

基于移动代理的上下文感知系统研究

张庆生 齐勇 赵季中 侯迪
(西安交通大学电信学院 西安 710049)
(zhangqs@mail.xjtu.edu.cn)

摘要: 上下文表用上下文信息描述实体状态, 原子上下文感知说明了系统根据当前上下文和历史上下文做出合适的反应。基于这两个概念设计了上下文感知移动代理、系统代理和上下文感知移动代理服务环境, 解决普适计算系统需要自动适应用户行为及环境变化的问题。上下文感知代理使用历史上下文与当前上下文提取上下文表达式, 根据该表达式在上下文反应容器中匹配对应的操作, 然后由系统代理执行该操作, 为用户提供任务相关的服务或者信息。根据原子上下文感知提出若干实例, 并由上下文感知演算验证, 同时指出上下文感知演算的不足。最后, 用染色 Petri 网对一个实例场景仿真, 证明了系统的可行性。

关键词: 移动代理; 上下文感知; 上下文感知演算; 染色 Petri 网工具

中图分类号 TP391

Context-Aware System Research Based on Mobile Agent

Zhang Qingsheng, Qi Yong, Zhao Jizhong, and Hou Di
(School of Electronic and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)

Abstract: Context table and atom context-aware reaction were proposed as a basic theory in this paper to realize a context-aware system based on mobile agent. The state of an entity is described with its context table. Atom context-aware reaction illustrates that a context-aware system provides proper response for users based on present context and history context. It tries to solve the issue that pervasive system automatically adapts to the changes of the users' activities and environment by the designs of context-aware mobile agent, context-aware system agent and context-aware mobile agent service environment based on the two concept context table and atom context-aware reaction. Context-aware mobile agent uses present and history contexts to extract context expression. The operation is executed by system agent to give the task related services or information to the users after it is matched in context reactive container with this context expression. Some atom context-aware reactive instances were examined by context-aware calculus, and the problem in context-aware calculus was discussed in brief. One context-aware scenario based on context-aware mobile agent was verified by the model built with colored Petri net tool. The experimental result shows that it is feasible about the context-aware system based on mobile agent.

Keywords mobile agent; context-aware; context-aware calculus; CPN tool

上下文感知的目标是让普适计算系统根据上下文适应环境和用户需求的变化, 尽可能不让用户参加调整, 只需关心自己的任务。上下文感知计算是系统软件行为由其物理和虚拟环境变化所确定的计算范式^[1, 2]。上下文感知计算主要内容研究是上下文的获取、上下文的表示、推理及支撑上下文感知的系统软

件。移动和普适计算是分布式计算的扩展, 移动代理是分布式计算的范式之一, 本文将它与上下文感知结合提出了基于移动代理的上下文感知系统, 它解决了如何根据当前上下文和历史上下文为用户提供服务。

基于上下文表和原子上下文感知概念, 提出了上下文感知移动代理、系统代理和上下文感知移动代理

服务环境,后者负责把解释过的上下文信息发送到相应的移动代理或者系统代理。移动代理和系统代理根据服务环境提供的上下文信息及历史上下文执行服务或者提供信息,实现了用户任务相关的系统自适应。

1. 基于移动代理的上下文感知系统

1.1 移动代理与上下文感知

代理最基本的特性包括:反应性、自治性、面向目标性和针对环境性。研究^[4]给出定义:代理是一类在特定环境下能感知环境,并能自治地运行以代表其设计者或使用者实现一系列目标的计算实体或程序。移动代理是一个代替人或其它程序执行某种任务的程序,它在复杂的网络系统中能自主地从一台主机移动到另一台主机,该程序能够选择何时、何地移动。在移动时,该程序可以根据要求挂起其运行,然后转移到网络的其它地方重新开始或继续其执行,最后返回结果和消息^[5]。相关移动代理的研究^[6-9]主要对体系结构、工作流程、通信、安全和移动性等方面做研究。对上下文感知的移动代理及其服务环境研究很少。移动代理作为一种分布计算范式有许多优点,例如,节约网络带宽、支持网络断接操作、实现载荷卸载等。移动和普适计算存在网络带宽、移动设备能力受限等问题^[3]。因此,移动代理结合上下文感知可以很好地解决移动普适计算的这类问题。

移动普适计算应用的典型环境是智能空间,这是一个嵌入了各种计算设备及有线、无线传感器的环境,例如,智能办公室、会议室和家庭等。用户在这样的环境中,系统会根据用户活动及物理环境的变化,不断调整其行为,适应用户需求的变化。图1所示为基于移动代理的上下文感知系统,它管理着智能空间与用户。ACL是agent通信语言,图中的其它部分在第1.2和1.3节详细叙述。

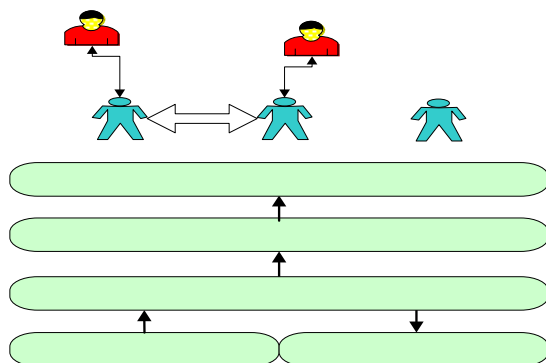


图1 基于移动代理的上下文感知系统

很多研究者对上下文感知做过定义,其中 Anind Dey 的上下文定义具有一定的代表性:上下文是关于

对一个实体情形进行刻画的任何信息。实体是指与交互过程相关的人、地点和对象等^[10]。上下文主要包括用户上下文、物理环境上下文和计算上下文。在上下文感知的智能空间中,上下文分为用户上下文和系统上下文。实体包括人类用户和系统,其中系统表示物理和计算环境中的对象总和,分别对应移动代理和系统代理。

Anind Dey 的上下文感知定义:如果一个系统使用上下文为用户提供与其任务相关的信息及服务,那么它是一个上下文感知的系统^[10]。上下文感知定义表明它通过使用上下文来为用户提供服务和信息。从直观上理解,上下文感知是根据用户当前的状态来判断用户要做什么,从而自动地提供服务。例如,在图1所示的智能办公室, user2 访问办公室的 user1 处理公事,这时 user1 不在办公室。系统代理感知 user2 来访这条上下文就应该立即执行一项服务,开办公室门?显然不是。首先,它根据系统环境历史上下文和 user1 历史上下文来获取 user1 是在办公室,还是在其它地点。然后,再为 user2 提供一个恰如其分的服务和信息。如果 user1 在办公室,它就打开门。如果 user1 不在办公室,它就为 use2 提供 user1 有关的信息。由此,可以看出上下文感知不仅依赖于当前的上下文信息还与历史上下文有重要的依赖关系。

定义1 上下文感知系统根据当前的上下文信息和历史上下文信息为用户提供与任务相关的服务和信息。

定义2 用户历史上下文表定义了用户的状态。

```
Context no
User identifier
Previous context no
Place
Time
Situation: (Activity value1) ; ( Physical
value2); .....
Access control level
```

定义3 环境历史上下文表定义了系统环境的状态。

```
Context no
Env identifier
Previous context no
Place
Time
User list
Situation: (device1 value1) ; ( device2
value2); .....
Access control level
```

根据上下文分类和定义1、2、3,上下文感知系

统可能为用户提供服务和信息的原子反应有四类:

Ucc.UHC \rightarrow service (information) (1)

Ucc.EHC \rightarrow service (information) (2)

Ecc.UHC \rightarrow service (information) (3)

Ecc.EHC \rightarrow service (information) (4)

Ucc 和 Ecc 分别表示表示用户当前上下文和环境当前上下文, UHC 和 EHC 分别表示用户历史上下文和环境历史上下文。·表示顺序, \rightarrow 表示反应。

公式 1 表示用户当前上下文与用户历史上下文作为提供服务或者信息的原子上下文感知。例如, 在智能家庭中, 用户离开家到办公室, 移动代理根据这个当前上下文并不知道要做什么具体工作, 它检查用户历史上下文, 发现用户在家中完成了一个文件, 这时它会提示用户是否把这个文件带上。公式 2 表示用户当前上下文与环境历史上下文可以作为提供服务和信息的原子上下文感知。接着上一个例子, 当移动代理检查环境历史上下文发现用户的家电处于开机状态, 会提醒用户关闭或者自动关闭。公式 3 表示环境当前上下文与用户历史上下文可以作为提供服务或者信息的原子上下文感知。例如, 当系统感知到当前室内的气温超过设定值, 系统代理根据此时环境上下文会做什么呢, 不是十分确定, 如果它检查用户历史上下文知道用户正在室内休息, 它会启动空调器。公式 4 表示环境当前上下文与环境历史上下文可以作为提供服务或者信息的原子上下文感知。例如, 当系统感知到智能办公室的网络与外界不通时, 系统代理可能采取的动作并不确定, 但是系统代理检查环境历史上下文时发现交换设备处于关闭状态, 系统代理就会自动重启该设备。

1.2 上下文感知移动代理

根据对上下文和上下文感知的研究, 提出了基于上下文感知的移动代理 CAMA(context-aware mobile agent)。它利用系统环境提供的用户上下文信息及历史上下文, 为它的用户提供相应服务和信息。在 CAMA 中, 上下文感知处理模块 CAP(Context-Aware Processing Module)对上下文做出响应, 其它主要功能与文献^[4,5]描述是一致的。

如图 2 所示, CAMA 的 CAP 模块工作过程如下: 系统环境为 CAMA 提供上下文信息, CAMA 的 Receiver 对接收到的上下文按用户自定义的上下文分类进行排队, Context extractor 利用当前上下文和用户历史上下文 UHC 和环境历史上下文 EHC 抽取上下文反应表达式, Atoms producer 根据得到的表达式, 在上下文反应容器中寻找基本操作, 即研究^[11]中所述的 atom, 这样用户就可以根据原子匹配模式中得到所需

要的服务。形成基本操作 atom pattern 后, CAMA 调用系统代理, 激活匹配模式, 执行了原子反应公式 1 和 2。在原子匹配模式产生后, 就意味这是一个有效被执行的上下文, 因此 CAMA 的 user class context update 执行用户历史上下文更新。这样, 在系统为用户提供新的上下文时, 这个当前的上下文信息作为历史上下文信息使用。

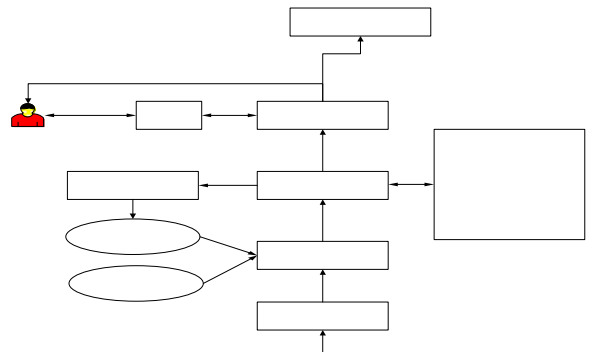


图2 CAMA 的上下文感知过程

上下文感知系统强调用户尽可能少地参与计算本身, 但并不是完全不让用户参与。因此, CAMA 中有一个与用户交互的模块 MAIU(Mobile Agent Interaction with User), 让用户在需要的时候参与上下文感知过程。

1.3 上下文感知移动代理服务环境

CAMA需要相应的移动代理环境支撑, 上下文感知移动代理服务环境CAMASE(context-aware mobile agent service environment)就是这样一个环境。与传统的移动代理服务环境不同之处, 它提供了上下文信息服务模块CIS(Context information Service Module), CIS的主要任务是为系统代理和移动代理提供上下文信息。系统软件通过物理传感器和虚拟传感器获取原始数据, 对它们进行集成、融合等预处理后, 形成有效的传感器数据。之后, 上下文解释器对它们进行推理解释, 说明传感器数据的意义, 即上下文。CIS得到上下文后, 会根据上下文信息中的标识号把它分配到相应的代理。

上下文感知移动代理服务环境中有一个上下文感知的系统代理CASA(context-aware system agent), 根据CAMASE提供的上下文信息, 它可以直接对系统的物理和计算设备进行控制。CASA对上下文感知过程与CAMA类似, 只是在原子匹配激活时对自己调用, 它的反应容器是基于原子反应公式3和4, 用户类上下文更新被环境类上下文更新替代。CASA执行原子匹配在第2节中详细说明。环境上下文历史表中有一项是用户列表, 它说明在系统管理域内当前的用户。

移动代理负责维护和更新用户个人的上下文历

史表,并把过时的上下文信息保存到 CAMASE 的用户历史上下文数据库。系统代理负责维护和更新环境上下文历史表,并把过时的上下文信息保存到 CAMASE 的系统历史上下文数据库。

2. 上下文感知移动代理实例分析

2.1 上下文感知演算

上下文感知演算 CAC (Context-Aware Calculus)^[11]中所提及的代理不直接感知环境变化,而是通过发送异步的 atoms 通知系统环境它当前的能力。由封闭的环境提供规则来获取这些来自不同地点的 atoms 并且执行全局的同步。在 CAC 语法中的定义 D 指定可能的上下文反应公式,当移动代理发送原子 atoms 后(感知到的上下文),激活相应的匹配反应公式,从而由系统执行有关的服务。第 1.1 节提出的原子反应公式,并不能够在 CAC 中体现。首先,移动代理取得上下文,并结合历史上下文为用户提供服务和信息过程不能用 CAC 的语法和语义完成。本文所采用方法对当前上下文和历史上下文进行抽取,得到相应的上下文表达式。上下文表达式与反应容器中的原子反应公式进行匹配,得出匹配的原子反应后,才能根据 CAC 的语法和语义执行上下文感知。

2.2 CAC 验证 CAMA

使用 CAC 从理论上来验证第 1.1 节所示情景。在系统只有一个 CAMA 的情况，公式 1 的例子：在智能家庭中，用户离开家到办公室，CAMA 检查用户历史上下文，发现用户完成一个文件，没有存放到移动设备，这时它会自动拷贝文件到该设备。首先 CAMA 得到“用户要离开”这个上下文时，读取用户历史上下文来提取上下文表达式，在这个例子中就是 [copy filename]，与上下文反应容器匹配得到相应的原子后，CAMA 调用 CASA 激活原子操作，即：

```

    CASA (copy(x) =>send(x, mobile disk)) [CAMA
() [copy (filename)]]

```

$$\rightarrow \text{CASA} \quad (\text{copy}(x) \Rightarrow \text{send}(x, \text{mobile disk}))$$

```
[CAMA () [send (filename, mobile disk)]]
```

用户离开时, CAMA 还检查环境历史上下文, 发现家中的电视还处于开机状态, 这时它会自动地关闭电视。此处提取的上下文表达式就是[close TV], 匹配之后, CAMA 进入系统环境的 CASA 激活操作, 即:

CASA (close(x) \Rightarrow shutdown(x, power)) [CAMA
 () [close (TV)]]

$$\rightarrow \text{CASA} \quad (\text{close}(x) \Rightarrow \text{shutdown}(x, \text{power}))$$

[CAMA () [shutdown (TV, power)]

说明公式 3 的例子：系统感知到室内的气温超过

设定值，系统代理检查用户历史上下文知道用户正在室内休息，它会自动地打开空调。即 CASA 从用户历史上下文提取上下文表达式，在这个例子中就是 [open air conditioner]，那么 CASA 自动执行 `saexe()` [1]：

CASA (open(x) \Rightarrow start(x, power)) [saexe ()
[open (air conditioner)]]

$$\rightarrow \text{CASA} (\text{open}(x) \Rightarrow \text{start}(x, \text{power})) [\text{saexe} () \\ [\text{start} (\text{air conditioner}, \text{power})]]$$

说明公式 4 的例子：系统感知其网络与外界不连通时，CASA 会检查环境历史上下文发现交换设备关闭，系统代理就会自动重启设备。这里的上下文表达式[open switcher]，由 CASA 自动执行：

$$\text{CASA } (\text{open}(x) \Rightarrow \text{start}(x, \text{power})) \text{ [saexe ()} \\ \text{[open (switcher)]}]$$
$$\rightarrow \text{CASA } (\text{open}(x) \Rightarrow \text{start}(x, \text{power})) \text{ [saexe ()} \\ \text{[start (switcher, power)]}$$

3 实验结果与分析

3.1 仿真试验平台

染色 Petri 网是用于系统设计、描述、模拟和检验的面向图型的建模语言。它特别适合用于研究那些通信、同步和资源共享占重要地位的系统。例如, 通信协议、分布式系统和工作流分析等^[12]。仿真试验平台采用 CPN Tools, 它可以用来编辑、模拟和分析染色 Petri 网^[13]。使用此工具完成基于移动代理的上下文感知系统实例的仿真试验。

3.2 试验分析

基于移动代理的上下文感知系统流程：环境中提取的上下文由系统送到移动代理或者系统代理，由它们根据用户上下文历史和环境上下文历史，执行相应的上下文感知反应。上下文感知系统仿真流程如图3所示。系统代理或者移动代理执行当前上下文与历史上下文的反应过程映射为库所之间的变迁。

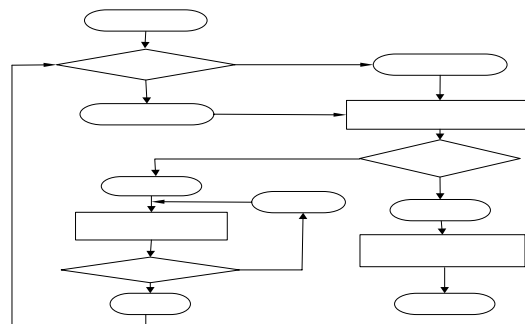


图3 上下文感知移动代理系统仿真流程图

在智能家庭中，系统感知用户来了一个电话，这时系统会把“来电话”这条上下文信息发送到CAMA，

CAMA 检查用户的历史上下文表发现用户正在听音乐,检查环境历史上下文发现音响声音很大,这时候 CAMA 判断:如果在这样的背景中接电话,用户的通话质量会受到影响,因此它在上下文反应容器中找到相应的项执行此条件下的反应:降低音响的音量,用户接听电话。CPN tools 对该场景的仿真如图 4 所示。仿真结果说明基于移动代理的上下文感知系统及上下文感知代理行为的正确性。

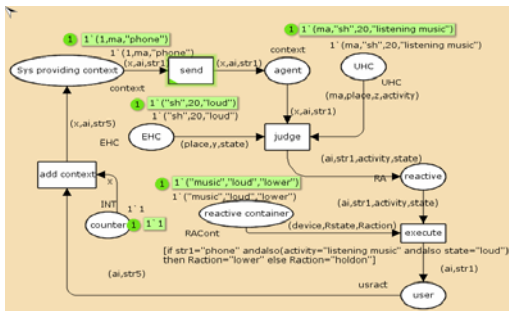


图 4 仿真示意图

4 结束语

仅由当前上下文来预测系统或者用户的行为是上下文感知应用的一方面,更重要的是利用当前上下文和历史上下文来分析需要完成的操作是上下文感知应用的另一方面。上下文感知移动代理是根据当前的上下文和历史的上下文提取上下文表达式,使用上下文反应容器产生对应的原子模式匹配,之后按照 CAC 的方法来激活相应的操作。CAC 不涉及如何形式化当前上下文信息及上下文历史,因此,CAC 的语法和操作语义部分要适当的扩充。移动代理根据上下文感知系统提供的上下文解决终端设备能力受限、断接操作和相关的服务访问等问题,将是基于移动代理的上下文感知系统今后的理论与实验工作。

参 考 文 献

1 Guanling Chen, David Kotz. A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research. Hanover, USA: Department of Computer Science, Dartmouth College, Tech Rep: TR2000-381, 2000.

2 Gruia-Catalin Roman, Christine Julien, Jamie Payton. A Formal Treatment of Context-Awareness. In: Proceedings of the 7th International Conference on Fundamental Approaches to Software Engineering (FASE 2004). Berlin / Heidelberg: Springer, 2004.12~36.

3 M Satyanarayanan. Pervasive Computing: Vision and Challenges. IEEE Personal Communications, 2001 August: 10 ~17.

4 刘大有, 杨鲲, 陈建中. Agent 研究现状与发展趋势. 软件学报, 2000, 11 (3): 315~321.

5 朱淼良, 邱瑜. 移动代理系统综述. 计算机研究与发展, 2001

年, 38 (1): 16~25.

6 杨鲲, 刘大有, 郭欣. 一个具有高安全性的移动Agent系统模板结构. 软件学报, 2002, 13 (1): 130~135.

7 谭湘, 顾毓清, 包崇明. 一种用于移动Agent数据保护的机制. 软件学报, 2005, 16 (3): 477~484.

8 王忠群, 陶先平, 冯新宇. 一种移动Agent通信算法. 软件学报, 2003, 14 (7): 1292~1299.

9 杨博, 刘大有, 杨鲲, 张朝辉. 移动Agent系统的主动通信机制. 软件学报, 2003, 14 (7): 1338~1344.

10 Anind K Dey. Providing Architectural Support for Building Context-Aware Application: [Ph D dissertation]. Atlanta, Georgia: College of Computing, Georgia Institute of Technology, 2000.

11 Pascal Zimmer. A Calculus for Context-Awareness. Basic Research in Computer Science, Universities of Aarhus and Aalborg in Denmark, Tech Rep: RS-05-27, 2005.

12 Kurt Jensen. A Brief Introduction to Coloured Petri Nets. In: Proceedings of the Third International Workshop on Tools and Algorithms for Construction and Analysis of Systems. London, UK: Springer-Verlag, 1997. 203~208.

13 Anne Vinter Ratzer, Lisa Wells, Henry Michael Lassen, et al. CPN Tools for Editing, Simulating, and Analysing Coloured Petri Nets. In: Proceedings of the 24th International Conference on Applications and Theory of Petri Nets. London, UK: Springer-Verlag, 2003. 450~462.

张庆生, 男, 1970 年生, 博士研究生, 主要研究方向为上下文感知计算和数据挖掘。

齐 勇, 男, 1957 年生, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为分布式计算、中间件和普适计算。

赵季中, 男, 1968 年生, 硕士生导师, 主要研究领域为模式识别、智能计算。

侯 迪, 男, 1960 年生, 硕士生导师, 主要研究方向为软件老化、服务组合和分布式数据库。