

# 基于行为的移动协同感知模型研究<sup>\*</sup>

胡益锋 鲁东明 盛宇 袁庆曙

(浙江大学人工智能研究所 杭州 310027)

**摘要** 移动协同一般受到资源的限制和移动环境的干扰,影响协同工作的有效进行。基于行为(Activity)设计移动协同系统,以行为为中心构建系统,可以克服上述困难。其中,如何提供行为所围绕的感知信息是关键所在。文章提出了一个基于行为的移动协同感知模型,通过定义行动者实体、目标实体、行为阶段实体等一组感知实体对象及感知行为服务,来提供基于行为的感知信息,并在原型系统中进行了实现。模型提供了移动用户在协同工作行为中群组工作(Team Work)的所有感知要素,从而支持了用户有效完成协同工作。

**关键词** 行为理论,计算机支持的协同工作,移动协同工作,移动,感知,感知模型

## Activity Based Awareness Model Research for Mobile CSCW

HU Yi-Feng LU Dong-Ming SHENG Yu YUAN Qing-Shu

(Institute of Artificial Intelligence, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

**Abstract** Mobile CSCW is normally limited by resources and is bothered by mobile environment, thus would influence the efficient processing of cooperating work. Those challenges would be recovered by the CSCW system designed basing on and centralized by activity, in which the key point is how to supply the awareness information for activity. This paper presents a mobile CSCW awareness model here, which provides the activity awareness information by defining a series of entity objects, including actor entity, object entity and activity stage entity etc., together with their awareness activity service, and implemented in a prototype system. This model provides the awareness info. needed for mobile team work, thus efficiently support the user to accomplish the cooperating work.

**Keywords** Activity theory, Computer-Supported Cooperative Work (CSCW), Mobile CSCW, Mobile, Awareness, Awareness model

## 1 引言

随着无线网络技术和移动便携设备终端技术的发展,使得“随时随地”与同事或其他公司、组织之间进行协同工作更加普遍。感知(Awareness)是协同工作中的重要概念,通常被定义为“了解环境中发生的事情”。Paul Dourish 和 Victoria Bellotti 在分布式群组工作中,定义感知为“了解其他人的活动,这些活动为自己的活动提供上下承接的场景”<sup>[1]</sup>。在移动协同工作中,用户往往处于信息缺失的异地漫游环境中,因而感知对于其完成协同工作尤其重要。

在异地、分布式协同系统中,人们通常研究如何构建逼近面对面(face to face)的同一地(co-locate)的协同环境,感知的研究也围绕上述协同环境的构建进行,例如对工作空间感知<sup>[2]</sup>、登场感知(Presence Awareness)<sup>[3]</sup>、行为感知(Activity Awareness)<sup>[4]</sup>等的研究。然而限于移动协同用户物理环境、移动终端资源、移动工作的特点,这些系统并不能很好地应用于移动协同工作中,不能真正满足移动用户的协同工作的需求。本文介绍一个基于行为的移动协同感知模型,该模型支持基于行为的移动协同系统,以系统中的行为为感知的主体对象,允许用户感知所有关于此行为的感知信息,并协助用户有效完成行为所赋予的任务。

文章第2节对行为理论及其在CSCW中的应用做一个简单的介绍,第3节介绍移动协同系统中感知的作用以及相关概念,在第4节介绍基于行为分析的移动协同感知模型及

其原型实现,并在最后一节进行总结和展望。

## 2 行为理论及其在CSCW中的应用

### 2.1 行为理论

行为理论(Activity Theory, AT)是一个以人的行为活动作为基本分析单元描述人们学习以及社会发展中的信息处理过程的通用概念框架。近十年来,AT在CSCW、HCI(Human-Computer Interaction,人机接口)、信息系统(Information Systems, IS)等领域得到了广泛研究。

### 2.2 行为理论在CSCW中的应用

术语“计算机支持的协同工作”表明“工作”为主要的元素而“计算机支持的协同”为次要元素,特别是当人们认同“任何一个工作都蕴含着协同的元素”<sup>[5]</sup>的观点时。基于这样的认识,行为理论主要作为一个分析方法框架得到人们的研究。近年来,人们开始研究将AT应用于CSCW的实用研究方法学、实用需求分析及设计方法学中,例如研究AT作为CSCW系统开发的方法学和框架,以及协同工作行为研究等<sup>[6]</sup>。

## 3 移动协同系统中的感知分析

### 3.1 移动协同系统中感知的作用

随着经济活动和技术的不断发展,工作活动不再受限于办公室或者会议室,而允许人们在不同地点进行协同工作。在这样的场景中,感知信息成为支持分布协同群组工作的重要组件之一。感知信息提供了独立于应用和地理分布的群组

<sup>\*</sup>国家自然科学基金项目(No. 60273055)、国家重点基础研究发展规划项目(No. 2002CB312106)。胡益锋 硕士研究生,主要从事计算机支持的协同工作、网络多媒体技术和虚拟感知技术的研究;鲁东明 教授,博导,主要研究方向为计算机支持的协同工作、虚拟现实、多媒体、智能CAD、计算机网络等。

成员的相关信息,例如是否登场,过去、当前正在从事的工作以及其他各种正在发生的事情等。

随着移动通信技术的发展,使得用户使用单一终端完成移动协同工作成为可能。在这样的系统中,用户可以通过无线通信终端“随时随地”与同事或其他公司、组织之间进行协同工作。在这样的移动协同系统中,用户往往处于信息缺失异地漫游环境中,因而感知对于其完成协同工作尤其重要。

### 3.2 协同系统中的感知分类

Steinfeld 等<sup>[7]</sup>对协同系统中的感知进行了详细的分类,简单介绍如下。

按照感知数据的类型,可分为如下几类感知:

行为感知(Activity Awareness):提供其他成员给定时间的活动的相关信息。

有效性感知(Availability Awareness):提供其他成员的登场以及可参与群组行为的信息。这类感知相当于后来研究的登场感知 Presence Awareness。

过程感知(Process Awareness):提供工作流程系统中的过程的状态。

透视感知(Perspective Awareness):提供得以了解其他用户的行为以及预期其未来行为的各类相关信息。

环境感知(Environmental Awareness):提供直接工作空间外的环境中的各种事件的信息。

按照感知信息的传输获取方式,还可分为被动的或主动的(passive or active),区分或未区分的(differentiated or undifferentiated),可定制或固定的(customized or fixed),关注的或外围的(focal or peripheral),是否跨应用等。

### 3.3 移动协同的特性及感知分析

最初人们使用多种便携设备完成移动协同工作,例如利用手机完成通信和无线网络接入的功能,利用 PDA 处理一些小型数据,利用便携电脑完成复杂的协同工作。这使得用户既不方便移动也不方便工作。近年来,随着各种终端技术的发展,以及无线通信技术的发展,例如 WI-FI 热点、GPRS 和 CDMA 网络的建设及无线网络接入技术的发展,使得用户使用单一终端完成移动协同工作成为可能,促进了移动协同工作的普及以及新的工作方式的出现。

移动协同一般受到终端资源的限制,例如电池的限制。在移动环境中用户往往难以及时补充电池能量,现有的电池技术也难以支持用户长时间的移动工作。此外,热点网络仅仅支持局部小范围的移动,并且远未普及;无线广域网例如 2G/GPRS/CDMA 等带宽小、时延长、连接稳定性差。最后,如果用户使用智能手机或者 PDA 等受限资源终端作为协同工具,往往还受到计算能力、存储能力、交互能力的限制。

用户在移动协同工作中往往处于“真实”和“虚拟”两种环境中。一方面用户处于一个物理的真实环境,另一方面用户还处于一个与远程协同工作同事和其他各类组件构成的“虚拟环境”中。两种环境的存在往往使得用户难以完全投入到协同工作中。

移动协同的上述特性使得构建逼近面对面的同一地(colocate)的移动协同环境并围绕这一环境提供协同工作中的感知信息面临困难:一方面受到资源的限制,另一方面移动工作中的用户往往受到周围环境的干扰,无法完全进入协同虚拟环境中,反而无法有效地获取感知信息并影响协同工作的有效完成。

Silva Filho R. S.<sup>[8]</sup>定义了移动协同系统中由于移动特性而引入的两类感知:位置感知,提供用户真实或者物理的位置信息;登场感知,提供群组中其他成员的登场或者缺席的信

息。随着即时信息系统(例如 ICQ, MSN 等)的发展, IETF 定义了包含以上两类感知信息的登场模型及其中的实体套件和服务协议<sup>[9]</sup>,在此基础上, Holger Christein 定义了一个通用的登场感知模型,对登场感知进行了更加系统的描述<sup>[3]</sup>。这些研究分析了移动特性引入的感知信息的变化,但是并没有描述提供移动协同环境中感知信息的有效方式,没有解决移动特性对感知信息带来的限制。本文介绍一个围绕基于行为的移动协同系统提供感知信息的方法,通过构建基于行为的移动协同感知模型提供移动协同环境中的感知信息,从而解决移动特性对于移动协同环境带来的感知限制。

## 4 基于行为的移动协同感知模型

### 4.1 基于行为的移动协同系统

AT 主张通过分析 CSCW 系统中的行为作为 CSCW 系统的设计和开发方法。通过系统中的行为模型分析(主体、客体、团队、工具手段、约束、分工)明确系统的需求并且映射系统的设计和实现。我们发现如果基于行为设计移动协同系统,以行为为中心构建系统,将可以克服移动协同的上述特性带来的困难。在这样的系统中,用户只需要关注他当前所参与的行为,并且根据行为的分工在一定的行为状态下完成其行为所参与的“活动”(Action)。这样的系统将提高移动用户的协同工作效率,满足用户移动协同工作的需要。在这样的系统中,如何提供行为所围绕的所有感知信息是关键所在。

### 4.2 基于行为的移动协同感知模型

基于行为的移动协同系统必须允许用户得到其所参与的所有行为及其感知信息,并能够不断更新行为列表及其对应状态。我们通过定义基于行为的感知模型实现。这个模型定义了一组感知实体对象,并且定义了一种相关服务:行为感知服务(Activity Awareness Service)。感知实体对象代表了感知信息的组织形式,并通过行为感知服务提供给用户,从而支持用户基于行为特性获取基于每一个行为的感知信息,有效地完成其协同工作。

#### 1) 模型中的感知实体对象

· 行动者实体(Actor Entity, AE)。用以描述这个行为所涉及到的主体以及团体对象,即这一协同行为所涉及的所有协作对象。在每一个行动者实体中,总有一个“主体”对象,即行为的当前执行者,其余对象为这个行为所涉及的团体对象,每一个这样的对象承担行为的“分工”。主体对象不是固定的,随着行为的进展和状态变迁,主体的对象也可能随之在团体成员中发生改变。行动者实体可以用如下二元组表示:

$$AE = \langle As, Ac \rangle$$

其中,  $As$  表示主体对象,  $Ac$  表示其余团体对象。每一个对象都是一个行为者,行为者可以用如下元组表示:

$$A = \langle AID, L, S, R \rangle$$

其中,  $AID$  表示行为者的唯一对象。现实中的某一个用户可能在同一个时间在不同的地方登录(可以认为是不同的会话 session),但是在一个行为中用户只能有一个会话参与这个行为。 $L$ (Location)表示行为者的位置信息,可以是一个真实的或者虚拟的用户所在,例如移动用户的物理位置信息或在系统中所处于的某一个位置,可以用 URI 标志。 $S$ (Status)表示行为者的当前状态,例如空闲,忙碌,离开,联机等。 $R$ (Role)表示行为者的角色,例如主体对象,或者表示其在行为中所担当的责任所对应的角色等。

· 目标实体(Object Entity, OE)。是主体想影响或改变的对象。行为由于目标实体的不同而相互区分。目标实体由

一系列的目标组成,当所有的目标被完成时,行为也将被完成。

行为的目标之间可能存在包容关系,即某一个目标的完成可能等同于其他若干个目标被完成。这样的目标被称作关键目标(Critical Object)。任务的最终目标即是一个最主要的一个关键目标。

目标之间还可能存在着可替换的关系。某一个目标的实现可能导致其他目标被撤销。

• 行为阶段实体(Activity Stage Entity, ASE)。标识了行为的当前状态,并且绑定这个状态与用户的关系。ASE可以用如下的元组表示:

$$ASE = \langle ES, PS \rangle \quad PS = \langle CS, AS \rangle$$

其中,ES(Enable Stage)表示对于用户,当前行为状态下用户是否可以介入行为,例如执行行为赋予用户的活动或者协同其他用户。ES标识了 workflow 系统中的“Process Awareness”信息。如果当前所有行为涉及的所有用户的ES中有且只有一个为Enable状态,则此行为的其他协同活动不能被进行。否则,将有多个协同活动是可以被同时并行执行的。

PS(Process Stage)表示行为的执行状态。其中,CS(Current Stage)表示当前行为所处的某个阶段,阶段由目标实体的已完成关键目标标识。AS(Anticipate Stage)表示了行为预期状态,即下一阶段的关键目标。

• 规则实体(Rule Entity, RE)。是一个隐含的实体,即对于用户而言其可能不一定作为组件出现。规则实体用于界定行为所涉及的行为者对象(Actor对象)。在行为系统中,如果某一个用户符合其规则,则将被选择进入行动者实体中。随着用户状态以及行为状态的变迁,用户也可能因为不再符合规则而退出行动者实体。

• 工具实体(Tools Entity, TE)。提供了系统所能够提供的帮助用户完成当前行为的活动所需要的系统工具对象,例如 email 工具,协同文档编辑工具,即时信息工具,语音通信工具等基本协同工具,也可以是提供用户领域相关的各类工具等。

• 结果实体(Outcome Entity, OE)。是行为所产生的成果对象,例如一个最终的文档,一个交易的结果等。通过成果实体用户可以作为其活动或者其他行为的参考。

以上实体描述了以行为组织的感知信息的视图。行为感知体现在用户参与的行为中,而不需要关注其他用户的无关行为;行动者实体体现了基于行为的登场(包括位置)感知及有效性感知;过程感知、透视感知等则在行为阶段实体、目标实体等体现。

#### 2) 行为感知服务

行为感知服务提供用户管理其相关的行为的功能,包括注册到行为系统以及更新相关行为感知实体信息。行为服务包括两个客户套件:注册套件(Register),行为感知观察者套件(Activity Awareness Watcher)。这两个套件在实现中可以是同一个实体,甚至可以由其他套件隐含表示,但是在模型中是被看作不同的。

• 注册套件。完成用户到行为系统及观察者信息到某一个行为的注册。用户只有注册后才能参与到系统的各种相关行为中,并成为行为系统各类行为规则实体的考察对象。然后,用户根据自己的实际状态,可以注册其在相关的行为中的观察者信息,例如状态信息——在线,忙碌,离开等。

• 行为感知观察者套件(Activity Awareness Watcher)。它从行为系统得到用户相关的行为及其感知实体的信息。有两类观察者:提取者(Fetchers)和订阅者(Subscribers)。提取

者从行为系统请求相关的行为及其感知实体的信息;订阅者则从行为系统得到行为及其感知实体的更新信息。

随着行为状态的变化,行为系统根据行为的类型,通过“通知”机制将更新的行为的感知实体信息分发给各个订阅者。

#### 4.3 模型在“WAP 购书原型系统”中的应用

我们使用上述模型开发了一个“WAP 购书原型系统”。购书者可以通过登录 WAP 站点进行图书浏览和订购图书,并选择送货时间和付款方式(发起一个行为,并完成到行为系统的注册)。购书网站每一个地区有一个送货员团队,以及若干个图书储藏室。系统根据送货员的位置以及他与图书储藏室和顾客之间的位置关系(规则实体),将需要他完成的送货任务发送给他。这里每一个这样的过程成为系统的一个“购书行为”。购书者通过站点提供的移动协同环境获取这一购书行为的当前信息(各类感知实体信息,如图 1)。

送货员在移动中根据“购书行为列表”完成所负责的任务,其位置信息通过通信运营商的位置服务自动更新到服务端(各类感知实体,如图 2)。

送货员根据其获取的订购列表在移动中完成货物发送。其中,与购书者之间可以通过电话呼叫、SMS/MMS 等方式进行协同联络。每一个订购的感知实体信息保证了送货员能够有效地完成其工作,规则系统则保证了送货员之间的协同分工。



图 1 购书者界面

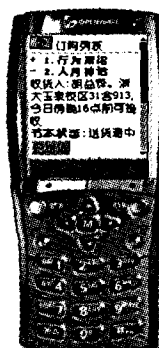


图 2 送货员界面

总结和展望 本文介绍了一个基于行为的移动协同感知模型,描述了其中定义的感知实体对象以及相关的感知行为服务。基于行为为中心构建移动协同环境,使得用户可以在移动中专注于其工作,从而避免资源的瓶颈和移动环境的干扰。但是这并不是一个以任务工作(Task-Work)为主的系统,不同于其他的基于领域任务的工作(例如 ToDo List 管理的工作),基于行为的移动协同感知模型提供了群组工作

(下转第 157 页)

在这里第  $i$  行和第  $j$  列的交点的值是  $d(i, j)$ , 是实例  $O_i$  和实例  $O_j$  的相异性的量化表示, 它是一个非负的值, 当实例  $i$  和实例  $j$  越相似或“接近”, 其值越接近 0; 两个实例越不同, 其值越大。  $d(i, j) = d(j, i)$  且  $d(i, i) = 0$ 。

根据表 1 所给出的实例, 可以形成如表 2 所示的概念集。

表 2 概念集

Name	Extent	Intent
TOP	{credit, debit, Qure, Qulo, conn, close, Update, logp, getBal, Sere, Sech, Error}	$\emptyset$
Concept1	{conn, close, Update, logp, getBal, Error}	{C2}
Concept2	{conn, close, Sere}	{C3}
Concept3	{conn, close, Sech}	{C4}
Concept4	{conn, close, Update, logp}	{C1, C2}
Concept5	{conn, close, logp}	{C1, C2, C3}
Concept6	{conn, close}	{C1, C2, C3, C4}
BOT	$\emptyset$	{C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12}

由于概念格的完备性, 即使对于适当大小的数据也将会产生庞大的格结构, 它的构造过程无疑是非常耗时的。人们对此进行了专门的研究, 已提出了若干种有效的算法来生成概念格<sup>[11]</sup>。本文的例子所生成的概念格结构如图 1 所示。

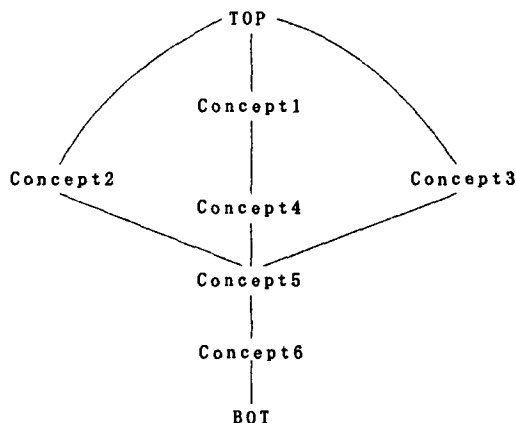


图 1 概念格

最终生成的概念格表达了一系列的概念, 比如 Concept6 表示了 conn 和 close 方法同时散布在 credit, debit, Qure, Qulo 四个方法中, 这清晰地表达了 conn 和 close 的横切特性, conn 和 close 可以封装在一个 Aspect 中。

在挖掘到的候选 Aspects 中也可能包含无意义的类, 如 getBal 和 Error 从程序的角度不能作为一个关注的内容封

装。从结果类中得到恰当的 Aspect 还需要根据系统的实际情况, 在人的参与下进行, 这部分的工作还有待进一步探讨。

本文采用的方法能够发现具有不同名称而经常一起出现的方法集合。与单纯的基于文本匹配或者类型匹配的方法相比, 该方法突破了重复的行为必须采用相近似的命名规则的限制, 从行为角度发掘出了横切关注点。

**结束语** 目前, 大多数的挖掘 Aspect 的方法都是基于程序的静态分析和动态分析上, 并且其主要工作是找到横切关注点。本文将概念格技术用于候选横切关注点的挖掘, 将源代码中行为相同的方法集生成一个概念层次结构, 为面向 Aspect 的程序转换的第二步——Aspect 重构提供了有用的帮助。本文使用一个银行应用系统的实际例子进行了实验, 说明了概念格方法的可用性。对于大规模应用程序的 Aspect 自动重构, 生成的格结构会非常复杂, 因而截取哪个层次的概念作为候选的 Aspect 集是一个难点, 解决方法之一是加入一些辅助的约束条件, 大规模应用程序的验证是下一步的工作。

### 参考文献

- 1 Elrad T, Filman R E, Bader A. Aspect-Oriented Programming. Communication of the ACM, 2001, 44(10)
- 2 Elrad T, Aksit M M, Kiczales G, et al. Discussing Aspects of AOP. Communication of the ACM, 2001, 44(10)
- 3 Hannemann J, Kiczales G. Overcoming the Prevalent Decomposition of Legacy Code. In: Workshop on Advanced Separation of Concerns, 2001
- 4 Griswold W G, Kato Y, Yuan J J. Aspect Browser: Tool Support for Managing Dispersed Aspects; [Technical Report CS99-0640]. Department of Computer Science and Engineering, University of California, San Diego, 1999
- 5 Breu S, Krinke J. Aspect Mining Using Event Traces. In: Automated Software Engineering Conference, Linz, Austria, 2004. 310~315
- 6 Ganter B, Wille R. Formal Concept Analysis. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1996
- 7 Tonella P. Concept analysis for module restructuring. IEEE Trans. on Software Engineering, 2001, 27(4): 351~363
- 8 Tonella P. Using a concept lattice of decomposition slices for program understanding and impact analysis. IEEE Trans. on Software Engineering, 2003, 29(6): 495~509
- 9 Snelting G, Tip F. Reengineering class hierarchies using concept analysis. ACM Trans. on Programming Languages and Systems, 2000, 22(3): 540~582
- 10 Eisenbarth T, Koschke R, Simon D. Locating features in source code. IEEE Trans. on Software Engineering, 2003, 29(3): 195~209
- 11 Tilley T, Cole R, Becker P, et al. A Survey of Formal Concept Analysis Support for Software Engineering Activities. In: Proc. 1st Intl. Conf. on Formal Concept Analysis, 2003

(上接第 144 页)

(Team Work)的所有感知要素, 从而有效地支持了用户在移动中完成与他人的协同工作。

模型未考虑安全性以及隐私方面的问题, 同时定义不够精细, 将在将来的工作中加以完善。

### 参考文献

- 1 Dourish P, Portholes S B. Supporting Awareness in a distributed work group. In: ACM CHI'92 Conf. on Human Factors in Computing Systems, Monterey (CA), 1992
- 2 Ferscha A. Workspace Awareness in mobile virtual teams. In: Proc. of the 9th Intl. Workshops on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises (WETICE 2000), IEEE Computer Society Press, 2000
- 3 Christein H, Schulthess P. A General Purpose Model for Presence Awareness. Distributed Communities on the Web. In: 4th Intl.

Workshop, DCW 2002, Sydney, Australia, Springer-Verlag Heidelberg, Jan. 2002

- 4 Carroll J M, Neale D C, Isenhour P L. Notification and awareness: synchronizing task-oriented collaborative activity. Intl Journal of Human-Computer Studie, 2003, 58(5): 605~632
- 5 Kling R. Cooperation, coordination and control in computer-supported work. Communications of the ACM, 1991, 34(12): 83~88
- 6 Workshop at ECSCW'03. Applying Activity Theory to CSCW research and practice. <http://www.uku.fi/tike/actad/ecscw2003-at>
- 7 Steinfield C, Jang C, Pfaff B. Supporting virtual team collaboration: The TeamSCOPE system. In: the Proc. of the Group99 Conf. Phoenix, Nov. 1999
- 8 Silva F R S. Awareness and Privacy in Mobile Wearable Computers. ICS234A-Virtual Collocation (Fall 2000)
- 9 RFC 2778. A Model for Presence and Instant Messaging. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2778.txt>