

一种基于移动 CSCW 的系统模型

顾 冉 顾毓清

(中国科学院软件研究所 北京100080)

摘 要 目前,移动计算机支持协同工作(mobile CSCW)已经成为 CSCW 领域中一个重要的研究方向,人们越来越意识到能够在任何时候任何地点进行协同工作的必要性。基于移动 CSCW 的特性,本文提出了一个移动 CSCW 系统模型,并对模型的结构和关键机制做了详细的分析。同时,介绍了在这个模型基础上实现的移动协同计划助手系统(Mobile Cooperative Project Assistant, MCPA)。

关键词 移动 CSCW, 感知, 自适应性, Agent

A System Model Based on Mobile CSCW

GU Ran GU Yu-Qing

(Institute of Software, Chinese Academy of Sciences (ISCAS), Beijing 100080)

Abstract Now mobile computer support cooperative work has become an important research orientation in the CSCW domain. People begin to wake up to the needs of cooperative work in anytime and anywhere. According to the character of mobile CSCW, this paper shows a research model of mobile CSCW system and analyzes its architecture and main mechanism particularly. Simultaneity a mobile cooperative project assistant (MCPA) system based on the model is also introduced in the paper.

Keywords Mobile CSCW, Awareness, Self-adaptation, Agent

1 引言

随着 Internet 应用的迅猛发展,移动电话、PDA(Personal Data Assistant)等移动智能终端使用的日益增长,无线数据通信网络技术越来越成熟,能够为人们提供更多的服务。目前,主要的无线数据网络通信技术有 HSCSD(高速线路交换数据)技术、GPRS(多时隙通用分组无线业务)技术、CDPD(蜂窝数字分组数据)技术、WCDMA(宽带分码多工存取)技术、802.11系列以及蓝牙技术等。这些无线网络通信技术的发展,使得人们在远程或者异地协同工作成为现实,同时也使得移动 CSCW 成为计算机支持协同工作领域中一个重要的研究方向。

本文通过对移动 CSCW 的分析,设计出一个实际的系统模型,并对该模型的实现机制进行了详细地分析,最后结合应用实现一个移动协同计划助手系统。

2 移动 CSCW 系统模型

2.1 移动 CSCW 的概念

移动 CSCW 的概念^[1]起源于20世纪90年代初,早在1993年,Xerox PARC 的研究人员就开始研究在办公环境下使用便携式移动设备进行无线通信和交互的可能性。它主要包括两个方面:第一,携带移动电话或者便携式计算机设备的个人可能在几个不同的地方进行工作;第二,在一起协同工作的人们物理上是分开的。具体的例子就是一个公司员工选择在家里进行他的工作,而代替去十几公里以外的办公室进行工作。需要注意的是移动工作的个人所处的位置可能是时刻在变化

的,但是在不同的工作环境下,他的工作一定是有效的。

移动 CSCW 有很多特性^[2],其中最重要的两个特性就是移动协作中的感知性和移动环境下的自适应性。以任务为中心的群体协作要求在移动协作中能够随时了解任务的分配调整和进展情况、协作群体成员的状态以及当前的外部网络环境和外部发生事件等,这样不仅可以改善协作过程中的交互性,而且还可以增加群组成员的工作效率。另外,在移动协作中,无线网络经常在多种状态之间切换,网络带宽也随之改变,此时能够通过移动的自适应性和感知的选择性屏蔽网络错误事件,平滑网络传输机制,使得协作过程顺利进行。

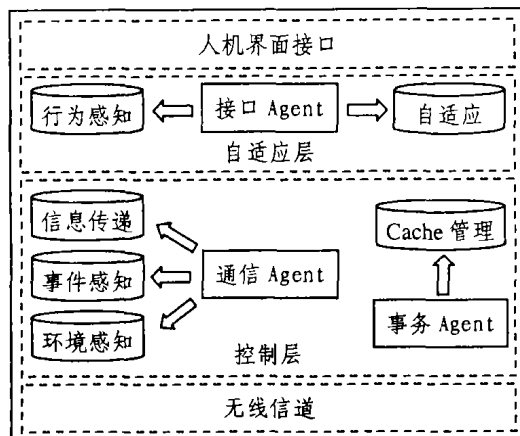
移动 CSCW 还有一些其他特性,例如能够提供多样化的信息处理和存储能力;能够同时支持同步和异步两种协作模式,保证任何时间、任何地点都能进行群体协同工作;能够提供给用户灵活方便的人机界面接口,增强移动协作无所不在的访问能力等。

2.2 系统模型

移动 CSCW 系统模型(图1)继承了传统协作系统的设计思想,在模型中突出增加了自适应和感知两个重要的移动特性。同时,系统中也运用了具有智能性的控制实体 Agent,它能够在动态、可伸缩的环境中感知和传递信息,然后依据自身的规则和控制逻辑,运用 XML 技术对多样化的信息进行处理。

客户端的设计是以人机界面接口为中心,下部组织结构为人机界面接口提供各种感知以及协作的适应性功能。在客户端的自适应层中,接口 Agent 通过人机界面接口感知群组成员的状态变化和行要求,返回操作响应和移动协作中的

其他感知信息,并且与控制层中的事务 Agent 一起提供协作的自适应性,使同步协同工作过程能够稳定持续地进行。为了支持无线网络环境下的断连操作,事务 Agent 提供移动协作中的 Cache 管理功能,从而将网络条件的影响减小到最低程



度,事务 Agent 也可以发布移动终端的设备信息,使得其他 Agent 合理地利用资源。控制层中的通信 Agent 主要负责外部环境和事件的感知,以及提供协作消息的传递和处理等。

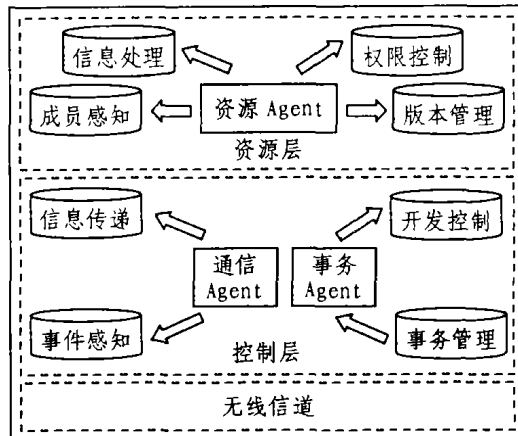


图1 移动 CSCW 系统模型:客户端(左)和服务端(右)

协作服务器是移动 CSCW 的中心接入点,为移动客户端提供群体协作服务,并且与协作数据库相联系,进行协作信息的存储和交换。在服务器的控制层中,通信 Agent 负责收集和分发移动群组成员的感知信息,同时将这些感知信息通过资源 Agent 分类存储到协作数据库中;而事务 Agent 负责控制移动协作中的并发操作,它与资源 Agent、通信 Agent 一起提供客户端操作的存储和更新。在资源层中,协作用户的信息和权限、协作对象的存储和版本控制都由资源 Agent 来统一管理,它与协作数据库(图2)的 XML 交换层进行数据传递,以达到存储和提取数据的目的。

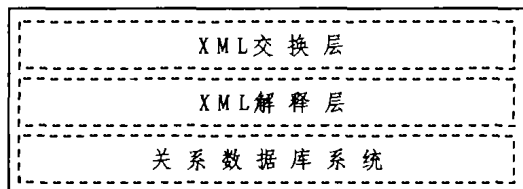


图2 协作数据库

3 移动 CSCW 的实现机制

根据移动 CSCW 系统模型的设计,我们在下面的内容中主要分析移动中的感知特性和移动环境下的自适应特性。

3.1 移动协作中的感知性

感知是移动群组成员对所在移动协作系统环境状态的了解和认识,包括对移动群组的整体了解、对群组个体成员行为的知晓等。在移动协作环境下,群组成员之间良好的协作感知是进行移动协作的根本前提,是降低协作开销、提高协作效率和减少协作冲突的有效手段。

在移动协作中,群组成员能够感知自己所在群组中其他成员的静态信息,例如成员基本信息,当前在线状态,所在位置等;他们同时也能得到协作工作的动态信息,包括成员的工作进展,成员的位置变化,协作交流信息的到达等等。协作感知的具体分类如下:

成员感知:包括对成员的角色、责任及由此决定的操作权限、成员在移动协作中承担的任务、群组成员当前联网状态的

感知;

行为感知:群组成员妆前的协作活动行为或者状态以及任务进展情况的感知;

环境感知:对群组成员当前所在位置,整个移动协作系统自身状态以及外部网络环境的感知;

事件感知:包括协作群组成员之间消息的感知(消息事件),以及协作过程中操作事件的感知(操作事件)。

感知的形成是一个比较复杂的过程。从技术角度来分析,感知信息的形成主要有四个步骤:第一,收集与感知相关的信息;第二,将收集的信息进行分类处理;第三,将分类好的信息进行选择和过滤;最后,将这些处理完的感知信息通知给群组成员,然后在移动协同工作的界面上合理地显现出来。在移动协作过程中,感知是需要被选择和过滤,这是基于一定的考虑。群组成员没有必要完全感知所有的信息,有些信息是冗余的,甚至可能干扰正在进行的协作过程,所以我们需要选择对成员协作有利的信息,过滤与成员角色和行为不相关的信息。

定义1(移动感知敏感度) 对于一个移动 CSCW 系统,被感知对象 O 由行为集合(Activities)、角色集合(Roles)、环境集合(Environments)和事件集合(Events)四个因素综合决定,即 $O = \{A, R, E, E_v\}$ 。如果在移动协作中的感知结果为 $O' = \{A', R', E', E'_v\}$,那么,当被感知对象 O 发生变化时,移动感知敏感度(Mobile Awareness Sensitivity, MAS)定义为:

$$MAS = \frac{\partial O}{\partial O'} = n_a \frac{\partial A}{\partial A'} + n_r \frac{\partial R}{\partial R'} + n_{E_a} \frac{\partial E_a}{\partial E'_a} + n_{E_v} \frac{\partial E_v}{\partial E'_v}$$

这个定义是在协作环境中的动态感知信息技术^[5]基础上,结合移动环境中的感知因素和形成过程而提出的。其中, $\{A, E_a, E_v\}$ 为移动感知中的动态决定因素, $\{R\}$ 是移动感知中的静态决定因素, $\{n_a, n_r, n_{E_a}, n_{E_v}\}$ 为移动协作中各感知因素的阈值,阈值范围的确定要根据系统的具体参数来决定。移动感知敏感度受到感知因素和感知阈值的联合作用,将感知从粒度上进行量化。感知敏感度越大,该感知信息就越容易就感知到;感知敏感度越小,感知就越迟钝。

对于移动协作而言,除了被感知对象的感知敏感度外,还需要一个规则层层过滤感知,最后才能将感知信息传递给群组成员。移动感知规则如下:

a. 在移动协作群组中,具有最高角色的对象感知范围最

大,具有相同角色和权限的对象感知范围相同;

b. 具有相同行为的对象感知范围相同;

c. 具有不同外部网络环境的对象感知范围不同,这里的网络环境分为好、中、差三等。

例如,在群组中,管理员和普通成员在当前行为不同的情况下所具有的感知范围是不同的,管理员能够最大限度地感知到系统信息,但是当管理员和普通成员进行相同行为的协同工作时,所具有的感知范围是相同的。移动感知规则不仅实现了对群组成员在不同因素的作用下获得不同粒度的协作感知,也给系统的自适应性机制提供可靠的外部环境感知数据。这不仅能够加强与群组成员协作有关的信息感知,也减少一些多余的动态感知信息的影响,同时,移动感知策略也大大减少协作中的通信开销。

3.2 移动环境下的自适应性

移动 CSCW 系统不仅具有感知性,而且还具有另外一个很重要的特性,就是具有很强的自适应性。移动环境下的自适应性不仅关系到系统是否能够最大限度利用有限的网络资源,而且也是系统能否成功的关键。

在无线网络条件下,网络状态在强连接、弱连接以及间歇性通断之间切换,网络带宽也随之不断改变,通信 Agent 能够将这些网络环境的变化感知并记录下来,然后通过 TCP-friendly 算法^[4]估计出当前网络带宽值,然后动态地调整客户端底层网络接口的发送速率。为了更好地平滑发送速率,我们还要根据一些已经感知到的网络数据信息,例如包的丢失率、带宽的变化、调整的时间间隔等进行不断的调整,具体的调整方式有:(1)速率增加:如果传输速率明显小于可用的网络容量,那么通信 Agent 会适当的增加传输速率;(2)速率小幅度减小:如果传输速率接近或者达到可用的网络容量,那么通信 Agent 会小幅度地减小传输的速率;(3)速率大幅度减小:如果传输速率高于可用的网络容量,那么通信 Agent 会大幅度地减小传输的速率。在上面三种调整方式的基础上,我们运用了一种基于网络发送速率的调整策略^[3],具体内容见公式1。其中, R_{factor} 为决定发送失败程度的减少因素(见公式2), $rcvrate$ 为可利用带宽的估计值,RTT为往返时间的估计值, $PacketSize$ 为发送包的大小, P_L 为包的丢失率, β 为平滑发送速率的额外参数,这里可以取为0.75, $currate$ 为当前发送速率, $updrate$ 为调整后的发送速率。在实际的协同工作过程中,单独运用发送速率调整策略是不够的。如果当前的发送速率大于网络所能提供的发送速率的时候,就要进行速率调整,那么多余的数据就可能被丢失。为了防止数据丢失以及协作的不连贯性,我们在模型中,运用了 Cache 管理功能。

公式1 网络发送速率调整策略公式

if $1 \leq R_{factor} \leq 2$

if ($rcvrate > currate$) $updrate = currate + (\frac{PacketSize}{RTT}) \times$

$R_{factor} \times (1 - P_L)$

else $updrate = (\beta \times rcvrate + (1 - \beta))$

公式2 R_{factor} 计算公式 $R_{factor} = (\frac{T_{now} - T_{last}}{RTT})$

其中, T_{now} 为当前速率调整的时间, T_{last} 为上一次速率调整的时间。

根据以上的设计思路,我们又提出了一个自适应策略的管理环境——队列管理器(Queue Management Implement)。QMI是在客户端的控制层内部实现的一个通信管理环境,它主要由通信 Agent 和事务 Agent 所组成,在两种 Agent 内部

还分别包括了一个队列管理者(Queue Manager)和几种队列。对于通信 Agent, QM 主要负责监视网络状态,提供当前网络状态的各种参数,同时它也能够管理各种消息队列,控制消息的收发。在协同工作的过程中, QM 能够依据网络发送速率的调整策略,估算出当前网络带宽和将要更新的发送速率,来进行消息传递的自适应调整。而在事务 Agent 中, QM 与通信 Agent 的 QM 进行协作,在调整策略的基础上,依靠优化的 Cache 功能,暂存和清空队列中的数据信息。

除了上面分析的两种重要特性的实现机制外,还有多样化信息处理机制、版本控制机制、并发控制机制以及友好的人机界面接口机制等。

在移动 CSCW 的系统模型中,也体现出了一个多样化的信息处理机制,并且是通过具有良好数据处理格式的 XML 技术进行实现。在通信中, Agent 之间主要采用 FIPA 制定的代理通信语言(ACL),它具有基本的通信原语集,也可以自行扩展来满足通信要求,最重要的是可以将 XML 的结构化文档嵌入到 ACL 框架的内容体中。这样不仅使得信息内容不受任何限制,而且也提高了信息封装和解析效率。同时,资源 Agent 还能与协作数据库直接进行信息交换,使得信息的存储和提取更加方便。

我们在移动 CSCW 模型的设计中,需要注意到各种机制的相互配合,才能使系统高效稳定地为群组成员服务。例如,在自适应性中,移动的感知性为其提供外部网络环境的信息数据,同时自适应性也与并发操作和 XML 信息处理机制相互依赖;而感知机制和多样化信息处理机制在整个移动 CSCW 模型中都起着重要的支持作用。

4 应用实现

根据上面所提供提出的移动 CSCW 系统模型,结合当前的研究工作我们实现了一个移动协同计划助手(MCPA)系统。MCPA 是一个既拥有传统协同写作系统的功能和特点,又体现出移动 CSCW 特性的协同工作系统。它通过无线网络以及协同服务器,将移动群组内的成员联系起来,进行会议议程和项目计划的起草和修订,同时还能为群组成员提供一个基于文字的在线会议室和点对点的协作讨论功能。群组内,每个成员都拥有自己的任务内容和工作权限,也能够感知到其他成员的工作情况和整个工作的进展情况。在同步协作过程中,系统通过移动感知性,可以自动屏蔽掉无线网络变化的影响,平滑当前进行的协作过程,使得任务顺畅进行下去。

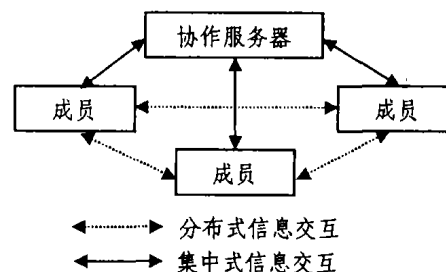


图3 MCPA 体系结构

在结构的实现上(图3), MCPA 将集中式集系结构和分布式体系结构结合在一起,对协作数据信息采用集中式管理,以便于 XML 数据信息的存储和版本,而同步协作过程和协作信息交互将采用分布式管理,这样设计可以合理利用无线

(下转第109页)

计算可以采用以下几种方法来进行:(1)直接计算类别间的距离;(2)数量积法;(3)夹角余弦法。

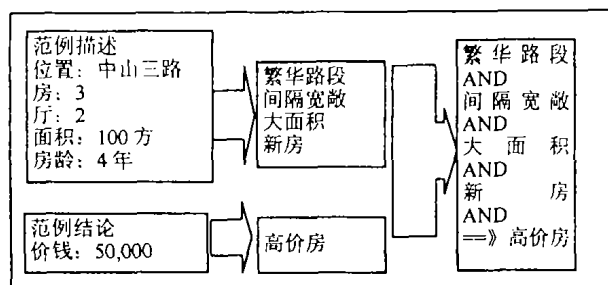


图4 范例到规则的转换过程

对于难以结构化处理的范例,则可以借助知识辞典来直接进行概念分类并概化。在一个指定的领域中,范例的结构尽管复杂但往往是可知的,知识辞典则可以帮助形成范例的多层分类,可操作性强。

4.2 规则处理

具体范例 C_0 本身不存在逻辑不一致,但在把概化范例转换为最终规则 R 过程中,产生出来的规则可能包括冗余规则和逻辑不一致规则,对这些规则需要进行处理,应遵循以下原则:

(1) 冗余规则:各规则或规则组基本有相同的结论。比如 $p \wedge q \rightarrow h$ 和 $p \wedge q \rightarrow h$; $A \in \{(2,4)\} \cup \{(3,5)\} \rightarrow g$ 和 $A \in \{(2,5)\} \rightarrow g$,这两组规则实际上分别是等价的,故是冗余规则,可以直接从库中删除一个。

(2) 包含规则:当一个规则或一组规则的含义已在另一个规则中表示出来时,可从类似的但约束条件较少的一个规则中得出结论,则删除约束条件较多的规则。

(3) 冲突规则:那些采用了相同(或非常相似)的条件,但导致不同结论的规则(规则组),或其组合违背了逻辑原理(例递推性等)的规则。这些规则应结合领域知识库和常识库进行有条件删除。

(4) 多义规则:根据蕴含规则的要求,当给出完备的规则

前提时应该得出唯一的结论,如果知识库存在在前提相同而结论不同的规则就出现了多义性错误,系统将自动利用知识来进行规则处理,若不能自动处理,则把这些规则显示出来给领域专家进行判别处理。

4.3 知识辞典的构造

一般来说,知识辞典可以以两种方式给出,一种是领域专家人工制定,另一种可由概念空间自生成方法来自动构造,具体可以参考文[5]。

4.4 概化过程的匹配问题

C_{k+1} 是由 C_k 查找知识辞典得到的匹配集合 D_k 生成的,但是并非所有的范例属性都能在知识辞典的概念树上找到匹配的节点,这就要求我们进行一定的处理。例如,对数值属性我们可以进行规定一定的离散化措施,或者根据要求抛弃该属性,或者提交人工处理。

结论 规则在充分利用 CBR 推理功能方面有重要作用,包括 CBR 跟 RBR 的集成推理和 CBR 推理过程中的范例修正都需要用到规则。本文提出了 CBR 系统中由范例提取规则的模型,提出了把范例分解为范例描述和范例结论、分别进行概化、在概化的每个范例模板中进行规则的提取的模型,并对模型中涉及的概念归并、规则处理、知识词典构造、概化过程的匹配等问题进行了讨论。文中提出的模型可以解决范例与规则的衔接问题,为 CBR 与 RBR 集成推理提供了基础。

参考文献

- Blau L, Bonissone P P, Ayub S. Planning with dynamic cases. In: Proc. of Case-Based Reasoning Workshop, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1991. 295~306. Expert Systems With Applications 1, 1990. 23~38
- Rissland E L, Skalak D B. CABARET: rule interpretation in a hybrid architecture. International Journal Man-Machine. Studies, 1991. 34: 839~887
- Smyth B, Kean M T. Hierarchical Case-Based Reasoning Integrating Case-Based and Decompositional Problem-Solving Techniques for Plant-Control Software Design. IEEE Transactions On Knowledge And Data Engineering, 2001
- 汤胤, 彭宏, 郑启伦. 基于 XML 的多层次范例映射模型. 计算机科学, 2004, 31(2)
- 傅伟鹏, 吴斌, 何清, 史忠植. 一种概念空间自生成方法. 计算机工程与应用, 2003(7)

(上接第85页)

网络资源。在关键机的实现上,移动感知主要依靠智能 Agent 实体,它在内部提供了一个对外的感知接口,由感知接口来控制感知的获取、分类处理、依据规则过滤以及反反馈感知结果等过程。感知接口的代码定义如下:

```
public interface Awareness {
    public void collectInfo(); // 收集
    public void filterInfo(); // 过滤
    public int getType(); // 获得类型
    public void pretreatInfo(); // 预处理
    public void getResult(); // 得到结果
    public void feedback(); // 反馈
}
```

感知结果得到以后,将其发送给相对应的接收对象,同时也将这些信息发送给协作服务器,进行感知信息的保存,为了能够给群组用户提供一个感知回放的功能。在技术环节方面,我们运用了感知技术、Agent 技术、XML 解析及中间件技术,给每个协作成员提供了适度的感知反馈,提高了群体间以及用户与任务间的协作能力。而在自适应的技术中使用了基于 Java 和 XML 的 IBM WebSphere MQ Everyplace 中间件技术。MQe 中间件技术适用于便携式的移动设备,例如移动电话、PDA、手提式电脑,同样也适用于服务器和 workstation 系统。它通过底层对网络良好的支持,可以很好地检测到网络状态。它也提供了一次性的可靠传输机制,而且在网络条件中断的情

况下,自动恢复网络连接。在 MQe 中存在着多种队列,我们利用本地队列的管理机制完全实现了一个基于先进先出算法的 Cache 管理功能。

结束语 移动 CSCW 是计算机支持协同工作与移动计算融合在一起的结果,它代表着未来协同工作的发展趋势,人们能够使用移动设备在任何时间、任何地点进行协同工作和协同研究。本文针对移动 CSCW 的特性和重要实现机制做了详细的分析,并给出了一个移动 CSCW 系统模型,同时在这个模型的基础上,实现了一个移动协同计划助手(MCPA)系统,为移动 CSCW 系统模型提供了一个可以参考的现实范例。

参考文献

- Wiberg M. Exploring Mobile CSCW: Five areas of questions for further research. IRIS23, Sweden, 2000
- Perry, M. OHara, K. Sellen, A. Brown, B. Harper R. Dealing with Mobility: Understanding access anytime, anywhere. ACM Transactions on computer human interaction, 2001
- Zhang Qian, Zhu Wenwu, Zhang Ya-Qin. Resource Allocation for Multimedia Streaming Over the Internet. Special issue on Multimedia over IP in IEEE Trans, on Multimedia, Sept. 2001. 339~355
- Padhye J, Firoiu V, Towsley D, Kurose J. Modeling TCP throughput: A simple model and its empirical validation. In: Proc. SIGCOMM98, Aug. 1998. 303~314
- 赵亚伟, 张海盛, 古乐野. CSCW 环境中动态信息感知技术. 计算机应用, 2003, 23(4)