

# 移动情境感知及其交互研究

陈媛媛, 刘正捷

(大连海事大学 信息科学技术学院, 辽宁 大连 116026)

**摘 要:** 结合情境信息的移动应用和交互研究是普适计算领域中非常重要的内容。综合移动情境感知相关研究的发展,从人机交互研究的角度,提出了基于用户、环境和任务的情境信息分类方法。根据情境信息的数据获取、数据表示、系统架构、数据处理、服务应用和系统评价等六个方面,分析了移动情境感知应用研究的关键问题,总结了移动情境感知对交互研究中的研究方法、数据收集、用户控制感及交互方式等产生的影响。最后提出了当前移动情境感知及其交互研究中存在的问题和可能的研究方向。

**关键词:** 情境; 情境感知; 移动情境感知; 情境信息分类; 移动设备交互研究; 用户研究方法

**中图分类号:** TP399      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-3695(2011)12-4420-06

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2011.12.005

## Research on mobile context awareness applications and interactions

CHEN Yuan-yuan, LIU Zheng-jie

(School of Information Science & Technology, Dalian Maritime University, Dalian Liaoning 116026, China)

**Abstract:** Mobile context awareness applications and interactions are very important research fields. Based on those papers focused on mobile context awareness research, analyzed the basic concept of context awareness, the view of interaction design, the categories of context information and how to use the various kinds of context information. It classified the researches on mobile context awareness applications according to a hierarchical structure. Depending on the effect upon the mobile interaction design, it summarized some important open questions and research directions on mobile context awareness applications and interactions.

**Key words:** context; context awareness; mobile context awareness; context categories; mobile devices interaction research; user study methods

## 0 引言

在普适计算时代,人们试图通过传感器网络、通信技术和云计算的支持,将计算设备变成像空气和水一样的自然元素,围绕在用户的周围,主动感知用户情境变化,根据用户个性化需求提供信息服务,使情境信息与用户任务充分结合,实现自然的交互方式。

移动设备在移动性、便携性、及时性等方面具有明显的优势,随着处理能力的增强和集成传感器的增加,利用移动设备随时随地收集情境和任务信息的可能性越来越大。以智能手机、PDA、平板电脑等移动设备为载体的情境感知应用越来越多。这些移动设备可以利用来自各种传感器的数据,根据用户特征和周围环境为用户提供健康信息、位置信息、提醒、交通导航信息、商品推荐信息等各种服务。移动技术和情境感知的结合促进了移动情境感知研究的发展。为移动环境中获取情境信息的方法、软硬件开发、交互设计、界面设计等诸多方面带来了挑战。

移动情境感知研究主要包括系统结构、情境数据获取、处理、存储、推理、活动识别、系统自适应、多通道的输入输出方式和自然友好的用户界面等多个方面。本文从情境感知技术为移动计算和移动设备的交互方式所带来的影响的角度,分析了

情境感知领域的研究现状,结合人机交互和以用户为中心的思想,对研究中涉及的情境信息重新进行了定义和分类;同时,对情境感知的应用研究、交互研究、存在的问题和未来可能的研究方向进行了综述。

## 1 情境和情境感知系统

Schilit 等人<sup>[1]</sup>在 1994 年第一次提出了情境感知的概念,之后情境感知研究的各个方面都快速地发展起来。情境感知强调设备对情境信息变化的感知和系统的反馈。Schmidt 等人<sup>[2]</sup>提到:情境描述了设备或用户所处的一个情景和环境,通常由一个特定的名字来标志。对于每个情境来说,有一系列相关的功能,而每个相关功能的取值范围是由情境来隐式或显式地决定的。目前的研究中通常会采用 Dey<sup>[3]</sup>给出的情境定义:情境是描述一个实体情况特征的任何信息,这个实体是与用户和应用程序的交互过程,相关的人、地点或物体(包括用户和应用程序本身)。Schmidt 等人的定义只是提出了系统对情境因素的感知,Dey 的定义中提到了移动设备,并涉及了用户的任务,但这些定义比较抽象而且不能有效地用于移动情境感知的应用研究。在情境感知的应用中,除了设备和任务外,用户期望还与周围环境和用户的经验密切相关。

因此,本文认为情境感知系统应该具有获取当前用户情境

收稿日期: 2011-05-12; 修回日期: 2011-06-14

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(cheny@dlmu.edu.cn);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。

信息的能力,并可以结合用户特征描述、系统状态和环境状态,响应用户需要或学习用户操作。移动情境感知系统的载体就是具有情境感知能力的移动设备。

2 情境信息的组成和分类

为了使情境感知系统感知并响应用户、任务和环境的信  
息,首先需要明确有哪些可以利用的情境信息。很多研究人员  
对情境信息的类型有不同程度的认识。Dey<sup>[3]</sup>认为必要的情  
境信息包括位置、基础设施或资源、用户、环境、实体、时间。  
Lieberman 等人<sup>[4]</sup>把情境信息总结为用户、环境和应用三个方  
面。与用户相关的情境信息有活动、位置、标志和描述;与环  
境有关的情境信息包括时间、亮度、温度、天气、资源等;与应  
用相关的情境信息包括功能、维护、能源等。Hakkila 等人<sup>[5]</sup>提出背  
景信息来源的基本框架中要包含物理环境、设备连接、用户行  
为、偏好和社会背景五个方面。Schmidt 等人<sup>[6]</sup>从人因学的角  
度将情境信息模型化表示为与人相关的情境信息和与物理环  
境相关的情境信息。与人相关的情境信息包括用户信息、社会  
环境、用户任务;与物理环境相关的信息包括位置、基础设施和  
物理条件。Raptis 等人<sup>[7]</sup>也通过四个方面来定义情境的理论  
框架:系统、基础设施、领域和物理情境。国内也有很多关于情  
境信息的组成和分类的研究。岳玮宁等人<sup>[8]</sup>将情境信息大致  
分为三类:自然环境、设备环境和用户环境;顾君忠<sup>[9]</sup>提出了  
“情景谱系”的概念,他认为情景包括计算情景、用户情景、物  
理情景、时间情景和社会情景。

根据这些研究中对情境信息的定义和分类可以看出,各个  
研究中对情境信息的分类和命名都不尽相同,多数的研究中涉  
及的情境信息与研究本身涉及的应用系统有关。从情境感知  
计算和以用户为中心的角度,利用人机系统交互过程中涉及的  
用户、环境和任务来划分情境感知信息,将情境信息划分为用  
户情境、环境情境和任务情境;每种情境可以根据其具体特征  
分别作进一步的划分,将各种情境信息要素归纳到这个统一的  
情境信息分类框架中,表示为一个层次结构模型,如图 1 所示。  
其中,各种情境信息的具体描述如下:

- a) 用户情境,是对用户个人属性特征的描述,包括个体属  
性和群体属性。
- (a) 个体属性描述用户个体特征的信息,如年龄、性别、身  
高、体重、健康状况、工作类型、教育程度等;
- (b) 群体属性描述用户所处的社会群体特征的信息,如家  
庭、朋友、同事及社会经历等。
- b) 环境情境,是对用户当前所处的周围环境特征的描述,  
包括自然环境和社会环境。
- (a) 自然环境描述用户所处的自然环境相关的信息,如位  
置、时间、光线、噪音、压力等;
- (b) 社会环境描述用户的社会属性信息,如习俗、法律、社  
会规约等。
- c) 任务情境,是对用户完成当前任务有影响的设备与服  
务的描述,包括设备状态和程序状态。
- (a) 设备状态是指可利用的设备、资源和连接的相关信  
息,如手机、PDA 等;
- (b) 程序状态是指有关的应用程序状态和属性信息,如通  
信录、日程表、数据库等。



图 1 情境要素分类

根据这个分类方法,本文选取了移动导游、仓储、智能校  
园、博物馆、社会交往、滑雪、驾驶等九项典型移动情境感知研  
究,对其中用到的情境信息进行了组织和分类。如表 1 所示,  
这九项研究中分别涉及了用户、环境和任务情境各种不同的情  
境信息。例如,Just-For-Us 包含了本文提出的全部六种细分的  
情境信息;环境情境中的自然情境信息在移动情境感知的研究  
中非常重要,因此在除了 SMMART 之外的八项研究中都被用  
到;其次重要的是任务情境下的设备情境,在七项研究中涉及  
到。由此可见,本文对情境信息的类别划分是合理的,可以使  
用它们在将来的情境感知研究中指导情境信息的使用。

表 1 各种情境感知研究中情境信息的分类

情境 类别	Guided Tour	Smart Warehouse	White Computing	Museum	Just-For-Us	SMMART	Library	Smart Campus	LifeLog
用户	个体属性 状态、年 龄、性别、 身高、体 重、健康 状况、工 作类型、 教育程 度、背景	用户属性 信息	群体属性 家庭、朋 友、同事、 社会经历	个体属性 状态、年 龄、性别、 身高、体 重、健康 状况、工 作类型、 教育程 度、背景	个体属性 状态、年 龄、性别、 身高、体 重、健康 状况、工 作类型、 教育程 度、背景	个体属性 状态、年 龄、性别、 身高、体 重、健康 状况、工 作类型、 教育程 度、背景	个体属性 状态、年 龄、性别、 身高、体 重、健康 状况、工 作类型、 教育程 度、背景	个体属性 状态、年 龄、性别、 身高、体 重、健康 状况、工 作类型、 教育程 度、背景	个体属性 状态、年 龄、性别、 身高、体 重、健康 状况、工 作类型、 教育程 度、背景
环境	自然环境 位置、时 间、光线、 噪音、压 力	自然环境 位置、时 间、光线、 噪音、压 力	自然环境 位置、时 间、光线、 噪音、压 力	自然环境 位置、时 间、光线、 噪音、压 力	自然环境 位置、时 间、光线、 噪音、压 力	自然环境 位置、时 间、光线、 噪音、压 力	自然环境 位置、时 间、光线、 噪音、压 力	自然环境 位置、时 间、光线、 噪音、压 力	自然环境 位置、时 间、光线、 噪音、压 力
任务	设备属性 手机、PDA 等	设备属性 手机、PDA 等	设备属性 手机、PDA 等	设备属性 手机、PDA 等	设备属性 手机、PDA 等	设备属性 手机、PDA 等	设备属性 手机、PDA 等	设备属性 手机、PDA 等	设备属性 手机、PDA 等

3 移动情境感知应用研究

移动情境感知的应用研究中,情境数据的获取、数据表示、  
系统架构、数据处理、服务应用和系统评价是情境感知应用研  
究中六个关键内容,构成了一个由下至上的层次结构,如图 2  
所示,可以清晰地看出情境感知应用研究的关注点和研究方  
向。



图 2 移动情境感知应用研究的层次结构

关于数据获取的研究包括支持情境感知系统的网络、协议  
和收集低层环境信息的传感器等,所得到的数据在数据表示相  
关的研究中得到结构化和形式化的表示;系统架构相关的研  
究关注管理和存储情境信息,并根据不同的架构方案指导数据表

示的结构和形式以及需要采集的数据;数据处理是指对情境感知数据进行智能推理,并根据服务应用的需要选择不同的架构方案;服务应用主要研究的是为用户提供合适的服务和自然和谐的人机界面;系统评价相关的研究关注的是系统性能、用户满意度、交互流程效率、服务质量和开发效率等。

关于数据获取的研究是指使用传感器等物理设备来获取情境信息,是移动情境感知计算的基础。最常见的情境信息是位置信息,最普遍的是使用 GPS 信号获取位置信息,应用在位置感知服务和大多数情境感知服务中<sup>[18,19]</sup>。非 GPS 的定位技术包括红外线、超声波、蓝牙、RFID、Wi-Fi、超宽频和 ZigBee 等,可以根据不同需要实现不同程度的室内定位;其他的情境信息,如光线、噪音等也可以通过物理传感器来获取。目前,移动设备上已经内置了 GPS、蓝牙、光线感应器、倾斜角度感应器等物理传感设备。另外一种情境数据来源是计算系统本身的属性和状态信息,如手机日历、电话簿、通话记录等<sup>[16]</sup>。情境数据还可以通过中间件设备获得,Chen<sup>[20]</sup>提出可以将获得情境信息的中间件建立在感知情境的应用程序运行的主机设备或平台上,通过集中获得的情境信息,应用程序只针对高级的情境信息来提供合适的服务。Baldauf 等人<sup>[21]</sup>认为与直接访问传感器获得数据的技术相比,中间件设备具有可扩展性,简化了由于严格封装带来的编码不可重用的问题;但同时也给主机增加了额外的计算负担,可能会导致资源的争用问题。

数据表示的研究关注的是根据某种理论模型或方法把所得到的数据识别为有意义的线索,并进行结构化或形式化的表示。主要的情境信息表示已经可以归结为几种比较成熟的模型化表示方法<sup>[22]</sup>,主要的模型有关键值模型、模式标志模型、面向对象模型、逻辑模型和本体模型几种。其中,本体描述的方法可以更明确地表示情境信息的结构和属性。在基于本体的情境建模中,比较有代表性的研究是 ASC 模型(aspect-scale-context),并发展成为情境本体语言 CoOL(context ontology language)<sup>[22,23]</sup>,广泛应用在情境感知的研究中。

系统结构方面的研究主要关注计算系统的体系结构和整体框架,包含系统的能力、用户界面的功能、数据流、系统管理等。针对情境感知计算的早期研究<sup>[3,23]</sup>主要有三种不同类型的系统框架方案:基于智能体的架构、基于中间件的架构和自适应系统框架。基于智能体的结构从最早的单一智能体结构发展到包含情境管理智能体、协调智能体和本体智能体的多智能体系统<sup>[24]</sup>,可以辅助应用程序的开发和运行配置。中间件架构方法可以容易地获取情境信息并转换为语义空间的情境,应用程序不需要与某个情境信息直接交互,不需要存储底层情境信息的细节,更加易于共享和使用<sup>[25]</sup>。基于服务器的中间件架构,减少了对移动设备处理能力和存储能力的限制<sup>[26]</sup>。为了实现情境感知系统的自适应功能,很多研究人员在情境感知系统的架构体系中增加了自适应引擎<sup>[27]</sup>,通过一些推理规则来决定系统是否采纳某些情境信息或者是否为用户提出建议,并在用户界面上以适当的文本、图形或声音反馈的形式通知用户,以便让用户作出决定,完成某个操作任务。程时伟等人<sup>[18]</sup>针对情境感知系统的自适应策略、自适应执行过程、反馈与评价机制的功能调整和优化,建立了基于情境感知的自适应系统结构。

数据处理的相关研究主要集中在对情境感知数据进行智能推理。研究中一般会采用数据挖掘、人工智能和机器学习的

算法提高情境感知系统性能和准确性,是实现情境感知应用和服务的关键环节。在小屏幕和移动环境中,这种基础的信息整合和推理运算更加重要。情境感知系统中用到的算法可分为两类:判断高级用户情境的算法和推荐合适服务的算法。判断高级用户情境的常用方法有马尔可夫链、马尔可夫决策过程模型<sup>[28]</sup>;常用的不确定性推理算法有模糊逻辑<sup>[29]</sup>、概率逻辑<sup>[30]</sup>、贝叶斯网络<sup>[15]</sup>、隐马尔可夫模型<sup>[31]</sup>等;常用的情境感知系统推荐算法有基于规则的推理、基于案例的推理<sup>[32]</sup>、基于本体的推理<sup>[33]</sup>等。

服务和应用是指根据特定的场景和特定的任务而开发的、针对特定用户的应用程序界面。很多应用研究都在关注解决特定环境中的实际问题,包含提出需求、分析实现技术、开发原型和系统实现。还有一些研究重点在于对情境信息的处理和呈现,主要关注的是在移动应用中引入情境感知技术后,对用户与设备、周围环境的交互产生了哪些影响,或能为人们提供哪些新服务,如基于情境感知的移动导游<sup>[10,34]</sup>、智能教室<sup>[35]</sup>、智能家居<sup>[36]</sup>、泛在学习<sup>[37]</sup>、老年人看护<sup>[38,39]</sup>、交通导航<sup>[40]</sup>等。

对移动情境感知系统评价的研究,包括对应用或服务的性能、效率、可用性和用户体验等各方面的测试和评估。系统性能评价可以改进系统的有效性、提高使用效率, balanced score card(BSC), IS success model, control objectives for information and related technology(COBIT), information economics 等模型可以用来度量和评价信息系统的性能<sup>[41]</sup>。但是这些评价模型都是针对信息系统的,由于没有结合特定的使用情境,对移动情境感知系统的性能评价是否适用还有待确认。另外,由于移动设备的特殊性(如小屏幕、单手操作和双手操作的区别等)对移动设备上的交互设计和用户体验研究有很大的影响,研究方法和研究内容都有很大的变化。用户研究方法变得更加情境化。Hakkila<sup>[42]</sup>在一系列研究中涉及了针对移动位置感知应用常用的用户研究方法,主要包括纸面原型、深度访谈、日志法及现场研究,并提出了移动设备情境感知应用的设计指南。

## 4 移动情境感知交互研究

移动情境感知技术使人机系统的交互方式从显式交互过渡到隐式交互,用户对移动情境感知服务期望越来越高,对产品交互设计和研究的要求也越来越高。在交互的形式和内容、研究方法论、数据收集、交互方式以及设计原则等方面,都需要考虑更多的情境因素。

在用户研究方法上,由于情境感知应用研究需要了解更真实的、更复杂的使用情境信息,促进了现场研究和现场测试等方法的发展。更多的人种学、社会学、心理学的研究方法结合到用户研究过程中,如日志法、文化探针法、现场观察、影随法等。

在数据收集过程中,更多的研究开始关注真实情境下用户行为数据的自动采集。Intille 等人<sup>[43]</sup>在传统的体验采样法的基础上,通过增加感知情境的传感器开发了在 PocketPC 上运行情境感知的体验采样工具,将体验采样技术中对用户的干扰降到最低。Experience clip<sup>[44]</sup>是为了评估情境感知的移动应用而提出的,用手机拍照来得到用户在使用某个移动应用过程中的场景、情感和主观意见。Momento<sup>[45]</sup>是根据以用户为中心的设计方法开发的支持情境感知应用的远程测试工具,可以支持

远程用户测试、中长期用户研究、收集日志数据和体验采样数据、情境信息等,在研究人员和用户之间共享信息。MyExperience<sup>[46]</sup>可以运行在智能手机上,感知和记录 140 多种设备、用户和环境情境,支持在移动计算活动中收集与情境相关的主、客观数据,记录设备、用户和环境传感器信息,根据真实情境触发用户体验采样,收集用户主观反馈。EDDY<sup>[47]</sup>是结合文化探针和体验采样法的数据收集框架,可以收集各种不同类型的用户自报告数据。

影响移动情境感知系统用户体验的因素也与传统的移动应用有所不同,最重要的两个影响因素是个性化和控制感。Barkhuus 等人<sup>[48]</sup>在研究中定义了情境感知计算中三种交互层次:个性化定制、被动的情境感知和主动的情境感知。研究结果证明:个性化定制的交互可以使用户体验到最强的控制感,但如果情境感知应用的有用性足够,人们愿意放弃部分控制感。Kawsar 等人<sup>[49]</sup>也认为个性化和控制问题是评价情境应用时要解决的两个重要问题,并通过人物角色(personas)的描述来强调情境感知应用中用户的个性化特征和控制特征。Kärkkäinen 等人<sup>[50]</sup>通过实验探索了用户对隐私和安全方面的态度,使用手机记录用户活动和情境数据,虽然会引起用户对个人信息隐私和安全的担心,但是提供服务的内容和展现方式对用户还是很有吸引力的。因此,在移动情境感知的应用中,应该采用自动感知和用户控制相结合的方式,具体的控制程度和个性化程度需要根据不同的情境感知应用和用户研究来决定。影响移动情境感知用户体验的另外一个主要因素就是用户隐私和信息安全,即系统的可靠性和用户的信任感。Antifakos 等人<sup>[51]</sup>的实验结果表明,如果界面上显示的信息值得信任,那么用户对系统的信任感也会增加。Uddin 等人<sup>[52]</sup>认为,信任包含各种属性,如安全性、完整性和诚信,通过增加情境感知系统推荐内容的准确性可以提高用户对系统的整体信任感。

为适应移动情境感知系统隐式交互的特性,多通道交互越来越多地被应用起来。多通道交互的明显优势是:用户可以选择自己喜欢的交互模式;可以扩展到选择自己喜欢的多个设备;不会受到单一通道的限制;不同的通道可以紧密地合成,提高用户的交互体验。听觉通道可以减少用户视觉注意力限制和负担,适合应用在移动情境下<sup>[53,54]</sup>。可穿戴设备<sup>[55]</sup>和手势识别<sup>[56]</sup>也是情境感知系统交互方式发展的方向。

移动情境感知系统的不确定性对界面设计影响很大,使界面设计原则的开发更加复杂。Häkkinen<sup>[42]</sup>在其博士论文中所做的研究,通过以用户为中心的方法和实验提出了八条设计指南,用来解决情境感知系统的不确定属性对用户界面的影响。

## 5 可能的研究方向

目前移动情境感知的许多研究还处于概念和探索阶段,应用和服务还限于较小的范围内。在系统结构上,相应的技术尚未标准化,通信和操作的标准还没有统一;在交互方式上,各种交互技术正在与移动情境感知应用相互磨合。移动情境感知技术也在带动移动设备用户研究方法的创新,研究人员正在对各种数据采集工具和方法进行探索。移动情境感知及其交互研究可能的几个发展方向和热点会集中在情境信息的存储和推理、用户隐私和安全信息的保护、情境感知与社会网络应用的结合、情境感知系统和服务的评价方法、情境感知应用的交互流程设计和开发指南等几个方面。

### 1) 情境信息的存储和推理

情境信息可以分为用户情境、环境情境和任务情境。在人类认知领域中,情境监控、信息检索、决策生成等都是必不可少的,其难点在于对大量异构的情境信息的存储和推理。要实现对大量不同格式的情境信息的管理,云计算和物联网等相关技术是可以利用的解决方案。

### 2) 用户情境信息保护

关于隐私和安全的研究是很复杂的,很多情境感知系统只是停留在关注保护隐私和安全这一概念上。通常的问题就是缺乏合适的隐私和隐私机制来有效地保证信息安全和用户鉴别。因此,如何保证在情境感知系统中用户个人信息不被未经许可地访问是一个未来研究的方向。

### 3) 情境感知应用与热门应用的整合

电子商务和社会网络是目前互联网应用的两大热点,随着移动设备计算能力的增强,随时随地的商务和信息交流越来越多地融入到人们的生活中。情境感知也是未来移动技术重要的发展方向,未来的移动情境感知技术也许会从本质上改变人们目前的电子商务和社交习惯。

### 4) 情境感知系统评价

移动情境感知系统有其独特的特性,如轻便性、移动性、前摄性、漫游性,现有的系统性能评价方法和模型还不能提供正式定义、检验、实施和分析情境感知系统的技术。而用户体验方面,对实境研究、原型设计和用户调查的要求也更高,如何根据用户情境、环境情境和任务情境为用户提供合适的服务以及有效地评价服务,是人机交互领域中不可忽视的研究方向。

### 5) 情境感知应用的交互流程和设计模式

目前情境感知应用的研究从不同的应用需求出发,研究重点分散在数据属性、系统结构、推理机制等各个方面。未来的情境感知应用和服务将主要通过智能手机等移动设备平台来体现,在结合了情境感知功能的用户界面导航和交互流程设计的过程中,还缺少针对情境感知应用的标准设计模式与通用的开发指南。

## 6 结束语

综合情境感知系统及其交互研究,提出了对情境感知的定义,根据以用户为中心的方法论对情境信息重新分类,并根据分类方法分析了以往的一些研究项目中的情境信息分类和使用。在情境感知的应用研究中,分析了从对情境信息的获取到向用户提供合适的服务等方面的研究。在此基础上,提出了当前情境感知的应用研究中存在的问题和可能的研究方向。

### 参考文献:

- [1] SCHLIT B, ADAMS N, WANT R. Context-aware computing applications[C]//Proc of Workshop on Mobile Computing Systems and Applications. 1994:89-101.
- [2] SCHMIDT A, AIDOO K A, TAKALUOMO A, et al. Advanced interaction in context[C]//Proc of the 1st International Symposium on Handhelds and Ubiquitous Computing. London: Springer-Verlag, 1999:89-101.
- [3] DEY A K. Providing architectural support for building context aware applications[D]. Atlanta: Georgia Institute of Technology, 2000.
- [4] LIEBERMAN H, SELKER T. Out of context: computer systems that adapt to, and learn from, context[J]. IBM Systems Journal, 2000, 39

- (3/4):617-632.
- [5] HÄKKILÄ J, MÄNTYJÄRVI J. Situated multimedia for mobile communications[C]//Handbook of Research on Mobile Multimedia. [S. l.]: Idea Group Inc, 2006:326-339.
  - [6] SCHMIDT A, BEIGL M, GELLERSEN H W. There is more to context than location[C]//Proc of Workshop on Interactive Applications of Mobile Computing, 1998:1-5.
  - [7] RAPTIS D, TSELIOS N, AVOURIS N. Context-based design of mobile applications for museums: a survey of existing practices[C]//Proc of the 7th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services. New York: ACM Press, 2005:153-160.
  - [8] 岳玮宁, 董士海, 王悦, 等. 普适计算的人机交互框架研究[J]. 计算机学报, 2004, 27(12):1657-1664.
  - [9] 顾君忠. 情景感知计算[J]. 华东师范大学学报:自然科学版, 2009(5):1-20.
  - [10] CHEVERST K, DAVIES N, MITCHELL K, *et al.* Experiences of developing and deploying a context-aware tourist guide: the GUIDE Project[C]//Proc of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. New York: ACM Press, 2000:20-31.
  - [11] OJALA T, KORHONEN J, AITTOILA M, *et al.* SmartRotuuaari-context-aware mobile multimedia services[C]//Proc of the 2nd International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, 2003:9-18.
  - [12] BARKHUUS L, DOURISH P. Everyday encounters with context-aware computing in a campus environment[C]//Lecture Notes in Computer Science, vol 3205. Berlin: Springer, 2004:232-249.
  - [13] KJELDSEKOV J, PAAY J. Just-for-us: a context-aware mobile information system facilitating sociality[C]//Proc of the 7th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services. New York: ACM Press, 2005:23-30.
  - [14] KURKOVSKY S, ZANEV V, KURKOVSKY A. SSMART: using context-awareness in m-commerce[C]//Proc of the 7th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services. New York: ACM Press, 2005:383-384.
  - [15] KORPI P, KOSKINEN M, PELTOLA J, *et al.* Bayesian approach to sensor-based context awareness[J]. *Personal and Ubiquitous Computing*, 2003, 7(2):113-124.
  - [16] ZHANG H, SCHREINER C, ZHANG Ke-shu, *et al.* Naturalistic use of cell phones in driving and context-based user assistance[C]//Proc of the 9th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services. New York: ACM Press, 2007:273-276.
  - [17] KALNIKAITE V, SELLEN A, WHITTAKER S, *et al.* Now let me see where I was: understanding how lifelogs mediate memory[C]//Proc of the 28th International Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM Press, 2010:2045-2054.
  - [18] 程时伟, 刘肖健, 孙守迁. 情境感知驱动的移动设备自适应用户界面模型[J]. 中国图象图形学报 A, 2010, 15(7):993-1000.
  - [19] CRANSHAW J, TOCH E, HONG J I, *et al.* Bridging the gap between physical location and online social networks[C]//Proc of the 12th ACM International Conference on Ubiquitous Computing. New York: ACM Press, 2010:119-128.
  - [20] CHEN H. An intelligent broker architecture for pervasive context-aware systems[D]. Baltimore: University of Maryland, 2004.
  - [21] BALDAUF M, DUSTDAR S, ROSENBERG F. A survey on context-aware systems[J]. *International Journal of Ad hoc and Ubiquitous Computing*, 2007, 2(4):263-277.
  - [22] STRANG T, POPIEN C L, FRANK K. CoOL: a context ontology language to enable contextual interoperability[C]//Proc of the 4th IFIP International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems. Berlin: Springer, 2003:236-247.
  - [23] SCHILIT W N. A system architecture for context-aware mobile computing[D]. New York: Columbia University, 1995.
  - [24] KHEDR M, KARMOUCH A. ACAI: agent-based context-aware infrastructure for spontaneous applications[J]. *Journal of Network and Computer Applications*, 2005, 28(1):19-44.
  - [25] GU T, PUNG H K, ZHANG D Q. A service-oriented middleware for building context-aware services[J]. *Journal of Network and Computer Applications*, 2005, 28(1):1-18.
  - [26] FAHY P, CLARKE S. CASS: a middleware for mobile context-aware applications[C]//Proc of Workshop on Context Awareness, 2004.
  - [27] BUTTUSI F. A user-adaptive and context-aware architecture for mobile and desktop training applications[C]//Proc of the 10th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services. New York: ACM Press, 2008:543-543.
  - [28] KRUMMENACHER R, STRANG T. Ontology-based context modeling[C]//Proc of Workshop on Context-Aware Proactive Systems, 2007.
  - [29] BETTINI C, BRDIZKA O, HENRICHSEN K, *et al.* A survey of context modeling and reasoning techniques[J]. *Pervasive and Mobile Computing*, 2010, 6(2):161-180.
  - [30] RANGANATHAN A, AL-MUHTADI J, CAMPBELL R H. Reasoning about uncertain contexts in pervasive computing environments[J]. *Pervasive Computing*, 2004, 3(2):62-70.
  - [31] 张庆生, 齐勇, 侯迪, 等. 基于隐马尔可夫模型的上下文感知活动计算[J]. 西安交通大学学报, 2006, 40(4):398-401.
  - [32] KOFOD-PETERSEN A. Challenges in case-based reasoning for context awareness in ambient intelligent systems[C]//Proc of the 8th European Conference on Case Based Reasoning, 2006:287-299.
  - [33] KNOX S, COYLE L, DOBSON S. Using ontologies in case-based activity recognition[C]//Proc of the 23rd Florida Artificial Intelligence Research Society Conference. [S. l.]: AAAI Press, 2010:336-341.
  - [34] 张磊, 俞建新. 基于上下文感知的多模式移动导游系统设计[J]. 计算机工程, 2007, 33(6):271-282.
  - [35] 谢伟凯, 史元春, 徐光佑. 智能教室——一种用于远程教育的交互空间[J]. 高技术通讯, 2001, 11(增刊):64-69.
  - [36] PARK J, MOON M, HWANG S J, *et al.* CASS: a context-aware simulation system for smart home[C]//Proc of the 5th ACIS International Conference on Software Engineering Research, Management & Applications. Washington DC: IEEE Computer Society, 2007:461-467.
  - [37] OGATA H, YANO Y. Context-aware support for computer-supported ubiquitous learning[C]//Proc of the 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education. Washington DC: IEEE Computer Society, 2004:27-34.
  - [38] RICHE Y, MACKAY W. PeerCare: supporting awareness of rhythms and routines for better aging in place[J]. *Computer Supported Cooperative Work*, 2010, 19(1):73-104.
  - [39] 周兴社, 於志文. 面向老年人生活的智能辅助[J]. 中国计算机学会通讯, 2010, 6(6):57-67.
  - [40] BOUWMAN H, HAAKER T, De VOS H. Mobile service bundles: the example of navigation services[J]. *Electronic Markets*, 2007, 17(1):20-28.
  - [41] HONG J Y, SUH E H, KIM S J. Context-aware systems: a literature review and classification[J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(4):8509-8522.

- [42] HÄKKILÄ J. Usability with context-aware mobile applications: case studies and design guidelines[D]. Oulun; Faculty of Technology Department of Electrical and Information Engineering, University of Oulu, 2006.
- [43] INTILLE S S, RONDONI J, KUKLA C, *et al.* A context-aware experience sampling tool[C]//Proc of Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM Press, 2003: 972-973.
- [44] ISOMURSU M, KUUTTI K, VÄINÄMÖ S. Experience clip: method for user participation and evaluation of mobile concepts[C]//Proc of the 8th Conference on Participatory Design: Artful Integration: Interweaving Media, Materials and Practices. New York: ACM Press, 2004: 83-92.
- [45] CARTER S, MANKOFF J, HEER J. Memento: support for situated ubicomp experimentation[C]//Proc of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM Press, 2007: 125-134.
- [46] FROELICH J, CHEN M Y, CONSOLVO S, *et al.* MyExperience: a system for in situ tracing and capturing of user feedback on mobile phones[C]//Proc of the 5th International Conference on Mobile Systems, Applications and Services. New York: ACM Press, 2007: 57-70.
- [47] HAMMER S, LEICHTENSTERN K, ANDRE E. Using the mobile application EDDY for gathering user information in the requirement analysis[C]//Proc of the 2nd ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems. New York: ACM Press, 2010: 279-284.
- [48] BARKHUUS L, DEY A K. Is context-aware computing taking control away from the user? Three levels of interactivity examined[C]//Proc of Ubicomp. Berlin: Springer, 2003: 149-156.
- [49] KAWSAR F, FUJINAMI K, NAKAJIMA T, *et al.* A portable toolkit for supporting end-user personalization and control in context-aware applications[J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2010, 47(3): 409-432.
- [50] KÄRKKÄINEN T, VAITTINEN T, MATTILA K V V. I don't mind being logged, but want to remain in control: a field study of mobile activity and context logging[C]//Proc of the 28th International Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM Press, 2010: 163-172.
- [51] ANTIFAKOS S, KERN N, SCHIELE B, *et al.* Towards improving trust in context-aware systems by displaying system confidence[C]//Proc of the 7th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services. New York: ACM Press, 2005: 9-14.
- [52] UDDIN M G, ZULERNINE M, AHAMED S I. CAT: a context-aware trust model for open and dynamic systems[C]//Proc of ACM Symposium on Applied Computing. New York: ACM Press, 2008: 2024-2029.
- [53] 王悦, 岳玮宁, 王衡, 等. 手持移动计算中的多通道交互[J]. *软件学报*, 2005, 16(1): 29-36.
- [54] MICHELIS D, RESATSCH F, NICOLAI T, *et al.* The disappearing screen: scenarios for audible interfaces[J]. *Personal Ubiquitous Computing*, 2008, 12(1): 27-33.
- [55] BULLING A, ROGGEN D, TROSTER G. Wearable EOG goggles: seamless sensing and context-awareness in everyday environments[C]//Proc of the 27th International Conference Extended Abstracts on Human Factor in Computing Systems. New York: ACM Press, 2009: 3250-3264.
- [56] MITRA S, ACHARYA T. Gesture recognition: a survey[J]. *IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 2007, 37(3): 311-324.
- [57] KOFOD-PETERSEN A, CASSENS J. Using activity theory to model context awareness[C]//Proc of the 2nd International Workshop on Modeling and Retrieval of Context. Berlin: Springer, 2006: 1-17.

(上接第 4404 页)

- [4] PERRIG A, SONG D, CANETTI R, *et al.* RFC 4082, TESLA: multicast source authentication transform introduction[S]. 2005.
- [5] ADRIAN P. The BiBa one-time signature and broadcast authentication protocol[C]//Proc of the 8th ACM Conference on Computer and Communication Security. New York: ACM Press, 2001: 28-37.
- [6] HINARD Y, BETTAHAR H, CHALLAL Y, *et al.* Layered multicast data origin authentication and non-repudiation over lossy networks[C]//Proc of the 11th IEEE Symposium on Computer and Communications. 2006: 662-669.
- [7] ELTAIEF H, YOUSSEF H. RMLCC: recovery-based multi-layer connected chain mechanism for multicast source authentication[C]//Proc of the 35th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks. 2010: 432-440.
- [8] ZHOU Yun, FANG Yu-guang. Multicast authentication over lossy channels[C]//Proc of IEEE Military Communications Conference. 2007: 1-7.
- [9] SINGH K, YADAV R S, SHARMA A K. Adaptive multicast source authentication[C]//Proc of IEEE International Advance Computing Conference. 2009: 1308-1313.
- [10] PERRIG A, CANETTI R, TYGAR J D, *et al.* Efficient authentication and signing of multicast streams over lossy channels[C]//Proc of IEEE Symposium on Security and Privacy. Washington DC: IEEE Computer Society, 2000: 56-73.
- [11] MINER S, STADDON J. Graph-based authentication of digital streams[C]//Proc of IEEE Symposium on Security and Privacy. Washington DC: IEEE Computer Society, 2001: 232-246.
- [12] GOLLE P, MODADUGU N. Authenticating streamed data in the presence of random packet loss[C]//Proc of Network and Distributed System Security Symposium. 2001: 13-22.
- [13] MINER S, STADDO J. Graph-based authentication of digital streams[C]//Proc of IEEE Symposium on Security and Privacy. Washington DC: IEEE Computer Society, 2001: 232-246.
- [14] WONG C K, LAM S S. Digital signatures for flows and multicasts[J]. *IEEE/ACM Trans on Networking*, 1999, 7(4): 502-513.
- [15] EVEN S, GOLDREICH O, MICALI S. On-line/off-line digital signatures[C]//Lecture Notes in Computer Science, vol 435. Berlin: Springer, 1990: 263-275.
- [16] PANNETRAT A, MOLVA R. Authenticating real time packet streams and multicast[C]//Proc of the 7th Computers and Communications Symposium. 2002: 490-495.
- [17] MORI T, TODE H, MURAKAMI K. Integrated method for loss-resilient multicast source authentication and reconstruction[C]//Proc of IEEE International Communications Conference. 2008: 5844-5848.
- [18] PARK J M, CHONG E K P, SIEGEL H J. Efficient multicast packet authentication using signature amortization[C]//Proc of IEEE Symposium on Security and Privacy. Washington DC: IEEE Computer Society, 2002: 227-240.