

◎理论研究、研发设计◎

基于活动的情境感知系统交互设计

陈媛媛, 刘正捷

CHEN Yuanyuan, LIU Zhengjie

大连海事大学 信息科学技术学院 中国欧盟可用性研究中心, 辽宁 大连 116026

Sino-European Usability Center, School of Information Science and Technology, Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning 116026, China

CHEN Yuanyuan, LIU Zhengjie. Activity-based context awareness interaction design. Computer Engineering and Applications, 2013, 49(20): 23-28.

Abstract: Context awareness is an important part of mobile and ubiquitous computing research field. Most existing studies concentrate on the technical implementation of context awareness system. Due to the lack of understanding on human being's awareness mechanism in a special context, there is a considerable gap between systems context awareness actions and human expectations to context awareness systems. Activity-based Context-Aware Model (ACAM) is built on the basis of activity theory and human situational awareness theories. ACAM describes human context-aware process enclosed with a specific activity, which can get more accurate understanding on human context awareness mechanism and lead the development of context-aware technology. The case study is conducted under the background of supermarket. The context awareness process of shopping activity and activity-based context awareness shopping assistant verifies the ACAM preliminary.

Key words: context awareness; activity theory; activity-based context awareness model; context awareness shopping assistant

摘 要: 情境感知是移动和普适计算研究中一个重要的组成部分。现有研究大多从技术的角度进行情境感知系统的设计和实现。由于缺少对人的情境感知机制的认识, 导致系统的情境感知行为和人的期望之间存在着很大的差距。在活动理论和人的情境感知理论的基础上, 提出了基于活动的情境感知模型, 用于描述特定活动中人的情境感知过程; 并在该模型的基础上, 提出了基于活动的情境感知系统交互设计方法。通过基于活动的情境感知购物助手的交互设计过程, 验证了基于活动的情境感知模型在情境感知系统交互设计中的应用。

关键词: 情境感知; 活动理论; 基于活动的情境感知模型; 情境感知购物助手

文献标志码: A **中图分类号:** TP399 **doi:** 10.3778/j.issn.1002-8331.1304-0333

1 引言

情境感知服务就像一个虚拟的伙伴, 可以感知人周围的情境信息, 提供适合“此时此地、此情此景”的情境感知服务。情境感知的主要目标就是主动感知人周围情境信息的变化, 根据当前任务的需要, 在恰当的时机提供恰当的信息和服务^[1]。目前, 情境感知系统的相关研究主要集中在有关情境信息采集、情境建模、情境推理和情境感知计算系统架构等方面^[2], 主要的应用领域包含教育、医疗、旅游、智能家居和购物娱乐等。最常见和最简单的情境感知服务是基于位置的服务(Location-Based Service, LBS), 在基于位置的服务研究中大多利用 GPS 信号或 CellID 获

取用户在室外的位置信息, 而精确定位或室内定位还无法发挥实际作用。有些情境感知系统可以集成很多传感器, 例如 Myexperience 是一个情境感知的体验采样工具, 可以利用通信、应用程序、多媒体、日程表、蓝牙、GPS 等 100 多种设备和传感器数据, 但需要预先定义要收集的传感器信息和收集的条件^[3]。

情境感知系统实现相关的研究很多, 但是, 目前的情境感知的实际应用还不常见, 除了技术本身的限制, 对人的情境感知机制的理解不足也是影响情境感知服务广泛应用的重要因素, 影响着用户对情境感知系统的接受程度和使用体验。目前的研究还无法对人的情境感知机制有

作者简介: 陈媛媛(1981—), 女, 博士研究生, 主要研究方向为可用性工程与人机交互设计、移动情境感知交互; 刘正捷(1958—), 男, 教授, 博导, 主要研究方向为可用性工程、用户体验、人机交互和信息无障碍化。E-mail: chenyy@dlmu.edu.cn

收稿日期: 2013-04-23 **修回日期:** 2013-07-18 **文章编号:** 1002-8331(2013)20-0023-06

CNKI 出版日期: 2013-08-05 <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2127.TP.20130805.0943.008.html>

深入完整的了解,因此在情境感知系统的实现过程中,系统对情境信息的获取、解释和反应都与人的情境感知机制存在着很大的差异。从情境信息的获取来看,人和系统可以获取的情境信息都是有限的,但是信息的内容和接收方式都存在着差异。人可以获取关于表情和态度等较多的情绪信息,或者大致的地理位置和方位信息;而系统难以得到人的情绪信息,却可以得到准确的GPS信息或方向等。在获取信息之后,系统对情境信息的解释与人的解释方式也是不一致的,例如,人会通过与当前目标或活动的相关性来解释地理位置和方位的作用;而系统需要将GPS数值解释为某个特定的建筑或地标名称。在获取和解释情境信息之后,人和系统对于情境信息的反应也是不同的,人可以在短时间内判断是否利用当前的情境信息进行决策;而系统提供情境感知服务的时机、内容和方式无法像人一样快速而准确,如果系统不能在正确的时间和地点为适当的用户提供适当的服务,就会干扰用户正常的工作和活动,降低效率,甚至可能带来安全问题,极大地影响用户对情境感知系统的满意度。

在情境感知系统中存在这些问题和差异导致情境感知系统的反馈与用户对情境感知系统的期望不符,影响用户对情境感知系统的体验和使用意愿。为了使情境感知系统的行为方式向更接近于人的情境感知机制的方向发展,本文从人的情境感知机制所表现出来的外特性入手开展研究,在探索活动与情境因素关系的基础上,建立了基于活动的情境感知过程模型,并在这个模型的指导下,提出了基于活动的情境感知系统交互设计方法,并以超市购物活动为案例,解释了基于活动的情境感知系统交互设计方法的应用过程,初步验证了模型的有效性。

2 基于活动的情境感知模型

一个真正的情境感知系统应该是考虑到大量的情境信息以及它们之间的关系,因此,需要一种方法来构建情境感知模型,来描述这种复杂性^[4-5]。对于情境信息本身而言,建模有很多方法,Strang和Linnhoff-Popien总结了相关的情境建模方法,包括:关键值模型、模式标记模型、面向对象模型、逻辑模型和本体模型等^[6],使用这些模型的目的是在系统实现的过程中以特定的数据结构来表示和存储情境数据。关于情境感知系统的架构模型也有很多,包括Java Context Awareness Framework^[7]、Context Toolkit^[8]、Context Information Service^[9]、Context Service^[10]、Activity Based Computing^[11]和Task Based Computing^[12]等,这些模型均以系统实现为导向,并没有整合和探索人的情境感知机制的作用。基于活动的情境感知模型结合活动理论和三种情境认知理论中对人的活动和情境感知过程的描述与分析,用来指导对人的情境感知机制的研究,设计和实现更符合用户期望的情境感知系统。

2.1 理论基础

活动是人类生活的基本组成部分,苏联心理学家Vygotsky在19世纪20年代的时候提出了活动理论,为理解

和分析人的活动提供了通用的概念框架^[13]。整个活动系统包含主体、客体、工具、团体、规则和分工(如图1)。

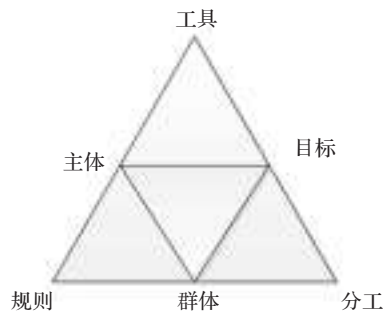


图1 活动的基本构成

活动理论还描述了活动包含的目的性、功能性和反应性三个层次。活动是由主体的动机决定的,可以进一步分解为行为和操作。主体为满足动机,将活动分解为不同目标导向的行为,在特定条件被满足时,行为进一步分解为一系列无意识、自动化的操作;活动、行为和操作三个层次之间可以相互转化、相互支撑(如图2)。

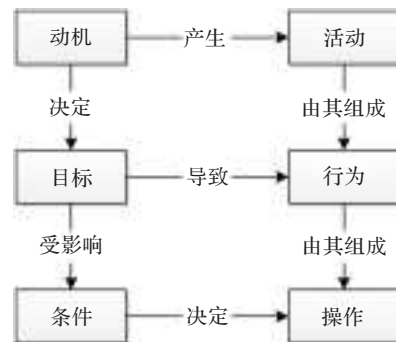


图2 活动的层次结构

关于人的情境感知特性的早期研究主要在航空和飞行控制、紧急响应、军事指挥、燃油和核工厂管理等行业中开展。这些行业中对操作人员的任务和时间压力大,要求他们具有良好的情境感知能力来应对复杂的操作。

Endsley从信息处理的角度来研究人的情境感知机制,他对人的情境感知机制的定义是^[14]:“在一个时间和空间的范围内,感知和全面地理解环境中某些要素,并预测它们后续的状态变化情况。”在Endsley提出的人的情境感知模型中,将人的情境感知过程分为感知、理解和预测三个阶段。在感知阶段,需要感知的情境信息有目标、事件、人、系统和环境因素,以及相关的状态、属性和变化情况;理解是对感知到的要素进行模式识别、解释和评估的过程;而预测是通过状态和属性变化情况的综合判断(如图3)。

另外两个主要的情境感知研究理论是子系统交互理论和感知循环理论。Bedny和Meister提出的子系统交互理论的情境模型是由八个功能块组成的有向行为函数模型^[15],它不是对感知、记忆、思维和行为执行的处理,而是根据任务性质和目标来进行处理,其中的关键过程是概念模型、目标和个体主观性。Neisser提出的感知循环理论认

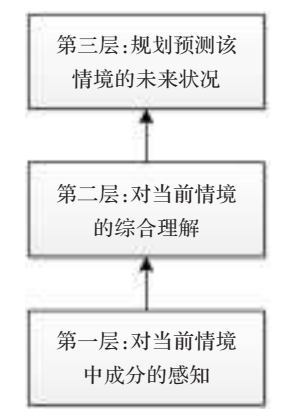


图3 情境感知的三层模型

为:人的思维方式与其交互的环境密切相关,在特定的环境中,已有的知识会直接导致对信息的期望,并引导行为去选择和解释某种信息^[16]。

2.2 基于活动的情境感知模型

基于活动的情境感知模型建立在活动理论和人的情境感知过程理论的基础之上,可以描述活动、情境以及活动和情境两者之间的关系。人的活动可以划分为不同的行为阶段,每个行为阶段由若干操作构成;与主体、工具、物理环境、社会环境和操作对象相关的各种情境因素存在于一个活动中,特定的行为阶段决定了有哪些活跃的情境因素,这些活跃的情境因素之间根据某种规则可以相互匹配,当某些特定的条件被满足或某些操作发生时,就触发了某些情境感知行为(如图4)。

其中,活动、行为、操作、情境因素、活跃的情境因素、触发规则和触发后的动作具体含义如下:

活动(Activities):活动受动机影响,通过完成一个活动,可以满足人的某种需求。例如,娱乐、学习、购物和工作等都是最基本的人的活动,可以满足人的生存、安全和情感上等不同方面的需求。

行为(Actions):活动可以分解为行为,行为是活动的组成部分,行为比活动更加具体,是目标导向的行动过程。

操作(Operations):操作是组成行为的最小单元,一系

列的操作序列可以组成一个行为,操作是无意识和自动化的。

情境因素(Context elements):活动中包含各种情境因素,与用户、任务和环境的属性和状态密切相关。在不同的活动中,情境因素的具体内容和取值是不同的。

活跃情境因素(Active context elements):在组成活动的行为阶段中,有些情境因素会影响和决定了用户当前的目标,在不同的行为阶段中,能够发挥作用的情境因素被称为活跃情境因素。

触发规则和触发后的动作(Rule and triggered actions):每个活跃情境因素都有自己的属性和特点,在某些特定的条件被满足时,不同的活跃情境因素会引发不同的反应,这些条件是活跃情境因素的触发规则,产生的反应就是触发后的动作。

基于活动的情境感知模型主要由活动层次结构和人的情境感知过程两部分组成,活动结构部分采用活动理论中对活动层次结构的描述,利用动机、目标和条件来区分活动、行为和操作的不同层次;人的情境感知过程描述部分包含人的情境认知理论中描述的对情境的感知、解释和反应不同阶段。

通过以超市购物活动为背景进行的案例研究,基于活动的情境感知模型可以清楚有效地描述购物活动的结构和购物过程中的情境信息及特点。整个购物活动可以分解为不同的行为阶段,每个行为阶段中涉及的情境因素和购物者的需求都是不同的^[17]。

3 基于活动的情境感知交互设计

产品交互设计的主要目标是解决用户与产品的互动问题,理解用户需求和提升用户体验是交互设计过程中两个重要的方面。情境感知系统的交互过程具有隐蔽性、主动服务、个性化和情境化等特征,传统的产品交互设计方法也需要进行相应的调整 and 适应,来指导情境感知系统交互设计过程。目前,情境感知系统交互设计方法有索引交互设计^[18]、增强现实技术^[19]和事件驱动法^[20]等,这些研究中关注了情境感知系统的信息呈现和界面设计问题,但是缺少对情境感知系统交互设计过程的完整描述。

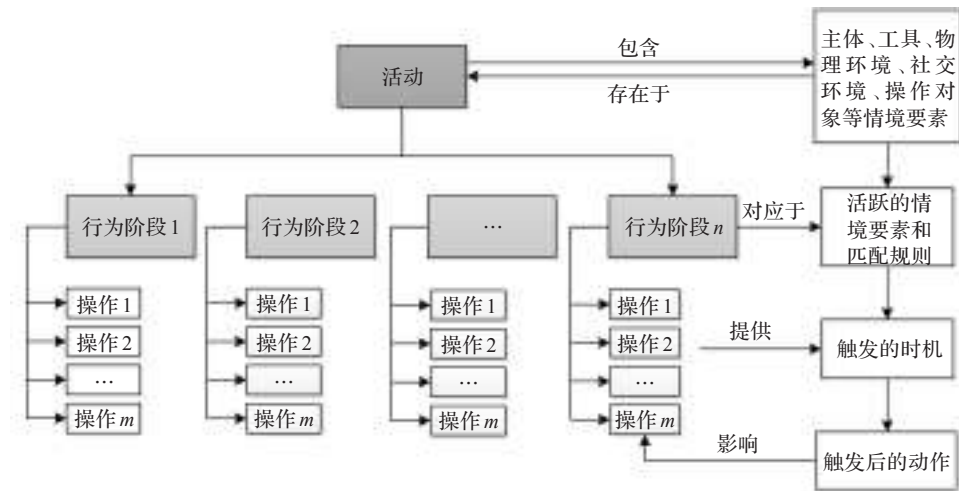


图4 基于活动的情境感知模型

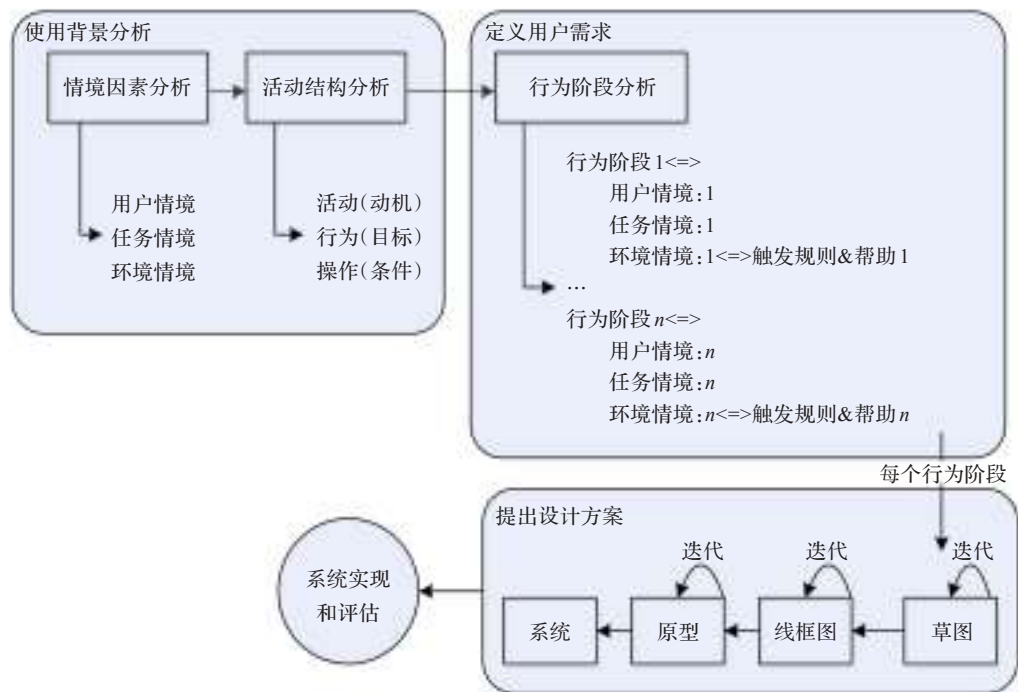


图5 基于活动的情境感知交互设计

基于活动的情境感知模型描述了特定活动中人的情境感知过程,将这个模型应用在情境感知系统的交互设计中,可以指导情境感知交互设计实践,将人的情境感知机制映射到情境感知系统的设计和实现过程中。根据模型的结构和描述,基于活动的情境感知交互设计的关键环节包括:

对用户活动的充分认识和理解:以活动理论为依据,描述活动、行为和操作的三层结构。

识别活跃的情境因素和匹配规则:根据不同的行为阶段,分析活跃的情境因素和匹配规则。

明确触发后的动作:根据不同行为阶段,分析情境感知行为触发的时机和触发后的动作。

因此,在情境感知系统的交互设计中,使用背景分析包含活动结构分析和影响活动的情境因素分析;用户需求定义包含对不同行为阶段中活跃情境因素、触发规则和触发后动作的分析;设计方案的提出依据不同行为阶段的使用场景和用户需求来完成,使用草图、线框图和原型等方法进行迭代测试和改进,最终完成系统实现和评估(如图5)。

4 基于活动的情境感知购物助手交互设计

为了验证模型的有效性和基于活动的情境感知交互

设计过程的可行性,以基于超市购物活动的情境感知购物助手的交互设计过程为例,说明和解释基于活动的情境感知交互设计方法应用的过程。

4.1 使用背景分析

在使用背景分析阶段,主要目标是认识产品真实使用场景的过程,包括购物活动结构分析和相关情境因素分析。可以通过文献调研、实境观察和访谈等方法对购物活动和超市环境的研究和认识,根据基于活动的情境感知模型,将购物活动分为计划、寻找、考查、比较、更换和确认不同的行为阶段(如图6),每个行为阶段包含拿、看、摸、放等不同的操作;影响购物活动的情境因素是与购物者、商品和环境相关的情境因素(如图7)。

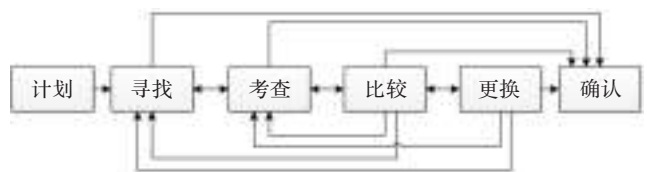


图6 超市购物活动的行为阶段

4.2 定义用户需求

用户需求定义阶段的主要任务是识别问题领域、定义

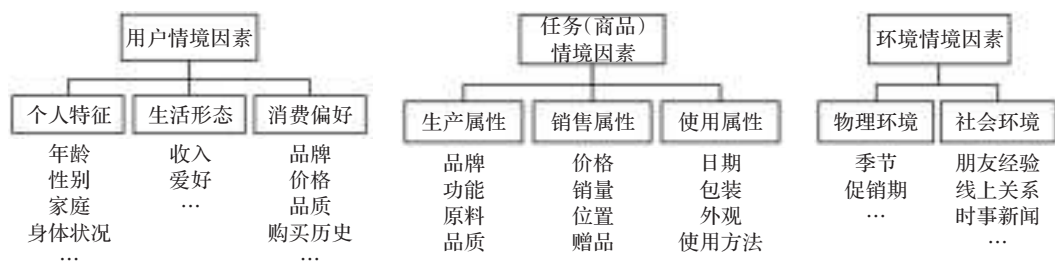


图7 影响购物活动的情境因素

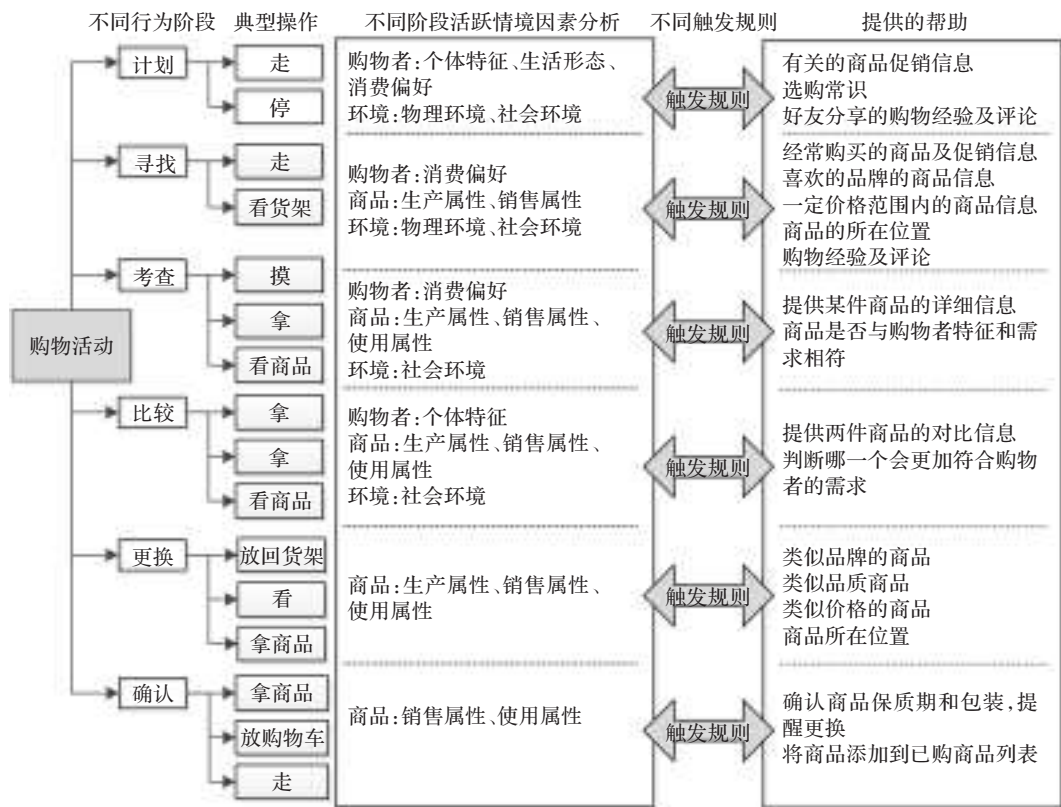


图8 购物活动不同阶段的用户需求分析

目标用户群,并对用户需求进行详细分析,提供设计依据。在实际的交互设计过程中,可以通过用户访谈、现场调查等方法了解用户在不同行为阶段中利用的情境因素和在特定情境下提供的帮助等。根据基于活动的情境感知交互设计过程,情境感知购物助手的需求分析从购物活动的不同行为阶段入手。在不同的行为阶段对应不同的情境因素(活跃情境因素)、特定的触发规则和触发后的动作(如图8)。

4.3 提出设计方案

提出设计方案阶段的主要目标将是使用背景分析和用户需求分析阶段的使用场景和用户需求转化为产品概念和系统模型。概念设计可以通过人物角色(Personas)和使用剧情(Scenarios)来表现。线框图和原型可以在不同程度上表达界面结构和交互方式。根据基于活动的情境感知模型,通过购物活动分析和购物者对情境感知购物助手的功能需求提取,根据购物活动的不同行为阶段来规划情境感知购物助手的功能,最终表示为系统原型(如图9所示),并通过对原型的迭代设计和评估,确定情境感知购物助手的交互设计方案(如图9)。

4.4 系统实现

系统实现和评估阶段的主要目标是完成系统的技术实现和评估,包括基础硬件架构的规划和软件开发。在基于活动的情境感知模型的指导下,情境感知系统的实现需要考虑情境因素的获取、用户活动的识别、触发规则的建立和自适应性等特点。因此,基于活动的情境感知系统的架构在传感器层、解释层、推理层和应用层的基础上增加



图9 基于活动的情境感知购物助手交互设计方案

了活动推理机制(如图10)。

同时,基于活动的情境感知模型可以为系统开发人员提供对情境的本体描述,系统中的情境因素可以定义为一个情境元模型(User, Environment, Task, UET)(如图11),包含用户、任务、环境三个方面,用户存在于一定的环境中,环境影响任务,任务是由用户来完成的形成统一的情境描述框架,使整个系统具有更好的可扩展性。

在情境感知购物助手的实现过程中,用户购物历史和个人信息设置提供与购物者特征相关的数据,通过商品

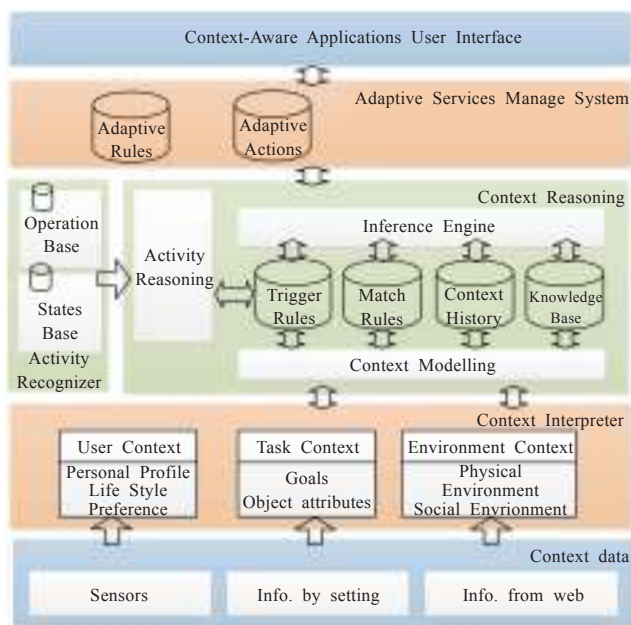


图10 基于活动的情境感知购物助手系统

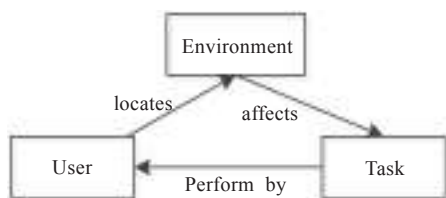


图11 UET情境元模型

RFID标签识别商品属性和状态,通过超市服务器数据、购物者允许使用的社交应用接口和移动设备的传感器得到与购物环境相关的数据,实现情境信息的获取。利用RFID识别商品特征和状态、通过室内定位技术判断用户当前所在位置、通过手势和图像识别来判断用户当前的操作等相关方法和算法来完成对用户当前活动的推断。

触发规则的建立可以由规则库负责完成,可以为不同类型的用户设定不同的初始规则,在用户使用情境感知购物助手的过程中,不断学习和适应用户特定的偏好和购买模式,逐渐实现与用户偏好的契合。

基于活动的情境感知模型是以用户活动为中心,在不同的场景中,用户活动由当前的情境信息、不同的行为阶段和不同操作来决定的。在情境感知购物助手的系统实现中,使用基于活动的计算理论来进行情境推理,识别不同的行为阶段;在不同购物阶段使用机器学习算法为购物者推荐相应的信息和帮助^[21],并且不断完善系统的情境感知能力。

情境感知购物助手最终体现为购物者手机端的应用程序,在适当的时机为购物者提供适当的内容。

5 结束语

对人的情境感知机制的认识是设计情境感知系统的关键环节,本文在活动理论和人的情境感知相关研究理论的基础上,根据人的认知过程外特性的表现提出了人的情

境感知模型,描述了以活动为基础的情境感知过程,提出了基于活动的情境感知系统的交互设计方法,通过超市购物活动为背景,完成了情境感知系统的设计、实现和评估过程,验证了基于活动的情境感知模型的有效性和对交互设计的指导作用。

参考文献:

- [1] Schilit B, Theimer M. Disseminating active map information to mobile hosts[J]. IEEE Network, 1994, 8(5): 22-32.
- [2] Hong J Y, Suh E H, Kim S J. Context-aware systems: a literature review and classification[J]. Expert Syst Appl, 2009, 36(4): 8509-8522.
- [3] Froehlich J, Chen M Y, Consolvo S, et al. MyExperience: a system for in situ tracing and capturing of user feedback on mobile phones[C]//Proceedings of the 5th International Conference on Mobile Systems, Applications and Services (MobiSys'07). New York, USA: ACM, 2007: 57-70.
- [4] Kaenampornpan M, O'Neill E. Modelling context: an activity theory approach[C]//LNCS 3295: Ambient Intelligence: 2nd European Symposium on Ambient Intelligence, 2004: 367-374.
- [5] Bardram J E. Activity-based computing for medical work in hospitals[J]. ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), 2009, 16(2): 10-45.
- [6] Strang T, Popien C L, Frank K. CoOL: a context ontology language to enable contextual interoperability[C]//Proc of 4th IFIP International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems. Berlin: Springer, 2003: 236-247.
- [7] Bardram J, Bossen C, Lykke-Olesen A, et al. Virtual video prototyping of pervasive healthcare systems[C]//Proceedings of the 4th Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques (DIS2002), 2002: 167-177.
- [8] Anind K D. Understanding and using context[J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2001(5): 4-7.
- [9] Chen G, Kotz D. A survey of context-aware mobile computing research, TR 2000-381[R]. [S.l.]: Department of Computer Science, Dartmouth College, 2000.
- [10] Brown P, Burleston W, Lamming M, et al. Context-awareness: some compelling applications[C]//Proceedings the CH12000 Workshop on The What, Who, Where, When, Why and How of Context-Awareness, 2000.
- [11] Jakob B. Activity-based support for mobility and collaboration in ubiquitous computing[C]//Proceedings of the 2nd International Conference on Ubiquitous Mobile Information and Collaboration Systems, 2004: 101-115.
- [12] Garlan D, Siewiorek D P, Smailagic A, et al. Project aura: towards distraction free pervasive computing[J]. IEEE Pervasive Computing, 2002, 1(2): 22-31.
- [13] Kaptelinin V. Activity theory: implications for human-computer interaction[M]//Contexts and consciousness: activity theory and human-computer interaction. Cambridge: The MIT Press, 1996: 103-114.

(下转 86 页)