

# Agent 组织的一种递归模型\*

张伟<sup>1,2</sup>, 石纯一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(清华大学 计算机科学与技术系,北京 100084);

<sup>2</sup>(中国科学院 计算技术研究所 智能信息处理开放实验室,北京 100080)

E-mail: zwytu@263.net

http://www.tsinghua.edu.cn

**摘要:** Agent 组织是多 Agent 系统(MAS)的一种求解形式.基于 Agent 组织的问题求解可以减少 MAS 中 Agent 之间交互的复杂性,降低求解难度.结合收益和组织规则提出了一种 Agent 组织的递归模型,并讨论了 Agent 组织的目标分解、收益计算和组织规则形成等问题.相对于 Ferber 和 Jennings 等人的工作,这种模型适于描述不同规模的组织,有利于 MAS 宏观分析和微观分析的结合,而且模型中效用参量的引入可以在一定程度上表明 Agent 组织的演化.

**关键词:** 多 Agent 系统;Agent 组织;模型;组织目标;组织规则;组织收益

中图法分类号: TP18 文献标识码: A

Agent 是具有智能的实体,可以独立进行问题求解,但多数情况下,需要通过与其他 Agent 的交互进行合作求解.当 MAS 中参与合作问题求解的 Agent 数量增加到一定规模以后,把 Agent 按照一定的结构组织起来方能有效求解.Agent 组织已经成为 MAS 的一个重要研究内容并引起越来越多的重视<sup>[1]</sup>.

Agent 组织的通用模型已经有不少研究工作<sup>[2-4]</sup>,但面向结构的组织模型尚不多见.Ferber 以角色为中心提出了 Agent 组织的概念模型和方法模型<sup>[2]</sup>,把组织结构定义为小组结构及其相互关系的集合,其小组结构用角色集合、交互图和交互语言三元组表示,所引入的组织结构考虑了组织中的 Agent 交互语言,便于描述由异种 Agent 形成的组织.Jennings<sup>[5]</sup>等人强调了 Agent 组织在 MAS 求解中的重要作用,指出以往的工作只注意到角色对 MAS 分析和设计的作用,提出了一个抽象的组织框架应包括组织规则、组织结构和组织模式,以形成对 Agent 组织完整的定义和描述.Lesser 等人<sup>[6]</sup>使用 TAEM 任务模型语言来描述 Agent 组织,任务结构是一个目标分解树,其中根节点代表高层组织目标,中间节点描述了组织的层次结构,叶节点是一些执行原语.Lesser 认为不存在单一的或固定的一组特性来描述组织结构,而应该根据需要进行取舍,还提出了 Agent 组织对环境的适应问题.

Ferber 和 Jennings 等人的 Agent 组织模型存在的问题,一方面是对组织结构的描述不够清楚,特别是随着组织中 Agent 数量的增加,各种关系也变得更加复杂,使问题更为突出;另一方面是缺少关于 Agent 和 Agent 组织效用的描述,不能反映 Agent 加入组织的收益情况,缺少对 Agent 组织运行和演化动力的描述机制.一个好的 Agent 组织模型应该可以全面描述 Agent 组织的结构、Agent 加入和退出组织的机制,并考虑 Agent 组织的演化和对环境的适应能力,而且不受组织规模的限制,同时应方便模型的应用.

本文部分地改进了 Jennings<sup>[5]</sup>,Lesser<sup>[6]</sup>和 Ferber<sup>[2]</sup>等人的工作,提出了面向结构的 Agent 组织的一种递归模

\* 收稿日期: 2001-04-02; 修改日期: 2001-06-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(69973023;60173011)

作者简介: 张伟(1961 - ),男,山东滕州人,博士,副教授,主要研究领域为分布式人工智能;石纯一(1935 - ),男,河北山海关人,教授,博士生导师,主要研究领域为人工智能应用基础.

型,同时把 Agent 组织结构、小组结构和角色用一个等价结构表示,把 Agent 组织、小组和 Agent 也纳入同一个框架之下,使模型更为简单统一.对 Agent 组织的描述不会因为组织规模的增加而变得更为复杂,因而适合描述不同规模的组织.通过在模型中引入效用参量,可以描述 Agent 组织的收益情况,提供了 Agent 组织运行动力的客观解释.在统一的框架下,有可能对 Agent 的个体思维属性和 Agent 组织的群体思维属性作出一致的解释,使 MAS 的宏观和微观属性得到有机的结合.

## 1 Agent 组织结构的递归模型

Agent 组织结构包括角色之间的各种关系、组织目标以及效用等.显式的组织结构形式有利于 Agent 组织的形成和演化.以往关于 Agent 组织的研究工作多以组织中的角色为中心,由多个角色构成小组,多个小组形成组织结构.广义地讲,角色的内涵和组织结构具有等价性,角色也应该具有角色目标和实现目标的收益,并且视其功能强弱,可以由一个或多个 Agent 承担.当一个角色由多个 Agent 承担时,角色进化成组织结构,此时角色目标即组织目标,角色收益即组织收益;当组织结构由单个 Agent 承担时,组织结构退化为角色.本文采用组织结构和角色等价的观点,文中对组织结构、子组织结构和角色的使用不加区分.

人类社会的组织尽管形式多样,但科层制是其主要结构形式.本文讨论的 Agent 组织结构将采用类似于人类社会组织的科层结构形式.

定义 1. 由有限个 Agent 构成的 Agent 组织是树状层次结构,

$$OS=(D,R),$$

其中  $D$  代表组织中角色的集合; $R$  是角色之间二元关系的集合.

一个 Agent 组织结构由一棵树描述,其中任意的子树是一个子组织结构,最小的子树即叶节点是 Agent 组织的角色,它是一个特殊的、不能再分解的组织结构.Agent 可以根据自己的能力大小选择一个子组织结构,作为要承担的角色.

定义 2. 在树状的 Agent 组织结构中,组织结构、子组织结构和角色是等价的,或者说一棵 Agent 组织结构树与它的所有子树的结构关系满足自反、对称和传递关系.

依定义可以把 Agent 组织结构、子组织结构和角色用统一的框架来描述.

作为一个 Agent 组织结构,除了要考虑结构关系之外,还要考虑组织目标和收益问题,这是组织形成、求解和演化的动力.此外,Agent 组织还要有自己的组织规则,约束 Agent 组织成员的行为和对资源的使用.由此,给出 Agent 组织结构的形式化描述.

定义 3. 一个树状 Agent 组织结构是递归的

$$OS^{(i,j)}_{\text{def}}\{OS_0^{(i,j)}, OS_1^{(i,j)}, \dots, OS_n^{(i,j)}\},$$

$$OS_k^{(i,j)}_{\text{def}}\langle id\_os, id\_agent, OS^{(i+1,l)}, G^{(i,j)}, R^{(i,j)}, EU_k^{(i,j)} \rangle.$$

其中: $id\_os$  是 Agent 组织结构标识符,用来标识一个 Agent 组织结构.

$id\_agent$  是承担相应子组织结构的 Agent 标识符,在 Agent 组织结构设计阶段,没有 Agent 加入组织,该元素为空.

$OS^{(i,j)}$  是组织结构树中第  $i$  层第  $j$  个子组织结构,是子组织结构的集合. $OS_k^{(i,j)}$  是第  $(i,j)$  个子组织结构中的第  $k$  个元素,也是一个子组织结构. $OS_0^{(i,j)}$  是子组织结构的组织者,负责 Agent 组织求解结果的分析综合.在一个 Agent 组织结构中存在若干子组织结构,当  $i=0$  时,为最高层组织结构, $OS^{(0,1)}=\{OS_1^{(0,1)}\}$ ,集合中仅有 1 个元素,代表整个组织结构树;当  $OS^{(i,j)}$  为空且  $i \neq 0$  时,表示是 Agent 组织结构的最小单位,一般称为角色  $role$ ,  $role=\langle id\_os, \psi, \emptyset, G^{(role)}, R^{(role)}, EU^{(role)} \rangle$ ,这时  $id\_os$  是角色标识符,  $\psi$  是空 Agent 标识符,  $\emptyset$  是空集合.

$G^{(i,j)}$  是相应的 Agent 组织目标的集合,通过对  $G^{(i,j)}$  分解可以得到 Agent 子组织目标,  $G^{(i,j)}=\{g_1, \dots, g_n\}$ ,  $g_i$  可以根据组织结构设计的要求进一步分解.

$R^{(i,j)}$  是 Agent 组织规则,是相应的 Agent 组织中所有 Agent 必须遵守的行为规范和约束条件.

$EU_k^{(i,j)}$  是相应的子组织总收益,表示一个 Agent 组织实现组织目标  $G$  后从外部环境或者上一级组织得到的报酬.

Agent 组织结构中的子组织结构由不同的 Agent 承担,以形成 Agent 组织,进行问题求解.本文基于自利的 Agent 假设,认为 Agent 是具有一定求解能力并力求使自己收益极大化的实体.

定义 4.  $Agent =_{def} \langle id\_agent, C, \pi, L \rangle$ . 其中  $id\_agent$  是 Agent 的标识符;  $C$  代表 Agent 的求解能力,表示 Agent 可以完成一定的功能,并通过承担组织中的角色获得收益;  $\pi$  是 Agent 的思维状态,本文采用标准的 BDI 思维状态模型<sup>[7]</sup>;  $L$  是 Agent 交互语言,一个组织中的 Agent 可以是异构的,可以使用不同的语言与其他 Agent 交互,如 KQML, FIPA-ACL 等.

Agent 组织的形成是通过不同能力的 Agent 承担组织结构中不同的角色完成的, Agent 承担组织结构中的一个角色,代表该 Agent 加入一个组织.由于 Agent 能力的大小不同和效用目标的差异,在 Agent 承担角色的过程中可能会出现组织结构的分解与合并问题以及 Agent 加入或退出一个组织的现象,因而组织发生演化(组织的演化还可能由其他原因引起).

## 2 模型分析

### 2.1 组织目标分解

一个 Agent 组织有组织目标集合  $G = \{g_1, \dots, g_n\}$ , 子目标  $g_i$  是指可以由 Agent 小组或单个 Agent 独立完成的目标. 当子目标不能由单个 Agent 完成时,需要对目标作进一步分解,直到子目标可以由某个功能相当的 Agent 独立完成或者子目标不能再继续分解为止(此时需要多个 Agent 合作完成相应的目标).

Agent 组织目标的分解是一个比较困难的问题,与目标大小、任务复杂程度以及 Agent 组织的应用领域有关,需要作具体分析. 目标分解可以有不同的策略,如按物理时空进行分解、按目标的技术功能进行分解、按动态和静态特性进行分解等. Agent 组织目标的分解过程要同时考虑组织的形成问题,优先选用按目标的技术功能进行分解的方法,并遵循目标任务的独立性原则,对实现一个子目标与实现其他子目标没有资源冲突的情况,宜优先分解,这有利于系统的并行运行,提高 Agent 组织的求解效率.

目标分解是一个递归过程,由算法 1 描述.

算法 1. 设  $g$  为待分解的组织目标.

- (1) 令  $G = g$ ;
- (2) 若  $G$  可以分解,则  $G = \{g_1, \dots, g_n\}$ ; 若  $G$  不能再分解,转(6);
- (3) 寻找可以承担子目标  $g_i$  的 Agent (此时 Agent 并不是真正承担相应的子目标,只是进行目标功能匹配, Agent 对目标的承担还要考虑收益问题);
- (4) 对所有不能由 Agent 承担的目标  $g = g_i$ , 递归调用算法 1, 继续分解;
- (5) 若所有  $g_i$  均有 Agent 可以承担,则目标分解结束并返回,此时 Agent 组织结构亦随之确定;
- (6) 如果目标  $G$  可以由几个 Agent 共同完成,则该子目标需要 Agent 进行合作求解,返回; 如果目标  $G$  无法由单个或多个 Agent 合作完成,则出错返回(出错原因是目标选择不当或者 Agent 组织结构模式不合适 Agent 组织的求解目标).

### 2.2 组织收益计算

Agent 组织的收益用实数表示,一般 Agent 组织的净收益  $U > 0$ . 如果把组织看作一个 Agent, 则  $U > 0$  表示是自利的 Agent, 而  $U < 0$  表示是利它的 Agent,  $U$  的大小反映了自利(或利它)的程度. 本文基于 Agent 自利的假设, 认为 Agent 组织和 Agent 个体都追求  $U$  的极大化. 追求  $U$  的极大化是 Agent 组织形成和演化的基本动力.

$U$  的大小与 Agent 实现组织目标的总收益、资源占用支出以及招募组织成员的支出有关,

$$U_{Org}(G) = EU_{Org}(G) - \sum_r \{R\} RL_r - \sum_{Ag \in \{Org\}} U_{Ag}(g_i).$$

其中  $U_{Org}(G)$  是 Agent 组织实现组织目标后的收益, 也即 Agent 组织的净收益;  $EU_{Org}(G)$  是 Agent 组织实现组织目标  $G$ , 外部环境支付给组织的报酬;  $RL_r$  是实现组织目标所需的资源占用支出,  $r$  代表系统资源;  $U_{Ag}(g_i)$  是  $Ag$  实现子目标  $g_i$  获得的收益. 上式表示 Agent 组织的净收益是组织实现组织目标的总收益减去资源消耗总支出, 再减去支付给所有 Agent 组织成员的总报酬. 单个 Agent 的收益计算如下:

$$U_{Ag}(g_i) = EU_{Ag}(g_i) - \sum_{r \in \{R\}} RL_r - \sum_{Ag' \in Agent} U_{Ag'}(g_i),$$

即  $Ag$  的收益(净收益)是  $Ag$  完成组织子目标  $g_i$  的总收益  $EU_{Ag}(g_i)$  减去资源占用总指出  $\sum_{r \in \{R\}} RL_r$ , 再减去  $Ag$  使用  $Ag'$  的资源所需支付的总报酬  $\sum_{Ag' \in Agent} U_{Ag'}(g_i)$ .  $Ag'$  代表  $Ag$  完成目标  $g_i$  需要的合作对象. 当  $Ag$  可以独立实现  $g_i$  时,  $\sum_{Ag' \in Agent} U_{Ag'}(g_i) = 0$ .

以上分析也说明,从收益的角度看,Agent 组织和 Agent 是统一的. 当一个 Agent 需要与其他 Agent 合作求解时即形成 Agent 组织,而单个 Agent 是组织的一种特殊形式. 在 Agent 组织形成过程中,Agent 对子组织结构的承担除了目标功能匹配以外,还取决于净收益的计算,只有在  $U > 0$  时,自利的 Agent 才会承担相应的子组织结构.

### 2.3 组织规则形成

组织规则是 Agent 组织中所有成员必须遵守的约束条件和行为规范,主要有资源约束(时间、空间、计算能力等)和行为约束(同步、顺序等). 如果把 RoboCup 球队看成一种 Agent 组织,则比赛规则就是一种 Agent 的组织规则. 同样,若把生产流水线作为一种组织,则要求流水线作业具有相同的生产速度,这也是一种组织规则.

对于递归结构的 Agent 组织形式,组织规则分为全局规则和局部规则. 全局组织规则  $R$  是对所有组织成员 Agent 约束的交集,有

$$R = \bigcap_{Ag_i \in \{Org\}} R_i,$$

$R_i$  为  $Ag_i$  应遵守的组织规则.

同样地,上一层 Agent 组织规则是下一层组织规则的交集,有

$$R^{(i)} = \bigcap_{Ag_j \in \{Org^{(i+1)}\}} R_j^{(i+1)},$$

其中  $Ag_j$  是第  $i+1$  层子组织中的成员,  $R_j$  是该 Agent 的组织规则.

## 3 Agent 组织的形成

Agent 组织结构、组织的形成和组织的演化是交叉进行的. 首先根据对问题的分析和定义形成 Agent 组织的求解目标. 组织结构的主要任务是目标分解和收益分配. Agent 和 Agent 组织考虑各自的收益. 通过目标功能匹配决定 Agent 是否加入一个 Agent 组织. 当 Agent 组织结构中的所有子组织结构(角色)均有 Agent 承担时,即形成了 Agent 组织. 对于组织结构中的一个子组织结构,由于组织目标、收益等问题,可能会出现没有 Agent 承担的情况. 需要进一步分解组织目标或者调整角色收益的分配. Agent 组织结构的修改过程是组织的一种演化形式之一.

一个 Agent 组织的形成步骤如下:

- (1) 通过问题分析和定义确定 Agent 组织目标  $G$  以及相应的组织收益  $EU$ ;
- (2) 确定 Agent 组织目标分解策略和收益分配策略;
- (3) Agent 组织目标分解,  $G = \{g_1, \dots, g_n\}$  (参见算法 1);
- (4) Agent 组织收益分配;
- (5) 招募 Agent 加入 Agent 组织(包括目标功能匹配、收益平衡等);
- (6) 当环境、收益和约束发生变化,使 Agent 不能完成求解目标时, Agent 退出组织;
- (7) 当存在 Agent 子组织结构(角色)没有 Agent 承担时,调整 Agent 组织目标分解策略和收益分配策略,转步骤(3).

Agent 组织的形成过程是不断地有 Agent 加入和退出 Agent 组织的动态过程. 一个 Agent 加入一个 Agent 组织是对相应的角色目标的长期承诺,退出该组织即是放弃该承诺,因此需要相应的管理机制,以保证 Agent 组织的长期稳定的运行.

## 4 举例

设一个 Agent 组织,有组织目标  $G = \{g_1, g_2\}$ , 组织收益为  $EU = 100$ . 根据目标分解算法 1 和收益分配策略,得到 Agent 组织结构设计的初步结果,如图 1 所示,相应节点上标出的数字为该子组织对应的总收益,虚线部分为相

应子组织的管理者角色.子组织结构标识符用数字序号表示.递归模型描述如下:

$$\begin{aligned}
 OS^{(0,1)} &= \{OS_1^{(0,1)}\} = \{\langle 00, \psi, OS^{(1,1)}, G^{(0,1)}, R^{(0,1)}, 100 \rangle\}, \\
 OS^{(1,1)} &= \{OS_0^{(1,1)}, OS_1^{(1,1)}, OS_2^{(1,1)}\} \\
 &= \{\langle 01, \psi, \emptyset, G_0^{(1,1)}, R_0^{(1,1)}, 10 \rangle, \langle 02, \psi, \emptyset, G_1^{(1,1)}, R_1^{(1,1)}, 40 \rangle, \langle 03, \emptyset, OS^{(2,2)}, G_2^{(1,1)}, R_2^{(1,1)}, 50 \rangle\}, \\
 OS^{(2,1)} &= \{OS_0^{(2,1)}, OS_1^{(2,1)}, OS_2^{(2,1)}, OS_4^{(2,1)}\} \\
 &= \{\langle 04, \psi, \emptyset, G_0^{(2,1)}, R_0^{(2,1)}, 8 \rangle, \langle 05, \psi, \emptyset, G_1^{(2,1)}, R_1^{(2,1)}, 10 \rangle, \langle 06, \psi, \emptyset, OS^{(3,1)}, G_3^{(2,1)}, R_3^{(2,1)}, 12 \rangle, \\
 &\quad \langle 07, \psi, \emptyset, G_4^{(2,1)}, R_4^{(2,1)}, 10 \rangle\}, \\
 OS^{(2,2)} &= \{OS_0^{(2,2)}, OS_1^{(2,2)}, OS_2^{(2,2)}\} \\
 &= \{\langle 08, \psi, \emptyset, G_0^{(2,2)}, R_0^{(2,2)}, 8 \rangle, \langle 09, \psi, \emptyset, G_1^{(2,2)}, R_1^{(2,2)}, 15 \rangle, \langle 10, \psi, \emptyset, OS^{(3,2)}, G_2^{(2,2)}, R_2^{(2,2)}, 27 \rangle\}, \\
 OS^{(3,1)} &= \{OS_0^{(3,1)}, OS_1^{(3,1)}, OS_2^{(3,1)}\} = \{\langle 11, \psi, \emptyset, G_0^{(3,1)}, R_0^{(3,1)}, 7 \rangle, \langle 12, \psi, \emptyset, G_1^{(3,1)}, R_1^{(3,1)}, 3 \rangle, \langle 13, \psi, \emptyset, G_2^{(3,1)}, R_2^{(3,1)}, 2 \rangle\}, \\
 OS^{(3,2)} &= \{OS_0^{(3,2)}, OS_1^{(3,2)}, OS_2^{(3,2)}, OS_4^{(3,2)}\} \\
 &= \{\langle 14, \psi, \emptyset, G_0^{(3,2)}, R_0^{(3,2)}, 7 \rangle, \langle 15, \psi, \emptyset, G_1^{(3,2)}, R_1^{(3,2)}, 5 \rangle, \langle 16, \psi, \emptyset, G_2^{(3,2)}, R_2^{(3,2)}, 5 \rangle, \langle 17, \psi, \emptyset, G_3^{(3,2)}, R_3^{(3,2)}, 10 \rangle\}.
 \end{aligned}$$

设有 Agent *a*, Agent *b*, Agent *c*, Agent *d*, Agent *e* 参与 Agent 组织的形成,经过能力目标匹配和收益计算,它们分别承担子组织结构(角色) $OS_0^{(1,1)}, OS_1^{(1,1)}, OS_0^{(2,2)}, OS_1^{(2,2)}, OS_2^{(2,2)}$ ,其中  $OS_0^{(1,1)}, OS_0^{(2,2)}$  是对应的子组织管理者,相应的 Agent 组织结构例化成 Agent 组织(如图 2 中实线部分所示).

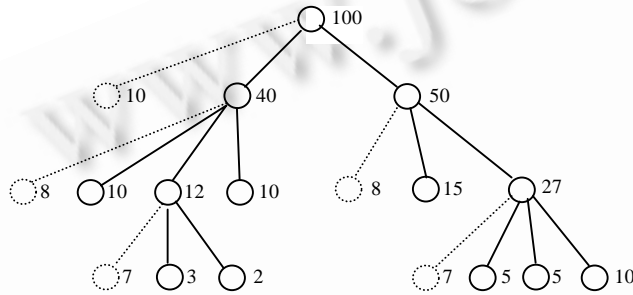


Fig.1  
图 1

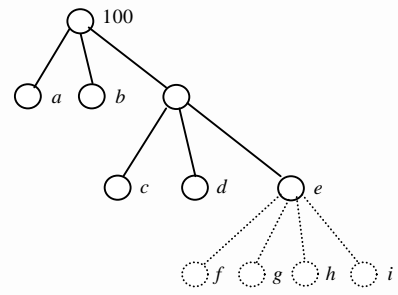


Fig.2  
图 2

$$\begin{aligned}
 Org &= \{OS_0^{(1,1)}, OS_1^{(1,1)}, \{OS_0^{(2,2)}, OS_1^{(2,2)}, OS_2^{(2,2)}\}\} \\
 &= \{\langle 01, a, \emptyset, G_0^{(1,1)}, R_0^{(1,1)}, 10 \rangle, \langle 02, b, \emptyset, G_1^{(1,1)}, R_1^{(1,1)}, 40 \rangle, \{\langle 08, c, \emptyset, G_0^{(2,2)}, R_0^{(2,2)}, 8 \rangle, \\
 &\quad \langle 09, d, \emptyset, G_1^{(2,2)}, R_1^{(2,2)}, 15 \rangle, \langle 10, e, \emptyset, G_2^{(2,2)}, R_2^{(2,2)}, 27 \rangle\}\}.
 \end{aligned}$$

如果 Agent *e* 退出组织,则需要招聘新的组织成员完成相应的 Agent 组织目标.Agent *e* 原来承担的子组织结构可以由单个 Agent 承担,也可以由多个 Agent 完成.设有 Agent *f*, Agent *g*, Agent *h*, Agent *i* 分别承担组织结构中的角色  $OS_0^{(3,2)}, OS_1^{(3,2)}, OS_2^{(3,2)}, OS_4^{(3,2)}$ ,则组织发生演化,如图 2 虚线部分所示.

$$Org = \{OS_0^{(1,1)}, OS_1^{(1,1)}, \{OS_0^{(2,2)}, OS_1^{(2,2)}, \{OS_0^{(3,2)}, OS_1^{(3,2)}, OS_2^{(3,2)}, OS_4^{(3,2)}\}\}\},$$

简记为  $Org = \{a, b, \{c, d, \{f, g, h, i\}\}\}$ .

在组织形成过程中,组织管理者根据能力目标匹配决定是否接受一个 Agent 加入 Agent 组织,Agent 根据收益计算决定是否加入一个 Agent 组织.

用已有的方法描述这种具有多层结构的组织非常困难.Ferber 的模型以角色为中心,虽然给出了小组结构的定义,但不能描述多层结构的 Agent 组织,而且没有给出 Agent 组织的收益描述,因此不适于刻画 Agent 加入和退出组织的机制,也不利于描述由不同结构或者属于不同机构的 Agent 形成的组织及其合作求解机制.Jennings 的工作由于没有给出 Agent 组织结构的具体形式定义,因此如何用其抽象的 Agent 组织结构来描述一个组织尚不清楚.

## 5 结 语

Agent 组织是多 Agent 系统的一种求解形式.设计一个好的 Agent 组织模型有利于提高组织的运行效率,减

少 Agent 之间交互的复杂性,降低求解难度.本文提出了 Agent 组织的一种递归模型,引入了效用和组织规则,同时把组织结构和角色等价,把组织和 Agent 等价,方便了组织结构设计 and 组织的形成,也有利于说明组织的演化动力和演化方向.由于使用了递归的组织结构描述方式,使该模型适于描述不同规模的组织,有利于对 MAS 分析过程中宏观和微观的结合.本文不排斥以往以角色为中心的 Agent 组织模型,但通过对角色模型的扩展,使其更易于被不同能力、不同结构的 Agent 承担.

进一步的工作是要详细分析 Agent 组织演化的原因、动力和方向,同时建立 Agent 个体的思维状态和 Agent 组织的群体思维状态的联系.另外,Agent 组织目标的分解、组织角色收益的再分配、Agent 加入和退出 Agent 组织的管理机制以及 Agent 组织规则的形成和演化等都是要进一步研究的问题.

#### References:

- [1] Jennings, N.R. Agent-Based computing: promise and perils. In: Aiello, L.C., ed. Proceedings of the 16th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'99). San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1999. 1429~1436.
- [2] Ferber, J., Gutknecht, O. A meta-model for the analysis and design of organization in multi-agent systems. In: Wooldridge, M., Gmytrasiewicz, P., Huhns, M., eds. Proceedings of the 3rd International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'98). Paris: IEEE CS Press, 1998.258~266.
- [3] Bussmann, S. Agent-Oriented programming of manufacturing control tasks. In: Wooldridge, M., Gmytrasiewicz, P., Huhns, M., eds. Proceedings of the 3rd International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'98). Paris: IEEE CS Press, 1998. 57~63.
- [4] Iglesias, C., Garijo, M., Gonzales, J. A survey of agent-oriented methodologies. In: Rao, A.S., Muller, J.P., Singh, M.P., eds. Intelligent Agents V (ATAL'98). LNCS 1555, Paris: Springer Verlag, 1999.
- [5] Zambonelli, F., Jennings, N.R., 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. <http://www.ecs.soton.ac.uk/~nrj/download-files/aose00.ps>.
- [6] Horling, B., Benyo, B., Lesser, V. Using self-diagnosis to adapt organizational structures. In: Proceedings of the 5th International Conference on Autonomous Agents. Montreal: ACM Press, 2001. 529~536. <http://mas.cs.umass.edu/~bhorling/papers/AA2001-Diagnosis.ps.gz>.
- [7] Rao, A.S., Georgeff, M.P. Modeling rational Agents within a BDI-architecture. In: Allen, J., Fikes, R., Sandewall, E., eds. Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the 2nd International Conference (KR'91). San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1991. 473~484.

## A Recursive Model of Agent Organization\*

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

<sup>1</sup>(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China);

<sup>2</sup>(Laboratory of Intelligent Information Processing, Institute of Computing Technology, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

E-mail: zwytu@263.net

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

**Abstract:** The agent organization is a kind of mechanism of problem solving, which can decrease the complexity of interactions between agents and reduce the difficulty of problem solving. In this paper, a recursive model of agent organization is proposed based on role utility and organizational rules. The goal resolving, utility calculation and rule formation of agent organization are also discussed in this paper. Compared with the work of Ferber and Jennings, the recursive model is suitable to describe agent organizations with different scale, is useful for the combination of micro- and macro- analysis of agent organization and is able to express the agent organization evolution in some degree because of the introduction of role utility parameters.

**Key words:** multi-agent system; agent organization; model; goal; rule; utility

\* Received April 2, 2001; accepted June 25, 2001

Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant Nos.69973023, 60173011