

基于角色的群体感知模型^{*}

葛声, 马殿富, 怀进鹏

(北京航空航天大学 计算机科学与工程系, 北京 100083)

E-mail: gs@cscw.buaa.edu.cn

http://www.cscw.buaa.edu.cn

摘要: 群体感知理论的研究与应用是计算机支持协同工作的重要研究内容之一。在研究分析了当前群体感知模型研究工作现状的基础上, 提出了一种基于角色的群体感知模型。该模型通过分解群组任务, 把群组成员扮演的角色细化, 对成员的具体活动进行基于角色的集合划分, 并根据角色之间的差别程度来确定成员对不同活动的感知强度。最后对该模型的实现机制和应用领域进行了分析, 并讨论了下一步研究中需要解决的若干问题。

关键词: 计算机支持协同工作; 感知; 群体感知模型; 角色

中图法分类号: TP18 **文献标识码:** A

自 20 世纪 80 年代中期以来, 计算机支持协同工作(CSCW)技术的研究引起国内外学者的高度重视, 取得了较大进展, 尤其是近年来, 随着网络技术和相关学科研究应用的深入, 研究人员发现, 面向群体的群体感知理论和实现技术是协同工作中必不可少的组成部分^[1,2]。感知是主体对环境状态的了解和认识, 群体感知是群体对群体所在环境状态的了解和认识, 包括对群组整体概况的了解、对群组个体成员行为的知晓等等。在协同工作中, 群体感知是协作的前提条件, 是降低协作成本、提高协作效率和减少协作冲突的有效手段。

当前, 群体感知的研究内容主要分为感知模型和实现方法两个方面, 其中群体感知模型主要研究群体感知的形式描述和性质刻画, 如 Benford 和 Fahlen 的基于空间对象的感知模型^[3]以及 Tom Rodden 的面向协同应用的感知模型^[2]; 而群体感知实现方法主要关注具体的感知功能实现技术, 即表现感知信息各种人机界面技术, 如电子指针、雷达视图、远程视频处理等等^[4,5], 很多 CSCW 系统采用了这些技术来表现感知信息, 如 DICIPLE^[6], GROUPKIT^[7], WORLD^[8], COCA^[9] 等系统。

目前, 感知模型研究还处于起步阶段, 文献^[3]的空间对象感知模型利用对象在共享工作空间中的位置信息来构造参与者的兴趣(focus)空间和影响(aura)空间, 通过这些空间上对象集合的交、并关系运算来刻画两个参与者之间的感知强度。在文献^[2]的协同应用感知模型中, Tom Rodden 把空间对象感知模型加以扩充和解释, 用于刻画非共享工作空间结构下协作应用程序之间的关系, 通过应用程序之间的信息流程图来刻画感知强度。

多成员组成的群组具有一定的群组结构, 群组结构规范着各种群组行为, 而群体感知作为一种群组行为, 必然被群组结构所约束。因此, 我们可以采用群组中的任务、角色和活动等作为基本要素

* 收稿日期: 2000-08-11; 修改日期: 2001-03-02

基金项目: 国家 863 高科技发展计划资助项目(863-306-02-01); 国家自然科学基金资助项目(60073006)

作者简介: 葛声(1973—), 男, 安徽人, 博士生, 主要研究领域为 CSCW, 分布式计算; 马殿富(1960—), 男, 辽宁人, 博士, 副教授, 主要研究领域为 CSCW, 知识工程, 海量信息处理; 怀进鹏(1962—), 男, 山东人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为计算机软件, CSCW, 网络安全。

来描述群组结构,并以此为基础构造群体感知模型,以便精确地刻画群组协作过程中的群体感知特性.上述两种群体感知模型^[2,3],因为没有考虑群组结构在群体感知中的约束作用,所以只能粗略地分析群组中的感知特性,因而存在着很大的不足.通过分析研究,我们以角色为基础对群组结构和感知行为进行刻画,并根据角色之间的差别程度进行感知强度判定,以精确地刻画协作过程中的感知特性,进而提出了一种基于角色的群体感知模型(role based awareness model,简称RAM).本文我们给出了该模型的描述,对该模型的实现机制和应用领域进行了分析,并讨论了下一步研究中需要解决的若干问题.

1 基本概念

在现实生活中,群体中任何目标的具体执行过程是通过任务分解、角色分配及活动执行完成的.因此,可以将群组、任务、角色、活动和对象之间看成是一种层次映射关系来刻画现实中的群组结构.即一个群组可以视为多个成员的集合,成员间通过任务分解和包含建立相互关系,而任务涉及不同角色,角色则对应成员活动集合,活动与具体对象密切相关,进而基于群组结构规范群组的行为.基于这种方法,我们可以通过抽取角色特性来分析和研究群体感知特征.

为了便于描述群组结构,本文统一采用大写字母/字符串来表示集合或关系,用小写字母/字符串表示集合中的元素,用首字母大写的字符串表示函数或关系运算.

定义 1(基本集合). 对象集合 OBJ ,方法集合 MET ,角色集合 ROL ,目标集合 TAR ,成员集合 USR ,时间点集合 TIM .

定义 2(基本关系).

(1) 操作关系 $OPR = \langle OBJ, MET, f_{opr} \rangle, f_{opr}: OBJ \rightarrow 2^{MET}$ 是一个映射,它描述了一个对象对应的操作方法集合.

(2) 访问控制关系 $ACL = \langle ROL, OPR, f_{acl} \rangle, f_{acl}: ACL \rightarrow 2^{OPR}$ 是一个映射,特定角色的访问控制为 $ACL_{rol} = \langle rol, OPR, f_{acl} \rangle, rol \in ROL, ACL_{rol} \subseteq ACL$,访问控制描述了角色和操作之间的对应关系.

(3) 活动关系 $ATN = \langle ROL, TIM, OPR, f_{atn} \rangle, f_{atn}: ROL \times TIM \rightarrow 2^{OPR}$ 是一个映射,特定时刻下特定角色的活动为 $ATN_{(rol, tim)} = \langle rol, tim, OPR, f_{atn} \rangle, rol \in ROL, tim \in TIM$,特定角色的活动子集为 $ATN_{rol} = \langle rol, TIM, OPR, f_{atn} \rangle, rol \in ROL, ATN_{rol} \subseteq ATN$,活动关系描述了角色在某一时刻开始的对象操作.

(4) 目标结构关系 $TGT = \langle TAR, f_{tgt} \rangle, f_{tgt}: TAR \times TAR \rightarrow \{True, False\}$ 是一个映射,目标结构关系描述了群组中不同目标之间的亲子关系,即两个目标之间存在直接父子关系, f_{tgt} 为 True.反之, f_{tgt} 为 False.

(5) 任务关系 $TSK = \langle TAR, ATN, f_{tsk} \rangle, f_{tsk}: TAR \rightarrow 2^{ATN}$ 是一个映射,任务具有目标属性,目标关系决定了任务的分解和组成关系,任务涉及的活动具有明确且唯一的角色属性.

(6) 角色扮演关系 $ACT = \langle USR, ROL, f_{act} \rangle, f_{act}: USR \rightarrow 2^{ROL}$ 是一个映射,特定成员的角色扮演集合为 $ACT_{usr} = \langle usr, ROL, f_{act} \rangle, usr \in USR, ACT_{usr} \subseteq ACT$,角色扮演关系描述了群组成员在群组活动中担任角色的情况.

定义 3(群组结构).

群组结构 GA (group architecture)是由群组元素和元素间关系构成的二元组,即 $GA = (E, \rho)$,其中 E 表示构成群组的元素(如目标、成员、角色、对象、方法和时间), $E = \{TAR, USR, ROL,$

OBJ, MET, TIM }; \mathcal{R} 表示 E 上的关系, 即元素之间的操作关系、访问控制关系、活动关系、目标结构关系、任务关系和角色扮演关系, $\mathcal{R} = \{OPR, ACL, ATN, TGT, TAR, ACT\}$.

群组结构 GA 是建立群体感知模型的基础, 通过对群组结构 GA 的扩充, 可以刻画群组中的角色特性和相关的群体感知特性(如角色活动轨迹、感知强度判定等).

2 基于角色的群体感知模型 RAM

由定义 3 可知, 群组结构 GA 描述了构成群组的基本元素和关系, 提供了刻画群体感知的基础, 为了有效地刻画群体感知特性(如感知强度等), 我们通过群组成员的角色特性刻画群组行为中的群体感知特性, 进而基于角色间感知差别的程度精确地判定协作中的感知强度, 构造基于角色的群体感知模型.

定义 4. 一个基于角色的群体感知模型 RAM 定义为三元组, 即 $RAM = \langle E, \mathcal{R}, \mathcal{R}_1 \rangle$, 其中 E 和 \mathcal{R} 的含义同定义 3, \mathcal{R}_1 表示 GA 上扩充的群体感知规则、函数和关系, 即任务分解规则、个体角色活动轨迹集合、感知强度计算函数、对象合作关系.

在定义 4 中, \mathcal{R}_1 的具体内容如下: 任务分解规则是基于角色定义的任务和活动分解的规则, 为基于角色的感知强度计算提供基础; 个体角色活动轨迹集合刻画了任一时刻的感知活动空间; 感知强度计算函数则定义了角色对活动、角色对角色、成员对角色、成员对活动的感知强度以及成员的可感知活动空间; 对象合作关系描述了对象之间的关联关系, 提供了感知模型的底层实现基础.

2.1 任务分解规则

任何任务都可视为与目标相关的一系列活动的集合, 这些活动可以根据目标的不同进行分解, 因此, 任务分解规则包括如下 3 个基本规则:

定义 5(存在规则 ER). 对群组中的任一目标, 至少存在一个对应的任务分解, 一个任务分解是目标与目标关联的活动集合, 即

$$\forall tar (tar \in TAR \rightarrow \exists tsk (tsk = \langle tar, ATN, f_{tsk} \rangle \wedge tsk \in TSK)).$$

定义 6(角色单一规则 RR). 对于一个任务分解, 其中涉及的角色有且只能有一个.

$$\forall tsk (tsk \in TSK \rightarrow ((\exists rol_1 (tsk = \langle TAR, ATN_{rol_1}, f_{tsk} \rangle \wedge rol_1 \in ROL)$$

$$\wedge \exists rol_2 (tsk = \langle TAR, ATN_{rol_2}, f_{tsk} \rangle \wedge rol_2 \in ROL)) \rightarrow (rol_1 = rol_2)).$$

定义 7(活动单一规则 AR). 对于一个活动, 只能属于一个任务分解.

$$\forall atn (atn \in ATN \rightarrow ((\exists tsk_1 (tsk_1 = \langle TAR, atn, f_{tsk_1} \rangle \wedge tsk_1 \in TSK)$$

$$\wedge \exists tsk_2 (tsk_2 = \langle TAR, atn, f_{tsk_2} \rangle \wedge tsk_2 \in TSK)) \rightarrow (tsk_1 = tsk_2)).$$

为了刻画和描述活动执行者的角色差别以及角色与活动的关联关系, 我们根据上述规则给出一种基于角色的任务分解树, 如图 1 所示.

在图 1 中, 遵循 ER 规则, 目标 T 划分为 3 个任务分解, T 和 T 相关的活动、 T_1 和 T_1 相关的活动、 T_2 和 T_2 相关的活动. 由 RR 规则可知, T 和 T 相关的活动对应惟一角色 R . 由 AR 规则可知, T 相关的活动在整个图中是惟一的.

在 Grutin^[4]的观察和实验中总结了协作中 3 种常用的活动类型: 共同行动、交替活动和生产者-消费者活动. 共同行动是指该活动一个人不能独立实现, 需要多个人同时操作. 交替活动是指任务需要多个人的单独活动, 每个活动都和先前的若干活动相关. 生产者-消费者活动是指在任务中, 活动被分为两种, 一个人产生的对象和信息是另一个人所消耗的. 对于这 3 种协作活动类型,

对图 2 中的活动轨迹,我们描述成员 *usr* 的一些活动轨迹集合如下:

在时间为 *tim* 时的个体活动空间集合 $ARM = \sum_{rol} ATN_{(rol,tim)}, (usr, rol, fact) \in ACT$; 个体活动

轨迹集合 $TRE = \sum_{rol} ATN_{rol}, (usr, rol, fact) \in ACT$.

在基于三维空间表示多个成员的角色-活动轨迹时,我们可以通过活动的一致性和角色的相关性来刻画一个活动对不同个体的感知强度,但这种描绘过于复杂,因此我们只采用个体角色-活动轨迹图来构造不同时刻的个体活动空间,采用下面的感知强度计算函数来计算某一角色对一个活动的感知强度、不同角色之间的感知强度、一个特定成员对某一角色的感知强度以及一个特定成员对某一活动的感知强度.

2.3 感知强度计算函数

通过对角色-任务分解树中角色的提取,我们可以构造具有感知权值的角色结构图(如图 3 所示),并以此为基础来定义和解释群体中的角色差别函数和感知强度函数.我们把感知强度进一步分为角色-角色间的感知强度、角色-活动间的感知强度、成员-角色间的感知强度和成员-活动间的感知强度.

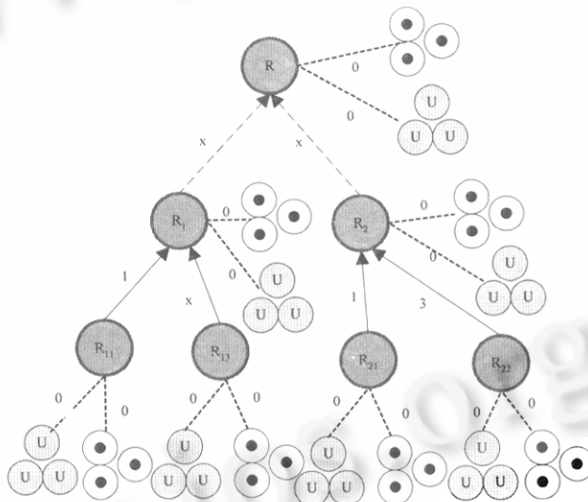


Fig. 3 A role-structure figure with awareness weight

图 3 具有感知权值的角色结构图

在计算感知强度时,我们假设:当两个成员 *usr₁* 和 *usr₂* 具有相同的角色时,他们对彼此活动的感知强度最大;当两个成员 *usr₁* 和 *usr₂* 具有不同的角色 *rol₁* 和 *rol₂* 时,他们对彼此活动的感知强度和角色 *rol₁*, *rol₂* 之间的差别成一定的反比关系.由此假设,我们定义以下一系列计算函数以便进行感知强度的计算.

定义 8. 任意两个角色 *rol₁*, *rol₂* 之间的角色差别 $Dif(rol_1, rol_2) = Len(rol_1, rol_2)$, $Len(rol_1, rol_2)$ 表示角色 *rol₁* 到角色 *rol₂* 路径权值(如图 3 所示). 当 $rol_1 = rol_2$ 时, $Len(rol_1, rol_2) = 0$.

定义 9. 任意两个角色 *rol₁*, *rol₂* 之间的角色差别 $Dif(rol_1, rol_2)$ 和感知强度 $Awe(rol_1, rol_2)$ 存在以下关系:

$$Awe(rol_1, rol_2) = \frac{k}{Dif(rol_1, rol_2) + 1} = \frac{k}{Len(rol_1, rol_2) + 1}$$

其中 k 是经验系数(下同).

定义 10(感知强度计算函数).

(1) 角色 rol 对活动 atn 的感知强度

$$Awe(rol, atn) = \frac{k}{Dif(rol, GetRol(atn)) + 1} = \frac{k}{Len(rol, GetRol(atn)) + 1},$$

其中 $GetRol(atn)$ 表示活动 atn 的角色属性, 返回执行该活动的角色.

(2) 成员 usr 对角色 rol 的感知强度

$$Awe(usr, rol) = \text{MAX}\{Awe(rol_i, rol) \mid (usr, rol_i, f_{act}) \in ACT_{usr}, i=1, 2, 3, \dots\}.$$

(3) 成员 usr 对活动 atn 的感知强度

$$Awe(usr, atn) = \text{MAX}\{Awe(rol_i, GetRol(atn)) \mid (usr, rol_i, f_{act}) \in ACT_{usr}, i=1, 2, 3, \dots\}.$$

在上述定义中, 需要注意的是: (1) 在图 3 中, 一些路径上的感知权值是可变的, 这表明其权值可以根据不同的角色类型动态地改变. 具体表现为某些子任务角色中的活动(主要是进程相关的活动)对于其上级角色来讲感知强度也是为 k 的. (2) 角色之间的感知强度是不对称的, 即 $Awe(rol_1, rol_2) \neq Awe(rol_2, rol_1)$. 通常, 下级角色对上级角色活动的感知强度为 k , 而上级角色对下级角色的感知强度小于 k . (3) 一个成员可能拥有多个角色, 因此无法精确地判断两个成员之间的感知强度, 但可以比较精确地判断一个成员对某一角色、某一活动的感知强度.

计算感知强度的用途在于: 一方面可以通过设置某一角色可感知强度的大小动态地改变对相关活动的具体感知范围; 另一方面, 可以通过对不同角色感知信息的统计分析来调整群组内部的任务分解和人员安排.

定义 11(动态调整的成员感知活动空间). 设 x 是成员 usr 对活动感知强度的阈值, 那么成员可感知的活动集合 AAX 为

$$AAX = \{atn \mid Awe(usr, atn) \geq x, x \in [0, 1], atn \in ATN\}.$$

2.4 对象合作关系

由于对象间通常存在着关联关系(称为合作关系), 它具体描述了对象之间的交互情况(如消息发送和接受等), 反映了系统中对象之间的通信过程. 因此, 通过对象合作关系可以考察活动之间的相关性, 以保证不同角色和任务之间进行感知信息传递, 维护整个群组感知. 对象合作关系的描述如下:

$$OOR\langle OBJ, MET, f_{oor} \rangle, f_{oor}: OBJ \times OBJ \rightarrow MET$$

是一个映射, 当两个对象存在合作关系时, 可以通过相关的方法来反映.

同时, 我们采用 UML 对象合作图来描述对象合作关系, 对象合作图通过对象间的通信方法描述系统中的通信交互过程.

3 实现机制与应用

3.1 实现机制

RAM 模型的实现需要解决以下问题: (1) 协同工作的分布性, 需要考虑分布式多节点的通信、管理要求. (2) 开放性, RAM 实现必须保证开放性, 便于与上层协作应用进行交互和操作. (3) 灵活性, RAM 实现中需要提供灵活地调节感知特性的手段. (4) 相关数据结构、相关算法和协议的分析设计. 由于篇幅有限, 下面仅就实现机理进行介绍.

在 RAM 的系统结构中,我们针对协同工作的分布性要求,采用一种总线方式来汇接涉及协作的不同节点,每个节点运行一个 RAM 感知模型引擎,节点之间通过群组通信接口进行通信;针对开放性要求,节点和协作应用程序之间通过定义标准的 RAM 系统调用 API 进行交互和操作;针对灵活性要求,RAM 在实现中采用策略规则方式提供感知机制的调整;在实现机制上,系统中每个节点由 6 部分组成:角色任务树、角色模板库、策略规则库、RAM 协议、感知模型引擎和 RAM 系统调用 API. 其中角色模板库和策略规则库用于角色任务树的构造,RAM 协议规范角色更新及管理过程,感知模型引擎处理来自协作应用接口的事件或群组通信消息,RAM 系统调用 API 为具体协作应用提供交互及操作的接口.

3.2 应用分析

因为群体感知是各种 CSCW 系统和群件系统的必要组成部分,所以感知模型理论可以应用于所有的 CSCW 系统和群件系统,但在实际应用中,由于构建感知模型的侧重点不同,所以在不同的应用场景,感知模型应用的效果也有所差异. 我们提出的 RAM 是以任务角色分解为基础进行群体感知刻画的,能够很好地应用于下列领域:

(1) OA 领域,在集成办公自动化领域存在着 workflow、项目协作管理、群体决策、知识管理等多种协作应用系统,可以通过 RAM 模型进行细节刻画角色及被执行的任务.

(2) 电子商务领域,协同商务正逐渐成为主流,RAM 模型可以用于虚拟企业(virtual enterprise,简称 VE)、供应链管理(supply chain management,简称 SCM)等一系列应用系统中.

(3) 远程教育和远程医疗领域,这类系统的互动和协作特点,决定了应用群体感知模型的可能性和必要性.

总之,基于 RAM 进行群体感知刻画,一方面能够给成员提供更好的灵活性,方便个性化信息的定制,进行合理的协作交互,从而大幅度地提高工作效率;另一方面能够通过各种角色、任务相关的感知强度分析、感知信息量化指标统计,合理地群组、任务、角色进行动态调整,为群体改进自身行为提供一种可度量信息.

4 相关工作比较

在 Benford 和 Fahlen 的空间对象感知模型中,只是简单地利用对象在共享工作空间中的位置信息来构造和刻画感知强度,在 Tom Rodden 的协同应用感知模型中,只是通过应用程序之间的信息流图来刻画感知强度,这两种模型共同的缺点在于只能粗略地刻画感知强度,并不能根据群组的结构特征来描述和计算感知强度. 我们提出的基于角色的群体感知模型 RAM,通过定义群组中活动、角色、任务、目标之间的相互关系,不仅可以刻画群组结构和感知行为,对角色间的差别程度进行感知强度判定,以精确地刻画协作过程中的感知特性,而且在 CSCW 系统的具体实现过程中,可以根据 RAM 模型的分析方法和计算规则提供灵活有效的群体感知功能实现机制.

5 结束语

近年来,有关群体感知问题的研究工作逐渐受到国内外研究人员的关注. 本文在以往研究的基础上,从群组结构分析入手,通过任务角色细分方法对群体中的活动进行分类刻画,提出了一种基于角色的群体感知模型,能够较为精确地定义和判定群体中的感知特性.

由于基于角色的群体感知模型是以任务角色分解为基础进行群体感知刻画的,而现实生活中的任务、角色和活动都具有不断动态变化的特性,所以需要进一步通过过程描述或协议描述来刻画

RAM 的动态变化过程及规律. 同时, 基于该模型的计算机协同工作系统及其应用也是我们将要研究的问题之一.

References:

- [1] Gutwin, C., Greenberg, S. Effects of awareness support on GroupWare usability. In: Proceedings of the ACM CHI'98. Los Angeles; ACM Press, 1998. 511~518. <http://www.cs.usask.ca/faculty/gutwin/publications.html>.
- [2] Rodden, T. Populating the application: a model of awareness for cooperative applications. In: Proceedings of the ACM CSCW'96 Conference on Computer-Supported Cooperative Work. Boston, MA; ACM Press, 1996. 87~96. <http://www.acm.org.dl>.
- [3] Berford, S. D., Fahlen, L. E. A spatial model of interaction in large virtual environments. In: Proceedings of the 3rd European Conference on CSCW (ECSCW'93). Milan, Italy; Kluwer Academic Publishers, 1993. 109~124.
- [4] Gutwin, C. Workspace awareness in real-time distributed groupWare [Ph.D. Thesis]. 1997. <http://www.cs.usask.ca/faculty/gutwin/publications.html>.
- [5] Gutwin, C., Greenberg, S. Design for individuals, design for groups: tradeoffs between power and workspace awareness. In: Proceedings of the ACM CSCW'98 Conference on Computer Supported Cooperative Work. New York; ACM Press, 1998. 207~216. <http://www.acm.org.dl>.
- [6] Marsic, I. DISCIPLINE: a framework for multimodal collaboration in heterogeneous environments. *ACM Computing Surveys*, 1999, 31(2es):4. <http://www.caip.rutgers.edu/disciple/>.
- [7] Dorobonceanu, B., Marsic, I. A desktop design for synchronous collaboration. In: Proceedings of the Graphics Interface Conference (GI'99). 1999. 27~35. <http://www.caip.rutgers.edu/disciple/publications>.
- [8] Li, D., Muntz, R. COCA: collaborative objects coordination architecture. In: Proceedings of the ACM CSCW'98 Conference on Computer Supported Cooperative Work. New York; ACM Press, 1998. 179~188.
- [9] Tim Mansfield, Simon Kaplan, Geraldine Fitzpatrick, *et al.* Toward locales: supporting collaboration with orbit. In: *Information and Software Technology*. Elsevier Science Publishers, 1999. 307~302.

A Role-Based Group Awareness Model*

GE Sheng, MA Dian-fu, HUAI Jin-peng

(Department of Computer Science and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

E-mail: gs@cscw.buaa.edu.cn

<http://www.cscw.buaa.edu.cn>

Abstract: In CSCW community, group awareness model and its application are an important research field. A role-based group awareness model on the basis of previous research is presented in this paper. Through task disassociation and role subdivision, this model can be used to divide role-based user actions collection. By calculating the difference of roles, the authors can get the awareness-strength between user and action. Finally, the implementation mechanism, application and some related questions in the future research are discussed.

Key words: computer supported cooperative work; awareness; group awareness model; role

* Received August 11, 2000; accepted March 2, 2001

Supported by the National High Technology Development Program of China under Grant No. 863 306-02-01; the National Natural Science Foundation of China under Grant No. 60073006