

# Agent 的组织承诺和小组承诺\*

张伟<sup>1,2+</sup>, 石纯一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(烟台大学 计算机学院, 山东 烟台 264005)

<sup>2</sup>(清华大学 计算机科学与技术系, 北京 100084)

## Agent Organization Commitment and Group Commitment

ZHANG Wei<sup>1,2+</sup>, SHI Chun-Yi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(School of Computer Science and Technology, Yantai University, Yantai 264005, China)

<sup>2</sup>(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

+Corresponding author: Phn: 86-535-6902247, E-mail: zhangwei5592@sina.com.cn

<http://www.cs.tsinghua.edu.cn>

Received 2001-09-13; Accepted 2001-12-05

Zhang W, Shi CY. Agent organization commitment and group commitment. *Journal of Software*, 2003,14(3): 473~478.

**Abstract:** As a novel system description and problem solving method, Agent organization can potentially decrease the difficulty of problem solving and reduce the complexity of Agent interactions. Current researches about Agent organization are mostly being undertaken in Agent organization model, organization rules, organization structure, organization formation and evolution, so it is necessary to extend the research to analyze mental states and their relations. In this paper, the mental states of commitments in Agent organization are defined and analyzed including internal commitment, social commitment, group commitment and organization commitment. The semantics and properties of different commitments are given so that the works associated with Agent organization can be advanced.

**Key words:** Agent; organization; mental state; commitment

**摘要:** 基于 Agent 组织的多 Agent 问题求解对降低求解难度和求解复杂性有重要意义.对 Agent 组织的研究主要集中在组织模型、组织规则、组织结构以及组织的形成和演化等方面,需要从组织中 Agent 的各种思维属性及其相互关系加以扩展.分析和定义了 Agent 组织中 Agent 的内部承诺和社会承诺、小组承诺和组织承诺,研究了基于承诺的 Agent 组织的形成机制以及 Agent 组织中承诺的性质,从而推广了关于 Agent 组织的研究.

**关键词:** Agent;组织;思维属性;承诺

中图法分类号: TP18 文献标识码: A

Agent 组织被认为是基于 Agent 的计算的 3 个要素(组织、结构和交互)之一<sup>[1]</sup>,是多 Agent 系统(MAS)的一种重要的求解形式.通过有组织的合作求解可以有效地提高 MAS 的求解能力,降低交互的复杂性.关于 Agent

\* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant Nos.69973023, 60173011 (国家自然科学基金)

第一作者简介: 张伟(1961—),男,山东滕州人,博士,教授,主要研究领域为分布式人工智能.

组织模型、组织结构和组织的形成等已经有了初步的研究工作<sup>[2-4]</sup>,而从思维属性角度研究 Agent 组织尚不多见.在对人类社会的组织进行研究的过程中,比较一致的观点是,认为组织是开放的社会技术心理系统,也就是说,组织不仅包括结构和技术方面,也包括心理方面.因此,考虑到 Agent 组织与人类社会组织的相似性,研究 Agent 组织的思维属性不仅是必要的也是重要的.

对个体 Agent 的思维属性已经进行了较多的研究,如 Cohen 和 Levesque 的 intention 理论<sup>[5]</sup>,Rao 和 Jeorgeff 的 BDI 模型<sup>[6]</sup>等都是有代表性的成果,也有人对联合意图等 Agent 群体思维属性进行了研究<sup>[7]</sup>.存在的主要问题是并没有很好地回答个体思维属性和群体思维属性的关系.研究 Agent 组织中的各种承诺及其关系,可以从宏观和微观两个方面把握 Agent 组织的运动规律,从而建立个体思维属性和群体思维属性的关系.对 Agent 组织中各种承诺的研究需要回答的问题是:承诺在组织形成和求解中的作用是什么?个体承诺和群体承诺的关系怎样?个体承诺和群体承诺如何导致 Agent 的行动?

承诺更直观地反映了 Agent 之间的思维状态关系,可以更直接地导致 Agent 的行动.承诺既可以是对一个动作的承诺,也可以是对一个目标的承诺,还可以是一个 Agent 对另一个 Agent 的社会承诺,并产生与之相关的义务和权利,反映 Agent 的社会性特点.在 Agent 组织中,承诺可以更好地反映 Agent 之间、Agent 和组织之间的交互关系.

本文主要讨论稳定结构下 Agent 组织中的各种承诺及其关系,在此基础上研究了承诺对 Agent 组织形成的作用以及承诺对维持 Agent 组织存在的意义,从而推广了 Jennings 和 Ferber 等人对 Agent 组织的研究.

## 1 Agent 组织中的承诺关系

Agent 组织是一种既有集中控制又有自主决策,既有明确分工又有合作求解的 MAS,因此对 Agent 组织思维状态的研究,要同时考虑 Agent 组织中的个体思维状态和联合思维状态,由此决定 Agent 产生联合行动.

**定义 1.** Agent 组织 Org 是有共同目标  $O\_Goal$  的 Agent 集合,由一些小组组成,每个小组由若干个 Agent 组成.

Org 把 Agent 组织划分成组织层、小组层和 Agent 层这样 3 层结构.由于 Agent 组织和组织中小组的结构具有递归关系,可以根据 Agent 组织的规模扩展为多层结构<sup>[8]</sup>.一个 Agent 组织是为了实现组织目标而存在的具有稳定结构的多 Agent 形式.定义中的  $O\_Goal$  是指一个 Org 的抽象目标(或长期目标),同时针对具体任务 Org 还有具体目标以及相应的规划.

**定义 2.** Org 中的 Agent 由社会推理层、规划层和反应层构成.

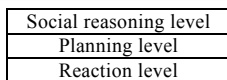


Fig.1 Agent structure  
图 1 Agent 结构

Agent 结构如图 1 所示.社会推理层实现 Agent 之间的交互和 Agent 个体目标的确定,其思维属性以承诺为核心,是本文要讨论的主要内容.社会推理层中的承诺是 Agent 组织中 Agent 个体思维属性和群体思维属性的桥梁.社会推理层为规划层提供决策目标,由规划层决定要采取的行动.反应层由动作执行器和环境感知器组成,负责与环境交互.

Bratman 从哲学角度分析了联合思维属性,给出了联合思维属性应该满足的要求:(1) 对联合行动的承诺:组(队)成员应该承诺完成联合规划中自己应该完成的部分动作,但不强迫采取联合意图.(2) 对目标的共同责任:组(队)成员有共同目标,联合意图意味着实现共同目标.(3) 承诺互相支持:小组成员承诺把自己行动的成功和失败通知小组其他成员.Bratman 关于联合思维属性的分析为研究组织中的各种承诺提供了依据.

承诺的直观含义是 Agent 有能力完成一个任务或动作,以便实现一个尚未达到的目标,并准备付诸行动.在 Org 中可以有多种承诺关系,就 Agent 个体而言,最基本的承诺是内部承诺,即 Agent 向自己承诺执行一个动作  $\alpha$  或实现一个目标  $\varphi$ ,记为  $I\_Commit_i \alpha$  或  $I\_Commit_i \varphi$ .Agent 加入一个组织是对组织目标的承诺,通过把组织目标加入自己的目标集中实现;Agent 之间的交互是 Agent 实现组织目标的手段,交互的结果可产生 Agent 之间的社会承诺,一个 Agent 向另一个 Agent 承诺执行一个动作或实现一个目标,记为  $S\_Commit_{i,j} \alpha$  或  $S\_Commit_{i,j} \varphi$ ;Org 和 Org 中的小组是有共同目标的 Agent 群体,其中的 Agent 对相应的目标有联合承诺关系,分别称为组织承诺和小组承诺,记为  $G\_Commit_g \varphi$  和  $O\_Commit_{org} \varphi$ .

基于以上分析,一个 Org 的承诺关系有:

内部承诺:  $I\_Commit_i \alpha, I\_Commit_i \varphi$ ;

社会承诺:  $S\_Commit_{i,j} \alpha, S\_Commit_{i,j} \varphi$ ;

小组承诺:  $G\_Commit_g \varphi$ ;

组织承诺:  $O\_Commit_{org} \varphi$ .

下面给出一种基于 Agent 组织中承诺关系的形式语言及其语义.

## 2 承诺语法和语义

### 2.1 语 法

本文将在分析 Agent 组织中的各种承诺形式的基础上建立各种承诺之间的关系,而承诺是与 Agent 的动作和规划相连的.在前述及的 Agent 组织的各种承诺中,Agent 的内部承诺和 Agent 之间的社会承诺是更本源的思维属性,其他承诺可以由这两种承诺导出.

**定义 3.** 给定 Agent 集合  $A = \{agent_1, agent_2, \dots, agent_n\}$ , 分为  $m$  个小组, Org 由  $m$  个小组  $\{g_1, g_2, \dots, g_m\}$  组成.  $Ac$  为 Agent 的动作集合,  $\alpha \in Ac$ . 若  $\varphi, \psi$  为合式公式, 则  $\varphi \vee \psi, \neg \varphi, Able_i \alpha, \langle do_i(\alpha) \rangle \varphi, I\_Commit_i \alpha, I\_Commit_i \varphi, S\_Commit_{i,j} \alpha, S\_Commit_{i,j} \varphi$  为合式公式. 由以上合式公式构成了语言  $L$ .

其他逻辑符号  $\wedge, \rightarrow, \leftrightarrow, \top$  和  $\perp$  与常规含义相同.

符号:  $\alpha$  是动作的组合, 用于 Agent 规划.  $\varphi?$  表示测试  $\varphi$  是否成立,  $\alpha_1; \alpha_2$  表示  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$  的顺序执行,  $\alpha_1 | \alpha_2$  表示  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$  的并发执行,  $if \varphi then \alpha_1 else \alpha_2 fi$  表示  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$  的有条件执行,  $\alpha^*$  表示  $\alpha$  的循环执行. 与承诺有关的原子动作有  $add, del, active, inactive$  等.

### 2.2 语 义

**定义 4.** 基于 Kripke 的可能世界语义, Org 的模型  $M = \langle W, B, G, C, \Pi, \tau, Cap, test1, test2 \rangle$  其中

$W = \{\omega_1, \omega_2, \dots\}$  为 Org 的可能世界集合, 而每个  $\omega_i = \{s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{in}\}$  由  $n$  个 Agent 的状态构成;

$B$  为 Org 中 Agent 的共同信念可达关系,  $B \subseteq W \times W, B_i$  为 Agent  $i$  的信念可达关系,  $B_i \subseteq W \times W$ , 并且  $B = \bigcap_{i \in org} B_i$ ;

$G$  为 Org 中 Agent 的共同目标可达关系,  $G \subseteq W \times W, G_i$  为 Agent  $i$  的目标可达关系,  $G_i \subseteq W \times W$ , 并且  $G = \bigcap_{i \in org} G_i$ ;

$C$  为 Org 的承诺可达关系,  $C \subseteq W \times W, C_i$  为 Agent  $i$  的承诺可达关系,  $C_i \subseteq W \times W$ ;

$\Pi$  为  $Prop \times W \rightarrow \{0, 1\}$  为真值指派函数, 用以确定一个命题在可能世界中的取值;

$\tau$  为  $A \times Ac \times W \rightarrow W$  为状态转移函数, Agent 执行动作  $\alpha$  使可能世界的状态发生变化;

$Cap$  为  $A \times W \times Ac \rightarrow \{0, 1\}$  为 Agent 的能力函数, 给出 Agent 在可能世界中是否有能力完成动作  $\alpha$ ;

$test1$  为  $A \times A \times Prop \rightarrow \{0, 1\}$ , 用来测试 Agent 对组织目标作出的承诺;

$test2$  为  $A \times A \times Ac \rightarrow \{0, 1\}$ , 用来测试 Agent 对动作作出的承诺.

Agent 对一个目标或者动作的承诺包括承诺的动态形成过程和承诺形成后的状态<sup>[9]</sup>. 本文不讨论承诺形成的动态过程. 在 Org 中设置有承诺集合  $C\_Set$ , 由元组  $\langle A, A, Prop, Ac \rangle$  组成, 用来记录 Agent 对自己或对其他 Agent 的承诺, 同时在  $L$  中给出了与承诺形成有关的原子动作  $add, del, active, inactive$ , 用来实现对  $C\_Set$  进行操作, 分别表示在  $C\_Set$  中插入、删除、激活和挂起一个承诺. 定义 4 中函数  $test1$  和  $test2$  通过查询  $C\_Set$  来判断一个 Agent 是否已经作出有关承诺. 另外, Agent 根据自己的求解能力可以有多个承诺, 但不同的承诺按其必须履行的重要性是有差别的. 一般情况下, Org 中 Agent 承诺的重要性依次为对组织目标(小组)的承诺、对其他组织成员的社交承诺、对其他动作或目标的承诺. 对于优先级最高的承诺, 由  $active$  激活.

在模型  $M$  中分别给出了 Agent 的信念可达关系( $B_i$ )、目标可达关系( $G_i$ )和承诺可达关系( $C_i$ ), 它们之间存在一定的约束关系.

信念-目标一致性:  $\exists W' W'', W' = \{\omega' | \omega B_i \omega'\}, W'' = \{\omega'' | \omega G_i \omega''\}$ , 使得  $W'' \subseteq W'$ .

目标-承诺一致性:  $\exists W' W'', W' = \{\omega' | \omega G_i \omega'\}, W'' = \{\omega'' | \omega C_i \omega''\}$ , 使得  $W'' \subseteq W'$ .

关于信念和目标等思维属性以及信念、目标和承诺之间的关系已有较多的讨论,此处不再展开。

在  $L$  中,  $\text{Able}_i \alpha$  表示 Agent  $i$  有能力执行动作  $\alpha$ ;  $\langle \text{do}_i(\alpha) \rangle \varphi$  表示 Agent  $i$  可能通过执行动作  $\alpha$  实现目标  $\varphi$ ; 承诺的含义如前所述. 通过承诺产生的条件以及由承诺带来的模型和状态变化可以给出  $L$  的语义, 这里不考虑承诺产生的原因和动机.

$$\langle M, \omega \rangle \vdash \text{Able}_i \alpha \Leftrightarrow \text{Cap}(i, \omega, \alpha) = 1$$

$$\langle M, \omega \rangle \vdash \langle \text{do}_i(\alpha) \rangle \varphi \Leftrightarrow \text{Cap}(i, \omega, \alpha) = 1, \text{ 并且 } \exists \omega' \text{ s.t. } \omega' = \tau(i, \alpha, \omega) \text{ 使 } \langle M, \omega' \rangle \vdash \varphi$$

$$\langle M, \omega \rangle \vdash \text{I\_Commit}_i \alpha \Leftrightarrow \text{test}2(i, i, \alpha) = 1, \text{ 并且对 } \forall \omega' \text{ 有 } \omega B_i \omega', \text{ 使 } \langle M, \omega' \rangle \vdash \text{Able}_i \alpha$$

$$\langle M, \omega \rangle \vdash \text{I\_Commit}_i \varphi \Leftrightarrow \langle \text{do}_i(\alpha) \rangle \varphi \wedge \text{test}1(i, i, \varphi) = 1, \text{ 对 } \forall \omega' \text{ 有 } \omega C_i \omega', \text{ 使 } \langle M, \omega' \rangle \vdash \varphi$$

$$\langle M, \omega \rangle \vdash \text{S\_Commit}_{i,j} \alpha \Leftrightarrow \text{test}2(i, j, \alpha) = 1, \text{ 并且对 } \forall \omega' \text{ 有 } \omega B_i \omega', \omega B_j \omega', \text{ 使 } \langle M, \omega' \rangle \vdash \text{Able}_i \alpha$$

$$\langle M, \omega \rangle \vdash \text{S\_Commit}_{i,j} \varphi \Leftrightarrow \langle \text{do}_i(\alpha) \rangle \varphi \wedge \text{test}1(i, j, \varphi) = 1, \text{ 并且对 } \forall \omega' \text{ 有 } \omega C_i \omega', \text{ 使 } \langle M, \omega' \rangle \vdash \varphi$$

Agent 组织承诺和组织中的小组承诺, 可以由 Agent 的内部承诺得到.

**定义 5.** 小组承诺是至少一个小组成员对小组目标的内部承诺,

$$\text{G\_Commit}_g \varphi =_{\text{def}} (\bigvee_{i \in g} \text{I\_Commit}_i \varphi).$$

**定义 6.** 组织承诺  $\varphi$  是组织中的每个小组都承诺实现  $\varphi$ ,

$$\text{O\_Commit}_{\text{Org}} \varphi =_{\text{def}} \bigwedge_{g \in \text{Org}} \text{G\_Commit}_g \varphi.$$

Agent 组织要求其所有成员对组织的抽象目标  $\text{O\_GOAL}$  作出长期承诺. 对于 Agent 组织中的具体任务或具体目标  $\varphi$ , 基于以上定义, 当小组中有个别的 Agent 放弃承诺或失效时, 小组目标仍然可以实现, 或者说小组在承诺具体组织目标时, 不需要小组中所有 Agent 的共同承诺, 允许个别 Agent 处于空闲状态(也可认为是一种小组能力的储备), 从而保证了 Agent 组织的灵活性和可靠性.

### 3 承诺的性质和基于承诺的组织形成

#### 3.1 承诺的性质

Agent 组织的各种承诺与信念、目标等思维属性有关, 这些已经体现在对承诺的语义定义中, 限于篇幅, 此处不展开讨论. Agent 组织中各种承诺之间以及承诺与能力、动作之间有如下性质:

**公理 1.**  $\text{O\_Commit}_{\text{Org}} \varphi \rightarrow \text{G\_Commit}_g \varphi.$

**公理 2.**  $\text{S\_Commit}_{i,j} \varphi \rightarrow \text{I\_Commit}_i \varphi.$

**公理 3.**  $\text{S\_Commit}_{i,j} \alpha \rightarrow \text{I\_Commit}_i \alpha.$

**公理 4.**  $\text{I\_Commit}_i \varphi \rightarrow \text{Able}_i \alpha \wedge \langle \text{do}_i(\alpha) \rangle \varphi.$

**推论 1.**  $\text{S\_Commit}_{i,j} \varphi \rightarrow \text{Able}_i \alpha \wedge \langle \text{do}_i(\alpha) \rangle \varphi.$

**公理 5.**  $\langle \text{do}_i(\alpha) \rangle \varphi \wedge \text{I\_Commit}_i \alpha \rightarrow \text{I\_Commit}_i \varphi.$

**公理 6.**  $\langle \text{do}_i(\alpha) \rangle \varphi \wedge \text{I\_Commit}_i \alpha \wedge \text{I\_Commit}_j \varphi \rightarrow \text{S\_Commit}_{i,j} \varphi.$

**公理 7.**  $\text{S\_Commit}_{i,j} \varphi_1 \wedge \text{G\_Commit}_g \varphi_2 \wedge \text{I\_Commit}_k \varphi_2 \rightarrow \langle \text{do}_i(\text{active } \varphi_1) \rangle \top$ , 其中  $i, k \in g, i \neq k.$

**公理 8.**  $\text{S\_Commit}_{i,j} \varphi_1 \wedge \text{G\_Commit}_g \varphi_2 \wedge \neg \text{I\_Commit}_k \varphi_2 \rightarrow \langle \text{do}_i(\text{active } \varphi_2) \rangle \top$ , 其中  $i, k \in g, i \neq k.$

**公理 9.**  $\text{S\_Commit}_{i,j} \varphi_1 \wedge \text{I\_Commit}_i \varphi_2 \rightarrow \langle \text{do}_i(\text{active } \varphi_1) \rangle \top.$

**公理 10.**  $\text{I\_Commit}_i \varphi \wedge \text{I\_Commit}_i \alpha \wedge \neg \langle \text{do}_i(\alpha) \rangle \varphi \rightarrow \langle \text{do}_i(\text{active } \alpha) \rangle \top.$

**公理 11.**  $\text{S\_Commit}_{i,j} \alpha_1 \wedge \text{S\_Commit}_{i,k} \alpha_2 \rightarrow \text{I\_Commit}_i \alpha_1 | \alpha_2.$

**推论 2.**  $\text{I\_Commit}_i \alpha_1 \wedge \text{S\_Commit}_{i,j} \alpha_2 \rightarrow \text{I\_Commit}_i \alpha_1 | \alpha_2.$

公理 1 表示 Agent 组织对  $\varphi$  的承诺必然导致组织中小组对  $\varphi$  的承诺, 组织承诺包含了组织中每个小组的承诺. 公理 2 和公理 3 给出了社会承诺向内部承诺的转化关系, 一个 Agent 的社会承诺要通过其内部承诺实现. 公理 4 说明 Agent 承诺  $\varphi$  则必然存在一个规划  $\alpha$ , Agent 有能力执行  $\alpha$  并且通过执行  $\alpha$  实现  $\varphi$ . 推论 1 可以通过公理 2 和公理 4 得到. 公理 5 和公理 6 给出了内部动作承诺和内部目标承诺的关系以及内部承诺和社会承诺的关系. 下面 4 条定理给出了承诺的激活条件, 反映了各种不同承诺的优先顺序, 以小组承诺最为重要. 公理 7~公理

10 体现了各种承诺的优先级关系.在能力允许的情况下,Agent 可以同时承诺两个不同的规划,并且并发执行.

### 3.2 基于承诺的组织形成

作为具有稳定结构的 MAS,每个 Agent 组织有一个长期目标,同时在组织存在的不同阶段还要实现一个或多个具体目标(任务).Agent 为了自身的收益加入组织并对组织的长期目标和具体目标作出承诺.

Agent 组织的存在是一个相对稳定的动态过程.Agent 组织不是为完成某个具体任务而存在的,组织的相对稳定可以提高其求解效率,并降低由于组织成员的加入和退出带来的开销.另外,由于环境等外在因素的变化,Agent 组织作为一个开放系统也在不断地发生演化,组织的长期目标和具体任务都会随之变化,这又要求组织根据具体情况和收益变化等招募或辞退组织成员,Agent 也会根据具体情况决定加入或退出一个 Agent 组织.

由定义 5 和定义 6 可知,Agent 组织中的每个小组至少要有有一个 Agent 对具体目标作出内部承诺,由此实现小组承诺:

$$G\_Commit_{g_i} \varphi = I\_Commit_{i \in g_i} \varphi.$$

对于由  $m$  个小组组成的 Agent 组织 Org,有

$$O\_Commit_{Org} \varphi = \bigwedge_{i=1 \dots m} G\_Commit_{i \in g_i} \varphi.$$

这是 Org 的最小组成,由  $m$  个 Agent 组成.

在 Agent 组织的最小组成规模下,Org 和其中的 Agent 很难达到最佳求解效率和最大收益.Agent 组织必须根据求解目标通过继续招募 Agent 加入组织,使组织求解效率和收益得到改善,组织规模也由最小组成过渡到最佳组成.在最佳组成的组织规模下,Agent 组织可以取得最高求解效率和最大收益.一个 Agent 组织的最佳组成规模取决于 Agent 组织的长期目标、具体任务以及求解环境.

在最佳组织规模下,如果 Agent 组织继续招募 Agent 加入组织,组织求解效率和收益将会下降.当收益下降到零时,Agent 组织达到最大组成规模.

基于承诺的 Agent 组织的形成过程就是 Agent 组织为实现其长期目标和具体任务,通过招募组织成员达到组织的最小组成规模,以实现组织目标,并在此基础上逐渐过渡到最佳组成规模,在最佳组成规模附近动态变化的过程.文献[10]讨论了 Agent 加入和退出 Agent 组织的具体过程及收益问题.

## 4 举 例

设有 Org 如图 2 所示.Agent 组织当前的任务是通过规划  $\alpha$  实现目标  $\varphi$ ;组织中有  $m$  个小组  $g_1, g_2, \dots, g_m$ ,每个小组通过执行不同的子规划  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$  实现  $\varphi$ .有  $n$  个 Agent,  $Agent_1, Agent_2, \dots, Agent_n$  属于不同的小组,分别执行子规划  $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13}, \alpha_{24}, \alpha_{25}, \alpha_{26}, \dots, \alpha_{mn}$ ,其中规划  $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{24}, \alpha_{25}, \dots$  与实现组织目标  $\varphi$  直接相关.

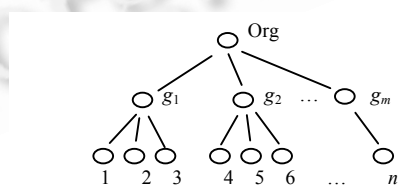


Fig.2 An example of agent organization  
图 2 Agent 组织举例

Agent 组织可以看成是 Agent 对角色目标的承诺关系,因此对如图 2 所示的组织有

$$O\_Commit_{Org} \varphi = (I\_Commit_1 \varphi \vee I\_Commit_2 \varphi \vee I\_Commit_3 \alpha_{13}) \wedge (I\_Commit_4 \varphi \vee I\_Commit_5 \varphi \vee I\_Commit_6 \alpha_{26}) \wedge \dots \wedge (\dots \vee I\_Commit_n \alpha_{mn})$$

组织 Org 中可能有下列情况出现:

- (1) 个别组织成员失效(或退出组织)

由假设可知,Agent 3 和 Agent 6 的承诺与组织承诺无直接关系,因此由组织承诺的定义可知,它们失效或退出组织并不影响组织承诺.设 Agent 2 失效,经过组织管理者协调 Agent 2 的子规划  $\alpha_{12}$  交由其他 Agent 承担.假设由 Agent 1 承担 Agent 2 原来的规划  $\alpha_{12}$ ,即有  $S\_Commit_{1,2} \alpha_{12}$ (也可认为是  $S\_Commit_{1,0} \alpha_{12}$ ,Agent 0 是小组管理者),这时有

$$I\_Commit_1 \alpha_{11} \wedge S\_Commit_{1,2} \alpha_{12} \rightarrow I\_Commit_1 \alpha_{11} \alpha_{12}$$

$\langle \text{do}_1(\alpha_{11}|\alpha_{12}) \rangle \varphi \wedge \text{I\_Commit}_1 \alpha_{11}|\alpha_{12} \rightarrow \text{I\_Commit}_1 \varphi$

由定义 5 和定义 6, 仍有  $\text{O\_Commit}_{\text{Org}} \varphi$  成立.

(2) Agent 之间的社会承诺

设 Agent 5 把部分任务交给 Agent 3 执行, Agent 5 原来有  $\text{I\_Commit}_5 \alpha_{25}, \alpha_{25} = \alpha_{25}|\alpha'_{25}$ . 经过 Agent 5 和 Agent 3 协商, Agent 3 向 Agent 5 承诺执行  $\alpha'_{25}$ , 即  $\text{S\_Commit}_{3,5} \alpha'_{25}$ , 最终有

$$\text{I\_Commit}_3 \alpha_{13} \wedge \text{S\_Commit}_{3,5} \alpha'_{25} \rightarrow \text{I\_Commit}_3 \alpha_{13}|\alpha'_{25}.$$

## 5 结 语

本文通过对 Agent 组织中的各种承诺进行分类, 定义了一种基于承诺的形式语言, 并给出了基于可能世界的 Kripke 语义. 基于对小组承诺和组织承诺的定义, 给出了 Agent 组织形成的宏观过程, 并分析了 Agent 组织的最小、最大和最佳组成规模. 用公理的形式给出了组织中各种承诺的关系, 初步建立了 Agent 组织中宏观思维属性和微观思维属性的联系, 从而推广了 Jennings 和 Ferber 等人的工作. 进一步的工作是要考虑 Agent 加入和退出 Agent 组织以及 Agent 放弃承诺时如何对承诺进行修正; 结合对策论考虑 Agent 组织和 Agent 个体的收益问题, 把承诺看成是使 Agent 组织和 Agent 个体取得收益的手段, 研究收益对承诺和放弃承诺的影响; 由承诺以及收益(惩罚)的约束形成的 Agent 组织的稳定性问题.

## References:

- [1] Jennings NR. On agent-based software engineering. *Artificial Intelligence*, 2000,117(2):277~296.
- [2] Ferber J, Gutknecht O. A meta-model for the analysis and design of organization in multi-agent systems. In: *Proceedings of the ICMAS'98*. Paris: IEEE CS Press, 1998. 128~135.
- [3] Zambonelli F, Jennings NR, Wooldridge M. Organizational abstractions for the analysis and design of multi-agent systems. In: *Proceedings of the 1st International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering*. Limerick, 2000. 127~141.
- [4] Iglesias C, Garijo M, Gonzales J. A survey of agent-oriented methodologies. In: Muller JP, Singh MP, Rao AS, eds. *Intelligent Agents V Agent Theories, Architectures, and Languages*. Paris: Springer-Verlag, 1999. 317~330.
- [5] Cohen PR, Levesque HJ. Intention is choice with commitment. *Artificial Intelligence*, 1990,42(2-3):213~262.
- [6] Georgeff RM. Modeling rational Agents within a BDI-architecture. In: Allen J, Fikes R, Sandewall E, eds. *Proceedings of the 2nd International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1991.
- [7] Dunin-Keplicz B, Verbrugge LC. Collective intentions. Report of University of Groningen, 2001.
- [8] Zhang W, Shi CY. A recursive model of agent organization. *Journal of Software*, 2002,13(11):2149~2154 (in Chinese with English Abstract).
- [9] Meyer J-JC, van der Hoek W, van Linder B. A logical approach to the dynamics of commitments. *Artificial Intelligence*, 1999, 113(1,2):1~40.
- [10] Xu JH, Zhang W, Shi CY, Hou BH. A structure-oriented mechanism of agent organizational formation and evolution. *Journal of Computer Research and Development*, 2001,38(8):897~903 (in Chinese with English Abstract).

## 附中文参考文献:

- [8] 张伟, 石纯一. Agent 组织的一种递归模型. *软件学报*, 2002,13(11):2149~2154.
- [10] 徐晋晖, 张伟, 石纯一, 侯宝华. 面向结构的 Agent 组织的形成和演化机制. *计算机研究与发展*, 2001,38(8):897~903.