

角色群体协作中的层次感知模型研究*

朱君^{1,2+}, 汤庸¹

¹(中山大学 计算机科学系, 广东 广州, 510275)

²(东莞理工学院 计算机科学系, 广东 东莞, 523000)

Collaborative Research on Hierarchical Awareness Model for Role-Based Group Collaborative

ZHU Jun^{1,2+}, TANG Yong¹

¹(Department of Computer Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

²(Department of Computer Science, Dongguan University of Technology, Dongguan 523000, China)

+ Corresponding author: E-mail: amberzj@tom.com, http://www.sysu.edu.cn/

Zhu J, Tang Y. Collaborative research on hierarchical awareness model for role-based group collaborative. Journal of Software, 2007,18(Suppl.):95-101. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/18/s95.htm>

Abstract: In CSCW community, group awareness model and application are an important research field. Base on the foundation of the past research, this paper proposes a model that support hierarchical role based structure called RHAM (role based hierarchical group awareness model) to analyze awareness information, base on relevant of tasks, as well as relationship of organization structure between collaborators. In RHAM, a group cooperation environment (GCE) is constructed firstly, and then GCE is extended by group awareness content, awareness hierarchy, the task decomposition rules. The model divides the awareness information into four levels based on role-task decomposition graph and relationship of group structure. Finally, the implementation mechanism, application and some related questions in the future research are discussed.

Key words: CSCW; group awareness model; role cooperation; RHAM (role based hierarchical group awareness model); awareness

摘要: 群体感知是群体协作有效进行的前提条件.在分析当前群体感知模型及群体协作模型研究现状的基础上,以角色为协作基础,根据任务相关度、协作者间组织结构的紧密程度来进行分层感知,提出了一种支持层次角色群体感知的模型(role based hierarchical awareness model,简称 RHAM).RHAM 首先构建了一个群体协作环境(group cooperation environment,简称 GCE),然后在 GCE 的基础上扩展定义群体协作感知内容、感知层次及感知相关特性.最后对该模型的应用进行了简单分析,并讨论了下一步研究中需要解决的问题.

关键词: CSCW;群体感知模型;角色协同;RHAM(role based hierarchical group awareness model);感知

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant Nos.60673135, 60373081, 60736020 (国家自然科学基金); the Program for New Century Excellent Talents in University of the Ministry of Education of China under Grant No.NCET-04-0805 (国家教育部新世纪优秀人才支持计划); the Natural Science Foundation of Guangdong Province of China under Grant Nos.7003721, 04105503 (广东省自然科学基金); the Science-Technology Plan of Guangdong Province of China under Grant Nos.2005B10101041, 2007B010200052 (广东省科技攻关计划)

Received 2007-09-15; Accepted 2007-11-25

计算机支持的协同工作(CSCW)自 1984 年由 MIT 的 Irene Grief 和 DEC 的 Paul Cashman 正式提出以来,该领域的研究和应用一直受到极大的关注和重视.在 CSCW 中,群体感知是实现协作的前提条件,关系到 CSCW 系统的成败^[1].群体感知是指建立包括外部环境和协作成员的协作场景,为协作成员提供与外部环境和其他协作成员之间的信息交换^[2,3].

到目前为止,群体感知依然没有一个标准的定义,没有一种通用的群体感知模型能够满足所有 CSCW 应用系统的感知需求.如 Drury 和 William 的基于角色的感知模型描述了群体感知模型的规范,但其没有对角色及角色的协作关系作深入讨论^[4].Benford 和 Fahlen 的基于空间对象的感知模型利用对象在共享空间中的位置关系提供感知信息,通过在共享工作空间上对象集合的交、并运算来描述参与者之间的感知强度^[5];Rodden 的面向协同应用的感知模型支持非共享工作空间结构下协作应用程序间的关系,通过应用程序间的信息流刻画感知强度^[6];上述感知模型都只能粗略地分析群组中的感知特性,不能具体量化和计算协作者之间的感知强度.文献[7]的基于角色的群体感知模型通过分解群组任务,把群组成员扮演的角色细化,在量化感知强度方面有了进一步探索,提出了基于角色差别的计算方法,但在实际应用中角色差别难以确定.

在研究前人工作^[2,4-7]的基础上,本文以角色为协作基础,根据任务相关度及协作者间组织结构的紧密程度来进行分层感知,提出了层次的角色群体协作感知模型(role based hierarchical awareness model,简称 RHAM).RHAM 首先构建了一个群体协作环境(group cooperation environment,简称 GCE),并在 GCE 的基础上扩展定义群体协作感知内容、感知层次及感知相关特性.RHAM 具有支持根据任务关联度、组织结构进行层次感知的特性,从而为群组成员提供有效的感知信息,提高协作效率.

1 群组协作相关定义

为了表达现实工作环境中,群组间协作关系,首先定义一些基本集合 Element(简称 ELE)和基本关系 Relation(简称 REL).

1.1 基本集合(ELE)

定义 1(类(Class)). $c ::= \langle n, P \rangle$.其中:

n :Class 的唯一标识符;

P :表示 Class 的一组属性,用二元组 $\langle v, f \rangle$ 表示, v 表示变量, f 代表一组函数.

其集合称为 Class 集,记为 $C, c \in C$.

定义 2(对象(Object)). $o ::= \langle n, P, Cn \rangle$.其中:

n :Class 的唯一标识符;

P :表示 Object 的一组属性,用二元组 $\langle v, f \rangle$ 表示, v 表示变量, f 代表一组函数;

Cn :Object 对应 Class 的唯一标识符.

其集合称为 Object 集,记为 $O, o \in O$.

定义 3(任务(Task)). $t ::= \langle n, Nc \rangle$.

n :Task 的唯一标识符;

Nc :对应要完成该项任务对应的一组类的标识符.

其集合称为 Task 集,记为 $T, t \in T$.组成任务的原子任务可以定义为 at ,其集合称为原子任务集,记为 $AT, at \in AT$.

定义 4(用户(User)). $u ::= \langle n, P, Nr, Ng \rangle$.其中:

n :User 的唯一标识符;

P :表示 User 的一组属性,用二元组 $\langle v, f \rangle$ 表示, v 表示变量, f 代表一组函数;

Nr :表示 User 可以扮演的一组角色的标识符, $Nr \geq 1$;

Ng :表示 User 从属于 group 的标识符, $Ng \geq 1$.

其集合称为 User 集,记为 $U, u \in U$.

定义 5(代理(Agent)). $a ::= \langle n, U, P, Nr, Ng \rangle$.其中:

n :Agent 的唯一标识符;

U :对应用户标识;

P :表示 Agent 的一组属性,用二元组 $\langle v, f \rangle$ 表示, v 表示变量, f 代表一组函数;

Nr :表示 Agent 可以扮演的一组角色的标识符, $Nr \geq 1$;

Ng :表示 Agent 从属于 group 的标识符,其中 $Ng \geq 1$.

其集合称为 Agent 集,记为 $A, a \in A$.

Agent 是一类面向问题解决的实体.一个 Agent A 是代表参与协同工作用户 A 的特殊对象,在协同工作中,Agent 可以被创建、修改和删除.用户登录系统,系统自动生成一个 Agent 与之对应.当用户退出系统后,Agent 可以根据用户的属性和特征接收发往该用户的消息并进行简单回复.

定义 6(角色(Role)). $r ::= \langle n, M_{in}, M_{out}, Na, No \rangle$.其中:

n :Role 的唯一标识符;

M_{in} :发送到该角色的输入消息;

M_{out} :该角色的输出消息;

Na :一组当前时刻扮演该 Role 的 User、Agent 的集合;

No :一组对象标识,该组对象表示该角色有权限接触的 Class, Group, Role 等.

其集合称为 Role 集,记为 $R, r \in R$.

角色是用户在协作协同中的权利及义务的体现,其不依赖于用户,可以被动态创建、修改、删除及转换.用户在系统中通过扮演的角色访问具体的对象、类、群组及与其他角色交互^[8].

定义 7(工作组(Group)). $g ::= \langle n, j \rangle$.其中:

n :Group 标识符;

j :表示一组 User、Agent 及其扮演角色对 $\langle Nr, Na, n \rangle$. Nr :角色标识符; Na :User、Agent 标识符; n :表示扮演某一角色的 User、Agent 最大可以有 n 个, n 为 0 表示该职位空缺.

其集合称为 Group 集,记为 $G, g \in G$.

在协同工作环境,成员根据组织结构组合成 Group,每个工作任务都涉及 1 个或多个独立的工作组,User 通过在 Group 中扮演角色来执行协作任务,成员间可以在组间或组内进行交互,因此 Group 是由一组角色组成,User、Agent 在组内通过扮演角色来执行协作任务.

1.2 基本关系(REL)

定义 8(操作关系(OPR)). $OPR = \langle AT, C, f_{opr} \rangle, f_{opr}: T \rightarrow 2^C$. f_{opr} 是一个映射,它描述了原子任务与具体的功能类之间的对应关系.

定义 9(角色访问控制关系(RAC)). $RAC = \langle R, AT, f_{rac} \rangle, f_{rac}: R \times t \rightarrow 2^{AT}$. t 为时间元素, f_{rac} 是一个映射,它描述了角色与原子任务之间的关系.

定义 10(角色扮演关系(RAL)). $RAL = \langle R, \{A, U\}, f_{ral} \rangle, f_{ral}: R \times t \rightarrow 2^{\{A, U\}}$.

一个 User 或 Agent 可以扮演多个不同的 Role,但同一时刻一个 User 或 Agent 只能扮演一个 Role;Role 可以同时由 N 个不同的 User 和 Agent 扮演. f_{ral} 是一个映射,它描述了在某一时刻 t 扮演角色 R 的 User 或 Agent 是集合 $\{A, U\}$ 的子集.

定义 11(工作组构成关系(GSL)). $GSL = \langle G, RAL, N \rangle$.

用 Group 模拟现实中的工作组,在每个 Group 中,可以有 N 个角色,每个角色根据角色扮演关系 RAL 可以有多个 Agent 或 User,从而由多个不同的工作组 g 构成现实社会整体环境.比如,可以把计算机系看作一个工作组 Group,计算机系包含系主任、教授、副教授、讲师、助教这样的角色.每个角色都有 n 个相关人员.如果扮演助教角色的工作人员的 n 取值为 0,则表示该系没有助教.

定义 12(原子任务从属关系(ATL)). $ATL = \langle T, AT, N \rangle$.任务 T 由原子任务 AT 构成,一个任务 T 可以分解成 N 个原子任务. $N > 0$ 且 $N \neq 0$.

1.3 群体协作环境(GCE)

定义 13(群体协作环境(GCE(group cooperation environment))). GCE 可以由群组基本元素和群组基本元素间关系组成的二元组来表示,即 $GCE = \langle ELE, REL \rangle$, 其中 ELE 表示构成群组的基本元素(如类,对象,任务,用户,代理,消息,角色,工作组), $ELE = \{C, O, T, U, A, M, R, G\}$; REL 表示基本元素之间的关系,即 $REL = \{OPR, RAC, RAL, GSL, ATL\}$.

群体协作环境是建立群体协作感知模型的基础,通过对 GCE 进行扩充,可以进一步描述群体协作感知内容、感知层次及感知相关特性.

2 支持层次的角色群体协作感知模型(RHAM)

由定义 13 可知,群体协作环境 GCE 描述了构成群组的基本元素及元素之间的关系,为描述群体感知特性提供了基础.

定义 14(RHAM). 用一个三元组来表示基于角色的层次型群体协作感知模型,即 $DHAM = \langle ELE, REL, REL1 \rangle$, 其中 ELE, REL 的定义与定义 13 一致, $REL1$ 表示 GCE 上扩展的群体协作感知规则,如角色任务关系构建规则、感知信息定义规则、感知强度层次定义规则、动态角色转换支持规则.

对 $REL1$ 扩展规则的具体定义如下文所示.

2.1 角色任务关系构建规则

在实际工作中,群体之间的协作主要是通过完成一个共同的目标和任务来实施的.为了完成一个总体任务,首先要将任务分解成原子任务,然后分配给具体的角色,角色再由具体的 User 或 Agent 扮演.此处的任务分解、角色分配及用户扮演需要遵守以下规则:

1) 原子任务存在原则:任何任务在分解成原子任务时,都必须最少存在一个原子任务与之对应,即

$$\forall t(t \in T \rightarrow \exists at(at = \langle T, ATL \rangle \wedge at \in AT)).$$

2) 角色单一规则:一个原子任务只能由一个角色承担,即

$$\forall at(at \in AT \rightarrow (\exists r_1(at = \langle T, RAC_{r_1} \rangle \wedge r_1 \in R) \wedge \exists r_2(at = \langle T, RAC_{r_2} \rangle \wedge r_2 \in R) \rightarrow (r_1 = r_2))).$$

3) 多用户扮演原则:一个角色可以由多个不同的用户或代理来扮演,即

$$\forall r \in R, \exists AU \subseteq \{A, U\} \rightarrow f_{at}(r) = AU.$$

AU 是集合 $\{A, U\}$ 的子集, A, U 分别为 Agent 集合及 User 集合.

4) 任务单一原则:一个角色同一时刻只能处理一个原子任务,即

$$\forall r(r \in R \rightarrow (\exists at_1(r = \langle T, RAC_{at_1} \rangle \wedge at_1 \in AT) \wedge \exists at_2(r = \langle T, RAC_{at_2} \rangle \wedge at_2 \in AT) \rightarrow (at_1 = at_2))).$$

5) 原子任务执行原则:每个原子任务都至少有一个 Class 实现与之对应,扮演执行该原子任务 Role 的 User 或 Agent 通过执行对应的 Class 的动态实例 Object 来完成该原子任务,即

$$\forall at(at \in T \rightarrow \exists c(c = \langle T, OPR \rangle \wedge c \in C)).$$

根据上述规则,可以构建角色——任务图,如图 1 所示.

由图 1 可知,该任务 T 由 $\{T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10\}$ 组成,以原子任务 $T2$ 为例可知,与 $T2$ 有直接协作关系的原子任务是 $T1$ 及 $T5$,负责原子任务 $T2, T1, T5$ 的角色分别是 B, C, A ,扮演角色 A, B, C 的 User 及 Agent 分别是 $Aa, Ab, Ac, Ba, Bb, Bc, Ca, Cb, Cc$.

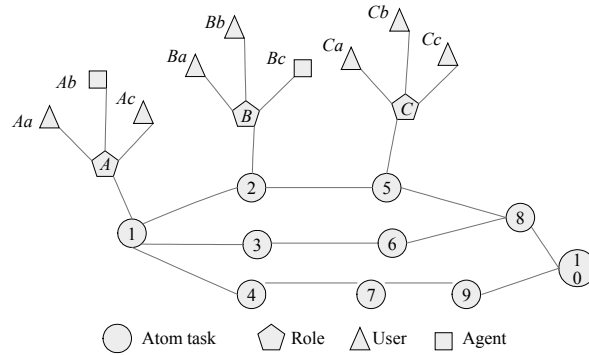


Fig.1 Task decomposition graph

图1 角色任务分解图

2.2 感知信息定义规则

在群体协作中,为完成共同协作的工作任务,协作者之间常常互相发送信息来感知协作环境和其他协作者的信息及状态,或通知其他方(外界)自身信息的变更情况.因为在实际工作中角色相对于用户来说更具有稳定性和可管理性,所以在考虑协作者之间的信息交互时,采用通过协作者扮演的角色来沟通.

为方便表示角色之间交互信息,定义 Message 如定义 15 所示:

定义 15(消息(Message)). $m ::= \langle n, V, P, t \rangle$, 其中:

n : Message 的唯一标识符;

V : 表示接受 Message 的角色或者 V 为空;

P : 消息体对应的对象, $P \in O$, 该对象存储了具体的感知内容;

t : 表达该消息发送目的地的标签, 可以选择 *any, some, all* 三种类型.

其集合称为 Message 集, 记为 $M, m \in M$.

Any 表示 Message 发往任何一个扮演角色 V 的 Agent 或 user 即可; *some* 表示 Message 发往 *some* 个扮演角色 V 的 Agent 或 user; *all* 表示 Message 发往所有扮演角色 V 的 Agent 和 user. 如果接受 Message 的角色的 V 为空, 则表示该消息发往目的与发送方处于同一 Group 的所有角色对应的全部 user 和 Agent, 是一个组播信息.

2.3 感知范围层次定义规则

考虑感知范围时, 可以从消息的发送方和接受方所在的工作组 Group 是否相同及双方的任务相关性有多大来判断. 如图 1 所示, 对执行原子任务 2 的角色 B 来说, 扮演角色 B 的 User 及 Agent 此时有 Ba, Bb, Bc 用户对象或角色对象. 那么在用户 Ba 在选择感知范围时可以有以下几个层次:

1) 同一角色内部: Ba 将感知信息发送给与扮演执行同一个原子任务的角色的其他 User 和 Agent. 对应图 1, Ba 可以发送给 Bb, Bc .

2) 直接任务关联角色: 扮演角色 B 的 User 或 Agent 可以选择与原子任务 2 直接关联的任务 1、任务 5 对应的角色 A 、角色 C 来发送消息. 如定义 15 所示, 发送消息时可指定标签 t 的值为 *any, some* 或 *all*. 如果选择接收方为 A , t 的值为 *any*, 表示消息将发送给此时扮演角色 A 的用户 Aa, Ab 及 Ac 中的任意一个; 如果 t 的值为 *some*, 表示消息将发送给扮演 A 的 *some* 个 User 或 Agent; 如果 t 的值为 *all*, 表示消息将发送给扮演 A 的所有 User 或 Agent.

3) 相关任务关联角色: 可以发送同属一个任务 T 的所有子任务对应的角色, 对于角色 B 来说, 对应其他子任务 $\{T1, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9\}$ 的负责角色都可以发送, 发送消息时也可以指定标签 t 的值为 *any, some* 或 *all*, 标签 t 值的含义与上面定义相同.

4) 同一工作组内部角色: 扮演角色 B 的 User 或 Agent 可以选择跟消息发送方同工作组 Group 的其他角色, 无论该角色与发送方有无任务关联关系.

3 RHAM 的应用

在 RHAM 模型的实现应考虑以下问题:1) 分布式协同的普遍性,此种协作者之间的通信、管理等要求; 2) 多样化感知技术的需求;3) 相关数据结构、算法和协议的分析设计.受篇幅所限,关于此方面的问题,我们将另文专门描述.

群体感知是 CSCW 系统和群件系统中的重要组成部分,是有效协同合作的前提条件,所以感知模型理论可以应用于所有的 CSCW 系统和群件系统.但是由于构建感知模型的侧重点不同,所以对于不同的运用场景,模型应用的效果也会有差异.RHAM 模型以角色作为协作基础,支持不同层次的群体感知信息刻画,可以很好地用于下列领域:

- 1) 远程协作办公平台,经济全球化的发展,企业日益分散的物理办公地点导致该方面的应用需求旺盛.
- 2) 远程教育及远程医疗领域,该类系统要求很好的交互和协作性,从而决定系统群体感知特性必不可少.
- 3) 电子商务领域、虚拟企业、供应链管理等系统的发展提出了对系统支持群体感知特性更多的需求.

在分析和建立 RHAM 模型后,我们将其应用到本实验室的个人科研信息工作平台项目(personal research information workspace,简称 PRIW)中来.PRIW 是研究高校科研活动背景及个人信息的角色特点,按照 RHAM 模型定义构造的以角色为协作基础的平台,为科研人员、学生等的协作提供共享工作空间及区分层次的感知方式.其具体架构如图 2 所示,其中具体的架构设计及实现细节,将另文专门描述.

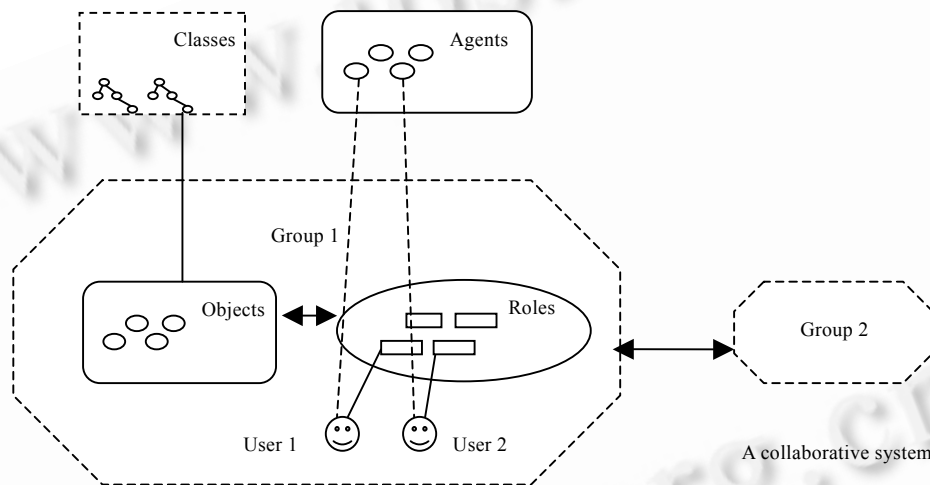


Fig.2 Structure of RHAM
图 2 RHAM 协作系统结构图

4 结束语

近年来,关于 CSCW 领域中群体感知的研究受到不少人的关注,本文在已往研究的基础上,以角色作为协同工作的核心,构建基于角色的协同工作环境,并根据实际工作中角色之间协作关系的紧密度不同,将协作者的感知信息进行分层处理,提出了一种基于角色的层次型群体协作感知模型 RHAM,并在本实验室的 PRIW 项目中将该模型加以应用.

在模型 RHAM 中,是支持用户 Agent 的,但是 Agent 具有的功能非常有限,只能在用户退出系统后代替用户做一些简单的回复和操作.在以后的研究中,我们将进一步研究在群体感知中,怎样进一步提高 Agent 的学习、行为、感知环境及与环境的交互能力.

References:

- [1] Dourish P, Bellotti V. Awareness and coordination in shared workspaces. In: Proc. of the CSCW'92. Toronto: ACM Press, 1992. 107-114.
- [2] Prinz W. NESSIE: An awareness environment for cooperative settings. In: Proc. of the European Conf. of CSCW. 1999. 391-410.
- [3] Tang Y, Ji GF, Zhu J. Cooperation Software Technology and Application. Beijing: China Machine Press, 2007 (in Chinese).
- [4] Drury J, William SMG. A framework for role-based specification and evaluation of awareness support in synchronous collaborative applications. In: Proc. of the 11th IEEE Int'l Workshops on Enabling Technologies (WETICE 2002). Pittsburgh: IEEE Press, 2002. 12-17.
- [5] Benford SD, Fahlen LE. A spatial model of interaction in large virtual environments. In: Proc. of the 3rd European Conf. on CSCW (ECSCW'93). Milan: Kluwer Academic Publishers, 1993. 109-124.
- [6] Rodden T. Populating the application: A model of awareness for cooperative applications. In: Proc. of the ACM CSCW'96 Conf. on Computer Supported Cooperative Work. Boston: ACM Press, 1996. 87-96.
- [7] Ge S, Ma DF, Huai JP. A role-based group awareness model. Journal of Software, 2001,12(6):864-869 (in Chinese with English abstract).
- [8] Zhu HB, Zhou MC. Role-Based collaboration and its kernel mechanisms. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics—Part C: Applications and Reviews, 2006,36(4):579-580.

附中文参考文献:

- [3] 汤庸,冀高峰,朱君.协同软件技术及应用.北京:机械工业出版社,2007.
- [7] 葛声,马殿富,怀进鹏.基于角色的群体感知模型.软件学报,2001,12(6):864-869.



朱君(1976—),女,四川营山人,博士生,讲师,主要研究领域为群体感知,计算机协同.



汤庸(1964—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为时态数据库,CSCW.