

# 基于 FDI 的用户模型及其在上下文觉察计算中的应用

白云<sup>1,2,3</sup> 杨娟<sup>2,3</sup> 邱玉辉<sup>2,3</sup>

(西南大学电子信息工程学院 重庆 400715)<sup>1</sup> (西南大学智能软件与软件工程实验室 重庆 400715)<sup>2</sup>  
(西南大学计算机与信息科学学院 重庆 400715)<sup>3</sup>

**摘要** 上下文觉察计算是普适计算的重要内容。当前的上下文觉察计算研究大多没有为用户提供个性化的服务。已有的个性化上下文觉察服务的用户模型,其用户偏好的设置比较简单。本文从心理学的观点出发,提出一个使用基于场依存-独立性(FDI)的用户模型来为用户提供个性化的上下文觉察服务。本文系统分析了这种用户模型对上下文觉察计算的重要性,并给出了使用基于 FDI 的用户模型在上下文觉察计算中的应用过程。试验表明这种模型提供的个性化服务能够提高上下文觉察计算应用的有效性。

**关键词** 上下文觉察计算, FDI, 用户模型

## To Construct and Use FDI-based User Profile in Context-Aware Computing

BAI Yun<sup>1,2,3</sup> YANG Juan<sup>2,3</sup> QIU Yu-Hui<sup>2,3</sup>

(School of Electronic and Information Engineering, Southwest University, Chongqing 400715)<sup>1</sup>  
(Intelligent Software and Software Engineering Laboratory, Southwest University, Chongqing 400715)<sup>2</sup>  
(Faculty of Computer and Information Science, Southwest University, Chongqing 400715)<sup>3</sup>

**Abstract** Context-aware computing is an important composition of pervasive computing. Most context-aware computing researchers get their focus on the using of context while few of them has involved with user profiles. Besides, even they used user profiles, the attribute settings in them are simple and naïve. We propose a FDI based user profile to provide users with personally context aware services from psychology perspective. On the other hand, we analyze the importance of the FDI based user profile to context aware computing and give out an application process to use FDI based user profile in context aware computing. Simulating experiments are given to explain the effectiveness of improving the degree of providing personal services in context aware computing environment.

**Keywords** Context aware computing, FDI, User profile

## 1 引言

自上世纪 90 年代以来,上下文觉察计算作为普适计算的重要内容,一直是研究的热点<sup>[1-3]</sup>。当前,上下文觉察计算主要关注于用户在不同环境中的上下文,推导用户的需求并适时提供服务。这些上下文主要包括物理位置、温度、光照、时间及附近的对象等用户外部上下文<sup>[1,4-7]</sup>。近年来的研究进一步考虑用户本身的一些上下文信息,如心跳、脉搏、体温、朝向等<sup>[3,7,8]</sup>。另外的研究还考虑用户历史、用户行为等抽象的上下文<sup>[5,9]</sup>以及通过上下文推理得到用户的情形空间(situation space)来进行上下文应用<sup>[10]</sup>等。但这些研究大多忽略了用户的差别,使得不同的用户在相同的上下文状态下得到的计算内容完全相同。然而,普适计算作为一种人本计算<sup>[11]</sup>,很多研究者都强调要考虑用户的偏好<sup>[6,9,12]</sup>,特别在信息推荐、移动商务或者智能家居等涉及到用户个性差异的应用中,在普适计算这样一个高度移动性、用户更专注于任务本身、设备交互能力较弱的特殊环境下,个性化服务是非常必要的。

部分研究通过用户模型为用户提供满足其偏好的个性化服务。文[13]给出了一种使用基于案例的推理和协商来评估用户购买行为偏好的方式,但它的用户模型主要是用户对商店距离、天气和日程信息等上下文的偏好,而没有考虑用户本身的个性偏好。文[7]使用脉搏、体温、面部表情等 6 个生理

特征作为用户模型来学习和预测用户在智能家居应用中的偏好,这些指标虽然反映了用户的部分个性偏好,但它还是基于用户的生理数据来进行的,现有技术还难以准确地使用这类数据分析出用户的各种偏好。文[14]给出了用户模型,它把用户地址、日程和对某些特殊应用的偏好都作为用户模型的内容。但该研究主要针对北京 2008 奥运会,用户模型针对性较强。文[15]也能提供一定的个性化服务,但它所使用的用户模型主要是通过用户位置构建的。这些已有的研究虽然可以为用户提供一定程度的个性化服务,但都没有从认知的角度考虑用户对上下文觉察计算的需求。从心理学角度看,用户使用上下文觉察计算内容是一个认知过程,用户认知方式的特点影响该认知过程的进行。文[16]从注意的角度考虑了用户的认知特征,但其主要着眼点是普适计算中人的注意资源的分配及其对人机交互的影响,并没有涉及到用户的个性化需求。文[9]从认知的角度分析上下文及其应用,但也没有考虑人的认知方式对上下文觉察计算中用户的影响。

通过对上下文觉察计算的特点、用户行为和用户的个性化需求的研究,我们发现,用户认知方式的特点在上下文觉察计算领域是具有研究和应用价值的。在上下文觉察计算中使用包含某些认知特征的用户模型可以提供更有针对性的个性化服务。因此,我们提出一个基于场依存-独立性(Field Dependence-Independence,简称 FDI)这一认知特征的用户模型

并把它应用在上下文觉察计算中。我们的研究表明这个用户模型有助于提供给用户更个性化的内容。

本文第2节我们给出了FDI对上下文觉察计算的作用。第3节给出在用户模型中如何使用FDI,以及一个使用基于FDI的用户模型的上下文觉察计算框架,并给出实验结果。最后是结论和未来工作的展望。

## 2 FDI在上下文觉察计算中的作用

场依存-独立性(FDI)是心理学家威特金(Witkin)提出的表征人的认知特点的一个概念,它得到了心理学研究者较普遍的认同。威特金认为,人的认知方式可以划分为一个具有两极性的连续体,场依存-独立性(Field Dependence-Independence, FDI)及其中间状态。每个人在这一连续体中处于某一个位置。场依存性强的人以外部知识为参照,容易受到环境的影响,也相对容易接受参照知识;场独立性的人则相反,更多是依靠自己内在的认识去决定自己的行为。人都有自己的场依存-独立性,并且在一定年龄阶段是相对固定的,它反映了人对信息的理解受周围环境影响的程度<sup>[17]</sup>。对于上下文觉察计算的用户来说,符合其FDI特点的信息相对来说更易于接受,换句话说,FDI体现了用户对信息内容的偏好。结合上下文觉察计算的特点,我们发现FDI对这类应用有较强的实际意义。主要表现在:

(1)用户FDI影响用户在上下文觉察计算中的行为。心理学研究表明,具有不同FDI的用户在完成任务的过程中表现了不同的行为方式<sup>[17]</sup>。这种差异必然影响上下文觉察计算的开展。

(2)场依存用户和场独立用户对上下文有不同的需求。场依存用户的特点决定他们更注重背景知识和外部参照,而大部分上下文正是来自于环境和背景信息<sup>[9]</sup>。

(3)考虑用户的FDI能够给用户提供更自然的上下文觉察服务。普适计算中用户频繁与设备进行交互会影响任务的完成<sup>[1,16]</sup>。因此,上下文觉察计算应该根据用户的FDI提供个性化内容以尽量减少交互,提高用户效率。

(4)考虑用户的FDI能够更有效地利用上下文觉察计算终端进行人机交互。大多数用户最经常使用的终端设备是便携式移动设备,如手机、PDA及相关设备等<sup>[5,16,18]</sup>。这类设备的普遍特点是计算能力弱、显示面积小、带宽有限、交互方式简单、电池持续时间短。在这种情况下交互界面应尽量简单,避免过多操作。应用FDI的上下文觉察计算可以去掉用户不感兴趣的内容,最大程度地利用终端设备为用户服务。

可见,在上下文觉察服务中考虑用户的FDI是有必要的,这将促使用户更关注于任务本身,而这正是上下文觉察计算乃至普适计算的根本目的。

## 3 基于FDI的用户模型

### 3.1 FDI的表示与使用条件

构建一个基于FDI的用户模型有助于个性化的上下文觉察计算。FDI可视为一个连续体,一个人的认知特征是这个连续体上相对稳定的某一个点,我们在用户模型中使用 $l$ 作为FDI的衡量值,为计算方便,定义 $l = \{i | i \in N \wedge i > 0 \wedge i < 5\}$ ,其中 $l=1$ 表示是场独立的, $l=5$ 表示是场依存的。与通常的用户偏好不同,FDI不是总是起作用的。当信息以一种熟悉的方式传给用户时,场依存用户和场独立用户的行为不会有太大差别。只有用户在解决陌生问题时,场依存用户

才比场独立用户需要更多的外在信息<sup>[17]</sup>。我们通过判断用户是否熟悉当前环境决定是否使用FDI提供个性化服务。将当前上下文和以往的上上下文进行比较可以得知用户是否处于一个陌生的环境中。使用 $\omega$ 表示当前上下文和已有上下文的相似度。将上下文觉察计算所使用的每种上下文视为上下文空间的一个维度,上下文则是这个多维空间中的点。 $\omega$ 则是两点间的距离。令上下文 $C = (c^1, c^2, \dots, c^n)$ ,  $c^i (1 \leq i \leq n)$ 是上下文 $C$ 的第 $i$ 个分量,其取值由传感器获得。则:

$$\omega = \|C_i - C_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^n \lambda_k (C_i^k - C_j^k)^2} \quad (1)$$

其中 $\lambda_k$ 是上下文 $C_i$ 和 $C_j$ 的第 $k$ 个分量的权值,表示该分量在上下文中的重要性,其值由上下文觉察计算系统的开发者根据具体应用确定。显然 $\omega$ 越小说明两个上下文越相似。计算当前上下文与所有已知上下文的 $\omega$ ,若对所有已知上下文 $\omega$ 都大于某个给定的阈值,则说明当前上下文是陌生的,系统提供觉察计算服务时应考虑用户的FDI。

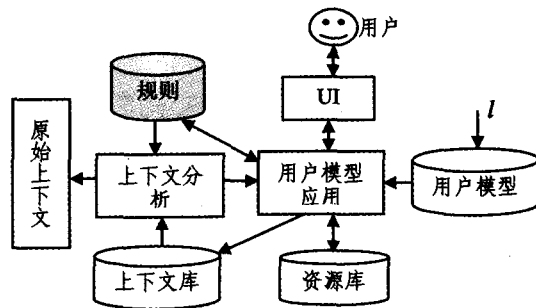


图1 基于FDI的用户模型应用框架图

### 3.2 基于FDI的用户模型及其应用

FDI作为用户的一个认知特征,可以和其他用户属性构成用户模型实现个性化的上下文觉察计算。图1是我们给出的一个基于FDI的用户模型在上下文觉察计算中的应用框架。该框架的用户模型用 $l$ 值描述用户FDI。由于FDI的使用是有条件的,因此当用户开始使用上下文觉察计算服务时,系统首先计算当前上下文与已有上下文的相似度。上下文分析模块计算当前上下文与上下文库中的历史上下文的相似度 $\omega$ ,用户模型应用模块分析是否存在 $\omega \leq \epsilon$  ( $\epsilon$ 为相似度阈值),若是则用户当前上下文曾经出现过,系统认为当前用户状态不陌生,这时就根据规则库中对应规则提供上下文觉察服务。若所有 $\omega > \epsilon$ ,则说明用户处于一个陌生的环境中,此时上下文觉察计算系统将依据 $l$ 值以不同的比例向用户推送资源库中的内容。

前述可知, $l$ 越大用户的场依存性越高,越容易受参照知识的影响,或者说,这类用户希望在接受服务时能得到更多的参照知识。因此,我们把呈现给用户的信息分为两类:主题信息和参照信息。主题信息包含许多细节描述,是必需的信息内容。参照信息是与主题信息相关的参照资料,大多是主题信息的评价和整体性的概括内容。在上下文觉察计算内容呈现时,令 $Inf_{ref}$ 是参照信息的呈现比例,有:

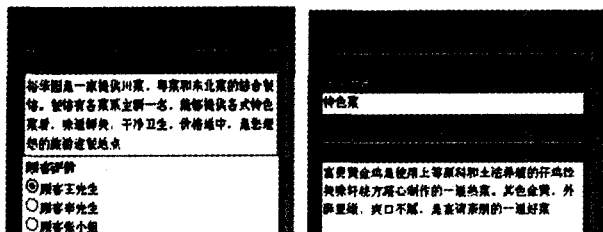
$$Inf_{ref} = (l-1)/5 \quad (2)$$

主题信息呈现比例 $Inf_{topic} = 1 - Inf_{ref}$ 。特别地,若不需要考虑场定向性,则默认 $Inf_{topic}$ 为1, $Inf_{ref}$ 为0。显然,对于场独立性非常强的用户,系统为其提供的全部是主题信息,帮助全面掌握服务内容的细节,辅助用户决策。而对于场依存性的用户,参照信息的呈现满足了此类用户对背景知识的需

求。最后,若一次个性化上下文觉察计算能得到用户肯定的评价(通过交互反馈),则将当前上下文存入上下文库作为历史上下文,信息呈现比例作为规则的一部分存入规则库。

### 3.3 实验示例

基于 FDI 的用户模型在上下文觉察推荐系统中有广泛的应用。图 2 是一个使用 J2ME 实现的手机餐馆推荐系统 RestaurantChoise。该系统以用户当前位置、时间和上次进餐时间作为用户上下文,根据上下文给用户推荐就近的餐馆。当用户在一个陌生的地区时,可推荐的餐馆可能有多家,即使针对用户的口味、价格等偏好进行了筛选,仍然可能存在多个可选餐馆,这时 RestaurantChoise 向顾客提供这些餐馆的信息让用户自己挑选一家进餐。然而,手机不比 PC,用户用手机屏幕把所有信息都浏览一遍实在费时费力。由于餐馆的信息总是包括它的主题信息和参照信息,对于不同 FDI 的顾客来说,真正需要的是满足自己认知特点的信息。使用基于 FDI 的用户模型为顾客提供的个性化餐馆信息剔除了用户不感兴趣的内容,使餐馆信息在手机屏幕的显示面积和相关操作都减少到最低程度,提高了用户决策效率。



(a) 场依存用户的餐馆推荐界面 (b) 场独立用户的餐馆推荐界面

图 2

图 2 显示了 FDI 在 RestaurantChoise 中的应用。RestaurantChoise 把餐馆的菜品、特色、价格、卫生、位置等作为主题信息,把餐馆获得的荣誉、历史、第三方评价作为餐馆的参考信息。图 2. a 是一个场依存顾客的程序界面,从中可以看见其他用户的评价,而图 2. b 是一个场独立性很强的顾客( $I=1$ )的程序界面,图 2. b 的上半部分可以看见是对餐馆本身信息的介绍,下部是某个特色菜的简介。这样就屏蔽了用户不感兴趣的内容,用户在手机上的操作也相应减少。显然,通过使用基于 FDI 的用户模型,无效信息被删减,节省了用户的浏览时间和宝贵的显示空间,上下文觉察服务的有效性得到提高。

**结论及未来的工作** 当前很多上下文觉察计算研究主要着重于采集和处理物理上下文并据此提供服务,这使得处于同样环境下的不同用户得到相同的服务内容。这种应用忽视了用户的心理特征和行为特点,不能很好地满足用户对服务的个性化需求,甚至会干扰用户的行为。部分研究虽然考虑用户的个性特征,但对用户的偏好分析不够全面。我们的研究表明用户的认知特点对上下文觉察计算是有用的。我们把场依存-独立性(FDI)这一认知特征作为用户模型的一个重要属性应用在上下文觉察计算中。我们同时给出了此用户模型的应用框架。我们的研究成果能够使上下文觉察计算提供更个性化的服务,满足用户的主观需求,同时,它还能更有效地发挥移动设备的特点。但是,这个方法还略显简单,它的充分应用还需要对用户上下文有更透彻的分析和对用户情形更准确的把握。另一方面,FDI 的应用提出了对相同主题不同内容的信息的组织问题,这是对信息组织提出的新要求。本文

的主题信息和参照信息的信息分类方式比较简单,使用语义的知识有助于更好地解决该问题<sup>[19]</sup>,但已有的研究多把本体用于对上下文的理解或者进行服务匹配<sup>[14,20]</sup>,如何将语义与 FDI 结合,亦是一个挑战。

### 参考文献

- Harter A, Hopper A. A distributed location system for the active office, IEEE Networks, 1994, 8(1): 62~70
- Cheverst K, et al. Experiences of developing and deploying a context-aware tourist guide: the GUIDE project. In: Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking, Boston, Massachusetts, USA, ACM Press, 2000. 21~30
- Bardram J E. Applications of Context-Aware Computing in Hospital Work-Examples and Design Principles. In: ACM Symposium on Applied Computing, 2004. 1574~1579
- Want R, et al. An overview of the PARCTab ubiquitous computing environment. IEEE Personal Communications, 1995, 2(6): 28~33
- Kwon O, et al, UbiDSS: a proactive intelligent decision support system as an expert system deploying ubiquitous computing technologies. Expert System with Applications, 2005, 28(1): 149~161
- Abowd G D, et al. Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 2000, 7(1): 29~58
- Choi J, et al. Research and Implementation of the Context-Aware Middleware for Controlling Home Applications. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2005, 51 (1): 301~306
- 徐光佑, 史元春, 等. 普适计算. 计算机学报, 2003, 26 (9): 1042~1050
- Prekop P, Burnett M. Activities, context and ubiquitous computing. Computer Communications, 2003, 26(11): 1168~1176
- Padovitz A, et al. Towards a Theory of Context Spaces. In: Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW' 04), Orlando, FL, USA, IEEE Computer Society, 2004. 38~42
- 石为人, 周彬, 等. 普适计算: 人本计算. 计算机应用, 2003, 25 (7): 1479~1484
- McDonald D W. Ubiquitous Recommendation Systems. Pervasive Computing, 2003, 36(10): 111~112
- Byung Kwon O, et al. Applying case-based reasoning and multi-agent intelligent system to context-aware comparative shopping. Decision Support System, 2004, 37(2): 199~213
- WeiBenberg N, Voisard A. Using Ontologies in Personalized Mobile Applications. In: Proceedings of the 12th annual ACM international workshop on Geographic information systems, Washington, DC, USA, 2004. 2~10
- Göker A, Watt S, et al. An ambient, personalized, and context sensitive information system for mobile users. In: Proceedings of the 2nd European Union symposium on Ambient intelligence, Eindhoven, Netherlands, ACM Press, 2004. 19~23
- 岳玮宁, 董士海, 等. 普适计算的人机交互框架研究. 计算机学报, 2004, 27 (12): 1658~1664
- Witkin H A, et al. Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. Review of Educational Research, 1977, 47(1): 1~63
- Artail H. A Multiplatform Methodology: Developing Mobile Device Applications. Pervasive Computing, 2005, 4(2): 92~96
- Jones G J F. Challenges and Opportunities of Context-Aware Information Access. In: Proceedings of the 2005 International Workshop on Ubiquitous Data Management(UDM' 05), Tokyo, Japan, IEEE Computer Society, 2005. 53~62
- Agostini A, et al. Demo: Ontology-based Context-aware Delivery of Extended Points of Interest. In: Proceeding of the 6th International Conference on Mobile Data Management (MDM' 05), Ayia Napa, ACM Press, 2005. 322~323