

面向活动模式的Agent组织协同规则的重用

王忠群, 谢晓东

(安徽工程科技学院计算机科学与工程系 安徽 芜湖 241000)

【摘要】基于组织目标的分解,提出了用活动模式描述组织内Agent间互操作行为的方法,实现了对Agent间协同规则的支持。在该方法中,提出了活动特化和活动聚合抽象机制,使得在Agent间互操作行为得以重用的同时,重用了组织协同规则。

关键词 组织; 协同; 组织规则; 活动模式; 规则重用

中图分类号 TP311.11 **文献标识码** A

Activity-Model-Oriented Reuse of Coordination Rules for Agent Organizations

WANG Zhong-qun, XIE Xiao-dong

(Department of Computer Science and Engineering, Anhui University of Technology and Science Anhui Wuhu 241000)

Abstract Based on decomposition of organizational goal this paper proposes an approach to describing interoperability behavior between agents in organizations by using activity model, achieving support for coordination rules for agents, and abstract mechanisms of activity specialization and activity aggregation, enabling reuse of coordination rules in organizations through reuse of interoperability behavior between agents.

Key words organization; coordination; organization rule; activity model; reuse of rule

目前,关于协同研究,尤其是在以Agent为研究对象的领域,组织概念及其相关技术受到普遍关注,认为组织模型是一种良好的协作联盟的体现,可以有效承担系统内各业务部件间的协同管理工作,但组织模型很少涉及对组织规则实施重用的机制^[1-4]。组织规则的重用是协同系统设计的一个重要方面。本文将组织目标分解至团队级,提出活动模式概念,利用活动模式概念对团队内Agent间的互操作行为进行抽象,实现对协同规则的支持,并提出活动特化和聚合两种抽象机制,借助重用Agent间的互操作行为,实现组织协同规则的重用。

1 组织目标分配及组织规则

一般情况下,一个组织的目标表现为一个目标集合 $G = \{g_1, g_2, \dots, g_i, \dots, g_n\}$,子目标 g_i 是指可以由Agent小组(团队)或单个Agent独立完成的目标。当子目标不能由单个Agent完成时,可以根据组织的业务流程进行分解,划分出具有多个层次的子目标,直到子目标由某个功能相当的Agent独立完成,或者子目标不能再继续分解为止。Agent的组织目标任务分解涉及到多个方面,例如目标的大小、任务的复杂性、Agent的能力,以及环境资源的约束等。在团队内,各个Agent之间需要进行合作才可以完成团队的任务或者目标。组织协同

收稿日期:2004-05-17

基金项目:安徽省教育厅自然科学基金重点资助项目(2003kj007zd)

作者简介:王忠群(1965-),男,硕士,副教授,主要从事分布式计算和软件工程方面的研究。

规则包括团队内成员对局部资源的使用规则。Agent间的合作是彼此之间的互操作,属于互操作行为。

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,是完成组织内部成员协同工作的基础,主要有资源约束和行为约束。在组织模型中,存在着局部和全局的行为依赖和资源依赖。文献[2]给出了一个基于一阶时态逻辑的会议管理系统的组织规则。本文假定,组织的有关整体知识,以及根据组织业务流程递归分解组织任务至团队级而获得的团队内成员合作协同的局部组织规则,构成了组织的全局或局部规则。

2 活动模式

本文采用一种基于活动模式的高层语义模型对互操作行为进行刻画。在该模型中,把“活动”看成是一种“动态对象”,并把活动模式中的局部和全局约束规则作为组织规则的更高抽象手段^[5],籍以描述Agent之间的互操作行为,以表达团队内成员之间互操作的基本语义,实现对Agent之间的协同规则的支持。

定义 1 活动模式 a 是一组互操作Agent之间的通信协议,定义为一个7元组,即 $a = (N, AGT, PARA, GC, PRE, INIT, POST)$, 式中, N 为活动模式名称; AGT 为参加模式 a 的Agent的集合; $PARA$ 为模式 a 的输入和输出参数,可以包含Agent的类型和属性; GC , PRE , $INIT$ 和 $POST$ 分别为模式 a 的全局约束规则、前置条件、初始化条件和后置条件。

对 AGT 作进一步的描述,可表述为 $AGT = \{Agent_0, Agent_1, \dots, Agent_i\}$, $Agent_0$ 是该活动的发起人, $Agent_i$ 为一个三元组 $\langle T, Msg(a, T), LC(a, T) \rangle$, 其中 T 为Agent的类型; $Msg(a, T)$ 表示在模式 a 中与Agent类型 T 有关的消息谓词集合,这些谓词描述类型 T 在活动模式中的角色; $LC(a, T)$ 表示局部的行为约束规则的集合,定义了 $Msg(a, T)$ 中消息的执行次序。

文献[2]基于一阶时态逻辑给出了如下的会议管理系统组织规则:

- 1) $\forall p: \#(reviewer(p)) \leq 3$;
- 2) $\forall i, p: play(i, reviewer(p)) \Rightarrow \square \neg play(i, reviewer(p))$;
- 3) $\forall i, p: play(i, auther(p)) \Rightarrow \square \neg play(i, reviewer(p))$;
- 4) $\forall i, p: play(i, author(p)) \Rightarrow \square \neg play(i, collector(p))$;
- 5) $\forall i, p: participate(i, receivePaper(p)) \Rightarrow initiate(i, submitReview(p))$;
- 6) $\forall i, p: participate(i, receivePaper(p)) \wedge initiate(i, submitReview(p))$;
- 7) $\forall p: [submittedReviews(p) > 2] \wedge initiate(chair, decision(p))$ 。

对于规则1), 每篇论文必须有三位审稿人, 而规则2)表明一位审稿人对一篇论文只能审稿一次。规则3)和4)试图通过一位论文的作者不能评审或者收集自己的论文来限制自私的Agent行为。规则5)表明如果收到一篇论文, 它应该最终被评审。规则6)要求一篇论文在评审之前实际上被收到, 而规则7)要求一篇论文在被接受或者被退稿之前至少收集到该论文的两位审稿人的审稿意见。利用组织规则对其中的审稿活动模式描述如下:

Activity “review”

Agent as: assigner, re: reviewer; in: ctr-status(paper); out: ctr-status(paper);

assigner { local constraints:

LC11: $\forall i, p: assign(p, reviewer(i)) \Rightarrow \square \neg assign(p, reviewer(i))$

/*同一论文不能两次发送给同一个审稿人*/

LC12: ... };

reviewer { local constraints:

LC11: $\forall i, p: play(i, reviewer(p)) \Rightarrow \square \neg play(i, reviewer(p))$

LC12: $\forall i, p: play(i, auther(p)) \Rightarrow \square \neg play(i, reviewer(p))$

LC13: $\forall i, p: (i, author(p)) \Rightarrow \square \neg play(i, collector(p))$ };

global constraints:

- GC1: $\forall p: \#(\text{reviewer}(p)) \geq 3$
 GC2: $\forall i, p: \text{participate}(i, \text{receivPaper}(p)) \Rightarrow \text{initiate}(i, \text{submitReview}(p))$
 GC3: $\forall i, p: \text{participate}(i, \text{receivPaper}(p)) \wedge \text{initiate}(i, \text{submitReview}(p))$
 GC4: $\forall p: [\text{submitted Reviews}(p) > 2] \wedge \text{initiate}(\text{chair}, \text{decision}(p))$
 :

3 活动的抽象

在讨论抽象机制之前, 首先给出以下说明:

1) $\text{Agents}(\alpha)$ 为活动模式 α 中代理类型的集合; 2) $\text{Msg}(T, \alpha)$ 为支持类型 T 在活动模式 α 中角色的消息集合; 3) $\text{PARA}(\alpha)$ 为活动模式 α 的输入-输出参数的类型集合; 4) $\text{GC}(\alpha)$ 为活动模式 α 中所有全局约束的合取; 5) $\text{LC}(T, \alpha)$ 为活动模式 α 中所有和代理类型 T 有关的局部约束的合取; 6) $\text{PRE}(\alpha)$ 为活动模式 α 中前置条件的集合; 7) $\text{INIT}(\alpha)$ 为活动模式 α 中所有初始条件的合取; 8) $\text{POST}(\alpha)$ 为活动模式 α 中后置条件的集合; 9) $\text{subtype}(T, S)$ 为谓词表达式, 表示类型 T 是类型 S 的子集。

3.1 活动特化(Activity-Specialization)

活动特化机制允许依据某个活动模式定义一个更为具体的活动模式。

定义 2 如果存在活动模式 α 和 β , 当且仅当满足下列6个条件, 即:

- 1) $\forall S \in \text{Agents}(\beta), \exists T \in \text{Agents}(\alpha)$ 使得 $(T = S \vee \text{subtype_of}(T, S)) \wedge \text{Msg}(T, \alpha) \supseteq \text{Msg}(S, \beta) \wedge \text{LC}(T, \alpha) \Rightarrow \text{LC}(\alpha, \beta)$;
- 2) $\forall A \in \text{PARA}(\beta), \exists A' \in \text{PARA}(\alpha)$ 使得 $\text{dom}(A') \subseteq \text{dom}(A)$;
- 3) $\text{GC}(\alpha) \Rightarrow \text{GC}(\beta)$;
- 4) $\forall p \in \text{PRE}(\beta), \exists p' \in \text{PRE}(\alpha)$ 使得 $p = p' \vee p' \Rightarrow p$;
- 5) $\text{INIT}(\alpha) \Rightarrow \text{INIT}(\beta)$;
- 6) $\forall q \in \text{POST}(\beta), \exists q' \in \text{POST}(\alpha)$ 使得 $q = q' \vee q' \Rightarrow q$ 。

则 α 活动模式是 β 活动模式的一个特化, 即 $\text{act-spec}(\alpha, \beta)$ 。

定理 1 假设活动模式 α 是 β 活动模式的一个特化, 存在以下结论:

- 1) $\text{act-spec}(\alpha, \beta) \wedge \text{act-spec}(\beta, \gamma) \Rightarrow \text{act-spec}(\alpha, \gamma)$ 为活动模式的传递性;
- 2) $\text{act-spec}(\alpha, \beta) \wedge \text{act-spec}(\beta, \alpha) \Rightarrow \alpha = \beta$ 为活动模式的非对称性。

利用模式定义及关系的定义容易证明定理1。

定义 3 活动模式 α 的概括模式, 记为 $\text{SUP}(\alpha)$ 并且 $N(\alpha)$ 表示模式 α 的名称, 概括模式定义为:

- 1) $(\text{act-spec}(\alpha, \beta) \wedge \alpha \neq \beta) \Rightarrow N(\beta) \in \text{SUP}(\alpha)$;
- 2) $(\forall N(\beta), N(\gamma) \in \text{SUP}(\alpha)) \wedge (\beta \neq \gamma) \Rightarrow N(\beta) \neq N(\gamma)$ 。

定理 2 假设 $\text{SUP}(\alpha)$ 表示活动模式 α 概括模式的集合, 则存在以下结论, 即 $(\text{act-spec}(\alpha, \beta) \wedge \alpha \neq \beta) \Rightarrow N(\beta) \in \text{SUP}(\alpha) \wedge \text{SUP}(\beta) \subseteq \text{SUP}(\alpha)$ 。对定理2的证明如下:

- 1) 由定义2 和3 易证明 $(\text{act-spec}(\alpha, \beta) \wedge \alpha \neq \beta) \Rightarrow N(\beta) \in \text{SUP}(\alpha)$;
- 2) 对于任何 $N(\gamma) \in \text{SUP}(\beta)$, 根据定义3, 可得 $\text{act-spec}(\beta, \gamma)$, 又由定理1得 $\text{act-spec}(\alpha, \gamma)$, 于是可得 $\text{SUP}(\beta) \subseteq \text{SUP}(\alpha)$ 。综合1)和2), 定理2 得证。

活动模式和其概括模式的集合类似于对象技术中的特化和泛化。通过该抽象机制, 定义一个新的活动模式, 只需要说明新增加的消息和约束规则, 所有其它的消息和约束规则可以从其超活动模式中继承。显然, 在组织目标的分解过程中, 可以借助活动的特化或者继承实现任务活动的重用。

3.2 活动聚合(Activity-Aggregation)

活动聚合机制允许利用简单的活动定义更为复杂的活动。可以通过较多的Agent参加一个复杂的活动, 或者在成分活动的初始条件之间加入时态约束来实现复杂活动。

定义 4 活动聚合: 如果存在活动模式 α 和 β , 它们间有聚合关系, 即 $\text{act-agg}(\alpha, \beta)$, 其中, α 为聚合活动模式, β 为成分活动模式, 当仅当满足下列条件:

- 1) $\forall S \in Agents(\beta), \exists T \in Agents(\alpha)$ 使得 $(T = S \vee constituent_type_of(T, S)) \wedge Msg(T, \alpha) \supseteq Msg(S, \beta) \wedge LC(T, \alpha) \Rightarrow LC(\alpha, \beta)$;
- 2) $PARA(\beta) \in PARA(\alpha)$;
- 3) $GC(\alpha) \Rightarrow GC(\beta)$;
- 4) $PRE(\beta) \subseteq PRE(\alpha)$;
- 5) $INIT(\alpha) \Rightarrow INIT(\beta)$;
- 6) $POST(\beta) \subseteq POST(\alpha)$ 。

其中,谓词 $constituent_type_of(T, S)$ 表示类型 T, S 之间有聚合关系,类型 T 的成员为聚合活动的成员,类型 S 的成员是成分活动的成员。

定理 3 如果存在活动模式 α 和 β , 那么活动聚合具有传递性和非对称性, 即下列公式成立:

- 1) $act - agg(\alpha, \beta) \wedge act - agg(\beta, \gamma) \Rightarrow act - agg(\alpha, \gamma)$;
- 2) $act - agg(\alpha, \beta) \wedge act - agg(\beta, \alpha) \Rightarrow \alpha = \beta$ 。

利用活动模式的定义, 以及集合、传递性、非对称性定义容易证明以上两式。

定义 5 $N(\alpha)$ 为模式 α 的名称。设 $COMP(\alpha)$ 为 α 的所有活动模式名称的集合, 则 $COMP(\alpha)$ 定义为:

- 1) $(act - agg(\alpha, \beta) \wedge \alpha \neq \beta) \Rightarrow N(\beta) \in COMP(\alpha)$;
- 2) $(\forall \alpha) N(\alpha) \notin COMP(\alpha)$;
- 3) $(\forall N(\beta), N(\gamma) \in COMP(\alpha)) \wedge (\beta \neq \gamma) \Rightarrow N(\beta) \neq N(\gamma)$ 。

定理 4 $COMP(\alpha)$ 表示活动模式 α 的成分活动模式的集合, 存在下列公式, 即 $(act - agg(\alpha, \beta) \wedge \alpha \neq \beta) \Rightarrow N(\beta) \in COMP(\alpha) \wedge COMP(\beta) \subset COMP(\alpha)$ 。

由定义4易证明 $(act - agg(\alpha, \beta) \wedge \alpha \neq \beta) \Rightarrow N(\beta) \in COMP(\alpha) \wedge N(\beta) \notin COMP(\beta)$ 。

为了证明 $COMP(\beta) \subset COMP(\alpha)$, 只需证明 $COMP(\beta) \subseteq COMP(\alpha)$ 成立即可。对于任何 $N(\gamma) \in COMP(\beta)$, 如果 $\beta \neq \gamma$ 且 $\alpha \neq \gamma$, 依据 $COMP(\beta)$ 的定义, 知道 $act - agg(\beta, \gamma)$ 存在。根据定理传递性, $act - agg(\alpha, \gamma)$ 存在, 因此我们有 $\gamma \in COMP(\alpha)$, 故 $COMP(\beta) \subseteq COMP(\alpha)$ 成立。

借助活动聚合机制, 在定义一个新聚合活动模式时, 那些成分活动模式中没有定义的约束和消息才需要重新定义, 而那些在成分活动模式中已经定义的约束和消息可以直接继承。

4 结束语

在基于组织的Agent协同模型中, Agent间使用组织规则进行协同工作。本文基于组织目标的分解, 从团队内Agent间合作完成某活动任务出发, 提出了活动模式概念, 利用活动模式对团队内的Agent间的互操作活动行为进行抽象, 实现对团队内的Agent间协同规则的支持, 并提出了活动特化和聚合两种活动抽象机制, 使得Agent间的互操作行为得以重用, 从而达到了重用组织协同规则的目的。

参 考 文 献

- [1] 路 鹏, 陶先平, 吕 建, 等. 协同联盟中的组织模型的研究[J]. 计算机科学, 2003, 30(2): 113-117
- [2] Zambonelli F, Jennings N R, Wooldridge M. Organizational rules as an abstraction for the analysis and design of multi-agent systems[J]. IJSEKE, 2000, 11(3): 303-328
- [3] Dignum V, Meyer J. An organizational-oriented model for agent societies[C]. In: Proceedings of International Workshop on Regulated Agent-Based Social Systems: Theories and Applications, Italy, 2002
- [4] Kolp M, Giorgini P. Information systems development through Social Structures[C]. In: Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, Ishia, Italy, 2002.
- [5] Liu Ling, Meersman R. The block for specifying communication behavior of complex object: an activity-driven approach[J]. ACM TRANS on Database System, 1996, 21(2): 157-207