心菱形和带叉的菱形等符号的表示; (d) 共享 Agent 的扩充, 有 3 种表示方法, 本文主张使用在角色“生命线”旁边标出对应的角色名和小组名的第 2 种扩充方法。

(3) 状态图的扩展。将 UML 的状态图扩展为 AUML 的角色个体内部推理行为图, 具体的扩充方法是: 将对象状态变迁扩展为角色个体状态的变迁, 变迁的语法可描述为: event-signature[guard-condition]/action-expression, 其中 event-signature 表示外部事件; guard-condition 表示内部状态表达式; action-expression 表示对外部施加的相关行为。

4 Aalaadin-AUML 建模方法

从图 2 可以看到, 利用 Aalaadin 元模型实例化的组织初步模型虽然能反映组织的静态结构和角色交互的动态信息, 但对于角色个体内部推理行为的动态信息却未能得到任何的表示。众所周知, Agent 在一定的目标引导下产生相应的意图, 并将其与环境状态相结合进行推理分析, 最终决定自己的行为。因此, 在组织模型中表达 Agent 内部的推理行为信息是非常重要的。

Aalaadin-AUML 是将 Aalaadin 元模型和 AUML 相结合的混合建模方法, 其基本思想是充分利用各自建模的优点, 克服彼此的不足, 达到扬长避短的作用。

Aalaadin-AUML 建模过程分为两个阶段。第一阶段是利用 Aalaadin 元模型构建 Agent 组织的初步模型; 第二阶段是在第一阶段的基础上用 AUML 进行二次建模。Aalaadin-AUML 建模的一般方法可用图 3 来描述。

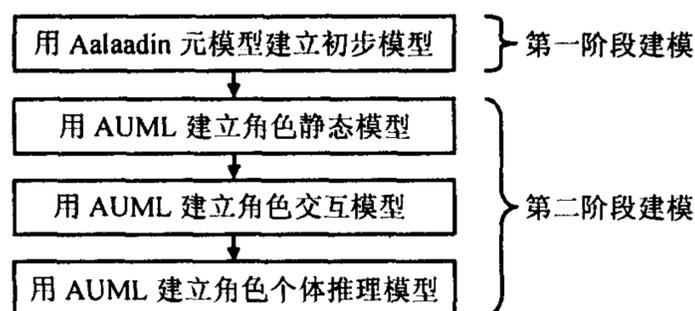


图 3 Aalaadin-AUML 建模的一般方法

下面介绍利用 Aalaadin-AUML 建模方法构建电子商务下分销管理 Agent 组织模型的过程, 该过程分为 4 个步骤:

步骤 1 利用 Aalaadin 元模型构建 Agent 组织初步模型, 如图 2 所示.

步骤 2 按第 3 节介绍的 UML 类图扩充方法, 将 Agent 组织的初步模型平滑为 AUML 的角色图. 例如, 将图 2 的每个小组平滑为一个垂直泳道, 将每个 Agent 所承担的角色平滑为一个水平泳道, 得到图 4 所示的静态模型.

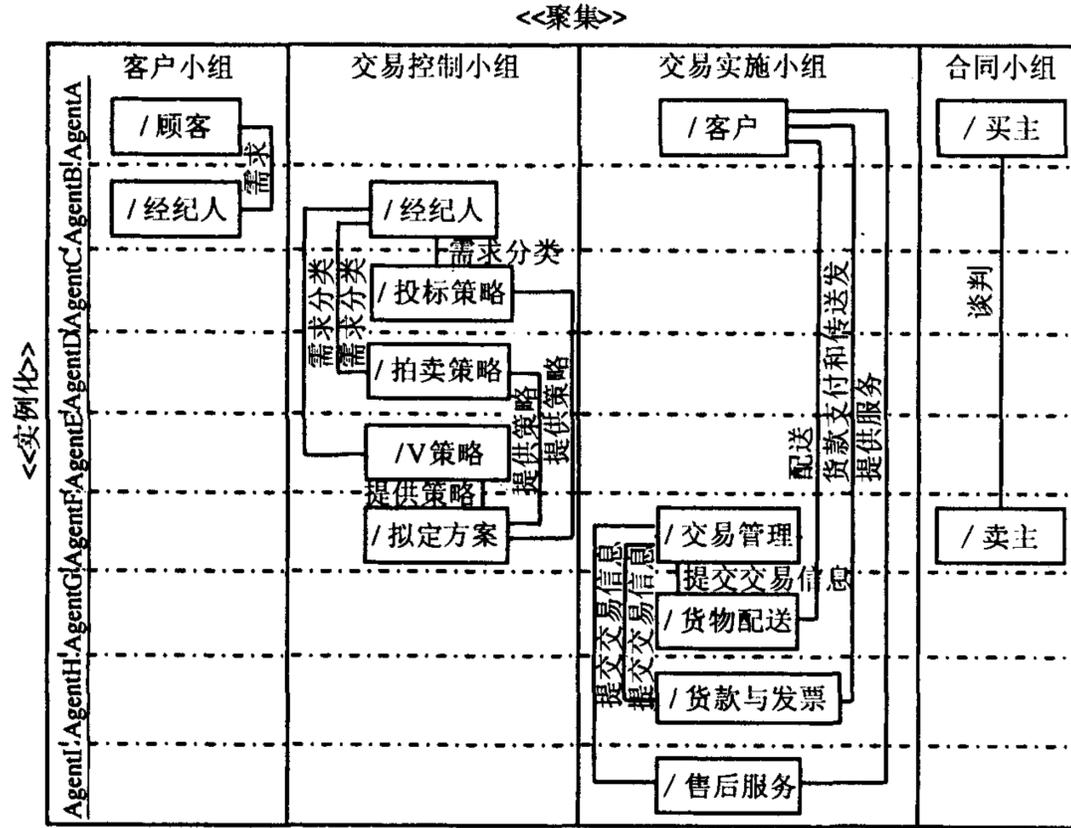


图 4 分销管理 Agent 组织的静态模型

步骤 3 按第 3 节介绍的 UML 顺序图扩充方法和问题解决过程中所涉及角色的顺序, 将步骤 2 的角色图平滑为角色交互图. 例如, 图 4 经过平滑后得到图 5 所示的 Agent 组织角色交互动态模型, 图 5 中虚线为 Agent 承担的角色“生命线”.

步骤 4 按第 3 节介绍的 UML 状态图扩充方法, 画出步骤 3 的角色交互图的每个角色 Agent 的推理行为图. 图 6 为图 5 中角色 Agent F 的推理行为模型. 图 6 中函数 commit()、analysis()、study-out()、propose()、reject-proposal()、accept() 和 inform-supervise() 分别表示提交需求和交易策略、对需求进行评价、制订交易合同、提议交易合同、拒绝交易、接受交易和通知进行交易并监督交易过程; 变量 option 为需求评价结果, 其取值为 {refuse, accept, not understand}; 变量 bid 为制订的交易合同. 其它角色 Agent 的推理行为模型与 Agent F 类同, 由于篇幅所限, 本文没有给出.

5 结束语

本文对多 Agent 系统分析与设计的建模方法进行了深入的研究, 在比较 Aalaadin 元模型和 AUML 各自优缺点后指出了两者具有很强的互补性, 提出了 Aalaadin-AUML 建模新方法, 并以电子商务中分销管理的 Agent 组织为例, 介绍了新方法的建模过程.

从分销管理 Agent 组织的建模实践证明, Aalaadin-AUML 建模方法达到以下两点效果:

(1) 对建模者提出了较高的要求, 不仅要掌握 Aalaadin 元模型的建模方法, 还要求精通 AUML 的表示方法.

(2) 与 Gaia 建模方法一样, 该方法仅适用于有明确求解目标的 Agent 群体的建模.

参 考 文 献

- [1] Brazier F M T, Dunin-Keplicz B M, *et al.*. DESIRE: modeling multi-agent systems in a compositional formal framework. *Journal of cooperative information systems*, 1997, 6(1): 67-94.
- [2] Odell J, Parunak H V D, Bauer B. Extending UML for Agents. Wagner G, Lesperance Y, Yu E. Proc. of the Agent-Oriented Information Systems Workshop at the 17th National Conference on Artificial Intelligence, Austin, TX, 2000: 3-17.
- [3] 周永林, 潘云鹤. 面向 Agent 的分析与建模. *计算机研究与发展*, 1999, 36(4): 410-416.
- [4] Wooldridge M, Jennings N R, Kinny D. The Gaia methodology for agent-oriented analysis and designs. *Int. J. Autonomous Agent and Multi-Agent Systems*, 2000, 3(3): 285-312.
- [5] Ferber J, Guthnecht O. A meta-model for the analysis and design of organization in multi-agent systems. ICMAS-98, Paris, France, 1998: 128-135.
- [6] 姚莉, 张维明. 智能协作信息技术. 北京: 电子工业出版社, 2002, 第 5 章.
- [7] H Van Dyke Parunak, James Odell. Representing Social Structures in UML, Agent-Oriented Software Engineering Workshop II, Michael Wooldridge, Paolo Ciancarini and Gerhard Weiss, eds., Berlin: Springer, 2002: 1-16.
- [8] 崔翔, 陈跃新. 基于 Agent 的网上市场体系. *计算机应用研究*, 2000, 17(1): 23-25.
- [9] 邵维忠, 梅宏. 统一建模语言 UML 评述. *计算机研究与发展*, 1999, 36(4): 385-394.
- [10] 邵维忠, 蒋严冰, 麻志毅. UML 现存的问题和发展道路. *计算机研究与发展*, 2003, 40(4): 509-516.

彭志平: 男, 1969 年生, 硕士, 主要研究方向为多 Agent 系统、计算智能等.

李绍平: 女, 1974 年生, 实验师, 主要研究方向为计算智能等.