

面向移动协同的扩展式动态环境演算范型研究

曹玉辉^{1,2}, 王卫红², 覃征¹

(1. 西安交通大学电子与信息工程学院, 710049, 西安; 2. 河北经贸大学信息技术学院, 050061, 石家庄)

摘要: 针对已有移动协同研究中尚缺乏既能描述移动性、又能描述协作性的演算系统, 提出了一种扩展式动态环境演算范型(EMA). 在对动态环境演算中的基本概念“环境”进行深入解析的基础上给出其在协同计算情境下的新语义, 之后抽取刻画协同行为的基础动作 A , 并将 A 作为刻画协作性的基本单位. 进而将动作行为理论引入到动态环境演算中, 即在动态环境演算的基础上将 A 作为参与环境演算的基本实体, 从而借助已有动态环境演算对移动性的描述能力来刻画移动协同计算的移动性, 同时借助 A 刻画了移动协同中的协作性. 最后给出了基于 EMA 的移动协同行为实例描述. 较之经典动态环境演算, EMA 弥补了不能刻画移动协同中的协作性缺陷, 为移动协同理论框架的完善提供了依据, 为移动协同应用的构建提供了一种新的理论基础.

关键词: 动态环境演算; 移动协同; 行为理论

中图分类号: TP301 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-987X(2008)04-0427-04

Research of Extended Mobile Ambient Calculus Oriented Mobile Collaboration

CAO Yuhui^{1,2}, WANG Weihong², QIN Zheng¹

(1. School of Electronics and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. College of Information and Technology, Hebei University of Economics & Business, Shijiazhuang 050061, China)

Abstract: Since there is no any calculus system in existing research on mobile collaboration computing, which can describe both mobility and collaborative character of mobile collaboration, a novel extended mobile ambient (EMA) calculus is proposed based on traditional mobile ambient calculus. The basic concept Ambient in mobile ambient calculus is analyzed, and the novel semantic in collaboration computing environment is added. Then, the basic concept A , which describes the collaborative behavior, is abstracted, and is used as the basic unit to describe collaborative character. Subsequently, the behavior theory is introduced to the traditional mobile ambient calculus, that is, the concept A is used as the basic calculus entity of EMA based on the mobile calculus. Thus, the mobility of mobile collaboration computing is described by existing mobile ambient calculus and the collaborative character is described by the concept A . An instance of mobile collaboration behavior, which is described by EMA, is given. The practice indicates that EMA makes up the gap of the mobile ambient calculus that are not able to describe collaboration and that EMA provides a new idea for the theory framework of mobile collaboration, and a theoretical background for mobile collaboration applications.

Keywords: mobile ambient; mobile collaboration; behavior theory

动态环境演算^[1-2](Mobile Ambient, MA)通过环境、移动等概念能够从最基础的层次上刻画移动性.就移动协同计算^[3-4]而言,其不仅具有移动性而且还具有协作性^[5].因此,如何在刻画移动性的同时刻画协作性,便成为移动协同计算研究中的一个重要问题.

移动协同计算涉及了诸多应用领域,如计算机支持的协同工作(CSCW)、群件、工作流等领域探讨如何将成熟理论和产品迁移到移动计算环境以满足移动用户对协作性的需求^[6],移动计算领域试图借助协同技术、协作理论和方法来解决移动计算环境下的问题^[7-8],如无线网络的视频和音频的协作处理、协作传输,移动协同写作等.上述研究大多是从网络传输^[9-10]、应用体系结构与中间件^[10]、协同应用^[9]构建等层面上展开的,很少涉及到刻画移动性、协作性的理论演算的范型.

在移动计算中,动态环境演算通过环境、移动等概念将从最基础的层次上刻画移动计算的本质——移动性.在CSCW领域,一般是通过交互、通信的描述来刻画协作性.为了在一个统一的框架下同时刻画移动性和协作性,在动态环境演算的基础上,本文引入了基础动作A的概念,并将A作为参与环境演算的基本实体,从而达到了通过动态环境演算的环境、移动等概念来刻画移动协同中的移动性,通过A之间的交互、通信来刻画移动协同中的协作性.

1 动态环境演算及基础动作概念

动态环境演算的基本模型:用环境表示抽象、有界的计算场所,如主页、虚拟地址空间、对象、笔记本电脑等.在计算环境嵌套组织中,每个环境包括数据、计算实体(进程)、子环境.动态环境演算就是通过环境、移动等概念从最基础的层次上刻画移动计算的本质^[1,2].动态环境演算的语法定义详见参考文献^[1],其操作语义由描述进程演化的归约关系和结构全等关系来定义,并将进程视为参与环境演算的基本实体.

1.1 概念A的提出

环境的概念是一个抽象概念,是指一个有界的计算场所,这些计算场所在协同计算的情境下均可作为协作者参与协同工作的协同空间,如多个协作者共享一个主页等.依照环境的定义,在协同空间、移动终端节点上的计算空间均是抽象、有界的计算场所,因而也可看作是一个环境参与环境演算.

此外,在移动协同服务中,协同任务是最为核心

的内容之一,可通过协同行为来完成.对于复杂的协同任务T,可分解成若干个可执行的子任务 T_{Sub} ,而每个子任务对应一个动作序列A-Seq,即

$$T::=\{T_{\text{Sub}1} T_{\text{Sub}2} \cdots T_{\text{Sub}i}\}$$

$$T_{\text{Sub}i}::=A\text{-Seq}$$

其中动作序列A-Seq= $\{A_1 A_2 \cdots A_s\}$,即动作序列A-Seq为各种基础动作A的复合形态.

故此,A可作为移动协同中刻画协作行为的最基本的单位,并通过A之间的交互操作从一个更深层次上刻画移动协同中的协作性.

1.2 概念A的定义

A是一个多元组,即

$$A = (A\text{-Des}, A\text{-Typ}, A\text{-Loc}, A\text{-Tim}, A\text{-In}, A\text{-Out}, A\text{-Lim}) \quad (1)$$

式中:A-Des是对A内容的概要描述;A-Typ是A的类型,例如初始活动、普通活动等;A-Loc是A的位置信息;A-Tim是A与时间相关的信息,以说明A的任务执行状况;A-In是A的输入,可以是环境变量、角色变量或者环境状况变化,以及A的执行结果;A-Out是A执行结果的输出;A-Lim是对A执行条件、约束的说明.

1.3 概念A的特性

A除了具有进程计算特性外,还具有操作特性,描述如下.

(1)A之间、A与A序列之间、A序列之间均具有紧密的关联性,这种关联性主要表现为语义关联性和操作关联性,前者是指动作序列与协同成员个体、协同群组、协同服务任务等密切相关,后者是指A与A序列之间、A序列之间存在并发关联性和因果关联性等复杂关联关系.

(2)刻画移动协同中的协作行为的基本单位A,是一个封装了多种属性的计算实体,如A的位置信息、A与时间相关的信息、A的输入/输出等.

正是因为A具有上述特性,所以它具有描述协作性的能力.下面给出以A为基本演算实体的扩展式动态环境演算(EMA)的语法及语义.

2 扩展式动态环境演算

2.1 EMA的符号命名规则

$a, b, n, m, \cdots$ 为EMA中的各种常量; $P, Q, R, \cdots \check{a}_1, \check{a}_2, \cdots$ 为A的名; $x, y, z, \cdots$ 为变量; $\check{A}_1, \check{A}_2, \cdots, \check{R}$ 为A集合名; $\check{A}_1, \check{A}_2, \cdots$ 为A序列名; $\tilde{n}::=n_1, n_2, \cdots, n_k$ 为名集合.

2.2 EMA 的语法定义

依据上述符号命名规则,则 EMA 的语法定义如下.

定义 1 协同群组中的所有 A 的集合定义为

$$\tilde{A}::=\{\tilde{a}_1,\tilde{a}_2,\dots,\tilde{a}_s\}$$

定义 2 刻画某一协同任务的 A 序列 $\tilde{A}$ 定义为

$$\tilde{A}::=\tilde{a}_1\tilde{a}_2\cdots\tilde{a}_s$$

定义 3 EMA 中的各种能力 λ 定义为

$$\begin{aligned}\lambda::=& A_move\ \tilde{a} \\ & | A_in\ \tilde{a} \\ & | del\ \tilde{a} \\ & | in\ n \\ & | out\ n \\ & | del\ n\end{aligned}$$

式中: A_move 表示允许执行 A 迁移动作; A_in 表示允许 A 进入某个环境; del 表示删除某个 A ; $in\ n$ 表示 A 进入环境 n ; $out\ n$ 表示 A 退出环境 n ; $del\ n$ 表示在群组活动中删除环境 n .

这里的环境也是一个抽象概念,表征抽象有界的逻辑范围,如协同群组的共享空间、协同成员的个体逻辑空间、个体物理节点位置等.

定义 4 A 的状态可表示为

$$\begin{aligned}A_state\ |& n\ [\tilde{a}] \\ & | (x).\tilde{a} \\ & | \langle y\rangle\end{aligned}$$

其中: $n\ [\tilde{a}]$ 表示动作 $\tilde{a}$ 在环境 n 中; $(x).\tilde{a}$ 表示 $\tilde{a}$ 接收输入 x ; $\langle y\rangle$ 表示输出,即将 y 放于环境中.

2.3 EMA 的操作语义

定义 5 A 的互操作定义为

$$\begin{aligned}\tilde{a}_i,\tilde{a}_j::=& \varepsilon\ | \ (vn)\tilde{a}_i\ | \ \tilde{a}_i\ | \ \tilde{a}_j \\ & | \ \tilde{a}_i\bullet\tilde{a}_j\ | \ k!\tilde{a}_i\end{aligned}$$

式中: ε 是空动作,即该动作不包含任何内容; $(vn)\tilde{a}_i$ 表示引入新名字 n 及限定了动作 $\tilde{a}_i$ 的执行范围; $\tilde{a}_i|\tilde{a}_j$ 表示 $\tilde{a}_i$ 与 $\tilde{a}_j$ 并行执行; $\tilde{a}_i\bullet\tilde{a}_j$ 表示 $\tilde{a}_i$ 与 $\tilde{a}_j$ 顺序执行; $k!\tilde{a}_i$ 表示 $\tilde{a}_i$ 被复制 k 次.

定义 6 交互复合操作关系定义为

$$\tilde{R}::=\tilde{A}_i\Rightarrow\tilde{A}_j\ | \ \tilde{A}_i\ast\tilde{A}_j\ | \ \tilde{A}_i\leftrightarrow\tilde{A}_j$$

式中: $\tilde{A}_i\Rightarrow\tilde{A}_j$ 是顺序操作集,表示动作集 $\tilde{A}_j$ 在动作集 $\tilde{A}_i$ 之后执行; $\tilde{A}_i\ast\tilde{A}_j$ 是并行操作集,表示 $\tilde{A}_i$ 、 $\tilde{A}_j$ 并发执行的复合操作关系; $\tilde{A}_i\leftrightarrow\tilde{A}_j$ 是交互操作集,表示 $\tilde{A}_i$ 、 $\tilde{A}_j$ 在执行过程中相互之间进行信息调用、

交互.

3 实例

3.1 实例说明

下面是 2 个协作者 u_1 、 u_2 分别借助各自的移动终端设备,在群组共享空间上共同实现移动协同标绘任务的实例. u_1 、 u_2 的每个标绘操作动作都有一个标识(Id),以区分其他的标绘操作动作.动作的类型主要包括插入(Ins)与删除(Del),标绘的物理符号主要包括点、线等多种图形符号及注解说明的相应字符(C)等.

3.2 实例的 EMA 表示

(1) 依据 A 的定义及前述实例说明,标绘操作可实例化为

$$\begin{aligned}A_Des::&=\{D\} \\ A_Typ::&=\{Ins, Del\} \\ A_Loc::&=\{u_1, u_2\} \\ A_Tim::&=\{t_1, t_2, \dots, t_s\} \\ A_In::&=S \\ A_Out::&=S' \\ A_Lim::&=\sigma\end{aligned}$$

式中: D 表示标绘操作的物理符号; Ins, Del 表示标绘操作的类型; u_1, u_2 表示标绘操作所在的位置; $t_1, t_2, \dots, t_s$ 表示标绘操作执行的时间点; S 表示执行前标绘的格局状态; S' 表示执行后标绘的格局状态; σ 表示 $\tilde{a}$ 的执行条件、约束.那么, A 的标绘操作实例 $\tilde{a}$ 的元组形式可表示为

$$\tilde{a}=(\{D\},\{Ins, Del\},\{u_1, u_2\},\{t_1, t_2, \dots, t_s\},S,S',\{\sigma\})$$

在此基础上,依据标绘的实际情景,标绘操作的相关符号定义如表 1 所示.

表 1 标绘操作的相关符号定义

符号	语义
$\tilde{a}, t$	$\tilde{a}$ 的类型,即 Ins、Del.
$\tilde{a}, c$	$\tilde{a}$ 插入、删除的物理符号(包括图形符号和字符).
$\tilde{a}, p$	$\tilde{a}$ 插入、删除的物理符号的位置、区域.
$\tilde{a}, Id$	$\tilde{a}$ 标识,由产生 $\tilde{a}$ 的协作者 Id 及其在该协作者站点位置上的标识组成.

(2) 标绘操作动作之间的操作关系.

设 2 个标绘操作动作分别为 $\tilde{a}_1$ 、 $\tilde{a}_2$,则 $\tilde{a}_1$ 、 $\tilde{a}_2$ 具有顺序、并行的逻辑关系,它的 EMA 语法可分别表

示为 $\check{a}_1 \cdot \check{a}_2$ 和 $\check{a}_1 | \check{a}_2$. 其中: $\check{a}_1 \cdot \check{a}_2$ 表示 $\check{a}_1, \check{a}_2$ 顺序执行, 即 $\check{a}_1$ 在 $\check{a}_2$ 之前; $\check{a}_1 | \check{a}_2$ 表示 $\check{a}_1, \check{a}_2$ 并行序执行.

操作动作与标绘动作序列可以顺序、并行执行, 其 EMA 语法可表示为 $\check{a} \cdot \check{A}$ (操作动作 $\check{a}$ 与序列 $\check{A}$ 顺序执行)、 $\check{A} \cdot \check{a}$ (序列 $\check{A}$ 与操作动作 $\check{a}$ 顺序执行)、 $\check{a} | \check{A}$ (操作动作 $\check{a}$ 与序列 $\check{A}$ 并行执行)、 $\check{A} | \check{a}$ (序列 $\check{A}$ 与操作动作 $\check{a}$ 并行执行).

设 u_1, u_2 的标绘动作序列分别为 $\check{A}_1, \check{A}_2$, 则

$$\check{A}_1 :: = \check{a}_1^1 \check{a}_1^2 \cdots \check{a}_1^i$$

$$\check{A}_2 :: = \check{a}_2^1 \check{a}_2^2 \cdots \check{a}_2^j$$

3.3 移动性及协作性的刻画

为了减少协同标绘时的无线传输信息量, 协作者的同步共享空间是通过标绘动作的传输来实现的, 而不必每次都传输整个共享空间, 这样既保证协同响应时间比较小, 又能使得无线信道传输的协同交互信息量比较少, 从而使协同活动得以顺利进行. u_1, u_2 的协同标绘示意图如图 1 所示.

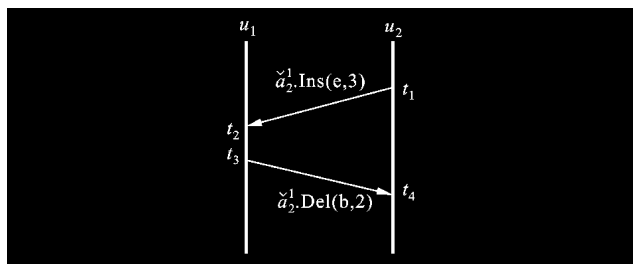


图1 u_1, u_2 的协同标绘示意图

从图 1 可知, 在某一初始时刻 t_0 , 共享空间初始状态为 S_0 , 假设 $S_0 = \text{"abcde"}$ 为一字符串状态, 则在 t_1 时刻 u_2 的标绘操作动作为 $\check{a}_2^1. \text{Ins}(e, 3)$, 即 u_2 在共享空间的第 3 个位置插入字符“e”, $\check{a}_2^1. \text{Ins}(e, 3)$ 是标绘操作动作, 而不是操作结果. 当 u_2 将标绘操作动作传递给 u_1 之后, 在 u_1 的本地执行该操作. 这样, u_1, u_2 的共享空间改为 $S_1 = \text{"abcde"}$. 同理, 在 t_3 时刻, u_1 将标绘操作动作 $\check{a}_2^1. \text{Del}(b, 2)$ 传递给 u_2 之后, 共享空间中的第 2 个位置上的字符“b”被删除, 从而 u_1, u_2 的共享空间改为 $S_2 = \text{"aecde"}$.

综上所述, 标绘操作动作 $\check{a}_2^1$ 从产生该动作的 u_2 环境 n_2 迁移到 u_1 的环境 n_1 , 这种标绘操作动作在各个协同成员对应的计算节点迁移的移动性 EMA 语法可表示为

$$[\check{a}_2^1: n_2 \mapsto n_1] :: = A_{-} \text{move} [\text{out } n_2 [\check{a}_2^1]] \Rightarrow$$

$$A_{-} \text{in} [\text{in } n_1, \check{a}_2^1]$$

$$[\check{a}_2^1: n_2 \mapsto n_1] :: = n_j [\check{a}_2^1]$$

这样, 标绘操作动作 $\check{a}_2^1$ 从 u_2 迁移到 u_1 上执行.

由于在 u_1 上也有自己的标绘操作动作序列 $\check{A}_1$, 所以 $\check{a}_2^1$ 将加入到 u_1 的操作动作序列 $\check{A}_1$ 之中, 当 $\check{a}_2^1$ 迁移后, u_1 与 u_2 的动作序列分别改为

$$\check{A}_1' :: = \check{a}_2^1 \check{a}_1^1 \check{a}_1^2 \cdots \check{a}_1^i$$

$$\check{A}_2' :: = \check{a}_2^1 \check{a}_2^2 \cdots \check{a}_2^j$$

4 结 论

如何在刻画移动协同的移动性的同时, 刻画协作性, 在移动协同计算中具有十分重要的理论、实践意义. 为了在一个统一的框架下做到这一点, 本文在动态环境演算的基础上, 引入了基础动作的概念, 从而通过动态环境演算来刻画移动协同的移动性, 通过概念基础动作来刻画移动协同的协作性. 较之已有的动态环境演算, EMA 弥补了动态环境演算不能同时刻画移动协同的移动性和协作性的缺陷, 为移动协同理论框架的完善提供了一种新思路, 且为移动协同应用奠定了理论基础. 该演算系统已用于移动协同服务支撑平台, 有效地指导了平台的构建过程, 但还需通过今后的工作加以完善.

参考文献:

- [1] MILNER R, PARROW J, WALKER D. A calculus of mobile process (Part I and II)[J]. Information and Computation, 1992, 100(1): 1-40.
- [2] CARDELLI L, GORDON A D. Mobile ambients [M]. Foundations of software science and computation structure. Heidelberg: Netherlands: Springer-Verlag, 1998: 140-155.
- [3] WEISER M. The world is not a desktop [J]. Interactions, 1994, 1(1): 7-8.
- [4] 王卫红, 曹玉辉. 一种多维策略的移动协同群组形成模型 [J]. 西安交通大学学报, 2007, 41(8): 894-898.
WANG Weihong, CAO Yuhui. Multi-dimension policy for formulation model of mobile collaborative group [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2007, 41(8): 894-898.
- [5] LUFF P, HEATH C. Mobility in Collaboration [C] // Proceedings of ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work. New York, USA: ACM Press, 1998: 305-314.
- [6] FONTAINE M, PARISE S, MILLEN D R. Using

- collaborative environments to transform your organization's business processes [EB/OL]. [2006-01-10]. <http://www-03.ibm.com/industries/government/doc>.
- [7] CATOVIC A, TEKINAY S. Reducing transmit power and extending network lifetime via user cooperation in the next generation multihop wireless networks[J]. *Communication and Networks*, 2002, 4(4): 351-362.
- [8] EMAMIAN V, ANGHEL P, KAVEH M. Multi-user spatial diversity in a shadow-fading environment [C]// *Proceeding of IEEE Veh Tech*. Piscataway, USA: IEEE, 2002: 573-576.
- [9] LI Yushun, SHI Meilin. Mobile collaboration writing [C]// *14th IEEE Proceedings on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*. Piscataway, USA: IEEE, 2003: 849-853.
- [10] CAPORUSCIO M, INVERARD P. Yet another framework for supporting mobile and collaborative work [C]// *Proceeding of 12th IEEE Workshops Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*. Los Alamitos, USA: IEEE Computer Society, 2003: 81-86.

(编辑 苗凌)