

基于角色的 Agent 组织结构演化机制^①

王希科¹ 李中学² 钟海铭¹ (1. 后勤工程学院 研究生 4 队 重庆 401311; 2. 后勤工程学院 后勤信息工程系 重庆 401311)

摘要: Agent 组织结构的演化是组织演化问题中的一个重要方面。针对 Agent 组织结构演化问题, 以角色为核心描述了组织结构的整体构建, 形式化表达了组织结构的内部特性。并以此为基础, 提出了基于角色的 Agent 组织结构演化机制, 即分别从角色目标集合扩大、角色目标集合缩减以及角色关系变更三种变化形式对组织结构演化过程进行了分析, 为形成适应性和动态性的组织结构提供了借鉴。

关键词: 角色; Agent; 演化; 组织结构; Agent 组织

Mechanism of Agent Organizational Structure Evolution Based on Role

WANG Xi-Ke¹, LI Zhong-Xue², ZHONG Hai-Ming¹

(1. NO.4 Brigade of Graduate, Logistical Engineering University, Chongqing 401311, China;

2. Department of Logistical Information Engineering, Logistical Engineering University, Chongqing 401311, China)

Abstract: Agent organizational structure evolution is an important aspect in organizational evolution domain. To deal with the problem of agent organizational structure evolution, this paper describes the whole construct of organizational structure based on role, and forms the formalized description of the organizational structure interior characteristic. At the same time, according to the formalized description, mechanism of agent organizational structure evolution based on role is presented. That is, it analyses agent organizational structure evolution process from the three diversification forms which are the role-goals increase, the role-goals decrease and role-relations alteration. In the end, the mechanism provides the reference for the adaptive and dynamic organizational structure.

Keywords: role; agent; evolution; organizational structure; Agent organization

1 概述

目前, 关于 Agent 组织演化的研究大多基于效用模型, 考虑 Agent 加入和离开一个 Agent 组织时的情况, 而没有或者较少考虑 Agent 组织结构的演化问题, 而组织结构的演化是组织演化问题中的一个重要问题^[1]。

Hannoun 等^[2]提出用目标、规划、行为和资源来描述角色, 通过角色之间的依赖关系检查角色及角色关系定义中存在的 inconsistency 问题, 用于判断组织结构设计的合理性。但没有给出如何进行角色的重新分配, 组织及其结构是如何演化的以及演化机制。同时, 由于缺少对 Agent 组织结构的统一定义, 尤其是关于角色的描述^[3], 造成了结构分析异常复杂, 理解比较模糊

的现状。因此, 组织结构作为 Agent 组织的抽象化表达, 是组织内部行为特性的重要体现, 形成对组织结构演化的过程分析对 Agent 组织的动态性研究具有重要意义。

2 基于角色的 Agent 组织结构描述

Agent 组织是多 Agent 系统的抽象, 组织结构是 Agent 组织的抽象, Agent 组织是组织结构的实例化。因此, 对于 Agent 系统而言, 组织结构是指从组织的观点来描述的多 Agent 系统的全局体系结构, 能够清晰的反映出多 Agent 系统的框架构建以及 Agent 组织的存在状态。良好设计的组织结构一方面可以促进和保证系统目标的实现, 另一方面也可以实现, 另

① 收稿时间: 2009-10-17; 收到修改稿时间: 2009-12-10

一方面也可以使组织更好的适应动态、开放的环境^[4]。而组织结构中的角色是组织中 **Agent** 行为和功能的抽象,组织中的 **Agent** 是角色的实例化。系统中的 **Agent** 都要在组织中承担一定的角色,并遵循一定的角色规则,以某种角色关系联系在一起,从而很好的实现专业的分工和相互的协调。以角色作为组织结构的核心,能够对系统中的 **Agent** 进行合理的界定,从而建立清晰的组织结构认识。**Agent** 组织的一般结构模型可以用角色、角色关系和角色规则来描述:

$$OS ::= \langle RO, RE, RU \rangle$$

(1) **RO** 是组织中所有角色的有限集合,包含在组织中 **Agent** 所承担的所有角色,并通过扮演一定的角色来发挥其功能和作用。一般情况下一个 **Agent** 在组织中可以承担多个角色,而一个角色也可以由多个 **Agent** 来承担。角色可以进一步定义如下:

$$RO ::= \langle Goal, Responsibility, Capability, Resource, Activity \rangle$$

Goal 表示角色目标集合;表示角色职责集合;表示角色能力集合;表示角色资源集合;表示角色活动集合。由于 **Agent** 组织由目标驱动,目标的定义决定了角色的存在,而角色模型中其它属性都依附于目标的设定,因此,可以设定角色目标为主动因素,其它属性为被动因素。从而对角色的研究重点关注于对目标的理解和认识。角色目标主要关注于目标顺序的执行和目标之间的关系两个方面。

目标顺序的执行:设定目标之间存在着一个二元函数 **R**,表示考虑资源、活动限制的情况下,对目标执行的先后顺序进行的一种执行决策。

$R ::= \{goal \times goal\} \rightarrow \{serial, before, par\}$ 。“*serial*”表示执行目标之间没有特定的先后顺序,但不能同时进行;“*before*”表示目标间具有顺序执行的关系;“*par*”表示目标间没有关系,在满足目标间资源交集为空的情况下,可并发执行^[5]。

目标之间的关系:设定目标之间存在着一个二元函数 **Q**,表示对目标之间关系的一种描述。

$Q ::= \{goal \times goal\} \rightarrow \{hierarchy, dependency, selectivity\}$ 。*hierarchy* 表示层次关系,即一个目标可以分解为多个子目标,该目标的满足依赖于其子目标实现与否。但是,目标的实现可能并不依赖于其所有子目标均获得实现。*dependency* 表示依赖关系,直接影响相互目标的实现。*selectivity* 表示选择关系,目标之间的冲突和矛盾也是一个重要的关注点,因此,选择某一种目标

是相对重要的。

(2) **RE** 是角色之间的相互关系的集合,即 $RE \subset RO \times RO$ 。组织中的角色不是孤立存在的,分析和理解角色之间存在的关系能够帮助我们描述多 **Agent** 系统的组织结构。角色之间的关系可以进行以下定义:

$$Org_Rel ::= \langle Inclusion, Association, Inheritance, Authority, Opposition, Competition, Dependence \rangle$$

Inclusion 表示包含关系,体现了角色与它内部子角色之间的关系,是一种整体与局部之间的关系,从而形成了对角色更小粒度的划分。

Association 表示关联关系,体现了角色与角色之间是平级关系,是一种双向作用的方式,关联的双方彼此能够相互通信。

Inheritance 表示继承关系,角色之间的继承主要体现在角色的目标、能力、活动、资源等属性的继承上,子角色通过继承共享了父角色的某些特定的性质。

Authority 表示权威关系,组织中某些处于权威地位的角色能够控制或者影响另外一个或多个角色。它表达了角色之间的一种严格的上下级控制关系。

Opposition 表示对抗关系,体现了角色之间的一种相互牵制、相互阻止的行为特征。

Competition 表示竞争关系,体现了以利益最大化的角色对资源、活动等的一种作用机制。

Dependence 表示依赖关系,是角色间的一种特殊的语义关系。当一个角色发生变化后,会直接影响另一个角色,使另一个角色也发生变化。

(3) **RU** 表示角色规则的集合,通过对角色的约束从而对扮演该角色的 **Agent** 的行为产生制约,是一种强制性原则。角色规则与组织规则的定义有相似之处,均可从 **Agent** 组织的层面上分为活性规则和安全性规则两类。活性规则表达了角色中必须实现的行为或必须到达的状态;安全性规则表达了为保证系统安全角色必须避免的动作。

3 Agent组织结构演化

随着环境的复杂性、动态性日益突出,建立具有良好适应性的 **Agent** 组织结构能够满足组织的变化需要。角色的目标会随环境的变化进行调整,角色的关系也可能进行相互的转换,而这些变化必将改变组织结构的整体构造,因此, **Agent** 组织结构演化将是重

新从组织本身进行自适应的一种过程。一个组织的演化存在有突变和遗传两种，而突变演化又是由若干次遗传演化形成^[3]。因此，研究组织结构遗传的过程可以分为角色目标集合的扩大、角色目标集合的缩减和角色关系的变更三种。

3.1 角色目标集合的扩大

(1)新增一个角色目标集合 $Goal'$ ，搜索其存在的所有组织结构中的角色目标集合是否包含 $Goal'$ ，即 $Goal'$ 是否为某一组织结构中 $Goal'$ 的子目标， $Goal' \subseteq \{Goal_i^+\}$ 。若存在 $Goal' \subseteq \{Goal_i^+\}$ ，则不需要扩大角色范围，其该目标集合能够由相应的组织或 **Agent** 所承担，因此，组织结构不发生变化；否则转向(2)。

(2)新增角色 RO' ，同时建立与该 $Goal'$ 相对应的被动因素集合。然后，招聘与该新角色 RO' 绑定的 $Agent'$ 。如果招聘成功，则在原来的组织结构中新增一个 $Agent'$ ，此时对组织结构进行插入操作，转向(3)。如果招聘不成功，转向(4)。

(3)插入操作：判定组织结构中角色目标之间的关系，进而确定角色的范围。若新角色 RO' 的目标集合与某一角色 RO_i 的目标集合为 *dependency* 关系，则角色同属于一个层次，组织结构平行扩展；若为 *selectivity* 关系，则角色之间处于协商状态，角色存在选择，保留原角色，组织结构不变；应用新角色 RO' ，则删除与之相矛盾的角色及其连带关系，同时建立新角色的结构关系。然后，再判定角色目标执行的顺序，在已构成的角色范围中确定插入 $Agent'$ 的具体位置。

这里我们设定 $Agent'$ 的前序 **Agent**(**FrontAgent**) 和后序 **Agent**(**BackAgent**)，而初始组织结构为 *IniStructure*，演化后的组织结构为 *EvoStructure*。

before 执行关系：向结构中插入新 $Agent'$ 即可，如图 1。

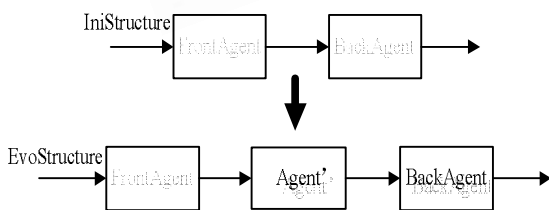


图 1 顺序执行关系

par 执行关系：新 $Agent'$ 与旧 $Agent$ 可以一起执行，

如图 2。

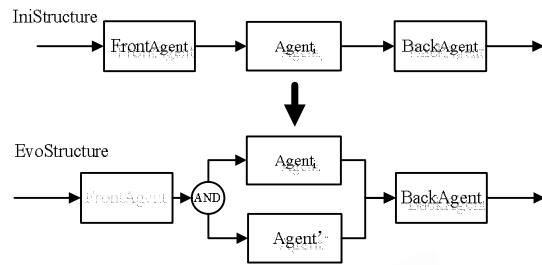


图 2 并发执行关系

serial 执行关系：对新 $Agent'$ 进行插入，同时删除与之相矛盾的旧 $Agent$ 或者禁止新 $Agent'$ 的插入，保留与之相矛盾的旧 $Agent$ ，如图 3。

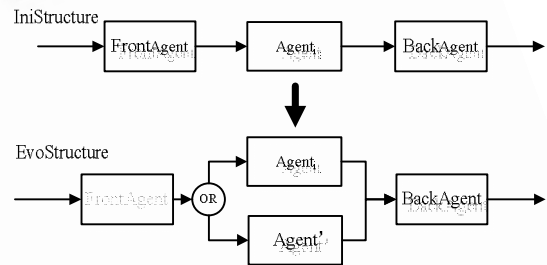


图 3 异或执行关系

(4)由于招聘不成功，即没有相应的 **Agent** 承担新角色，进而只能对角色目标进行分解，形成更细粒度的角色子目标，转向(1)，重复执行，直到能够有 **Agent** 进行角色的承担。

3.2 角色目标集合的缩减

(1)缩减一个角色目标集合 $Goal'$ ，其对应的发生演化组织结构为 OS' 。搜索是否存在与该角色目标集合 $Goal'$ 所对应的子目标，如果存在，则在组织结构中删除与该角色目标集合以及子目标绑定的 **Agent** (若包含 $Goal'$ 的 **Agent** 担任多个角色，则只删除执行 $Goal'$ 的 **Agent**)，然后进行角色合并。

(2)角色的合并：对于处于连带关系的角色来说，删除它们就意味着存在脱节现象，为了使结构能够形成连续性和一致性，在各自目标的实现上仍然具有相互的协作，角色合并不仅能够填补中间的空白，同时还能够形成更为强大的角色能力。因此，合并包括对每个角色、角色关系和角色规则的整体继承，同时，可以进行一定程度的优化。设被删除角色所对应的智能体为 $Agent_i$ ，合并角色为 RO' ，则承担该 RO' 的智能

体为 $Agent'$ ，则 $Agent'$ 为 $Agent_{i-1}$ 和 $Agent_{i+1}$ 合并后的新构造的智能体，如图 4。

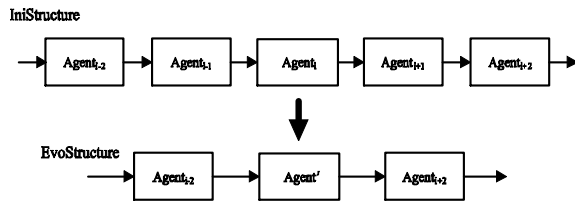


图 4 组织目标集合缩减

3.3 角色关系的变更

角色关系是组织结构的外在表现形式，组织的整体架构很大程度上受角色关系的影响和驱动。因此，基于对角色关系的分析能够很好的形成对组织的认识和理解。

包含关系 (*Inclusion*)、继承关系 (*Inheritance*) 以及权威关系 (*Authority*) 体现为层级结构。Agent 组织的层级结构是由角色按照一定的层次组织而成的，层级结构中所有角色的行为通常都是基于同一个角色目标而形成的任务分工和多项协作，处在高层的角色控制并协调其下层的角色和行为，如图 5。

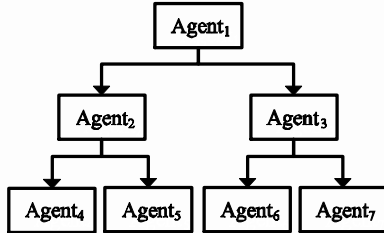


图 5 层次结构

关联关系 (*Association*) 和依赖关系 (*Dependence*) 体现为网络结构。网络结构中的角色之间是平等地相互提供服务 and 交换信息，一些角色为了实现某个目标而依赖于其它角色的帮助，它们形成了一种对等的交互模式，作为一种开放性的结构特征，角色往往通过对环境的感知建立灵活性的动态运作特性，如图 6。

对抗关系 (*Opposition*) 体现为对抗结构^[7]。对抗双方都尽可能战胜对方从而获取胜利，即在达到自己目标的同时阻止另一方达到目标。对抗结构中往往需要一个特殊的角色 - “裁判”，负责监督对抗的各方是否遵守规则，处罚违规者，以及对胜负进行决断，如图 7，其中 JAgent 为裁判 Agent，Agent₁ 和 Agent₂ 为对抗双方。

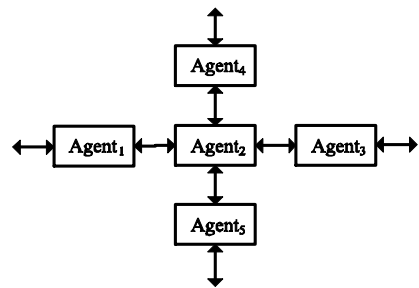


图 6 网络结构



图 7 对抗结构

竞争关系 (*Competition*) 体现为市场结构^[7]。市场的主要目标是促进交换，通过拍卖机制促进交易的双方进行潜在协商。卖方基于利益最大化的原则，通过“拍卖师”角色，从多个买方中选择一个最终的交易方，而买方之间通过竞争机制来获取购买权，这样买方，卖方和拍卖师三者就形成了市场结构模式，如图 8，其中 SAgent 为拍卖师，Agent₁ 为卖方，Agent₂ 和 Agent₃ 为竞争双方。

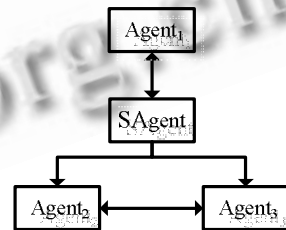


图 8 市场结构

(1) 明确角色关系变更的结构类型。对属于同一种结构类型之间的关系变更，虽然角色之间的内涵发生了变化，对组织结构的构造可能有一定影响，但结构类型却不发生改变，仍然属于两个角色关系所共有的结构类型。设由到组成的具有包含关系的层次结构，其中包含，现演变为继承，即所承担的对应的角色关系由包含关系变为继承关系，则演化后的组织结构如图 9 所示。对于不同结构类型之间的关系变更，转向(2)。

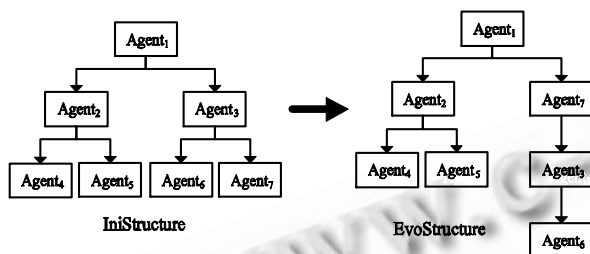


图9 层次关系向继承关系的变更

(2)确定关系变化的关键 *Agent*，即提取出与角色关系绑定的 *Agent* 集合 $RO_Agent = \{agent_1, agent_2, \dots, agent_n\}$ 。

(3)分别以 RO_Agent 中的 n 个 *Agent* 为接口，形成以每个 *Agent* 为顶点的 n 个被分割的子组织结构，然后根据所演化的结构类型进行重构。

设由 $Agent_1$ 到 $Agent_7$ 组成的具有包含关系的层次结构，其中 $Agent_1$ 包含 $Agent_3$ ，现演化为 $Agent_3$ 与 $Agent_1$ 相互依赖，即所承担的对应的角色关系由包含关系变更为依赖关系，则演化后的组织结构由层级结构变更为网络结构，如图10所示。

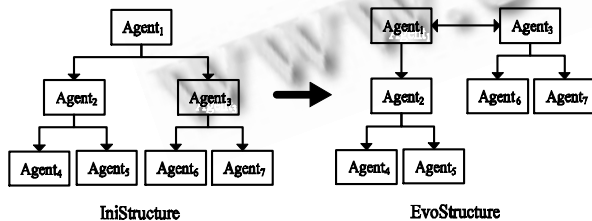


图10 包含关系向依赖关系的变更

4 结论

通过角色描述 *Agent* 组织结构能够清晰的表现组织的内部特性，而以角色为桥梁建立的组织结构演化机制能够深入的理解结构的演变过程。在今后的研究中，角色效益和角色个性等因素将成为结构演化的方向，从而完善角色对组织结构的思维抽象。

参考文献

- 1 石统一,张伟.基于 *Agent* 的计算.北京:清华大学出版社,2007.19-21.
- 2 Hannoun M, Sichman J, Boissler O, et al. Multi-agent Systems and Agent-based Simulation. 1sted. Heidelberg:Springer, 1998.169-182.
- 3 徐晋晖,张伟,石统一,候保华.面向结构的 *Agent* 组织形成和演化机制.计算机研究与发展, 2001,38(8): 897-903.
- 4 陈嘉佳,毛新军.多主体系统的组织结构建模方法,计算机工程与科学, 2006,28(2):120-123.
- 5 樊玮,池宏,计雷.基于组织结构的多主体协作.计算机应用, 2005,25(5):1045-1048.
- 6 陈志雄.多 *Agent* 系统组织关系的研究[硕士学位论文].长沙:国防科学技术大学, 2005.
- 7 河汉明.基于角色的多智能体社会模型研究与应用[博士学位论文].西安:西北工业大学, 2006.